

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К. А. Тимирязева»

**Сборник статей  
Научно-практической конференции  
«Актуальные вопросы современной селекции,  
генетики и биотехнологии»**

12 ноября 2025 года

Москва  
Грифон  
2025

УДК 57.08:631.17:631.52(063)

ББК 28.587.1+41.3

А 43

**Редакционная коллегия:**

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А.

Тимирязева

**С. Г. Монахос;**

доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, к.с.-х.н.

**А. В. Вишнякова;**

доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, к.с.-х.н.

**А. А. Мионов;**

доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, к.с.-х.н.

**М.А. Никитин;**

ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства

ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, к.с.-х.н.

**Я.Т. Эйдлин;**

ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, к.с.-х.н.

председатель СНО института садоводства и ландшафтной архитектуры - **Н.А. Гришин, М.С.**

**Панкова, А.И. Попова, С.С. Цыпленкова, Д.А. Кошкин, С.М. Шматова,**

**В.Д. Гвоздева**

**А 43 Актуальные вопросы современной селекции, генетики и биотехнологии, г. Москва, 12 ноября 2025 г.:** Сборник статей научно-практической конференции / Коллектив авторов. – М: Грифон, 2025. – 240 с.

В сборнике освещены актуальные вопросы состояния и перспектив селекции, молекулярной генетики, биотехнологии и семеноводства сельскохозяйственных растений.

Издание адресовано ученым, научно-педагогическим работникам, аспирантам и специалистам, занимающихся изучением и решением проблем, связанных с тематикой конференции.

ISBN 978-5-98862-942-9

© Коллектив авторов, 2025

© ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025

## Оглавление

<b>Абасеева О.А., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>8</b>
МЕТОД <i>IN VITRO</i> КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ РАЗМНОЖЕНИЯ ГИАЦИНТОВ .....	8
<b>Алешечкин С.П., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>12</b>
ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ .....	12
<b>Астафьев М.С.</b> .....	<b>16</b>
СЕЛЕКЦИЯ С ПАМЯТЬЮ: ЗАЧЕМ СОВРЕМЕННЫМ ЯБЛОНЯМ НУЖНЫ ГЕНЫ ЗАБЫТЫХ СОРТОВ.....	16
<b>Афанасьева А.Ю., Гришин Н.А., Силиванова Я.Г.</b> .....	<b>19</b>
СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИШНИ .....	19
<b>Бегин И.Д., Мурзина Э.Р.</b> .....	<b>23</b>
ИНБРИДИНГ И ЕГО РОЛЬ В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ИНБРЕДНОЙ ДЕПРЕССИИ.....	23
<b>Бирюкова Е.А., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>27</b>
МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА RHODODENDRON .....	27
<b>Видинеев А.Ю., Мурзина Э.Р.</b> .....	<b>31</b>
СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ РОЛЬ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ .....	31
<b>Голосова А.Е., Грушина Д.Д., Воробьев М.В.</b> .....	<b>34</b>
ПРОДУКТИВНОСТЬ СЛИВОВИДНОГО ТОМАТА «ПЛАМОЛА F1» НА ПОДВОЕ «СУЗУКА F1» В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЁННОГО ГРУНТА ТК «ТЮМЕНЬ АГРО» .....	34
<b>Горбатова П.В.</b> .....	<b>39</b>
СОМАКЛОНАЛЬНАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (КЛУБНИКИ).....	39
<b>Гришин Н.А., Афанасьева А.Ю., Силиванова Я.Г.</b> .....	<b>42</b>
СОВРЕМЕННЫЙ СОРТИМЕНТ КЛОНОВЫХ КАРЛИКОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ В РОССИИ .....	42
<b>Грушина Д.Д., Голосова А.Е., Воробьев М.В.</b> .....	<b>45</b>
ВЛИЯНИЕ ПОДВОЯ АРМОР НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЛИВОВИДНОГО ТОМАТА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА «ТЮМЕНЬ АГРО» .....	45
<b>Грушина С.Д., Никитин М.А.</b> .....	<b>50</b>
ИСТОРИЯ ИНТРОДУКЦИИ И СЕЛЕКЦИИ HERACLEUM SOSNOWSKYI В СССР: АНАЛИЗ ЦЕЛЕВЫХ ПРИЗНАКОВ, ДОСТИЖЕНИЙ И ПОСЛЕДСТВИЙ .....	50
<b>Гуренкова З.С., Никитин М.А., Буланов А.Е.</b> .....	<b>57</b>
ПРИМЕНЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ИЗОЛИРОВАННЫХ МИКРОСПОР ДЛЯ УСКОРЕННОГО СОЗДАНИЯ ГОМОЗИГОТНЫХ ЛИНИЙ В СЕЛЕКЦИИ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР .....	57
<b>Дженгурова Я.Б., Никитин М.А., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>60</b>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЗМНОЖЕНИЯ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ЛОТОСОВ ( <i>NEIUMBO</i> ).....	60
<b>Дмитриева В.Н., Цыпленкова С.С., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>64</b>
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГАПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ СВЁКЛЫ СТОЛОВОЙ .....	64
<b>Жеребило Д.В., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>69</b>
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАПСА К СОСУДИСТОМУ БАКТЕРИОЗУ .....	69
<b>Зайцева А.А., Акимова С.В.</b> .....	<b>74</b>
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЁМОВ РАЗМНОЖЕНИЯ ФЕЙХОА ( <i>ACCA</i> <i>SELLOWIANA</i> (O.BERG) BURRET) ЗЕЛЕНЬМИ ЧЕРЕНКАМИ .....	74
<b>Зверева И.С.</b> .....	<b>78</b>
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СМОРОДИНЫ ЧЁРНОЙ ( <i>RIBES NIGRUM</i> ) КАК ОСНОВА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ К НЕУСТОЙЧИВЫМ УСЛОВИЯМ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД .....	78
<b>Зеленцова Д.М., Мурзина Э.Р.</b> .....	<b>81</b>
ВЫДЕЛЕНИЕ И КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНА, КЛОНИРУЮЩИЕ ВЕКТОРЫ ....	81
<b>Зирюкина А.Б., Сахаров А.О., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>85</b>
ОЦЕНКА И ОТБОР СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАПУСТЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ТРИПСУ .....	85
<b>Коткова А.А., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>88</b>
РОЛЬ СЕЛЕКЦИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ.....	88
<b>Карпухина Е.А., Шерстов А.С., Монахос С.Г.</b> .....	<b>92</b>
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЕКЦИИ: ОТ КУЛЬТУРЫ ТКАНЕЙ ДО МОЛЕКУЛЯРНОГО МАРКИРОВАНИЯ .....	92
<b>Когай В.В., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>96</b>
МЕТОД КРИОКОНСЕРВАЦИИ ЧЕРЕНКОВ И ПЫЛЫЦЫ СМОРОДИНЫ ....	96
<b>Король А.А., Миронов А.А.</b> .....	<b>100</b>
СЕЛЕКЦИЯ ТОМАТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСУ КОРИЧНЕВОЦ МОРЩИННОСТИ ТОМАТА (TOBRFV).....	100
<b>Кошкин Д.А., Никитин М.А., Миронов А.А., Марченко Л.А.</b> .....	<b>104</b>
ОЦЕНКА РЕМОНТАНТНЫХ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ( <i>FRAGARIA</i> <i>ANANASSA</i> DUCH.) ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ .....	104
<b>Кранц В.А., Жукарина Е.А., Никитин М.А.</b> .....	<b>108</b>
ИНТРОДУКЦИЯ <i>VACCINIUM PRAESTANS</i> В УСЛОВИЯХ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕЁ ПЕРСПЕКТИВ В СЕЛЕКЦИИ ...	108
<b>Ластовенко Д.М., Чередниченко М.Ю.</b> .....	<b>112</b>
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ И ВЛИЯНИЕ СТЕРИЛИЗАТОРОВ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЛИМОНА СОРТА ‘ <i>PONDEROSA</i> ’ .....	112
<b>Малахова М.Ю., Раджабов А.К.</b> .....	<b>116</b>
СОВРЕМЕННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ВИНОГРАДА ( <i>Vitis vinifera</i> L.): ОБЗОР НОВЫХ ПОДХОДОВ .....	116
<b>Малахова М.Ю., Раджабов А.К.</b> .....	<b>119</b>

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ВИНОГРАДА К МИЛДЬЮ И ПЕРСПЕКТИВЫ МАРКЕР-ОПОСРЕДОВАННОЙ СЕЛЕКЦИИ .....	119
<b>Махмутов А.Р., Фархутдинов Р.Г.</b> .....	<b>122</b>
ИЗУЧЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ВОДОРΟΣЛЮ <i>CLORELLA VULGARIS</i> В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОЙ РАЗРАБОТКИ «АЛЬГОЛАМПА» .....	122
<b>Меркухин М.А., Мурзина Э.Р.</b> .....	<b>127</b>
ЦЕНТРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ. ПРИНЦИПЫ, ПОЛОЖЕННЫЕ В ОСНОВУ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ .....	127
<b>Мудрова А.В., Шерстов А.С., Монахос С.Г.</b> .....	<b>131</b>
ГЕНОМНАЯ СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА.....	131
<b>Муфазалова А.С., Гайсина Л.А.</b> .....	<b>134</b>
НАЗЕМНЫЕ ВОДОРΟΣЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ГОРЫ БОЛЬШОЙ ИРЕМЕЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БИОТЕХНОЛОГИИ .....	134
<b>Мяльdziна Е.А., Никитин М.А., Миронов А.А.</b> .....	<b>138</b>
ДРАЖИРОВАНИЕ СЕМЯН ПЕТУНЬИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭФФЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	138
<b>Никакосова М.А., Карпухина Е.А., Никитин М.А.</b> .....	<b>141</b>
МЕТОДЫ УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ЗЕЛЕННЫХ И ПРЯНО-ВКУСОВЫХ КУЛЬТУР .....	141
<b>Панкова М.С., Попова А.И., Мурзина Э.Р.</b> .....	<b>145</b>
МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ГИНКГО ДВУЛОПАСТНОГО ( <i>GINKGO BILOBA</i> L.).....	145
<b>Парашутина У.А., Буланов А.Е., Эйдли́н Я.Т.</b> .....	<b>150</b>
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ ОКРАСКИ ЛЕПЕСТКОВ МАГНОЛИИ .....	150
<b>Полянская А.В., Воробьёв М.В.</b> .....	<b>153</b>
ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОВИРУСНОГО ИМУНОСТИМУЛИРУЮЩЕГО ПРЕПАРАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТА В ЗАЩИЩЁННОМ ГРУНТЕ .....	153
<b>Попова А.И., Вишнякова А.В., Панкова М.С.</b> .....	<b>157</b>
МАРКЕРЫ ЦВЕТЕНИЯ У ОЗИМОГО РАПСА ( <i>BRASSICA NAPUS</i> L.).....	157
<b>Прожорина П.А., Буланов А.Е.</b> .....	<b>161</b>
SPEED BREEDING: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В РОССИИ .....	161
<b>Пронюшкин А.А., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>164</b>
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГАПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ САХАРНОЙ И СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ .....	164
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ORCHIDACEAE (НА ПРИМЕРЕ PHALAENOPSIS) ...</b>	<b>167</b>
<b>Рахманов Т.Р., Миронов А.А.</b> .....	<b>171</b>
СИСТЕМЫ ЯДЕРНО-ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ СТЕРИЛЬНОСТИ (ЯЦМС) В СЕЛЕКЦИИ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР .....	171

<b>Родичкина А.И., Попова А.И., Качалина Т.Н.</b> .....	<b>175</b>
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ МАНДАРИНА ( <i>CITRUS</i> <i>RETICULATA</i> BLANCO) В РОССИИ .....	175
<b>Румынин В.А., Бочарова М.А.</b> .....	<b>179</b>
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК ОРГАНИЧЕСКИМИ УДОБРЕНИЯМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ВЕСЕННИХ ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦ .....	179
<b>Савин А.В., Сахаров А.О., Макаров С.С.</b> .....	<b>183</b>
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ СОРТА ХЕНОМЕЛЕСА ( <i>CHAENOMELES</i> <i>LINDL.</i> ) ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ СЕЛЕКЦИИ .....	183
<b>Салюкова А.А., Никитин М.А.</b> .....	<b>188</b>
ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОНСТРУКЦИИ RUBY ПРИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТЕНИЙ .....	188
<b>Сахаров А.О., Савин А.В., Мурзина Э.Р.</b> .....	<b>191</b>
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ СОРТА ЛИМОННИКА КИТАЙСКОГО ( <i>SCHISANDRA CHINENSIS</i> (TURKZ.) BAILL.) ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ СЕЛЕКЦИИ .....	191
<b>Силиванова Я.Г., Гришин Н.А., Афанасьева А.Ю., Раджабов А.К.</b> .....	<b>194</b>
ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА АРОМАТА ВИНОГРАДА И ВИНА .....	194
<b>Смахтина А.Д., Трубицина М.М., Эйдлин Я.Т.</b> .....	<b>197</b>
ГЕНЫ ХОЛОДОСТОЙКОСТИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ И ЗИМОСТОЙКОСТИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР .....	197
<b>Столярова А.А., Салтанова Ю.А.</b> .....	<b>201</b>
ДИКАЯ И СОРТОВАЯ СИРЕНЬ: ОТЛИЧИЯ, ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ .....	201
<b>Трубникова М.А., Никитин М.А.</b> .....	<b>206</b>
ИНТЕГРАЦИЯ GWAS И ТРАНСКРИПТОМИКИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ QTL УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К TOBRFV .....	206
<b>Федорова Т.В.</b> .....	<b>209</b>
ПЕРСПЕКТИВЫ В СЕЛЕКЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАПАХА У ДУРИАНА .....	209
<b>Цыпленкова С.С., Дмитриева В.Н., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>213</b>
СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОГО РАПСА НА ОСНОВЕ ЦМС: ОТ ГАПЛОИДОВ К ГИБРИДАМ .....	213
<b>Чаркина А.Р., Воробьёв М.В.</b> .....	<b>216</b>
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИЕМА ПРИВИВКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ РАСТЕНИЙ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА .....	216
<b>Чернобай А.А., Вишнякова А.В.</b> .....	<b>220</b>
ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ КАПУСТНЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР .....	220
<b>Чернышов Д.С.</b> .....	<b>224</b>
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В КУЛЬТУРЕ IN VITRO .....	224

<b>Чихирина Е.Ю., Вишнякова А.В. ....</b>	<b>227</b>
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В РОССИИ .....	227
<b>Шматова С.М., Вишнякова А.В. ....</b>	<b>230</b>
ПРОИЗВОДСТВО И СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ КАПУСТЫ БРОККОЛИ.....	230
<b>Yakovleva A.A., Simatova V.A., Nikitin M.A.....</b>	<b>233</b>
SEARCHING FOR SOURCES OF RESISTANCE TO LATE BLIGHT AMONG WILD RELATIVES OF TOMATO .....	233

## МЕТОД *IN VITRO* КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ РАЗМНОЖЕНИЯ ГИАЦИНТОВ

**Абасеева Ольга Анатольевна**, студент второго курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [olaabaseeva@gmail.com](mailto:olaabaseeva@gmail.com)

**Вишнякова Анастасия Васильевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** в ходе анализа научных работ рассмотрена важность микроклонального размножения как метода, влияющего на продуктивность и эффективность выращивания посадочного материала, а также определены рекомендации по оптимизации данного процесса.

**Ключевые слова:** Микроклональное размножение, микроразмножение, гиацинт восточный, *in vitro*, эксплант.

Гиацинт восточный (*Hyacinthus Orientalis* L.) — это однодольное растение семейства спаржевых, относится к роду гиацинтовых. Благодаря крупным ярким соцветиям и замечательному аромату, гиацинт нашёл широкое применение в современном цветоводстве. Гиацинты не только красивы и эффектны, они также популярны и тем, что их цветение приходится на ранний весенний период, когда большинство растений еще находятся в периоде покоя. Наибольшую ценность для садоводства представляет вид Гиацинт восточный (*Hyacinthus orientalis*), являющийся родоначальником всех существующих садовых форм и сортов гиацинта, этот вид широко культивируется в качестве декоративного растения и бывает самых разнообразных расцветок, включая белый, синий, фиолетовый, розовый, красный, оранжевый [3].

Размножают гиацинты как семенами, так и луковицами. Размножение семенами – довольно продолжительный процесс, занимающий около 5-6 лет. За год взрослая луковица в зависимости от сорта образует 0-3 деток. Луковицы растения часто поражаются многочисленными бактериальными и грибными инфекциями, в том числе *Dickeya spp.*, *Pectobacterium carotovorum*, и *Fusarium oxysporum*, которые вызывают повреждения, корневую гниль и наносят вред луковицам гиацинта. В естественных условиях рост и развитие растений происходит очень медленно, что невыгодно с экономической точки зрения. Чтобы избежать или минимизировать проблемы с инфекцией и низкой скоростью морфогенеза, используется метод микроклонального размножения (*in vitro*). Данный способ размножения позволяет получить большее количество новых растений из небольшого участка экспланта [3].



Целью обзора является подтверждение эффективности *in vitro* для размножения *Hyacinthus Orientalis*, а также выявление способов оптимизации данного метода.

Микрোকлональное размножение *in vitro* проходит в несколько этапов. Сначала отбирают эксплант (листья, чешуйки луковиц и т. д.). Эксплантами для гиацинта являются чешуйки луковиц. Затем микрокусочки экспланта культивируют на специальной питательной среде, которую подбирают под растение. Далее микрорастения (клоны) черенкуют и укореняют на среде с другим составом. Потом следует этап адаптации, во время которого клоны приучаются к жизни в условиях атмосферы и почвенного грунта.

Метод микрোকлонального размножения обладает рядом серьезных преимуществ, таких как получение генетически однородного посадочного материала, оздоровление растений (стерилизация), быстрое получение большого количества посадочного материала и возможность круглогодичной работы. Так, луковицы гиацинтов подвержены заражению вирусными и грибными заболеваниями и получение деток, которые не заражены этими заболеваниями делает растения более устойчивыми к ним. Также технология *in vitro* растений позволяет увеличить количество деток от одного материнского растения. В 1999 году S.A. McCartan и J. van Staden пришли к выводу, что микроразмножение не только обеспечивает быстрое и экономически выгодное размножение новых сортов, но и является средством элиминации вируса мозаики гиацинта, что значительно сокращает потери урожайности. Таким образом, метод *in vitro* позволяет получить незараженный посадочный материал для гиацинта при наименьших затратах и сохранить полезные признаки для дальнейшей селекции [1].

На рост растения, количество корней, обильность цветения оказывают влияние состав и концентрация регуляторов роста. В своей работе Вельмийкин И.Н. с соавт. обнаружили, что применение 2,0 мг/л 6-БАП + 0,5 мг/л ИУК (индолилуксусная кислота) стимулировало формирование побегов максимальной длины (7,5 мм) [2]. Hany M. El-Naggar с соавт. выявили различия в количестве дней для начала морфогенеза и формирования побегов в зависимости от сорта, так у красных сортов ('Pink Pearl' и 'Jan Bos') количество дней было меньше, чем у синих сортов ('Blue Pearl' и 'Serene Blue') и белого сорта ('White Pearl') [3]. При концентрации 2,0 и 3,0 мг/л БА (бензиладенин) количество регенерированных побегов увеличилось и варьировалось в зависимости от сорта. 'Pink Pearl' дал 6,6 побегов при концентрации 0,0 мг/л ИУК + 3,0 мг/л БА, в то время как 'Jan Bos' и 'Serene Blue' дали 6,6 и 6,0 побегов соответственно при концентрации 1,0 мг/л ИУК + 2 мг/л БА, 'Blue Pearl' и 'White Pearl' дали наибольшее количество побегов (6,0 и 5,3 соответственно) при концентрации 1,5 мг/л IAA + 2,0 мг/л БА [3]. Курбаниянова Г.Т. с соавт. выявили, что для многих однодольных растений 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-D) показывает результаты по сравнению с ИУК [4], так как в результате получается больше деток. Таким образом, растворы регуляторов роста влияют на скорость роста побегов и сокращение продолжительности морфогенеза, что более выражено для красных сортов по сравнению с синими и белыми сортами.

Несмотря на то, что метод микроклонального размножения имеет неоспоримые преимущества, у него есть и некоторые недостатки. Так, Деменко В.И. в статье о недостатках размножения *in vitro* на примере садовых растений отметил, что на каждом этапе возможны определённые сложности. Например, этап отбора эксплантов и введения их в культуру может стать наиболее затратным, в связи с вероятными потерями, так как во время стерилизации можно повредить растительные ткани и в результате произойдёт потеря экспланта. Также проблемой отбора эксплантов является возможное заражение чешуек луковиц грибными заболеваниями, что приведёт к быстрой гибели нового растения от инфекции. Задачей первого этапа является получение не только стерильных, но и способных к дальнейшему росту эксплантов [5]. В последующем необходим строгий контроль показателей водного потенциала, состава макро- и микроэлементов в питательных средах, температуры, света и влажности. Даже если учесть все влияющие факторы, необходимо отметить, что экспланты отделены от маточного растения и стерилизованы, а значит находятся в стрессовом состоянии. Таким образом, стресс экспланта при неоптимальных условиях выращивания могут вызвать возникновение анатомо-физиологических расстройств, что значительно снижает эффективность микроклонального размножения [5]. Следовательно, для предотвращения проблем во время микроразмножения важно тщательно отбирать и подготавливать экспланты, а также контролировать необходимые показатели, влияющие на эффективность размножения способом *in vitro*.

Метод микроклонального размножения является эффективным для выращивания растения *Hyacinthus Orientalis* L. в промышленном объёме, так как такой способ позволяет сократить время выращивания и получить здоровые растения. Недостатками микроразмножения являются сложность отбора эксплантов и тщательный контроль процесса выращивания. Для оптимизации результатов микроклонирования необходимы тщательный отбор и подготовка здоровых и стерилизованных эксплантов, способных к дальнейшему росту, а также использование эффективных растворов питательных сред.

### Библиографический список

1. S.A. McCartan, J. van Staden, Micropropagation of members of the Hyacinthaceae with medicinal and ornamental potential - A review, South African Journal of Botany, Volume 65, Issues 5–6, 1999, Pages 361–369, ISSN 0254-6299, [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(15\)31023-1](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(15)31023-1)

Режим

доступа:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915310231>

2. Вельмьякин, И.Н. Влияние регуляторов роста на побегообразование *Hyacinthus Orientalis* L. и гибридов цимбидиума (*Cymbidium*) при клональном размножении *in vitro* / Вельмьякин И.Н., Фатеева Е.В., Мокшин Е.В. // ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», Саранск, Республика Мордовия, Россия; [mr.velmyaykin@mail.ru](mailto:mr.velmyaykin@mail.ru), [Evmokshin@yandex.ru](mailto:Evmokshin@yandex.ru), [aslukatkin@yandex.ru](mailto:aslukatkin@yandex.ru) — Режим доступа: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/34883/1/168.pdf>

3. El-Naggar, H.M.; Shehata, A.M.; Moubarak, M.; Osman, A.R. Optimization of Morphogenesis and In Vitro Production of Five *Hyacinthus orientalis* Cultivars. *Horticulturae* 2023, 9, 176. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020176> Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/2/176>
4. Курбаниязова, Г.Т. Особенности состава питательных сред для культивирования в условиях in vitro однодольных видов растений / Курбаниязова Г.Т., Мустафина Ф.У., Жамалова Д.Н. // Институт ботаники Академии наук Республики Узбекистан, Республика Узбекистан, г. Ташкент. С. 2-7. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sostava-pitatelnyh-sred-dlya-kultivirovaniya-v-usloviyah-in-vitro-odnodolnyh-vidov-rasteniy/viewer>
5. Деменко, В.И. Проблемы и возможности микроклонального размножения садовых растений. Введение в культуру. / Деменко В.И. // Известия ТСХА, выпуск 2, 2005 год. С. 1-2. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-i-vozmozhnosti-mikroklonalnogo-razmnozheniya-sadovyh-ras-teniy/viewer>

## ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР В РОССИИ

*Алешечкин Савва Павлович, бакалавр кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, aleshechkin04@inbox.ru*

*Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, a.vishnyakova@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** Целью данного исследования является анализ исторических этапов становления и современное состояние селекции капустных культур в России.

**Ключевые слова:** история, селекция, семеноводство, Brassicaceae, капустные культуры, гибрид

Капустные культуры (*Brassicaceae*) занимают одно из ведущих мест в овощеводстве России, обеспечивая значительную долю производства и потребления овощей в стране. Белокочанная капуста, а также её разновидности — савойская, краснокочанная, брюссельская, кольраби, цветная и брокколи — являются основными объектами селекционной работы.

История селекции капустных культур в России насчитывает более века. До начала двадцатого века отечественная селекция капусты находилась в руках талантливых селекционеров: Е.А.Грачёва, Н.В.Вальватьева, К. Мороза, Н.М. Пышкина [2]. Основной упор отдавался семеноводству сортов, разработке методов, позволяющих снизить себестоимость семян и в плотную подойти к селекции на гетерозис [3].

Первый отечественный межлинейный гибрид капусты СБ-3 был создан в 1984 году в Тимирязевской академии. Его разработка стала результатом более чем двадцатилетней работы, начатой профессором А.В. Крючковым в 1963 году по изучению биологии самонесовместимости и селекции гибридов. В 1991 году гибрид был внесен в Госреестр [5].

В настоящее время перед российской селекцией капустных культур стоят задачи повышения урожайности и устойчивости сортов к биотическим и абиотическим стрессам, расширения генетического разнообразия и обеспечения импортнезависимости семенного фонда [3]. В последние десятилетия селекция капустных культур в России претерпела значительные изменения, связанные с использованием новых научных методов. Современные исследования направлены на создание высокопродуктивных сортов и гибридов капусты, устойчивых к стрессовым факторам среды и поражению болезнями.

Среди приоритетных направлений можно выделить:

- повышение урожайности и устойчивости к биотическим (вирусам, бактериозам, киле) и абиотическим стрессам (засуха, перепады температур) [1];
- селекция капустных культур на устойчивость к вредителям [1];
- создание гибридов F<sub>1</sub> нового поколения, обеспечивающих стабильную урожайность и выровненность по морфологическим признакам [4];

Современная российская селекция капустных культур представляет собой синтез классических методов отбора и гибридизации с достижениями молекулярной биологии и биоинформатики. Эти подходы позволяют создавать конкурентоспособные сорта и гибриды, адаптированные к различным агроклиматическим зонам России, и обеспечивать устойчивое производство продукции высокого качества [3].

Особое значение приобретают методы культуры тканей *in vitro* и гаплоидной селекции, позволяющие ускорить получение чистых линий и повысить эффективность гибридизации. Ведутся исследования по применению микроклонального размножения и соматической изменчивости [6]. Метод удвоенных гаплоидов (ДН-линий) позволяет в сжатые сроки получать абсолютно гомозиготные линии с ценными селекционными признаками, значительно ускоряя весь селекционный процесс. Широкое применение цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) кардинально упрощает и удешевляет технологию гибридного семеноводства, делая его более эффективным и доступным для массового производства [3].

Точность и эффективность селекционного процесса кардинально повысились с внедрением маркер-вспомогательной селекции (MAS). Этот метод позволяет на ранних стадиях отбирать растения с нужными генами (например, устойчивости к конкретной болезни) с помощью ДНК-анализа, что избавляет от необходимости долгих и трудоемких полевых испытаний и значительно сокращает время на создание нового сорта.

В ближайшие годы ключевыми направлениями станут:

- Использование геномных и постгеномных технологий. Развитие геномного и транскриптомного анализа позволит выявлять маркеры хозяйственно ценных признаков и проводить точечную селекцию по ДНК-маркерам. Это значительно сократит сроки выведения новых сортов и повысит эффективность отбора [2].

- Расширение генетического разнообразия. Одной из актуальных задач остаётся вовлечение в селекционный процесс диких видов рода *Brassica* и редких форм капустных культур, что обеспечит формирование устойчивых генотипов с широким адаптивным потенциалом [3, 7].

- Развитие устойчивого и экологически ориентированного овощеводства. Селекция будущего будет направлена на создание сортов, требующих минимального применения химических средств защиты, с высокой устойчивостью к патогенам и абиотическим стрессам [1].

- Импортонезависимость семеноводства. Важнейшим направлением является развитие отечественной базы семеноводства гибридов F<sub>1</sub>, способных заменить иностранные аналоги без снижения урожайности и качества продукции [4,3].

В целом, перспективы развития селекции капустных культур в России связаны с переходом к интегративной модели — сочетанию классической селекции, геномных технологий и инновационных агротехнических решений. Это позволит не только обеспечить внутренние потребности страны, но и укрепить позиции России на мировом рынке овощных культур.

История селекции капустных культур в России отражает развитие всей отечественной школы овощеводства — от первых опытов энтузиастов-самоучек до внедрения высокотехнологичных методов молекулярной и клеточной селекции. Сформированные в XX веке научные традиции и накопленный генетический материал стали основой для устойчивого развития отрасли [2].

Современный этап характеризуется активным внедрением биотехнологических подходов, направленных на повышение эффективности отбора и ускорение селекционного процесса. Разработка отечественных гибридов F<sub>1</sub>, расширение генетического разнообразия и внедрение молекулярно-генетических методов создают предпосылки для достижения полной импортонезависимости в семеноводстве [8, 9].

Таким образом, селекция капустных культур остаётся одним из приоритетных направлений отечественной аграрной науки, обеспечивающим продовольственную безопасность и конкурентоспособность страны в мировом сельскохозяйственном производстве.

### Библиографический список

1. Селекция капустных культур на устойчивость к вредителям / А. А. Маслова, А. А. Ушаков, В. И. Старцев, Л. Л. Бондарева // Защита растений.
2. Основные направления и результаты селекции и семеноводства капустных культур во ВНИИССОК / В. Ф. Пивоваров, Л. Л. Бондарева // Теория и практика селекции и семеноводства овощных растений.
3. Бондарева, Л. Л. Селекция капустных культур: истоки, развитие и современность / Л. Л. Бондарева // Овощи России. — 2025. — № 4. — С. 42-47.
4. Селекция и семеноводство капусты в России на современном этапе // Картофель и овощи : [сайт]. — URL: <http://potatoveg.ru/glavnaya-tema/selekciya-i-semenovodstvo-kapusty-v-rossii-na-sovremennom-etape.html> (дата обращения: 15.10.2024).
5. Баутин В.М., Монахос Г.Ф. Экономическая эффективность селекции и семеноводства F<sub>1</sub> гибридов капусты белокочанной // Известия ТСХА. — 2013. — Вып. 2. — С. 107–116.
6. Voronina A.V., Vishnyakova A.V., Mironov A.A. [et al.] Nutrient Medium Composition Optimization to Obtain Seed Progeny of Phalaenopsis (Phalaenopsis × Hybridum Blume) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 852. P. 012110. DOI: 10.1088/1755-1315/852/1/012110.
7. Миронов А.А., Чернявская О.А., Дегтярева Ю.С. [и др.] Создание отдаленного гибрида рапса (*Brassica napus* L.) и редиса (*Raphanus sativus* L.) // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 12. С. 5-10. DOI: 10.53859/02352451\_2023\_37\_12\_5.

8. Расоспецифическая листовая и корневая устойчивость рапса (*Brassica napus* L.) к *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* / А. В. Вишнякова, М. А. Никитин, О. О. Румянцева [и др.] // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 434-455. – DOI 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1043. – EDN KKBWWM.
9. Никитин, М. А. Использование технологии удвоенных гаплоидов в современной селекции капустных культур / М. А. Никитин // *Естественные науки*. – 2024. – № 4(17). – С. 32-37. – DOI 10.54398/2500-2805.2024.17.4.005. – EDN ZGQLGG.

## СЕЛЕКЦИЯ С ПАМЯТЬЮ: ЗАЧЕМ СОВРЕМЕННЫМ ЯБЛОНЯМ НУЖНЫ ГЕНЫ ЗАБЫТЫХ СОРТОВ

*Астафьев Мирон Сергеевич, бакалавр института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mironastafev.ru@gmail.com*

*Научный руководитель – Эйдлин Яков Тарасович, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ya.eidlin@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** В статье рассматривается значение генетического потенциала старых сортов яблони в современной селекции. Утрата сортового разнообразия в плодоводстве привела к снижению генетической устойчивости, а также к обеднению биохимического состава плодов.

**Ключевые слова:** яблоня, селекция, генетические ресурсы, старые сорта, устойчивость.

Интенсификация сельского хозяйства, ориентированная на коммерческую эффективность, привела к значительному сокращению сортового разнообразия плодовых культур. Современные сорта, доминирующие на рынке, характеризуются высокой продуктивностью и товарными качествами, но обладают узкой генетической базой. Это делает их уязвимыми перед развивающимися болезнями и изменяющимися климатическими условиями. Поэтому старые локальные сорта, обладающие уникальным комплексом адаптивных признаков, но исключенные из промышленного оборота, рассматриваются как незаменимый источник генетического разнообразия для селекционных программ.

Основу промышленного садоводства сегодня составляют ограниченное количество высокопродуктивных сортов, являющихся близкородственными генотипами. Это приводит к явлению генетической эрозии – потере разнообразия аллелей. Следствием являются: снижение адаптивного потенциала, в монокультурных посадках демонстрируется высокая чувствительность к абиотическим стрессам (засуха, заморозки, засоление почв), что требует постоянного антропогенного вмешательства (орошение, защита). Так же генетическая однородность создает идеальные условия для распространения узкоспециализированных патогенов. Появление нового штамма, может привести к катастрофическим потерям урожая. Помимо этого, современная селекция основана на визуальной и практической характеристике плодов (размер, окраска, лежкость), и это часто ведет к непреднамеренной утрате генов, ответственных за синтез вторичных метаболитов (ароматические вещества, полифенолы, витамины). Это обуславливает менее выраженные органолептические и



питательные свойства плодов современных по сравнению с традиционными сортами [1].

Старые сорта, такие как ‘Антоновка обыкновенная’, ‘Коричное полосатое’, ‘Папировка’ (‘Белый налив’), формировались в результате длительного народного и естественного отбора в специфических почвенно-климатических условиях. Они представляют собой резервуар ценных генов: гены полигенной устойчивости к парше в сорте ‘Антоновка обыкновенная’. Генотип содержит аллели, обеспечивающие более эффективный иммунный ответ. В сортах северного происхождения (‘Грушовка московская’, ‘Папировка’) находятся гены, определяющие высокую зимостойкость и скороспелость, что критически важно в условиях короткого вегетационного периода. Гены, контролирующие качество плода в сорте ‘Коричное полосатое’ являются эталоном десертного вкуса, обладая сложным балансом сахаров, кислот и летучих ароматических соединений. Интрогрессия этих генов позволяет обогатить вкусо-ароматический профиль новых гибридов [2].

Классическая селекция яблони – длительный процесс (15-20 лет), обусловленный продолжительным ювенильным периодом. Современная селекция базируется на использовании ДНК-маркеров, что кардинально сокращает временные затраты. Принцип метода заключается в идентификации полиморфных участков ДНК (маркеров), тесно сцепленных с генами целевых признаков (например, геном устойчивости к парше). Анализ ДНК проводится на ранних стадиях развития сеянца, что позволяет проводить отбор на генетическом уровне до плодоношения. Это исключает необходимость содержания тысяч фенотипически не проверенных растений, экономя ресурсы и время. Создание высокоплотных генетических карт и использование ПЦР-анализа делает этот процесс высокоточным и эффективным для переноса комплекса признаков от старых сортов в современные генотипы [3].

Таким образом, старые локальные сорта яблони представляют собой не исторический артефакт, а стратегический генетический ресурс для обеспечения устойчивого развития плодоводства. Их использование в селекционных программах с применением молекулярных методов позволяет создавать новые поколения, сочетающие высокую продуктивность и товарность с устойчивостью к стрессам и улучшенным качеством плодов. Сохранение и изучение генетического разнообразия традиционных сортов является залогом продовольственной безопасности и адаптации аграрного сектора к глобальным вызовам.

### **Библиографический список**

1. Красова, Н.Г. Оценка и использование в селекции генофонда яблони / Н.Г. Красова // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». Текст научной статьи по специальности «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство» – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-i-ispolzovanie-v-selektivnoy-genofonda-yablony/viewer>
2. Дунаева, Е.Н. Сорта яблони, высокоустойчивые к парше / Е.Н. Дунаева, А.В. Дунаев, В.В. Языкова // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка».

Текст научной статьи по специальности «Биологические науки» – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sorta-yabloni-vysokoustoychivye-k-parshe>  
Современные генетические методы в селекции растений / А. Кильчевский, Е. Сычева // Текст научной статьи по специальности «Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство». – Режим доступа: [https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-geneticheskie-metody-v-selektsii-rasteniy?ysclid=mhqfyu2t5y980511007](https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-geneticheskie-metody-v-selektzii-rasteniy?ysclid=mhqfyu2t5y980511007)

## СОХРАНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ВИШНИ

**Афанасьева Ангелина Юрьевна**, бакалавр кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, [AngelinaAfanaseva13@yandex.ru](mailto:AngelinaAfanaseva13@yandex.ru)  
**Гришин Никита Александрович**, бакалавр кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, [nikita\\_gri0445@mail.ru](mailto:nikita_gri0445@mail.ru)  
**Силиванова Яна Григорьевна**, студентка 4 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация:** Глобальные изменения, включая изменения климата, утрату биоразнообразия, угрожают устойчивому сельскому хозяйству. Данная статья представляет обзор современных методов для сохранения генетических ресурсов вишни.

**Ключевые слова:** вишня, генетические ресурсы, биотехнология, *Ex situ*, *In situ*.

Вишня является одной из плодовых культур, занимающих лидирующие позиции по распространенности и спросу, благодаря своему универсальному использованию, вкусовому качеству плодов и полезным свойствам. Однако площади под её насаждениями постепенно сокращаются. В России, по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) на 2024 г., под косточковыми насаждениями занято 106,0 тыс. га, при этом валовой сбор составляет 527,1 тыс [8]. Основными проблемами снижения являются: изменения климата, заболевания вишни и сокращение естественного ареала диких видов вишни. Все это является угрозами генетического разнообразия вишни. Генетические ресурсы представляют собой основы для селекции новых сортов и адаптации сельского хозяйства к меняющимся условиям.

Для сохранения генофонда вишни используют два основных метода [4]:

*Ex situ* (с лат., буквально – вне места, вне территории):

- генетические банки;
- ботанические сады (Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН).

В России коллекция отечественных генетических ресурсов вишни представлена рядом специализированных учреждений, включая ФГБНУ ФНЦ Садоводства Всероссийский НИИ селекции плодовых культур (Орел), Всероссийский институт растениеводства имени Н.И. Вавилова (ВИР), региональные научные центры и частные питомники. Эти коллекции играют ключевую роль в сохранении редких и исторически значимых сортов [8].

Преимущества метода:

- Доступность для исследователей;
- Контролируемые условия хранения;
- Сохранение большого количества образцов;

Недостатки метода:

- Зависимость от финансирования;
- Снижение адаптационных механизмов к стресс-факторам естественной среды;

*In situ* (с лат. — «на месте», в месте нахождения, в естественной среде):

- охрана местных видов вишни в естественных условиях и создание охраняемых территорий;

Также остаётся значительный потенциал в сфере сохранения традиционных местных сортов в экосистемах природоохраненных зон, которые обладают уникальными генами - устойчивостью к местным условиям, болезням. В Волжско-Камском государственном природном биосферном заповеднике есть птичья вишня (*Prunus avium*), которую используют для повышения вкусового качества и размера ягод [1].

В Приокско-Террасном природном биосферном заповеднике находится вишняя степная (*Prunus fruticosa*), которая также используется для создания зимостойких сортов (*Мечта зауралья*) [5].

Преимущества метода:

- Сохранение генетического разнообразия в естественных условиях;
- Адаптация к местным условиям.

Недостатки метода:

- Риск утраты генофондов в результате изменения климата или природных катастроф.

В сохранение генетических ресурсов большую роль играет биотехнология [6]:

1. Криоконсервация – сохранение генетических материалов (семена, пыльца, ткани) в жидком азоте (-196 °C). Этот способ обеспечивает долгое хранение генетических ресурсов.

2. ДНК-банки – это коллекция образцов ДНК и биологического материала. С их помощью сохраняют генетический материал, который может быть использован для восстановления утраченных генетических ресурсов или изучения генетического разнообразия [2].

3. Маркер-ориентированная селекция – использование молекулярных маркеров для отбора и распознавания растений. Это помогает селекционерам экономить время и ресурсы, выбирая растение с нужными признаками, не дожидаясь полного роста и развития растения.

В ФГБНУ ФНЦ Садоводства, путем математической обработки данных, был проведен анализ информативности SSR-маркеров<sup>1</sup>. Исследование,

---

<sup>1</sup>SSR-маркер (*Simple Sequence Repeats*) — это простые повторяющиеся последовательности (микросателлиты) длиной 2–6 нуклеотидов. Они присутствуют в геномах всех высших организмов, наследуются кодоминантно.

охватившее 14 сортов вишни из генетической коллекции, выявило наиболее значимые маркеры для идентификации сортов вишни обыкновенной [7].

4. *In vitro* (с лат. — «в стекле») – это выращивание части растения на искусственной питательной среде в стерильных условиях. Этот метод используют для получения многочисленных однородных растений без зависимости от сезонности и естественных условий.

Вывод: Данные методы применимы не только для вишни, но и к остальным плодовым культурам. Сохранение генетического разнообразия растений является важной задачей для обеспечения безопасности сельского хозяйства в условиях глобальных изменений. Комплексный подход к сохранению генетических ресурсов вишни, включающий как методы *Ex situ*, так и *In situ*, является ключевым, поскольку они обеспечивают взаимодополняющее действие. Для повышения результативности охраны и рационального использования генетического потенциала вишни необходимо наладить тесное сотрудничество между научным сообществом, производителями саженцев и регулирующими органами.

### Библиографический список

1. Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник -Режим доступа: <https://vkgz.ru/ru/plate/443> (дата обращения 03.11. 2025)
2. Генный банк, википедия Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Генный\\_банк](https://ru.wikipedia.org/wiki/Генный_банк) (дата обращения 05.11. 2025)
3. Помология: В 5-ти томах / Под общей редакцией Е.Н. Седова. Редактор III тома Е.Н. Джигадло. Том III. – Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2008. – 592 с.
4. Популяционная структура и принципы охраны вишни степной (*Cerasus fruticosa* Pall., Rosaceae L.) на Южном Урале тема диссертации и автореферата по ВАК РФ 03.02.01, кандидат биологических наук Юсупова, Алия Азатовна. Популяционная структура и принципы охраны вишни степной (*Cerasus fruticosa* Pall., Rosaceae L.) на Южном Урале: дис. кандидат биологических наук биология наук: 03.02.01. - оренбург, 2012. - 119 с.
5. Приокско-Тerrasный природный биосферный заповедник -Режим доступа: <https://wikiway.com/russia/prioksko-terrasnyy-zapovednik/> (дата обращения 03.11. 2025)
6. Сельскохозяйственная биотехнология: краткий курс лекций для студентов III курса направления подготовки 19.03.01 Биотехнология / Сост.: Е.А. Фауст // ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. – Саратов, 2016. – 76 с.
7. Спивак В.В., Капитова И.А. Апробация SSR-маркеров для генотипирования сортов вишни обыкновенной и черешни из генетической коллекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Плодоводство и ягодоводство России. 2025;81:14-24. - Режим доступа: <https://www.plodovodstvo.com/jour/article/view/1383> (дата обращения 03.11. 2025)

8. Федеральная служба государственной статистики – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 01.11. 2025)

9. Юшев А.А., Генофонд видов вишни России и сопредельных государств в коллекции ВИР, их география и направления использования // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. 2018. № 53. С. 66-70. DOI: 10.24411/2078-1318-2018-14066.

## ИНБРИДИНГ И ЕГО РОЛЬ В СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ИНБРЕДНОЙ ДЕПРЕССИИ

**Бегин Иван Дмитриевич**, студент института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, [ivanbegin12@gmail.com](mailto:ivanbegin12@gmail.com)

**Научный руководитель – Мурзина Эльвира Рафаэлевна**, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [e.murzina@rgau-msha.ru](mailto:e.murzina@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** В статье рассмотрен инбридинг преимуществ и недостатки его применения в селекции растений. Описана инбредная депрессия у растений перекрестников. На примерах свеклы, люцерны и амаранта показаны негативные эффекты инбридинга и методы их минимизации. Определены перспективны интеграции традиционного инбридинга с современными геномными и биотехнологическими методами.

**Ключевые слова:** инбридинг, инбредная депрессия, селекция.

Инбридинг – это система скрещивания близкородственных особей в пределах одной популяции или линии, приводящая к повышению гомозиготности потомства. В селекции растений инбридинг является одним из фундаментальных методов получения исходного материала, играя ключевую роль в создании чистых линий, стабилизации ценных признаков и последующем получении гетерозисных гибридов [1, 2]. Однако неизменным спутником инбридинга является инбредная депрессия – снижение жизнеспособности, продуктивности и фертильности потомства, обусловленное переходом вредных рецессивных аллелей в гомозиготное состояние и нарушением генетического баланса [3].

Данная тема актуальна ввиду широкого применения инбридинга в современных селекционных программах для самых разных культур – от перекрестноопыляемых видов, таких как люцерна и амарант, до частично самоопыляемых, как хлопчатник и свекла. Понимание механизмов инбредной депрессии и разработка методов ее преодоления являются залогом эффективного создания и сохранения ценного генофонда. Для этого необходимо проанализировать явление инбридинга и инбредной депрессии на примере конкретных сельскохозяйственных культур, оценить их влияние и определить стратегии использования в селекции.

Инбридинг приводит к увеличению доли гомозиготных локусов в популяции. Это позволяет селекционеру «проявить» и закрепить в чистом виде как желательные, так и нежелательные рецессивные признаки, которые в гетерозиготном состоянии были скрыты.

Инбридинг у перекрестноопыляемых культур позволяет выявить скрытую наследственную изменчивость. В работе с амарантом самоопыление ряда образцов позволило получить линии 5-7 поколений, которые были значительно однороднее исходных популяций и демонстрировали широкое разнообразие по морфологическим (окраска листьев и соцветий, высота растений) и биохимическим признакам (содержание белка, жира, витаминов) [1].

Основная цель инбридинга в современной селекции – получение стабильных инбредных линий, которые затем скрещиваются для проявления гетерозиса. Например, для столовой свеклы приоритетным направлением является создание конкурентоспособных гетерозисных межлинейных гибридов [2]. Высокая выравненность самопыленных линий по многим признакам – залог превосходства таких гибридов.

При селекции хлопчатника выявлено, что инбридинг используется для ускоренной стабилизации хозяйственно ценных признаков и повышения генетической однородности сортовой популяции [3]. Принудительное самоопыление на типичных растениях с последующим отбором позволяет очистить сорт от нежелательных аллелей и минимизировать расщепление в потомстве.

Инбридинг сопровождается инбредной депрессией, которая является следствием повышения гомозиготности и проявляется наиболее сильно у перекрестноопыляемых видов, например у лука репчатого [5,6]. Ее основные причины – накопление летальных и сублетальных рецессивных мутаций и потеря преимуществ гетерозиготности.

Классическим примером инбредной депрессии служит исследование на люцерне посевой [4]. Уже во втором поколении инбридинга ( $I_2$ ) фертильность пыльцевых зерен у некоторых растений падала до 6,6–16,5%. Наблюдались аномалии микроспорогенеза, нарушения в развитии семязачатков, недоразвитие интегументов и зародышевых мешков. Максимальная депрессия наблюдалась в поколениях  $I_2$  и  $I_3$ .

У люцерны процесс двойного оплодотворения у инбредных форм был растянут во времени (24–120 часов по сравнению с 8–48 часами при перекрестном опылении), наблюдалась гибель зародышей и дегенерация эндосперма [4], что говорит о замедлении репродуктивных процессов растений при инбредной депрессии.

Также наблюдается ухудшение хозяйственно-ценных признаков растений, полученных в результате инбридинга. В исследованиях на столовой свекле инбредная депрессия выражалась в резком снижении продуктивности семенных растений уже после первого самоопыления (на 28,9 – 78% в зависимости от линии). С увеличением уровня инбридинга (до  $I_4$ ) уменьшалась доля корнеплода в биомассе растения, увеличивалась доля шейки корнеплода, ухудшалась структура кожицы (появлялась сетчатость) [4].

У свеклы, являющейся перекрестноопылителем, инбридинг приводит к увеличению доли самостерильных растений, что связано с системой самонесовместимости, контролируемой, по данным Малецкого, двумя комплементарными генами [2].



Тем не менее, инбридинг важен для селекции, так как позволяет создать генетически однородный и стабильный материал, выявить ценные рецессивные признаки [7]. Также благодаря ему появляется возможность использования линий в гибридизации для получения гетерозиса. Ко всему прочему, инбридинг необходим для очистки сорта от нежелательных аллелей и повышение его типичности [3].

К недостаткам инбридинга можно отнести неизбежное проявление инбредной депрессии в первых поколениях, снижение продуктивности, фертильности и жизнеспособности растений, ограниченную применимость для самообесплодных видов.

Минимизировать негативные последствия инбридингу можно благодаря ежегодной выбраковки нежелательных и ослабленных растений в каждом инбредном поколении. Так, в работе со свеклой постоянный отбор против сростноплодных генотипов позволил за 4 цикла повысить степень раздельноплодности с 41,9% до 99,2% [2].

Исследования показывают, что после нескольких поколений инбридинга (часто к I<sub>4</sub>-I<sub>5</sub>) депрессия ослабевает, и показатели некоторых признаков могут восстановиться до уровня исходных форм или даже превзойти их [2, 4]. У люцерны к пятому поколению показатели фертильности мужского и женского гаметофитов уже не отличались от контроля [4].

Таким образом, роль инбридинга в селекции растений крайне велика. Он используется для создания генетически однородного материала, стабилизации сортов и, что наиболее важно, получения гетерозисных гибридов.

Перспективы использования инбридинга связаны с интеграцией традиционных методов с современными геномными технологиями. Молекулярное маркирование позволит точно идентифицировать и отбраковывать линии, несущие вредные рецессивные аллели, на ранних этапах, что значительно ускорит и удешевит селекционный процесс. Кроме того, методы *in vitro* позволяют эффективно сохранять и поддерживать ценные инбредные линии, минимизируя риски их потери [1].

### Библиографический список

1. Железнов, Н. В. Создание, сохранение, изучение и использование генофонда кормовых и лекарственных растений в ИЦиГ СО РАН / А. В. Железнов, Н. В. Железнова, Н. В. Бурмакина [и др.] // Информационный вестник ВОГиС. – 2008. – Т. 12, № 4. – С. 580-589.
2. Тимакова, Л.Н. Морфометрическое проявление признаков у инбредных линий раздельноплодной свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.) / Л.Н. Тимакова, М.А. Долгополова // Овощи России. – 2021. – №. 6. – С. 42-46.
3. Шодиева, О. М. Влияние инбридинга на генетическую однородность популяции хлопчатника / О. М. Шодиева, Б. И. Мамарахимов, М. Б. Халикова // Научное обозрение. Биологические науки. – 2020. – № 2. – С. 25-29.
4. Колясникова, Н. Л. Влияние инбридинга на развитие репродуктивных органов люцерны посевной / Н. Л. Колясникова // Актуальные

проблемы аграрной науки в XXI веке: Материалы Всероссийской заочной научно-практической конференции. – 2014. – С. 17-20.

5. Никитин, М. А. Использование технологии удвоенных гаплоидов в современной селекции капустных культур / М. А. Никитин // Естественные науки. – 2024. – № 4(17). – С. 32-37.

6. Эйдлин, Я. Т. Оценка гибридных комбинаций лука репчатого с групповой устойчивостью к заболеваниям / Я. Т. Эйдлин, Г. Ф. Монахос, С. Г. Монахос // Картофель и овощи. – 2023. – № 12. – С. 34-37. – DOI 10.25630/PAV.2023.88.72.003. – EDN EOFQZY.

7. Агрессивные изоляты *Fusarium* spp. на овощных культурах Московской области: видовой состав и фитотоксичность / А. В. Вишнякова, М. А. Никитин, А. А. Александрова, Л. М. Соколова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 108-123. – DOI 10.26897/0021-342X-2025-1-108-123. – EDN IROEMC.

## МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА RHODODENDRON

**Бирюкова Екатерина Анатольевна**, студентка 2-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, *kat.biryukova2014@gmail.com*.

**Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, *a.vishnyakova@rgau-msha.ru*.

**Аннотация:** целью данной работы является обзор современных способов микроклонального размножения представителей рода рододендрон (*Rhododendron*) и анализ того, какие условия лучше подходят для размножения листопадных, полувечнозеленых и вечнозеленых рододендронов.

**Ключевые слова:** рододендрон, *Rhododendron*, микроклональное размножение, питательная среда, *in vitro*, *ex vitro*, укоренение, адаптация.

Рододендрон – представитель семейства Вересковые (*Ericaceae*), насчитывающий более 1000 видов и 10000 сортов. Существуют как листопадные, так и вечнозеленые кустарники или деревья. Рододендроны обладают высокодекоративными качествами, широко распространены в сфере озеленения городской среды, однако имеются сложности в их размножении. Семенное размножение хоть и эффективно, но занимает много времени, вегетативное чревато низкой приживаемостью посадочного материала в связи со слабым развитием корневой системы. Самым эффективным способом размножения рододендрона является микроклональное размножение, позволяющее в кратчайшие сроки получить высококачественный посадочный материал [3].

Суть микроклонального размножения заключается в свойстве растений – тотипотентности – способности растительной клетки давать начало целому организму. На сегодняшний день изучено много тонкостей биотехнологического размножения рододендронов, проведены различные опыты для выявления лучших условий для развития растений. Наилучшими эксплантами являются ювенильные побеги, поскольку они синтезируют большое количество фитогормонов для активного деления клеток и роста растения. С возрастом экспланта синтез гормонов снижается, дифференциация клеток и развитие новых побегов затрудняется. На эффективность микроклонального размножения так же может влиять состав питательной среды, на которой выращивается объект [1, 2].

В работе Шилиной Д.М и др. в качестве исследуемых материалов были рассмотрены 3 вечнозеленых морозоустойчивых представителя рода Рододендрон: сорт *Rh. Helsinky University*, гибрид *Rh. hybrid Marianna v. Weizsacker* и вид *Rh. caucasicum var. Rosea*. Для размножения использовали питательную среду WPM (Woody Plant Medium). Для определения оптимальных

условий развития растений использовали 3 варианта питательной среды: контрольный вариант - питательная среда WPM без добавления гормонов, WPM с добавлением гормонов БАП/ИМК в соотношении 1/4 мг/л и WPM с добавлением гормонов НУК/КИН в соотношении 1/4 мг/л. В колбы поместили растения высотой 10 мм. Растения культивировались в помещении при световом режиме 16/8 и при температуре +20 °С. По истечении 4 месяцев растения сфотографировали при помощи цифрового микроскопа и произвели измерения длины побегов и корней в программе eScore [1].

По результатам исследования все 3 представителя по-разному реагировали на условия культивирования. У *Rh. Helsinki University* содержание гормонов в питательной среде, особенно БАП/ИМК, стимулировало рост главного побега по сравнению с контрольным вариантом. С ростом корня все иначе: опыт показал, что наличие гормонов угнетает рост корня, особенно вариант с гормонами НУК/КИН. Наибольшее количество листовых пластинок наблюдалось в питательной среде с добавлением БАП/ИМК, а питательная среда с НУК/КИН оказала негативный эффект. Наибольшее кущение тоже наблюдалось в варианте с содержанием БАП/ИМК, наименьшее в варианте с НУК/КИН. Данные сведения показывают, что для сорта *Rh. Helsinki University* оптимальными условиями служит питательная среда без добавления гормонов или среда с добавлением БАП/ИМК, в таких условиях наблюдается хороший рост побега и кущение. Корневая система лучше развилась на питательной среде без гормонов [1].

Показатели *Rh. hybrid Marianna v. Weizsacker* значительно отличаются от показателей предыдущего сорта: наличие гормонов в питательной среде, особенно БАП/ИМК угнетало развитие главного побега. На рост корневой системы наличие гормонов не повлияло. На формирование листьев наличие гормонов, особенно БАП/ИМК, так же дало угнетающий эффект. Кущение рододендрона наблюдалось во всех трех группах. Наибольшее кущение - в среде с НУК/КИН, наименьшее - в среде с БАП/ИМК. Для данного гибрида наилучшей средой является контрольная, по всем пунктам исследование показало положительную динамику. Добавление гормонов НУК/КИН хорошо повлияло на кущение рододендрона, поэтому можно сказать, что такая питательная среда тоже является для него оптимальной [1].

У вида *Rh. caucasicum var. Rosea* благоприятной для развития главного побега средой оказалась среда без добавления гормонов. Наличие гормонов, особенно БАП/ИМК, угнетало его развитие. Наличие фитогормонов так же угнетало и развитие корней, особенно наглядно это проявлялось на среде с НУК/КИН. На формирование листовых пластинок негативно сказалось наличие фитогормонов, хотя наличие НУК/КИН дало незначительный положительный эффект. Образование побегов 2 порядка наблюдалось только на питательной среде без добавления фитогормонов. Для данного вида рододендрона наилучшей питательной средой для размножения является контрольная среда без добавления гормонов [1].

Питательная среда WPM является оптимальной средой для развития растений рода *Rhododendron* в условиях *in vitro*. Наличие гормонов в среде

оказало незначительный эффект. У всех 3 представителей в таких условиях стремительно развиваются побеги и листья, однако наблюдаются трудности в развитии корневой системы. Для образования развитой корневой системы следует подобрать иные условия.

В работе Зайцевой Ю.Г. и др. в качестве питательной среды была выбрана питательная среда Андерсона, дополненная 30,0 г/л сахарозы, 6,0 г/л Бактоагара и регуляторами роста растений: 24,5 мкМ 2-изопентиладенина и 5,7 мкМ  $\beta$ -индолилуксусной кислоты, pH среды - 5,0. Культивирование производили при 16 часовом фотопериоде при температуре 23 °C [3].

Зайцева Ю.Г. и др. обращают внимание на проблему укоренения и адаптации представителей рода *Rhododendron* в условиях *ex vitro*. Для проведения данного исследования были выбраны следующие 6 генотипов: полувечнозеленые и листопадные дикорастущие виды *Rh. sichotense*, *Rh. mucronulatum*, *Rh. schlippenbachii* и вечнозеленые сорта *Rh. catawbiense* 'Grandiflorum', 'Helsinki University', 'Haaga'. Для стимуляции ризогенеза они предлагают 2 способа культивирования регенерантов с использованием ИМК (индолил-3-масляная кислота): непосредственно культивирование на среду Андерсона, дополненную 25,0 мкМ ИМК, или 4-часовая обработка в растворе 148,0 мкМ ИМК с последующим культивированием либо в условия *in vitro* - на безгормональную среду Андерсона, либо в условия *ex vitro* - на гидропонную установку или в субстрат [3].

Самым эффективным для исследуемых регенерантов способом укоренения в условиях *in vitro* является импульсная обработка раствором ИМК, частота укоренения более чем в 2 раза превысила показатели при укоренении на среду Андерсона без предшествующей обработки ИМК. Максимальный процент укоренения в результате импульсной обработки - у вечнозеленых видов *Rh. Helsinki University*, и *Rh. Haaga* - 75 и 67% соответственно. У дикорастущих полувечнозеленого *Rh. sichotense* и листопадных *Rh. mucronulatum* и *Rh. schlippenbachii* – 30-40%. Невысокий процент укоренения - у побегов вечнозеленого *Rh. catawbiense* 'Grandiflorum' [3].

В условиях *ex vitro* после импульсной обработки раствором ИМК побеги укореняли на гидропонной установке (*Rh. sichotense*, *Rh. Helsinki University*, *Rh. Haaga*) и в смеси торфа и песка (*Rh. sichotense*, *Rh. mucronulatum*, *Rh. schlippenbachii*, *Rh. catawbiense* 'Grandiflorum' и 'Helsinki University'). При сравнении вышеуказанных методов укоренения на гидропонной установке отмечено повышение частоты укоренения у вечнозеленых сортов *Rh. Helsinki University*, и *Rh. Haaga* - 90 и 78% соответственно, полувечнозеленый *Rh. sichotense* наоборот укоренялся с меньшей частотой, чем на безгормональной среде Андерсона, а культивирование в смеси торфа и песка оказалось наиболее чем удачным подходом для укоренения регенерантов, процент укоренения рододендронов составил: 'Helsinki University' – 100%, *Rh. mucronulatum* – 89%, *Rh. sichotense* – 84%. При этом как подземная, так и надземная части растений получили лучшее развитие относительно растений, укорененных в условиях *in vitro*. Помимо этого, рододендроны быстро адаптировались к условиям открытого грунта [3].

Предложенная Шиловой Д.М. и др. методика культивирования рододендронов на питательную среду WPM дала положительный эффект с точки зрения развития побегов и листьев, однако корневая система в таких условиях развивается слабо независимо от наличия в среде фитогормонов. Для получения высококачественного посадочного материала требуется применение технологий, способствующих лучшему укоренению регенерантов [1]. Работа Зайцевой Ю.Г. и др. направлена на устранение проблем укоренения рододендронов и их адаптации к условиям *ex vitro*. Предложенные ими методы показали положительный результат. Культивирование на среду Андерсона с предшествующей 4-часовой обработкой ИМК показало хорошие результаты, более чем в 2 раза превышающие показатели результатов культивирования на среду Андерсона без предшествующей обработки ИМК. Культивирование на гидропонной установке было эффективно для вечнозеленых представителей *Rh. Helsinki University*, и *Rh. Haaga*. Наилучшие показатели были выявлены при культивировании рододендронов в смеси торфа и песка с предшествующей 4-часовой обработкой ИМК. Все 6 исследуемых генотипов показали высокий процент укоренения с хорошо развитыми подземной и надземной частями, легко адаптировались к условиям открытого грунта и быстро переходили в генеративное состояние [3].

Для самостоятельного микроклонального размножения рододендронов я бы рассматривала метод, предложенный Зайцевой Ю.Г. и др., использовала бы метод 4-часовой обработки 148,0 мкМ индолил-3-масляной кислотой с последующим укоренением в субстрат (смесь торфа и песка). Обработка ИМК обеспечивает быстрое и эффективное корнеобразование, а укоренение в субстрат способствует быстрой адаптации рододендронов к нестерильным условиям.

### Библиографический список

1. Шилов Д.М., Сырова В.В., Макарова А.Е., Широков А.И. Особенности микроклонального размножения *in vitro* различных представителей рода *Rhododendron* // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 2. С. 106-110. DOI: 10.55355/snv2023122117.
2. Voronina A.V., Vishnyakova A.V., Mironov A.A. [et al.] Nutrient Medium Composition Optimization to Obtain Seed Progeny of *Phalaenopsis* (*Phalaenopsis* × *Hybridum Blume*) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 852. P. 012110. DOI: 10.1088/1755-1315/852/1/012110.
3. Zaytseva Y., Ambros E., Novikova T. Укоренение и адаптация регенерантов морозоустойчивых представителей рода *Rhododendron* к условиям *ex vitro* // *Turczaninowia*, 2018. Т. 21, № 1. С. 144-152.
4. Васильева О. Г. Возможности и перспективы клонального микроразмножения интродуцированных видов рододендрона // Вестник КрасГАУ. 2008. №3.

## СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ РОЛЬ СЕЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

**Видинеев Андрей Юрьевич**, студент бакалавриата кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [2006andreyv@gmail.com](mailto:2006andreyv@gmail.com)

**Научный руководитель – Мурзина Эльвира Рафаэлевна**, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация:** В статье рассматривается социокультурное значение селекции растений в контексте современной цивилизации. Проанализированы исторические и культурные аспекты влияния селекционных достижений на развитие общества, трансформацию питания, эстетических ценностей и экологического сознания. Подчёркивается роль селекции как формы взаимодействия человека с природой, отражающей социальные и культурные приоритеты эпохи.

**Ключевые слова:** селекция растений, культура, общество, биотехнология, аграрная история, устойчивое развитие.

Селекция растений как научно-практическая деятельность является одной из наиболее ярких форм культурного взаимодействия человека с природой. Она отражает не только биологические, но и социальные процессы, поскольку каждое селекционное достижение – это результат коллективного опыта, воплощение идеалов времени, отражение уровня науки и ценностных установок общества. В XXI веке селекция приобретает черты социокультурного феномена, влияющего на качество жизни, продовольственную безопасность и устойчивое развитие [1].

Исторически процесс окультуривания растений был тесно связан с формированием цивилизаций. Возникновение земледелия определило переход человека от кочевого образа жизни к оседлому, а затем к социальному и культурному расслоению общества. Каждая новая культура – пшеница, рис, кукуруза, виноград, яблоня – становилась не только источником питания, но и символом региона, элементом национальной идентичности. В этом контексте селекция представляет собой продолжение культурной эволюции, направленной на улучшение не только урожайности и качества продукции, но и на сохранение традиций, формирование эстетического восприятия природы [2].

Современная селекция всё более интегрируется в гуманитарное пространство. Появление новых сортов декоративных растений, адаптированных к урбанизированным условиям, способствует формированию комфортной городской среды, а использование культур с высокой биологической ценностью отражает стремление общества к здоровому образу жизни. Развитие технологий *in vitro*, генной инженерии и молекулярных методов

создаёт предпосылки для осмысления селекции как формы творческой деятельности, где научное знание соединяется с этическими и культурными вопросами [3, 4, 7, 8].

Селекционные центры и ботанические сады становятся культурными институтами, выполняющими образовательную и просветительскую функцию. Экспозиции сортов и коллекций формируют у посетителей представление о разнообразии растительного мира, экологической ответственности и связи человека с природой [5, 6].

Социокультурная роль селекции также проявляется в сфере искусства и символики. Цветочные и плодовые мотивы широко используются в декоративно-прикладном искусстве, литературе и живописи, где растение становится метафорой жизненной силы, гармонии и красоты. На уровне массовой культуры новые сорта декоративных растений становятся частью имиджа городов и регионов, участвуют в фестивалях, выставках, озеленении общественных пространств.

В условиях экологических вызовов и изменения климата селекция растений приобретает статус культурной миссии – сохранения устойчивости биосферы и обеспечения будущих поколений продовольствием. Таким образом, селекция выступает не только как технологический процесс, но и как форма культурного диалога между наукой и обществом, прошлым и будущим.

Современное общество воспринимает селекцию как инструмент гуманизации биотехнологий, средство формирования экологического мышления и сохранения природного разнообразия. Эволюция этой области отражает социокультурные ценности времени – стремление к гармонии, устойчивости, инновациям и ответственности за будущее планеты.

### **Библиографический список**

1. Макаров, С.С. Биотехнология в садоводстве. Выращивание плодовых и редких ягодных растений в культуре *in vitro*: учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2023. – 128 с.
2. Громадин, А.В., Сахоненко, А.Н. Деревья и кустарники, пригодные для культивирования в открытом грунте на территории России. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2025. – 695 с.
3. Ладейщикова, Л.А. Интродукция редких плодовых и декоративных растений на Среднем Урале: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2004. – 22 с.
4. Кузнецова, И.Б., Макаров, С.С., Суров, В.В., Кульчицкий, А.Н. Особенности органогенеза лимонника китайского при клональном микроразмножении с использованием ростостимулирующих препаратов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2022. – № 6 (98). – С. 93–97.
5. Макаров, С.С., Чудецкий, А.И., Сахоненко, А.Н. Создание биоресурсной коллекции ягодных растений на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 4. – С. 23–33.
6. Минин, А.Н., Кузнецов, А.А., Антипенко, И.И. Садоводство в Среднем Поволжье: монография. – Самара: Слово, 2021. – 635 с.



7. Миронов А.А., Чернявская О.А., Дегтярева Ю.С. [и др.] Создание отдаленного гибрида рапса (*Brassica napus* L.) и редиса (*Raphanus sativus* L.) // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 12. С. 5-10. DOI: 10.53859/02352451\_2023\_37\_12\_5.

8. Агрессивные изоляты *Fusarium* spp. на овощных культурах Московской области: видовой состав и фитотоксичность / А. В. Вишнякова, М. А. Никитин, А. А. Александрова, Л. М. Соколова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 1. – С. 108-123. – DOI 10.26897/0021-342X-2025-1-108-123. – EDN IROEMC.

ПРОДУКТИВНОСТЬ СЛИВОВИДНОГО ТОМАТА «ПЛАМОЛА F1» НА  
ПОДВОЕ «СУЗУКА F1» В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЁННОГО ГРУНТА ТК  
«ТЮМЕНЬ АГРО»

*Голосова Анна Евгеньевна*, студент кафедры овощеводства, института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [agolosova09@gmail.com](mailto:agolosova09@gmail.com)

*Грушина Дарья Дмитриевна*, студент кафедры овощеводства, института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [dashagrushina1105@gmail.com](mailto:dashagrushina1105@gmail.com)

**Научный руководитель - Воробьёв Михаил Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [vorobyov@rgau-msha.ru](mailto:vorobyov@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** в статье представлено сравнение продуктивности сливовидного томата гибрида «Пламола F1» корнесобственного и сливовидного томата гибрида «Пламола F1», привитого на подвой «Сузукка F1» в условиях тепличного комплекса «Тюмень Агро».

**Ключевые слова:** сливовидный томат, прививка, подвой, привой, теплица

Томат – вторая по объёмам производства культура в защищённом грунте в России. Для повышения обеспеченности населения свежими овощами и большей заинтересованности производителей в выращивании томатов необходимо максимально эффективно использовать имеющиеся в стране площади теплиц. Производство томатов в тепличных хозяйствах ставит перед собой цель вырастить наиболее скороспелые и высокопродуктивные растения, однако ключевой проблемой для достижения этой цели может стать подверженность сортов и гибридов болезням. Выход из такой ситуации – перевод культуры в зону неблагоприятных грунтов и земель на привитую культуру [1]. Прививка является одним из лучших путей стабилизации производства томата, потому, что ее правильное проведение позволяет растению образовать мощную корневую систему, снизить требования к влажности и температуре. Также, она увеличивает устойчивость к холоду, жаре и другим стрессам, что приводит к повышению урожая на 5-10 % [2, 11].

Опыт был заложен на базе ООО «ТК Тюмень Агро». Процесс начался 10.07.2025 с подготовки и запитывания кассет для семян. Посев привоя и подвоя в подготовленные кассеты шёл с промежутком 1 день – 14.07.2025 был посеян гибрид «Сузукка F1», 15.07.2025 был посеян гибрид «Пламола F1». Такая разница в возрасте семян необходима для нивелирования биологических особенностей привоя и подвоя – для того, чтобы толщина их стеблей совпала и срастание было максимально качественным. Контрольный вариант (корнесобственный гибрид «Пламола F1») был посеян 21.07.2025. Процесс прививки начался на 8 день после

появления массовых всходов подвоя. Прививка проводилась в соответствии с правилами санитарно-гигиенического режима рассадного отделения, с обработкой рук дезинфицирующим средством Делия комби. Срез подвоя производился стерильным лезвием и составлял 45 градусов на высоте 2,5 см от уровня субстрата. Далее на срез надевалась силиконовая клипса подходящего диаметра (1,5 или 1,8 мм), которая фиксировала растение с помощью деревянной палочки, продетой в отверстие на клипсе. После в клипсу вставлялся и плотно прикладывался к подвою привой, предварительно отрезанный под углом 45 градусов. После того, как все томаты в кассете были привиты, кассета сбрызгивалась водой из микродисперсного распылителя. После проведения прививки растения перемещались на 3 дня в камеру сращивания. После срастания привитые растения помещались в парниковые модули для адаптации к климату теплицы. Рассада привитой и корнесобственной культур была высажена на постоянное место 24.08.2025.

**Цель исследования** - оценить влияние подвоя «Сузука F1» на фенологические параметры и урожайность сливовидного томата «Пламол F1» в условиях защищённого грунта ТК "Тюмень Агро". Задачи исследования: сравнить и проанализировать фенологические параметры сливовидного томата гибрида «Пламол F1» на подвое «Сузука F1» и томата «Пламол F1» корнесобственного; сравнить и проанализировать общую урожайность томата гибрида «Пламол F1» на подвое «Сузука F1» и гибрида томата «Пламол F1» корнесобственного.

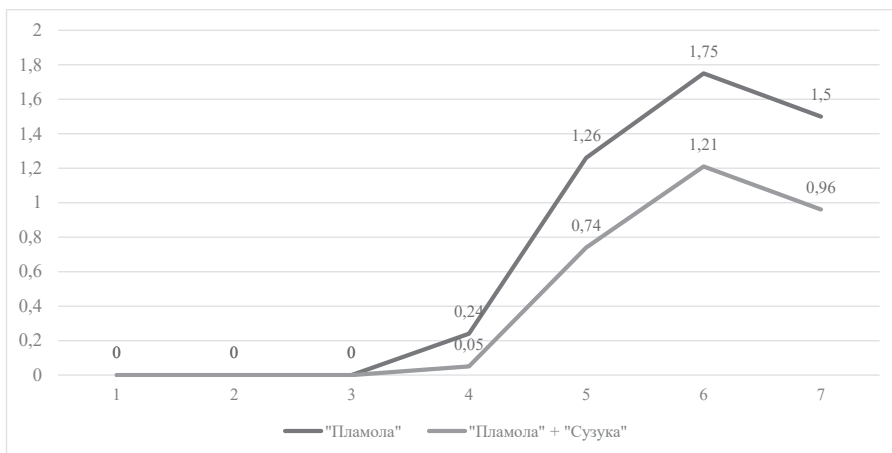
Биометрические показатели растений томата для получения данных измеряли один раз в неделю с началом измерений. Урожайность томата учитывали с одного метра квадратного в трехкратной повторности отдельно по каждому варианту. Измерения начали проводить в первую неделю после высадки рассады непосредственно в блок теплицы.

По результатам исследований нельзя сделать однозначный вывод о влиянии подвоя на фенологические показатели растений томата, поскольку культура томата гибрида «Пламол F1» корнесобственного велась в один стебель, в отличие от ведения в два стебля культуры привитого томата. Исходя из представленных таблицы 1 и рисунка 1 становится ясно, что урожайность корнесобственного томата выше, чем урожайность привитого.

*Таблица 1.*

**Урожайность привитых и непривитых растений томата гибрида «Пламол F1» (кг/кв.м)**

	Неделя						
	1	2	3	4	5	6	7
«Пламол F1 »	0	0	0	0,24	1,26	1,75	1,5
«Пламол F1 » + «Сузука F1 »	0	0	0	0,05	0,74	1,21	0,96



**Рисунок 1 - График изменения урожайности томата гибрида «Пламола F1» корнесобственного и гибрида «Пламола F1» привитого**

Таким образом, нами было проанализировано влияние прививки на продуктивность сливовидного томата гибрида «Пламола F1». Результаты исследования показали, что подвой «Сузука F1» не даёт увеличения урожайности для томата гибрида «Пламола F1» по сравнению с контрольным вариантом. Соответственно, на данном этапе исследований томаты гибрида «Пламола F1», привитые на подвой «Сузука F1», не имеют привлекательности для производства.

### **Библиографический список**

1. Ака, М. Н. Д. Прививки томата - новая ступень развития отрасли / М. Н. Д. Ака // Овощеводство - от теории к практике: Сборник статей по материалам III региональной научно-практической конференции молодых ученых, Краснодар, 21–22 марта 2020 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 3-6.
2. Воробьев, М. В. Современные гибриды томата, оценка урожайности и биохимического состава плодов / М. В. Воробьев, М. Е. Дыйканова // XII Неделя науки молодежи северо-восточного административного округа г. Москвы, посвященная 160-летию К.Э. Циолковского: сборник статей. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – С. 338–340.
3. Воробьев, М. В. Способ выращивания коктейльных томатов в защищенном грунте в продленном обороте / М. В. Воробьев, Д. А. Федоров, В. Д. Богданова // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова: сборник статей, Москва, 07–09 июня 2021 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 316-319. – EDN ZLHNPU.

4. Воробьев, М. В. Влияние арочных кистедержателей на урожайность томата в весенней плёночной теплице / М. В. Воробьев, М. Е. Дыйканова // Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 14 ноября 2023 года. – Балашиха: Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского, 2023. – С. 163-167. – EDN KMILIL.
5. Воронкова, И. Р. Влияние прививки на продуктивность томатов в закрытом грунте / И. Р. Воронкова, В. В. Рзаева // Известия Дагестанского ГАУ. – 2024. – № 2(22). – С. 24-31.
6. Дыйканова, М. Е. Продуктивность гибридов томата и биохимический состав плодов / М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26–27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 290-293. – EDN YAJBLP.
7. Дыйканова, М. Е. Влияние кистедержателей и органических удобрений на урожайность и качество мелкоплодного томата / М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев, В. И. Терехова, М. А. Бочарова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(76). – С. 47-50. – EDN WJGCCF.
8. Рамазанов, К. М. Розовоплодный томат в фермерской теплице в Каякентском районе Дагестана / К. М. Рамазанов, Д. А. Федоров, М. В. Воробьев // Картофель и овощи. – 2023. – № 10. – С. 25-28. – DOI 10.25630/PAV.2023.28.22.001. – EDN EHOMDP.
9. Симаков, Г. А. Опыт выращивания гибридов F1 томата Черри в условиях ООО "овощи Краснодарского края" / Г. А. Симаков // Актуальные вопросы современной селекции, биотехнологии и ботаники: Сборник докладов всероссийской студенческой научно-практической конференции, Российский государственный аграрный университет, 07–08 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 43-47. – EDN SDSILA.
10. Терехова, В. И. Влияние некорневых обработок органическими препаратами на качество и урожайность продукции томата / В. И. Терехова, М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев, М. А. Бочарова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4. – С. 102-115. – DOI 10.26897/0021-342X-2024-4-102-115. – EDN BBQSSS.
11. Влияние различной обработки на укореняемость зеленых черенков клоновых подвоев сливы ОП 23-23 и ВСЛ 2 в условиях искусственного тумана / Е. Г. Самощенко, И. А. Фесютин, К. В. Гебре, А. Е. Буланов // Известия

Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 6. – С. 86-102. – DOI 10.26897/0021-342X-2023-6-86-102. – EDN VDGPPZ.

## СОМАКЛОНАЛЬНАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (КЛУБНИКИ)

**Горбатова Полина Владимировна**, бакалавр кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [polinagorbatova2520@gmail.com](mailto:polinagorbatova2520@gmail.com)

**Аннотация:** Целью данной статьи является общий обзор соматклональной изменчивости культуры земляники садовой с точки зрения биотехнологии, методов борьбы с ней или её использования.

**Ключевые слова:** земляника садовая, вариабельность, изменчивость, *in vitro*.

*Fragaria ananassa* и *Fragaria grandiflora* – земляника садовая (она же ананасная, она же крупноплодная), которую в простонародии привыкли ошибочно называть клубникой, является одной из самых рентабельных и часто употребляемых ягодных культур [5]. В современных реалиях её производство невозможно представить без использования технологии *in vitro*. Благодаря клональному микроразмножению можно за короткий срок получить тысячи генетически идентичных и свободных от патогенов растений-регенератов. Однако, эта «идеальная картина» нарушается явлением, под названием соматклональная вариабельность (от греч. *soma* — «тело» и *clon* — «отпрыск, ветвь») – возникновение гено- и фенотипических различий у растений, полученных из соматических клеток, проще говоря – это генетические «ошибки копирования», возникающие в процессе микроклонального размножения. Каллус (недифференцированные клетки) и клетки в процессе пролиферации побегов (разрастание ткани путём деления клеток) подвержены спонтанным мутациям, в то время как клетки меристемы обеспечивают генетическую стабильность [2]. Когда из мутировавшей клетки развивается целое растение, оно, скорее всего, будет отличаться от исходного сорта.

Почему возникает процесс соматклональной вариабельности?

Прочитав множество статей различных учёных [1, 2, 3, 4, 5, 6], можно выделить несколько основных причин:

### **Регуляторы роста**

Выбор различных регуляторов роста и их дозировка оказывали определённое влияние на растения, и несли за собой отличные друг от друга последствия. Высокие концентрации цитокининов (например, БАП), используемые для стимуляции побегообразования, являются мощным мутагенным фактором [6], а небольшое количество Кинетина наоборот, способствовало лучшим показателям роста побегов, чем побеги, выращенные на питательной среде без него [2].

### ***Генотип сорта***

В ходе исследований, была выявлена зависимость соматоклональных вариаций и сортов земляники. Некоторые сорта (например, Урожайная ЦГЛ) имеют меньшую предрасположенность к такому виду изменчивости, чем другие [3].

### ***Длительность нахождения в условиях in vitro***

Чем больше пересевов (пассажей) проходит культура, тем выше накапливается вероятность мутаций. Связано это с постоянным стрессом. Ведь чем больше пересаживается растение, тем больше оно получает повреждений, и тем чаще ему приходится снова адаптироваться под новые условия [3].

### ***Тип эксплантов***

В качестве экспланта может использоваться любая часть растения [5], но большинство учёных пришли к общему мнению, что использование каллусной части растения земляники повышает вероятность появления соматоклональной вариативности до 50% (а иногда до 80%). Данное явление связано с тем, что каллус – это масса недифференцированных, быстро делящихся клеток. Именно в процессе такого быстрого деления чаще всего и происходят мутации, которые в свою очередь ведут к вариативности посадочного материала [5, 7]. Во избежание этого, учёные научились использовать прямой органогенез (из апикальной меристемы верхушечных почек) [2]. В таком случае вероятность мутаций резко падает до 1-5%.

Какие есть плюсы и минусы в соматоклональной вариативности?

Безусловно, мутации ассоциируются у нас с чем-то плохим. И действительно, наиболее часто встречаются негативные проявления, такие как:

*Нарушения репродуктивной функции.* Стерильность, снижение урожайности, аномалии в развитии цветков.

*Ухудшения качества ягод.* Мельчание, изменение и потеря интенсивности их окраски, ухудшение непосредственно вкуса и аромата.

*Изменения листовой пластинки.* Хлорозы, мозаичность, изменение размера и формы листьев.

*Изменение габитуса.* Чрезмерное вытягивание растений или наоборот, карликовость.

Но несмотря на это, от соматоклональной вариативности есть и некоторая польза: могут появиться редкие, но очень ценные для селекции проявления, такие как:

Изменение сроков созревания

Повышенная продуктивность

Повышенная устойчивость к болезням (например, к мучнистой росе)

Отсюда следует, что чем больше вариаций нового поколения получится в результате размножения, тем больше будет выбор у селекционера для создания новых сортов [1, 3, 4].

**Вывод.** Соматоклональная вариативность остается неотъемлемым и коварным спутником микроклонального размножения земляники. Для коммерческого производства — это угроза, требующая строгого контроля на всех этапах. Однако для селекции это явление представляет собой уникальный



источник нового генетического разнообразия, позволяющий ускорить создание сортов с улучшенными признаками.

Таким образом, современная биотехнология принимает двоякое положение: с одной стороны, она разрабатывает все более стабильные протоколы для массового производства, а с другой — использует управляемую изменчивость как инструмент для инноваций, продолжая совершенствовать любимую всеми ягоду.

### **Библиографический список**

1. Расторгуев, С. Л. Повышение частоты регенерации растений земляники в культуре каллуса и анализ степени их изменчивости / С. Л. Расторгуев // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2014 г. – № 27(3). – С. 1–16.
2. Nehra, N. S. Regeneration of plants from immature leaf-derived callus of strawberry (*Fragaria × ananassa*) / N. S. Nehra, C. Stushnoff, K. K. Kartha // Plant Science. – 1990. – Vol. 66, № 1. – P. 119–126.
3. Кухарчик, Н. В. – Размножение плодовых растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик [и др.] С. 33–57.
4. Кухарчик, Н. В. Схема производства оздоровленного посадочного материала земляники садовой / Н. В. Кухарчик, С. Э. Семенас // Плодоводство: науч. тр. – Самохваловичи, 2007. – Т. 19. – С. 152–160.
5. Кухарчик, Н. В. Культура *in vitro* в размножении и оздоровлении плодовых и ягодных растений / Н. В. Кухарчик, С. Э. Семенас, Е. В. Колбанова // Актуальные проблемы освоения достижений науки в промышленном плодоводстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Самохваловичи, 21–22 авг. 2002 г.) / БелНИИ плодоводства. – Минск, 2002. – С. 107–113.
6. Семенас, С. Э. Влияние концентрации бензиламинопурина на коэффициент размножения *in vitro* некоторых сортов земляники садовой / С. Э. Семенас // Известия НАН Беларуси. Сер. агр. наук. – 2002. – № 3. – С. 52–55.
7. Говорова, Г. Ф. Засухоустойчивость и жаростойкость новых сортов и гибридов земляники ананасной / Г. Ф. Говорова, А. Е. Буланов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 15-1(104). – С. 176–181. – EDN RYLRUZ.

## СОВРЕМЕННЫЙ СОРТИМЕНТ КЛОНОВЫХ КАРЛИКОВЫХ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ В РОССИИ

*Гришин Никита Александрович, бакалавр кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО ГРАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [nikita\\_gri0445@mail.ru](mailto:nikita_gri0445@mail.ru)*

*Афанасьева Ангелина Юрьевна, бакалавр кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО ГРАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [AngelinaAfanaseva13@yandex.ru](mailto:AngelinaAfanaseva13@yandex.ru)*

*Силиванова Яна Григорьевна, студентка 4 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева*

**Аннотация:** Данная статья посвящена обзору современного сортимента клоновых карликовых подвоев яблони для основных регионов промышленного выращивания данной культуры. Даны характеристики распространённых подвоев М9 и В9 (Парадизка Будаговского), выявлены их достоинства и недостатки, а также описаны новые подвои отечественной селекции.

**Ключевые слова:** карликовые подвои, яблоня, подвой М9, подвой В9.

На сегодняшний день для России одним из наиболее актуальных вопросов является обеспечение продовольственной безопасности страны. В частности, развитие отрасли садоводства и питомниководства является одной из важных составляющих достижения поставленных целей. Основными путями развития и повышения экономической эффективности садоводства и питомниководства является внедрение и использование интенсивных технологий выращивания, и применение инновационных решений [2].

Основной культурой для садоводства России является яблоня. По данным федеральной службы государственной статистики на 2024 год площадь, занятая под многолетние насаждения семечковых культур составляет 219,7 тыс. Га — 50,2 % от совокупной площади многолетних насаждений. В связи с интенсификацией производства площади постепенно снижаются, но валовые сборы увеличиваются. Интенсивная технология выращивания яблони предполагает использование карликовых клоновых подвоев для уплотнённых схем размещения и повышения скороплодности [2,6].

Основными регионами промышленного выращивания яблони являются Южный федеральный округ, Северо-Кавказский федеральный округ и Центральный федеральный округ. Климатические условия этих регионов обуславливают применение различных по своим характеристикам клоновых карликовых подвоев. На сегодняшний день одними из самых распространённых карликовых подвоев являются М9 и В9 (Парадизка Будаговского) [5,6].

Подвой М9 является основным подвоем для южных регионов страны. Выведен в Англии на Ист-Моллингской станции. Деревья на данном подвое достигают 2,5-3 метров, плодоношение начинается уже на третий-четвертый год. Корневая система мочковатая, ломкая находится в поверхностном слое почвы на глубине 70 см, что обуславливает необходимость орошения садов, однако подвой физиологически засухоустойчив. Морозостойкость средняя, подвой выдерживает температуры до -12°C. Недостатками данной формы являются ломкая корневая система, довольно высокое обрастание боковыми побегами и относительно низкая морозостойкость корневой системы, что делает его пригодным только для южных регионов России [3,5].

М9 имеет различные клоны: М9 EMLA, RN8, RN19, RN29, T337 и другие. Наиболее перспективными из них являются клоны RN29 и T337, оба имеют хорошие показатели по окореняемости и продуктивности маточника, однако голландский клон T337 более технологичен за счет меньшего обрастания боковыми побегами [5].

Подвой В9 или Парадизка Будаговского широко используется в садах средней полосы России для создания садов с карликовыми деревьями. Был выведен в Мичуринском аграрном университете посредством скрещивания подвоя М8 с сортом Красный штандарт. Плодоношение деревьев наступает на третий-четвертый год. Корневая система разветвленная, поверхностная, ломкая. Подвой более морозостойкий, чем М9, корни способны выдерживать до -13...-14°C. Однако данный подвой имеет некоторые недостатки: укореняемость отводков весьма низкая, что снижает продуктивность маточных кустов, ломкая корневая система. Характерной особенностью данного подвоя является красная пигментация листьев, коры, камбия и цветков [3,6].

Подвои отечественной селекции применяются во всём мире из-за их отличной зимостойкости и морозостойкости корней. Селекционная работа по выведению новых форм клоновых карликовых подвоев продолжается. В Мичуринском аграрном университете были получены карликовые подвои 76-3-6, 83-1-15, 87-7-12, 70-20-21 [6].

Подвой 76-3-6 получен путем скрещивания подвоев М27 и В9. Отличается высокой морозостойкостью до -16°C, хорошим укоренением, отличной совместимостью с сортами и высоким выходом стандартных саженцев. Имеет антоциановый оттенок листьев, побегов и древесины. Деревья, привитые на данный подвой близки по размерам к растениям на В9. Был введен в государственный реестр селекционных достижений в 2012 году [1,4].

83-1-15 получен от скрещивания подвоев 64-143 и 54-118. Отличается высокой морозостойкостью корней, высоким выходом стандартных саженцев, хорошей совместимостью с сортами, высокой скороплодностью, засухоустойчив. Имеет зеленую окраску. Растения на данном подвое по своим размерам похожи на растения на подвое 62-396. Был введен в государственный реестр селекционных достижений в 2012 году [1,4].

Подвой 87-7-12 по силе роста является полукарликовым. Получен путем гибридизации подвоев 54-118 и В9. Характеризуется высокой морозостойкостью, засухоустойчивостью, мощной корневой системой, высокой

скороплодностью. Хорошо совместим с сортами и не образует поросли в саду. Был введен в государственный реестр селекционных достижений в 2012 году [1,4].

Карликовый подвой 70-20-21 введен в государственный реестр селекционных достижений в 2018 году. Обладает высокими зимостойкостью и жаростойкостью. Среднеустойчив к засухе. Проявляет высокую устойчивость к вредителям и болезням. Хорошо совместим с сортами [1,6].

На современном этапе садоводства есть широкий выбор клоновых карликовых подвоев, имеющих свои достоинства и недостатки. В результате селекции появляются новые формы подвоев, выгодно отличающиеся по своим характеристикам от уже известных и широко применяемых подвоев. Так, можно предположить, что подвои 76-3-6 и 83-1-15 могут стать хорошей заменой подвоем В9 для средней полосы России. Также клоны подвоя М9 являются более эффективными и технологичными формами для южных регионов России. Необходимо и дальше выводить более совершенные отечественные подвои, обладающие высокой технологичностью и адаптивными свойствами, для применения в различных регионах России.

### **Библиографический список**

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektсионnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteniy/> (дата обращения 01.11. 2025)
2. Поддубный, Н.А. Инновации как основное направление повышения эффективности садоводства и питомниководства в регионе / Н.А. Поддубный // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2023. – № 10(104). – С. 97-106.
3. Помология : В 5-ти томах. Т. 1. Яблоня / под общей редакцией академика РАН Е.Н. Седова. – М.: РАН. – 2020. – 634 с., илл. 437.
4. Соломатин, Н.М. Новые районированные клоновые подвои яблони селекции МичГАУ / Н.М. Соломатин, И.М. Зуева, Д.Ю. Честных [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2012. – № 3. – С. 21-23.
5. Стародубцев, А.М. Продуктивность перспективных клонов зарубежной селекции слаборослого подвоя яблони М9 в маточнике / А.М. Стародубцев, В.А. Алферов // Садоводство и виноградарство. – 2009. – № 1. – С. 18-19.
6. Трунов, Ю.В. Перспективные клоновые подвои яблони для интенсивных садов / Ю.В. Трунов, А.В. Соловьев, Р.В. Папихин [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 2. – С. 34-40.
7. Федеральная служба государственной статистики – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения 01.11. 2025)

ВЛИЯНИЕ ПОДВОЯ АРМОР НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЛИВОВИДНОГО  
ТОМАТА В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА  
«ТЮМЕНЬАГРО»

**Грушина Дарья Дмитриевна**, студентка 4 курса, института Садоводства и ландшафтной архитектуры, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, [dashagrushina1105@gmail.com](mailto:dashagrushina1105@gmail.com)

**Голосова Анна Евгеньевна**, студентка 4 курса, института Садоводства и ландшафтной архитектуры, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, [agolosova09@gmail.com](mailto:agolosova09@gmail.com)

**Воробьев Михаил Владимирович**, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, [vorobyov@rgau-msha.ru](mailto:vorobyov@rgau-msha.ru)

**Аннотация.** В статье представлены данные о морфологических особенностях и урожайности томата гибрида F1 Пламола при выращивании в корнесобственной культуре и на подвое Армор. Работа выполнялась в тепличном комбинате ООО ТК «ТюменьАгро» (Тюменская область). Полученные результаты свидетельствуют о потенциальных преимуществах технологий возделывания данного гибрида для промышленного производства в условиях современных тепличных комплексов.

**Ключевые слова:** томат, технологический приём прививка, привитая культура, защищённый грунт

***INFLUENCE OF ARMOR ROOTSTOCK ON THE PRODUCTIVITY OF PLUM TOMATO IN THE CONDITIONS OF THE MODERN "TYUMENAGRO" GREENHOUSE COMPLEX***

*Grushina Daria Dmitrievna, 4th year student, Institute of Horticulture and Landscape Architecture, RGAU-MSKHA named after K.A. Timiryazev, [dashagrushina1105@gmail.com](mailto:dashagrushina1105@gmail.com)*

*Golosova Anna Evgenievna, 4th year student, Institute of Horticulture and Landscape Architecture, RGAU-MSKHA named after K.A. Timiryazev, [agolosova09@gmail.com](mailto:agolosova09@gmail.com)*

*Vorobiev Mikhail Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, [vorobyov@rgau-msha.ru](mailto:vorobyov@rgau-msha.ru)*

**Abstract.** The article presents data on the morphological characteristics and yield of the tomato hybrid F1 Plumola when grown on its own roots and grafted onto the Armor rootstock. The work was carried out at the greenhouse complex of LLC TK "TyumenAgro" (Tyumen region). The obtained results indicate the potential advantages of cultivation technologies for this hybrid for industrial production in modern greenhouse complexes.

**Keywords:** tomato, grafting technique, grafted crop, protected ground

Современное тепличное овощеводство является высокоинтенсивной отраслью сельского хозяйства, ориентированной на получение максимального урожая качественной продукции с единицы площади в течение всего года. Одной

из ключевых культур защищенного грунта остается томат (*Solanum lycopersicum* L.), популярность которого среди потребителей обуславливает постоянный поиск путей повышения его продуктивности и экономической эффективности возделывания [1,2].

В условиях промышленных тепличных комплексов, таких как «ТюменьАгро», где контролируются все параметры микроклимата и питания, особую актуальность приобретают технологии, позволяющие раскрыть генетический потенциал гибридов. В этом контексте использование прививки на устойчивые и мощные подвой рассматривается как один из наиболее действенных агроприемов [3,4]. Данная технология позволяет не только управлять ростом и развитием растений, но и повышать их устойчивость к болезням и стрессам [5]. Подвой Армор (Armor F1), характеризующийся генеративным развитием, устойчивостью к ToBRFV и корневым гнилям, обладает отличной совместимостью с большинством современных гибридов [6,7].

Цель нашего исследования заключается в оценке влияния подвоя Армор на ростовые параметры и урожайность растений сливовидного томата Пламола в условиях высокотехнологичного тепличного комплекса «ТюменьАгро».

Задачи исследования:

1. Провести сравнительный анализ влияния технологии прививки на подвой Армор и традиционного корнесобственного выращивания на ростовые процессы гибрида томата Пламола F1.
2. Оценить динамику фенотипических показателей растений.
3. Изучить влияние подвоя Армор на структуру урожая и общую продуктивность гибрида томата Пламола F1 в условиях тепличного комплекса «ТюменьАгро».

Для проведения эксперимента семена подвоя Армор F1 были высеяны 14.07.2025, а семена привоя Пламола F1 — 15.07.2025. Семена, предназначенные для выращивания томата в качестве корнесобственной культуры (контрольный вариант), были высеяны 21.07.2025. Прививка томата была проведена во время фазы 2-3 настоящих листьев 29.07.2025. После проведения прививки растения были помещены в камеру с особым микроклиматом для приживаемости (камеру сращивания). В основное отделение теплицы рассада привитой и корнесобственной культуры была высажена на постоянное место 18.08.2025.

Для количественной оценки влияния подвоя на вегетативный рост гибрида Пламола F1 проводились регулярные биометрические измерения. Ключевым показателем, характеризующим интенсивность развития надземной части растения, является длина стебля. Анализ динамики этого показателя позволил выявить существенные различия между опытным и контрольным вариантами.

Как видно из рисунка 1, на котором представлена динамика линейного прироста растений, технология прививки оказала значительное влияние на ростовые процессы. Растения, привитые на подвой Армор, демонстрировали более интенсивный рост по сравнению с корнесобственными на протяжении большей части периода наблюдений.

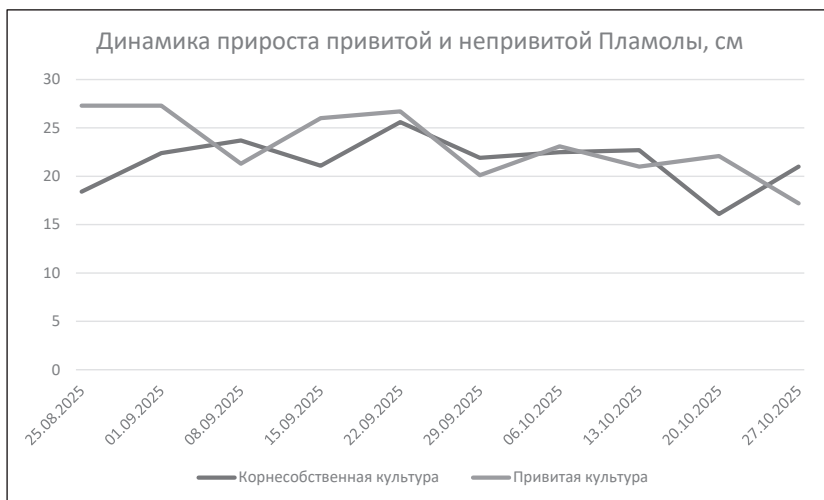


Рисунок 1. Динамика прироста привитой и непривитой Пламолы, см

Оба варианта опыта демонстрировали характерную для культуры волнообразную динамику плодоношения (рис.2). Однако между вариантами наблюдаются существенные качественные и количественные различия. Растения, привитые на подвой Армор, не только сформировали более высокий общий урожай, но и показали иную динамику его поступления. Можно отметить большую равномерность отдачи урожая у привитых растений, в то время как у корнесобственных растений наблюдаются более выраженные пики и спады продуктивности. Это позволяет сделать вывод о положительном влиянии подвоя Армор не только на валовый сбор, но и на стабильность поступления плодов томата гибрида Пламола F1.



Рисунок 2. Динамика сбора плодов томата Пламола, кг

## Выводы:

1. Прививка на подвой Армор оказала значительное стимулирующее влияние на ростовую активность гибрида томата Пламола F1. Привитые растения достоверно превосходят корнесобственные по показателям длины стебля.

2. Использование подвоя Армор положительно сказывается на продуктивности гибрида Пламола F1. Привитая культура сформировала более высокую общую урожайность по сравнению с корнесобственным вариантом.

3. Подвой Армор повлиял на структуру урожая и качество плодоношения. Анализ динамики сбора показал, что привитые растения характеризовались большей равномерностью отдачи урожая, в то время как у корнесобственных наблюдались более выраженные периодические пики и спады. Это указывает на способность подвоя стабилизировать нагрузку урожаем и, возможно, снижать стрессовую нагрузку на растение.

4. Таким образом, технология прививки гибрида сливовидного томата Пламола F1 на подвой Армор является эффективным агроприемом для условий тепличного комплекса «ТюменьАгро». Ее применение позволяет не только увеличить общий выход товарной продукции, но и оптимизировать график ее поступления, обеспечивая более высокую и стабильную экономическую отдачу.

## Библиографический список

1. Воробьев М. В. Современные гибриды томата, оценка урожайности и биохимического состава плодов / М. В. Воробьев, М. Е. Дыйканова // XII Неделя науки молодежи северо-восточного административного округа г. Москвы, посвященная 160-летию К.Э. Циолковского : сборник статей. – Москва : Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – С. 338–340.



2. Воробьев, М. В. Способ выращивания коктейльных томатов в защищенном грунте в продленном обороте / М. В. Воробьев, Д. А. Федоров, В. Д. Богданова // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова : сборник статей, Москва, 07–09 июня 2021 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 316-319. – EDN ZLHNPU.

3. Дыйканова, М. Е. Продуктивность гибридов томата и биохимический состав плодов / М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26–27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 290-293. – EDN YAJBLP.

4. Рамазанов, К. М. Розовоплодный томат в фермерской теплице в Каякентском районе Дагестана / К. М. Рамазанов, Д. А. Федоров, М. В. Воробьев // Картофель и овощи. – 2023. – № 10. – С. 25-28. – DOI 10.25630/PAV.2023.28.22.001. – EDN ENOMDP.

5. Сычев А. А. Прививка овощных культур: теория и практика / А. А. Сычев, М. И. Иванова. – Москва : Росинформагротех, 2019. – 156 с.

6. Rijk Zwaan. Tomato grafting manual: practical guide for growers = Практическое руководство по прививке томатов для производителей : пер. с англ. / Rijk Zwaan. – The Netherlands : Rijk Zwaan, 2021. – 34 p.

7. Syngenta. Rootstock cultivation guide: Armor F1 = Руководство по выращиванию подвоя Армор F1 : пер. с англ. / Syngenta. – Switzerland : Syngenta, 2022. – 28 p.

## ИСТОРИЯ ИНТРОДУКЦИИ И СЕЛЕКЦИИ HERACLEUM SOSNOWSKYI В СССР: АНАЛИЗ ЦЕЛЕВЫХ ПРИЗНАКОВ, ДОСТИЖЕНИЙ И ПОСЛЕДСТВИЙ

*Гришина Софья Дмитриевна, студентка 2-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: [grishina.sonya@rumbler.ru](mailto:grishina.sonya@rumbler.ru)*

*Научный руководитель- Никитин Михаил Алексеевич, ассистент кафедры молекулярной селекции, биотехнологии и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto:m.nikitin@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** обзорная статья позволяет лучше изучить тему; в данной работе мы рассматриваем историю выведения и распространения сорта борщевика Сосновского с целью поднять вопрос об использовании его полезных свойств в селекции культурных растений.

**Ключевые слова:** борщевик, селекция, *Heracleum sosnowskyi*, силос, кормовые культуры.

Актуальность темы: Борщевик Сосновского как пример противоречивого наследия советской селекции, сочетающего масштабные научные амбиции и серьезные экологические последствия.

Цель статьи: проанализировать историю интродукции, селекции и внедрения *H. sosnowskyi* в сельскохозяйственную практику СССР, систематизировав причины его первоначального успеха и последующей инвазии.

Задачи: выявить целевые хозяйственно-ценные признаки, определившие выбор культуры. Проследить этапы и методы селекционной работы и внедрения. Проанализировать комплекс проблем, приведших к кризису. Оценить современное состояние и возможные пути решения проблемы.

Для начала разберёмся с целевыми признаками и задачами селекции этого вида. Начнём с происхождения названия: в старину «борщом» называли зазубренные предметы, в данном случае, листья растения. Так же некоторые виды борщевика использовались в пищу. Латинское название *Heracleum sosnowskyi* ему дали в честь мифологического героя Геракла — за скорость и величину роста. Ну а «Сосновским» борщевик стал после открытия и описания его ботаником Идой Манденовой в 1944 году в Грузии. Она решила назвать растение в честь исследователя кавказской флоры Дмитрия Ивановича Сосновского.

Каковы были биологические предпосылки выбора *H. sosnowskyi*

После войны стране было необходимо восстанавливать сельское хозяйство и увеличивать объёмы растительного сырья, подходящего для кормовой базы скота. Для данной цели борщевик казался панацеей, так как ему присущи

активный рост, неприхотливость, устойчивость к разным климатическим условиям и высокая урожайность. В борщевике Сосновского (далее БС или *H. sosnowskiy*) содержится много сахаров, витаминов, протеинов и высокая концентрация биологически активных веществ и микроэлементов (по обеспеченности, например, кобальтом зеленая масса борщевика приближается к бобовым травам. Кроме того, в борщевике немало цинка, меди, марганца, железа, достаточно кальция [1]).

На тот момент уже были распространены нетоксичные сорта, которые использовались в лекарственных и технических целях. Можно было собирать с них мёд, так как борщевик является неплохим медоносом, засеивать склоны для борьбы с эрозией почвы. Но вернёмся к *H. sosnowskiy*.

В списке культур, «...способных обеспечивать продуктивность 11-7 тыс.л молока в год от фуражной коровы (содержат 12,5-10,7 Мдж обменной энергии в 1 кг абсолютно сухого вещества)...», БС числится наряду с клубнями топинамбура, зерном ячменя, горчицей белой, лебедой раскидистой, бобовыми [2].

Сравним данные с традиционными кормовыми культурами:

Онтогенез борщевика, в отличие от 3-4 летнего жизненного цикла клевера и люцерны, длится 8-15 лет. БС может формировать надземную биомассу до 2000 ц/га. Он способен некоторое время сохранять нормальный фотосинтез и не получать серьёзных повреждений даже при отрицательных температурах до -8-12° С. Вегетация начинается всего через несколько дней после перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 градусов, не смотря на то, что земля при этом ещё не оттаивает. Для сравнения, окопник шершавый начинает вегетацию недель позже борщевика, а озимые сурепица и рапс — двумя неделями позже. Содержание протеина в биомассе, представленной листьями розеточных побегов, очень высокое - 32, 1 %; содержание сахаров в зеленой массе (21,2 %).

Исходя из этих данных, можно рассматривать борщевик как стратегически важную для сельского хозяйства культуру и резон выращивать его во времена нехватки силоса определённо был в советское время.

Изначально БС рос только в горных лесах Кавказа и Закавказья. Первые опыты по изучению и использованию этого растения были начаты в 1947 в Полярно-альпийском ботаническом саду, расположенном вблизи г. Кировска Мурманской обл в рамках проекта по изучению силосных культур, пригодных для дальнейшего распространения. С 1953 года им начал заниматься ботанический сад БИН АН СССР., а с 1955 изучение борщевика начинается в Белорусской ССР, в Сибири и других регионах.

Так же инициативу изучать *H. sosnowskiy* в период между 1950-1980 годами подхватили такие НИИ как:

- Институт биологии Коми филиала АН СССР (г. Сыктывкар, Коми АССР);
- Краеведческий ботанический сад Кабардино-Балкарии отделения Всероссийского общества содействия охране природы (г. Нальчик, Кабардино-Балкария);
- ВНИИ кормов им.В.Р. Вильямса (г. Лобня, Московская область);

- ТСХА им. Тимирязева (г. Москва, учхоз «Михайловское»).

Этапы внедрения в сельскохозяйственный оборот: от эксперимента к тотальной культивации

В окрестностях Нальчика был собран семенной материал БС в 1951-1952 годах и позже, с 1961 года реализовывался в республике Коми. Вегетационный период этого растения не совсем удовлетворял учёных, потому что составлял 90-95 дней (длиннее, чем хотелось бы), а урожайность составляла 400-500 ц/га зелёной массы, поэтому БС стали изучать активнее.

Весьма эффективными оказались исследования перспективных для озеленения городов и поселков декоративных растений П. Вавилова в Коми АССР. Было предложено 39 видов древесно-кустарниковых и 48 видов травянистых многолетних и однолетних цветочных растений. Этот список был принят Министерством коммунального хозяйства Коми АССР для широкого применения в центральной и южной зонах республики [3].

Регулярно сотрудники кафедры растениеводства рассылают по многочисленным заявкам семена БС и прочих кормовых растений. Вавилов и его коллектив всячески старались подогревать интерес к этой культуре. Монография «Новые кормовые культуры» 1975 года разошлась в течение нескольких месяцев. Новыми силосным растениям заинтересовались учёные из ГДР, Польши, Чехословакии, КНДР и других стран. В 1976 г. за работы в области интродукции Пётр Вавилов был награжден золотой медалью ВДНХ СССР.

В 1977 году в Коми АССР удалось получить сорт «Северянин» с вегетационным периодом значительно меньшим (70-75 дней) и большей урожайностью зелёной массы (750 – 1500 ц/га), достоящая до 3,5 м и более [4].

На эти исследования обратил внимание первый секретарь ЦК КПСС. Хрущёв, прочитав о них 17 июля 1962 года в газете «Советская Россия» Он прислал к.б.н. Константину Алексеевичу Моисееву письмо с просьбой дать ему справку о работе по выращиванию силосных культур. После этого события было принято решение о распространении БС по Европейской части России, на Сахалине, Прибалтике и Беларуси.

От достижения до катастрофы: Анализ проблем и последствий

К сожалению, у *H. sosnowskyi* немало вредных побочных эффектов.

После употребления борщевика коровами, оно сильно горчило, его не могли пить даже телята. Аналогично молоку портилось качество мяса. К тому же, при поедании борщевичного силоса у животных распухали губы, из-за чего им питались без особого аппетита. Кроме того, обнаружилась связь между борщевиком и бесплодием крупного рогатого скота, помимо этого, участились случаи рождения слепых телят. Это указывает на мутагенные свойства БС.

Сок БС содержит светочувствительные вещества из группы фуранокумаринов (псорален, бергаптен, метоксален). Под действием ультрафиолетового излучения они переходят в активную форму, которая и вызывает повреждения покровных и слизистых тканей. Ожоги, оставляемые БС требуют длительного лечения и зачастую оставляют шрамы.

Аэрозоль сока борщевика и его пыльца при высоких концентрациях или аллергических реакциях могут вызвать отёк верхних дыхательных путей и пищевода.

Генотоксичность БС довольно хорошо изучена. Сок БС обладает некоторыми патогенными свойствами даже в отсутствие фотоактивации. Установлено, что он способен вызывать грубые нарушения структуры хромосом (хромосомные аберрации), в основном через повреждение веретена деления (анеугенный эффект). Работу по сравнению *H. sosnowskyi* и других видов *Heracleum* провел коллектив Алексея Пенина из лаборатории геномики растений ИОГен РАН и Марии Логачевой из Сколково. Также в исследовании принимали участие ученые НИИФХБ МГУ и МФТИ. Ранее эта же команда секвенировала геном *H. sosnowskyi* и выяснила, какие участки генома отвечают за производство фуранокумаринов. Они выяснили, что более сильной способностью к фотосенсибилизации обладают линейные соединения, прежде всего псорален и его производные, которых в БС оказалось больше. Мутагенные свойства проявляются в культуре лимфоцитов млекопитающих, что может из-за появляющейся нестабильности лимфотического генома приводить, например, к некоторым мутациям и угнетению процесса митоза. Более глубокие генотоксикологические исследования ещё не проводились [5].

Впрочем, ещё в 1984 году ботаник И.Ф. Сацыперова выяснила, что получить сорт на основе БС, который не вызывает ожогов, невозможно. Были попытки гибридизировать БС с другими борщевиками,» и посредством технологий скрещивания за долгие годы экспериментов удалось создать «безалкалоидную» форму растения, однако позже выяснилось, что оно быстро дичает, восполняется эфирными маслами, содержащими фуранокумарины, а также легко проникает в естественные экосистемы. Либо получалось так: если растение крупное, то оно вызывает ожоги; а если не вызывает ожоги, то его размеры невелики и не представляют интерес в качестве силосной культуры [6].

БС в России признали сорняком лишь в 2015 году. По разным оценкам, сейчас им заросло от 20 до 40 процентов сельскохозяйственных угодий в России. Более того, теперь он растёт даже в Арктике. Ежегодно тратятся миллионы рублей на уничтожение БС как государством, так и гражданами. Пока что не существует централизованного подхода, каждый регион решает проблему самостоятельно. Например, перед ЧМ-2018 в Подмоскovie расчистили дороги вдоль маршрутов проезда футбольных команд, однако это решило проблему только на время. Муниципальные земли очищаются за счёт коммунальных и дорожных служб. На сельскохозяйственных землях за это отвечают собственники или арендаторы, на землях населенных пунктов — органы местного самоуправления, на землях, находящихся в собственности Московской области и муниципальных образований — Министерство имущественных отношений. Комитет лесного хозяйства отвечает за земли лесного фонда, а под линиями электропередачи и вдоль газопроводов — зона ответственности Министерства энергетики. Так же стали вводить штрафы за БС на земельных участках. С 2021 года штрафы для собственников земельных участков

составляют: 2-5 тысяч рублей для обычных граждан, для должностных лиц — 20-50 т. рублей, для юридических лиц — 150 - 700 т. рублей. Следить за распространением помогает карта, в которую постоянно вносятся правки (см. приложение)

#### Современное состояние и перспективы

Осталось разобраться с тем, какую пользу можно извлечь из этого опасного инвазивного растения и как сдерживать распространение. Несмотря на всю опасность борщевика, из него можно извлечь гигантскую пользу.

1. В нём содержится много эфирных масел и кумаринов, которые можно использовать в парфюмерной и медицинской промышленности, в БС много целлюлозы, из которой получилось бы производить картон.

2. Так же борщевик может стать источником древесного угля и биотоплива: из растения или его остатков после выкашивания можно выделить биоэтанол — дешевое и экологически чистое моторное топливо. С гектара можно получить до 25 тысяч литров. Для сравнения, сахарный тростник и сахарная свекла позволяют производить соответственно 4,5 и 5 тысячи литров биоэтанола с такой же площади. Аналогичный способ применим, например, к рапсу. С данной технологией можно ознакомиться более подробно здесь [7]:

3. БС способен войти в состав биоразлагаемого пластика и композитных материалов, а сотрудники Института комплексного освоения недр РАН полагают, что спиртовой экстракт из БС помогает извлекать золото из руды.

4. В 2017 году в журнале «Бюллетень науки и практики» указано, что БС обладает выраженным антигельминтным действием. В опытах на естественно инвазированных стронгилятами овцах его применяли в виде травяной муки по 15 г на голову в течение 15 дней. Заражённость у овец, выпасавшихся на участках с борщевиком, снизилась с 38% до 10%.

5. БС по-прежнему может использоваться в пчеловодстве, так как он хороший медонос: сбор мёда с одного гектара во время цветения достигает 100-300 кг/га.

6. Производство «древесного» угля, активированного угля, теплоизоляционных плит и пеллет на основе модифицированных стеблей.

7. Касаемо выделения полезных веществ, можно разобрать пример Ленинградской области, урожаи БС в среднем составляют 70 т/га, сухая масса составляет в среднем около 15 % от зелёной массы. Урожайность подземных органов БС, можно оценить в 2,5 т/га. Первое скашивание даёт 80% от общего урожая зелёной массы. Проводить его нужно перед цветением или в самом его начале. Если скашивание проводить позднее – потеряется много питательных веществ, а биомасса будет иметь много грубых волокон. Содержание сахара в соке БС в Ленинградской области при скашивании в период цветения составляет от 7 до 23 %, при скашивании в момент созревания семян – до 30%. Второе скашивание выполняется перед заморозками. БС успевает отрасти не более чем на 50 см, и этот урожай принято считать незначительным, зато содержание сахара может быть выше, чем при первом скашивании. Если проводить первое скашивание к моменту созревания семян, то сахаристость БС будет наибольшей.

При использовании минеральных удобрений при выращивании усиливается биосинтез каротина, аскорбиновой кислоты, протеина, сахаров и фосфора. Но, не смотря на полезные свойства БС, всё же уничтожать растение на данный момент считается более простым и выгодным способом борьбы с захватом земель этой культурой. Помочь могут гербициды, как, например созданный в 2025м году учеными из Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства препарат, уничтожающий сорняк с эффективностью от 94 до 100%, и при этом не вредящий лесным культурам.

В лаборатории СПБНИИЛХ составили список перспективных гербицидов: раундап, анкор-85, арсенал новый и магнум. На их основе и создан препарат, прошедший полевые испытания в лесничествах Ленинградской области. Разработка ведется в рамках федерального проекта «Сохранение лесов» и уже используется по договорам с регионами. Неравнодушные люди так же стараются своими силами бороться с борщевиком. К примеру, существуют сайты, подобные «Антиборщевик» (см. приложение). В этом деле может помогать молодая технология, разрабатываемая на основе БПЛА [8]. Это упростит поиски новых очагов. И всё-таки, на данный момент ручной способ избавления от БС является наиболее популярным и доступным.

#### Выводы

Культура *Heracleum sosnowskyi* должна была стать панацеей от нехватки силоса, однако сама стала большой проблемой для сельского хозяйства. Борщевик Сосновского можно использовать в качестве технического растения, однако пока наука не найдёт способ сдерживать неконтролируемое размножение и токсичность зелёной массы борщевика, говорить об использовании его генетического материала для модификации других растений пока рано. Поэтому, перед современной селекцией стоит поставить задачу раз и навсегда разобраться с вопросом борьбы с негативными характеристиками БС и довести благое дело, начатое в 20-м веке, до конца.

#### Библиографический список

1. Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений — режим доступа: <http://vizrspb.ru/nashi-publikaczii/nauchno-populyarnyie-stati/borshhevnik-sosnovskogo.html>.
2. Тимофеев Н. П. Протеиновая ценность новых культур в условиях европейского Севера: Теоретическое обоснование и практическая реализация/Нетрадиц. прир. ресурсы //М.: РАЕН. – 2002. – №. 6. – С. 115-139.)
3. Озерова Н. А., Кривошеина М. Г. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ АРЕАЛОВ БОРЩЕВИКОВ СОСНОВСКОГО И МАНТЕГАЦИИ (HERACLEUMSOSNOWSKYI, Н. MANTEGAZZIANUM) НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ //Российский журнал биологических инвазий. – 2018. – Т. 11. – №. 1. – С. 78-87.
4. Ткаченко К. Г. Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden). – 2021.

5. Песня Д. С. и др. Исследование токсического, митозмодифицирующего и мутагенного действия Борщевика Сосновского //Ярославский педагогический вестник. – 2011. – Т. 3. – №. 4. – С. 93-98.
  6. Кривищеина Марина Генадьевна: о способах борьбы с борщевиком сосновского — режим доступа: [https://vk.com/wall-152323839\\_2640](https://vk.com/wall-152323839_2640)
  7. Черятова Ю. С., Монахос С. Г. Рапс как альтернативный источник сырья для производства биотоплива //Биосферное хозяйство: теория и практика. – 2023. – Т. 6. – №. 59. – С. 26-30.
  9. ЕМБАТУРОВА Е. Ю. БИОСФЕРНОЕ ХОЗЯЙСТВО: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА //БИОСФЕРНОЕ ХОЗЯЙСТВО: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА Учредители: Фонд поддержки развития биосферного хозяйства и аграрного сектора" Сибирский земельный конгресс". – №. 11. – С. 77-87.
- Сорокин И. А. и др. Разработка аппаратно-программного комплекса на основе БПЛА для выявления мест нахождения борщевика //Вестник НГИЭИ. – 2021. – №. 11 (126). – С. 7-16.



ПРИМЕНЕНИЕ КУЛЬТУРЫ ИЗОЛИРОВАННЫХ МИКРОСПОР ДЛЯ  
УСКОРЕННОГО СОЗДАНИЯ ГОМОЗИГОТНЫХ ЛИНИЙ В СЕЛЕКЦИИ  
КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР

**Гуренкова Злата Сергеевна**, студентка 3-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, [zlata.zlata2005@mail.ru](mailto:zlata.zlata2005@mail.ru)

**Никитин Михаил Алексеевич** – ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева, [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto:m.nikitin@rgau-msha.ru)

**Научный руководитель - Буланов Александр Евгеньевич**, старший преподаватель кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия, [bulanov@rgau-msha.ru](mailto:bulanov@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** В селекции капустных культур создание гомозиготных линий традиционно занимает несколько лет из-за необходимости многоступенчатого самоопыления. Использование культуры изолированных спор, в частности микроспор, позволяет ускорить процесс получения гаплоидных и последующей диплоидной регенерации растений с гомозиготным генетическим набором. В данной работе рассмотрены методы индукции эмбриогенеза из микроспор капустных культур, условия культивирования, а также результаты применения метода для получения стабильных гомозиготных линий. Представлены данные по оптимизации условий культуры, диплоидификации и молекулярно-генетическому анализу полученных линий. Метод позволяет существенно сократить селекционные циклы и повысить эффективность формирования исходного гетерогенного материала.

**Ключевые слова:** капуста, культура изолированных спор, микроспоры, диплоидификация, гомозиготные линии, селекция, диплоидизация.

Капустные культуры принадлежат к роду *Brassica* семейства Крестоцветные (*Brassicaceae*). Средние сроки селекции традиционными методами составляют 6-8 лет, что связано с необходимостью проведения нескольких поколений самоопыления для получения гомозиготных линий. Гомозиготные линии представляют собой основу для гибридной селекции и оценки ценных хозяйственных признаков [6].

В последние десятилетия культура изолированных спор стала мощным инструментом ускоренного создания гомозиготных линий. Метод базируется на индукции эмбрионального развития из гаплоидных микроспор, что позволяет сократить селекционный цикл до 1–2 лет [2]. Полученные гаплоидные растения подвергают диплоидификации для стабилизации генома, что приводит к формированию гомозиготных диплоидов.

Культура изолированных микроспор включает несколько основных этапов: выделение микроспор, культура *in vitro* в строго контролируемых

условиях, индукция эмбриогенеза, регенерация растений, диплоидификация и молекулярно-генетический анализ [4].

Выделение микроспор осуществляется из цветочных бутонов на определенной стадии развития. Для капусты оптимальной стадией является молодая тетрада микроспороида, которая обычно соответствует бутону длиной 3–5 мм [2]. Для извлечения микроспор используют метод механического разрушения тканей цветочных бутонов с последующей фильтрацией и центрифугированием. Важно быстро переводить микроспоры на культивирование, чтобы сохранить их жизнеспособность.

Для индукции эмбриогенеза микроспоры помещают на специальные питательные среды с добавлением фитогормонов — чаще всего 2,4-дихлорфеноксигликолевой кислоты (2,4-Д) и цитокининов (например, кинетина). Кроме того, в среду вносят углеводы (сахарозу или фруктозу) для обеспечения метаболической активности клеток [5]. Температурные режимы и продолжительность инкубации также играют критическую роль. Оптимально — предварительный холодовый шок при 4–6 °С сроком 24–48 часов перед помещением на ростовую температуру 25 °С.

При оптимальных условиях через 4–6 недель образуются эмбрионы, которые переносят на регенерирующую среду для развития побегов и корней. В некоторых случаях происходит параллельно развитие паратрофной формы (протококорм), что сопровождается образованием постоянных культур.

Диплоидизация гаплоидных растений проводится для стабилизации генома и превращения их в полноценные гомозиготные диплоиды. Наиболее распространён метод обработки колхицином, который блокирует формирование веретена деления клеток, приводя к удвоению числа хромосом. Доза и продолжительность обработки варьируются, но классически применяют 0,05–0,1% колхицина на 18–24 часа [3].

Для оценки гомозиготности и оценки генетического состояния полученных линий применяют молекулярно-генетический анализ с использованием SSR (Simple Sequence Repeat) и AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) маркеров. Такой подход позволяет подтверждать гомозиготность по интересующим генам и выявлять полезные аллели [6]. В качестве контрольных культур дополняется обычная фенотипическая оценка - морфологические и агрономические признаки.

В лабораторных условиях ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА была реализована технология культуры изолированных спор на примере капусты сорта «Золотой гектар». Были отобраны 150 бутонов с микроспорами в оптимальной стадии, из которых извлечено около 2 миллионов микроспор. Культивирование проводилось на основе сред с 2,4-Д (0,5 мг/л) и кинетином (0,2 мг/л), с применением холодового шока 48 часов при 5 °С. К 6-й неделе культивирования в чашках Петри образовалось более 1200 эмбрионов, что соответствует выходу около 0,06% эффективного преобразования микроспор. Последующая регенерация и адаптация к условиям грунта завершилась выделением 85 растений, подвергшихся диплоидификации колхицином. Молекулярный анализ SSR-маркерами подтвердил гомозиготность 80% полученных линий.

Дополнительно проведён фенотипический отбор по устойчивости к болезням и урожайности. Кроме этого в РГАУ-МСХА успешно реализуются технологии удвоенных гаплоидов капусты и рапса

Данный метод позволил сократить традиционный цикл селекции гомозиготных линий с 6–7 лет до 2 лет, что значительно повышает эффективность селекционной работы и способствует быстрому внедрению новых сортов.

В дальнейшем планируется внедрение культуры изолированных спор в комплекс селекционных программ для капустных культур с расширением набора культуры сортов и генотипов. Акцент сделан на разработке более универсальных условий культивирования и автоматизации процесса выделения микроспор [7, 8].

Таким образом, культура изолированных спор является мощным инструментом в современной селекции капустных культур для быстрого и эффективного создания гомозиготных линий, что открывает новые перспективы в развитии овощеводства.

### **Библиографический список**

1. Ducournau S., et al. Microspore embryogenesis in Brassica species: applications and perspectives. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 2010;102(3):349–364.
2. Touraev A., et al. Efficient microspore embryogenesis in Brassica napus L.: induction, development, histology and regeneration of haploid plants. *Physiol Plant.* 1996;98(4):544–552.
3. Custers J.B.M. Haploids and doubled haploids in plant breeding. *Plant Breed Rev.* 2003;22:57–80.
4. Maraschin S.M., et al. Microspore culture in Brassicaceae: achievements and potential. *Sci Hortic.* 2005;103(2):121–130.
5. Seguí-Simarro J.M. Androgenesis revisited. *Bot Rev.* 2010;76(3):377–404.
6. Padmaja K., et al. Application of doubled haploid technology in cabbage breeding. *Plant Breeding.* 2014;133(3):308–318.
7. Синицына А.А., Вишнякова А.В., Монахос С.Г. Сравнительная оценка выхода удвоенных гаплоидов Brassica oleracea var. capitata L. и Brassica napus L. в культуре изолированных микроспор // Картофель и овощи. 2022. № 4. С. 37-40. DOI: 10.25630/PAV.2022.29.31.008
8. Вишнякова А.В., Гаус Г.Ю., Александрова А.А. [и др.] Комплексный подход ускоренной селекции F1-гибридов ярового рапса на основе ЦМС // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 35-50. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-5-35-50.

**Дженгурова Я.Б., Никитин М.А., Вишнякова А.В.**  
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЗМНОЖЕНИЯ ПРИ**  
**ИНТРОДУКЦИИ ЛОТОСОВ (*NEIUMBO*)**

*Дженгурова Яна Батровна*, бакалавр института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [yana.dzhenqurova.07@gmail.com](mailto: yana.dzhenqurova.07@gmail.com)

*Никитин Михаил Алексеевич*, ассистент кафедры молекулярной селекции, биотехнологии и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto: m.nikitin@rgau-msha.ru)

*Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна*, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto: a.vishnyakova@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** обзор эффективности различных способов размножения и интродукции лотосов, преимущества и недостатки каждого метода,

**Ключевые слова:** лотос орехоносный, лотос каспийский, лотос Комарова, интродукция, микрклональное размножение, семенное размножение, вегетативное размножение.

Виды рода *Nelumbo* (лотос) являются ценными реликтовыми растениями, обладающими высокими декоративными, пищевыми и лекарственными свойствами. В условиях антропогенного прессинга и сокращения природных местообитаний, актуальной задачей становится их сохранение и введение в культуру. Однако успех интродукции напрямую зависит от выбора оптимальных методов размножения при интродукции. Цель данного исследования – провести сравнительный анализ эффективности различных способов размножения и интродукции лотоса, описанных разными авторами, и определить наиболее перспективный способ интродукции и размножения лотосов [1, 2, 3, 4].

Интродукция лотоса проводится для озеленения водоемов, восстановления экосистем, а также в научных и коммерческих целях. Анализ работ ряда авторов позволяет выделить несколько методов размножения при интродукции лотоса, это семенное и вегетативное размножение, а также биотехнологический метод размножения (микрклональное размножение *in vitro*) [1, 2, 3, 4].

Семенное размножение является наиболее распространенным методом для интродукции лотоса в новых регионах и для выведения новых сортов, подробно описан в работах, посвященные интродукции в Приморском крае и Астраханской области. Технология выращивания заключается в том, что семена подвергаются скарификации (надпиливание оболочки) для ускорения прорастания с последующим проращиванием в контролируемых условиях. Так в Приморье отмечена высокая эффективность метода при подзимнем посеве, что позволяет семенам пройти естественную стратификацию. В условиях Астраханской области подчеркивается важность контроля температурного

режима воды (+25-30°C) для успешного прорастивания и последующего роста. Семенной вид размножения позволяет нам получить большое количество посадочного материала, экономичен и прост, а также семенной метод удобен при транспортировке на дальние расстояния и важен для селекционной работы и сохранения генетического разнообразия лотоса при реинтродукции. Но у семенного метода имеются недостатки, такие как длительный срок до цветения лотосов, как показали исследования, растения, выращенные из семян, зацвели лишь на 2-4 год, а в условиях лесостепи Украины – даже на 5-6 год. Кроме того, из-за низкой скорости развития у семенного метода невозможно сохранение конкретного генотипа (сортовых признаков) [1, 2, 3].

Вегетативное размножение (деление корневищ) было рассмотрено в работах, посвященные опыту выращивания и интродукции в Приморском крае. Вегетативный метод возделывания широко используется во всех регионах, он основывается посадкой частей корневищ с вегетативной почкой и, хотя бы одним листом непосредственно в грунт водоема на глубину около 1 метра в период покоя (ранней весной). Например, в Приморье отработана эффективная методика интродукции пересадки корневищ с комом земли, обеспечивающая высокую приживаемость. Преимущества вегетативного метода размножения при интродукции заключается в высокой скорости и приживаемости, а также в полном сохранении всех характеристик материнского растения (цвет, размер цветка и т.д.), приживаемость корневищ в работах составила 100% и растения, посаженные корневищами, зацвели в год посадки. Кроме того, вегетативный метод интродукции обладает высокой продуктивностью, уже на второй год растения, полученные вегетативным путем, демонстрировали взрывной рост (площадь листовой поверхности 2100 м<sup>2</sup> против 46 м<sup>2</sup> у семенных на 2009 год). Недостатки вегетативного метода интродукции, это сложность заготовки и транспортировки посадочного материала, а также риск повреждения материнских природных популяций при неправильном подходе [1].

Биотехнологический метод (микрклональное размножение *in vitro*) является перспективным, суть метода заключается во введении в стерильную культуру изолированных меристематических тканей растения и их выращивание на специальных питательных средах с добавлением регуляторов роста (цитокинины – 6-БАП, ауксины – ИУК). В качестве первичных эксплантов использовали: почки, изолированные из корневищ и семядольные узлы проростков, полученных из семян. Перед помещением на питательную среду экспланты подвергали тщательной поверхностной стерилизации, далее экспланты перемещали на питательную среду, где исследователи работы подбирали оптимальные концентрации и комбинации регуляторов роста для достижения максимального коэффициента размножения. Далее происходит стадия размножения, образование множества микропобегов, которые периодически пересаживают на свежую среду того же состава, что позволяет многократно увеличить их количество в геометрической прогрессии. Следом отделенные микропобеги переносят на среду с повышенным содержанием ауксинов, что стимулирует образование корневой системы. Позднее происходит акклиматизация, их постепенно приучают к более низкой влажности,

естественному освещению и гетеротрофному питанию, сначала их высаживают в стерильные субстраты (торф, перлит, песок) под укрытие (стекло, пленка), которое в последствии снимают. Исследователи подтвердили возможность микроклонального размножения лотоса, было показано, что использование микроклонального метода позволяет получить значительное количество клонов-регенерантов за относительно короткий период времени по сравнению с вегетативным делением. За счет биотехнологического метода размножения происходит оздоровление посадочного материала, освобождение от вирусов, бактерий и грибков, а также возможность проводить микроклональное деление круглогодично независимо от сезона, и допустимость длительного хранения генофонда в банках *in vitro*. Проблемы микроклонального метода размножения заключаются в гибели экплантов, ткани лотоса богаты фенолами, которые, окисляясь на воздухе, выделяются в питательную среду и могут тормозить рост и даже вызывать гибель экпланта, для борьбы с этим использовались добавки в среду антиоксидантов (аскорбиновой кислоты). Кроме того, высокий процент гибели регенерантов происходит при переходе из условий *in vitro* в *ex vitro* (в теплицу или открытый водоем). И не менее важный фактор в недостатках микроклонального метода размножения, это высокая стоимость и требовательность к оборудованию и квалификации персонала [2, 4].

Проведенный анализ методов размножения при интродукции лотосов позволяет сделать следующие выводы о применимости методов интродукции для разных подвидов и целей. Для массового размножения и сохранения генофонда наиболее эффективным и перспективным является метод микроклонального размножения *in vitro*, он незаменим для быстрого развития лотосов и оздоровления конкретных генотипов каспийского лотоса, находящегося под угрозой. Для лотоса орехоносного микроклональное размножение лотоса эффективно в селекции и коммерческом растениеводстве, для реинтродукции в природные местообитания и создания новых популяций. Для быстрого закрепления в новых условиях эффективно использование вегетативной интродукции, обеспечивающих быстрое цветение и устойчивость. Для увеличения генетического разнообразия создаваемой популяции параллельно можно применять семенной метод размножения, несмотря на длительный период до цветения. Для декоративного озеленения, оптимальным является вегетативный способ интродукции, так как он гарантирует передачу всех декоративных качеств (размер и цвет цветка) и позволяет увидеть цветение лотоса в кратчайшие сроки [1, 2, 3, 4].

Для лотоса каспийского (*Nelumbo caspica*) предпочтительным методом размножения для интродукции в новые регионы является биотехнологический. Это позволяет создать банк здорового посадочного материала, сохранить его уникальный генофонд и проводить реинтродукцию, не нанося ущерба естественным популяциям [2, 4]. Для лотоса орехоносного (*Nelumbo nucifera*) и лотоса Комарова (*Nelumbo komorovii*), более распространенных и пластичных подвидов, эффективно сочетание вегетативного и семенного способов размножения при интродукции. Первый – для быстрого оформления водоемов,

второй – для селекционной работы и создания устойчивых и разнообразных популяций в новых регионах [1, 3].

Несмотря на разные методы размножения все лотосы успешно адаптировались к новым условиям среды. Из этого можно понять, что лотосы смогут прижиться в относительно любом месте, если за ними постоянно ухаживать и следить за их состоянием [1, 2, 3, 4].

### **Библиографический список**

1. Гуков Г.В., Зиновьев А.С. Опыт выращивания и интродукции лотоса в Приморском крае // Вестник Краснодарского государственного аграрного университета, 2010. № 4. С. 52–57.

2. Филипенко С.В. Эколого-ботаническая характеристика лотоса каспийского и технология его возделывания в условиях Астраханской области. // Научные труды Астраханского государственного биосферного заповедника. – Астрахань, 2015. № 12. С. 145-152.

3. Филипенко Е.Н. Интродукция представителей рода *Nelumbo* в условиях лесостепи Украины// Филипенко Е.Н., Стругуля О.В., Филипенко С.И.// Интродукция растений, 2000. № 3-4. С. 45-51.

4. Мамедова З.А. Интродукция лотоса каспийского в Апшеронском районе Азербайджана. // Мамедова З.А., Ибрагимова Л.М.// Труды Института ботаники НАН Азербайджана, 2018. №40. С. 89-95.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГАПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ СВЁКЛЫ СТОЛОВОЙ

*Дмитриева Виктория Николаевна*, бакалавр кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [dmitrivictoria@yandex.ru](mailto:dmitrivictoria@yandex.ru)

*Цыпленкова Светлана Сергеевна*, бакалавр кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [sv.tsypchenkova@yandex.ru](mailto:sv.tsypchenkova@yandex.ru)

**Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Аннотация:** В статье представлен обзор современных методов получения удвоенных гаплоидов свёклы столовой (*Beta vulgaris* L.). Рассмотрены основные подходы — андрогенез и гинеогенез, их эффективность, особенности и факторы, влияющие на выход гаплоидных растений. Проведён сравнительный анализ методов и оценка их преимуществ и недостатков.

**Ключевые слова:** свёкла столовая, *Beta vulgaris* L., удвоенные гаплоиды, андрогенез, гинеогенез, биотехнология.

Свёкла столовая (*Beta vulgaris* L.) является одной из наиболее значимых сельскохозяйственных культур и выращивается повсеместно благодаря своей высокой урожайности и адаптивности. Для удовлетворения спроса на эту культуру необходимо вести селекцию новых высокопродуктивных F1 гибридов.

Современная селекция сельскохозяйственных культур в основном ориентирована на получение гетерозисных гибридов первого поколения (F1). Для этого подбирают и скрещивают гомозиготные родительские линии. Для свёклы, которая является двулетней культурой, производство чистых родительских линий занимает минимум 8-12 лет (4-6 поколений). Использование технологии удвоенных гаплоидов представляет собой современный биотехнологический метод, позволяющий значительно ускорить селекцию и сократить её продолжительность до 3–5 лет [1].

Основным достоинством удвоенных гаплоидов является их полная гомозиготность, получаемая в одном поколении, что существенно ускоряет создание исходного селекционного материала. Также преимущество гомозиготных растений заключается в том, что все рецессивные мутации проявляются фенотипически, так как им не противостоят доминантные аллели, что позволяет сразу выявлять их при визуальном осмотре [1].

Однако, использование метода сопряжено и с рядом недостатков. К ним относится высокая трудоемкость процесса получения гаплоидных организмов и, как следствие, низкий процент их выхода. В связи с этим дальнейшее



исследование и разработка методов получения гаплоидов остаются актуальной задачей для селекционеров как в России, так и за рубежом.

В настоящее время для производства гаплоидов свёклы столовой используются такие методы, как андрогенез — это процесс формирования гаплоидных растений из микроспор или клеток пыльцевого зерна, — и гиногенез — получение гаплоидов через культивирование неоплодотворенных семян. Второй подход (гиногенез) получил более широкое распространение благодаря своей повышенной эффективности в сравнении с андрогенезом.

### Андрогенез

Андрогенез представляет собой способ получения гаплоидных растений, при котором клетки пыльцы или микроспоры утрачивают гаметофитный путь развития и переходят к спорофитному, формируя зародыши непосредственно либо через стадию каллусной ткани. Основными методами андрогенеза являются культура пыльников и культура изолированных микроспор.

Культура пыльников — наиболее распространённый биотехнологический метод в селекционных компаниях Европы и США. Регенерация растений может происходить прямо — через формирование эмбриоидов внутри пыльника, или косвенно — через каллусогенез, при котором микроспоры образуют каллусную ткань, способную к морфогенезу. Однако при этом часто возникают растения с различной плоидностью, многие из которых стерильны.

Более перспективным считается метод культуры изолированных микроспор. Он позволяет работать с большим количеством отдельных гаплоидных клеток и обеспечивает прямой доступ к микроспоре, что делает его удобной моделью для изучения эмбриогенеза *in vitro*. Однако его широкое применение ограничивают низкая воспроизводимость для разных генотипов и сезонов, высокая стоимость и значительный выход альбиносных проростков, связанных с генетическими особенностями и условиями культивирования [2].

Несмотря на многочисленные попытки разных учёных получить гаплоидные растения свёклы путём культивирования пыльников или изолированных микроспор, полноценные регенеранты либо не образовывались, либо не являлись гаплоидами [1].

Одной из немногих работ, в которой удалось продвинуться в направлении андрогенеза свёклы столовой, стала публикация Górecka и соавт. (2017), проведённая в Research Institute of Horticulture (г. Скерневице, Польша). Авторы отметили, что одной из причин неудач при получении андрогенных структур у столовой свёклы является избыточное накопление крахмальных зёрен в микроспорах, которое препятствует формированию клеточной полярности и переходу микроспор в эмбрионное состояние. В связи с этим исследователи испытывали способы разрушения крахмала — обработку пыльников раствором  $\alpha$ -амилазы и полив донорских растений гиббереллином ( $GA_3$ ), стимулирующим синтез эндогенной амилазы. В результате применения этих веществ удалось получить андрогенные эмбриоиды столовой свёклы, наилучший выход отмечен у сорта *Czerwona Kula* после полива гиббереллином — 7 эмбриоидов из 777 пыльников ( $\approx 0,9\%$ ). Регенерация проходила на среде MS, где образовывались

каллусные структуры, оказавшиеся тетраплоидными, однако полноценные растения из них получить не удалось.

### **Гиногенез**

Гиногенез представляет собой процесс получения гаплоидных растений из клеток женского гаметофита путём культивирования неоплодотворённых семян *in vitro*. Этот подход представляет собой единственную возможность получения гаплоидов у растений с мужской стерильностью. У некоторых культур, в том числе у свёклы столовой, индукция растений при гиногенезе значительно выше по сравнению с андрогенезом. В основе гиногенеза лежат два механизма: партеногенез (развитие зародыша из неоплодотворенной яйцеклетки) и апогамия (развитие зародыша из других клеток зародышевого мешка — синергид или антипод) [2].

Исследование гиногенеза столовой свёклы проводил R. Baranski в 1996 году. Он изучал влияние гормонального состава питательных сред и температурных условий культивирования изолированных семязачатков на образование эмбриоидов и каллусной ткани, а также оценивал влияние сезона отбора и условий выращивания маточных растений (в теплице или в поле) на частоту регенерации. В результате установлено, что из семязачатков, полученных от растений, выращенных в тепличных условиях, формировалось больше регенерантов по сравнению с материалом, собранным с растений открытого грунта, тогда как существенных различий между образцами, взятыми весной и летом, выявлено не было.

В 2021 году Т. Заячковская с соавт. из Федерального научного овощеводческого центра (Россия) проводили эксперименты по подбору эффективной питательной среды для получения гиногенных растений свёклы столовой (*Beta vulgaris* L.) в культуре неопылённых семян *in vitro*. Для индукции гиногенеза использовали специально разработанную среду ИМВ с 55 г/л сахарозы, 3 г/л фитогеля, 200 мг/л ампициллина и 0,4 мг/л тидиазулона (ТДЗ). Культивация эксплантов проводилась при 28 °С в темноте 4–6 недель. Добавление нитрата серебра (22 мг/л) увеличило количество индуцированных семян до девяти на чашку Петри, что соответствовало 25 % индукционной активности. Гиногенез был получен у шести из одиннадцати исследованных генотипов, а растения-регенеранты – у трёх («Нежность», «Добрыня», б/с 128). Для регенерации использовали среду МС с 20 г/л сахарозы, 1 мг/л БАП и 0,1 мг/л ГК, а оптимальное укоренение (до 80 % побегов) достигалось кратковременным погружением микропобегов в раствор ИБА (50 мг/л). После акклиматизации к условиям *ex vitro* выжило 34 % растений, а анализ пloidности подтвердил, что все 15 полученных регенерантов были гаплоидными ( $2n = x = 9$ ).

### **Сравнительный анализ методов гаплоидии свёклы столовой**

Наиболее распространенным и широко используемым методом производства удвоенных гаплоидов у представителей рода *Beta*, в частности столовой свёклы, является технология культивирования неоплодотворенных семязачатков, или гиногенез.

Гиногенез – это достаточно простая в исполнении, но крайне трудоемкая технология. Она требует кропотливой ручной изоляции каждого семязачатка с

использованием бинокулярной лупы или стереомикроскопа. Выход эмбриоидов у наиболее отзывчивых генотипов по данным Т. Заячковской (2021) составил до девяти на чашку Петри (25 %). Метод характеризуется высокой генотипспецифичностью (Григолава, 2021). Существенный недостаток гиногенеза – это вероятность развития соматических клонов материнского растения из тканей, окружающих зародышевый мешок.

Потенциальной альтернативой, позволяющей устранить указанные недостатки, является технология производства удвоенных гаплоидов в культуре изолированных микроспор (андрогагенез). Её ключевое преимущество заключается в том, что андрогенные растения-регенеранты, полученные из изолированных микроспор, с большей вероятностью имеют гаплоидный статус, что исключает необходимость последующего генетического анализа для отличия от соматических клонов.

Однако, в отличие от многих других видов растений, где андрогагенез успешно применяется, у столовой свеклы эта технология считается неэффективной. Исследования по индукции гаплоидии в культуре изолированных пыльников или микроспор, как правило, приводили лишь к формированию каллуса, проэмбриоидных структур, корней или неукорененных розеток листьев без дальнейшей регенерации полноценных растений (Григолава, 2022). В исследовании Gorecka et al. (2017) были получены эмбриониды столовой свеклы, но неукорененные розетки листьев погибли. На данный момент надёжных протоколов для производства удвоенных гаплоидов свеклы методом андрогагенеза для селекции гибридов пока не представлено.

Таким образом, разработка эффективных протоколов для получения удвоенных гаплоидов свеклы столовой остаётся актуальной задачей. Оптимизации требуют оба метода как андрогагенез в культуре изолированных микроспор, так и культивирование семязачатков.

### **Библиографический список**

1. Григолава Т. Р. и др. Методические подходы создания удвоенных гаплоидов сахарной и столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021а. – Т. 25. – №. 3. – С. 276-283.
2. Григолава Т.Р., Вишнякова А.В., Монахос С.Г. Движение к культуре изолированных микроспор свеклы столовой // Картофель и овощи. 2022. № 5. С. 37-40. DOI: 10.25630/PAV.2022.18.81.007.
3. Grigolava T.R., Vishnyakova A.V., Voronina A.V. [et al.] The effects of sugars and growth regulators on embryo-and callusogenesis in isolated ovules culture of beetroot, *Beta vulgaris* L // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2021. Vol. 19, No. 5. P. 1011-1015. DOI: 10.22124/cjes.2021.5351.
4. Уразалиев К. Р. Гаплоидные технологии в селекции растений // Биотехнология. Теория и практика. – 2015. – №. 3. – С. 33-44.
5. Baranski R. In vitro gynogenesis in red beet (*Beta vulgaris* L.): effects of ovule culture conditions. Acta Soc. Bot. Pol. Tow. Bot. 1996; 65(1-2):57-60. DOI 10.5586/asbp.1996.010.

6. Gorecka K., Kryzanowska D., Kowalska U., Kiszczak W., Podwyszynska M. Development of embryoids by microspore and anther cultures of red beet (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*). J. Cent. Eur. Agric. 2017;18(1):185-195. DOI 10.5513/JCEA01/18.1.1877
7. Zayachkovskaya T. et al. Production of gynogenic plants of red beet (*Beta vulgaris* L.) in unpollinated ovule culture in vitro //Plants. – 2021. – T. 10. – №. 12. – C. 2703.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАПСА К СОСУДИСТОМУ БАКТЕРИОЗУ

**Жеребило Дарья Васильевна**, бакалавр института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [oggggg2005@mail.ru](mailto:oggggg2005@mail.ru)

**Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Целью данной статьи является общий обзор генетических основ устойчивости рапса к сосудистому бактериозу.

**Ключевые слова:** рапс, сосудистый бактериоз, генетическая устойчивость, *Brassica napus*

Рапс (лат. *Brassica napus*) – однолетнее травянистое растение, из семейства Крестоцветных (*Brassicaceae*), масличная культура. Рапс обеспечивает примерно 13–16% мирового производства растительного масла. Это природный межвидовой гибрид полевой капусты (или сурепицы обыкновенной) (*Brassica campestris* L.) и огородной капусты (*Brassica oleracea* L.). Существуют озимая и яровая формы. Озимый рапс, выращивается в России, Польше, Германии, Франции и Великобритании, менее подвержен различным заболеваниям, поражению вредителями и содержит больше масла. Яровую форму выращивают в США, Канаде и Австралии, так как он не зимостоек и не требует яровизации [1]. Однако одной из основных проблем рапса является поражение сосудистым бактериозом, что приводит к потере урожайности и снижению зимостойкости.

Сосудистый бактериоз (чёрная гниль) — в первую очередь болезнь, передающаяся через семена. Заболевание вызывается *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc). Это грамотрицательная бактерия, вызывающая сосудистый бактериоз, наиболее серьёзное заболевание овощных культур семейства крестоцветных во всём мире. Однако болезнь также может передаваться через инфицированные трансплантаты, заражённую почву, остатки урожая и перенос на родственных видах сорняков. Известно, что Xcc может выживать в почве независимо от хозяина в течение приблизительно 40 дней зимой и 20 дней летом. Высокий матриксный потенциал почвы (насыщенные почвы) может снизить выживаемость патогена. Патоген может дольше выживать в почве внутри растительных тканей, чем в виде свободных живых клеток. Также известно, что остатки урожая в свежих отходах более эффективны в распространении болезни, чем в старых [2].

Типичным симптомом черной гнили является образование V-образных, хлоротичных желтых пятен с вершинами по направлению к средней жилке листьев и потемневшими жилками, что является результатом движения бактерий

в сосудистой системе. Пораженные ткани могут стать некротическими, а листья могут преждевременно опадать; системные инфекции могут вызвать задержку роста и гибель молодых растений. Вторичное заражение другими видами бактерий также может способствовать дальнейшему развитию сильной гнили растительной ткани. Инфекция часто протекает в латентной форме при низких температурах, так как бактерии могут сохраняться в сосудистой системе, не вызывая симптомов, а при повышении температуры типичные симптомы становятся очевидными [3].

По результатам исследования от 2025 года, проведенного А. В. Вишняковой, М. А. Никитиным, О. О. Румянцевой и др., у озимого рапса выявлены две независимые расоспецифические системы устойчивости к сосудистому бактериозу, которые проявляются при разных методах инокуляции возбудителем сосудистого бактериоза [2]. Но при этом современные сорта рапса не обладают достаточной устойчивостью к черной гнили. Использование агрохимикатов не рекомендуется из-за острой необходимости в уменьшении нагрузки на окружающую среду [3]. Повышение устойчивости к черной гнили рапса посредством стратегий генетической селекции рассматривается как мощная и устойчивая альтернатива [4]. Изучение сложности взаимодействия *Brassica*-Хсс имеет решающее значение для селекции устойчивых к болезням растений рода *Brassica* [5].

В данной статье рассматриваются два ключевых исследования: Интегрированный анализ транскриптома и метаболома (Сорта 'ZS5' и 'Westar') и анализ альтернативного сплайсинга (Линии 'ZS9mXccR-1' и 'ZS9mXccS-1').

Основная цель первой работы — выявить транскрипционные и метаболические изменения в ответ на заражение Хсс. Объектами для исследования были взяты два сорта рапса:

1. 'ZS5' ('Zhongshuang 5') — устойчивый, полуозимый сорт.
2. 'Westar' — восприимчивый, широко культивируемый яровой тип

В ходе этого исследования был проведен ряд анализов, позволивший сделать выводы о различной степени устойчивости сортов рапса [5].

Фенотипический анализ представляет из себя инокуляцию листьев рапса ('ZS5' и 'Westar') на стадии четырех листьев путем обрезки кончиков ножницами, смоченными в бактериальной суспензии. Измерение глубины V-образных поражений на 8-й день после инокуляции для оценки уровня устойчивости.

Транскриптомный анализ (RNA-Seq) проводился на листьях в три временные точки: 0, 5 и 8 дней. Включал: Получение и анализ чистых данных RNA-seq, выравнивание данных на референсный геном *Brassica napus* ('Westar') с использованием Hisat2, квантификацию экспрессии генов (FPKM) с использованием StringTie, идентификацию дифференциально экспрессируемых генов (DEGs), используя пороги.

Метаболомный анализ проводился на экстрагированных метаболитах из листьев 'Westar' и 'ZS5' на 0,5 и 8 день. Использовался нетаргетированный метаболомный анализ методами LC-MS (жидкостная хроматография – масс-спектрометрия) и GC-MS (газовая хроматография – масс-спектрометрия).

Идентификация дифференциально накапливаемых метаболитов (DAMs)

Интегрированный анализ транскриптома и метаболома – совместный анализ KEGG DEGs и DAMs для выявления сигнально-регуляторных сетей, таких как метаболизм триптофана.

Специфическая квантификация метаболитов включает в себя определение содержания индольных глюкозинолатов (IMG, 4hIMG, 1mIMG) в листьях с помощью UPLC-MS/MS (ультраэффективная жидкостная хроматография – тандемная масс-спектрометрия), определение содержания индол-3-уксусной кислоты (IAA) в листьях с помощью HPLC-MS/MS (высокоэффективная жидкостная хроматография – тандемная масс-спектрометрия).

Функциональная валидация (IAA) представляет из себя эксперименты с экзогенным применением IAA и ингибитора синтеза IAA (6-фтороиндол) на сеянцах ‘ZS5’ и ‘Westar’ для проверки отрицательной роли IAA в устойчивости к *Xcc*.

Валидация экспрессии – это количественная обратная транскрипционная ПЦР (qRT-PCR) для подтверждения данных RNA-seq по 18 генам, связанным с биосинтезом индольных глюкозинолатов и IAA.

По итогу данного исследования сорт ‘ZS5’ (‘Zhongshuang 5’) продемонстрировал более высокий уровень устойчивости к *Xcc* по сравнению с ‘Westar’. Через 8 дней после инокуляции у ‘ZS5’ наблюдались только незначительные симптомы заболевания в месте инокуляции. Другой результат показал второй сорт ‘Westar’ – он оказался полностью восприимчив к *Xcc*. Через 8 дней на листьях ‘Westar’ наблюдался тяжелый V-образный хлороз (длиной около 10 мм). У ‘Westar’ фотосинтез был значительно подавлен как на ранних (5 дней), так и на поздних стадиях инфекции. У ‘ZS5’ подавление фотосинтеза произошло на более поздней стадии. Путь биосинтеза флавоноидов был специфически обогащен в ‘ZS5’ на ранней стадии инфекции. Большинство дифференциально накапливаемых метаболитов (DAMs), относящихся к флавоноидам, были активированы в устойчивом сорте ‘ZS5’, но снижены в восприимчивом сорте ‘Westar’. Флавоноиды могут способствовать устойчивости, ингибируя пролиферацию бактерий [5].

Метаболизм триптофана также сыграл важную роль в исследовании: Индольные глюкозинолаты накапливались в обоих сортах, но устойчивые растения ZS5 демонстрировали более высокую аккумуляцию этих соединений по сравнению с восприимчивыми. Индол-3-уксусная кислота (IAA): В целом, содержание IAA было ниже в устойчивом сорте ‘ZS5’, чем в восприимчивом сорте ‘Westar’. Внешнее применение IAA увеличивало восприимчивость обоих сортов, что указывает на отрицательную роль IAA в регуляции устойчивости к *Xcc* [5].

В ходе второго исследования, сфокусированного на посттранскрипционной регуляции (альтернативном сплайсинге), использовались три линии рапса:

1. ‘ZS9mXccR-1’ – мутант с повышенной устойчивостью. Взаимодействие с *Xcc* считается несовместимым.
2. ‘ZS9mXccS-1’ – мутант с повышенной восприимчивостью.

Взаимодействие с *Xcc* считается совместимым.

3. ‘ZS9’ – родительская линия, использовалась для сравнения паттернов альтернативного сплайсинга у мутантов.

Подготовка данных RNA-seq: фильтрация и картирование чистых прочтений на референсный геном *B. napus* с использованием Hisat2. Сборка транскриптов и их квантификация (FPKM) с использованием StringTie [6].

Анализ ландшафта альтернативного сплайсинга (AS): идентификация типов событий AS.

Анализ дифференциального альтернативного сплайсинга (DAS): идентификация генов, подвергшихся дифференциальному AS (DAS genes), между мутантными линиями и родительским сортом ‘ZS9’ после инокуляции, с использованием программного обеспечения gMATS.

Анализ коэкспрессионной сети генов, проводимый на уровне изоформ, для выявления модулей, тесно связанных с устойчивостью/восприимчивостью, и определения "хаб-изоформ".

Функциональная аннотация DAS-генов путем поиска гомологов в базе данных *Arabidopsis thaliana* и проведение GO-анализа (обогащение GO-термов) для определения их функций (например, трансмембранный транспорт, обработка мРНК, сигнализация)

Отличия, выявленные в ходе анализа AS:

1. В устойчивой линии ‘ZS9mXccR-1’ было обнаружено большее количество генов с дифференциальным альтернативным сплайсингом (DAS) на каждой временной точке после инокуляции по сравнению с восприимчивой линией ‘ZS9mXccS-1’.

2. В устойчивой линии ‘ZS9mXccR-1’ количество DAS-генов сначала увеличивалось к 5 дню, а затем уменьшалось к 8 дню. В восприимчивой линии ‘ZS9mXccS-1’ наблюдалась противоположная тенденция.

3. Линии показали отчетливо различающиеся паттерны дифференциального альтернативного сплайсинга. Были идентифицированы различия в сплайсинге ключевых защитных генов, таких как рецептороподобные киназы (CRKs, PBL30), MAPK-киназы (MPK17) и транскрипционные факторы (MYB51) [6].

Таким образом устойчивость сортов рапса (*Brassica napus*) к сосудистому бактериозу, вызываемому *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (*Xcc*), достигается за счет комплекса молекулярных механизмов, которые включают усиленный биосинтез защитных метаболитов, строгий контроль гормонального баланса и активную посттранскрипционную регуляцию иммунных генов. Эти механизмы были выявлены при сравнении устойчивых линий (таких как ‘ZS5’ и ‘ZS9mXccR-1’) с восприимчивыми (например, ‘Westar’ и ‘ZS9mXccS-1’).

### Библиографический список

1. Соломонова, Е.В. Масличность рапса: ботаническая природа, биохимические особенности и пищевой потенциал / Е.В. Соломонова, Е.Ю. Ембатурова, Ю.С. Черятова, С.Г. Монахос // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4. – С. 58-74. – DOI 10.26897/0021-



342-2023-4-58-74. – EDN EFDNFU.

2. Вишнякова, А.В. Расоспецифическая листовая и корневая устойчивость рапса (*Brassica napus* L.) к *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* / А.В. Вишнякова, М.А. Никитин, О.О. Румянцева [и др.] // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 434-455. – DOI 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1043. – EDN KKBWWM.

3. Монахос, С. Г. Использование межвидовой гибридизации в селекции F1 гибридов капусты пекинской с групповой устойчивостью к киле и сосудистому бактериозу: специальность 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / С. Г. Монахос – Москва, 2005. – 20 с. – EDN NJVJNT.

4. Вишнякова А.В., Гаус Г.Ю., Александрова А.А. [и др.] Комплексный подход ускоренной селекции F1-гибридов ярового рапса на основе ЦМС // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. № 5. С. 35-50. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-5-35-50.

5. Румянцева, О.О. Изучение исходного материала для селекции капусты белокочанной *Brassica oleracea* L. на устойчивость к сосудистому бактериозу / О.О. Румянцева, С.Г. Монахос // *Естественные науки*. – 2024. – № 2(15). – С. 56-65. – EDN JWBABU.

6. Zhou, C. Integrated Transcriptome and Metabolome Analysis Reveals the Resistance Mechanisms of *Brassica napus* Against *Xanthomonas campestris* / C. Zhou, L. Xu, R. Zuo [и др.] // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2025. – Vol. 26, Iss. 1. – Art. 367. – DOI: 10.3390/ijms26010367.

7. Yang, L. Unravelling alternative splicing patterns in susceptible and resistant *Brassica napus* lines in response to *Xanthomonas campestris* infection / L. Yang, L. Yang, C. Zhao [и др.] // *BMC Plant Biology*. – 2024. – Vol. 24. – Art. 1027. – DOI: 10.1186/s12870-024-05728-8.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИЁМОВ РАЗМНОЖЕНИЯ ФЕЙХОА (*Acca sellowiana* (O.BERG) BURRET) ЗЕЛеныМИ ЧЕРЕНКАМИ

*Зайцева Ангелина Александровна, студентка 2 курса магистратуры кафедры плодородства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, zaitzeva.angelin@gmail.com*

*Акимова Светлана Владимировна, д.с-х.н, профессор кафедры плодородства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, akimova@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** В статье приведены сведения по подбору яруса и места нарезки зеленых черенков фейхоа *Acca sellowiana* (O.Berg) Burret при укоренении в пластиковых ячейках в условиях теплицы с туманообразующей установкой.

**Ключевые слова:** фейхоа, зеленые черенки, часть побега, ярус растения

Фейхоа (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret) – перспективная плодовая культура, обладающая ценными пищевыми и лечебными свойствами плодов, представляющих собой ягоды эллипсоидной формы, весом до 40 г, кожица темно-зеленая или зеленая, с белым налетом или без налета, с сочной светлой мякотью. Они содержат сахаров (8,4 мг), витамина Р (до 162 мг/%), йода (0,34 мкг/%), пектиновых веществ (0,56-2,3%), полифенола с преобладанием катехинов и лейкоантоцианов, а также обладают сравнительно низкой кислотностью (0,94-2,47%) и обладают некоторым бактерицидным действием. Ещё одной особенностью является высокое содержание в плодах калия, кальция и других минеральных веществ [1,2,3,4].

Растение приспособлено к климату субтропиков, однако оно продвинулось далеко на север. В настоящее время культура фейхоа распространена также в Грузии, Азербайджане, Крыму, Краснодарском крае [5,6,7]. Но несмотря на растущий интерес к культуре, эффективные технологии размножения и доращивания фейхоа в защищенном грунте недостаточно разработаны. Существующие методы имеют свои недостатки: низкая укореняемость зеленых черенков, значительные потери при пересадке на доращивание и длительный период доращивания саженцев.

Поэтому **целью исследований** было установить оптимальную часть побегов для нарезки зеленых черенков фейхоа (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret) при укоренении пластиковых ячеек в условиях теплицы с туманообразующей установкой.

**Методика исследований.** Опыты проводили в 2024-2025 году на базе УНЦП садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева. Объектами исследований служили растения фейхоа (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret).

При изучении оптимального места нарезки, нарезали зеленые черенки из верхнего, нижнего и среднего ярусов опытного растения. При этом отдельно укореняли черенки, как из верхней (апикальной) части, так и из нижней (базальной) части побегов. Побег срезали в утренние часы, затем нарезали зеленые черенки длиной 10-12 см, у которых укорачивали нижние листья.

После нарезки черенки по вариантам обрабатывали ростовой пудрой Корневин (время экспозиции – 1 секунда) и высаживали на укоренение в теплицу с туманообразующей установкой в пластиковые кассеты (Greengo, размером 54×28×7, включающие 21 ячейку по 150 мл). Субстратом служила смесь переходного обогащенного торфа «ПитэрПит» и перлита в соотношении 3:1. Учеты укореняемости проводили на 60 сутки укоренения, при этом учитывали: укореняемость (%), среднее число корней (шт.), среднюю длину корней (шт.) и суммарную длину корней (шт.).

Повторность опытов трехкратная по 50 черенков в повторности. Анализ экспериментальных данных проводили по Доспехову Б.А. (1985) [8] и А.В. Исачкину (2020) [8] методом дисперсионного анализа, с использованием программ Microsoft Office Excel 2010 и PAST 4.03.

**Результаты исследований.** Полученные на 60 сутки укоренения зеленых черенков результаты свидетельствуют о значительном влиянии обоих факторов на все учитываемые показатели.

Наименьшая укореняемость наблюдалась при укоренении черенков из апикальной части побега (17,1-32,4% по сравнению с 31,2-50,0% с черенками из базальной части побега). Независимо от части побега лучшие результаты показали черенки, нарезанные из среднего и нижнего ярусов растения. Это указывает на то, что черенки, взятые из средней и нижней частей растения, обладают более высокой способностью к укоренению.

При этом выявлено достоверное преимущество влияния части побегов (фактор b), яруса растения (фактор a) и их взаимодействия при укоренении зеленых черенков фейхоа среднего и нижнего яруса растения нарезанные из базальной части побегов, при укоренении которых укореняемость составила 38,8-50,0% по сравнению с 31,2% в контроле. Помимо этого, получены достоверные различия с контролем по суммарной длине корней (27,1-29,8 см по сравнению с 19,9 см в контроле).

*Таблица 1*

**Влияние места нарезки побегов на показатели развития укорененных зеленых черенков фейхоа (60 сутки укоренения)**

Яруса растения (фактор a)	Укореняе- мость, %	Среднее число корней, шт.	Средняя длина корней, шт.	Суммарная длина корней, см
Апикальная часть побега (фактор b)				
Верхний ярус (контроль)	17,1	3,4	5,6	17,1
Средний ярус	32,4 <sup>a</sup>	2,9	5,9	16,4
Нижний ярус	30,0 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a,b</sup>	6,9 <sup>a</sup>	26,0 <sup>a</sup>

Базальная часть побега (фактор b)				
Верхний ярус (контроль)	31,2	3,4	6,3 <sup>b</sup>	19,9 <sup>b</sup>
Средний ярус	38,8 <sup>a,b,ab</sup>	5,0 <sup>a,b,ab</sup>	6,0	29,8 <sup>a,b,ab</sup>
Нижний ярус	50,0 <sup>a,b,ab</sup>	3,7 <sup>a</sup>	7,9 <sup>a,b,ab</sup>	27,1 <sup>a,b,ab</sup>
НСР <sub>05</sub> a	3,14	0,49	0,31	0,61
НСР <sub>05</sub> b	1,66	0,26	0,16	0,32
НСР <sub>05</sub> ab	5,10	0,79	0,50	1,00

Таким образом, результаты исследований демонстрируют, что для укоренения зеленых черенков фейхоа наиболее эффективно нарезать черенки из среднего и нижнего ярусов растения и использование для укоренения черенков базальной части побега.

### Выводы

1. При укоренении зеленых черенков фейхоа (*Acca sellowiana* (O.Berg) Burret) в пластиковых ячейках в условиях теплицы с туманообразующей установкой эффективно нарезать черенки из среднего и нижнего ярусов растения и укоренять черенки из базальной части побега.

### Библиографический список

1. Шишкина, О.В. Биотехнология размножения плодовых растений / О.В. Шишкина. - М.: Агропромиздат, 2020. - 280 с.
2. Абшилава, А.Н. Сортная оценка химического состава и технических показателей плодов фейхоа, выращенных в условиях Абхазии / А.Н. Абшилава, Т.Г. Причко // Садоводство и виноградарство. - 2016. - № 2. - С. 45–51.
3. Пачулия, К.Г. Биологические особенности фейхоа в условиях Абхазии / К.Г. Пачулия // Субтропическое садоводство. - 2016. - № 58. - С. 89–97.
4. Причко, Т.Г. Фейхоа / Т.Г. Причко, М.Д. Омаров, Т.Л. Троянова // Пищевая промышленность. - 2003. - № 10. - С. 80–83.
5. Шишкина, Е.Л. Особенности роста плодов фейхоа // Проблемы дендрологии, садоводства и цветоводства: V Междун. Научн. Конф. Ялта, 1997. - Ч. III – С. 187.
6. Шишкина, Е.Л. Особенности роста плодов фейхоа сортов Никитская Ароматная и Ароматная Фантазия / Е.Л. Шишкина // Субтропическое садоводство. - 2016. - № 60. - С. 45–52.
7. Шишкина, Е.Л. Оценка засухоустойчивости сортов и форм фейхоа по водоудерживающей способности и стойкости к обезвоживанию листьев / Е.Л. Шишкина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2018. - Вып. 4 (73). - С. 261–266.
8. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. - Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. - Москва: Альянс, 2011. - 350 с.

9. Исачкин, А.В. Основы научных исследований в садоводстве: учебник для вузов / А.В. Исачкин. В.А. Крючкова; под редакцией А.В. Исачкина. // Санкт-Петербург: Лань. - 2020. – 420 с.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ СМОРОДИНЫ ЧЁРНОЙ (*RIBES NIGRUM*) КАК ОСНОВА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ НА АДАПТИВНОСТЬ К НЕУСТОЙЧИВЫМ УСЛОВИЯМ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД

*Зверева Ирина Сергеевна*, бакалавр института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ira.zver.1989@gmail.com

*Научный руководитель – Эйдлин Яков Тарасович*, к.с.-х.н., ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ya.eidlin@rgau-msha.ru

**Аннотация:** Целью данной статьи является обзор генетических ресурсов смородины чёрной для селекции на адаптивность к неустойчивым природным условиям.

**Ключевые слова:** селекция, смородина чёрная, генетические ресурсы, адаптивность.

Смородина чёрная (*Ribes nigrum*) имеет важное значение в плодоводстве и ягодоводстве благодаря высокой продуктивности и скороплодности. Эта ягода также имеет большую ценность благодаря высокому содержанию витаминов С и Р, лечебных свойств и широкому использованию в промышленной переработке. Смородина чёрная распространена в России (особенно Центральный регион, Северо-западный и Уральский регионы). Наиболее распространенные сорта это – ‘Дар Смольяниновой’, ‘Селеченская 2’, ‘Ядрёная’, ‘Лентяй’.

В условиях меняющегося климата, который характеризуется увеличением частоты и интенсивности аномалий в зимне-весенний период (теплые зимы, внезапные оттепели и поздневесенние заморозки), традиционные сорта смородины черной проявляют недостаточную устойчивость. Повреждения цветковых почек и завязей в зимне-весенний период становятся главной причиной потерь урожая, которые в неблагоприятные годы могут достигать 70-100% [1]. В связи с этим актуализируется задача не просто повышения зимостойкости, а селекции адаптивности к неустойчивым условиям. Таким образом комплексная адаптивность генотипа позволила бы стабильно поддерживать растению продуктивность, независимо от колебаний температур в зимне-весенний период. Решение этой задачи невозможно без глубоко изучения генетических ресурсов смородины чёрной, которые служат источником аллелей устойчивости.

Основные факторы стрессовые факторы для смородины служат выпревания и повреждения во время зимних оттепелей, а также весенние заморозки. При выпревании под снегом температура поднимается выше нуля, растение «просыпается» и начинает дышать, потребляя кислород, но доступа свежего воздуха нет. В условиях дефицита кислорода и высокой влажности

ткани коры и камбия начинают отмирать. На ослабленных тканях поселяются патогенные грибы, завершая разрушительный процесс [2]. Еще один повреждающий фактор – это весенние заморозки. Ранее наступление тепла провоцирует выход почек из покоя, распустившиеся цветки и молодые завязи смородины критически чувствительны даже к слабым заморозкам ( $-2...-3^{\circ}\text{C}$ ). По данным ВНИИСПК [3], у большинства стандартных сортов ('Белорусская сладкая', 'Кентавр') при таком воздействии погибает 80-100% цветков. Устойчивость к этому фактору определяется способностью сорта задерживать распускание почек и повышенной толерантностью тканей цветка к обезвоживанию.

Коллекции генетических ресурсов черной смородины сосредоточены в ведущих научно исследовательских институтах (ВНИИР им. Н.И. Вавилова, ВНИИСПК, НИИ садоводства Сибири) и обладают разнообразными адаптивными признаками. Особое внимание уделяется дикорастущим формам. Растения из природных популяций Алтайского края, Новосибирской и Омской областей, где характерен континентальный климат с морозными зимами и резкими перепадами температур, являются ценнейшими донорами устойчивости к выпреванию. Исследования, проведенные в НИИ садоводства Сибири [4], показали, что образцы из предгорий Алтая сохраняют до 90% жизнеспособных почек после моделирования цикла "оттепель-мороз". Не менее ценными являются дальневосточные дикие формы из Хабаровского края и Приморья, изученные в Дальневосточной опытной станции ВИР. Эти формы демонстрируют исключительную устойчивость к подмерзанию благодаря позднему цветению и плотной чешуйчатой структуре почки [5].

Большой потенциал генетических ресурсов на адаптивность к неустойчивым погодным условиям сосредоточен в отечественных сортах народной селекции. Староместные сорта 'Неаполитанская' и 'Боскопский Великан' содержат уникальные комплексы адаптивных генов, утерянные в процессе интенсивной селекции на продуктивность и крупноплодность. Эти сорта прошли длительный естественный отбор в условиях средней полосы России. Современные сорта сибирской коллекции также представляют глубокий ресурс генов. Фенологическая пластичность этих сортов заключается в специфической настройке их жизненного цикла под сибирскую позднюю и затяжную весну. Во время пика возвратных заморозков эти сорта избегают повреждения благодаря замедленному выходу из состояния покоя и более поздним срокам цветения. Пример такой адаптации наблюдается у сорта 'Гларизоза', этот сорт помимо благоприятной фенологии сочетает в себе повышенную толерантность тканей цветка к непосредственному воздействию низких температур, формируя тем самым надежную двойную систему защиты от весенних похолоданий. Также сорт смородины «Забава», выведенный в НИИ садоводства Сибири им. Лисавенко, показывает высокую стабильность урожая именно в годы с неустойчивой погодой весной, что говорит о его комплексной устойчивости. В селекционных скрещиваниях эти сорта выступают в роли доноров адаптивных аллелей. Передавая этот комплекс генов устойчивости крупноплодным европейским сортам с низкой зимостойкостью, можно достичь

адаптивности и сохранить высокое качество ягод. Сорты сибирской коллекции выступают в качестве модельных генотипов для фундаментальных исследований. Изучение молекулярно-физиологических механизмов их устойчивости, таких как профили экспрессии генов холодного шока и аккумуляция специфических криопротекторных метаболитов, позволяет идентифицировать ключевые маркеры для последующего использования в маркер-опосредованной селекции (MAS) [6].

В заключение стоит отметить, что увеличивающаяся неустойчивость зимне-весеннего периода на территории России требует срочной переориентации селекционных программ чёрной смородины. Важно уделить внимание адаптивности культуры к изменяющемуся климату. Генетические ресурсы, содержащиеся в сортах сибирского и дальневосточного происхождения, а также в диких формах из регионов с экстремальными климатическими условиями подходят в качестве доноров устойчивости к нестабильным погодным условиям. В результате селекционного процесса могут создаваться новые конкурентоспособные сорта, сочетающие стабильную продуктивность с повышенной адаптивностью в условиях современного изменяющегося климата.

#### **Библиографический список**

1. Зимостойкость / Дерябин А.Н. // Большая российская энциклопедия  
Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/zimostoi Kost-53e0d5> (Дата обращения 8.11.2025)
2. Brennan R.M. Currants and gooseberries. // In: Fruit Breeding, Handbook of Plant Breeding. – 2012. – Vol. 8. – P. 177-196.
3. Ожерельева, З.Е. Устойчивость сортов смородины черной к весенним заморозкам в условиях Орловской области // Плодоводство и ягодоводство России. З.Е. Ожерельева, Е.А. Богданова. – 2021. – Т. 65. – С. 119-124.
4. Баянова Л.В. Генофонд смородины черной в Сибири и его использование в селекции: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Барнаул, 2017. – 48 с
5. Плеханова М.Н. Смородина дальневосточная – донор хозяйственно-ценных признаков для селекции // Сельскохозяйственная биология. – 2005. – Т. 40, № 4. – С. 45-50.
6. Гнатенко А.Ф., Зотова Е.В. Перспективы использования молекулярных маркеров в селекции черной смородины на устойчивость к абиотическим стрессам // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2021. - Т. 25. - № 6. - С. 642-650.



## ВЫДЕЛЕНИЕ И КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНА, КЛОНИРУЮЩИЕ ВЕКТОРЫ

*Зеленцова Дарья Максимовна, студент бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [lardara62@gmail.com](mailto:lardara62@gmail.com)*

*Научный руководитель – Мурзина Эльвира Рафаэлевна, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [e.murzina@rgau-msha.ru](mailto:e.murzina@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** В статье обобщены методы выделения ДНК, а также рассмотрены подходы к клонированию генов. Проанализированы современные стратегии клонирования. Отмечена важность разработки стандартизированных, экономически доступных и универсальных протоколов в условиях ограничений на импортные реагенты и стремительного развития функциональной геномики.

**Ключевые слова:** выделение гена, клонирующий ген, клонирование гена.

Выделение и клонирование генов являются фундаментальными процессами в молекулярной биологии и биотехнологии, позволяющими изучать структуру и функцию генов, а также создавать генетически модифицированные организмы. Выделение гена подразумевает получение его фрагмента в чистом виде, а клонирование – введение этого фрагмента в векторную систему для его размножения и дальнейшего анализа. Клонировующие векторы – это специально сконструированные молекулы ДНК, способные реплицироваться в клетках-хозяевах и нести вставку чужеродной ДНК. Они могут быть плазмидными, вирусными или искусственными хромосомами, и их выбор зависит от целей исследования [1,2].

Актуальность данной темы обусловлена стремительным развитием методов секвенирования нового поколения (NGS), которые предъявляют высокие требования к качеству выделяемой ДНК [1]. Кроме того, в условиях ограниченного доступа к дорогостоящим коммерческим наборам для выделения ДНК и реагентам зарубежного производства, разработка эффективных и экономичных методов выделения и клонирования генов становится особенно важной для российских научных исследований [1,2].

Целью данной работы является обобщение современных данных по методам выделения ДНК из растений и подходам к клонированию генов с использованием векторов, а также определение перспективных направлений в этой области.

Успех молекулярно-генетических исследований, включая клонирование генов, напрямую зависит от качества и количества выделенной геномной ДНК. Основными проблемами при работе с растительным материалом являются высокое содержание вторичных метаболитов: полисахаридов, полифенолов и

липидов, которые могут загрязнять препараты ДНК и ингибировать последующие ферментативные реакции [2; 3].

Классические методы выделения ДНК, такие как метод СТАВ (цетилтриметиламмония бромид), эффективны, но часто трудоемки, требуют использования токсичных реагентов (фенол, хлороформ,  $\beta$ -меркаптоэтанол) и дорогостоящих реактивов [1,2]. Например, СТАВ способствует переводу полисахаридов в нерастворимое состояние, а PVP (поливинилпирролидон) и  $\beta$ -меркаптоэтанол используются для связывания и предотвращения окисления полифенолов [2].

В работе был предложен модифицированный СТАВ-спин метод, сочетающий СТАВ-экстракцию с дополнительной очисткой на силикагелевых спин-колонках. Сравнение с коммерческим набором ZymoBIOMICS DNA Miniprep показало, что предложенный метод в 2.2–3.5 раза эффективнее по выходу ДНК и позволяет выявить большее таксономическое разнообразие эндобитных бактерий при метагеномном анализе. При этом себестоимость метода была в 6 раз ниже, что делает его доступной альтернативой коммерческому набору [1].

Перспективным направлением является разработка упрощенных и дешевых методов. Например, для некоторых видов растений (*Arabidopsis thaliana*, капуста, рапс) успешно применяется протокол на основе SDS (додецилсульфата натрия) и NaCl, который не требует регулирования pH и занимает около 10 минут [2]. Однако такие методы не универсальны и требуют адаптации для каждого вида растений.

Качество выделяемой ДНК сильно зависит от используемого материала. Наилучшие результаты обычно получают из свежесобранных молодых листьев, которые содержат меньше вторичных метаболитов. В сложных случаях, например, при работе с *Myrica gale* L., богатой полифенолами и восками, побеги с нераскрытыми почками выдерживали в воде при комнатной температуре, что стимулировало рост нежных побегов без накопления восков, что впоследствии позволило успешно выделить ДНК упрощенным методом [2,3].

После выделения качественной ДНК следующим этапом является клонирование целевого гена.

В случаях, когда геном растения не секвенирован, для клонирования промоторных регионов могут использоваться специализированные методы, такие как Modified inverse PCR (MiPCR). Этот метод был успешно применен для клонирования двух версий промотора гена Sm-AMP-D1 из растения *Stellaria media*. Показано, что даже незначительные различия в нуклеотидной последовательности промоторов (полиморфизм) могут приводить к изменениям в наборе цис-регуляторных элементов, что потенциально влияет на специфичность и силу экспрессии гена [4].

Традиционное клонирование с использованием рестрикционных ферментов и лигирования часто является многоэтапным и требует подбора уникальных сайтов рестрикции для каждого вектора. Решением этой проблемы является создание наборов векторов с единым сайтом клонирования. Ранее был разработан такой набор для различных задач: двугибридного дрожжевого

скрининга, экспрессии в дрожжах и бактериях, получения трансгенных растений. Клонирование в эти векторы осуществляется по технологии Golden Gate, которая позволяет проводить рестрикцию и лигирование в одной пробирке без промежуточной очистки, используя всего одну рестриктазу (например, BsaI). Это значительно ускоряет процесс, снижает costs и упрощает работу с большим количеством генов [4].

Для быстрого отбора клонов с целевой вставкой в единый сайт клонирования была добавлена кассета с геном красного флуоресцентного белка. Успешное клонирование гена-вставки приводит к удалению этой кассеты, и колонии без флуоресценции легко идентифицируются [4].

Проведенный анализ литературных данных позволяет сделать вывод о том, что современные исследования в области выделения и клонирования генов развиваются в направлении оптимизации, удешевления и стандартизации методик.

Разработанные и модифицированные методы выделения ДНК, такие как СТАВ-спин метод [1] или упрощенные протоколы на основе SDS [2], демонстрируют высокую эффективность и являются доступной альтернативой коммерческим наборам. Ключевым фактором успеха остается правильный выбор и подготовка растительного материала.

В области клонирования генов перспективным является использование передовых методов, подобных MiPCR, для работы с несеквенированными геномами [4], а также разработка универсальных систем векторизации. Создание наборов векторов с единым сайтом клонирования и применением технологии Golden Gate существенно ускоряет и упрощает процесс конструирования генетических конструкций, делая его более доступным для широкого круга исследователей [4].

Перспективы развития данной области видятся в дальнейшей миниатюризации и автоматизации процессов выделения ДНК, а также в расширении арсенала стандартизированных модульных векторов для различных биотехнологических задач. Это будет способствовать прогрессу в таких областях, как функциональная геномика, метагеномика, селекция растений и синтетическая биология.

### **Библиографический список**

1. Киселев, К.В. Метод выделения ДНК из растений для метагеномного анализа на примере винограда *Vitis amurensis* Rupr / К.В. Киселев, Н.Н. Нитяговский, О.А. Алейнова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2023. – Т. 59, № 3. – С. 281-288.
2. Галактионова, У. А., Специфические проблемы при выделении геномной ДНК из растений: пути решения / У. А. Галактионова, В.Н. Большаков, М.Ю. Тиходеева, О.Н. Тиходеев // Ботанический журнал. – 2023. – Т. 108, № 6. – С. 603-614.
3. Токарева, Т.Л. Изучение выделения ДНК из клеток растений / Т.Л. Токарева, С.М. Танбердиева, Д.Ш. Матчанова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 1. – С. 22-23.

4. Черняев, К.А. Разработка набора плазмидных векторов с единым сайтом клонирования / К.А. Черняев, В.Д. Карлов, М.В. Лебедева // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии XXIII: Материалы 23-ей Всероссийской молодежной научной конференции. – 2023. – С. 63-64.

## ОЦЕНКА И ОТБОР СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА КАПУСТЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ТРИПСУ

**Зирюкина Александра Борисовна**, бакалавр института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [ziriyukina.alexandra@yandex.ru](mailto:ziriyukina.alexandra@yandex.ru)

**Сахаров Артём Олегович**, бакалавр института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [artemsakharov8@gmail.com](mailto:artemsakharov8@gmail.com)

**Научный руководитель - Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** В статье обобщены данные исследований по селекции капусты белокочанной на устойчивость к табачному трипсу. Показано, что возможен отбор на толерантность. Факторами, снижающими повреждение, являются поздние сроки посадки, сильный восковой налёт, светлая окраска внутренних листьев и медленное формирование кочана.

**Ключевые слова:** табачный трипс, белокочанная капуста, вредоносность, устойчивые гибриды, селекция.

Табачный трипс (*Thrips tabaci* Lind.) в последние годы стал одним из наиболее опасных и трудноконтролируемых вредителей капусты белокочанной на юге России, а также в условиях интенсивного овощеводства Центрального региона. Насекомое повреждает не только листья рассады, но и внутренние листья кочана, что приводит к необходимости их зачистки перед реализацией и потере товарной продукции до 20–35% [1; 2]. Трипс быстро размножается (до 6–8 генераций за сезон), легко формирует резистентность к инсектицидам и остаётся недоступным для химических обработок в фазе сомкнутого кочана [1; 3]. В этих условиях селекция гибридов с генетической толерантностью рассматривается как наиболее эффективный, экологически безопасный и экономически целесообразный способ защиты урожая [2; 4].

Несмотря на отсутствие полной устойчивости у капусты, современные исследования подтверждают возможность отбора по толерантности, что позволяет значительно снизить потери даже при массовом заселении посевов [1; 5].

Целью настоящей работы стало обобщение и анализ современных данных по оценке селекционного материала капусты белокочанной на устойчивость к табачному трипсу с выявлением наиболее перспективных гибридов и донорских линий для дальнейшего использования в селекционных программах.

Табачный трипс предпочитает сухую и жаркую погоду: при температуре 25–30 °С и низкой относительной влажности его плодовитость и выживаемость достигают максимума [1; 6; 7; 9].

Повреждения проявляются в виде серебристых пятен, некрозов и чёрных экскрементов на листьях. При сильном заселении трипс проникает внутрь кочана, что особенно характерно для гибридов среднепоздних и поздних сроков созревания [1; 8].

В полевых условиях устойчивость оценивают по числу повреждённых внешних листьев и доле потерь массы кочана после зачистки [1]. Также учитывают агроклиматические условия: наиболее жёсткий фон для отбора формируется при капельном орошении и высоких летних температурах. Условно выделяют три группы гибридов: устойчивые – 1-4 повреждённых листа, среднеустойчивые – 5-8 листьев, восприимчивые – 9 и более листьев [2].

Среди гибридов наиболее толерантными признаны: Реванш, Грация, Олимп, Сударыня [1, 2, 5]. У этих гибридов число повреждённых листьев не превышает 3–5, а потери урожайности — 9–14%. В то же время прочие гибриды теряют до 30–36% массы кочана [1].

В качестве доноров толерантности перспективны инбредные линии: Яс25п, Тс139, Агрбх82, Пи714, 272-Бр-22 [1]. Гибридные комбинации на их основе демонстрируют стабильно низкую степень повреждения в течение нескольких лет исследований.

Уровень поражения трипсом зависит от ряда факторов: срок созревания (позднеспелые гибриды поражаются слабее из-за снижения активности вредителя осенью), восковой налёт (так как сильный налёт снижает привлекательность листьев), окраска внутренних листьев (гибриды с беловато-кремовой или светлой окраской поражаются меньше, чем с жёлтой), характер формирования кочана (медленно уплотняющиеся кочаны менее уязвимы) [2].

Кроме того, поздняя посадка (второй оборот) снижает повреждение в среднем с 3,3 до 1,2 листа на кочан [5], что открывает агротехнические возможности для снижения вредоносности.

Проведённый анализ научных данных свидетельствует о том, что толерантность капусты белокочанной к табачному трипсу имеет чёткую генетическую основу и может быть целенаправленно усиливаться в рамках селекционного процесса. Наиболее устойчивыми признаны гибриды Реванш F1, Грация F1, Олимп F1 и Сударыня F1, у которых повреждение кочанов ограничивается 1–4 внешними листьями и потери товарной массы не превышают 14%. Важную роль в формировании толерантности играют морфологические признаки: сильный восковой налёт, светлая (беловато-кремовая) окраска внутренних листьев, поздний срок созревания и медленное уплотнение кочана. Кроме того, выделены ценные донорские линии — Яс25п, Тс139, Агрбх82, Пи714 и 272-Бр-22, — которые успешно используются в создании новых гибридных комбинаций с повышенной устойчивостью. Особую эффективность демонстрирует интеграция генетической толерантности с агротехническими мерами: поздняя посадка (второй оборот) снижает повреждение кочанов в среднем с 3,3 до 1,2 листа на растение, что подчёркивает перспективность

немедикаментозных подходов. В условиях расширения ареала трипса под влиянием изменения климата и усиления ограничений на применение химических средств защиты растений селекция на толерантность становится не просто приоритетным, а стратегически необходимым направлением отечественной овощной селекции.

Перспективно развитие направления, сочетающего в себе классический полевой отбор с использованием молекулярных маркеров, биотехнологическими методами и принципами интегрированной защиты растений, что позволит не только повысить устойчивость новых гибридов, но и обеспечить их конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках [10].

### **Библиографический список**

1. Шуляк, Н.В. Вредоносность табачного трипса на среднеспелых гибридах капусты белокачанной / Н.В. Шуляк, С.В. Королёва // Овощи России. – 2019. – № 4. – С. 85-89.
2. Табачный трипс - опасный вредитель капусты белокачанной / С. Козлов, В. Кажарский, Е. Коготько [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2024. – № 11(271). – С. 96-103.
3. Трипс на капусте: большие проблемы от маленького вредителя / С. И. Романовский, И.Г. Волчкевич, А.Р. Аксеньюк, Ю.А. Банцевич // Наше сельское хозяйство. – 2020. – № 3(227). – С. 102-105.
4. Табачный (луковый) трипс и способы борьбы / И.И. Абдуллаев, Х.У. Жуманазаров, Л.А. Ганджаева, А.И. Искандаров // Исследование путей совершенствования научно-технического потенциала общества в стратегическом периоде: Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 26-31.
5. Умурзаков, Э.У. Биологические особенности основных вредителей табака и методы ограничения их вредоносности / Э.У. Умурзаков, Х.Ж. Хурсанов // Российская наука в современном мире: сборник статей XXVIII международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 18-19.
6. Королёва, С.В. Создание гибридов F<sub>1</sub> капусты белокачанной с комплексной устойчивостью на юге России / С.В. Королёва, С.А. Дякунчак, С.А. Юрченко // Овощи России. – 2019. – № 4. – С. 16-20.
7. Вредители растений и сельскохозяйственной продукции: учебник / А. И. Белый [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2024. – 392 с.
8. Королёва С.В. Селекция капусты белокачанной на устойчивость к табачному трипсу / С.В. Королёва // Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. – 2016. – С. 101-106.
9. Ахатов, А.К. Защита овощных культур открытого грунта / А. К. Ахатов // Защита и карантин растений. – 2024. – № 11. – С. 33-40.
10. Бондарева, Л.Л. Повышение конкурентоспособности отечественной селекции капусты—важнейшая задача сельскохозяйственной науки / Л.Л. Бондарева, С.М. Носова // Овощи России. – 2017. – № 4. – С. 32-37.

## РОЛЬ СЕЛЕКЦИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*Коткова Алёна Алексеевна, бакалавр кафедры Декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alyona.kotkova@yandex.ru*

*Научный руководитель - Вишнякова Анастасия Васильевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, a.vishnyakova@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** Целью данной статьи является доказательство, что роль селекции в защите растений от болезней важна, а также приведение примеров успешного применения устойчивых к болезням сортов на практике и описание методов селекции, выявляющие такие сорта.

**Ключевые слова:** органическое земледелие, сорт, селекция растений, устойчивость к болезням, лён-долгунец, ржавчина, донор устойчивости, ДНК-маркеры, пыльная головня, пшеница.

Органическое земледелие представляет собой систему выращивания сельскохозяйственных культур, основанную на принципах бережного отношения к природе, которая предполагает отказ от синтетических удобрений и пестицидов. Одной из наиболее значимых проблем этой системы является борьба с болезнями растений. Потому селекция, а именно процесс выведение и выбор сортов, устойчивых к болезням, играет ключевую роль. Такие сорта уменьшают ущерб от болезней и повышают урожайность культур.

Примером успешного выведения устойчивых к ржавчине сортов является культура лён-долгунец. За годы селекции произошёл значительный прогресс. Если в начале (1922-1957 гг.) большинство образцов сильно поражались ржавчиной, то сейчас 69% образцов в коллекции устойчивы к этой болезни или поражаются очень слабо. Из коллекции льна-долгунца были выделены ценные образцы, не поражающиеся ржавчиной, и на их основе создана серия доноров устойчивости (ВИР-1 - ВИР-19).

Помимо ржавчины, прошла работа по устойчивости к другим болезням. «Л-1120» - первый устойчивый к мучнистой росе и относительно устойчивый к фузариозному увяданию отечественный сорт, ставший основой для 37 новых сортов. А источниками устойчивости к пасмо являются сорт «Natasja» и линия из сорта «Svalof 60132», гены которых использованы в донорах ВИР-14, ВИР-16, ВИР-13 и ВИР-15.

Ценность представляют доноры с разными, оригинальными генами (РЗ, N, L3, M, Q), так как разнообразие генов устойчивости предотвращает появление и быстрое распространение новых патогенов, которые могли бы "преодолеть"



один единственный ген. Это делает всю систему выращивания льна более стабильной и устойчивой в долгосрочной перспективе.

На сегодняшний день создано значительное число отечественных и иностранных сортов, устойчивых к ржавчине и фузариозу, с высоким содержанием и качеством волокна, которые широко используются в производстве. Устойчивые сорта обеспечивают более стабильную и предсказуемую урожайность и качество волокна, что очень важно для эффективности органического земледелия.

Использование метода ПЦР-маркеров в селекции можно наблюдать на примере изучения устойчивых к пыльной головне сортов пшеницы.

Для создания устойчивых сортов необходимо сочетать разные типы устойчивости — как качественную (моногенную), так и количественную (полигенную). Качественная устойчивость: высокая, но кратковременная, патоген быстро эволюционирует и преодолевает её. Количественная — умеренная, но более длительная, так как патогену сложнее её преодолеть. В органическом земледелии больше ценится количественная устойчивость, потому что она делает систему более устойчивой в долгосрочной перспективе.

Основной инструмент при диагностике и изучении возбудителя пыльной головни пшеницы — молекулярные ДНК-маркеры (включая ПЦР, SSR и SNP и др.). Они позволяют быстро и точно провести скрининг исходного материала и контролировать наследование нужных генов количественной устойчивости в процессе селекции.

Метод количественной ПЦР (ПЦР-РВ) способен быстро выявлять возбудителя ещё на этапе проростков.

ДНК-маркеры также упрощают стратегию, направленную на объединение нескольких генов устойчивости в генотипе одного сорта. Это способствует созданию генетического разнообразия на уровне сорта, что предотвращает массовую гибель посевов от новой расы болезни, что является важным риском в органическом земледелии.

Также на базе коллекционных насаждений яблони опытного поля Чеченского НИИСХ было проведено испытание, которое выделило наиболее устойчивые к парше и мучнистой росе сорта яблони для Чеченской республики. Это показало необходимость для дальнейшего изучения биологической характеристики и селекции перспективных сортов яблони. Комплексной устойчивостью к парше и мучнистой росе обладают сорта Ред Чиф, Энтерпрайз, Флорина, Лигол, Чемпион и Гранни Смит. Это указывает на необходимость комбинирования разных генов устойчивости при создании новых сортов, что подтверждает, что количественная (полигенная) устойчивость ценится в общем земледелии больше, чем качественная (моногенная).

С учётом всего вышеописанного, можно сделать вывод, что селекция устойчивых к болезням сортов является фундаментальным элементом успешного органического земледелия, поскольку исключает или сводит к минимуму использование химических средств защиты растений.

Как показывают примеры льна, пшеницы и яблони, селекционные усилия привели к созданию сортов, которые не только снижают ущерб от конкретных болезней (таких как ржавчина, фузариоз, пыльная головня, парша и мучнистая роса), но и обеспечивают стабильность урожая и качество продукции.

Ключевым принципом селекции, направленной на защиту растений от болезней, является сочетание различных типов устойчивости. Особое значение имеет количественная (полигенная) устойчивость, которая является умеренной и обеспечивает более длительную защиту, поскольку патогенам труднее её преодолеть. Это обеспечивает долгосрочную стабильность агроценоза.

В процессе селекции используют молекулярно-генетические методы, такие как метод ПЦР-маркеров. Они позволяют точно и быстро идентифицировать необходимые гены, проводить скрининг исходного материала и контролировать наследование признаков устойчивости.

Таким образом, подход, сочетающий использование генетического разнообразия, комбинацию разных генов устойчивости в одном сорте и применение современных методов диагностики, является наиболее эффективным путём развития органического земледелия, обеспечивая его устойчивость и эффективность.

### **Библиографический список**

1. Мировой генофонд льна-долгунца ВИР и селекция устойчивых к ржавчине сортов/С. Н. Кутузова, Е. А. Пороховинова, Н. Б. Брач, А. В. Павлов//Электронный журнал «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции». Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43067473>
2. Применение ДНК-маркеров в селекции пшеницы на устойчивость к пыльной головне (обзор)/Харина А.В., Новоселова Н.В. //Электронный журнал «Аграрная наука Евро-Северо-Востока». Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42619958>
3. Испытание устойчивых к болезням сортов яблони мировой селекции в условиях чеченской республики/С.М. Хамурзаев, Е.А. Долматов, А.А. Мадаев//Электронный журнал «Вестник Российской сельскохозяйственной науки». Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42619958>
4. Монахос С.Г., Воронина А.В., Байдина А.В., Зубко О.Н. Селекция растений на устойчивость - основа защиты от болезней в органическом земледелии // Картофель и овощи. 2019. № 6. С. 38-40. DOI: 10.25630/PAV.2019.92.83.009
5. Вишнякова А.В., Никитин М.А., Румянцева О.О., Миронов А.А., Монахос С.Г. Расоспецифическая листовая и корневая устойчивость рапса (*Brassica napus* L.) к *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* //

Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2025. T. 17, № 2. C. 434-455. DOI: 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1043.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЕКЦИИ: ОТ КУЛЬТУРЫ ТКАНЕЙ ДО МОЛЕКУЛЯРНОГО МАРКИРОВАНИЯ

**Карпухина Екатерина Андреевна**, студентка 3 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [katykarpuhina@gmail.com](mailto:katykarpuhina@gmail.com)

**Шерстов Антон Сергеевич**, студент 3 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [sherstov05@gmail.com](mailto:sherstov05@gmail.com)

**Научный руководитель – Монахос Сократ Григорьевич**, д.с.-х.н., зав. кафедрой молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [s.monakhos@rgau-msha.ru](mailto:s.monakhos@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** в данной работе рассматриваются передовые технологии в селекции, их преимущества и потенциал.

**Ключевые слова:** инновационные технологии, селекция, культура тканей, удвоенные гаплоиды, система CRISPR, QRY-картирование, цифровые технологии, молекулярное маркирование, спидбридинг.

**Актуальность:** с/х постоянно сталкиваются с климатическими и экологическими вызовами. В отрасли сохраняются проблемы, связанные с традиционными методами – такими как длительность селекционного процесса и ограниченного генетического разнообразия, что требует внедрения новых технологий и комплексного подхода.

**Цель:** обобщить современные достижения и тенденции, выделить преимущества новых технологий и указать перспективы развития инноваций.

**Введение:** Данная статья посвящена аналитическому обзору инновационных подходов в селекции, которые позволят значительно ускорить процесс разработки сортов и гибридов с желаемыми агрономическими характеристиками, устойчивостью к стрессам и повышенной питательной ценностью.

**Результаты исследования:**

**Культура растительной ткани**

Микропропагация и клональное размножение. Техника позволяет избежать длительного периода развития генеративных тканей растений и обеспечивает идентичность генотипа материнскому растению. Микропропагация используется для получения безвирусного посадочного материала путём изоляции и культивирования апикальной меристемы, свободной от патогенов. Этот особенно ценен для вегетативного размножения культур, где сохранение генетического материала имеет приоритетное значение. Эмбриогенез и органогенез. Позволяет получать полные растения из соматических клеток различных тканей на питательной среде. Спасение

гибридных эмбрионов (Embryo rescue). Позволяет преодолеть репродуктивные барьеры между видами: предотвращая абортацию, изолируют незрелые эмбрионы и культивируют на питательной среде. Даёт возможность получить гибридные растения, недостижимые традиционными методами, применяется для интрогрессии генов устойчивости к болезням и стрессам из диких родственников. Производство гаплоидов и удвоенных гаплоидов. Культура пыльников и микроспор позволяет получить гаплоидные растения, содержащий одинарный набор хромосом. Последующее удвоение даёт гаплоиды (DH). Метод активно применяется в селекции пшеницы, риса, кукурузы, ячменя, где позволяет получить стабильные линии-основы для гибридов за 1-2 года вместо 8-12 лет. Соматическая гибридизация через слияние протопластов. Этот подход особенно ценен для получения цитоплазматической мужской стерильности в капусте, редисе и других культурах, необходимой для производства гибридных семян. Соматические вариации и отбор *in vitro*. Культура растительной ткани индуцирует высокую частоту соматических вариаций, вызванных точечными мутациями. Эти вариации создают генетическое разнообразие, из которого можно отобрать растения с улучшенными признаками. Индукция полиплоидии. Обработка растений в культуре колхицином или другими веществами, нарушающими образование веретена деления, позволяет получить триплоиды и тетраплоиды, которые чаще обладают повышенной жизнеспособностью, стерильностью и улучшенными характеристиками. Широко используется в селекции садовых и декоративных растений.

Молекулярное маркирование и маркер-опосредованная селекция

Типы молекулярных маркеров:

Микросателлиты (SSR) — тандемные повторы коротких последовательностей ДНК. Высокая полиморфность делает их ценными для генотипирования, идентификации сортов и анализа генетического разнообразия. SNP маркеры — замены отдельных нуклеотидов в ДНК. Высокая плотность SNP по геному (может быть миллионы маркеров) позволяет выявлять минимальные генетические различия. Технологии высокопроизводительного генотипирования (Массивы SNP, GBS, GBTS) значительно снизили стоимость генотипирования. Последовательность, связанная с сайтом (STS), CAPS (Cleaved Amplified Polymorphic Sequence), KASP (Kompetitive Allele Specific PCR) и STARP — различные ПЦР-основанные подходы для детектирования специфичных вариантов. Генотипирование целевыми секвенированием (GBTS) и Genotyping-by-Sequencing (GBS) — технологии, основанные на NGS, обеспечивают одновременное обнаруживание большого числа маркеров. Маркер-опосредованная селекция (MAS). MAS использует ДНК маркеры для отбора растений с желаемыми генотипами на ранних стадиях развития (на проростках), без необходимости фенотипирования. Возможно проводить одновременный отбор нескольких желаемых аллелей в одном генотипе; маркеры, тесно связанные с целевым геном, позволяют минимизировать интрогрессию нежелательных соседних генов. Картирование локусов количественных признаков (QLT). QLT-картирование позволяет идентифицировать хромосомные регионы, содержащие гены, кодирующие количественные

признаки. Выявленные маркеры, связанные с QTL, могут использоваться в MAS для ускоренного улучшения количественных признаков.

Геномное редактирование.

Система CRISPR/Cas9 представляет собой адаптивную иммунную систему бактерий, использованную для точного редактирования генома. Преимущества: универсальность (система работает в более чем 70 видах с/х культур), скорость (несколько лет), отсутствие трансгенов (в отличие от генной инженерии, система обычно не оставляет чужеродных ДНК в растении).

Базовое редактирование (Base Editing) позволяет преобразовать одиночные нуклеотиды без создания двухцепочечных разрывов. Преимущество базового редактирования заключается в том, что оно не требует восстановления ДНК, что снижает вероятность нежелательных мутаций. Метод особенно ценен для исправления точечных мутаций, вызывающих генетические заболевания или нежелательные признаки.

Прайм-редактирование (Prime Editing) объединяет преимущества базового редактирования и традиционного редактирования с шаблоном восстановления.

Доставка компонентов редактирования. Основной вызов в применении CRISPR к растениям – доставка компонентов в клетки растения через жесткую клеточную стенку. Методы доставки включают: агробактериальная трансформация; биолистика; электропорация протопластов; методы, независимые от культуры ткани.

Геномная селекция использует геном-широкие маркеры для прогнозирования ценности будущего селекционного материала. Методология включает генотипирование и фенотипирование справочной популяции, разработку статистической модели, связывающей маркеры с признаком, и последующее прогнозирование характеристик кандидатов на отбор. Основные преимущества геномной селекции: сокращение селекционного цикла за счёт раннего отбора на стадии проростка; повышение точности отбора благодаря разнообразию молекулярных маркеров; экономическая эффективность – снижение себестоимости разработки сорта.

Высокопроизводительное фенотипирование включает автоматизированное измерение морфологических и физиологических признаков у большого числа растений с использованием беспилотных летательных аппаратов, спектрофотометра, термокамер, гиперспектральных датчиков и искусственного интеллекта. Такая интеграция позволяет ускорить процесс сбора информации о популяциях.

Обсуждение: Инновационные технологии значительно ускорили селекционный процесс, помогли преодолеть репродуктивный барьер между отдалёнными видами, повысили точность отбора за счёт использования молекулярных маркеров и геномной селекции, снизили себестоимость разработки сорта благодаря сокращению селекционного цикла.

Однако остаётся ряд вызовов, которые ещё предстоит преодолеть: генотип-зависимость регенераций *in vitro*, высокие затраты на генотипирование, сложность полигенных признаков, нормативные барьеры в некоторых регионах и неравный доступ к передовым инструментам. Решение этих проблем требует

развития методов редактирования, независимых от культуры тканей, интеграции искусственного интеллекта и создания международных сетей для обмена технологиями.

Закключение: Интеграция различных инновационных подходов в единую селекционную стратегию обеспечивает решение проблем глобальной продовольственной безопасности: технологии культуры ткани производят генетический материал (удвоенные гаплоиды, соматические гибриды), молекулярное маркирование ускоряет его отбор, геномное редактирование позволяет целевые модификации, а геномная селекция оптимизирует комбинирование желаемых признаков. Комбинированное применение этих технологий, в сочетании с традиционными методами селекции, позволит разработать новые сорта и гибриды.

### **Библиографический список**

1. Алижанова, Р. Р., Монахос, Г. Ф. Молекулярные маркеры в селекции лука репчатого [Текст] / Р. Р. Алижанова, Г. Ф. Монахос // Картофель и овощи. — 2019. — № 2. — С. 32-35.
2. Заставнюк, А. Д., Монахос, Г. Ф., Вишнякова, А. В., Миронов, А. А., Монахос, С. Г. Генотипирование устойчивости к киле и оценка комбинационной способности капусты пекинской [Текст] / А. Д. Заставнюк, Г. Ф. Монахос, А. В. Вишнякова, А. А. Миронов, С. Г. Монахос // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. — 2022. — № 5. — С. 77-91.
3. Зубарева, И. А., Головешкина, Е. Н., Виноградова, С. В., Грибова, Т. Н., Монахос, С. Г., Игнатов, А. Н. Создание дигаплоидных линий *brassica napus* L. - доноров устойчивости к вирусу мозаики турнепса [Текст] / И. А. Зубарева, Е. Н. Головешкина, С. В. Виноградова, Т. Н. Грибова, С. Г. Монахос, А. Н. Игнатов // Сельскохозяйственная биология. — 2013. — № 5. — С. 122-125.
4. Григолава, Т. Р., Вишнякова, А. В., Синицына, А. А., Воронина, А. В., Зубко, О. Н., Зудова, О. В., Монахос, С. Г. Методические подходы создания удвоенных гаплоидов сахарной и столовой свёклы (*Beta vulgaris* L.) [Текст] / Т. Р. Григолава, А. В. Вишнякова, А. А. Синицына, А. В. Воронина, О. Н. Зубко, О. В. Зудова, С. Г. Монахос // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2021. — Т. 25. № 3. — С. 276-283.
5. PlantCellTechnology.com. “Five Methods of Micropropagation.” 2024.
6. Wang N, et al. “Genetic Diversity, QTL Mapping, and Marker-Assisted Selection in Plant Breeding,” *Frontiers in Plant Science*, 2021.
7. PlantBreedBio.org. “Prospects of Embryo Rescue in Developing Novel Crop Hybrids.” 2023.
8. Li F, et al. “CRISPR-Cas9 gene editing approaches in plant breeding.” PMC, 2023.
9. Agrisci Group. “Speed breeding to accelerate crop improvement.” 2024.
10. PHYTOWELT. “Somatic Hybridization – Protoplast Fusion.” 2021.

## МЕТОД КРИОКОНСЕРВАЦИИ ЧЕРЕНКОВ И ПЫЛЦЫ СМОРОДИНЫ

**Когай Виктория Вячеславовна**, бакалавр кафедры Декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [vikakogay2003@mail.ru](mailto:vikakogay2003@mail.ru)

**Научный руководитель — Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры Молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Целью данной статьи является обзор современных способов сохранения генетического материала растений, а также изучение метода криоконсервации на примере смородины.

**Ключевые слова:** криоконсервация, жидкий азот, сохранение, генетический материал, смородина.

Нестабильная климатическая, экологическая и экономическая обстановка в мире создает угрозу безвозвратной утраты ценных растительных ресурсов. Одним из инструментов сохранения биологического разнообразия является подход *in situ*, заключающийся в поддержании и охране видов в условиях их исторического произрастания и эволюционного развития. Главное преимущество этого метода — сохранение не просто вида, а его внутривидового генетического разнообразия, а также его взаимодействия с другими видами (опылителями, симбионтами, вредителями), которые формируют естественный отбор. Не менее важную роль в сохранении биоразнообразия играет стратегия *ex situ* — содержание генетических ресурсов растений в специальных хранилищах, созданных человеком. Этот метод особенно необходим для страхования от исчезновения видов растений, сталкивающихся с такими угрозами, как вырубка лесов, пожары, изменение климата, урбанизация [1].

Основными способами сохранения генофонда в селекции растений на 2025 год являются: криоконсервация в жидком азоте, хранение растений *in vitro* (в пробирке), длительное хранение семян в условиях низкой температуры и влажности, поддержание коллекции растений на особо охраняемых природных территориях (дендрологические парки, ботанические сады, заповедники и т.п.), создание хранилищ генетического материала растений в ДНК-банках (банках генов). В данной статье я хочу изучить и сравнить эффективность метода криоконсервации на черенках и пыльце смородины [2].

Метод криоконсервации, основанный на хранении частей растений (меристем, пыльцы, почек) в среде жидкого азота (–196 °С) или его паров (около –184 °С), считается одним из самых перспективных для создания генофонда плодовых культур *ex situ*. Сверхнизкая температура полностью приостанавливает метаболизм, что обеспечивает возможность длительного



сохранения живых образцов без потери их жизнеспособности. Существует два основных метода размещения материалов растения в криогенной камере (специальном устройстве, предназначенном для длительного хранения различных материалов при сверхнизких температурах): прямое погружение в жидкий азот и программируемое охлаждение с контролируемой скоростью.

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) исследовал жизнеспособность черенков чёрной и красной смородины после криоконсервации в полевых условиях. В качестве объекта исследования выступили 23 сорта смородины: 12 — красной и 11 — чёрной. Заготовка черенков проводилась в период с 2017 по 2019 год. Затем в лаборатории ВИР для длительного хранения генетических ресурсов растений черенки были разделены на сегменты длиной 7–8 см с 2–3 почками в сегменте. Контроль жизнеспособности исходного материала проводили путём укоренения черенков в воде. Для каждого сорта 10 черенков (в трех повторностях) содержали в стеклянных контейнерах при  $21 \pm 1$  °C и режиме 16/8 часов (свет/темнота) до появления корней и листьев. Одну часть черенков оставили как контроль для весенней посадки, храня при  $-5$  °C. Основную часть материала высушили при  $-4$  °C до целевой влажности 28–32% для последующего длительного хранения. Высушенные черенки в фольгированных пакетах замораживали по многоступенчатой технологии. Заморозка до температуры  $-30$  °C проводилась со скоростью 0,5 °C в минуту. Черенки выдерживали при температуре  $-30$  °C в течение 30 минут. Затем черенки замораживали до температуры от  $-48$  до  $-50$  °C со скоростью 1 °C в минуту. После этого замороженные образцы помещали в резервуары для криоконсервации для длительного хранения в парах жидкого азота при температуре от  $-183$  до  $-185$  °C в течение шести месяцев. Весной черенки извлекли из резервуаров, разморозили в холодной воде и пересадили в поле, чтобы оценить их жизнеспособность. В то же время в поле были высажены черенки, которые хранились в холодильнике при температуре  $-5$  °C. Жизнеспособность как замороженных, так и охлаждённых черенков в полевых условиях оценивалась путём выращивания 10 черенков в трёх повторностях для каждого сорта. В течение весенне-летнего вегетационного периода проводили мониторинг роста и развития растений, чтобы оценить приживаемость сортов смородины и их восстановление после стресса, вызванного хранением.

По результатам исследований было отмечено, что жизнеспособность черенков смородины, высаженных в поле после хранения в парах жидкого азота, была высокой, а их показатели для красной смородины находились в диапазоне от  $61,2 \pm 1,2$  % до  $72,3 \pm 3,0$  % (в зависимости от сорта), для чёрной смородины — от  $58,9 \pm 1,1$  % до  $73,5 \pm 1,9$  % (в зависимости от сорта). Это превышает минимальные требования к образцам, предназначенным для длительного криогенного хранения [1].

Также существует исследование по изучению репродуктивной способности сортов черной смородины после длительного криоконсервирования пыльцы в жидком азоте. Объектами исследования служили пять сортов черной смородины из генофонда, сохраняемого на научно-производственной базе (НПБ)

«Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР». Сбор пыльцы изучаемых сортов, определение жизнеспособности, способ замораживания в жидком азоте и размораживания проводили по методике, примененной в работе А. В. Павлова с соавторами 2019 г. Процесс начинается с тщательного сбора соцветий смородины в фазе пылящих цветков, когда пыльца достигает своей максимальной зрелости. Затем следует кропотливая подготовка: пыльники аккуратно раскладывают в чашках Петри и подсушивают при комнатной температуре в течение суток, пока они не растрескаются и не высвободят зерна пыльцы. Полученный материал для очистки просеивают через тонкое сито, отделяя чистую пыльцу от растительных остатков. Далее следует самый ответственный этап — предкондиционирование, или просушка. Очищенную пыльцу тонким слоем рассыпают по чашкам Петри и помещают в среду с контролируемой низкой влажностью (10-15%) примерно на 24 часа. За это время влажность пыльцы снижается до критически важных 15-20%, что делает ее устойчивой к разрушительному действию кристаллов льда при последующей заморозке. После достижения нужной кондиции пыльцу фасуют в небольшие герметичные пробирки, которые затем сразу погружают в жидкий азот с температурой  $-196^{\circ}\text{C}$ . Этот метод прямого погружения обеспечивает мгновенную остановку всех биологических процессов. На хранение образцы помещаются в криогенную камеру, где постоянно поддерживается температура в парах азота около  $-180^{\circ}\text{C}$ . Изучение оплодотворяющей способности пыльцы проводили на коллекции черной смородины НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» путем проведения скрещиваний. В качестве опыляемого был использован перспективный сорт селекции ВИР 'Андреевская'. В фазе бутонизации было проведено удаление пыльников из нераспустившихся бутонов с последующим изолированием веток с кастрированными бутонами. Спустя 3-4 дня на рыльца пестиков распустившихся цветков была нанесена подготовленная свежесобранная пыльца (контрольный вариант опыления) и пыльца после 12 месяцев хранения в жидком азоте при  $-196^{\circ}\text{C}$ . Всего было проведено 10 комбинаций скрещивания; по каждой из них было опылено не менее 50–60 цветков. При анализе полученных данных учитывали завязываемость ягод, массу ягоды и количество семян по каждому варианту опыления.

После 12 месяцев хранения пыльцы в условиях сверхнизких температур жизнеспособность в зависимости от образца колебалась от 10,4% (сорт 'Поздняя послевоенная') до 50,4% (сорт 'Kriviai'); среднее ее значение было на 0,9% выше средней исходной жизнеспособности. Завязываемость ягод в контрольном варианте опыления составляла 81,3–94,2%. При опылении пыльцой, хранившейся в жидком азоте в течение года, завязываемость ягод варьировала от 69,2% (сорт 'Кача') до 93,3% (сорт 'Белорусочка'); остальные сорта занимали по этому показателю промежуточное положение, то есть репродуктивная способность пыльцы после криоконсервации была высокой даже при низкой ее жизнеспособности. По массе ягоды у сортов 'Кача', 'Черешнева', 'Kriviai' не наблюдалось различий по обоим вариантам опыления; у сортов 'Белорусочка' и 'Поздняя Послевоенная' величина показателя была меньше контроля на 0,31 и 0,24 г соответственно [3].

Рассмотренные методы демонстрируют сохранение репродуктивной функции смородины, стабильность ее морфологических признаков, возможность практического использования растительного материала после разморозки. Результаты научных работ подтверждают то, что криоконсервация позволяет надежно сохранять генофонд разных сортов смородины через заморозку как черенков, так и пыльцы. Таким образом, криоконсервация является надежным и перспективным методом сохранения генофонда растений, поскольку обеспечивает долгосрочную сохранность генетического материала, защищенного от болезней, климатических изменений и других угроз, существующих в естественной среде.

### **Библиографический список**

1. Жизнеспособность черенков красной (*Ribes rubrum* L.) и чёрной (*Ribes nigrum* L.) смородины в полевых условиях после криоконсервации в парах жидкого азота / Владимир Вержук, Александр Павлов, Любовь Новикова, Галина Филипенко // Электронный журнал «Agriculture». Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/10/476>
2. Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) Министерство науки и высшего образования / Режим доступа: <https://www.vir.nw.ru/vazhnejshie-rezultaty/>
3. Репродуктивная способность сортов черной смородины после криоконсервирования пыльцы в жидком азоте / Тихонова О.А., Радченко Е.А., Павлов А.В. // Научная электронная библиотека e-LIBRARY.RU. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47395090>

## СЕЛЕКЦИЯ ТОМАТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСУ КОРИЧНЕВОЦ МОРЩИНИСТОСТИ ТОМАТА (ToBRFV)

**Король Анастасия Алексеевна**, студентка 4 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [nastya090702@gmail.com](mailto:nastya090702@gmail.com)

**Научный руководитель – Миронов Алексей Александрович**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.mironov@rgau-msha.ru](mailto:a.mironov@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Вирус коричневой морщинистости томата (ToBRFV) — высокоопасный патоген, преодолевающий традиционные гены устойчивости у томата. В статье рассматриваются современные и перспективные направления селекции на устойчивость к ToBRFV. Проанализированы подходы с использованием трансгена N, редактирования генов восприимчивости (CRISPR/Cas9), омических технологий и молекулярной маркировки. Сделан вывод, что создание новых устойчивых сортов является наиболее эффективной долгосрочной стратегией борьбы с вирусом.

**Ключевые слова:** Томат, ToBRFV, селекция, устойчивость, CRISPR/Cas9, молекулярные маркеры.

Тобама вирус - быстро распространяющийся и высококонтагиозный вирус, представляющий особую угрозу для производства томатов во всем мире.

Томат является основным хозяином ToBRFV. Заражая томаты, вирус вызывает такие симптомы, как бурые морщинистые пятна на плодах, крапчатость, мозаику, хлороз и деформацию листьев, а также значительные потери урожая и его качества из-за деформации плодов и неравномерного созревания [1]. Вирус обладает высокой стойкостью, передается механическим путем и через семена, сохраняясь в почве и растительных остатках в течение нескольких месяцев [2].

Мониторинг и борьба с вирусом:

Обнаружение заболевания на ранних стадиях развития имеет решающее значение. ToBRFV можно обнаружить в тканях, на которых ещё не проявилась симптоматика, а наибольшая вирусная нагрузка приходится на молодые листья, плоды и чашелистики. Современные методы анализа на основе CRISPR и ОТ-

ПЦР способствуют быстрому и точному мониторингу эффективному эпиднадзору и борьбе со вспышками заболевания.

Регулярный отбор проб и анализ бессимптомных растений способствует эффективному мониторингу ToBRFV, оперативному выявлению заболевания и предотвращению его распространения. Данный подход помогает защитить урожай за счёт раннего обнаружения вируса и удаления больных растений [3].

Вирус преодолевает устойчивость к другим видам тобамавирусов, обеспечиваемую традиционными генами Tm, что делает борьбу с ним особенно сложной. На данный момент коммерческих сортов томата устойчивых к ToBRFV, не существует а агротехнические меры борьбы не приносят желаемого результата и не могут полноценно защитить растения. Потенциалом обладает создание аттенуированных штаммов вируса для иммунизации растений, это может стать быстрым подходом к защите томатов от вируса. В долгосрочной же перспективе необходимо разрабатывать новые генетически устойчивые к вирусу сорта, это будет наиболее эффективная стратегия противостояния патогену [4].

Современные направления селекции:

Большинство коммерческих сортов томатов восприимчивы к ToBRFV. Однако появляются новые стратегии устойчивости:

- Трансгенные линии, экспрессирующие ген N из *Nicotiana glutinosa*(табак), проявляют устойчивость. Однако, данный ген кодирует белок, обладающий температурной зависимостью, и он перестаёт работать при температуре выше 30°C. Будущие исследования могут быть направлены на то, чтобы "улучшить" ген N с помощью генной инженерии, чтобы более высокие температуры не влияли на работоспособность синтезируемого белка [5].

- Усилия по селекции направлены на выявление и модификацию генов восприимчивости (S-гены) - если у растения такой белок отсутствует или не работает, вирус не может завершить свой жизненный цикл. Однако, гены восприимчивости выполняют ряд важных для растения функций, и их изменение может повлечь за собой нежелательные процессы в самом растении Например, задержку роста и снижение урожайности. Потому одна из главных задач селекции — поиск вариаций S-генов, обеспечивающих устойчивость к патогену, но не оказывающих негативного влияния на рост растений Этого можно добиться с помощью:

- Поиска необходимых вариаций генов в диких родственниках томата
- Технологии генного редактирования CRISPR/Cas9

- Омические подходы позволили идентифицировать ключевые гены и элементарные профили, связанные с устойчивостью, предлагая цели для будущей селекции: учёные выяснили, что устойчивость томатов к вирусу ToBRFV связана с повышенным содержанием железа и никеля в листьях,

которое, в свою очередь завязано на работе определённых генов. Эти знания можно использовать для выведения более устойчивых сортов [6].

Данные подходы в совокупности позволят в будущем создать устойчивые, высокопродуктивные коммерческие сорта томатов, и это является наиболее эффективной стратегией борьбы с ToBRFV в долгосрочной перспективе [7].

В 2021 году турецкими учеными была опубликована статья о наличии в геноме томата нескольких генов устойчивости (табл.1). Помимо этого, авторы предлагают набор молекулярных маркеров, позволяющих проводить отбор по наличию/отсутствию ПЦР продукта [8].

Таблица 1. Гену устойчивости и их праймеры на основе сиквенсов

Ген	Праймер	Последовательность	Аллель	Источник
<i>Tm-1</i>	SCN20F SCN20R	GGTGCTCCGTCGATGCAAAAGTGCA GGTGCTCCGTAGACATAAAATCTA	1400 R	Ohmori et al., 1996
<i>Tm-22</i>	Outer primer TM2-748F Outer primer TM2-1256R TM2- SNP901misR TM2- SNP901misF	CGGTCTGGGGAAAACAACCTCT CTAGCGGTATACCTCCACATCTCC GCAGGTTGTCCTCCAAATTTCCATC CAAATTGGACTGACGGAACAGAAAGTT	179 R/382 S/509 other	Lanfermeijer et al., 2003

### Библиографический список

1. Zhang, S., Griffiths, J., Marchand, G., Bernards, M., & Wang, A. (2022). Tomato brown rugose fruit virus: An emerging and rapidly spreading plant RNA virus that threatens tomato production worldwide. *Molecular Plant Pathology*, 23, 1262 - 1277. <https://doi.org/10.1111/mpp.13229>.
2. Salem, N., Jewehan, A., Aranda, M., & Fox, A. (2023). Tomato Brown Rugose Fruit Virus Pandemic.. *Annual review of phytopathology*. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021622-120703>.
3. Zhao, X., Xu, Y., Xu, X., Zhou, H., Shi, J., Yang, C., Zhou, X., & Yang, X. (2025). Comprehensive Sampling and Detection Strategies for the Field Surveillance of Tomato Brown Rugose Fruit Virus. *Agronomy*. <https://doi.org/10.3390/agronomy15020318>.
4. Besati, M., Safarnejad, M., Aliahmadi, A., Farzaneh, M., Ruiz, R., Montagud-Martínez, R., Rodrigo, G., & Rafati, H. (2025). Detection of tomato brown rugose fruit virus through CRISPR-Cas12a and CRISPR-Cas9 systems. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-11825-x>.
5. Zhou, J., Gilliard, A., Tung, J., Dinesh-Kumar, S., Whitham, S., Baker, B., & Ling, K. (2025). The N gene protects tomato plants from tomato brown rugose fruit virus infection.. *Plant biotechnology journal*. <https://doi.org/10.1111/pbi.70237>.
6. Thakare, A., Della Lucia, M., Mulagala, C., Bertoldo, G., Cagnin, M., & Stevanato, P. (2024). Omics based approaches to decipher the leaf ionome and transcriptome changes in *Solanum lycopersicum* L. upon Tomato Brown Rugose Fruit

Virus (ToBRFV) infection. *PLOS ONE*, 19.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313335>.

7. Thakare, A., Della Lucia, M., Mulagala, C., Bertoldo, G., Cagnin, M., & Stevanato, P. (2024). Omics based approaches to decipher the leaf ionome and transcriptome changes in *Solanum lycopersicum* L. upon Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) infection. *PLOS ONE*, 19.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0313335>.

8. Kabas A, Fidan H, Kucukaydin H, Atan HN. Screening of wild tomato species and interspecific hybrids for resistance/tolerance to Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV). *Chil J Agricultural Res.* 2022;82(1):189–96. 10.4067/S0718-58392022000100189.

ОЦЕНКА РЕМОНТАНТНЫХ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA ANANASSA* DUCH.) ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

**Кошкин Даниил Андреевич**, студент 1 курса Института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, [DaniilDaniilov868@gmail.com](mailto:DaniilDaniilov868@gmail.com)

**Никитин Михаил Алексеевич**, ассистент кафедры молекулярной селекции, биотехнологии и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto:m.nikitin@rgau-msha.ru)

**Научный руководитель - Миронов Алексей Александрович**, к. с.-х. н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, [a.mironov@rgau-msha.ru](mailto:a.mironov@rgau-msha.ru)

**Научный руководитель - Марченко Людмила Александровна**, к. с.-х. н., доцент кафедры плодководства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, [l.marchenko@rgau-msha.ru](mailto:l.marchenko@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** в статье проведён сравнительный анализ ремонтантных сортов земляники садовой по основным характеристикам. Цель работы – выделить наиболее перспективные ремонтантные сорта для селекции. В сравнение были взяты сорта из Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ, а также описание зарубежных ремонтантных сортов из литературных источников.

**Ключевые слова:** земляника садовая, ремонтантность, селекция, морозостойкость.

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) является спонтанным гибридом между видами земляники чилийской (*Fragaria chiloensis* Ehrh.) и земляники виргинской (*Fragaria virginiana* Duch.). В настоящее время земляника садовая занимает лидирующие позиции на мировом рынке среди ягодных культур. По статистике FAOSTAT на 2023 год, урожайность земляники садовой составляет 24,1 т/га, валовый сбор – 10,5 млн. тонн [2]. Десятка стран-лидеров по производству земляники садовой приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Лидирующие страны-производители земляники садовой	
Страна	Производство (тонн)
Китай	4 216 717
США	1 250 100
Египет	731 144
Турция	676 818
Мексика	641 552
Испания	329 280
Российская Федерация	261 168
Польша	194 500



Земляника садовая обладает высокой питательной ценностью, десертным вкусом, богатым биохимическим составом: сахара - до 10%, органические кислоты - 1,3%, витамин С - 120 мг%, Р-активные вещества - 750 мг%, витамин В9 - 5 мг% [9].

Россия входит в рейтинг 10 ведущих стран-производителей земляники садовой, занимая седьмое место, и имеет значительный ресурсный потенциал для увеличения объёмов производства культуры. Одним из решений может стать широкое использование ремонтантных сортов земляники садовой в промышленном производстве.

Ремонтантность - это способность к неоднократному плодоношению в течении всего вегетационного периода. Существующие ремонтантные сорта чаще всего рекомендуются для любительского садоводства. Вместе с тем, мировой опыт свидетельствует о возможности повышения урожайности при использовании ремонтантных сортов [4].

Объектами изучения стали сорта, включённые в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории РФ и сорта зарубежной селекции.

Альбион - американский сорт земляники садовой, который при надлежащем уходе в засушливом субтропическом климате даёт плоды несколько раз за вегетационный сезон [3]. Альбион является ремонтантным сортом. Цветки обоеполые. Ягоды длинной конической формы, ярко-красного оттенка. Вкус сладкий. Дегустационная оценка - 4,0 баллов [8]. Средняя урожайность сорта - 151 ц/га [5]. Обладает низкой морозостойкостью для многих Российских регионов. Подвержен мучнистой росе и плодovому антракнозу [1].

Елизавета 2 - российский ремонтантный сорт. Листья средние, с зубчиками. Цветки обоеполые. Ягоды крупные, овальной формы, красного цвета. Дегустационная оценка - 4,7 баллов. Средняя урожайность - 350 ц/га. Зимостойкость средняя. Незначительно подвержен болезням и вредителям [6].

Крымская ремонтантная - российский ремонтантный сорт. Пряморослый куст. Листья средние, голые. Цветки обоеполые. Цветоносы расположены ниже листьев. Ягоды широко-тупоконической формы, красного цвета. Масса ягод от 6,5 до 30 гр. Вкус сладкий. Дегустационная оценка - 4,1 баллов. Средняя урожайность - 108 ц/га. Сорт является зимостойким и засухоустойчивым. Стандартная устойчивость к вредителям и болезням [6].

Белоснежка - российский ремонтантный сорт. Куст сильнорослый, Листья средние. Цветки обоеполые, мелкие. Ягоды конической формы, беловато-жёлтые. Масса ягоды от 1,5 гр. до 2,1 гр. Дегустационная оценка ягод - 4,6 баллов. Средняя урожайность - 110 ц/га. Зимостойкость высокая. Слабо подвержен заболеваниям и вредителям [6].

Сравнение характеристики данных сортов земляники садовой приведены в таблице 2.

*Таблица 2.*

### Сравнение характеристики сортов земляники садовой

Название	Морозо- устойчивость	Урожай- ность, (ц/га)	Устойчивость к болезням	Дегустационн ая. оценка (балл)
Альбион	Низкая	151	Умеренно подвержен мучнистой росе, плодовому антракнозу	4,0
Елизавета 2	Средняя	350	Слабо подвержен	4,7
Крымская ремонтантная	Высокая	108	Стандартно устойчив	4,1
Белоснежка	Высокая	110	Слабо подвержен	4,6

Используя данные таблицы 2, можно отметить явное превосходство сорта Елизавета 2 по урожайности, устойчивости к болезням, достаточно высокой дегустационной оценке. Недостатком данного сорта является средняя морозоустойчивость.

Признак ремонтантности земляники садовой очень перспективен, так как позволяет продлить сезон получения свежей продукции. Однако, вторая волна плодоношения ремонтантных сортов земляники приходится на период наступления первых заморозков во многих регионах России.

В центральных и северных областях Российской Федерации температура воздуха может достигать от -15 до -23°C без снежного покрова, что приводит к подмерзанию надземной части растений земляники и корневой системы. В конце зимы и весной при частых оттепелях снег начинает таять и образуется ледяная корка, наносящая вред растениям земляники [7]. От таких повреждений страдают растения любых сортов земляники садовой. Однако, ремонтантные сорта, плодоносящие до наступления заморозков, повреждаются в большей степени, так как не успевают перейти в стадию покоя. Решением проблемы может стать селекция. Внутривидовая гибридизация ремонтантных сортов и морозоустойчивых сортов с целью совмещения этих двух признаков. Так же в данном вопросе может помочь эпигенетика и использование культивационных сооружений с благоприятными условиями для выращивания культуры.

Сведения из отечественных и зарубежных литературных источников, свидетельствуют о наличии высокоурожайных ремонтантных сортов земляники садовой, характеризующихся хорошей адаптивностью к неблагоприятным условиям: Самсон, Петсон, Московский Деликатес, Елизавета 2, Остара, Ремонтантная розовая, Принцесса Диана, Нагооко, Ирма, Маэстро, Осенняя забава [10].

Вывод: Современные сорта земляники садовой: Елизавета 2, Самсон, Петсон, Московский Деликатес, Елизавета 2, Остара, Ремонтантная розовая,

Принцесса Диана, Нагооко, Ирма, Маэстро, Осенняя забава сочетают хозяйственно-полезные признаки с ремонтантностью и могут использоваться в качестве родительских исходных форм для внутривидовой гибридизации земляники садовой с целью выведения новых сортов с лучшими характеристиками, сохраняя признак ремонтантности.

### **Библиографический список:**

1. BURHANETTİN İMRAK, AYŞEGÜL ESRA GÖLCÜ, SONGÜL ÇÖMLEKÇIOĞLU, MEHMET RAMAZAN BOZHÜYÜK, JIRI MLCEK Quality characteristics of the cv. Albion strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) in different locations / BURHANETTİN İMRAK, AYŞEGÜL ESRA GÖLCÜ, SONGÜL ÇÖMLEKÇIOĞLU, MEHMET RAMAZAN BOZHÜYÜK, JIRI MLCEK // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. - 2024. - №5. - С. 718-730.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. T.1. Crops and livestock products [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
3. STRAWBERRY PLANT NAMED ALBION // USPTO URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/61/ce/e7/aca66ac422372b/USPP16228.pdf>
4. Андропова Н.В. Оценка ремонтантных и нейтральнодневных сортов земляники по продуктивности в условиях Брянской области / Андропова Н.В. // Вестник КрасГАУ. - 2022. - №2. - С. 79-84.
5. Арифова З. ИЮ., Смыков А.В. Взаимосвязь химического состава и вкусовых качеств ягод земляники / Арифова З. ИЮ., Смыков А.В // Бюллетень ГНБС. - 2021. - №140. - С. 52-59.
6. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений [Электронный ресурс]. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/>
7. Зубкова М.И, Ожерельева З.Е Некоторые аспекты зимостойкости земляники садовой / Зубкова М.И, Ожерельева З.Е // Современное садоводство. - 2019. - №1. - С. 60-74.
8. Киселева О.А., Бахтина В.В., Говоруха Е.А. Сравнительная характеристика трёх сортов земляники садовой при возделывании в условиях гидропонной культуры / Киселева О.А., Бахтина В.В., Говоруха Е.А. // Современное садоводство. — 20204. — № 2. — С. 24-33.
9. Марченко Л.А. Земляника садовая: оценка отечественного сортимента и направления селекции / Марченко Л.А. // Аграрный вестник Урала. — 2020. — № 12 (203). — С. 50-60.
10. Сандалова, М. В. Зимостойкость ремонтантных сортов земляники садовой в условиях северо-востока Беларуси / М. В. Сандалова, Р. М. Пугачев // Вестник БГСХА : науч.-метод. журн. - 2019. - №3. - С. 99-103.

ИНТРОДУКЦИЯ *VACCINIUM PRAESTANS* В УСЛОВИЯХ  
КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА И ЕЁ ПЕРСПЕКТИВ В СЕЛЕКЦИИ

**Кранц Виктория Альбертовна**, студентка 3-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, [vick.fyodorowa2016@yandex.ru](mailto:vick.fyodorowa2016@yandex.ru)

**Жукарина Екатерина Александровна**, студентка 3-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, [ekaterinazhukarina@yandex.ru](mailto:ekaterinazhukarina@yandex.ru)

**Научный руководитель – Никитин Михаил Алексеевич**, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto:m.nikitin@rgau-msha.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены проблемы и перспективы интродукции красники превосходной (*Vaccinium praestans* Lamb.) в условиях континентального климата. Проанализированы традиционные и биотехнологические методы размножения данного вида, показана эффективность клонального микроразмножения для получения оздоровленного посадочного материала и сохранения генофонда. Приведены данные по сравнительной урожайности в естественных условиях и в культуре. Особое внимание уделено биохимическому потенциалу ягод и их значению для пищевой, лекарственной и декоративной отраслей. На основе сравнительного климатического анализа сделан вывод о принципиальной возможности акклиматизации *V. praestans* в центральных регионах России.

**Ключевые слова:** *Vaccinium praestans*, красника, интродукция, клональное микроразмножение, селекция, континентальный климат, биохимический состав.

Красника превосходная (*Vaccinium praestans* Lamb.) – малораспространенный ягодный кустарничек семейства Вересковые, эндемик Дальнего Востока России. Ценность вида обусловлена высокими вкусовыми и лекарственными свойствами плодов, богатых биоактивными соединениями (антоцианами, флавоноидами, аскорбиновой кислотой), а также декоративностью [1, 3]. Ограниченный ареал, сокращение естественных популяций вследствие антропогенного пресса и труднодоступность посадочного материала делают актуальной задачу её интродукции и введения в культуру в других регионах, в том числе с континентальным климатом.

Работа основана на анализе научной литературы по интродукции и биотехнологии лесных ягодных растений. Для сравнительной климатологической характеристики использованы данные Гидрометцентра России за период 2019–2023 гг. по г. Южно-Сахалинск (естественный ареал) и г. Москва (регион интродукции).

**Полевые исследования** были направлены на оценку продуктивности красники в новых условиях. Объектами изучения служили как природные формы, отобранные в различных точках Дальнего Востока (Сахалинская, Итурупская, Хабаровская), так и перспективные гибриды – кандидаты в сорта (клоны 129634 и 235261). Растения культивировались на опытном участке в Костромской области, где проводился мониторинг их морфологических признаков и урожайности.

**Лабораторные исследования** были сфокусированы на разработке метода клонального микроразмножения. Работы проводились в лаборатории ВНИИЛМ. В качестве исходного материала (эксплантов) использовались меристематические ткани двух природных форм: сахалинской (г. Корсаков) и курильской (о. Итуруп). Культивирование осуществлялось на питательных средах WPM и его модификациях. Для индукции побегообразования применяли цитокинин 6-БАП, а для стимуляции ризогенеза – ауксин ИМК.

В природе размножение красники происходит вегетативно и, реже, семенным путем [2, 5]. Однако для масштабной интродукции эти методы недостаточно эффективны. Опыт интродукции в европейской части России показал перспективность вида, но выявил необходимость в качественном посадочном материале.

Оптимальным методом признано клональное микроразмножение *in vitro*. Этот подход позволяет круглогодично получать большое количество генетически однородного, оздоровленного от патогенов материала. Ключевой задачей на данном этапе является оптимизация этапа акклиматизации растений-регенерантов к нестерильным условиям (*ex vitro*), который остается наиболее сложным и критическим.

Создание *in vitro* банка генотипов *V. praestans* является стратегическим направлением для сохранения генетического разнообразия хозяйственно-ценных форм и serves основой для дальнейшей селекционной работы.

Культурное возделывание красники демонстрирует значительное превосходство в урожайности над природными популяциями. Если в естественных условиях урожайность в благоприятные годы составляет около 90 г/м<sup>2</sup>, то в культуре этот показатель возрастает в 2–4 раза [3]. Это открывает перспективы для промышленного выращивания высокоурожайных гибридных форм как ценного пищевого, лекарственного и декоративного растения.

Плоды красники являются объектом пристального внимания нутрициологии и фармакологии. Дикорастущие формы представляют интерес как источники биологически активных веществ для профилактики возраст-ассоциированных заболеваний [4]. Однако до сих пор недостаточно изучены вопросы хранения замороженных плодов, динамики изменения их биохимического состава и влияния технологической переработки на качество конечного продукта. Получение таких данных – необходимое условие для разработки технологий переработки и хранения ягод.

Селекционная работа с *V. praestans* должна быть направлена на создание сортов, сочетающих высокую урожайность, устойчивость к болезням и

стрессовым факторам континентального климата, а также стабильно высокое содержание целевых биоактивных соединений.

Успех интродукции во многом зависит от адаптации растения к новым климатическим условиям. Для оценки потенциальных рисков был проведен сравнительный анализ среднемесячных температур двух регионов.

Таблица 1

**Сравнительные данные среднемесячных температур (°C) за период 2019–2023 гг.**

Месяц	Южно-Сахалинск (естественный ареал)	Москва (регион интродукции)	Разница (Москва - Сахалин)
Январь	-10.8 °C	-6.0 °C	+4.8 °C
Февраль	-9.5 °C	-5.2 °C	+4.3 °C
Март	-3.2 °C	-0.8 °C	+2.4 °C
Апрель	+2.9 °C	+7.5 °C	+4.6 °C
Май	+8.1 °C	+15.2 °C	+7.1 °C
Июнь	+12.5 °C	+19.0 °C	+6.5 °C
Июль	+16.8 °C	+21.2 °C	+4.4 °C
Август	+18.2 °C	+19.5 °C	+1.3 °C
Сентябрь	+14.1 °C	+13.5 °C	-0.6 °C
Октябрь	+7.3 °C	+7.0 °C	-0.3 °C
Ноябрь	-0.5 °C	+1.2 °C	+1.7 °C
Декабрь	-8.1 °C	-3.8 °C	+4.3 °C
Среднегодовая	<b>+4.1 °C</b>	<b>+7.3 °C</b>	<b>+3.2 °C</b>
Абс. мин.	~ -30 °C	~ -25 °C	-
Абс. макс.	~ +32 °C	~ +35 °C	-

*Данные усреднены на основе информации Гидрометцентра России.*

1. **Зимний период (Декабрь-Февраль):** Зимы в Москве значительно мягче, со средними температурами выше на 4-5°C. Это является благоприятным фактором, так как снижает риски вымерзания.

2. **Весенний период (Март-Май):** наблюдается ключевое различие. Весна в Москве наступает гораздо раньше и прогревается стремительнее. Наиболее существенный разрыв наблюдается в мае (+7.1°C), что может приводить к более раннему началу вегетации у красники в условиях Подмоскovie.

3. **Летний период (Июнь-Август):** Лето в Москве теплее, особенно в первой половине. Однако разница в июле и августе не столь критична. Пиковые летние температуры в Москве могут быть выше, что, как отмечено в статье, является потенциальным стрессовым фактором, требующим отбора устойчивых генотипов или создания полутени.

4. **Осенний период (Сентябрь-Ноябрь):** Осень в обоих регионах протекает очень схоже, с практически идентичными средними температурами. Это благоприятно для подготовки растения к зимнему покою.

Анализ показывает, что, несмотря на более мягкую зиму на Сахалине, обусловленную муссонным климатом, годовая амплитуда температур в Москве и Южно-Сахалинске сопоставима. Основным лимитирующим фактором для красники в условиях континентального климата может быть не столько зимняя температура (которая в Москве в среднем выше, чем в континентальных районах Сахалина), сколько летняя жара. Однако умеренно-теплое московское лето (средняя температура июля  $+18,5...+21,0^{\circ}\text{C}$ ) находится в пределах потенциальной толерантности вида, что подтверждается успешным опытом интродукции в Подмоскowie.

Интродукция *Vaccinium praestans* в условиях континентального климата является перспективным направлением. Клональное микроразмножение *in vitro* – наиболее эффективный метод для быстрого получения качественного посадочного материала и сохранения генофонда. Высокая урожайность в культуре и уникальный биохимический состав ягод определяют хозяйственную ценность этого вида для селекции. Сравнительный климатический анализ не выявил непреодолимых препятствий для акклиматизации красники в центральной России, однако требуются дальнейшие исследования по селекции на устойчивость к летним температурам и отработке технологии акклиматизации микрорастений *ex vitro*.

### Библиографический список

1. Саликова А. А., Плаксен Н. В., Устинова Л. В., Маняхин А. Ю., Степачева О. М., Васильева Е. А. Идентификация, скрининг и экспериментальная апробация биологической активности экстракта плодов *Vaccinium praestans* Lamb. // Исследования и практика в медицине. – 2025. – Т. 12, № 3. – С. 31-41. <https://doi.org/10.17709/2410-1893-2025-12-3-3>
2. Чудецкий А. И., Родин С. А., Феклистов П. А., Кузнецова И. Б., Зарубина Л. В. Органогенез красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) при клональном микроразмножении // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 1. – С. 62–73. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.04
3. Макаров С. С., Родин С. А., Чудецкий А. И., Черятова Ю. С. Биохимический состав плодов *Vaccinium praestans* Lamb. в зависимости от продолжительности хранения при заморозке // Лесохозяйственная информация. – 2025. – № 1. – С. 49–61. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2025.1.05
4. Саликова А. А., Плаксен Н. В., Зайцева Е. А., Устинова Л. В., Степанов С. В. Экспериментальное исследование влияния плодов *Vaccinium praestans* L. на микроорганизмы // Дальневосточный медицинский журнал. – 2024. – № 3. – С. 48-52. <http://dx.doi.org/10.35177/1994-5191-2024-3-8>
5. Чудецкий А. И., Кузнецова И. Б., Макаров С. С., Куликова Е. И. Влияние освещения на органогенез красники (*Vaccinium praestans* Lamb.) при клональном микроразмножении // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – С. 92–95. doi: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-92-95

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ И ВЛИЯНИЕ СТЕРИЛИЗАТОРОВ НА  
ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ЛИМОНА СОРТА 'PONDEROSA'

*Ластовенко Дмитрий Михайлович*, бакалавр кафедры биотехнологии  
института агробиотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
d.lastovenko@mail.ru

*Чередниченко Михаил Юрьевич*, к.б.н., доцент, доцент кафедры  
биотехнологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,  
cherednichenko@rgau-msha.ru

**Аннотация:** Данная статья посвящена экспериментальному  
исследованию стерилизующих агентов с целью нахождения среди них  
оптимального для дезинфицирующей обработки семян растения лимона сорта  
'Пандероза' ('Citrus Limon Ponderosa') и его последующей посадки в условиях *in vitro*.

**Ключевые слова:** стерилизация, семена лимона, 'Citrus Limon Ponderosa',  
*in vitro*, нитрат серебра, введение культуры, всхожесть

**Введение**

Селекция лимонов в России, как и во всем мире, стоит перед  
необходимостью преодоления биологических ограничений, присущих  
цитрусовым, таких как длительный ювенильный период, апомиксис и высокая  
гетерозиготность. Так как Черноморское побережье России считается зоной  
рискованного цитрусоводства из-за периодически повторяющихся холодных  
зим, которые угрожают промышленным посадкам, становится актуальным  
применение современных биотехнологических методов. Культивирование  
растений *in vitro* в состоянии замедленного роста имеет ряд преимуществ:  
надёжное сохранение ценных генотипов, экономия площадей и трудовых  
ресурсов, а также безопасный обмен гермоплазмой с другими коллекциями [3].

На основе материалов исследований, проведенных в ЦБС НАН Беларуси,  
наиболее предпочтительными сортами лимона для культивирования в условиях  
оранжереи являются сорта: 'Мейера', 'Пандероза', 'Эврика'. Они обладают  
высокой декоративностью, хорошей продуктивностью, не требуют больших  
площадей для роста [1].

'Citrus Limon Ponderosa' – гибридный сорт лимона естественного  
происхождения, который был получен в результате скрещивания лимона,  
цитрона и грейпфрута. Позднее этот сорт стал родоначальником новых сортов:  
'Скерневицкий', 'Юбилейный'. Представляет собой листопадное деревце 1–1,5  
м с раскидистой кроной, укороченными толстыми побегами и  
немногочисленными колючками на стволе. Листья очень крупные,  
широкоовальные, черешки с небольшими крыльями. Цветки одиночные или  
собраны в небольшие соцветия, крупные (4,5 6,5 см в диаметре). Плод может  
достигать крупных размеров, весом до 2 кг. Плодоношение и цветение



происходит в течение всего года. Плоды ‘Citrus Limon Ponderosa’ содержат большое количество клетчатки, антиоксидантов, кальция, железа и витаминов. Многие из витаминов обладают противовоспалительными свойствами и используются при болезни Крона, диабете и сердечных заболеваниях [4].

### **Объекты и методы исследования**

Исследование проводилось в биотехнологической лаборатории на кафедре Биотехнологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. В качестве объекта исследования были взяты семена лимона сорта ‘Пандероза’ (Citrus Limon Ponderosa) в количестве 45 штук, с которых, в последующем, были сняты обе семенные оболочки. В качестве питательной среды была взята среда Мурасиге и Скуга (MS) с 5,9 рН перед автоклавированием с добавлением БАП 0,1 мг/л + НУК 0,5 мг/л, сахарозы 25,0 г/л, агара 9,0 г/л [2].

Для работы также были подготовлены 45 пробирок, банки с водой для удаления с поверхности семян остатков стерилизующих агентов, используемых в ходе эксперимента. Питательную среду и лабораторную посуду подвергали автоклавированию при температуре 120°C и давлении 1,1 атм. в течение 25 мин.

В качестве стерилизующих веществ были выбраны: лизоформин в концентрации 5%, 10%-ный гипохлорит натрия, нитрат серебра в концентрации 0,2%. Время стерилизации для семян лимона было подобрано следующим образом:

- лизоформин (5%) - 10 мин.
- гипохлорит натрия (10%) - 10 мин.
- нитрат серебра (0,2%) - 10 мин.

По истечении времени стерилизации семена промывали дважды (первый раз 10 мин., второй – 5 мин.) дистиллированной водой в условиях ламинар бокса.

### **Результаты исследований**

В ходе работы были произведены подсчёты и всхожести исследуемых семян для качественного определения эффективности каждого вида стерилизатора, его оптимальной концентрации и времени воздействия. Все данные были занесены в сводную таблицу для лучшей визуализации полученных результатов (таблица 1).

*Таблица 1*

### **Результаты влияния стерилизаторов на выживаемость и прорастание семян лимона сорта ‘Пандероза’**

Стерилизатор	Концентрация стерилизатора (%)	Время стерилизации (мин.)	Дата начала эксперимента	Дата окончания эксперимента	Выживаемость эксплантов (%)	Процент прорастания семян (%)
Лизоформин	5	10	29.05.2025	19.06.2025	100	100
NaClO	10	10	30.05.2025	19.06.2025	93,33	93,33
AgNO3	0,2	10	02.06.2025	19.06.2025	100	100

Экспериментальные данные показали, что обработка семян раствором Лизоформина (5%) привела к существенному замедлению процессов прорастания и начального роста. Аналогичный эффект наблюдался при использовании  $\text{AgNO}_3$  (0,2%), что свидетельствует о его ингибирующем действии на клеточное деление и метаболизм в зародыше.

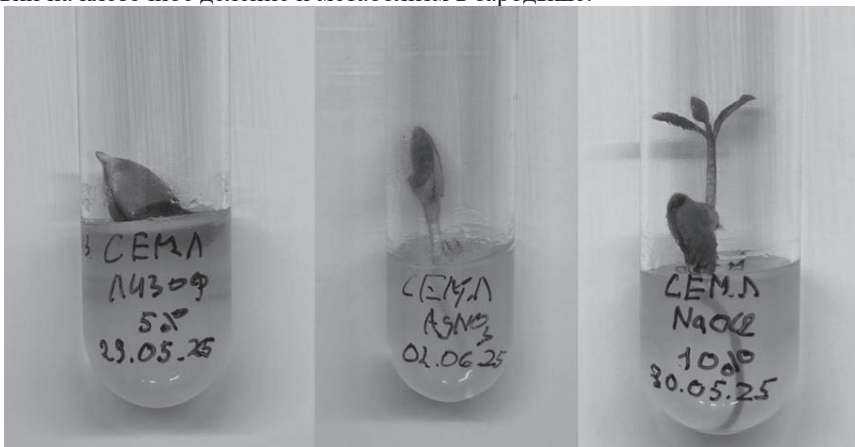


Рисунок 1 – Фотография проростков по окончании эксперимента, слева направо лизоформин, нитрат серебра, гипохлорит натрия

Вероятно, замедление ростовых процессов, связано с высокой токсичностью данных соединений или их негативным влиянием на ферментативную активность семян. Иной результат был зафиксирован в группе, обработанной  $\text{NaClO}$  (10%). В этой группе наблюдалась повышенная ростовая активность, что проявилось интенсивном развитии корневой и побеговой системы.

### Выводы

Целью проведённой работы являлся подбор оптимальных условий стерилизации путем сравнения режимов стерилизации, а также оценка всхожести семян. Были определены эффективные способы обработки семян лимона сорта ‘Пандероза’ (*Citrus Limon Ponderosa*) позволившие получить до 93,33-100,0% свободных от поверхностной микрофлоры образцов. По полученным в результате данным установлено, что лучшими свойствами из исследуемых стерилизаторов обладает нитрат серебра  $\text{NaClO}$  в концентрации 10% в течении 10 мин, поскольку при нем наблюдался наилучший рост корневой и побеговой части растения.

### Библиографический список

1. Григорцевич, Л.Н. Агротехнические особенности выращивания цитрусовых культур в оранжерейных условиях / Л.Н. Григорцевич, М.А. Сурма, А.И. Алехна, А.Д. Телеш // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2015. №1 (174).

2. Самарина, Л. С. Биотехнология цитрусовых культур: достижения и перспективы / Л. С. Самарина, Т. М. Коломиец, В. М. Горшков // Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. — 2023. — № 105(90). — С. 1–13.
3. Самарина, Л. С. Оптимизация приемов микроразмножения и сохранения лимона *in vitro*: специальность 03.01.06 "Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Самарина Лидия Сергеевна. – Москва, 2013. – 23 с. – EDN ZOVAJF.
4. Торутанов, П. С. Получение каллусных культур лимона сорта Пандероза (*Citrus limon Ponderosa*) при культивировании на питательных средах с различной концентрацией фитогормонов / П. С. Торутанов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – DOI: [10.31483/r-112052](https://doi.org/10.31483/r-112052).

## СОВРЕМЕННЫЕ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ ДЛЯ ВИНОГРАДА (*Vitis vinifera* L.): ОБЗОР НОВЫХ ПОДХОДОВ

*Малахова Мария Юрьевна, студентка 4-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: mashunyalive@yandex.ru*

*Научный руководитель - Раджабов Агамагомед Курбанович, профессор кафедры плодководства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

**Аннотация:** Проанализированы современные биотехнологические подходы к сохранению сортов винограда. Рассмотрены методы клонального микроразмножения, криоконсервации и криотерапии, а также оценки соматоклональной изменчивости с использованием RAPD-маркеров. Показана эффективность капельной витрификации (до 72% регенерации) и криотерапии для элиминации вирусов. Высокий уровень полиморфизма (74,5%) у соматоклонов подтверждает перспективность их использования в селекционных программах.

**Ключевые слова:** *Vitis vinifera* L., клональное микроразмножение, криоконсервация, криотерапия, соматоклональная изменчивость, RAPD-маркеры

Современное виноградарство сталкивается с комплексом вызовов, включая изменение климатических условий, распространение заболеваний и необходимость сохранения генетических ресурсов. Биотехнологические методы представляют перспективный инструмент для решения этих задач. В последние годы достигнут значительный прогресс в области клонального микроразмножения, криоконсервации и молекулярно-генетического анализа. Разработка эффективных протоколов микроразмножения позволяет получать здоровый посадочный материал, методы криоконсервации обеспечивают долгосрочное сохранение генетических ресурсов, а криотерапия - эффективное оздоровление от патогенов. Изучение соматоклональной изменчивости с применением молекулярных маркеров открывает новые возможности для селекционной работы. Целью настоящего обзора является анализ современных биотехнологических стратегий для сохранения и улучшения генофонда винограда.

### 1. Современные протоколы микроразмножения и оздоровления

За последние пять лет достигнут значительный прогресс в оптимизации питательных сред для трудноукореняемых сортов. Исследования, проведенные на аналогичных автохтонных сортах, демонстрируют эффективность использования агаризованные питательные среды MS, а особенно их модификации с содержанием 1,0 мг/л 6-БАП при первой посадке; сочетание 1,0 мг/л 6-БАП с 1,0 мг/л ГКЗ при пересадке; 0,5 мг/л ИУК при второй пересадке [1,2].

### 2. Передовые методы криоконсервации и криотерапии

Современные методы, в первую очередь капельная витрификация, позволяют достичь уровня регенерации побегов после заморозки (в жидком азоте, -196°С) до 43–72% для различных видов и сортов винограда. Это соответствует стандартам для долгосрочного сохранения генофонда в криобанках. Криоконсервация обеспечивает масштабируемое и безопасное резервное копирование коллекций, защищая их от болезней и природных катастроф.

Метод криотерапии позволяет эффективно (до 100%) очищать растения от таких вирусов, как GVA, GFLV и GLRaV (возбудители скручивания листьев), используя при этом более крупные меристемы (1-2 мм), что проще технически, чем работа с крошечными (0.1-0.5 мм) меристемами в традиционных методах [3].

3. Соматоклональная изменчивость с использованием молекулярных маркеров

Проведено микроклональное размножение пяти сортов винограда (*Vitis vinifera* L.) – Фетяска албэ, Каберне Совиньон, Мерло, Рислинг итальянский и Траминер розовый, с использованием пазушных побегов в качестве эксплантов от растений, выращенных в полевых условиях. Инициация и пролиферация побегов проводились на среде Мурасиге и Скуга (MS) с добавлением 0.5 мг/л НУК и различных концентраций БАП (0.5, 1.0 и 2.5 мг/л). Пролиферировавшие побеги с варианта V3 (2.5 мг/л БАП) использовали для индукции каллуса. Морфогенный каллус, полученный на среде V5 (1.0 мг/л БАП + 10 мг/л НУК), субкультивировали на среду MS с 0.5 мг/л НУК и тидиазуроном (ТДЗ) в концентрациях 0.5, 1.0 и 2.0 мг/л для регенерации побегов. Для оценки соматоклональной изменчивости после 12-го субкультивирования был проведен RAPD-анализ регенерантов, выращенных на среде V6 (0.5 мг/л НУК + 0.5 мг/л ТДЗ), в сравнении с материнскими растениями из поля. Результаты исследования демонстрируют, что RAPD-маркеры эффективно выявили генетические различия между соматоклонами и исходными формами. Наибольшее число полиморфных ДНК-фрагментов (47 из 60) и максимальный уровень полиморфизма (74.5%) были зафиксированы при использовании 9 праймеров. Кластерный анализ на основе матрицы генетических дистанций выявил два основных кластера, подтвердив наличие соматоклональной изменчивости. Наибольшее количество соматоклонов (5) регенерировало у сорта Мерло, тогда как у Фетяска албэ и Траминер розовый отмечено по одному соматоклону. Показано, что индукция соматоклональной изменчивости и отбор ценных соматоклонов представляют собой важный инструмент для современных программ селекции винограда [4].

Современные биотехнологические подходы предлагают комплексное решение проблем сохранения и улучшения винограда (*Vitis vinifera* L.). Наиболее перспективными направлениями являются:

1. Создание протоколов микроразмножения с использованием наночастиц;
2. Создание криобанка на основе усовершенствованных методов криоконсервации и криотерапии;
3. Использование индуцированной соматоклональной изменчивости для селекции.

Реализация этих направлений требует междисциплинарного подхода и может быть осуществлена в рамках комплексной программы по сохранению генетических ресурсов винограда.

### **Библиографический список**

1. Васылык И. А., Левченко С. В. Развитие селекции сортов винограда как эффективного способа сочетания устойчивости и качества. Научный обзор //Современное садоводство. – 2024. – №. 1. – С. 1-21.
2. Собралиева Э. А. и др. Изучение действия гормонального и минерального состава питательной среды на рост и развитие винограда при микроклональном размножении //Проблемы развития АПК региона. – 2019. – №. 4. – С. 129-135.
3. Bettoni J. C. et al. Grapevine shoot tip cryopreservation and cryotherapy: Secure storage of disease-free plants //Plants. – 2021. – Т. 10. – №. 10. – С. 2190.
4. POP R. et al. ASSESSMENT OF SOMACLONAL VARIATION IN MICROPROPAGATED GRAPEVINE CULTIVARS USING MOLECULAR MARKERS //Scientific Papers. Series B. Horticulture. – 2023. – Т. 67. – №. 1.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ВИНОГРАДА К МИЛДЬЮ И ПЕРСПЕКТИВЫ МАРКЕР-ОПОСРЕДОВАННОЙ СЕЛЕКЦИИ

*Малахова Мария Юрьевна, студентка 4-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: mashunyalive@yandex.ru*

*Научный руководитель - Раджабов Агамагомед Курбанович, профессор кафедры плодководства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

**Аннотация:** Устойчивость аборигенных сортов винограда к милдью имеет генетическую природу. Изучение R-локусов и механизмов иммунного ответа позволяет использовать маркер-опосредованную селекцию и геномное редактирование для создания устойчивых генотипов.

**Ключевые слова:** *Vitis vinifera* L., милдью, микросателлитное профилирование (SSK-маркеры), маркер-опосредованная селекция (MAS), геномное редактирование (CRISPR/Cas)

Милдью остается основной угрозой для устойчивого виноградарства, особенно в условиях изменения климата. Интенсивное использование фунгицидов приводит к появлению резистентных штаммов патогена и оказывает негативное воздействие на окружающую среду. В этой связи все большее значение приобретает генетическая устойчивость, основанная на использовании R-генов, идентифицированных в аборигенных сортах винограда. Изучение генетических основ устойчивости открывает новые возможности для селекции.

### 1. Микросателлитное профилирование (SSK-маркеры)

Микросателлитное профилирование (SSK-маркеры) позволяет получать уникальные генетические профили растений на любой стадии развития, отличается высокой точностью и стандартизацией. Полное секвенирование генома винограда дало дополнительный импульс для развития молекулярных маркеров. Использование этих маркеров позволяет проводить отбор по генотипу, а не по фенотипу. Это значит, что можно: отбирать растения на ранней стадии развития; точно определять генотип (например, отличать гомозиготы от гетерозигот); подбирать родительские пары и сразу проводить гибридизацию. Всё это значительно ускоряет селекционный процесс, что привело к внедрению маркер-вспомогательной селекции (MAS) в программы по разведению виноградной лозы [1].

### 2. Пирамидирование различных источников резистентности

Традиционная селекция винограда на устойчивость к возбудителю милдью эффективна при отборе по одному гену устойчивости. Однако комбинирование нескольких источников устойчивости, расположенных в разных локусах, хотя и является более перспективным, затруднительно, так как

фенотипически такие генотипы сложно различить. Применение молекулярных маркеров, связанных с локусами, имеющими отношение к резистентности, решают эту проблему. На первом этапе применяют фенотипический скрининг для устранения восприимчивых саженцев, а на втором этапе проводят маркер-вспомогательную селекцию (MAS), для определения генотипов с пирамидальной устойчивостью.

Исследовалась гибридная популяция (150 растений), полученная от скрещивания двух форм, каждая из которых имела гены устойчивости к милдью и оидиуму (Rpv3, Ren3 от одного родителя и Run1/Rpv1 от другого). Фенотипический отбор в поле выявил 44% растений (66 генотипов) без симптомов или со слабыми признаками болезней. Последующий молекулярный анализ (MAS) подтвердил наличие гена Run1/Rpv1 у 64 из этих 66 сеянцев, что доказало эффективность фенотипического отбора. Главным результатом стала идентификация 17 ценных генотипов, сочетающих все целевые гены устойчивости. Для успешного совмещения (пирамидирования) нескольких генов устойчивости в одном сорте критически важен размер популяции. Для упрощения будущей селекции предлагается создавать гомозиготные линии, несущие все гены устойчивости. Это позволит все потомство от таких линий сразу наследовать полную устойчивость, а селекционерам сосредоточиться на отборе по другим признакам (например, качеству), не тратя ресурсы на отбор по устойчивости. В ходе работы были идентифицированы как полностью гомозиготные по всем локусам сеянцы, так и частично гомозиготные, что также ценно для дальнейшей селекции [1, 3].

3. Перспективы маркер-опосредованной селекции и геномного редактирования

Наиболее перспективным методом быстрого создания устойчивых сортов винограда является редактирование генома (CRISPR/Cas). Этот подход позволяет напрямую редактировать гены, сохраняя все остальные признаки сорта.

Его применение делится на два основных направления:

1. Повышение устойчивости к болезням через "нокаут" генов восприимчивости (например, генов MLO-7 и WRKY52 для борьбы с оидиумом и серой гнилью).

2. Изменение качественных характеристик через редактирование генов, отвечающих за метаболизм (например, гена IdnDH для регулирования содержания винной кислоты).

Таким образом, редактирование генома позволяет целенаправленно улучшать конкретные свойства винограда, значительно ускоряя селекционный процесс [2, 4].

### **Библиографический список**

1. Васылык И. А., Левченко С. В. Развитие селекции сортов винограда как эффективного способа сочетания устойчивости и качества. Научный обзор //Современное садоводство. – 2024. – №. 1. – С. 1-21.



2. Ильницкая Е. Т., Макаркина М. В. ДНК-маркерная идентификация локусов устойчивости к милдью и оидиуму в генотипах бессемянных и столовых сортов винограда. //Русский виноград. – 2022. – Т. 20. – С. 6-10.

3. Рахмангулов Р. С. и др. Новые направления в генетике, селекции, биотехнологии декоративных и ягодных культур в ВИР им. НИ Вавилова //Биотехнология и селекция растений. – 2023. – Т. 5. – №. 4. – С. 65-78.

4. V. Volynkin, V. Likhovskoi, S. Levchenko [et al.] Modern trends of breeding cultivars for recreational areas of viticulture // Acta Horticulturae. – 2021. – Vol. 1307. – P. 13-20.

ИЗУЧЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ВОДОРОСЛЮ  
*CLORELLA VULGARIS* В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОЙ РАЗРАБОТКИ  
«АЛЬГОЛАМПА»

**Махмутов Алмаз Ринатович** – студент 3-го курса института природы и человека ФБГОУ УУНУТ email: [almaz\\_takhtmutov@list.ru](mailto:almaz_takhtmutov@list.ru)

**Научный руководитель – Фархутдинов Рашид Габдулхаевич**, доктор биологических наук, заведующий кафедры физиологии и биохимии ФБГОУ УУНУТ email: [frg2@mail.ru](mailto:frg2@mail.ru)

**Аннотация:** В работе анализируются возможности поглощения микроводорослью вида *Clorella vulgaris* CO<sub>2</sub> в условиях инновационной разработки «Альголампа», предназначенной для улучшения качества воздуха в закрытых помещениях. Определение интенсивности поглощения CO<sub>2</sub> основано на учете его количества, поглощаемого при фотосинтезе растением, находящимся в замкнутом сосуде.

**Ключевые слова:** Хлорелла, углекислый газ, альголампа, водоросли, биотехнология.

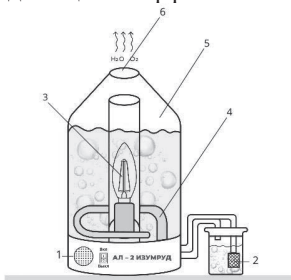
**Введение:** Год за годом на нашей планете ухудшается качество вдыхаемого нами воздуха. Это приводит не только к заболеваниям дыхательной системы, но и кровеносной, пищеварительной и даже нервной систем, в ходе чего смертность человечества в год увеличивается. Разработка инновационного изобретения «Альголампа» нацелена на решение этих проблем, она является многофункциональной и выполняет несколько процессов одновременно: очищение воздуха от мелкодисперсной пыли, его увлажнение, также в ходе биохимических процессов микроводорослей, обитающих внутри разработки, происходит насыщение воздуха кислородом для дыхания человека и очищение его от тяжёлых металлов и опасных летучих соединений.

В данной работе проводится исследование на предмет способности водорослей в условиях альголампы поглощать углекислый газ, требуемый всем автотрофным и миксотрофным растениям для производства глюкозы и других питательных веществ в ходе прохождения фотосинтеза.

**Описание изобретения:**

Альголампа, как устройство для выращивания суспензионных культур водорослей, содержит культиватор, внутренние стенки которого имеют частично светоотражающее герметичное покрытие, в верхнем отверстии культиватора имеется загрузочное окно, одновременно являющееся вентиляционным отверстием для выхода воздуха из альголампы, внизу культиватора в отдельном отсеке размещены вентилятор, датчик температуры и влажности, светодиодная фитолампа (имеющая цветовой спектр от 565нм до 600нм, что является оптимальным для проведения фотосинтеза у водорослей) и аэратор,

подключенные к блоку управления. Область с лампой расположена посередине культиватора, в котором находится культура водорослей, для более эффективного освещения и успешного фотосинтеза, также внутри культиватора находится распылитель воздуха, подключённый к аэратору и распределяющий пузыри воздуха по всей культуре водорослей. Воздух в аэратор подается через бумажный фильтр. В корпусе культиватора размещен экран с показателями датчика влажности и температуры, а также дополнительно могут монтироваться датчик содержания кислорода для оценки эффективности процесса фотосинтеза.



**Рисунок 1 – Схема строения альголампы: 1 - входное отверстие компрессора, 2 - воздушный фильтр, 3 - фитолампа, 4 - аэратор, 5 - корпус культиватора, 6 - выходное отверстие в корпусе культиватора**

#### **Описание эксперимента:**

Для выращивания водорослей и цианобактерий была использована среда Z-8, которая может быть использована для культивации всех видов водорослей и цианобактерий (Bischoff, Bold, 1963). pH среды 6,5-7,7.

Рецепт приготовления среды представлен в таблице 1.

*Таблица 1*

#### **Маточные растворы**

№	Соль	Масса в граммах	Объем в <u>миллилитрах</u>
1.	$\text{NaNO}_3$	46,7	10
2.	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	5,9	10
3.	$\text{K}_2\text{HPO}_4$	3,1	10
4.	$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	2,5	10
5.	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	2,1	10
6.	Fe – EDTA	описано ниже	10
7.	<u>Trace Element Solution</u>	описано ниже	1

#### **Fe – EDTA:**

10 мл из раствора  $\text{FeCl}$  (2,8 гр.  $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$  , растворенного в 100 мл 0,1 N HCl) и 9,5 мл из раствора ЭДТА (  $\text{Na}_2$  ЭДТА – растворяют в 100 мл 0,1 н NaOH) смешивают и доводят до . с дистиллированной  $\text{H}_2\text{O}$ .

Приготовление среды:

1. Приготовить 2 колбы:

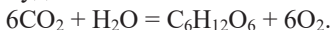
Колба А – соли №№ 1, 3, 5 ( $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )/0,51 $\text{H}_2\text{O}$ .

Колба В – соли №№ 2, 4, 6 ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ , Fe – EDTA)/0,51 $\text{H}_2\text{O}$ .

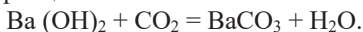
2. Автоклавировать. Дать остыть до теплого состояния (около 20 мин.).

3. Вылить содержимое колб А и В вместе и добавить 1 мл раствора №7 (стерильно).

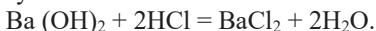
Определение интенсивности поглощения  $\text{CO}_2$  данным методом основано на учете количества  $\text{CO}_2$ , поглощаемого при фотосинтезе растением, находящемся в замкнутом сосуде:



За определенный промежуток времени углекислый газ поглощается известным объемом раствора щелочи:



Оставшуюся в сосуде щелочь необходимо протитровать соляной кислотой, в связи с чем она нейтрализуется:



Затем было проведено сравнение полученной величины с результатом титрования такого же количества исходного раствора щелочи. Разность между результатами титрования содержимого контрольного и опытного сосудов прямо пропорциональна количеству поглощенного углекислого газа.

5 мл суспензии водорослей были помещены в пробирку.

В колбу было внесено 2–3 капли фенолфталеина и 10 мл раствора  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ . В колбу была опущена пробирка с суспензией водорослей и плотно (вращательным движением) закрыта пробкой. Время начала эксперимента было записано.

В контрольную (пустую) колбу было добавлено 10 мл барита и 2–3 капли фенолфталеина, закрыв пробкой. Колбы с объектами, содержащими хлорофилл, необходимо поместить на свет для того, чтобы в ходе фотосинтеза, процесс дыхания был незаметен. Через каждые 5 – 10 мин колбы необходимо осторожно покачивать, чтобы разрушить пленку  $\text{BaCO}_3$ , препятствующую полноте поглощения  $\text{CO}_2$ , чтобы не допускать попадания ни одной капли раствора в пробирку с суспензией.

Через 1-2 ч материал был получен. Оставшуюся щелочь титровали, приливая через отверстие в пробке 0,025 н.  $\text{HCl}$  до исчезновения розового оттенка. Контрольную колбу можно титровать через 20 мин после того, как налит раствор барита (все это время колбу необходимо периодически взбалтывать).

Температура воздуха в лаборатории была отмечена с помощью электронного термометра.

Интенсивность поглощения  $\text{CO}_2$  была рассчитана по формуле:

$$D = ((a - b) \times 2,2 \text{ К}) / M,$$

где D – интенсивность поглощения  $\text{CO}_2$ , мг  $\text{CO}_2$  /мл суспензии водорослей в час;

a – количество 0,025 н. соляной кислоты, пошедшее на титрование раствора в контрольном варианте, мл;

в – количество 0,025 н. соляной кислоты, пошедшее на титрование раствора в опытном варианте, мл;

2,2 – количество CO<sub>2</sub>, мг, соответствующее 1 мл 0,025 н. соляной кислоты;

К – поправка к титру соляной кислоты = 1; М – объем суспензии водорослей, мл.

### Результаты:

В ходе исследований было выявлено, что наибольшее поглощение углекислого газа показал контрольный образец, что говорит о том, что в нём находилось большее его содержание, чем в образце *Chlorella vulgaris*. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Результаты исследования

№	Вариант опыта	Количество поглощенного CO <sub>2</sub> , мг CO <sub>2</sub> /мл суспензии водорослей в час
1	<i>Chlorella vulgaris</i>	0,7
2	Контроль (без навески)	1,1

### Библиографический список

1. Aragon HP, Weng CH, Khawaja HT, Nagarajan N, Schneider EB, Umbricht CB, et al. MicroRNA expression and association with clinicopathologic features in papillary thyroid cancer: a systematic review. *Thyroid* 2015;25(12):1322-9.
2. Ciampi R, Nikiforov YE. RET/PTC rearrangements and BRAF mutations in thyroid tumorigenesis. *Endocrinology*. 2007 Mar;148(3):936-41
3. Di Leva G, Garofalo M, Croce CM. MicroRNAs in cancer. *Annu Rev Pathol*. 2014;9:287-314
4. Dunderovic D, Lipkovski JM, Boricic I, Soldatovic I, Bozic V, Cvejic D, et al. Defining the value of CD56, CK19, Galectin 3 and HBME-1 in diagnosis of follicular cell derived lesions of thyroid with systematic review of literature. *Diagn. Pathol*. 2015;10:196.
5. Zhang X, Mao H, Lv Z. MicroRNA role in thyroid cancer pathogenesis. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2013;18:734-9
6. Hou P, Ji M, Xing M. Association of PTEN gene methylation with genetic alterations in the phosphatidylinositol 3-kinase/ AKT signaling pathway in thyroid tumors. *Cancer*. 2008; 113(9):2440-7.
7. Liu W, Guo M, Ezzat S, Asa SL. Vitamin D inhibits CEACAM1 to promote insulin/IGF-I receptor signaling without compromising anti-proliferative action. *Lab Invest*. 2011;91(1):147-56
8. Mazeh H, Mizrahi I, Halle D, Ilyayev N, Stojadinovic A. Development of a microRNA-based molecular assay for the detection of papillary thyroid carcinoma in aspiration biopsy samples. *Thyroid*. 2011;21(2):111-8.
9. Pallante P, Battista S, Pierantoni GM, Fusco A. Deregulation of microRNA expression in thyroid neoplasias. *Nat Rev Endocrinol*. 2014;10(2):88-101.

10. Prasad ML, Pellegata NS, Huang Y, Nagaraja HN, de la Chapelle A, Kloos RT. Galectin-3, fibronectin-1, CITED-1, HBME1 and cytokeratin-19 immunohistochemistry is useful for the differential diagnosis of thyroid tumors. *Mod Pathol*. 2005;18(1):48-57.
11. Romei C, Ciampi R, Elisei R. A comprehensive overview of the role of the RET proto-oncogene in thyroid carcinoma. *Nat Rev Endocrinol*. 2016 Apr;12(4):192-202.
12. Shi X, Liu R, Basolo F, Giannini R, Shen X, Teng D, et al. Differential clinicopathological risk and prognosis of major papillary thyroid cancer variants. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016;101(1):264-74.
13. Takano T. Fetal cell carcinogenesis of the thyroid: a modified theory based on recent evidence. *Endocr J*. 2014;61(4):311-20.
14. Xing M. Molecular pathogenesis and mechanisms of thyroid cancer. *Nat Rev Cancer*. 2013 Mar;13(3):184-99.
15. Xing M. RASAL1 in thyroid cancer: promise from a new friend. *J Clin Endocrinol Metab*. 2014;99(10):3619-21.
16. Yang Z, Yuan Z, Fan Y, Deng X, Zheng Q. Integrated analyses of microRNA and mRNA expression profiles in aggressive papillary thyroid carcinoma. *Mol Med Rep*. 2013;8(5):1353-8.

## ЦЕНТРЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ. ПРИНЦИПЫ, ПОЛОЖЕННЫЕ В ОСНОВУ ИХ ВЫДЕЛЕНИЯ

*Меркухин Михаил Алексеевич, студент кафедры Плодоводства и виноградарства, института Садоводства и ландшафтной архитектуры, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, merkukhin.michael@gmail.com.*

*Научный руководитель – Мурзина Эльвира Рафаэлевна, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, e.murzina@rgau-msha.ru.*

**Аннотация:** В статье рассмотрены историческое развитие идей центров происхождения культурных растений, описанные исследователями разных эпох: А.Декандолем, Н.И. Вавиловым и Д. Халаном. Также выявлены принципы, заложенные в эти модели и изменение их во временном промежутке. Изучено развитие идеи центров происхождения растений во времени от первых обобщений, до современных исследований.

**Ключевые слова:** культурные растения, центры происхождения, генетическое разнообразие, адаптация.

В начале 20-ого века, с зарождением генетики как науки и признанием законов Менделя, в научном сообществе с большим интересом стали обращать внимание на принципы изменчивости и наследственности, как важнейшие факторы адаптации всех живых организмов к условиям окружающей среды. Особенное внимание было выделено культурным растениям, для обеспечения внутреннего рынка государств высокопродуктивными и стойкими сортами, с возможностями лучшего экспорта продукции. Но одной из главных задач учёных состояла в нахождении мест происхождений предков культурных видов. К решению данной проблемы были задействованы значительные человеческие силы, но до сегодняшних дней сохраняется неполнота знаний, из-за обширности захватываемого вопроса.

Первые предположения. Альфонс Луи Пьер Пирамю Декандоль - выдающийся швейцарский ботаник, профессор естественной истории и создатель одной из первых научных концепций о происхождении культурных растений.

Декандоль в своих работах предполагал, что выбор определенного вида наиболее важен, чем выбор разновидностей. Дикое растение должно обладать отличительными качествами для его доместикиции. При создании оптимальных условий роста или перемещении растения в благоприятную среду, культивирование может облегчиться [3].

Для обозначения центров происхождения культурных растений Декандоль предлагал находить регионы, где прародители культивируемых растений произрастают в естественных условиях обитания, без вмешательства человека.

«Появление» и «исчезновение» вида говорит о его несвойственном регионе произрастания. Необходимо обосновывать свои наблюдения с историческими, археологическими и географическими данными страны. По его мнению, большое количество видов не является доказательством их древности. Для нахождения дикого предка необходимо исключить формы растений, которые могли быть изменены под влиянием человека, т.к. неокультурные предки не несут в себе ценности для возделывания [3]. Также Альфонс Декандоль отрицал существование узких очагов domestikации.

По мнению ботаника, агрокультура впервые возникла в трех обособленных друг от друга наиболее развитых регионах, где произрастали определенные виды растений. Этими регионами являются Китай, Юго-восточная Азия (включая Египет) и Субтропическая Америка. С развитием торговли и освоением морей, цивилизации стали обмениваться своими ресурсами, в том числе культурными видами.

Основоположник российской генетики Николай Иванович Вавилов, совершивший более 180 научных экспедиций, побывавший в 50 странах мира, собравший самую крупную в мире коллекцию семян культурных растений, большую часть жизни посвятил изучению центров происхождения культурных растений и нахождению их прародителей.

Вавилов считал суждения Альфонса Декандоля неточными, из-за использования исторических и археологических данных как основу для продвижения своей теории, не затрагивая сортовое разнообразие как фактор проводимой человеком селекции с исходным предком растения [1]. В ходе многочисленных экспедиций, генетик предположил, что центрами происхождения культурных растений можно считать те регионы, в которых наблюдается наибольшее видовое и сортовое разнообразие близкородственных растений. Таким образом было выделено 7 основных географических центров происхождения культурных растений: Тропический, Восточноазиатский, Юго-Западноазиатский, Средиземноморский, Абиссинский, Центральноамериканский и Андийский (таблица №1) [5].

*Таблица №1*

**Центры культурных растений Николая Ивановича Вавилова**

Названия центров	Культурные растения
I Тропический (30%)	Рис, огурец манго, апельсин
II Восточноазиатский (20%)	Гречиха, соя, персик, вишня
III Юго-Западноазиатский (15%)	Пшеница, горох, чечевица, рожь
IV Средиземноморский (10-11%)	Твердая пшеница, сельдерей, капуста, салат-латук
V Абиссинский (3-4%)	Ячмень, просо, лён, кофе
VI Центральноамериканский (8%)	Кукуруза, хлопок, сладкий картофель, лимская фасоль
VII Андийский (8-9%)	Тыква, картофель, томат, ананас

Джек Родни Халан – американский профессор агрономии и генетики, увлекавшийся археологическими раскопками и активно выступавший за сохранение генетического разнообразия диких предков и традиционных сортов,



когда в период Зеленой революции последние заменялись высокопродуктивными [6]. Одной из самых значимых работ в его карьере считается переосмысление концепции Центров Вавилова.

Джек Халан, на основании присутствия диких родственников культурных растений и важных археологических свидетельств, указывающих на зарождение сельского хозяйства на определённой территории, выделил «Центры». Из центров пошло дальнейшее распространение посевов на другие территории, «нецентры». Существует 3 центра и 3 нецентра [2]. Нецентры более обширны по своим территориям, в них независимо и одновременно происходила domestикация новых культур. Необходимо различать центры разнообразия от центров происхождения. Как показывает практика, крупное генетическое разнообразие между родственными видами не означает возможное происхождение сельскохозяйственных культуры из этих видов, как изначально предполагал Николай Иванович Вавилов, выделяя центры на основании большего числа сортового разнообразия (таблица №2) [4].

*Таблица №2*

**Реклассификация таблицы Центров культурных растений Вавилова  
Джеком Харланом**

Центры	Нецентры
Ближний Восток	Африка
Северный Китай	Юго-Восточная Азия, Южнотихоокеанский регион
Центральная Америка	Южная Америка

В настоящее время одним из самых значимых вопросов в научном сообществе остаётся возможность сохранения наибольшего числа диких видов растений и животных в природе, для поддержания естественного процесса эволюции в хрупких и неизменных человеком экосистемах. Селекционерам особенно важно сохранение наибольшего числа генетического разнообразия, составляющее общий генофонд всех видов, для возможности адаптирования культурных растений под современные требования: устойчивость к болезням, засухе, вредителям и т.д. Именно дикие предки обладают выдающимися способностями устойчивости к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. Активное ведение научно-исследовательских экспедиций и внедрение более развитых систем обнаружения диких предков позволяет находить и сохранить уникальные по своему биоразнообразию районы, для обеспечения стабильного будущего всей планеты.

**Библиографический список**

1. Вавилов Н.И. Исследования о Происхождении Культурных Растений / Н. И. Вавилов - Типография имени Гуттенберга, 1926. – 12-21 с. Режим доступа: <https://archive.org/details/tsentryproiskhoz00vavi/mode/1up>
2. Harlan`s Crops and Man: People, Plants and Their Domestication / Н. Т. Stalker, M. L. Warburton, J. R. Halan - American Society of Agronomy, Inc., и Crop Science Society of America, 2021. – 50-73 с. Режим доступа: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/9780891186342>

3. De Candolle A. Origin of Cultivated Plants / A. De Candolle – D. Appleton, 1885. – 1-28 с. Режим доступа: <https://archive.org/details/originofcultivat00cand/page/n18/mode/1up>

4. Corinto G. L. Nikolai Vavilov's Centers of Origin of Cultivated Plants with a View to Conserving Agricultural Biodiversity /G. L. Corinto 2014. – Режим доступа:

[https://www.researchgate.net/publication/286970109\\_Nikolai\\_Vavilov's\\_Centers\\_of-Origin\\_of\\_Cultivated\\_Plants\\_With\\_a\\_View\\_to\\_Conserving\\_Agricultural\\_Biodiversity](https://www.researchgate.net/publication/286970109_Nikolai_Vavilov's_Centers_of-Origin_of_Cultivated_Plants_With_a_View_to_Conserving_Agricultural_Biodiversity)

5. Лоскутов И. Г. Центры происхождения культурных растений / И. Г. Лоскутов. 2018 - Режим доступа: <https://postnauka.org/faq/84713>

6. Hymowitz T. Jack Rodney Harlan / Т. Hymowitz – Режим доступа: <https://nap.nationalacademies.org/read/10683/chapter/10>

## ГЕНОМНАЯ СЕЛЕКЦИЯ РАСТЕНИЙ: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

**Мудрова Анастасия Валерьевна**, студентка 3 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [nastas.mudrova@mail.ru](mailto:nastas.mudrova@mail.ru)

**Шерстов Антон Сергеевич**, студент 3 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [sherstov05@mail.ru](mailto:sherstov05@mail.ru)

**Научный руководитель – Монахос Сократ Григорьевич**, д.с.-х.н., зав. кафедрой молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [s.monakhos@rgau-msha.ru](mailto:s.monakhos@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** в данной работе рассматриваются методы геномной селекции растений, которые открывают новые пути для более быстрого и эффективного селекционного процесса.

**Ключевые слова:** геномная селекция, генотип, фенотип, маркеры, селекционный процесс.

Геномная селекция является одним из революционных методов в растениеводстве, который позволяет ускорять селекционный процесс. В отличие от обычной селекции, геномная использует наши знания о полном геномном профиле растения для более точного прогнозирования его фенотипа с помощью различных биоинформатических моделей. Данный подход обеспечивает возможность отбора лучших генотипов на ранних стадиях, что позволяет сокращать время и затраты на процесс селекции.

В данной работе рассматриваются различные методы геномной селекции. Основной принцип геномной селекции заключается в построении биоинформатических моделей, которые связывают генотип (маркеры по всему геному) с фенотипом рассматриваемых признаков.

Метод модели с учётом взаимодействия генотип-среда (GxE) - геномная селекция модернизируется за счёт введения данных об окружающей среде. Это позволяет создавать модели, способные прогнозировать продуктивность в определённых агротехнических и климатических условиях. Статистические модели интегрируют GxE - взаимодействия с помощью многофакторных подходов, что особенно важно при селекции адаптированных и устойчивых сортов.

Метод генотипирования и технологии сбора данных – актуальные методы генотипирования, такие как генотипирование с использованием секвенирования, обеспечивают получение сотен тысяч маркерных данных с наименьшими затратами. Это позволяет охватить весь геном без необходимости в предварительных знаниях ключевых маркеров. Высокая плотность маркеров

обеспечивает высокоточные оценки эффекта каждого генетического варианта.

Метод линейных моделей на основе BLUP и RR-BLUP - Best Linear Unbiased Prediction изначально применялся для генетических оценок, а ridge regression BLUP является расширением, которое позволяет использовать информацию от маркеров. Эти модели предполагают, что все маркеры имеют аддитивный эффект (распределение эффектов с равной дисперсией). Они рассматривают вклад каждого маркера в признак, уменьшая сумму квадратов ошибок с регуляризацией для избежания переобучения. RR-BLUP более проста в реализации и хорошо работает для признаков с простым генетическим механизмом.

Байесовский метод - в отличие от RR-BLUP, байесовские модели предусматривают использование различных вероятностей распределения для действия маркеров. Эти модели позволяют учитывать, что одни маркеры могут иметь больший эффект, а многие другие, наоборот, почти нулевой. Примеры включают BayesA, BayesB, BayesСл. Они гибко подстраиваются под неоднородные генетические структуры и гарантируют лучшую точность при сложных признаках. Используются алгоритмы Маркова-Монте-Карло (MCMC) для оценки параметров.

Кроме того, используются методы интеграции феномики и современных алгоритмов машинного обучения, таких как случайные леса (RF), метод опорных векторов (SVM), искусственные нейронные сети (ANN) и методы на основе ядровых функций (RKHS). [1] [2] [3] [4] [5]

Рассмотренные методы геномной селекции являются важными инструментами для современной селекции растений. Они позволяют увеличить предсказуемость отбора, сократить количество селекционных циклов за счёт выявления перспективных генотипов на ранних этапах, а также уменьшить зависимость от длительных исследований фенотипических признаков. Благодаря этим подходам время от создания популяции до внедрения новых сортов сокращается с 8–15 до 2–4 лет. Каждый метод обладает своими достоинствами и ограничениями, поэтому выбор подхода зависит от целей исследования и имеющихся ресурсов. В дальнейшем перспективы развития направлены на интеграцию новейших научных достижений и автоматизацию селекционной работы.

### **Библиографический список**

1. Брагина М.К., Афонников Д.А., Салина Е.А. Прогресс в секвенировании геномов растений – направления исследований. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019;23(1):38-48. DOI 10.18699/VJ19.45
2. Crossa, J., Pérez-Rodríguez, P., Cuevas, J., Montesinos-López, O., Jarquín, D., de Los Campos, G., Burgueño, J., González-Camacho, J. M., Pérez-Elizalde, S., Beyene, Y., Dreisigacker, S., Singh, R., Zhang, X., Gowda, M., Roorkiwal, M., Rutkoski, J., & Varshney, R. K. (2017). Genomic Selection in Plant Breeding: Methods, Models, and Perspectives. Trends in plant science, 22(11), 961–975. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.011>
3. Calus, M.P.L., and R.F. Veerkamp. 2011. Accuracy of multi-trait genomic

selection using different methods . Genet. Sel. Evol. 43 : 26 . doi:  
<https://doi.org/10.1186/1297-9686-43-26> .

4. Breiman , L. 2001 . Random forests . Mach. Learn. 45 : 5 – 32 . doi:  
<https://doi.org/10.1023/A:1010933404324> .

5. Banerjee , S. , B.S. Yandell , and N. Yi . 2008 . Bayesian quantitative trait  
loci mapping for multiple traits . Genetics. 179 : 2275 – 2289 . doi:  
<https://doi.org/10.1534/genetics.108.088427> .

## НАЗЕМНЫЕ ВОДОРОСЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ГОРЫ БОЛЬШОЙ ИРЕМЕЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БИОТЕХНОЛОГИИ

*Муфазалова Альфия Салаватовна, студентка 2-го курса естественно-географического факультета, направления биотехнология, ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы», alfi.muftazalova@mail.ru*

*Научный руководитель – Гайсина Лира Альбертовна, д.б.н., профессор кафедры биоэкологии и биологического образования ФГБОУ ВО «БГПУ им. М. Акмуллы», lira.gaisina@mail.ru*

**Аннотация:** В статье представлены результаты исследования видового разнообразия наземных водорослей и цианобактерий горы Большой Ирмель (Южный Урал). В ходе работы было отобрано 35 почвенных проб с различных высотных поясов. Было идентифицировано 44 вида, относящихся к 6 отделам, с доминированием *Chlorophyta* и *Ochrophyta*. Выявлено значительное разнообразие родов *Coelastrella*, *Navicula* и *Klebsormidium*. В составе альгофлоры отмечены как космополитные виды с высокой экологической пластичностью, так и редкие виды, например, *Pseudanabaena papillateterminata*. Наличие представителей класса *Xanthophyceae* рассматривается как индикатор экологической чистоты территории. Ряд выделенных штаммов, в частности представители родов *Coelastrella*, *Klebsormidium* и *Nostoc*, обладают высоким биотехнологическим потенциалом и могут использоваться для создания биопрепаратов для сельского хозяйства.

**Ключевые слова:** Наземные водоросли, цианобактерии, гора Большой Ирмель, Южный Урал, биоразнообразие, альгофлора, почвенные водоросли, биотехнология, экологическая индикация, *Coelastrella*, *Klebsormidium*.

**Введение:** Горные экосистемы, характеризующиеся резкими градиентами, являются уникальными объектами для изучения биоразнообразия и адаптации организмов к экстремальным условиям [1]. Среди пионерных организмов, осваивающих наземные субстраты, ключевую роль играют микроскопические водоросли и цианобактерии. Они участвуют в первичных сукцессионных процессах, почвообразовании, фиксации азота и стабилизации субстратов [2, 3]. Их сообщества чутко реагируют на изменения условий среды, что делает их ценными объектами для биоиндикации.

**Материалы и методы исследования:** Гора Большой Ирмель (1582 м) – вторая по высоте вершина Южного Урала, отличающаяся хорошо выраженной высотной поясностью: от горно-таежных лесов у подножия до гольцового и горно-тундрового поясов на вершине [4]. Несмотря на природоохранный статус территории (природный парк «Ирмель»), альгофлора наземных местообитаний данного массива оставалась слабо изученной.

Исследования проводились на горе Большой Иремель (Белорецкий район, Республика Башкортостан) 1 октября 2023 года. Было отобрано 35 почвенных проб с различных высотных поясов (горно-лесной, субальпийский, горно-тундровый, нивальный) с глубины 0-5 см. Отбор проб проводили стерильным инструментом на однородных участках по общепринятым в почвенной альгологии методикам [5].

Анализ альгофлоры проводился в лаборатории молекулярной систематики фототрофных микроорганизмов им. Л.С. Хайбуллиной БГПУ им. М. Акмуллы. Для выделения водорослей и цианобактерий использовали метод чистых культур на агаризованной питательной среде Болда [6]. Идентификацию видов проводили с помощью светового микроскопа Axio Imager A2. Таксономическая принадлежность определялась с использованием современных определителей [7, 8].

**Результаты:** в результате проведенных исследований из 35 почвенных проб было идентифицировано 44 вида наземных водорослей и цианобактерий.

Наибольшее видовое разнообразие отмечено в отделах *Chlorophyta* (22 вида) и *Ochrophyta* (13 видов). Среди зеленых водорослей доминировали представители классов *Chlorophyceae* (11 видов) и *Trebouxiophyceae* (11 видов). Цианобактерии (*Cyanobacteria*) были представлены 6 видами, желто-зеленые водоросли (*Xanthophyceae*) – 4 видами, стрептофитовые водоросли (*Streptophyta*) – 3 видами и эустигматофитовые (*Eustigmatophyceae*) – 1 видом.

Наиболее разнообразными по числу видов родами оказались *Coelastrella* (*Chlorophyta*) – 6 видов, *Navicula* (*Bacillariophyta*) – 3 вида, *Klebsormidium* (*Streptophyta*) – 3 вида, *Myrmecia* (*Trebouxiophyceae*) – 2 вида, *Parietochloris* (*Trebouxiophyceae*) – 2 вида, *Tribonema* (*Xanthophyceae*) – 2 вида.

Среди цианобактерий наиболее часто встречались представители родов *Leptolyngbya* и *Nostoc*. Диатомовые водоросли были представлены в основном космополитичными видами, такими как *Amphora libyca* Ehrenberg, *Hantzschia amphioxys amphioxys* (Ehrenberg) Grunow, *Navicula cryptocephala* Kützinger.

Анализ распределения видов по пробам показал наличие как широко распространенных, так и редких видов. К космополитам, встречающимся в различных типах почв и даже в экстремальных условиях Арктики и Антарктики, относятся *Klebsormidium flaccidum* (Kützinger) P.C.Silva, Mattox & W.H.Blackwell и *Pseudococcomyxa simplex* (Mainx) Fott [9, 10]. Эти виды были обнаружены в пробах из нивального пояса, что подтверждает их высокую экологическую пластичность.

В то же время был выявлен редкий вид цианобактерий *Pseudanabaena papillaterminata* (Kisselev) Kukk, который обычно отмечается в пресноводных местообитаниях, и его находка в наземных условиях свидетельствует о недостаточной изученности экологии данного таксона.

Примечательным является значительное представительство желто-зеленых водорослей (*Xanthophyceae*), которые часто рассматриваются как индикаторы чистых и ненарушенных экосистем. Их наличие в сообществах горы Иремель подтверждает высокую экологическую ценность и сохранность данной территории.

Выявленный видовой состав отражает переходный характер лесостепной зоны, где сочетаются виды, характерные для лесных (*Klebsormidium* spp., многие диатомовые) и степных (*Phormidium*, *Nostoc*) экосистем. Суровые условия высокогорья (низкие температуры, длительный снежный покров) определяют присутствие видов с широкой экологической амплитудой и высокой устойчивостью к стрессовым факторам.

Выделенные штаммы водорослей могут использоваться в дальнейшем для проведения биотехнологических исследований. Представители родов *Coelastrella* и *Klebsormidium* известны своими ростостимулирующими свойствами, виды рода *Nostoc* можно использовать для восстановления нарушенных земель и для создания биопрепаратов с антифитопатогенной активностью [11].

### **Выводы:**

1. При изучении альгофлоры горы Большой Иремель было выявлено 44 видов наземных водорослей и цианобактерий, относящихся к 6 отделам.

2. Таксономическая структура сообществ характеризуется высоким разнообразием родов *Coelastrella*, *Navicula* и *Klebsormidium*, что отражает специфику высокогорных условий.

3. В составе альгофлоры сочетаются широко распространенные космополитные виды, обладающие высокой экологической пластичностью, и редкие виды (например, *Pseudanabaena papillaterminata*), требующие дальнейшего изучения.

4. Наличие представителей *Xanthophyceae* является индикатором экологической чистоты и ненарушенности исследованных местообитаний.

5. Полученные данные создают основу для мониторинга состояния экосистем горного массива Иремель и представляют практический интерес для биотехнологии, так как выделенные штаммы могут являться источником биологически активных соединений.

### **Библиографический список**

1. Broady P.A. Diversity, distribution and dispersal of Antarctic terrestrial algae // Biodiversity and Conservation. 1996. Vol. 5. P. 1307-1335.
2. Metting B. The systematics and ecology of soil algae // The Botanical Review. 1981. Vol. 47. P. 195-312.
3. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
4. Юсупова О.В., Абрамова Л.М., Юсупов И.Р. Особенности организации популяций высокогорного эндемичного вида *Anemonastrum biarmense* на Южном Урале // Вестник Удмуртского университета. 2017. С. 171-179.
5. Хазиев Ф.Х., Кабиров Р.Р. Количественные методы почвенно-альгологических исследований. Уфа: БФАН СССР, 1986. 172 с.
7. Bischoff H.W., Bold H.C. Phycological studies IV. Some soil algae from enchanted rock and related algal species // Univ. Texas Publ. 1963. No 6318. P. 1-95.



8. Ettl, H., Gärtner G. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1995. 721 p.
9. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota. Teil 1: Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19/1. Jena: Gustav Fischer, 1998. 548 p.
10. Kaštovská K., Elster J., Stibal M., Šantrůčková H. Microbial assemblages in soil microbial succession after glacial retreat in Svalbard (High Arctic) // Microbial Ecology. 2005. Vol. 50. N 3. P.396-407.
11. Elster J., et al. Freezing and desiccation injury resistance in the filamentous green alga *Klebsormidium* from the Antarctic, Arctic and Slovakia // Biologia. 2008. Vol. 63. P. 843–851.
12. Yusupova A., Kartabayeva B., Sushchenko R., Gaysina K., Renganathan P., Gaysina L.A. Antifungal Potential of Cyanobacterium *Nostoc* sp. BCAC 1226 Suspension as a Biocontrol Agent Against Phytopathogenic Fungi and Oomycetes // Appl. Microbiol. 2025, 5, 46. <https://doi.org/10.3390/applmicrobiol5020046>

## ДРАЖИРОВАНИЕ СЕМЯН ПЕТУНЬИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭФФЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Мяльdziна Евгения Анатольевна, студент 4 курса, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева*

*Никитин Михаил Алексеевич, ассистент кафедры молекулярной селекции, биотехнологии и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: m.nikitin@rgau-msha.ru*

*Миронов Алексей Александрович, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.mironov@rgau-msha.ru](mailto:a.mironov@rgau-msha.ru)*

***Аннотация.** В статье рассматривается технология дражжирования семян петунии, направленная на облегчение посева и улучшение посевных качеств. Описаны методы, оборудование и материалы для нанесения покрытий. Проанализированы ключевые проблемы технологии: снижение всхожести из-за положения семени в грануле, сокращение срока хранения и механическое повреждение. Показаны перспективы оптимизации состава оболочки и совершенствования технологического процесса для повышения эффективности дражжирования.*

***Ключевые слова:** дражжирование семян, петуния, всхожесть, оболочка семян.*

Технология дражжирования (пеллетирования) - позволяет увеличить размер и стандартизировать форму мелких и не круглых семян, облегчая посев за счёт высокой однородности, прочности и удобства механического посева. Помимо улучшения посевных качеств, дражжирование также позволяет доставлять биологические агенты и стимуляторы роста к семени и защищать их от патогенов и неблагоприятных условий.

Методы покрытия семян можно разделить на три группы: покрытие пленкой (на семена наносят тонкий слой материала, чаще всего в жидкой форме), инкрустация (размер семян незначительно увеличивается, но форма семян сохраняется) и дражжирование (когда посевная единица стандартизируется до почти сферической формы и исходная форма семян больше не различима) [1].

Оборудование и материалы: При дражжировании семян используются вращающиеся и пневматические установки, которые дают возможность равномерно нанести покрытие и контролировать размер гранул. Гранула

создаётся из минеральных порошков, биополимеров, глины, биологических добавок и стимуляторов роста [2].

Для покрытия семян требуется как минимум два типа материалов:

1. Наполнители, обычно инертные неорганические (глина, тальк) или органические (хитозан, древесная пыль) материалы, используемые для увеличения размера и веса.

2. Связующие, обычно в жидкой форме, обеспечивающие наличие воды для улучшения адгезии порошка по время процесса покрытия и сохранения после высыхания [1].

Несмотря на неоспоримые плюсы дражирования семян петунии, у технологии есть ряд технологических и биологических проблем, которые влияют на всхожесть, хранение и эффективность использования семян:

- При дражировании мелких семян необходимо оптимизировать положение семени в грануле: в отличие от крупных, всхожесть которых усиливается при расположении в центре, мелкие семена необходимо расположить ближе к краю гранулы для увеличения процента всхожести. Это необходимо из-за сложностей выхода проростка из гранулы.

- Дражированные семена петунии хранятся меньше, чем необработанные, в особенности, если хранить их при комнатной температуре: необработанные семена сохраняют всхожесть до 13 лет, а дражированные около 3-5 лет.

- Увеличить срок жизни дражированных семян можно путём дополнительных биополимерных покрытий, добавления к составу оболочки антиоксидантов и фунгицидов, а также используя герметичную упаковку для стабилизации влажности [3, 4].

При традиционной технологии дражирования (сушка, покрытие, инкрустация, дражирование) возникают следующие проблемы:

- Некоторые гранулы слипаются друг с другом, образуя агломераты, также встречаются пустые гранулы и гранулы с несколькими семенами внутри. Это будет затруднять равномерный посев.
- Происходит механическое повреждение семян, снижающее их всхожесть [5].

На данный момент разрабатываются новые технологии, разрешающие данные недостатки традиционного подхода. В таких технологиях используются современные аппараты, обеспечивающие равномерное покрытие, повышающие эффективность процесса и снижающие риск повреждения семян.

Некоторые компоненты, входящие в состав оболочки, могут снижать процент прорастающих семян, особенно при ошибках в составлении рецептуры. Необходимо корректировать состав оболочки в зависимости от потребностей

растения и условий окружающей среды, в которые будут помещены дражированные семена для прорастания [6].

Посев семян петунии значительно облегчается, а прорастание семян улучшается, при помощи дражирования, однако сама процедура требует оптимизации состава оболочки, расположения семени внутри неё, условий хранения и совершенствования технологического процесса для поддержания высокой всхожести семян и однородного посева.

### **Библиографический список**

1. Pedrini, Simone & Bhalsing, Khiraj & Cross, Adam & Dixon, Kingsley. (2018). Protocol Development Tool (PDT) for seed encrusting and pelleting. *Seed Science and Technology*. 46. 393-405. 10.15258/sst.2018.46.2.21.
2. Halmer, P. 1994. The development of quality seed treatments in commercial practice: objectives and achievements. In *Seed Treatment: Progress and Prospects*. University of Kent, Great Britain, 5–7 January. Kent: British Crop Protection Council and the Pesticides Group of the Society of Chemical Industry, pp. 363–374.
3. McDonald, M. B., Kwong, F.Y. 2005. Flower Seed Priming, Pregermination, Pelleting and Coating. In *Flower Seeds: Biology and Technology*. Oxfordshire: CABI Publishing, pp. 249–263.
4. Sink, K. C. 1984. *Petunia*. 1st ed., Berlin, Germany: Springer-Verlag.
5. Demir, I., Erturk, N. & Gokdas, Z. (2020b). Seed vigour evaluation in petunia seed lots to predict seedling emergence and longevity. *Seed Science and Technology*, 48 (3), 391-400
6. Dr. K Natarajan. Influence of presowing seed treatment with inorganic nutrients on seed and seedling quality characters of petunia CV. Mix. *Int. J. Adv. Biochem. Res.* 2024;8(8S):512-514. DOI: [10.33545/26174693.2024.v8.i8Sh.1853](https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i8Sh.1853)

## МЕТОДЫ УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ЗЕЛЕННЫХ И ПРЯНО-ВКУСОВЫХ КУЛЬТУР

**Никакосова Мария Александровна**, студентка 3 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [MPushkarskaya002@yandex.ru](mailto:MPushkarskaya002@yandex.ru)

**Карпухина Екатерина Андреевна**, студентка 3 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [Katykarpuhina@gmail.com](mailto:Katykarpuhina@gmail.com)

**Научный руководитель – Никитин Михаил Алексеевич**, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto:m.nikitin@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** В данной работе обсуждаются методы ускоренной селекции и их преимущества в современном сельском хозяйстве при разработке новых сортов и гибридов зеленных и пряно-вкусовых культур.

**Ключевые слова:** селекция, зеленные, пряно-вкусовые, *in vitro*, удвоенные гаплоиды, культура изолированных микроспор, молекулярные маркеры, *speed breeding*, геномное редактирование, CRISPR/Cas9

**Актуальность:** в сельском хозяйстве традиционные методы селекции требуют 10-12 лет для создания устойчивого сорта. Такой темп не актуален при нынешних проблемах продовольственной безопасности и адаптации культур к непостоянным климатическим условиям.

**Цель:** предоставить данные и провести комплексный анализ информации о методах ускоренной селекции конкретно зеленных и пряно-вкусовых культур и их реализации.

В данной работе были исследованы различные методы ускоренной селекции зеленных и пряно-вкусовых культур. Сами методы ускоренной селекции включают несколько современных биотехнологических и генетических подходов, которые значительно сокращают сроки создания новых сортов и повышают эффективность отбора.

Используется метод культивирования растительных клеток, тканей или органов *in vitro* в стерильных условиях на питательной среде специально подобранного состава. При этом должен осуществляться контроль фитогормонального баланса и условий выращивания – поддержание оптимального света, температуры и влажности для активного роста. Необходимо получить генетически однородный и здоровый посадочный материал.

Проводят микроклональное размножение тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.) и тимьяна кавказского (*Thymus caucasicus* Willd.) для решения проблемы низкого семя-образования и медленного вегетативного размножения [1].

Молекулярное маркирование существенно ускоряет процесс отбора, сокращая время селекции. С помощью молекулярных маркеров возможно быстро и точно определять наличие в генотипе желаемых генов, контролирующих хозяйственно важные признаки, такие как устойчивость к болезням, срок созревания и прочие. Для ускоренной селекции зеленных и пряно-вкусовых культур используется маркер-ассоциированный отбор (MAS). Маркер-ассоциированная селекция (Marker-Assisted Selection, MAS) – это метод, использующий ДНК-маркеры для ускорения отбора растений с желаемыми генотипами на ранних стадиях развития, еще до проявления признака. Такой подход значительно повышает точность работы селекционера, так как отбор происходит вне зависимости от влияния окружающей среды.

На примере селекции салата (*Lactuca sativa* L.) показана эффективность MAS. Сравнение четырех методов отбора (фенотипический отбор, MAS с маркерами, связанными с QTL, геномная селекция со всеми маркерами, комбинированный подход) показало, что при работе с признаком устойчивости к ложной мучистой росе (DMR) геномная селекция дала более высокую предсказательную способность, чем MAS, особенно при одновременном анализе нескольких локусов. При работе с признаком длительности хранения (shelf-life) маркеры, связанные с QTL, обеспечили более высокую точность предсказаний [2].

Метод удвоенных гаплоидов (Doubled Haploids, DH) – это метод получения полностью гомозиготных растений, применим для ускоренного создания чистых линий и гибридов. Суть метода заключается в выделении гаплоидных клеток (микроспор или пыльников) в стерильных условиях и инкубация их на питательной среде под осмотическим и стрессовым воздействием, которое активирует переход с гаметофитного на спорофитный путь развития, то есть клетка начинает развиваться как растение, но с гаплоидным набором хромосом.

Успешно разработанные протоколы получения удвоенных гаплоидов и сейчас применяются для многих представителей пряно-вкусовых культур. Метод изолированных микроспор и последующего получения линий удвоенных гаплоидов разрабатывался для ускоренной селекции фенхеля (*Foeniculum vulgare* Mill.) и тмина (*Carum carvi* L.) с улучшенными агрономическими показателями [3].

Метод Speed breeding (ускоренное размножение) основан на мониторинге и регулировании абиотических факторов окружающей среды в контролируемых условиях (теплицы, камеры выращивания, plant factory – заводы растений). Контролируется фотопериод, качество света и температура, влажность, поступление питательных веществ и поддержание оптимальной концентрации углекислого газа.

Для зеленных культур, например, для салата (*Lactuca sativa*), метод адаптирован под особенности развития культуры. Рассадный материал выращивают в фабриках растений с полным контролем всех факторов. Результаты показывают, что качество и питательная ценность значительно улучшаются благодаря оптимизации всех условий выращивания [4].

Метод CRISPR/Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats/CRISPR-associated protein 9) представляет собой адаптивную иммунную систему геномного редактирования, которая функционирует как "молекулярные ножницы", способные разрезать последовательность ДНК в заранее определенных местах и вставить новый ген. С помощью CRISPR можно вносить контролируемые изменения в точные локусы генома, и также управлять отбором нежелательных признаков из-за сцепленных генов. В отличие от традиционной селекции, время процесса сокращается с 10+ лет до 2-3 лет при комбинировании со speed breeding.

Салат (*Lactuca sativa*) является одной из наиболее успешных культур при применении CRISPR/Cas9. Например, проводилась селекция на устойчивость к стрелкованию через ген *LsBLH2* и на увеличение урожайности через редактирование гена *SPL13*. Кроме этого, для зеленных и пряно-вкусовых культур CRISPR еще мало применялся, но потенциальные направления включают создание базилика с повышенным содержанием эфирных масел или специфических ароматических соединений и создание шпината с повышенным содержанием железа и других микронутриентов [5].

На сегодняшний день наиболее успешные результаты достигаются при интегрированном использовании нескольких методов, адаптированных к конкретной культуре и целям селекции. Благодаря этим подходам у товаропроизводителей появляется возможность грамотно выстроить этапы производства и последующее продвижение семян на рынке. Развитие методов ускоренной селекции является ключом к решению проблем глобальной продовольственной системы, адаптации культур к климатическим изменениям и повышению их качества и питательной ценности.

### Библиографический список

1. Тевфик А. Ш., Егорова Н. А. ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ И УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДЛЯ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ IN VITRO THYMUS SERPYLLUM L. И THYMUS CAUCASICUS WILLD. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2024. №. 3. С. 40-47. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2024-40-47>.
2. Hadasch, S., Simko, I., Hayes, R.J., Ogotu, J.O. and Piepho, H.-P. (2016), Comparing the Predictive Abilities of Phenotypic and Marker-Assisted Selection Methods in a Biparental Lettuce Population. The Plant Genome, 9: plantgenome2015.03.0014. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.03.0014>.
3. Alison M. R., FerrieMarie L., MykytyshynTerry Bethune. US Patent 7923248B2. (2011, April 12). Methods for producing microspore. <https://patents.google.com/patent/US7923248B2/en>.
4. He R, Ju J, Liu K, Song J, Zhang S, Zhang M, Hu Y, Liu X, Li Y and Liu H (2024) Technology of plant factory for vegetable crop speed breeding. Front. Plant Sci. 15:1414860. doi: 10.3389/fpls.2024.1414860.

5. Choi, S.H., Ahn, W.S., Jie, E.Y. et al. Development of late-bolting plants by CRISPR/Cas9-mediated genome editing from mesophyll protoplasts of lettuce. *Plant Cell Rep* 41, 1627–1630 (2022). <https://doi.org/10.1007/s00299-022-02875-w>.



# МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ ГИНКГО ДВУЛОПАСТНОГО (*GINKGO BILOBA* L.)

**Панкова Мария Сергеевна**, студентка 4 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФБГОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: [masha.pankova.04@bk.ru](mailto:masha.pankova.04@bk.ru)

**Попова Арина Игоревна**, студентка 4 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФБГОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: [arnppv@yandex.ru](mailto:arnppv@yandex.ru)

**Мурзина Эльвира Рафаэлевна**, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФБГОУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: [e.murzina@rgau-msha.ru](mailto:e.murzina@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Гинкго двулопастное было распространено человеком по всему миру из-за его уникальных декоративных качеств и медицинских свойств, однако его размножение связано с рядом трудностей из-за своеобразной биологии этого растения. Микрклональное размножение является наилучшим решением для этой проблемы и нуждается в дальнейшем развитии.

**Ключевые слова:** Гинкго двулопастное, микрклональное размножение, стеблевые узловые сегменты, листья, стебли, боковые почки,

Гинкго двулопастное (*Ginkgo biloba* L.) относится к семейству *Ginkgoaceae* – это растение-эндемик, известное в науке и практике из-за своих уникальных лекарственных свойств [1]. У *Ginkgo biloba* нет близких родственников, он относится к отдельному отделу — *Ginkgophyta*. Этот таксон отличается от хвойных (*Coniferophyta*) репродуктивными структурами, многожгутиковыми сперматозоидами, а от саговниковых (*Cycadophyta*) — вегетативным строением. Молекулярная характеристика генома показала, что Гинкго двулопастной гораздо ближе к саговникам, чем к хвойным [2].

В естественных условиях он произрастает в Китае, Японии и Корее и обычно культивируется в других странах в медицинских или декоративных целях [3]. Гинкго имеет огромное лекарственное, духовное и садоводческое значение в китайской культуре. Листья и семена *этого растения* использовались в китайской фитотерапии на протяжении тысячелетий [4].

Основной интерес к *Ginkgo biloba* сосредоточен на стандартизированных экстрактах листьев. Они содержат гинкголиды и билобалид, гликозиды флавонов и проантоцианидины, все из которых эффективны при лечении периферических и церебральных артериальных нарушений кровоснабжения, особенно у пожилых людей. Сбор листьев Г. двулопастного для лекарственных препаратов ведется на плантациях, выращенных не из отобранных элитных семян, что обуславливает разное содержание целевых веществ. Данную проблему можно решить с

помощью микроклонального размножения, так как черенкование недостаточно эффективно. Были эксперименты, в ходе которых побеги регенерировали из эмбрионов и семян долей и из незрелых зиготических эмбрионов без развития проростков. В других исследованиях удавалось получить побеги, иногда несколько побегов, используя в качестве исходного материала апикальные и узловые почки. Для укоренения необходимо обогащение среды экстрактом эндосперма [5].

Процент всхожести и жизнеспособности семян невысок. Кроме того, традиционные методы размножения требуют много времени и длительной фазы роста, что ставит растение под угрозу исчезновения [6]. Кроме того, вегетативное размножение черенками малоприбыльно и в значительной степени зависит от ювенильной природы эксплантатов. Следовательно, для преодоления упомянутых препятствий размножение *in vitro* может сыграть жизненно важную роль в массовом распространении и производстве этого важного лекарственного и декоративного растения. Хотя ранее предпринимались попытки размножения гинкго с помощью культуры тканей, все еще требуются значительные усилия для того, чтобы сделать его более практичным и повысить эффективность его выращивания, использовать его в качестве коммерческого метода для крупномасштабного производства растения Гинкго двулопастного [3].

Для исследования, проводившегося Кадери А, Мехрафарин А, Резазаде С, Заринпанджех Н, в качестве эксплантатов были собраны листья, стебли и боковые почки молодых травянистых побегов пятилетнего растения гинкго в период активного роста (весна 2020 года, Карадж. Иран). Наилучшие результаты по частоте индукции побегов (100 %), длине регенерированных побегов (2,47 см) и количеству регенерированных листьев на эксплантах были получены при культивировании боковых почек на среде WPM с содержанием кинетина 1 мг/л и индолил-ацетата 0,5 мг/л (таблица 1). Лучшей средой для индукции корней по результатам индукции корней (100 %) и длины регенерированных корней (8,5 см) была среда WPM с добавлением ИУК в концентрации 1 мг/л и АК в концентрации 2 г/л. После акклиматизации выжило 60 % регенерированных черенков [3].

В исследовании 2022 года, которое проводилось Мохаммедом И. Дайбом профессором в Исследовательском центре пустыни, Сабах Анвар Хассанен, профессором биотехнологии растений (культивирование тканей) в Исследовательском центре пустыни и Махдия Ф. Габр, в качестве эксплантатов для микроразмножения использовались стеблевые узловые сегменты, поскольку верхушечные эксплантаты было очень сложно стерилизовать и на питательной среде они погибали. По результатам эксперимента на среде Мурасиге и Скуга (MS) с добавлением 0,54 мкМ  $\alpha$ -нафталин-уксусной кислоты (NAA) и 8,90 мкМ 6-бензиладенина (BA) (таблица 1) были получены лучшие результаты, где наблюдалась высокая инициация роста и развития побегов (72,2 % роста). Осень была наиболее подходящим временем для сбора эксплантатов, так как обеспечивала самый высокий процент выживаемости и роста (72,2 % и 84,61 % соответственно) и среднюю длину побегов (1,2 см). Для определения влияния различных факторов на размножение побегов также использовалась среда MS с

различными концентрациями БА, кинетина (Kin) и тидиазурона (TDZ). Среда, в которую было добавлено 2,22 мкМ БА, дала наибольшее среднее количество побегов (1,94 побега на эксплант) и наибольшую длину побегов (2,84 см). БА оказался наиболее эффективным цитокинином на этапе размножения. Было изучено влияние различных типов ауксинов на укоренение побегов. Полужидкая среда MS с добавлением 2,46 мкМ индол-3-масляной кислоты (ИМК) обеспечила самый высокий процент укоренения (66,7%) при среднем количестве корней (2 корня на побег) и их длине (1,3 см). Также было изучено влияние нитрата серебра ( $\text{AgNO}_3$ ) в различных концентрациях в среде MS, содержащей 2,46 мкМ ИМК, на улучшение состояния корней и акклиматизацию укоренённых растений. Концентрация 23,6 мкМ  $\text{AgNO}_3$  значительно повысила процент укоренения, который достиг максимального значения в 88,9 %, а также значительно увеличила количество корней (4,63 корня на побег) и их длину (3,51 см). 53 % укоренившихся черенков успешно прижились в теплице [6].

Также были проведены опыты по соматическому эбриогенезу из незрелых зиготических зародышей. Семязачатки *G. biloba*, собранные в ноябре 1993 года в Ботаническом саду Нанта (Франция), промывали в проточной воде для удаления саркотесты и высушивали при комнатной температуре. Затем их хранили в темноте при 4 °C в течение 4–6 недель, чтобы сохранить зародыши на незрелой стадии. На различных стадиях развития незрелые зиготические зародыши (НЗЗ), извлеченные микроскопически из гаметофитных тканей, аккуратно брали пинцетом и высаживали, целыми или разрезанными на две части в области гипокотиль-корень, на твердую среду Мурасиге и Такера. НЗЗ культивировали в темноте при  $24 \pm 1$  °C в течение двух месяцев для индукции эмбриогенеза. рН всех сред доводили до 6 с помощью 1 н КОН перед автоклавированием. Присутствие 10 мкМ БА в индукционных средах МТ/2-ВА и МТ-ВА давало большее количество зародышей (т.е. 9,6–5,3 и 3,6–6,5 зародышей на эксплант). Некоторые из зародышей развивались вплоть до поздней семядольной стадии, на которой наблюдалось разделение и позеленение семядолей. Соматические зародыши, механически изолированные от их ткани происхождения и культивированные на твердых средах Мурасиге и Такера (1969) без регуляторов роста, не имели дальнейшего развития. Для гинкго (прямой или непрямой) эмбриогенез наблюдался в зависимости от природы экзогенных регуляторов роста. Фактически, на гипертрофированных семядолях прямой эмбриогенез индуцировался только в присутствии бензиладенина. С другой стороны, когда индукционные среды дополнялись 5–10–20 мкМ НУК, синергическое действие НУК и БА в соотношении АУК/ЦИТ > 1 приводило к соматическим зародышам. Однако это происходило только в том случае, если эмбриогенные каллусы переносили на среды развития без ауксинов. Лучшие частоты (90–95%) для инициации эмбриогенных тканей *G. biloba* были получены при использовании только бензиладенина, показывая, что гинкго способен к эмбриогенезу. Эта способность недавно была показана в экспериментах, которые привели к гаметофитному эмбриогенезу из микроспор и протопластов женского заростка *G. biloba* [7].

В Китае было проведено исследование, направленное на получение гинкголиевой кислоты *in vitro* из различных частей Г. двулопастного с использованием специально разработанной питательной среды GBM (*Ginkgo biloba medium*) (таблица 1). У эксплантов при культивировании на питательной среде GBM (*Ginkgo biloba medium*) с добавлением 2 мг/л 6-бензиладенина (БА) и 0,2 мг/л 1-нафталин-уксусной кислоты (НУК) наблюдалась почти полная индукция пазушных почек (99 %), полученные таким образом регенеранты были использованы для получения целевой кислоты. Индукция адвентивных побегов достигнута на 82% при использовании питательной среды GBM в качестве регуляторов роста использовали 0,2 мг/л БА, 0,02 мг/л кинетина (kin) и 0,2 г/л– пролина (Про). Максимальное удлинение придаточных побегов (92,22 %, в среднем 3,35 см) наблюдалось в среде GBM, содержащей 0,1 мг·л<sup>-1</sup> зеатина (ZT) и 0,01 мг·л<sup>-1</sup> БА. Эта система позволяет массово размножать Гинкго двулопастный и обеспечивает стратегию *in vitro* для получения лекарственных соединений из исчезающих видов растений [8].

Таблица 1. Питательные среды

Источн ик	Тип питательной среды	Загущающий агент	Сахароза
[3]	WPM	7.0 г/л агар	н/д
[6]	MS	0.3% фитогель	3 % по массе
[8]	GBM	30 г·л <sup>-1</sup>	5 г·л <sup>-1</sup>

Проведенный анализ литературы демонстрирует, что *Ginkgo biloba* L. это уникальный объект исследования для лекарственной промышленности. Проведенные на разных эксплантах исследования доказывают, что путем оптимизации состава питательных сред и подбора регуляторов роста возможно достичь высоких показателей регенерации и микроразмножения Гинкго двулопастного, это представляется стратегически важным направлением, позволяющим обеспечить сохранение генофонда вида, его массовое размножение и стабильное получение стандартизованного лекарственного сырья.

### Библиографический список

1. EMMETT FISHER GINKGO BILOBA BIOLOGY, USES AND HEALTH BENEFITS. - New York: Nova Science Publishers, 2016. - 108 с. (дата обращения 09.11.2025)
2. Bikram Singh, Pushpinder Kaur, Gopichand, R D Singh, P S Ahuja Biology and chemistry of Ginkgo biloba // Fitoterapia. - 2008. - №79. - С. 401-418. (дата обращения 10.11.2025)
3. Ardeshir Qaderi, Ali Mehrafarin, Shams ali Rezazadeh, Nasim Zarinpanjeh №20. – С. The efficient method for in vitro micropropagation of Ginkgo biloba L. // Journal of Medicinal Plants. - 2021. - №20. - С. 78 - 89. (дата обращения 10.11.2025)

4. Tasiu Isah Rethinking Ginkgo biloba L.: Medicinal uses and conservation // Pharmacognosy Reviews. - 2015. - №9 (18). - С. 140-148. (дата обращения 09.11.2025)
5. Christine Sohier, Didier Courtois Ginkgo biloba and Production of Secondary Metabolites // Medicinal Plant Biotechnology: From Basic Research to Industrial Applications. - 2008. - С. 493 - 514. (дата обращения 10.11.2025)
6. Mohamed I. Diab, Sabah A. Hassanen and Mahdia F. Gabr Response of Ginkgo biloba L. plant to growth regulators during in vitro propagation // Journal of Agriculture and Veterinary Science. - 2022. - №15. - С. 16-24. (дата обращения 09.11.2025)
7. D. Laurain, J.-C. Chénieux & J. Trtmouillaux-Guiller\* Somatic embryogenesis from immature zygotic embryos of Ginkgo biloba // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. - 1996. - №44. - С. 19-24. (дата обращения 11.11.2025)
8. Xie, Y.; Zheng, K.; Chen, Y.; Li, J.; Guo, J.; Cao, J.; Zhu, M. In Vitro Plantlet Regeneration and Accumulation of Ginkgolic Acid in Leaf Biomass of Ginkgo biloba L. Forests 2025, 16, 1539 (дата обращения 11.11.2025)

## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ ОКРАСКИ ЛЕПЕСТКОВ МАГНОЛИИ

*Парашиутина Ульяна Алексеевна, студентка кафедры Декоративного садоводства, флористики и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: [ulianaparahutina@mail.ru](mailto:ulianaparahutina@mail.ru)*

*Буланов Александр Евгеньевич, старший преподаватель кафедры плодородства, виноградарства и виноделия, [bulanov@rgau-msha.ru](mailto:bulanov@rgau-msha.ru)*

*Эйдлин Яков Тарасович, к.с.-х.н., ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: [ya.eidlin@rgau-msha.ru](mailto:ya.eidlin@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** Целью данной статьи является общий обзор механизмов образования окраски цветков у магнолий, рассмотреть роль основных пигментов и регуляторов антоцианового пути, а также обозначить направления для селекционных исследований в декоративном садоводстве.

**Ключевые слова:** магнолия, селекция, цвет лепестков, флавоноиды.

Растения рода Магнолия обладают высокими декоративными качествами, что делает их очень значимым и ценным материалом для садово-паркового искусства.

Интересный факт, магнолия является очень популярным растением в китайской медицине, парфюмерии, флористике, в китайском садоводстве. Именно поэтому почти все статьи и опыты, которые были изучены, были написаны и проведены китайцами.

Окраска цветков – это одна из основных декоративных характеристик. У магнолии преобладают такие цвета, как белый, розовый и фиолетовый цвета, другие же, например, жёлтый и зелёный, встречаются реже.

Современные исследования показывают, что окраска цветков является результатом сложного взаимодействия биохимических путей синтеза пигментов и генетических регуляторных механизмов. В последние годы особое внимание уделяется антоциановому пути, определяющему образование красных и пурпурных оттенков. Антоциановый путь (или путь биосинтеза антоцианов) – это биохимическая цепочка реакций, в которой их исходных соединений (обычно из аминокислот фенилаланина) синтезируются антоцианы. Благодаря развитию транскриптомики и метаболомики удалось идентифицировать ключевые гены и ферменты, участвующие в регуляции антоцианов у различных видов магнолии. Эти данные открывают новые перспективы для целенаправленной селекции сортов с желаемыми декоративными характеристиками, устойчивыми к стрессам и адаптированными к разным климатическим условиям.

Каротиноиды, алкалоиды и флавоноиды составляют основные классы пигментов, влияющих на состав цвета.

Типы флавоноидов в лепестках магнолии относительно немногочисленны: всего два типа антоциановых агликонов и три типа флавоноловых агликонов. Другие флавоноиды, такие как флавоны, отсутствуют, а гликозиды, включая рамнозид, глюкозид и рутинозид, присутствуют в лепестках магнолии только в трёх видах: рамнозид, глюкозид и рутинозид. Цианидин и пеонидин придают лепесткам магнолии красно-фиолетовый и фиолетовый цвета соответственно, тогда как флавонолы, по-видимому, служат вспомогательными пигментами, в частности кверцетин.

Флавоноиды особенно важны, поскольку они производят широкий спектр пигментных цветов от желтоватого до сине-фиолетового, тем самым влияя на окраску лепестков. В рамках флавоноидного пути антоциановые гликозиды представляют собой особую группу флавоноидов, которые производятся в процессе метаболизма растений. Антоциановые гликозиды, включая антоцианидин и антоцианин, преимущественно присутствуют в виде антоциана в растительных клетках. Антоциан, полученный из антоцианидина, используется примерно 80 % семейств покрытосеменных растений для определения окраски цветков, что подчеркивает ключевую роль антоцианов в пигментации различных растительных тканей [5].

Исследования последних лет значительно продвинули понимание молекулярных основ окраски цветков у магнолии. В 2024 году было установлено, что транскрипционный фактор MwMYB1 (семейство MYB – участвует в развитии растения, а именно во вторичном метаболизме, гормональной передаче сигнала, устойчивости к болезням, форме клеток, развитии органов) играет ключевую роль в активации генов антоцианового пути (CHS, CHI, F3H, DFR, ANS) у Магнолии Шпренгера (*Magnolia sprengeri* Wilson.), определяя интенсивность пурпурной окраски лепестков. При экспериментальном повышении экспрессии генов наблюдалось увеличение содержания антоцианов, что подтвердило его активирующую функцию [1].

Это также подтверждается в сравнительном анализе пигментов у Магнолии Бонди (*M. Biondii* Pamp.) и её пурпурной разновидности (*M. biondii* var. *purpurascens*). Он показал, что различия в окраске связаны не только с концентрацией флавоноидов, но и с уровнем экспрессии генов F3H (флаванон-3-гидроксилаза), DFR (дигидрофлаванол-4-редуктаза) и ANS (антоцианидин-синтаза).<sup>4</sup> Пурпурные формы подвержены повышенной экспрессией этих генов, по сравнению с белоцветковой формой, что ведёт к интенсификации антоцианового синтеза и формированию более насыщенной окраски лепестков [2].

Аналогичные результаты были получены в 2025 году для Магнолии лилиецветной (*M. Liliiflora* Desr.), где фактор MITT8 (семейство белков bHLH – структура базовая спираль-петля-спираль, эти белки играют ключевую роль в регуляции экспрессии генов, дифференцировке клеток, нейрогенезе) усиливает синтез антоцианов через взаимодействие с промотором гена CHS ([chalcone synthase](#), играет ключевую роль в метаболизме растений). Эти данные подтверждаются метаболомными исследованиями, где отмечено, что в процессе

цветения происходят динамические изменения содержания антоцианов и отсутствующих метаболитов [3].

Геномные исследования позволили впервые реконструировать пути биосинтеза флавоноидов у магнолий и показали, что гены, ответственные за антоциановый путь, консервативны среди Магнолиевых, но их регуляция может варьировать между видами и сортами. Интересные данные также получены для близкого вида Микелии белой (*Michelia alba*): выявлены гомологичные гены антоцианового пути и показано, что их эволюционные изменения влияли на появление белоцветковых форм [6].

В целом, исследования последних пяти лет демонстрируют растущий интерес к изучению молекулярных основ окраски цветков у магнолий. Выявленные механизмы антоцианового пути и регуляции экспрессии генов открывают новые возможности для селекции сортов с улучшенной декоративностью, расширяя ассортимент садово-парковых культур с устойчивой окраской и адаптацией к различным климатическим зонам.

### Библиографический список

1. MYB-1 regulates anthocyanin biosynthesis in *Magnolia wufengensis* (X. Liu et al., 2024) – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39536508/> (Дата обращения – 01.11.2025)
2. Flavonoid components and gene expression analysis reveal flower pigmentation difference between *Magnolia biondii* and its variety *M. biondii* var. *purpurascens* (N.-h. Wang et al., 2022) – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/355714906\\_Flavonoid\\_components\\_and\\_gene\\_expression\\_analysis\\_reveal\\_flower\\_pigmentation\\_difference\\_between\\_Magnolia\\_biondii\\_and\\_its\\_variety\\_M\\_biondii\\_var\\_purpurascens](https://www.researchgate.net/publication/355714906_Flavonoid_components_and_gene_expression_analysis_reveal_flower_pigmentation_difference_between_Magnolia_biondii_and_its_variety_M_biondii_var_purpurascens) (Дата обращения – 01.11.2025)
3. MITT8 enhances anthocyanin biosynthesis in *Magnolia liliiflora* (J.J. Wang et al., 2025) – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423825004042> (Дата обращения – 29.10.2025)
4. Flavonoid Components of Different Color Magnolia Flowers and Their Relationship to Cultivar Selections (N.-h. Wang et al., 2019) – Режим доступа: <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/54/3/article-p404.xml> (Дата обращения – 01.11.2025)
5. Advances in the biosynthesis and regulatory mechanisms of anthocyanins in horticultural plants: a comprehensive review (Kunkun Zhao et al., 2025)– Режим обращения: <https://www.maxapress.com/article/doi/10.48130/tp-0025-0002> (Дата обращения – 03.11.2025)
6. A high-quality haplotype genome of *Michelia alba* DC reveals differences in methylation patterns and flower characteristics (Jiang S. et al., 2024) – Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11134676/> (Дата обращения – 02.11.2025)



## ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОВИРУСНОГО ИМУНОСТИМУЛИРУЮЩЕГО ПРЕПАРАТА НА УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТА В ЗАЩИЩЁННОМ ГРУНТЕ

**Полянская Анастасия Владимировна**, студент кафедры овощеводства, института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [nastya.p-2004@mail.ru](mailto:nastya.p-2004@mail.ru)

**Научный руководитель - Воробьёв Михаил Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [vorobyov@rgau-msha.ru](mailto:vorobyov@rgau-msha.ru)

**Аннотация.** Проведено исследование влияния обработок противовирусного иммуностимулирующего препарата «Мультотифт» на урожайность томатов черри в условиях современного тепличного комбината ООО «ТК Мичуринский», г. Мичуринск.

**Ключевые слова:** томат, иммуностимулирующий препарат, защищённый грунт, вирус коричневой морщинистости (TobRFV), урожайность

**Введение.** Томат является одной из самых распространенных овощных культур на планете, ежегодно засаживая около 5 миллионов гектаров земли и производя порядка 190 миллионов тонн продукции. Представляют собой ценную сельскохозяйственную культуру благодаря своим отличным вкусовым качествам и богатству полезных элементов. Их плоды богаты антиоксидантами. Постоянное включение томатов в рацион помогает уменьшить вероятность развития болезней сердца и сосудов. Производство томатов в России относится к числу быстроразвивающихся инновационных направлений агропромышленного комплекса, значительную роль в поставках свежих овощей круглый год играет тепличное хозяйство [6].

В последнее время заметно увеличивается площадь выращивания сортов томатов типа черри. Они пользуются большим спросом среди потребителей, поскольку часто употребляются свежими и используются целиком в салатах. Популярность томатов черри объясняется повышенным содержанием сахара и витаминов примерно в полтора-два раза больше, чем у обычных крупных сортов. Годовая урожайность сорта черри достигает уровня от 22 до 30 килограммов с квадратного метра [1].

Однако монокультура, интенсивная селекция, распространение инфицированного посадочного материала и изменения климатических условий способствуют возникновению множества патогенных микроорганизмов и ускоряют появление новых заболеваний, помогая возбудителям адаптироваться даже в необычной среде обитания. Среди всех вредоносных факторов особенно угрожающими оказываются вирусы, способные стремительно размножаться и приводить к значительным потерям урожая [3].

Особенную угрозу мировому производству томатов несет недавно выявленный высоко заразный вирус коричневой морщинистости (TobRFV). Впервые данный вирус обнаружили в теплицах Иордании в 2015 году, ранее же, в 2014-м, на юге Израиля зафиксировали массовое поражение устойчивого сортового состава томатов, растущих в закрытом грунте. Впоследствии выяснилось, что причиной стала именно инфекция TobRFV. Этот вирус отличается чрезвычайно быстрым распространением и уже успел существенно расширить свою географию заражения в России. Сегодня TobRFV признан опасным карантинным объектом и внесён в перечень особо опасных вредителей и болезней растений, пока не обнаруженных на территории России [2,4].

**Цель исследований** - изучить влияние обработок иммуностимулирующим препаратом на культуре томата в защищённом грунте для повышения продуктивности.

**Материалы и методы.** Эксперимент проводился в условиях защищенного грунта в 2024 году. Предметом изучения были гибридный сорт томата черри F1: «Аксиани красный». Этот гибрид характеризуется неограниченным ростом стебля (индетерминантного типа), массой плодов 10-15 г и средней урожайностью товарных плодов порядка 13,9 кг/м<sup>2</sup> в условиях остекленных теплиц. Для обработок использовали противовирусный иммуностимулирующий препарат «Мультифит».

Семена были посеяны в специальные кассеты для рассады, заполненные минеральной ватой Grodan в 1-2 декаде августа в специализированном помещении для выращивания рассады. Затем семена были покрыты слоем вермикулита.

Напитка кассет проводилась раствором с ЕС=1,8 мСм, pH=5,2. Рассада выращивалась на рассадных культивируемых столах. Через две недели после появления первых ростков провели пикировку растений в крупные минераловатинные кубики SPELAND MID размерами 100x100x65 мм. Высадку всех гибридов проводили в блоки площадью 2,9 га. Густота стояния F1 «Аксиани красный» при посадке была 2,44 раст./м<sup>2</sup>. Далее в процессе вегетации густота стояния была изменена на 4,4 раст./м<sup>2</sup> [5].

В одном из блоков 6 ноября был обнаружен вирус TobRFV, обработок не проводилось, блок был закрыт на карантин. Проявилась мозаичность на листе растения. Через 2 недели зафиксирован случай появления вируса в другом блоке. Была разработана схема обработки препаратом «Мультифит». Обработки проводили из расчета 1,5 л/га при расходе рабочего раствора 100 л. Применяли 3-х кратную обработку с интервалом 7-14 дней. Способ обработки – опрыскивание мелкодисперсным распылителем по листу. Обработывали, по рекомендации производителя, в пасмурный день или утреннее/вечернее время. Обработку начали проводить на 3 неделю после начала плодоношения. Учёт урожайности проводили по месяцам. Измерения среднего веса собираемого плода и среднего веса кисти проводили раз в неделю на 5 модельных растениях.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Данные по урожайности томата представлены в таблице 1.

*Таблица 1.*

### Хозяйственно-ценные признаки томата черри в двух вариантах

Аксиани красный	Средняя урожайность в месяц кг/м <sup>2</sup>	Урожайность за весь период вегетации кг/м <sup>2</sup>	Максимальная урожайность в месяц кг/м <sup>2</sup>	Средний вес собираемого плода, г	Средний вес кисти, г
Контроль	1,35	12,21	2,16	9,14	113,40
Мультифит	2,15	19,38	2.91	10	168,00

Эти данные показывают, что в результате опыта наибольшая урожайность за период вегетации у гибрида «Аксиани красный» при обработке препаратом Мультифит. Урожайность с обработкой значительно выше, чем без обработки, как в среднем за месяц, так и за весь период вегетации. Средний вес плодов также увеличивается при обработке, что свидетельствует о более крупных и, вероятно, более качественных плодах.

### Библиографический список

1. Иванов П. И., Терехова В.И. К вопросу роста и развития плодов томата //Овощи России. – 2023. – №. 5. – С. 79-83.
2. Avni B., Gelbart D., Sufrin-Ringwald T., Zinger A., Chen L., Machbash Z., Bekelman I., Segoli M., Dombrovsky A., Kamenetsky R., Levin I., and Lapidot M. Tomato genetic resistance to tobamoviruses is compromised // acta horticulture. –2020. – С 1-9.
3. Каримова Е., Шнайдер Ю. А. Вирус коричневой морщинистости плодов томатов: потенциальная угроза для производства томатов и перца.. – 2023. – №. 1. – С. 84-87.
4. Терехова В. И. и др. Влияние некорневых обработок органическими препаратами на качество и урожайность продукции томата //Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – №. 4. – С. 102-115.
5. Ахияров,Б. Г. Использование вермикулита при выращивании рассады овощных культур/ Р. Р. Исмагилов, Р. Р. Рахимов// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. –Оренбург: – Издательство ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет». –2018. –No 2. – С. 51.
6. Tietel Z., Yermiyahu U., Bar-Tal A. Sulfate fertilization preserves tomato fruit nutritional quality //Agronomy. – 2022. – Т. 12. – №. 5. – С. 1117.
7. Воробьев, М. В. Современные гибриды томата, оценка урожайности и биохимического состава плодов / М. В. Воробьев, М. Е. Дыйканова // XII Неделя науки молодежи северо-восточного административного округа г. Москвы, посвященная 160-летию К.Э. Циолковского: сборник статей. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – С. 338–340.
8. Воробьев, М. В. Способ выращивания коктейльных томатов в защищенном грунте в продленном обороте / М. В. Воробьев, Д. А. Федоров, В. Д. Богданова // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня

рождения Н.Н. Худякова: сборник статей, Москва, 07–09 июня 2021 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 316-319. – EDN ZLHNPU.

9. Воробьев, М. В. Влияние арочных кистедержателей на урожайность томата в весенней плёночной теплице / М. В. Воробьев, М. Е. Дыйканова // Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 14 ноября 2023 года. – Балашиха: Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского, 2023. – С. 163-167. – EDN KMILIL.

10. Рамазанов, К. М. Розовоплодный томат в фермерской теплице в Каякентском районе Дагестана / К. М. Рамазанов, Д. А. Федоров, М. В. Воробьев // Картофель и овощи. – 2023. – № 10. – С. 25-28. – DOI 10.25630/PAV.2023.28.22.001. – EDN EHOMDP.

# МАРКЕРЫ ЦВЕТЕНИЯ У ОЗИМОГО РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.)

**Попова Арина Игоревна**, студентка 4 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: arnprpv@yandex.ru

**Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: a.vishnyakova@rgau-msha.ru

**Панкова Мария Сергеевна**, студентка 4 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: masha.pankova.04@bk.ru

**Аннотация:** В статье представлен обзор различных маркеров, позволяющих определить готовность растений озимого рапса перейти к цветению после яровизации и возможности применения этих маркеров в ускорении селекции.

**Ключевые слова:** озимый рапс, яровизация, молекулярные маркеры, speed breeding, апикальная меристема.

Рапс – важная масличная культура, выращиваемая более чем в 50 странах по всему миру. Это аллотетраплоидная культура, полученная в результате гибридизации *Brassica rapa* L. (AA) и *Brassica oleracea* L. (CC) [3, 5].

Для озимого рапса необходим процесс яровизации – физиологической реакции растений на пониженные температуры, являющейся адаптацией к климатическим условиям. Без прохождения яровизации озимые культуры не переходят от вегетативной к генеративной фазе развития [2].

Определение сроков завершения этапа яровизации и переключения генетической программы необходимо для ускорения селекции озимого рапса. В полевых условиях его вегетационный период составляет 290–320 дней, и, таким образом, за один год возможно получить одно поколение озимого рапса. Благодаря применению протоколов speed breeding время от посева до получения семян в разных исследованиях удалось сократить до 73 дней у ярового рапса, 87 – у полужимного и 125 – у озимого, что позволило получить от 3 до 4 поколений за год [1,4].

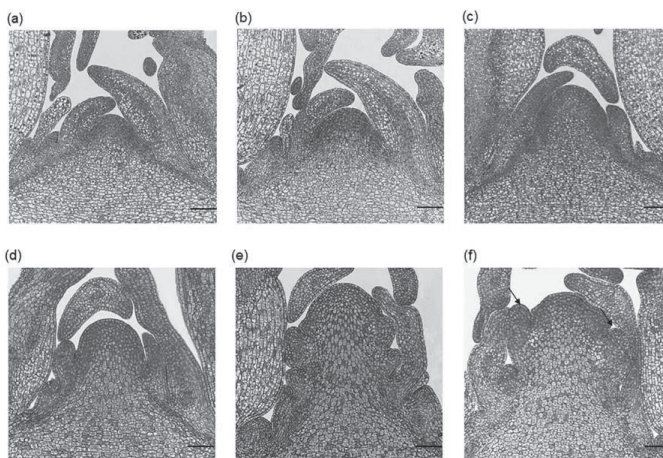
Время воздействия на растения озимого рапса пониженных температур варьируется от 30 до 60 и более дней. Такой разброс возникает из-за того, что разные генотипы имеют разную потребность в продолжительности яровизации. Зачастую растения подвергают воздействию холода на более длительный промежуток времени, чем необходимо. Применение различных маркеров для определения завершения яровизации может помочь четко определить необходимое количество дней действия пониженных температур, что позволит сократить общую продолжительность вегетационного периода [7].

В регуляции цветения рапса участвуют гены, расположенные в следующих локусах: *FLOWERING LOCUS C (FLC)*, *FLOWERING LOCUS T (FT)*, *FLOWERING LOCUS D (FD)*, *FRIGIDA (FRI)*, *VERNALIZATION INSENSITIVE 3 (VIN3)*, *CONSTANS (CO)*, *SUPPRESSOR OF OVEREXPRESSION OF CONSTANS 1 (SOC1)*, *LEAFY (LFY)* *APETALA1 (API)*. Для определения уровня экспрессии этих генов применяют количественную real-time ПЦР [2,3,6,8].

Помимо молекулярных маркеров, с помощью которых можно определить завершение яровизации и готовность растений озимого рапса переходить к цветению, возможно также полагаться на морфологические признаки.

В исследовании Matar et al., 2021 у растений, посеянных в конце августа, цветочные почки в апикальной меристеме развились к середине ноября. Цветение же наблюдалось в конце апреля-начале мая, то есть время от посева до цветения в полевых условиях составило 241–251 день. Таким образом, растения перешли к генеративному развитию уже осенью и находились в состоянии покоя до цветения 160 дней. Чтобы проанализировать, способствовало ли сокращение фотопериодов зимой формированию этой стадии покоя после перехода к цветению, все образцы выращивали в контролируемых условиях окружающей среды. Растения рапса выращивали в условиях длинного дня в течение трех недель, а затем подвергали воздействию различных фотопериодов во время и после яровизации (8 недель, 4°C). Использовали следующие комбинации фотопериодов: длинный день (ДД), протяженностью 16 часов, во время и после яровизации (ДД-ДД); ДД при яровизации и короткий день (КД), протяженностью 8 часов, после яровизации (ДД-КД); КД на яровизации и ДД – после (КД-ДД) и КД-КД. Растения, которые постоянно находились в условиях длинного дня, показали наибольшую синхронизацию и зацвели через 20–25 дней после окончания яровизации. Растения на ДД-КД начали цвести через 35 дней у самых ранних образцов и менее синхронно. Яровизация в условиях КД с последующим выращиванием в условиях ДД задержала цветение у одних образцов и усилила его у других: в среднем время до цветения составило 35 дней. Растения, яровизированные на КД и выращиваемые в дальнейшем на КД зацвели позже всех, в среднем через 65 дней, и были наименее синхронизированы. Это указывает на то, что условия КД во время и после яровизации задерживают цветение [2].

Для изучения морфологических изменений в апикальной меристеме верхушечную почку срезали через 3, 4, 5, 6, 7 и 8 недель после начала яровизации при температуре 4°C в условиях длинного дня. После пяти недель яровизации апикальная меристема все еще находилась в вегетативной стадии (рис. 1с), но значительно увеличился в размерах по сравнению с другими растениями на третьей и четвертой неделях яровизации (рис. 1а, b). Еще через неделю меристема приобрела более куполообразную форму, напоминая меристему соцветия (рис. 1d), и уже на седьмой неделе яровизации цветочные бутоны стали заметны и были еще более отчетливо видны на восьмой неделе (рис. 1е, f) [2].



**Рисунок 1 – Переход к цветению в апикальной меристеме побега растений сорта Express617 во время яровизации. Продольные срезы верхушек растений сорта Express617, окрашенные толуидиновым синим, которые еженедельно собирали во время яровизации при температуре 4°C в условиях длинного дня. (a)–(c) Меристема растений сорта Express617 после 3, 4 и 5 недель яровизации. (d) Куполообразная меристема, напоминающая меристему соцветия, после 6 недель яровизации. (e), (f) меристема соцветия с цветочной меристемой после 7 и 8 недель яровизации. Масштабная линейка = 100 мкм, чёрными стрелками обозначена цветочная меристема [2]**

Таким образом, для определения готовности растений озимого рапса к цветению после яровизации можно опираться на экспрессию генов и изменение строения апикальной меристемы.

### **Библиографический список**

1. Ghosh, S., Watson, A., Gonzalez-Navarro, O. E., Ramirez-Gonzalez, R. H., Yanes, L., Mendoza-Suárez, M., et al. (2018). Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research. *Nat. Protocol.* 13, 2944–2963.
2. Matar, Sarah & Kumar, Avneesh & Holtgräwe, Daniela & Weisshaar, Bernd & Melzer, Siegbert. (2020). The transition to flowering in winter rapeseed during vernalization. *Plant, Cell & Environment.* 44. 506-518.
3. Song, Y., Duan, X., Wang, P., Li, X., Yuan, X., Wang, Z., et al. (2022). Comprehensive speed breeding: a high-throughput and rapid generation system for long-day crops. *Plant Biotechnol. J.* 20, 13–15.
4. Watson, A., Ghosh, S., Williams, M. J., Cuddy, W. S., Simmonds, J., Rey, M. D., et al. (2018). Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nat Plants.* 4, 23–29.

5. Wigge, Philip & Kim, Min Chul & Jaeger, Katja & Busch, Wolfgang & Schmid, Markus & Lohmann, Jan & Weigel, Detlef. (2005). Integration of Spatial and Temporal Information During Floral Induction in Arabidopsis. *Science* (New York, N.Y.). 309.
6. Вишнякова А.В., Гаус Г.Ю., Александрова А.А. [и др.] Комплексный подход ускоренной селекции F1-гибридов ярового рапса на основе ЦМС // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 35-50. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-5-35-50.
7. Новоселов Ю.К., Воловик В.Т., Рудоман В.В. и другие «Ресурсосберегающая технология возделывания озимого рапса на семена в Нечерноземной зоне России» - М.: ФГУ РЦСК, 2010 - 36 с.
8. Фадина, О. А. ДНК маркеры гена вернализации FRIGIDA у культурных видов Brassica / О. А. Фадина, Э. Е. Хавкин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 2. – С. 3-6. – EDN RWZYZL.



SPEED BREEDING: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В РОССИИ

**Прождорина Полина Андреевна**, бакалавр кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [prozhorinap@yandex.ru](mailto:prozhorinap@yandex.ru)

**Буланов Александр Евгеньевич**, старший преподаватель кафедры плодородства, виноградарства и виноделия, [bulanov@rgau-msha.ru](mailto:bulanov@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Целью данной статьи является общий обзор перспективы современных способов применения ускоренной селекции в России. В статье рассмотрены основные принципы технологии Speed Breeding (ускоренной селекции), а также ее преимущества по сравнению с традиционными методами селекции.

**Ключевые слова:** Speed Breeding, ускоренная селекция, фотопериод.

Современная селекция растений сталкивается с необходимостью ускорения создания новых сортов и гибридов, поскольку традиционные методы занимают довольно продолжительное время, длящееся по несколько лет для выведения только одного необходимого сорта. Технологии удвоенных гаплоидов, используемые для сокращения селекционного процесса [1, 2, 3, 4] имеют ограниченное применение и подходят не для всех культур. Технология Speed Breeding (SB), или ускоренная селекция, основанная на управлении условиями фотопериода, температуры и освещенности, позволяет получать до 4-6 поколений растений в год, что кардинально меняет временные рамки селекционного процесса [5, 6].

Технология Speed Breeding заключается в создании контролируемых условий окружающей среды, которые минимизируют жизненный цикл растения и максимизируют скорость его развития. Необходима оптимизация фотопериода, заключающаяся в использовании длинного светового дня (до 22 часов), что предотвращает переход растений в состояние покоя и стимулирует непрерывный рост и быстрое цветение. Наиболее важным условием является интенсивное освещение с применением светодиодных систем освещения с оптимальным спектром (преимущественно синий и красный), обеспечивающих высокую интенсивность фотосинтетически активной радиации (ФАР). Необходим так же контроль и поддержание постоянной оптимальной температуры и влажности воздуха, способствующих активному метаболизму. Сюда же входит интенсификация питания, заключающаяся в использовании гидропонных или аэропонных систем для точной подачи питательных веществ. Данные подходы были успешно использованы на таких культурах, как пшеница, ячмень, нут, рапс и на ряду других овощных культур [7].

Данная технология имеет, как свои преимущества, так и ограничения. Главным преимуществом Speed Breeding является сокращение времени селекционного цикла в 2-3 раза, а также возможность быстрой фиксации желаемых признаков, таких как, например, устойчивость к болезням или засухе. Снижается зависимость от сезонности и климатических условий. Также есть возможность совместимости с современными методами геномики и молекулярной селекции (MAS, GS).

При внедрении данной технологии в России можно столкнуться с рядом непростых задач. В первую очередь это высокие капитальные затраты на оборудование (фитотроны, климатические камеры, LED-системы). Сюда же входят и значительные операционные расходы на электроэнергию. Существует также необходимость адаптации протоколов для каждого конкретного вида и сорта. Очень важен набор квалифицированных специалистов, для работы в сфере селекции, физиологии растений и инженерии. Первоочередной задачей является разработка и оптимизация протоколов SB для ключевых для России культур: яровой и озимой пшеницы, ячменя, картофеля, сои. Это позволит ускорить создание сортов, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам, характерным для разных регионов страны. SB не является полной заменой, а лишь дополняет полевое испытание. Полученные в ускоренном режиме линии должны проходить обязательную оценку в полевых условиях для подтверждения их хозяйственной ценности. Для успешного развития инфраструктуры необходимо создание научных центров коллективного пользования на базе ведущих аграрных ВУЗов и научно-исследовательских институтов, таких как, например, РГАУ-МСХА, ВИР, ВНИИСБ, которые позволят сделать технологию доступной для широкого круга селекционеров.

Speed Breeding представляет собой новейшую современную технологию, способную вывести российскую селекцию на качественно новый уровень. Для ее успешного внедрения потребуются определенные усилия, касающиеся как научного сообщества, так и государства, и бизнеса. Инвестиции в исследования, развитие инфраструктуры и подготовку кадров в этой области окупятся за счет создания конкурентоспособных, высокопродуктивных сортов, что в долгосрочной перспективе будет способствовать укреплению продовольственного суверенитета и экспортного потенциала Российской Федерации.

### **Библиографический список**

1. Григолава Т.Р., Вишнякова А.В., Зубко О.Н. [и др.] Влияние гелеобразователя питательной среды на эмбрио- и каллусогенез в культуре изолированных семязачатков свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 6. С. 32-41. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-6-32-41
2. Сеницына, А. А. Сравнительная оценка выхода удвоенных гаплоидов *Brassica oleracea* var. *capitata* L. и *Brassica napus* L. в культуре изолированных микроспор / А. А. Сеницына, А. В. Вишнякова, С. Г. Монахос // Картофель и овощи. – 2022. – № 4. – С. 37-40. – DOI 10.25630/PAV.2022.29.31.008

3. Григолава Т.Р., Вишнякова А.В., Синицына А.А. [и др.] Методические подходы создания удвоенных гаплоидов сахарной и столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 3. С. 276–283. DOI: 10.18699/VJ21.031.
4. Вишнякова А.В., Гаус Г.Ю., Александрова А.А. [и др.] Комплексный подход ускоренной селекции F1-гибридов ярового рапса на основе ЦМС // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 35–50. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-5-35-50
5. Watson A., Ghosh S., Williams M.J. et al. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding // *Nature Plants*. 2018. Vol. 4. P. 23–29.
6. Hickey L.T., Hafeez A.N., Robinson H. et al. Breeding crops to feed 10 billion // *Nature Biotechnology*. 2019. Vol. 37. P. 744–754.
7. Ghosh S., Watson A., Gonzalez-Navarro O.E. et al. Speed breeding in growth chambers and glasshouses for crop breeding and model plant research // *Nature Protocols*. 2018. Vol. 13. P. 2944–2963.
8. Боровикова Е.А., Монахос С.Г. Современные технологии в селекции растений: от маркеров к ускоренным циклам // Картофель и овощи. 2021. № 5. С. 34–37.
9. Speed Breeding: современные вызовы и перспективы. – Режим доступа: <https://www.speedbreeding.org> (Дата обращения: 20.11.2023).

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ГАПЛОИДИИ В СЕЛЕКЦИИ САХАРНОЙ И СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

**Пронюшкин Александр Андреевич**, бакалавр кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [records687@gmail.com](mailto:records687@gmail.com)

**Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Аннотация:** анализ методов гаплоидии и сравнение их эффективности в селекции свеклы столовой и сахарной для последующего создания удвоенных гаплоидов, противопоставление методов гаплоидии классическим методам селекции чистых линий.

**Ключевые слова:** свекла, сахарная свекла, гаплоид, удвоенные гаплоиды, *Beta vulgaris* L.

*Beta vulgaris* L. – вид широко возделываемых растений семейства Амарантовые, объединяющий в себе такие известные растения, как сахарная и столовая свекла, которые мы и рассмотрим далее.

Сахарная свекла – культура, входящая в 10 стратегических агрокультур России, являющаяся основным сырьём для производства сахара как в нашей стране, так и во многих других со схожим климатом.

Свекла столовая – растение, играющее важную роль как в культуре, так и в рационе народов России и восточной Европы, используется в косметических целях, а также в народной и классической медицине.

Важность культивации свеклы трудно переоценить, однако селекция этой культуры – долгий и трудоёмкий процесс, который может не увенчаться успехом даже за долгие годы. Для получения лишь потомства первого поколения потребуется 2 вегетационных сезона, выявление же не полезных рецессивных признаков может потребовать многократных пересевов и самоопылений вплоть до 6-10 поколений.

Кратно ускорить селекционный процесс позволяют методы гаплоидии, с дальнейшим использованием техники удвоенных гаплоидов, при использовании которой получение потомства без расщепления и высокой закрепленностью интересующих признаков возможно всего за 1 период размножения.

Методы гаплоидии:

А) Андрогенез

Б) Гиногенез

Одним из распространённых методов создания гаплоидов является Андрогенез – процесс формирования гаплоидных растений через культивирование пыльников, во многих случаях это простой и эффективный

способ, но эксперименты по применению его к сахарной свекле доказали крайне низкую эффективность: в эксперименте D. Hosemans и D. Bossoutrot в 1983 году из 7237 изолированных семязачтков было получено лишь 17 гаплоидных растений (эффективность метода оказалась менее 0.2%), с тех пор было предпринято несколько безуспешных попыток превзойти этот результат, после которых основным методом создания гаплоидов свеклы столовой и сахарной был признан гиногенез [1].

Гиногенез – метод с использованием технологии *in vitro*, аналогичный андрогенезу, но выживаемость культивируемых семязачтков при его использовании кратно выше – при эксперименте Wremerth, Levall 2003 года было получено 15 культивируемых семязачтков из 100 (15% выживаемости) против 17 из 7237 (0.2% выживаемости) в эксперименте с андрогенезом D. Hosemans, D. Bossoutrot 1983 года.

Общей проблемой методов гаплоидии для культур вида *Beta vulgaris* является проблема удвоения гаплоидов *in vivo*, для повышения эффективности удвоение проводят в культуре *in vitro*, для чего необходимы своевременные методы идентификации. Основным методом идентификации является поточная цитометрия для отделения гаплоидов от клонов материнского растения, используются кодоминантные молекулярные маркеры. Клетки, которые при их использовании будут гомозиготны – искомые удвоенные гаплоиды, гетерозиготные – клоны исходного растения. Существуют так же и морфологические признаки, свойственные гаплоидам, такие как образование более узких, «веретеновидных» листьев, повышенная скорость роста и количество органов [2].

Основной причиной низкой эффективности выявления интересующих исследователя структур является низкая регенерационная способность эмбриоидов и каллуса, закономерности повышения которой стремились выявить исследователи. Например, удалось выяснить, что на регенеративную способность влияют как генотипические особенности растений-доноров, так и стадии развития женского гаметофита. Отмечена так же и значительная роль экзогенных факторов – содержание и соотношение регуляторов роста в питательной среде, сезон проведения исследований, обработки бутонов и условия окружающей среды при проращивании, температура и освещенность [3, 4, 5, 6].

*Beta vulgaris* – вид, имеющий неопределимую важность для мирового сельского хозяйства, однако классическая селекция этого вида – крайне непростая и время затратная задача для селекционера, главным инструментом для решения которой при должном развитии станут методы гаплоидии, самым перспективным и результативным из которых на данный момент является гиногенез, позволяющий исключить необходимость многолетнего процесса селекции чистых линий.

### Библиографический список

1. Т.Р. Григолова и др. Методические подходы создания удвоенных гаплоидов сахарной и столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.) / А.В. Вишнякова, А.А.

Синицына, А.В. Воронина, О.Н. Зубко, О.В. Зудова, С.Г. Монахос // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021;25(3): С. 276-283

2. А. М. Зарецкий и др. К вопросу о получении удвоенных гаплоидов столовой свеклы *Beta vulgaris* l. var. *conditiva* Alef. (обзор) / А. Б. Курина, Д. В. Соколова // труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023-4: С. 232-239

3. Е.О. Колесникова и др. Биотехнологии гаплоидов как инструмент создания селекционного материала сахарной свеклы / Е.И. Донских, Р.В. Бердников // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021;25(8): С. 812-821

4. Григолава Т.Р., Вишнякова А.В., Зубко О.Н. [и др.] Влияние гелеобразователя питательной среды на эмбрио- и каллусогенез в культуре изолированных семязачатков свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 6. С. 32-41. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-6-32-41.

5. Grigolava T.R., Vishnyakova A.V., Voronina A.V. [et al.] The effects of sugars and growth regulators on embryo-and callusogenesis in isolated ovules culture of beetroot, *Beta vulgaris* L // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2021. Vol. 19, No. 5. P. 1011-1015. DOI: 10.22124/cjes.2021.5351

6. Григолава Т.Р., Вишнякова А.В., Монахос С.Г. Движение к культуре изолированных микроспор свеклы столовой // Картофель и овощи. 2022. № 5. С. 37-40. DOI: 10.25630/PAV.2022.18.81.007.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ORCHIDACEAE (НА ПРИМЕРЕ PHALAEOPSIS)

*Прохоренко Дарья Дмитриевна, бакалавр, институт Садоводства и Ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [prohorenkodarya@icloud.com](mailto:prohorenkodarya@icloud.com)*

*Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна, доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** Целью данной статьи является комплексный анализ современных методов микроклонального размножения орхидей, сфокусированный на оптимизации протоколов для рода *Phalaenopsis*.

**Ключевые слова:** *Orchidaceae*, *Phalaenopsis*, микроклональное размножение, оптимизация, питательные среды, регуляторы роста, соматическая изменчивость, прямой органогенез.

**Введение:** Орхидеи (семейство *Orchidaceae*) занимают лидирующее положение на мировом рынке декоративных растений, а род *Phalaenopsis* является одним из наиболее коммерчески значимых. Традиционные методы размножения (семенной и вегетативный) не удовлетворяют потребности современного цветоводства из-за медленной скорости, сезонной зависимости и низким коэффициентом размножения. Семена орхидей лишены эндосперма и требуют симбиоза с микоризообразующими грибами для прорастания в природных условиях, что делает процесс ненадежным и длительным. Разработка методов *in vitro* культивирования, начатая работами Кнудсона и Мореля, позволила преодолеть эти ограничения. Микроклональное размножение обеспечивает получение генетически идентичного, свободного от патогенов посадочного материала в неограниченных количествах в течение всего года. Однако эффективность метода варьирует в зависимости от вида и требует оптимизации множества взаимосвязанных факторов. Цель данного обзора — систематизировать современные данные по оптимизации технологии микроклонального размножения на примере орхидей рода *Phalaenopsis*.

**Сравнительный анализ методов размножения *in vitro***  
Семенное размножение *in vitro*: Данный метод, основанный на асимбиотическом проращивании семян, остается основным для селекционных работ и интродукции видовых орхидей. Эффективность метода критически зависит от состава питательной среды. Исследования Ворониной и др. показали, что для проращивания семян гибридов *Phalaenopsis* оптимальной является среда B5 с добавлением 35 г/л сахарозы и 7 г/л агар, что обеспечивает до 92.1% всхожести. Исследования Астапенко показали, что концентрация сахарозы является

ключевым фактором: как ее недостаток (10 г/л), так и избыток (50 г/л) могут ингибировать прорастание. Добавление 30% жидкого эндосперма кокоса в среду приводило к значительному снижению всхожести семян *Phalaenopsis*, вероятно, из-за наличия ингибиторов или изменения состава при хранении (Воронина и др.; 2021). В то же время, исследования Эди Сетити Вида Утами и Сучипто Хариянто для других видов орхидей, таких как *Ludisia discolor*, успешно применяют кокосовую воду (15%) и банановый гомогенат на этапе дорастивания проростков. Основные недостатки семенного размножения *in vitro*: Генетическая неоднородность потомства, длительный ювенильный период (5–8 лет до цветения), высокая зависимость от качества и зрелости семян.

Метод клонального микроразмножения позволяет получать генетически идентичные клоны ценных сортов и гибридов. Выделяют два принципиальных подхода: активация существующих меристем (апекс стебля, пазушные почки) и индукция морфогенеза *de novo* (образование адвентитивных побегов, соматический эмбриогенез). Для коммерческого размножения *Phalaenopsis* наиболее перспективным является первый подход, в частности, использование пазушных почек цветоносов, так как он минимизирует риск соматоклональной изменчивости (Tokuhara и Mii, 1993).

Тип экспланта определяет не только эффективность, но и генетическую стабильность регенерантов. Исследования Asghar et al. показали, что узлы цветоносов — признаны высокоэффективным типом экспланта для прямого органогенеза. Исследования показали, что культивирование узлов на среде  $\frac{1}{2}$ MS с добавлением 2.5 мг/л БАП и 1.0 мг/л НУК позволяет добиться максимального количества побегов (4.15 на эксплант) и раннего образования корней. Семена из нераскрывшейся коробочки — демонстрируют наилучшие показатели стерильности и жизнеспособности при введении в культуру, но непригодны для клонирования конкретных сортов. Листовые экспланты — требуют сложных протоколов стерилизации и сред с ауксинами (2,4-Д) для индукции каллуса, что повышает риск генетических изменений.

Состав питательной среды является критическим параметром, требующим видовой и сортовой оптимизации. Минеральная основа: Для большинства орхидей, включая *Phalaenopsis*, используется среда Мурасиге-Скуга (MS) половинной концентрации ( $\frac{1}{2}$ MS), что предотвращает гипергидричность растений (Фатеева и др.). Регуляторы роста: Сочетание цитокининов и ауксинов является ключевым для управления морфогенезом. БАП в концентрации 2.0–2.5 мг/л эффективно стимулирует пролиферацию пазушных почек. Для укоренения наиболее эффективен ИМК, способствующий образованию большего количества корней



по сравнению с НУК (Asghar et al.). Высокие концентрации цитокининов могут индуцировать синтез этилена, приводящий к старению тканей.

Эффективная стерилизация — необходимое условие успешного введения в культуру. Исходя из статьи Н. Дементьевой, наивысший выход стерильных и жизнеспособных эксплантов (89.36%) достигается при использовании протокола: ПАВ (25 мин) → 2% 3D-септ (12 мин) → 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3 сек). Использование гипохлорита натрия (NaOCl) показало меньшую эффективность.

Акклиматизация регенерантов является одним из наиболее критических этапов. Для *Phalaenopsis* успешная адаптация (до 70% выживаемости) достигается при использовании субстрата из кусочков кирпича и древесного угля (1:1), обеспечивающего оптимальный дренаж и аэрацию (Asghar et al.). Постепенное снижение влажности воздуха в теплице позволяет минимизировать стресс у растений.

Соматоклональная изменчивость — основной риск при микроклональном размножении, особенно при использовании каллусных культур. Для её контроля необходимо: отдавать предпочтение прямому органогенезу перед каллусогенезом, ограничивать число субкультивирований, проводить молекулярно-генетический анализ регенерантов. В журнале *Genetics*, статье Williams et al. (1990) впервые был использован RAPD-анализ (Random Amplification of Polymorphic DNA), примененный для оценки генетической идентичности микроразмноженных растений *Phalaenopsis*, показал 100% соответствие с материнской формой при использовании узлов цветоносов, что подтверждает надежность данного метода (Исследования *Frontiers in Plant Science*, 2023).

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы: для коммерческого размножения сортов и гибридов *Phalaenopsis* метод клонального микроразмножения является значительно более эффективным по сравнению с семенным размножением *in vitro*. Наиболее перспективным направлением оптимизации технологии является использование прямого органогенеза из узлов цветоносов на среде ½MS с добавлением БАП (2.5 мг/л) и НУК (1.0 мг/л). Разработанный протокол стерилизации с использованием ПАВ, 3D-септа и перекиси водорода позволяет добиться высокого выхода жизнеспособных эксплантов. Генетическая стабильность регенерантов, подтвержденная молекулярными маркерами, делает данный метод надежным инструментом для промышленного производства посадочного материала. Оптимизированная технология микроклонального размножения *Phalaenopsis* имеет значительный коммерческий потенциал и может служить моделью для разработки протоколов размножения других представителей семейства *Orchidaceae*.

## Библиографический список:

1. Hsu, S.S. *Phalaenopsis* / S.S. Hsu, H.H. Chen, W.H. Chen // HBPR. – 2018. – Vol. 11. – P. 567-625.
2. Teixeira da Silva, J.A. Орхидеи: современные методы размножения in vitro / J.A. Teixeira da Silva [и др.] // Plant Cell Tiss. Organ Cult. – 2015. – Vol. 122. – P. 1-10.
3. Nutrient Medium Composition Optimization to Obtain Seed Progeny of *Phalaenopsis* (*Phalaenopsis* × *Hybridum* Blume) / A. V. Voronina, A. V. Vishnyakova, A. A. Mironov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Veliky Novgorod, 07 октября 2021 года. – Veliky Novgorod, 2021. – P. 012110. – DOI 10.1088/1755-1315/852/1/012110.
4. Астапенко, Н.А. Генетическая стабильность растений-регенерантов при микроразмножении / Н.А. Астапенко // Вестник БГУ. Сер. 2. – 2015. – С. 15-20.
5. Утами, Э.С.В. Влияние цитокининов на органогенез *Phalaenopsis amabilis* L. in vitro / Э.С.В. Утами, С. Хариянто // Scientifica. – 2019. – С. 8105138.
6. Asghar, S. Роль регуляторов роста в прямом соматическом эмбриогенезе орхидей / S. Asghar [и др.] // Pak. J. Bot. – 2010. – Vol. 43, № 4. – P. 235-242.
7. Фатеева, Е.В. Разработка эффективного протокола стерилизации эксплантов орхидей / Е.В. Фатеева, Е.В. Мокшин, А.С. Лукаткин // Биотехнология. – 2013. – № 4. – С. 45-52.
8. Iqbal, M. Стратегии преодоления окислительного стресса в культуре тканей растений / M. Iqbal [и др.] // Plant Growth Regul. – 2017. – Vol. 82. – P. 1-13.
9. Новые горизонты в биотехнологии орхидей / [и др.] // Frontiers in Plant Science. – 2023. – Vol. 14. – P. 1256789

СИСТЕМЫ ЯДЕРНО-ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ  
СТЕРИЛЬНОСТИ (ЯЦМС) В СЕЛЕКЦИИ ГЕТЕРОЗИСНЫХ ГИБРИДОВ  
КАПУСТНЫХ КУЛЬТУР

*Рахманов Тимур Римович, студент 4 курса, института Садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,*

*Мионов Алексей Александрович, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.mironov@rgau-msha.ru](mailto:a.mironov@rgau-msha.ru)*

**Аннотация.** В статье рассмотрены современные системы ядерно-цитоплазматической мужской стерильности (ЯЦМС), используемые при создании гетерозисных гибридов F1 овощных и масличных культур семейства Brassicaceae (капустные). Особое внимание уделено рапсу (*Brassica napus* L.) и редису (*Raphanus sativus* L.). Описано более 10 известных типов ЦМС рапса (пар, pol, ogi, kos, Nsa, inap и др.), среди которых в практической селекции наиболее широко применяются системы Ogi и её улучшенные варианты благодаря высокой стабильности стерильности в широком диапазоне температур и наличию эффективных ядерных генов-восстановителей фертильности. Подробно представлена классическая схема создания гибридов на основе ЯЦМС типа Ogi (от поиска источников до поддержания родительских линий), а также возможности ускорения процесса с помощью молекулярных маркеров на цитоплазму *Ogura* и ядерные гены *Rfo*.

**Ключевые слова:** ядерно-цитоплазматическая мужская стерильность, гетерозисные гибриды F1, рапс (*Brassica napus* L.), редис (*Raphanus sativus* L.), система Ogi (*Ogura* CMS)

Системы ЦМС у представителей капустных культур и использование в селекции отечественных гибридов

Выведение гетерозисных гибридов первого поколения – современная тенденция у овощных и масличных культур семейства крестоцветные. При получении гибридов капустных культур повсеместно используется ядерно-цитоплазматическая мужская стерильность, позволяющая контролировать гибридизацию материнских и отцовских форм.

Системы ЦМС у рапса. У рапса известно более 10 различных типов ЦМС, например, пар, pol, str, ogi, оху, inap. Распространение различных систем ограничено в первую очередь нестабильностью проявления признака мужская стерильность в различных эколого-географических регионах мира. В ряде

случаев наличие признака мужская стерильность негативно влияет на проявление хозяйственных признаков. Поэтому в практической селекции нашли применение только единичные [1].

К перспективно используемым можно отнести Nsa, inap, kos – у них преодолены негативные препятствия и имеются перспективы создания промышленных гибридов на их основе.

К используемому типу стерильности в селекции гибридов следует отнести – Ogu, ядерно-цитоплазматическая мужская стерильность, выявленная в японском образце дайкона и интродуцированная в некоторые представители семейства капустные, в т.ч. рапс путем отдаленной гибридизации [2]. Помимо цитоплазматических генов интродуцировали и ядерные гены восстановители, с помощью которых промышленный гибрид остается фертильным. К достоинствам стерильности типа Ogu следует отнести ее холодо- и жаростойкость – стабильность проявления признака в широком пределе температур [3].

Схема селекции капустных культур на основе ЯЦМС типа огура состоит из следующих этапов:

1. Поиск источников цитоплазматических генов и ядерных генов ЯЦМС типа Огурца. Наиболее распространенный способ – использование в качестве исходного материала современные коммерческие гибриды (генотип гибрида рапса – SRfrf, редиса – Srfrf или SRfrf).
2. Создание изогенной пары. Для поддержания стерильной линии в потомствах следует проводить гибридизацию стерильного растения с генотипом закрепителя стерильности (Nrfrf), который предварительно создается рядом скрещиваний в течение 4 циклов.
3. Создание гомозиготной стерильной линии. Так как мужски стерильное растение не продуцирует пыльцы, то инбридинг путем самоопыления невозможен. В этом случае проводят самоопыление закрепителя стерильности в течение 7 циклов, в каждом из которых гомозиготные гены переходят в стерильную форму путем беккроссирования.
4. Создание гомозиготных отцовских линий. Путем инбридинга в ряде поколений и отборе по хозяйственным признакам создается коллекция фертильных гомозиготных линий – родительских линий.
5. Оценка комбинационной способности. Стерильные растения опыляют пыльцой фертильных линий, а затем испытывают полученные потомства. В результате оценки которых дается заключение о селекционной ценности каждой из линий.
6. Поддержание и размножение родительских линий. После создания гибрида первого поколения каждый год следует проводить операции по поддержанию родительских форм. Стерильную линию скрещивают с закрепителями стерильности, закрепитель стерильности поддерживают инбридингом, как и отцовскую линию опылитель [4].

На основе данной схемы работы в мире и в РФ созданы и используются в промышленном товарном производстве гибриды капустных культур [5].

При классической схеме селекционного процесса проходит около 10 лет при создании первого гибрида. Небольшим ускорением данной схемы может

являться использование молекулярных маркеров на тип цитоплазмы и ядерные аллели гена закрепителя/восстановителя фертильности, в период создания генотипа закрепителя стерильности и идентификации стерильной цитоплазмы у фертильных коммерческих гибридов.

Так успешно применяются молекулярные маркеры на тип цитоплазмы Огура (табл.1)

Таблица 1. Праймеры для генотипирования типа цитоплазмы Ogura.

Наименование праймера	5'-3' нуклеотидная последовательность	Размер амплифицируемого фрагмента/маркера, пн	Источник
orf138-5' orf138-3'	GAAACGGGAAGTGACAAT GCATTATTTCTCGGTCCAT	500	[6]
OGU	TGCGAGTCAATCCACTAACT CTATTTGTTCCCTTTACCA GG	700	[7]

Вместе с тем ученым удалось разработать молекулярные маркеры на ядерные гены восстановители фертильности, что позволяет ускорять создание растений закрепителей стерильности и восстановителей фертильности (табл.2)

Таблица 2. Маркеры на ген-восстановитель фертильности

Праймеры	Последовательность	Источник
BnRFO-F1	TGGCTAGGGTTTGTGGATTCAA	[8]
BnRFO-R1	AGGCTTCAGAAACCCTATCTTCC	
BnRFO-F2	GTGCAATCATGTGATAGCCTTG	
BnRFO-R2	ATCCTGTTTCAGTCATCTCATGG	
BnRFO-F3	TTCACGGGTCTATCTGGTGG	
BnRFO-R3	AAAGCTCCAGCCCATCATCAAC	
BnRFO-AS2F	CATGCTTCGATCTCGTCCTTTA	
BnRFO-NEW-R	TACGACATTGGGCCTACATGTC	
		Yu et al., 2016

В настоящее время в Российском реестре селекционных достижений количество сортов редиса и рапса превалирует над гибридами первого поколения. Но если посмотреть на тенденции количества новых селекционных достижений, то мы видим, что количество новых гибридов больше чем новых сортов данных культур.

1. Анисимова И.Н., Дубовская А.Г. Системы ЦМС у рапса и их использование в селекции отечественных гибридов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(3):171-180. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-3-171-180>

2. Создание отдаленного гибрида рапса (*Brassica napus* L.) и редиса (*Raphanus sativus* L.) / А. А. Миронов, О. А. Чернявская, Ю. С. Дегтярева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 12. – С. 5-10. – DOI 10.53859/02352451\_2023\_37\_12\_5. – EDN QUNETD.
3. Комплексный подход ускоренной селекции F1-гибридов ярового рапса на основе ЦМС / А. В. Вишнякова, Г. Ю. Гаус, А. А. Александрова [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 5. – С. 35-50. – DOI 10.26897/0021-342X-2023-5-35-50. – EDN PPNXYR.
4. Монахос, Г. Ф. Линии-закрепители стерильности у редиса при ЯЦМС / Г. Ф. Монахос, А. А. Миронов, С. М. Тюханова // Картофель и овощи. – 2016. – № 10. – С. 39-40. – EDN WTCYWF.
5. Миронов, А. А. Создание линий лобы (*Raphanus sativus* L.), устойчивых к киле, и оценка их комбинационной способности / А. А. Миронов, Г. Ф. Монахос // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 18-25. – EDN UMGJRZ.
6. Giancola, S., Rao, Y., Chailou, S. et al. Cytoplasmic suppression of Ogura cytoplasmic male sterility in European natural populations of *Raphanus raphanistrum*. *Theor Appl Genet* 114, 1333–1343 (2007). <https://doi.org/10.1007/s00122-007-0520-6>
7. Motegi, T., Sup Nou, I., Zhou, J. et al. Obtaining an Ogura-type CMS line from asymmetrical protoplast fusion between cabbage (fertile) and radish (fertile). *Euphytica* 129, 319–323 (2003). <https://doi.org/10.1023/A:1022284803689>
8. Hu X. et al. Mapping of the Ogura fertility restorer gene Rfo and development of Rfo allele-specific markers in canola (*Brassica napus* L.) // *Molecular breeding*. – 2008. – Т. 22. – №. 4. – С. 663-674.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ МАНДАРИНА (*CITRUS RETICULATA BLANCO*) В РОССИИ

**Родичкина Мария Андреевна**, студентка 4 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, [mari.voda@inbox.ru](mailto:mari.voda@inbox.ru)

**Попова Арина Игоревна**, студентка 4 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, [arpppv@yandex.ru](mailto:arpppv@yandex.ru)

**Качалина Татьяна Николаевна**, студентка 4 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, [kachalina.t.n.35.03.05@gmail.com](mailto:kachalina.t.n.35.03.05@gmail.com)

**Аннотация.** В статье представлен обзор современного состояния отечественной селекции мандарина в России. Представлена характеристика всех сортов, включенных в реестр селекционных достижений.

**Ключевые слова:** *Citrus reticulata Blanco*, мандарин.

Цитрусоводство как отрасль бурно развивается и занимает одну из ведущих позиций. В настоящее время объем их мирового производства составляет около 52 миллионов тонн. Бразилия является основным производителем апельсина (17,3 млн т), за ней следуют Китай (7,2), Европейский союз (6,5) и США — соответственно 5,1 млн т [5]. В России цитрусоводство распространено на Черноморском побережье Краснодарского края [3, 4].

Мандарин (*Citrus reticulata Blanco*) - важнейшая цитрусовая культура. Плоды растения, а также цветы и листья, используются во многих сферах промышленности.

Мандарин также является декоративным растением [9]. В условиях климата России использование растения перспективно в комнатном озеленении.

Среди всех цитрусовых культур мандарин является одним из самых морозостойких видов, поэтому в России только он имеет промышленное значение [5]. Сдерживающим фактором развития остальных цитрусовых на Черноморском побережье является низкая устойчивость растений к отрицательным температурам. Большой ущерб насаждениям причиняют периодически повторяющиеся зимы с продолжительным периодом действия низких температур. В среднем на каждые 8-10 лет приходится одна холодная зима, когда отрицательные температуры приводят к гибели растений [4].

Устойчивость мандарина к низким температурам вызывает высокую заинтересованность российской селекции в сторону данной культуры. Главными вопросами в селекции мандарина является создание зимостойких низкорослых сортов и форм, обладающими такими признаками как ранне- и среднеспелость,

скороплодность, высокая урожайность, высокие товарные и вкусовые качества плодов. Добиться этого можно благодаря отдаленной гибридизации [4].

В настоящий момент в реестре селекционных достижений, допущенных к использованию представлены 5 сортов мандарина (*Citrus reticulata Blanco*). Все из них являются достижением отечественной селекции. В 2023 году было также внесено 3 новых сорта мандарина: «Академический», «Князь Владимир», «Солнечный».

Сорт «Миллениум 1». Внесен в список реестра в 2008 году. Описание: Дерево среднерослое. Срок созревания средний. Средняя урожайность составила 19,8 кг с дерева [6].

Сорт «Миллениум 2». Внесен в список реестра в 2008 году. Описание: Дерево среднерослое. Срок созревания средний. Средняя урожайность составила 20,5 кг с дерева [7].

Сорт «Академический» Внесен в список реестра в 2023 году. Описание: Раннеспелый. Универсальный. Дерево среднерослое. Средняя урожайность - 52,5 ц/га [1].

Сорт «Князь Владимир» Внесен в список реестра в 2023 году. Описание: Раннеспелый. Универсальный. Дерево среднерослое. Средняя урожайность - 102,5 ц/га [2].

Сорт «Солнечный» Внесен в список реестра в 2023 году. Описание: Дерево низкорослое. Раннеспелый. Универсальный. Средняя урожайность - 62,5 ц/га [8].

Таблица 1

**Характеристика плодов сортов мандарина (*Citrus reticulata Blanco*) отечественной селекции, включенных в Государственный реестр селекционных достижений.**

Сорт	Плоды	Химический состав
<b>Миллениум 1</b>	Масса 80 г. Округлые, светло-желтые или золотисто-желтые. Мякоть оранжевая, сочная, плотная, сладкого вкуса. Дегустационная оценка 5 баллов.	Сухое вещество 10% Кислота 1,2% Сахароза 8,0% Витамин С 35,4 мг/%
<b>Миллениум 2</b>	Масса 80 г. Округлые, желто-оранжевые. Мякоть оранжевая, сочная, плотная, сладкого вкуса. Дегустационная оценка 5 баллов.	Сухое вещество 11% Кислота 1,4% Сахароза 8,0% Витамин С 36,3 мг/%
<b>Князь Владимир</b>	Масса 85,8 г. Округлые, с вдавленной вершиной и округлым основанием. Кожура средней толщины, рыхлая, шероховатая, маслянистая, хорошо отделяемая. Мякоть оранжевая, сочная, кисло-сладкого вкуса, со средним ароматом.	Сахароза - 7,9 % Кислота - 0,9 % Витамин "С" - 32,7 мг/100 г



	Семена отсутствуют. Дегустационная оценка 5 баллов.	
<b>Солнечный</b>	Масса 70,0 г. Округлые, с вдавленной вершиной и плоским основанием. Кожура тонкая, рыхлая, гладкая, маслянистая, хорошо отделяемая. Мякоть светло-оранжевая, сочная, кисло-сладкого вкуса, со средним ароматом. Семян очень мало или отсутствуют. Дегустационная оценка 5 баллов.	Сахароза - 8,1 % Кислота - 0,9 % Витамин С - 34,1 мг/100 г
<b>Академический</b>	Масса 87,5 г. Округло-плосковатые, с округлой вершиной и основанием. Кожура тонкая, гладкая, маслянистая, хорошо отделяемая. Семян очень мало или отсутствуют. Мякоть оранжевая, очень сочная, кисло-сладкого вкуса, со средним ароматом. Дегустационная оценка 5 баллов.	Сахароза - 7,2 % Кислота - 0,8 % Витамин С - 30,2 мг/100г

На данный момент селекция сортов мандарина в Российской Федерации находится на стадии активного развития. В Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, представлено 5 сортов этого растения, 3 из которых были внесены в список в 2023 году. Все выведенные сорта обладают важными признаками для выращивания в условиях российского климата. Это указывает за заинтересованность селекционеров в сторону мандарина и на высокую перспективу дальнейшего развития цитрусоводства в России.

### Библиографический список

1. АКАДЕМИЧЕСКИЙ // ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/akademicheskij-mandarin/> (дата обращения: 01.11.2025).
2. КНЯЗЬ ВЛАДИМИР // ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/knyaz-vladimir-mandarin/> (дата обращения: 01.11.2025).
3. Кулян, Р.В. ИЗУЧЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОРЕСУРСНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЦИТРУСОВЫХ КУЛЬТУР/ Кулян Р.В., Кулешов А.С. // АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ. — 2024. — № 1. — С. 17-23.
4. Кулян, Р.В. ПРИЗНАКИ И СВОЙСТВА ГИБРИДОВ МАНДАРИНА, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ ОТДАЛЕННЫХ СКРЕЩИВАНИЙ (CITRUS VAR.

- UNSHIU×PONCIRUS TRIFOLIATA) / Кулян Р.В. // САДОВОДСТВО И ВИНОГРАДАРСТВО. — 2022. — № 3. — С. 306-309.
5. Кулян, Р. В. СЕЛЕКЦИЯ МАНДАРИНА (CITRUS RETICULATA BLANCO VAR. UNSHIU TAN.) НА УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛОДОВ / Абильфазова Ю.С., Белоус О.Г. // САДОВОДСТВО И ВИНОГРАДАРСТВО. — 2021. — № 1. — С. 11-15.
6. МИЛЛЕНИУМ 1 // ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/millennium-1-mandarin/> (дата обращения: 01.11.2025).
7. МИЛЛЕНИУМ 2 // ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/millennium-2-mandarin/> (дата обращения: 01.11.2025).
8. СОЛНЕЧНЫЙ // ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И ОХРАНЕ СЕЛЕКЦИОННЫХ ДОСТИЖЕНИЙ (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/solnechnyy-mandarin/> (дата обращения: 01.11.2025).
9. Nurzaman M. The phenetic relationship of citrus plants based on the morphological and anatomical characteristics / Nurzaman M., Setiawati T., Hasan R., Qotrunnada N.K., Kusmoro J., Permadi N., Julaeha E. // Biodiversitas Journal of Biological Diversity. — 2024. — №3. — С. 1201-1213.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК ОРГАНИЧЕСКИМИ  
УДОБРЕНИЯМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ТОМАТА В  
УСЛОВИЯХ ВЕСЕННИХ ПЛЕНОЧНЫХ ТЕПЛИЦ

*Румынин Вячеслав Алексеевич, студент 1 курса магистратуры института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУМСХА им. К.А. Тимирязева, [catia.g2018@yandex.ru](mailto:catia.g2018@yandex.ru)*

*Научный руководитель – Бочарова Мария Алексеевна, ассистент кафедры овощеводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, [bocharova@rgau-msha.ru](mailto:bocharova@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** *Стимуляторы роста характеризуются не только своей экологичностью и высокой эффективностью, но и ввиду того, что для обработки растений требуются в незначительном количестве еще и экономически выгодно. В связи с этим нами было изучено влияние некорневых обработок органическими препаратами на культуру томата в условиях весенних пленочных теплиц. Получены результаты, подтверждающие увеличение продуктивности и урожайности томата при использовании органических удобрений.*

**Ключевые слова:** *томат, пленочные теплицы, урожайность, рост.*

Томат или помидор (лат. *Solanum lycopersicum* L.) относится к ведущим овощным культурам как в России, так и во всем мире. Это связано с биологической ценностью плодов, являющихся важным источником углеводов, органических кислот, витаминов и минералов в питании населения во внесезонный период [1].

Томат в природе многолетнее травянистое растение, а в культуре – однолетнее. В открытом грунте в основном выращивают кустовые формы томата, называемые детерминантными или самоограничивающими рост побегов цветочными кистями. Значительно реже возделывают индетерминантные формы, рост побегов у которых продолжается непрерывно [2].

Томаты возделывают в различных типах культивационных сооружений. Развивается круглогодичное производство в крупных комбинатах и мелкотоварное производство в весенних теплицах с пленочным и поликарбонатным светопрозрачным покрытием [3].

В настоящее время одним из перспективных и достаточно эффективных направлений повышения уровня урожайности является применение биостимуляторов роста растений, которые могут быть как природного происхождения, так и синтезированы человеком и являются аналогами фитогормонов [4]. Стимуляторы роста растений комплексно влияют на физиологические и биохимические процессы, протекающие в органах растения. Их применение позволяет ускорить наступление фенологических фаз, тем самым

способствуя сокращению вегетационного периода в целом, а это в свою очередь дает возможность более рационально использовать сельскохозяйственную технику во время уборки урожая. Стимуляторы роста растений нетоксичны и безопасны для человека и окружающей среды, ввиду своего происхождения. Их применение оправдано не только своей экологичностью и высокой эффективностью, но и ввиду того, что для обработки растений требуются в незначительном количестве еще и экономически выгодно. В связи с этим нами было изучено влияние некорневых обработок органическими препаратами на культуру томата в условиях весенних пленочных теплиц [5].

Исследования проведены в 2024 году в весенней пленочной теплице на базе УНПЦ Садоводства и овощеводства имени В.И. Эдельштейна РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва).

В качестве объектов исследования был выбран индетерминантный гибрид томата коктейльного типа «Мопс F1», оригинатор: ООО 'НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЕКЦИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР'.

Исследования проводили в соответствии с общепринятыми рекомендациями для исследований с овощными культурами в защищенном грунте [6]. Органические препараты применяли в виде водных растворов по вегетирующим растениям. Препараты вносили применяли в качестве некорневой обработки, первое внесение провели при высадке растений, последующие внесения проводили еженедельно.

Некорневую обработку производили органическими препаратами:

Описание используемых препаратов:

- «Ростовит» — это натуральный биопрепарат, который получают из отработанных пивных дрожжей путём микробиологической конверсии. В составе препарата содержатся витамины, фитогормоны, аминокислоты и микроэлементы. Он является универсальным препаратом, который может применяться на всех этапах развития растений.

- «Аминозол» — это жидкое органическое удобрение с полным комплексом аминокислот, которое производится из продуктов животного происхождения. В состав препарата включены более 20 связанных аминокислот, участвующих во всех важных процессах жизнедеятельности, а также в синтезе фитогормонов. Производится в форме водорастворимого концентрата.

Схема опыта: вариант I – дистиллированная вода (контроль); вариант II – Ростовит 1 мг/л; вариант III – Аминозол 1 мг/л. Опыт заложили в весенней пленочной грунтовой теплице в 3-кратной повторности, площадь учетной делянки составила 3,5 м<sup>2</sup>. Схема посадки – 70х30 см. Урожай учитывали в динамике во время каждого сбора, взвешивая плоды с каждой делянки с последующим пересчетом, кг/м<sup>2</sup> [6].

Фенологические наблюдения позволили выявить наиболее действенный препарат, ускоряющий наступление основных фенологических дат. В наших исследования наиболее эффективным оказался вариант с «Ростовитом», данный препарат позволил ускорить начало цветения в среднем на 3 дня, на 1 день начало единичного и на 2 дня начало массового цветения в сравнении с контрольным вариантом. Менее эффективным оказался препарата «Аминозол», при

использовании данного препарата в среднем на 1 день сократились даты начала цветения и начала массового плодоношения в сравнении с контрольным вариантом (Табл.1).

Таблица 1

**Влияние некорневых подкормок на наступление основных фенологических дат у гибрида томата Мопс F1**

Варианты	Посев	Появление массовых всходов	Начало цветения	Начало единичного плодоношения	Начало массового плодоношения
Контроль	08/04/24	11/04/24	13/06/24	03/07/24	22/07/24
Ростовит	08/04/24	11/04/24	10/06/24	02/07/24	20/07/24
Аминозол	08/04/24	11/04/24	12/06/24	02/07/24	21/07/24

При оценке некорневых влияния некорневых обработок на итоговую урожайность гибрида Мопс F1 установлено, что все изучаемые препараты оказали статистически значимое влияние на данный показатель, наиболее эффективным оказался вариант с некорневой подкормкой Ростовитом, в этом варианте отмечена самая высокая разница с контролем – 0,8 кг/м<sup>2</sup>. Разница с контролем во варианте с препаратов Аминозол составила 0,5 кг/м<sup>2</sup> (Табл.2).

Таблица 2

**Влияние некорневых обработок на итоговую урожайность и продуктивность гибрида томата Мопс F1**

Вариант	Количество плодов, шт	Масса плодов, г	Урожайность, кг/м <sup>2</sup>	Прибавка к контролю кг/м <sup>2</sup> %	
Мопс F1(Контроль)	211	28	6,4	-	-
Мопс F1 (Ростовит)	238	35	7,2	0,8	13
Мопс F1 (Аминозол)	227	32	6,9	0,3	8
НСР <sub>0,5</sub>		1,4	0,1		

**Закключение.** В результате проведенных исследований установлено, что все испытываемые препараты оказывали влияние, как на наступление основных фенологических дат, так и на увеличение итоговой урожайности гибрида. При использовании Ростовита итоговая урожайность увеличилась на 0,8 кг/м<sup>2</sup> кг, а при использовании Аминозола на 0,5 кг/м<sup>2</sup> в сравнении с контрольным вариантом.

**Библиографический список**

1. Применение органического удобрения Аминозол и удобрения Лебозол-Полный уход при выращивании чеснока озимого / М. Е. Дыйканова, В. И. Терехова, М. В. Воробьев, М. А. Бочарова // Картофель и овощи. – 2023. – № 3. – С. 26-29. – DOI 10.25630/PAV.2023.33.53.001. – EDN UHCZQC.

2. Влияние некорневых обработок органическими препаратами на качество и урожайность продукции томата / В. И. Терехова, М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев, М. А. Бочарова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4. – С. 102-115. – DOI 10.26897/0021-342X-2024-4-102-115. – EDN BBQSSS.

3. Бочарова, М. А. Влияние микробиологических препаратов на процессы роста и развития, урожайность и качество урожая огурца в условиях зимних промышленных теплиц / М. А. Бочарова, В. И. Терехова, Т. С. Аниськина // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 2(203). – С. 100-110. – DOI 10.36718/1819-4036-2024-2-100-110. – EDN FUETUC.

4. Бочарова, М. А. Сравнительная оценка хозяйственно ценных признаков современных гибридов томата F1 в условиях Липецкой области на базе предприятия ООО "Овощи Черноземья" в переходном обороте 2018-2019 года / М. А. Бочарова // Высокие технологии в растениеводстве – научная основа развития АПК : Сборник статей по итогам студенческой научно-практической конференции, Москва, 21 мая 2020 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 23-27. – EDN PAAFRS.

5. The effectiveness of the use of Aminoazol and Lebozol on the yield of winter garlic / М. Е. Dyikanova, М. V. Vorobyev, V. I. Terekhova [et al.] // E3s web of conferences : VIII International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023), Krasnoyarsk, 29–31 марта 2023 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 02009. – DOI 10.1051/e3sconf/202339002009. – EDN IQUQHI.

6. Методика опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве / Под ред. В.Ф. Белика. – М.: Агропромиздат, 1992 – 319 с.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ СОРТА ХЕНОМЕЛЕСА (*CHAENOMELES* LINDL.) ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ СЕЛЕКЦИИ

**Савин Андрей Владимирович**, студент бакалавриата кафедры декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [savinandrey20061@yandex.ru](mailto:savinandrey20061@yandex.ru)

**Сахаров Артём Олегович**, студент бакалавриата кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [artemsakharov8@gmail.com](mailto:artemsakharov8@gmail.com)

**Научный руководитель – Макаров Сергей Сергеевич**, д.с.-х.н., заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [s.makarov@rgau-msha.ru](mailto:s.makarov@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Приведена обзорная характеристика сортов хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) российской селекции. Определены перспективные сорта, подходящие для дальнейшей селекции и интродукции в условиях Нечерноземной зоны России.

**Ключевые слова:** хеномелес, *Chaenomeles* Lindl, айва японская, сорт, хозяйственно-ценные признаки.

В настоящее время в ландшафтном дизайне и озеленении наблюдается рост интереса к использованию плодовых растений в качестве декоративных. Для озеленения населенных пунктов перспективными являются представители рода Хеномелес, или айва японская (*Chaenomeles* Lindl.) – невысокие кустарники, достигающие примерно 1 м в высоту. Молодые побеги отличаются пурпурным оттенком и слегка опушены, в то время как старые приобретают черновато-коричневый цвет, бородавчатые. Плоды напоминают миниатюрные желтые яблоки до 4 см в длину, которые созревают в августе или начале сентября. Естественный ареал растения включает в себя Японию, преимущественно в ниже-горных районах. Данный род широко культивируется во многих странах мира [1-3]. На данный момент хеномелес имеется в коллекциях ботанических садов России, а также интродуцирован в ряде регионов (Московская область, Республика Крым и др.) [4-8].

Несмотря на декоративные качества, хеномелес редко используют в озеленении в Нечерноземной зоне России. Успешное применение культуры в ландшафтном дизайне требует подбора сортов, сочетающих в себе высокие декоративные качества и устойчивость к климатическим факторам региона. Ключевыми из них являются зимостойкость, а также адаптивность к особенностям почвенно-климатических условий Нечерноземья, характеризующихся нестабильным температурным режимом, риском возвратных заморозков и невысоким естественным плодородием почв [3, 7, 8]. В связи с этим сравнительная оценка существующего сортимента хеномелеса с

целью выделения наиболее адаптированных и хозяйственно-ценных генотипов для Центрального региона России с возможностью их дальнейшей селекции являются актуальной задачей.

На данный момент в Государственный реестр селекционных достижений РФ входит 18 сортов хеномелеса, оригинаторами которых являются ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ» (Альбатрос, Алюр, Восход, Гефест, Жар-птица, Кадея, Мичуринский Витамин, Мичуринское Чудо, Огниво, Флагман, Шарм), ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский Ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (Граф Де Рамок, Димитрина, Красавица Мадлен, Мимка, Перуника, Статс-Дама) и ФГБНУ «Федеральный Научный Центр имени И.В. Мичурина» (Иванушка) [9].

Для определения наиболее перспективных сортов хеномелеса для их последующей интродукции в условиях Центрального региона России требуется проведение сравнительной оценки хозяйственно-ценных признаков. Критериями отбора служат не только декоративные и морфометрические показатели, но и зимостойкость, критически важная для успешного выращивания культуры в Нечернозёмной зоне России.

Цветение хеномелеса начинается в середине марта, а плодоношение происходит с августа по октябрь. По сроку созревания сорта хеномелеса российской селекции можно разделить на три группы: к раннеспелым относятся сорта Алюр, Восход, Гефест, Жар-птица, Иванушка, Огниво и Перуника; сортами среднего срока созревания является наиболее многочисленная группа, в которую входят Альбатрос, Граф Де Рамок, Димитрина, Красавица Мадлен, Мичуринский Витамин, Мичуринское Чудо, Статс-Дама, Флагман и Шарм; к позднеспелым сортам относятся сорта Мимка и Кадея.

По высоте габитуса самым низким является сорт Флагман (40 см), а самым высоким – Перуника (170 см). Высота остальных сортов находится в разных высотных пределах: 50–70 см (Огниво, Алюр, Мичуринский Витамин, Мичуринское Чудо, Шарм, Альбатрос), 85–100 см (Восход, Гефест, Жар-птица, Мимка), 120 см (Димитрина, Иванушка, Кадея), 150–160 см (Граф Де Рамок, Красавица Мадлен, Статс-Дама).

Самыми малыми диаметрами кроны обладают сорта Алюр, Огниво и Гефест (60 см), самым большим – Статс-Дама (170 см). Диаметры крон остальных сортов находятся в различных диапазонах: 70–80 см (Восход, Кадея), 95–100 см (Жар-птица, Иванушка, Мичуринский Витамин, Мичуринское Чудо, Флагман, Шарм), 120–130 см (Альбатрос, Граф Де Рамок, Красавица Мадлен, Мимка), 150 см (Димитрина, Перуника). Для подавляющего большинства российских сортов хеномелеса (Альбатрос, Алюр, Восход, Гефест, Жар-птица, Граф Де Рамок, Димитрина, Красавица Мадлен, Мимка, Мичуринское Чудо, Огниво, Перуника, Статс-Дама) характерна полураскидистая форма кроны, для 4 сортов (Иванушка, Мичуринский Витамин, Флагман, Шарм) – раскидистая форма, тогда как сорт Кадея отличается пряморослой кроной.

Ветви у всех сортов имеют коричневую, светло-коричневую или коричнево-серую окраску. Некоторые сорта имеют оголенность ветвей (Граф



Де Рамок, Димитрина, Кадея, Красавица Мадлен, Перуника, Статс-Дама) или редкую околюченность (Жар-птица, Иванушка, Мичуринское Чудо).

Морфология листовой пластинки сортов демонстрирует значительное разнообразие. Наиболее распространенной является обратнойцевидная форма листа (Альбатрос, Димитрина, Иванушка и Кадея). Также встречается ланцетная форма (Алюр и Красавица Мадлен), яйцевидная и яйцевидно-продолговатая (Гефест, Восход, Флагман и Шарм), овальная (Граф Де Рамок, Жар-птица, Мичуринский Витамин и Огниво), широкоовальная (Мимка, Перуника и Статс-Дама) и эллиптическая (Мичуринское Чудо) формы листьев. Все листья имеют зелёную или тёмно-зелёную окраску. Толщина листовой пластины у всех сортов средняя, у сорта Мимка – тонкая.

Цветки хеномелеса формируют два типа соцветий: зонтик (Альбатрос, Алюр, Гефест, Жар-птица, Иванушка, Мичуринский Витамин, Мичуринское Чудо, Огниво, Восход, Флагман и Шарм) и укороченная кисть (Граф Де Рамок, Димитрина, Кадея, Красавица Мадлен, Мимка, Перуника и Статс-Дама). При этом число цветков в соцветии варьирует от 2 до 8 шт.

Окраски цветков демонстрирует значительное разнообразие. Наиболее распространенной является красная и темно-красная окраска (Граф Де Рамок, Димитрина, Жар-птица, Статс-Дама, Флагман и Мимка), также встречаются сорта с белой и кремовой (Альбатрос, Алюр, Кадея и Мичуринское Чудо), оранжевой (Восход, Иванушка, Огниво, Шарм и Мичуринский Витамин) окраской. У сорта Гефест цветки отличаются апельсиново-кремовой окраской, а сорта Красавица Мадлен – розовой. У сорта Перуника цветки в процессе вегетации сменяют свою окраску с бело-розовой на розовую. Большинство сортов имеют диаметр цветка от 3 до 5 см, сорт Красавица Мадлен – от 8 до 10 см.

Для подавляющего большинства сортов хеномелеса российской селекции (Альбатрос, Алюр, Восход, Гефест, Граф Де Рамок, Димитрина, Жар-птица, Иванушка, Кадея, Красавица Мадлен, Мимка, Мичуринское Чудо, Огниво, Перуника, Статс-Дама, Флагман, Шарм) характерна желтая окраска плодов без пятен (варьирующая от лимонно-желтой до желто-зеленой). Сорт Мичуринский Витамин отличается оранжево-желтыми плодами с пятнами. Сорт Альбатрос имеет желто-зеленую окраску без пятен. Сорта имеют в основном средний размер плодов, 6 сортов (Альбатрос, Восход, Иванушка, Мичуринский витамин, Флагман, Шарм) являются крупноплодными. Наиболее распространенной формой плодов является округлая (Альбатрос, Алюр, Восход, Гефест, Кадея, Красавица Мадлен, Перуника, Флагман и Шарм); также встречаются сорта с приплюснуто-округлой (Димитрина, Жар-птица и Иванушка), овальной (Огниво), яйцевидной (Граф Де Рамок), цилиндрической (Мимка, Статс-Дама), удлинненно-грушевидной (Мичуринский Витамин, Мичуринское Чудо) формой.

Одним из важнейших факторов выбора сорта для его культивации в Центральном регионе России является его зимостойкость. При этом достаточно зимостойкими сортами являются 13 сортов (Альбатрос, Алюр, Восход, Гефест, Граф Де Рамок, Димитрина, Жар-птица, Иванушка, Кадея, Красавица Мадлен, Мимка, Флагман, Шарм). Остальные сорта имеют среднюю зимостойкость.

Оригинаторы заявляют, что сорта хеномелеса могут выращиваться во всех регионах России, но для Центрального региона особенно рекомендуются сорта Альбатрос, Алор, Восход, Мичуринский Витамин, Флагман и Шарм.

Таким образом, в связи с полнотой проявления комплекса хозяйственно-ценных и декоративных признаков наиболее перспективными сортами для дальнейшей селекции следует считать сорта хеномелеса Красавица Мадлен, Восход, Альбатрос, Жар-Птица, Гефест. Восход, Иванушка, Флагман, Шарм, которые также отличаются большей массой плодов. В связи с этим их селекция перспективна для промышленного выращивания в качестве декоративной и плодовой культуры, в том числе в Нечерноземной зоне России. Существующий научный задел по разработке технологий клонального микроразмножения [1] позволит создать генетический банк *in vitro* хеномелеса для последующих селекционно-генетических работ.

### Библиографический список

1. Макаров, С.С. Декоративная дендрология: учеб. для вузов / С.С. Макаров, Н.Р. Сунгурова, А.И. Чудецкий. – СПб.: Лань, 2024. – 320 с.
2. Громадин, А.В. Дендрологический справочник. Деревья и кустарники, пригодные для культивирования в открытом грунте на территории России/ А.В. Громадин, А.Н. Сахоненко. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2025. – 695 с.
3. Локонова, А.А. Биологические особенности видов и сортов рода *Chaenomeles* Lindl. для озеленения населенных мест: дис. ... канд. с.-х. наук: 4.1.6 / А.А. Локонова. – М., 2025. – 158 с.
4. Локонова, А.А. Оценка хозяйственно ценных признаков сортов хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) при интродукции в условиях Москвы / А.А. Локонова, С.С. Макаров, В.А. Крючкова, В.Ю. Бахман // Лесохозяйственная информация. – 2024. – № 4. – С. 85–94.
5. Локонова, А.А. Сравнительный анализ количественных признаков сортов хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) в условиях Центральной зоны Европейской части России / А.А. Локонова, С.С. Макаров, В.А. Крючкова // Вестник Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2024. – № 1 (74). – С. 81–87.
6. Макаров, С.С. Сравнительный анализ морфологических параметров *Chaenomeles japonica* var. *maulei* и *Chaenomeles cathayensis* в условиях Московской области / С.С. Макаров, А.А. Локонова, В.А. Крючкова // Вестник Бурятской ГСХА имени В.Р. Филиппова. – 2025. – № 1 (78). – С. 96–104.
7. Комар-Темная, Л.Д. Сорта хеномелеса и декоративного персика селекции Никитского ботанического сада для городского озеленения / Л.Д. Комар-Темная // Ботанические сады и озеленение населенных мест: мат-лы Всеросс. науч.-практ. конф. (Симферополь, 20–24 мая 2024 г.). – Симферополь: Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, 2024. – С. 94–101.
8. Ренгартен, Г.А. Сортоизучение и интродукция малораспространенных плодовых культур в Кировской области / Г.А. Ренгартен // Вестник Курской ГСХА. – 2022. – № 4. – С. 54–59.
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1: Сорта растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/> (дата обращения 05.11.2025).

## ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОНСТРУКЦИИ RUBY ПРИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РАСТЕНИЙ

*Салюкова Анна Алексеевна, студентка 3 курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: anna\_salyukova21@mail.ru*

**Научный руководитель – Никитин Михаил Алексеевич** – ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, e-mail: m.nikitin@rgau-msha.ru

**Аннотация:** В данной статье представлен обзор на использование конструкции RUBY в генетической трансформации растений.

**Ключевые слова:** ген-репортер, RUBY, биосинтез беталаина, рамка считывания

Важной частью в генной инженерии растений является отбор трансгенных растений. Один из способов - использование различных репортерных генов. Наиболее распространены такие как глюкокуронидаза, полученная из *E.Coli*, флуоресцентные белки, ген люциферазы светлячков и др.

Большинство методов идентификации трансформированных растительных клеток, использующих гены-репортеры, часто являются трудоемкими, малоэффективными, или инвазивными. Следовательно, появилась необходимость в разработке более эффективных систем, которая привела к созданию конструкции RUBY, основанной на синтезе беталаина.

Впервые беталанины выделены из свеклы, однако присутствуют во многих других растениях (кактус, опунция, драгонфрукт, бугенвилия, амарант).

Сначала тирозин превращается в L-3,4-дигидроксифенилаланин (L-ДОФА) под действием фермента P450-оксигеназы CYP76AD1. L-ДОФА может быть дополнительно окислена до цикло-ДОФА с помощью CYP76AD1. В качестве альтернативы L-ДОФА катализируется L-ДОФА-4,5-диоксигеназой (DODA) до беталаминовой кислоты, которая спонтанно конденсируется с цикло-ДОФА в бетанидин. Наконец, бетанидин превращается в красочный пигмент беталаин с помощью глюкозилтрансферазы, после соединения направляется в вакуоль, где дает ярко свекольную окраску [7].

Генные инженеры предложили прокрашивать ткани и используя в качестве гена-репортера конструкцию RUBY (Red, Useful, Betalain-Yielder) Три гена биосинтеза беталаина объединены в единую рамку считывания, которая может экспрессироваться с использованием единственного промотора и терминатора. Генами были разделены спейсерами, кодирующими пептиды 2А, которые могут сами себя «выстригать», таким образом освобождая отдельные ферменты для

биосинтеза беталанина, которые, действуют последовательно и прокрашивают трансформируемую ткань [1].

Таким образом это представляет собой инновационный неинвазивный метод для генетической трансформации растений.

Основные преимущества:

Окрашенная часть видна невооружённым глазом.

Метод не требует дополнительных дорогостоящих химических агентов и специального оборудования для освещения.

Позволяет оставить исследуемый объект жизнеспособным. Следовательно, есть возможность дальнейшего наблюдения за процессами (что невозможно при использовании GUS-маркера)

Уменьшение партий растений, требующихся для опыта, что приводит к снижению затрат.

В большинстве исследований не было обнаружено очевидного отрицательного влияния на критические этапы развития растения, такие как индукция каллуса, регенерация побегов, цветение или фертильность.

Основные недостатки:

Для того чтобы красный пигмент стал видимым невооруженным глазом, он должен накопиться до определенного порогового уровня. (Если промотор, контролирующий RUBY, является слабым или находится под влиянием специфического тканевого молчания, уровень экспрессии может быть недостаточным, что приводит к риску ложноотрицательных результатов: трансформированная клетка присутствует, но не окрашивается, и может быть ошибочно отбракована.)

Конструкция реагирует только на включение гена, поскольку бетацианины необратимо аккумулируются в вакуолях.

RUBY успешно использовался для выявления трансгенных соевых бобов (*Glycine max*), так как другие современные методы требуют проведения трудоемких молекулярных анализов или экспрессии флуоресцентных маркеров, которые сложно обнаружить в растениях сои [2].

Опыты проводились на кукурузе, пшенице, ячмене, маше и петрее выющейся (*P. volubilis*). [4].

Также данная конструкция показала хорошие результаты на табаке обыкновенном (*Nicotiana tabacum*) [8].

Помимо красноватого оттенка, RUBY-трансформированные побеги фенотипически не отличались от нетрансформированных и не проявляли никаких негативных эффектов во время дифференциации, пролиферации, регенерации и на начальной стадии развития растений, что подтверждает перспективность использования данной конструкции.

Использование RUBY имеет огромный потенциал в продвижении трансформации и редактирования генома в трудно трансформируемых культурах (например, пшеница, ячмень). Система позволяет быстро и эффективно отбирать клетки, в которых успешно произошло редактирование генома, при этом не требует дорогостоящего оборудования, что делает её весьма перспективной. Ее способность обеспечивать быстрый, неинвазивный и

визуальный скрининг открывает новые возможности, особенно в контексте растущего спроса на эффективное редактирование генома.

Дальнейшие разработки по повышению стабильности и уровню экспрессии будут способствовать тому, что RUBY займет ключевое место среди репортерных систем будущего.

### Библиографический список

1. Yu, Jingjing, Shiling Deng, Han Huang, and Jinhui Mo. 2023. "Exploring the Potential Applications of the Noninvasive Reporter Gene RUBY in Plant Genetic Transformation." *Forests* 14 (3): 637. <https://doi.org/10.3390/f14030637>.
2. Chen, L., Cai, Y., Liu, X., Yao, W., Wu, S., & Hou, W. (2024). RUBY reporter for visual selection in soybean genome editing. *aBIOTECH*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s42994-024-00148-6>
3. Aubin E., El Baidouri M., Panaud O. Horizontal Gene Transfers in Plants // Life (Basel). 2021. Vol. 11. No. 8. ID857.
4. Prusty, Manas Ranjan, Arava Shatil-Cohen, Rakesh Kumar, Davinder Sharma, Anna Minz-Dub, Smadar Ezrati, Avigail Hihinashvili, and Amir Sharon. 2025. "Pigments to Precision: RUBY Aiding Genetic Transformation and Genome Editing in Wheat and Barley." *Physiology and Molecular Biology of Plants* 31 (4): 545–554. <https://doi.org/10.1007/s12298-025-01591-5>.
5. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ. — М.: Мир, 2002. — 589 с.
6. He, Yubing, Tao Zhang, Hui Sun, Huadong Zhan, and Yunde Zhao. 2020. "A Reporter for Noninvasively Monitoring Gene Expression and Plant Transformation." *Horticulture Research* 7: 152. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00381-2>.
7. Kumar S., Prakash S., Kumari P., Sanan-Mishra N. A robust in-vitro and ex-vitro Agrobacterium rhizogenes-mediated hairy root transformation system in mungbean for efficient visual screening of transformants using the RUBY reporter // BMC Plant Biology. – 2025. – Vol. 25, Art. 724. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06718-0>.
8. Jogam P., Anumula V., Sandhya D. et al. Monitoring genetic transformation with RUBY visible reporter in *Nicotiana tabacum* L. // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2024. – Vol. 157, Art. 23. <https://doi.org/10.1007/s11240-024-02752-2>.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РОССИЙСКИЕ СОРТА ЛИМОННИКА КИТАЙСКОГО  
(*SCHISANDRA CHINENSIS* (TURKZ.) BAILL.) ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕЙ  
СЕЛЕКЦИИ

**Сахаров Артём Олегович**, студент кафедры плодоводства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [artemsakharov8@gmail.com](mailto:artemsakharov8@gmail.com)

**Савин Андрей Владимирович**, студент кафедры декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [Savinandrey20061@yandex.ru](mailto:Savinandrey20061@yandex.ru)

**Мурзина Эльвира Рафаэлевна**, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [e.murzina@rgau-msxa.ru](mailto:e.murzina@rgau-msxa.ru)

**Аннотация:** В статье представлена сравнительная характеристика российских сортов лимонника китайского (*Schisandra chinensis*). Проведен анализ сортимента и проанализировано по основным хозяйственно-ценным признакам: размер и масса ягод, содержание сахаров, кислот и витамина С в ягодах, а также урожайность. Определены наиболее перспективные для селекции и промышленного выращивания сорта – ‘Алекс’ и ‘Дебют’ по качеству плодов, ‘Волгарь’ и ‘Миф’ – по урожайности.

**Ключевые слова:** лимонник китайский, *Schisandra chinensis*, сорт, селекция.

Лимонник китайский (*Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.) – листопадная лиана рода Лимонник (*Schisandra*) семейства Лимонниковые (*Schisandraceae*). Представлен однодомными и двудомными растениями. Цветки до 2 см в диаметре, раздельнополые. Плоды – двусемянные ягоды округло-грушевидной формы, собраны в кисти, кисловато-горькие со смолисто-лимонным привкусом. Селекция лимонника китайского перспективна ввиду его высокой экономической ценности как сырья для фармацевтической и пищевой промышленности. Это растение, известное в традиционной восточной медицине на протяжении более пятнадцати веков, ценится за высокое содержание биологически активных веществ – лигнанов, витаминов, органических кислот и микроэлементов. Его плоды и семена применяются как мощный адаптоген, стимулирующий центральную нервную систему, повышающий работоспособность, улучшающий остроту зрения и обладающий гепатопротекторными, антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами [1, 2].

Необходимость перехода от сбора дикорастущей продукции к культурным посадкам диктует важность создания нового селекционного материала лимонника, а также разработки технологии и внедрение в производство уже существующих сортов. На сегодняшний день в Государственном реестре

селекционных достижений РФ зарегистрированы пять сортов лимонника китайского российской селекции: ‘Алекс’, ‘Дебют’, ‘Первенец’ (оригинатор – ФГБНУ ФНИЦ Садоводства); ‘Волгарь’, ‘Миф’ (оригинатор – ГБУ Самарской области НИИ Садоводства и лекарственных растений «Жигулёвские сады»). Данные сорта достаточно зимостойки, засухоустойчивы и жароустойчивы, устойчивы к поражению болезнями и повреждаемости вредителями [3].

По высоте российские сорта лимонника могут быть сильнорослыми (‘Алекс’, ‘Волгарь’, ‘Миф’) и среднерослыми (‘Дебют’, ‘Первенец’). Молодые побеги светло-зелёные у всех сортов кроме сорта ‘Миф’ (зелёно-розовая окраска). Листья средние по размерам, неопушённые, по форме – овальные (‘Алекс’, ‘Дебют’), обратнойцевидные (‘Волгарь’, ‘Миф’) или эллиптические (‘Первенец’), основание клиновидное.

Форма плодов цилиндрическая (‘Алекс’, ‘Дебют’, ‘Первенец’) и округлая (‘Волгарь’, ‘Миф’). Окраска плодов красная (‘Алекс’, ‘Волгарь’, ‘Первенец’), тёмно-красная (‘Миф’) и карминово-красная (‘Дебют’). Срок созревания средний (‘Алекс’, ‘Дебют’), среднепоздний (‘Миф’) и поздний (‘Волгарь’, ‘Первенец’) [3]. Основные их характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Морфологическая характеристика российских сортов *Schisandra chinensis***  
(по данным [3])

Сорт	(по данным [5])					Средняя урожайность, ц/га (кг/куст*)
	средняя масса, г	максимальная масса, г	Плоды			
			содержание			
			сахара, %	кислот, %	витамина С, мг%	
Алекс	13,7	25,7	4,2	9,3	68,6	12,8
Волгарь	6,6	7,3	1,9	3,9	37,6	13,0
Дебют	11,5	18,0	4,3	4,1	96,8	6,0
Миф	6,5	7,0	1,9	4,1	36,7	13,0
Первенец	0,43	н/д	4,0	7,0	44,0	0,7*

Примечание: н/д – не указаны оригинатором.

Для данных сортов необходимо определить перспективы интродукции в различных природно-климатических условиях и дальнейшего промышленного выращивания, произвести оценку проявления их хозяйственно-ценных признаков в конкретных регионах. Некоторые сорта уже имеются в коллекциях ботанических садов России [4].

Таким образом, среди отечественных сортов лимонника китайского наблюдается различие по ключевым хозяйственно-ценным признакам. Сорта ‘Алекс’ и ‘Дебют’ выделяются не только крупными плодами (средняя масса – 13,7 и 11,5 г соответственно), но и наиболее сбалансированным биохимическим составом: высоким содержанием как сахаров (4,2-4,3 %), так и органических кислот (4,1-9,3 %), что обеспечивает характерный кисло-сладкий вкус, а также высоким уровнем витамина С – до 96,8 мг% у сорта ‘Дебют’. В то же время сорта ‘Волгарь’ и ‘Миф’, несмотря на меньшую массу ягод (около 6,5 г), демонстрируют стабильно высокую урожайность – 13,0 ц/га, что делает их предпочтительными для промышленного выращивания. Напротив, сорт



‘Первенец’, обладая хорошим биохимическим потенциалом (44,0 мг% витамина С, 4,0% сахаров), оказывается малопригодным в практическом плане из-за крайне низкой массы плодов (всего 0,43 г) и урожайности (0,7 кг/куст). Сорта ‘Алекс’ и ‘Дебют’ являются хорошими донорами качества для селекции, ‘Волгарь’ и ‘Миф’ подходят для промышленного выращивания, ‘Первенец’ можно использовать как источник ценных биохимических признаков при условии улучшения морфометрических характеристик в гибридных поколениях.

В настоящий момент существует необходимость создания сортов, сочетающих в себе высокие показатели урожайности и качества плодов. Нарботки в области клонального микроразмножения данного вида [1, 5] позволят создать генетический банк *in vitro* этой культуры для последующих селекционно-генетических работ, ускоренного размножения для целей плантационного выращивания.

### Библиографический список

1. Особенности органогенеза лимонника китайского при клональном микроразмножении с использованием современных ростостимулирующих препаратов / И.Б. Кузнецова, С.С. Макаров, В.В. Суров, А.Н. Кульчицкий // Известия Оренбургского ГАУ. – 2022. – № 6 (98). С. 93–97.
2. Макаров, С.С. Декоративная дендрология: учеб. для вузов / С.С. Макаров, Н.Р. Сунгурова, А.И. Чудецкий. – СПб.: Лань, 2024. – 320 с.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1: Сорта растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/> (дата обращения 06.11.2025).
4. Создание биоресурсной коллекции ягодных растений на базе РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева / С.С. Макаров, А.И. Чудецкий, А.Н. Сахоненко [и др.] // Тимирязевский биологический журнал. – 2023. – № 4. – С. 23–33.
5. Биотехнология в садоводстве. Выращивание плодовых и редких ягодных растений в культуре *in vitro*. Лабораторный практикум: учеб. пособие / С.С. Макаров, А.М. Антонов, Е.И. Куликова [и др.]. – СПб.: Лань, 2023. – 128 с.

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА АРОМАТА ВИНОГРАДА И ВИНА

**Силиванова Яна Григорьевна**, студентка 4 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Гришин Никита Александрович**, бакалавр кафедры плодководства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [nikita\\_gri0445@mail.ru](mailto:nikita_gri0445@mail.ru)

**Афанасьева Ангелина Юрьевна**, бакалавр кафедры плодководства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [AngelinaAfanaseva13@yandex.ru](mailto:AngelinaAfanaseva13@yandex.ru)

**Научный руководитель – Раджабов Агамагомед Курбанович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры плодководства, виноградарства и виноделия, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Аннотация.** В данной приведены результаты работы по изучение генетической основы аромата *Vitis vinifera* и вина, получаемого из него. Целью работы было изучение природы синтеза терпеноидов и мутаций в гене *VviDXS*, позволяющих увеличить концентрацию ароматических веществ.

**Ключевые слова:** Терпены, мутации, *Vitis vinifera*, *VviDXS*

Ароматика является одним из основных показателей качества винограда и вина, и давно вызывает вопросы у научного сообщества. За формирования ароматического фона *Vitis vinifera* отвечают несколько групп соединений: терпеноиды, норизопреноиды, ароматические соединения, алифатические летучие соединения, метоксипиразины и сероорганические соединения. Наибольший интерес среди ученых представляют терпеноиды.

Терпеноиды в винограде содержатся в двух основных формах: свободной и гликозидно-связанной, отмечается что связанных форм содержится в 2-8 раз больше [3]. В винограде идет также подразделение в зависимости от количества атомов углерода на монотерпеноиды, сесквитерпеноиды, дитерпеноиды и тритерпеноиды и т.д. Наиболее изученной формой на данный являются монотерпеноиды, представленные в гликозидно-связанной не летучей форме в сортах белого винограда (наибольшие концентрации данных соединений находятся в мускатных сортах, а также в сортах Рислинг и Гевюрцтраминер), что обеспечивает потенциальный аромат вина после ферментации. В ягодах винограда терпены отвечают за сортовой фруктовый и цветочный аромат [4].

Синтез монотерпенов начинается с синтеза пренилдифосфата, который синтезируется из изопентенилдифосфата и его изомера диметилаллилдифосфата и является основным предшественником терпеноидов. Пренилдифосфат синтезируется в клетке несколькими путями:

1. В цитоплазме клетке путем мевалоновой кислоты;

## 2. В хромосомах путем 2-метил-D-эритритол-4-фосфатфосфата.

Затем под действием *TPS*-синтаз, являющихся основными ферментами в биосинтезе терпеноидов, пренилдифосфат катализируется и образует линейные или циклических олефинов и терпеновых спиртов [3]. В дальнейшем может произойти модификация первичных терпеноидов под действием ферментов, как гликозилтрансфераза (GT), катализирующих сахарный фермент на акцептор агликона, образуя вторичные метаболиты и гликозилированные терпеноиды.

Подробный анализ генома винограда показал, что ген, отвечающий за накопление монотерпенов, *VviDXS*, располагается в локусах 12ой и 13ой хромосом и содержит 4790 пар оснований в 10 экзонах и 9 нейтронах [1,4]. При идентификации данного гена применялись маркеры простого повтора последовательностей, благодаря чему были выявлены локусы количественного признака (QTL), связанные с содержанием и накоплением монотерпенов, линалоола, нерола и гераниола. Также в подтверждение этому была выявлена корреляция между уровнем транскрипции *VviDXS* и концентрацией свободных терпеноидов, эти два показателя снижаются по мере созревания винограда, в то время как концентрация связанных терпеноидов повышается.

Анализируя последовательности *VviDXS* у мускатных, мускатоподобных ароматических и нейтральных сортов был выявлен ряд мутаций. Так у 95% мускатных сортов обнаружена мутация K284N, приводящая к замене лизина (K) в позиции 284 на аспарагин (N), что является одной из причин появления так называемого мускатного аромата. Данная мутация у большинства мускатных сортов находится в гетерозиготном состоянии.

У высокоароматного сорта Гевюрцтраминер также обнаружена мутация аллелей *VviDXS* которая вызвала замену аргенина на цистеин R360C и уже упомянутая мутация K28N, что дало сорту отличительную розовую окраску и усиление синтеза терпенов [4].

Изучение и анализ признаков сортов Гевюрцтраминер и Рислинг показали, что накопление (*E*)-8-карбоксилиналоола, обуславливающего аромат вин из этих сортов, связан тремя локусами QTL, которые содержат *VviDXS*, терпеновые синтазы и фермент *CYP76F14*, находящийся во 2ой хромосоме. Отмечается также небольшая скорость преобразования (*E*)-8-карбоксилиналоола в винный лактон, вызванная мутацией в *VviDXS*, позволяет повысить сенсорный порог [2].

Изучение генома *Vitis vinifera* также позволило выявить 69 генов из семейства терпенсинтазы (TPS) и монотерпеновые  $\beta$ -D-глюкозилтрансферазы из семейства GT. Из *VviTSP* функционально идентифицированы 43, в то время как из *VviGT* охарактеризованы лишь 4: *VviGT7*, *VviGT14*, *VviGT15*, *VviGT16*.

GT трансферазы отвечают за гликозирование некоторых терпеноидов таких, как гераниол, R, S-цитронеллол и нерол. Экспрессия и мутации *VviGT17* связаны с накоплением геранил- и нерилглюкозидов, а также может вызвать изменение у ферментов, отвечающих за гликозирование монотерпенов. Ученые выявили корреляцию между экспрессией *VviGT14* и дифференциальным накоплением гликозидно связанных терпеноидов. Терпенсинтазе еще не до

конца изучены, но уже сейчас понятно, что они играют огромную роль в синтезе терпеноидов их накоплении.

В последнее время ученые обратили более пристальное внимание на генетическую составляющую аромата винограда и получаемого вина. Выявлено, что в формировании аромата вина определенную роль играют терпеноиды. Накопление этих веществ связано с особенностями генетической структуры сорта.

Последние исследования позволили не только определить структуру и природу появления веществ, отвечающих за ароматический фон, но и выявить генетические мутации, которые при правильной работе в будущем позволяют создавать сорта более ярким и выразительным ароматом.

### **Библиографический список**

1. Bosman R. N., Vervalle J. A., November D. L., Burger P., Lashbrooke J. G., Grapevine genome analysis demonstrates the role of gene copy number variation in the formation of monoterpenes// *Frontiers in Plant Science*. 2023. Vol. 14.
2. Lin J., Massonnet M., Cantu D., The genetic basis of grape and wine aroma// *Horticulture Research*. 2019. Vol 6
3. Wang Y., Wei Y., Li X., Zhang H., Meng X., Duan C., Pan Q., Ethylene-responsive VviERF003 modulates glycosylated monoterpenoid synthesis by upregulating VviGT14 in grapes Open Access// *Horticulture Research*. 2024. Vol 11
4. Xiangyi Li, Lei He, Xiaohui An, Keji Yu, Qiu-Hong Pan, VviWRKY40, a WRKY Transcription Factor, Regulates Glycosylated Monoterpenoid Production by VviGT14 in Grape Berry// *Genetics and Diversity of Grapevine*. 2020
5. Ya-Qin Wen1, Gan-Yuan Zhong, Yuan Gao, Yi-Bin Lan, Chang-Qing Duan, Qiu-Hong Pan, Using the combined analysis of transcripts and metabolites to propose key genes for differential terpene accumulation across two regions// *BMC Plant Biology* 2015.

## ГЕНЫ ХОЛОДОСТОЙКОСТИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ И ЗИМОСТОЙКОСТИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

*Смахтина Анастасия Дмитриевна, бакалавр кафедры плодородства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [asuka1from1gehirn@gmail.com](mailto:asuka1from1gehirn@gmail.com)*

*Трубицына Маргарита Максимовна, бакалавр кафедры плодородства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [ritatrub@mail.ru](mailto:ritatrub@mail.ru)*

*Эйдлин Яков Тарасович, к.с.-х.н., ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, [ya.eidlin@rgau-msa.ru](mailto:ya.eidlin@rgau-msa.ru)*

**Аннотация:** Целью данной статьи является общий обзор различных генов холодоустойчивости и морозостойкости плодовых культур.

**Ключевые слова:** генетика, плодовые культуры, гены устойчивости

Плодовые культуры являются незаменимыми продуктами питания в рационе человека, а также они необходимы для получения разного вида сырья. К этим культурам относят растения, которые возделывают для получения фруктов, ягод и орехов. На территории России, большая часть регионов не обладает достаточными условиями для выращивания многих видов плодовых растений по многим причинам, и одна из них – это слишком низкие температуры. Именно поэтому в селекции растений применяется внедрение генов холодоустойчивости в геномы культивируемых растений.

В сельском хозяйстве есть три смежных термина: холодоустойкость, морозостойкость и зимостойкость. Морозостойкостью называют способность растений справляться с морозами, сохранять пропускную способность клеточных мембран и не повреждаться кристаллами льда. Холодоустойкость в свою очередь это способность растения сохранять внутренние процессы при температурах от 0 до +10 градусов Цельсия. Гены холодоустойчивости плодовых культур играют ключевую роль в обеспечении выживаемости растений и стабильного плодоношения в условиях низких температур. Они определяют способность растений преодолевать стрессовые воздействия холода, снижая повреждения клеток и сохраняя физиологические функции. Эти гены находят сначала в природных холодоустойчивых растениях, выявляются благодаря молекулярно-генетическим методам, и затем могут быть внедрены либо через селекцию, либо генно-инженерными методами в сельскохозяйственные культуры для повышения их устойчивости к холоду. Зимостойкость – это более обширный термин, включающий в себя общую способность растений переносить сильные морозы, оттепели, холодные ветра на протяжении всего зимнего периода.

При низких температурах у растений появляется так называемый низкотемпературный стресс, который при длительном действии снижает содержание хлорофилла в листьях, что снижает эффективность фотосинтеза. II, одного из самых важных компонентов фотосинтеза. Образование кристаллов льда в межклеточном пространстве также может навредить растению, изменением осмотического давления. Во внутриклеточном пространстве ледяные кристаллы могут повредить липидный бислой цитоплазматической мембраны, вызывая вытекание цитозоля и приводя к некротической гибели клеток.

Одним из важных факторов повреждения является избыточное образование активных форм кислорода (ROS), таких как перекись водорода ( $H_2O_2$ ), возникающее при стрессовом воздействии холода. В хлоропластах усиливается окисление с накоплением гликолевой кислоты, которая превращается в глиоксиковую под действием пероксисомальной гликолатоксидазы. Этот процесс сопровождается избыточным накоплением  $H_2O_2$ , что провоцирует окислительный стресс и вызывает некротическую гибель клеток.

Одни из генов холодоустойчивости, применяемые в селекции растений были взяты из генома земляники лесной (*Fragaria vesca*). В данном случае за холодоустойчивость отвечают группа генов, на данный момент не имеющего чёткого названия, но относят их к группе из семейства CBF (C-Repeat Binding Factors). Для выявления этих генов применяются современные методы молекулярной генетики, такие как геномное секвенирование, анализ экспрессии генов (например, с помощью количественной ПЦР и РНК-секвенирования) и использование ДНК-маркеров. Эти методы позволяют определить, какие именно гены и в какой степени активируются в ответ на холод, а также выявлять аллели, связанные с холодоустойчивостью, без необходимости генной инженерии. Полученные знания помогают селекционерам быстро отбирать устойчивые к холоду генотипы земляники для дальнейшего разведения, которые были обнаружены при холодовом стрессе культуры. Клетки растения продуцируют белки-антифризы, защищающие клетки от повреждения при замерзании [1].

У яблони (*Malus domestica*) были обнаружены гены семейства R2R3-MYB, это многофункциональные регуляторы, интегрирующие ответ на холод и другие стрессовые факторы, обеспечивая выживаемость, адаптацию и качественные параметры плодовых культур. Они кодируют группу транскрипционных факторов, которые влияют на внутренние биологические процессы и их адаптации к стрессам. Белки, записанные этими генами, участвуют в защите растения от неблагоприятных условий, в том числе в защите от холода. Также гены R2R3-MYB контролируют биосинтез антоцианов – пигментов, которые защищают клетки от окислительного стресса, влияющего на устойчивость растений к холодам. В частности, гены из этого семейства регулируют ферменты ключевых путей синтеза антоцианов. Это способствует накоплению антиоксидантных соединений и снижению повреждений тканей [2].

Ген DDF1 (Dehydration-Responsive Element Binding Factor) и его гомолог VcDDF1 впервые изучались в контексте морозостойкости кустарников на

примере голубики (*Vaccinium corymbosum* L.) усиление синтеза антоцианов, активация антиоксидантных систем и укрепление клеточных мембран, которые уменьшают повреждения периферических тканей из-за заморзания. Под действием VcDDF1 усиливается синтез защитных белков, укрепляется структурная целостность клеточных мембран, стимулируется накопление антоцианов и других антиоксидантных соединений, которые уменьшают ущерб от окислительного стресса. Это позволяет клеткам сохранять нормальную физиологическую активность и уменьшает повреждения, вызванные образованием ледяных кристаллов и окислительным поражением тканей [2].

У груши (*Pyrus* sp.) выявлено увеличение экспрессии нескольких дегидрин-подобных генов при холодовом стрессе. Дегидрин-подобными генами принято называть те гены, которые кодируют LEA-белки (Late Embryogenesis Abundant) защищающие растения от обезвоживания и низких температур. Эти гены были обнаружены сначала в семенах в фазе их созревания и высушивания, а затем в вегетативных тканях растений. Леа-белки в соответствии с их аминокислотными последовательностями и структурой объединяют в пять групп (1-5). В случае плодовой культуры груши (*Pyrus* sp.) это гены, относящиеся к белкам семейства LEA-II, которые проявляют себя как молекулярные шапероны, защищая ферменты и мембраны растений от повреждения в результате заморзания. Белки дегидрины у груши стабилизируют клеточные структуры, предотвращают образование крупных кристаллов льда внутри клеток и способствуют сохранению функциональности ферментов в условиях холода. Активность этих генов наиболее высока в ранний период холодовой акклиматизации и постепенно снижается по мере наступления полной зимостойкости. Выраженность экспрессии дегидриновых генов у груши коррелирует со степенью морозостойкости конкретного сорта, подтверждая их роль в обеспечении устойчивости к зимним стрессам [3].

Гены зимостойкости у Вишни степной (*Prunus fruticosa*). DAM-гены – это группа генов, контролирующая переход растения в фазу глубокого покоя и выход из нее. В фазе глубокого покоя растение не переходит к росту, даже если температура благоприятна для этого. Гены DAM блокируют рост меристем до тех пор, пока потребность в охлаждении не будет удовлетворена. Данные гены активируются при определенных температуре и длине светового дня (фотопериоде), то есть, укорачивающийся световой день дает сигнал для запуска DAM-генов. Длительное воздействие отрицательных температур постепенно подавляет активность DAM-генов, обеспечивая выход растения из фазы глубокого покоя. Гены DAM есть у всех многолетних древесных растений холодного и умеренного климата, имеющих четко выраженный период покоя. На проявления уровня зимостойкости влияет комбинация аллелей. Вишня степная (*Prunus fruticosa*) – дикий вид, который является донором зимостойкости. Имеет гены PfrDAM1-6. Вишня степная обладает высокой зимостойкостью, благодаря необходимой аллельной комбинации. Она позже выходит из фазы покоя, в связи с чем риск поражения заморозками ниже. Проведение гибридизации культурных сортов вишни с вишней степной позволяет получать новые сорта, которые проявляют высокую зимостойкость и устойчивость цветочных почек, несут в

себе именно те варианты генов DAM, которые обеспечивают стабильный покой [4].

В заключении гены холодоустойчивости и морозоустойчивости плодовых культур – это основа современной биотехнологической селекции, направленной на создание новых сортов с повышенной устойчивостью к низким температурам. Это стратегически важно для продовольственной безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства в условиях изменяющегося климата и расширения зон возделывания плодовых растений.

#### **Библиографический список**

1. Рахмангулов Р.С., Барабанов И.В., Иванов А.А. Гены холодоустойчивости плодовых культур. Биотехнология и селекция растений. 2023;6(4):82-92. DOI: 10.30901/2658-6266-2023-4-09
2. Н.Г. Красова, З.Е. Ожерельева, А.М. Галашева Реализация генетического потенциала морозостойкости у гибридов яблони разной ploидности. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(2):214-221 DOI 10.18699/VJ17.239
3. Кошкин, Е. И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур : учебник / Е. И. Кошкин. - М. : Дрофа, 2010. - 638 с.
4. Zhang, Y., An, J. P., Dong, Q. L., Hao, Y. J., & Li, C. (2021). Dormancy-Associated MADS-BOX (DAM) genes in perennial woody plants: A review. *Scientia Horticulturae*, 277, 109838.



## ДИКАЯ И СОРТОВАЯ СИРЕНЬ: ОТЛИЧИЯ, ПРИМЕРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Столярова Анастасия Александровна**, студентка 3 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, [nastya.st.04@mail.ru](mailto:nastya.st.04@mail.ru)

**Салтанова Юлия Алексеевна**, студентка 3 курса бакалавриата института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, [julia09.05@bk.ru](mailto:julia09.05@bk.ru)

**Научный руководитель – Эйдлин Яков Тарасович**, к.с.-х.н., ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева МСХА имени К. А. Тимирязева, [ya.eidlin@rgau-msha.ru](mailto:ya.eidlin@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные различия между дикими и сортовыми формами сирени. Приводятся примеры диких видов и современных сортов, иллюстрирующие различия между ними. Также рассматриваются перспективы их дельнейшего сорторазнообразия. Целью данной статьи является, сравнение диких и сортовых форм сирени, выявление их основных отличий и определение ценности каждой из этих форм.

**Задача** – Описать характерные черты дикой и сортовой сирени, привести примеры каждой из форм и, следовательно, сделать вывод из соответствующих отличительных признаков.

### **Тезисы:**

1. Дикие виды сирени отличаются естественным обликом, меньшей цветовой палитрой, высокой устойчивостью и неприхотливостью.
2. Сортвые сирени, напротив, характеризуются более крупными и пышными соцветиями, богатой цветовой палитрой, разнообразием форм куста, но и большей требовательностью к уходу.
3. Дикие виды сирени ценны своей устойчивостью, простотой в размножении и способностью выживать в суровых условиях, что делает их идеальным выбором для садов, не требующих особого ухода.
4. Сортвые сирени предназначены для создания ярких и декоративных садов, требующих более внимательного ухода и заботы.
5. Сочетание диких и сортовых видов сирени может создать гармоничный баланс между естественной красотой и декоративным великолепием в ландшафтном дизайне.

**Ключевые слова:** сирень, сортвая сирень, селекция, устойчивость, цвет, форма, размер, дикая сирень

Сирень – один из самых любимых и узнаваемых кустарников умеренного климата. Ее пышные соцветия с восхитительным ароматом неизменно ассоциируются с приходом весны. Однако не все знают, что существует огромная разница между сиренью, растущей в дикой природе, и той, которую мы видим в садах и парках. В этой статье мы рассмотрим ключевые отличия между дикой и сортовой сиренью, приведем примеры диких видов и современных сортов, а также подведем итог, в чем заключается ценность каждой из этих форм.

Дикая сирень: естественная красота и неприхотливость

Дикие виды сирени – это растения, которые произрастают в природе без участия человека. Они адаптированы к определенным климатическим условиям и типам почв. Главные характеристики дикой сирени:

- Естественный облик: Дикие виды сирени, как правило, имеют более скромные размеры и менее пышное цветение по сравнению с сортовыми.
- Форма куста часто не такая аккуратная и может быть раскидистой. Меньшая цветовая палитра: Цветки диких сиреней обычно окрашены в лиловые, сиреневые или белые тона. Редко встречаются другие оттенки.
- Устойчивость к болезням и вредителям: Дикие виды обладают повышенной устойчивостью к различным заболеваниям и вредителям, так как они прошли естественный отбор в процессе эволюции.
- Неприхотливость: они не требуют особого ухода, хорошо переносят засуху и морозы.
- Размножение: Дикие виды легко размножаются семенами или порослью, что позволяет им распространяться естественным путем [6].

Примеры диких видов сирени:

- Сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*): Самый распространенный вид, встречающийся в диком виде в Юго-Восточной Европе. Именно этот вид послужил основой для большинства сортов сирени.
- Сирень амурская (*Syringa amurensis*): Вид, произрастающий на Дальнем Востоке. Отличается поздним цветением и кремово-белыми цветками.
- Сирень персидская (*Syringa persica*): Вид, происходящий из Ирана и Афганистана. Имеет более мелкие листья и цветки, чем сирень обыкновенная.
- Сирень повислая (*Syringa reflexa*): Вид, произрастающий в Китае. Отличается поникающими соцветиями розовых цветков [6].

Сортовая сирень: разнообразие и декоративность

В мире насчитывается более 27 видов и 2 тыс. сортов сирени.[5] Часть этой красоты — результат работы известного советского садовода Леонида Колесникова. Он создал несколько сотен сортов сирени, среди которых — «Красная Москва», «Олимпиада Колесникова», «Советская Арктика» и многие другие с поэтичными названиями. В современной России учёные до сих пор продолжают выводить новые сорта сирени. Основные направления селекции сирени создают с целями: увеличение размера соцветий, расширение цветовой палитры, улучшение аромата, повышение зимостойкости, создание компактных форм [4].

Для выведения новых сортов сирени селекционеры используют такие методы как:

- Отбор сеянцев от свободного опыления.
- Гибридизацию — скрещивание различных сортов для получения новых, более устойчивых растений.
- Метод искусственного опыления — позволяет контролировать процесс скрещивания и получать семена от определённых родителей.
- Межвидовую гибридизацию — например, селекцию волосистых сиреней, в результате которой появляются новые группы устойчивых сортов со средними и поздними сроками цветения [7].

Известные селекционеры:

- **Виктор Лемуан** — основоположник французской школы селекции сирени, создал сорта с махровыми цветками разнообразной расцветки.
- **Леонид Колесников** — вывел около 300 сортов, из которых сохранилось около 50. Некоторые из них признаны шедеврами селекционной работы (например, сорт «Красавица Москвы»).
- **Н. К. Вехов** — создал 15 высокодекоративных сортов (Лесостепная опытно-селекционная станция под Липецком) [7].

Сортовая сирень – это результат селекционной работы, направленной на улучшение декоративных качеств растения. Сорта сирени отличаются от диких видов следующими характеристиками:

- Более крупные и пышные соцветия: Цветки сортовой сирени часто имеют более крупные размеры и собраны в более плотные и крупные соцветия.
- Богатая цветовая палитра: Селекционеры вывели сорта сирени с цветками самых разных оттенков: от белого и розового до пурпурного, голубого и даже желтого.
- Разнообразие форм куста: существуют сорта сирени с различной формой куста: от компактных карликовых до высоких раскидистых.
- Продолжительное цветение: Некоторые сорта сирени отличаются более продолжительным периодом цветения.
- Сложность размножения: Сортовые сирени размножают преимущественно вегетативно (черенками, прививкой), так как при размножении семенами сортовые признаки не сохраняются.

• **Требовательность к уходу:** Сортовые сирени более требовательны к условиям выращивания и уходу. Им необходимы регулярные подкормки, обрезка и защита от болезней и вредителей [3].  
Примеры современных сортов сирени:

- **Красная Москва** (Л. Колесников)  
Бут. фиолетово-пурпурные, серебристые; цв. темно-пурпурные, с заметными желтыми тычинками, крупные (2 см), простые, душистые; цветет умеренно, в средние сроки и отличается стойкой окраской цв.

- **Мечта** (Л. Колесников, 1941). Сеянец от Шолохов.  
Бут. серебристо-лиловые; цв. голубовато-лиловые, с более светлым центром и

розоватым оттенком на нижней стороне, крупные (до 3 см), простые, душистые; цветет обильно, ежегодно, в средние сроки.

- **Красавица Москвы** (Л. Колесников, 1947). Бель де Нанси × И. В. Мичурин. Бут. крупные, розовато-лиловые; цв. розовато-белые, с перламутровым оттенком, крупные (2,5 см), махровые (2-3 сближенных венчика), очень душистые, сходные по форме с цв. полиантовых роз. Сцв. из одной-двух пар крупных (25 × 12 см) пирамидальных, прочных и ажурных метелок. К. средней высоты, широкие, с прочными ветвями. Цветет обильно, продолжительно. Сорт редкий по красоте. Рекомендуются для оформления, срезка.

- **Примроз** (Primrose) (Yellow Wonder) (G. Maarse, 1949). Спорт от Мари Легре. Бут. зеленовато-желтые; цв. светло-желтые (как у примулы), выгорают до белых, средние, простые, очень душистые; цветет очень обильно, в средние сроки. Рекомендуются для выгонки и оформления. Первый желтый сорт.

- **Индия** (Л. Колесников, 1955). Заря Коммунизма × неизвестный сеянец. Бут. темно-пурпурные; цв. густо-лиловые, с красноватым оттенком, крупные (2,6 см), простые, душистые; К. средней высоты, широкие, раскидистые. Цветет умеренно, в средние сроки [1].

### **Перспективы**

Современная селекция сирени использует передовые технологии, например: молекулярно-генетический анализ, тканевую культуру, криоконсервацию, ускоренное тестирование на устойчивость.

Главные направления текущих исследований: создание гипоаллергенных сортов, разработка сортов с повышенной устойчивостью к изменению климата, работа над новыми цветовыми комбинациями.

### **Вывод:**

Дикая и сортовая сирень – это два разных мира. Дикie виды – это воплощение естественной красоты и неприхотливости. Они ценны своей устойчивостью, простотой в размножении и способностью выживать в суровых условиях. Сортовые сирени, напротив, поражают своим разнообразием и декоративностью. Они созданы для того, чтобы радовать глаз и дарить неповторимый аромат.

Выбор между дикой и сортовой сиренью зависит от ваших предпочтений и целей. Если вы хотите создать сад, не требующий особого ухода, и наслаждаться естественной красотой, то дикie виды – отличный вариант. Если же вы стремитесь к ярким краскам и пышному цветению, то сортовые сирени – ваш выбор. В идеале сочетание диких и сортовых видов может создать в саду гармоничный баланс между естественной красотой и декоративным великолепием.

### **Библиографический список**

1. Колесников А. И. Декоративная дендрология. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 704 с.

2. Рубцов Л. И., Михайлов Н. Л., Жоголева В. Г. Виды и сорта сирени культивируемые в СССР: каталог-справочник. – Киев: Наук.Думка, 1980. – 128 с.
3. Тишкина Е. А., Семкина Л. А. Исторические аспекты создания коллекции *Syringa* в Ботаническом саду УрО РАН г. Екатеринбурга // *Syringa L.* : коллекции, выращивание, использование. – СПб., 2020. – С. 143–144
4. Сирень Победы [Электронный ресурс] // Сберегаем вместе. URL: <https://www.sберегаем-vmeste.ru/publications/siren-pobedi> [дата обращения к сайту: 10.11.2025].
5. Cheng, Q., Wang, H., Liu, Y., & Zhao, S. (2022). Gene co-expression network analysis reveals candidate genes that regulate the flowering time of *Syringa oblata* [Электронный ресурс]. *Communications Biology*, × 5 ×(1). URL: <https://www.nature.com/articles/s42003-022-03646-9> [дата обращения к сайту: 10.11.2025]
6. Дикая сирень: как называется [Электронный ресурс] // RuDesignShop. URL: <https://rudesignshop.ru/blog/dikaya-siren-kak-nazyvaetsya/> (дата обращения: 10.11.2025)
7. Искусственный мутагенез как метод селекционной работы [Электронный ресурс] // <https://ru.ruwiki.ru/wiki/> (дата обращения: 10.11.2025)

## ИНТЕГРАЦИЯ GWAS И ТРАНСКРИПТОМИКИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ QTL УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К TOBRFV

**Трубникова Мария Алексеевна**, студентка 3-го курса института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева», [tashai281004@icloud.com](mailto:tashai281004@icloud.com)

**Научный руководитель – Никитин Михаил Алексеевич**, ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto:m.nikitin@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Вирус коричневой морщинистости плодов томата является серьезной угрозой для производства томатов по всему миру, приводя к снижению урожайности и качества продукции. Классические гены устойчивости к тобамовирусам оказались неэффективны против ToBRFV, в связи с чем актуальным направлением исследований становится поиск новых источников и механизмов устойчивости. Комплексное применение методов полногеномного поиска ассоциаций (GWAS) и транскриптомного анализа (RNA-seq) для идентификации QTL, связанных с устойчивостью томата к вирусу открывает возможности для ускоренного создания гибридов томата с долговременной устойчивостью к ToBRFV.

**Ключевые слова:** Томат, ToBRFV, вирус коричневой морщинистости плодов томата, GWAS, транскриптомный анализ, RNA-seq

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) является одной из наиболее широко культивируемых овощных культур во всем мире и занимает более 5 млн га посевных площадей. За последние 10 лет вирус коричневой морщинистости плодов томата (ToBRFV) нанес значительный ущерб томатной промышленности. ToBRFV относится к роду *Tobamovirus*. Это палочковидный вирус с положительной одноцепочечной РНК длиной 6,4 тыс. нуклеотидов, кодирующий 4 белка. Впервые он был выявлен в Иордании в 2015 году, после чего быстро распространился на обширные территории. У растений, пораженных вирусом коричневой морщинистости плодов томата, снижается урожайность и качество плодов при их производстве. Основными симптомами поражения растения вирусом являются: неравномерное созревание плодов, некротические пятна на поверхности плодов, некрозы листьев и стеблей и хлоротичность краев листьев томата. В связи с тем, что против вирусных заболеваний нет эффективных химических средств защиты, наиболее эффективной стратегией борьбы является создание устойчивых гибридов.

Долгое время устойчивость гибридов томатов к вирусам из рода *Tobamovirus*, таких как вирус табачной мозаики (TMV) и вирус мозаики томата (ToMV), обеспечивалась за счет генов ТМ-серии — Tm-1, Tm-2, Tm-2<sup>2</sup>, однако ToBRFV, хоть и относится к тому же роду, не распознается рецептором гена Tm-

2<sup>2</sup>, что позволяет ему беспрепятственно распространяться по тканям растения без активации защитного механизма в виде гиперчувствительной реакции. В свою очередь Tm-1 обеспечивает лишь частичную толерантность к ToBRFV. В связи с этим селекционерам пришлось искать новые генетические механизмы устойчивости. Данная статья обобщает данные исследований и подчеркивает необходимость комплексного подхода к изучению механизмов устойчивости.

Полногеномный поиск ассоциаций (*genome-wide association studies, GWAS*) — это метод исследований, позволяющий найти связь между вариантами генов и фенотипическими признаками. Принцип GWAS заключается в том, что если определённый участок ДНК, (чаще всего, однонуклеотидные полиморфизмы, *SNP*) чаще встречается у устойчивых растений, чем у восприимчивых, то этот участок, вероятно, связан с геном, влияющим на устойчивость. В результате анализа создается карта ассоциаций, где каждый маркер оценивается по степени статистической связи с признаком. Пики на этой карте указывают на кандидатные локусы количественных признаков (*Quantitative Trait Loci, QTL*). QTL — это участки генома, потенциально отвечающие за устойчивость. В недавнем исследовании (Jaiswal et al., 2025) был выявлен QTL на 11 хромосоме, в котором было идентифицировано несколько генов, которые могут представлять интерес в изучении устойчивости к вирусу коричневой морщинистости плодов томата. Кроме того, было обнаружено, что этот локус взаимодействует с геном TM-1 на 2 хромосоме, усиливая эффект устойчивости. Эти данные указывают на многолокусный характер устойчивости. Чтобы понять, какие именно гены функциональны и участвуют в формировании механизмов устойчивости, эффективно применять транскриптомный анализ (*RNA-seq*)

Транскриптом — это совокупность всех транскриптов (молекул РНК), синтезируемых клеткой. При анализе транскриптома мы получаем данные об интенсивности экспрессии генов и об изменении их активности, благодаря чему можно определить какие молекулярные механизмы лежат в основе устойчивости. В одном из недавних исследований (Zinger et al., 2025) с помощью транскриптомного анализа (RNA-seq), было выявлено, что внутри интервала QTL находятся гены, активирующиеся при заражении вирусом, а также что ген Tm-1 взаимодействует с этим локусом, и это взаимодействие критически важно для достижения эффективной устойчивости к ToBRFV.

Таким образом, метод GWAS является эффективным для выявления участков генома, статистически связанных с устойчивостью растения томата, в то время как транскриптомный анализ позволяет увидеть какие конкретно гены участвуют в формировании устойчивости и изучить сам механизм для получения в дальнейшем более устойчивых гибридов. Дальнейшее развитие этих подходов и комплексное их применение позволит существенно ускорить разработку новых устойчивых сортов, отвечающих требованиям современной отрасли.

### Библиографический список

1. Мария С. Б., Ирина П. Б. Что нужно знать о вирусе коричневой морщинистости плодов томата NoBRFV // Гавриш. - 2025. - №2. - С. 10-13.
2. Jaiswal, N., Zia, B., Chanda, B. et al. Identification of a QTL region for

tomato brown rugose fruit virus resistance in *Solanum pimpinellifolium*. *Theor Appl Genet* 138, 190 (2025) [<https://doi.org/10.1007/s00122-025-04974-0>]

3. Erika J. Z., Daniel L. O., Claudia Y. C., Rosemarie W. H., Katia A. Genomic insights into host-associated variants and transmission features of a ToBRFV isolate from Mexico // *Frontiers in Plant Science*. - 2025. - №16 [<https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1580000>]

4. Avner Zinger, Adi Doron-Faigenboim, Dana Gelbart, Ilan Levin, Moshe Lapidot Contribution of the tobamovirus resistance gene Tm-1 to control of tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) resistance in tomato // 2025 [<https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1011725>]

5. Yasin Topcu, Kubra Yildiz, Halim Can Kayikci, Serkan Aydin, Qian Feng, Manoj Sapkota Deciphering resistance to Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) using Genome-Wide Association Studies // *Scientia Horticulturae*. - 2025. - №341 [<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2025.113968>]



ПЕРСПЕКТИВЫ В СЕЛЕКЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ИНТЕНСИВНОСТИ  
ЗАПАХА У ДУРИАНА

**Федорова Татьяна Вадимовна**, бакалавр кафедры плодородства, виноградарства и виноделия ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [2005jasa.zip@gmail.com](mailto:2005jasa.zip@gmail.com)

**Научный руководитель – Эйтлин Яков Тарасович**, к.с.-х.н., ассистент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [ya.eidlin@rgau-msha.ru](mailto:ya.eidlin@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** Целью данной статьи является обзор современных методов и способов решения задач по селекции дуриана, направленных на снижение интенсивности характерного для плодов запаха, что открывает перспективы для создания сортов, сочетающих слабовыраженный запах с высокими вкусовыми качествами.

**Ключевые слова:** селекция, дуриан, запах, сорт, Метионин-γ-лиаза (MGL).

Дуриан (*Durio*) – род растений из семейства Мальвовые (*Malvaceae*), произрастающих в тёплом и влажном климате тропиков. Из-за уникального сочетания насыщенно сладкого вкуса, представляющего из себя смесь ванильного пудинга, миндаля и крем-брюле, и запаха тухлых яиц и гнилого мяса был прозван «королём фруктов», а также народным символом Малайзии. Именно из-за запаха, несмотря на коммерческий спрос, во многих странах Юго-Восточной Азии действуют жёсткие ограничения на провоз и потребление дуриана в общественных местах, транспорте и отелях. Эволюционно сильный запах является адаптацией для привлечения крупных млекопитающих (слонов, тапиров, оленей, приматов), которые в природных условиях распространяют семена в плотном пологом тропического леса, где затруднено распространение запахов. Таким образом, ключевой задачей селекционеров является преобразование ключевого эволюционного признака для интеграции культуры в мировой рынок, обеспечив при этом сохранение её уникальных вкусовых качеств.

**Генетическое разнообразие.** В настоящий момент существует более 30 сортов дуриана, из которых только около 8-10 считаются съедобными. Наибольшей популярностью пользуются три сорта: ‘Монтонг’ (‘Monthong’), ‘Чани’ (‘Chanee’) и ‘Каньяо’ (‘Kan Yao’).

‘Монтонг’ (также известен как «Золотая подушка») – эталонный коммерческий сорт с крупными (2-6 кг) плодами, кремообразной мякотью бледно-жёлтого цвета и слабовыраженным запахом, что делает его основным кандидатом для селекции. Отличается высоким выходом мякоти (около 30%), пригодностью для заморозки и устойчивостью к болезням. К недостаткам

данного сорта относятся длительный ювенильный период (8 лет), неравномерное созревание, чувствительность к фитофторе.

‘Чани’ – раннеспелый сорт, вступающий в плодоношение на 4-6 год, что является его основным преимуществом. Плоды средние (2-4,5 кг), с ярко-жёлтой, сладкой мякотью. К недостаткам данного сорта относятся высокая волокнистость, водянистость при перезревании, подверженность фитофторе и вредителям, что осложняет его промышленное использование.

‘Канья’ (также известный как «Каньяу» или «Гаан Яу») представляет собой плоды средние (2-4,5 кг) со сладкой золотисто-жёлтой мякотью, обладающей нежной кремообразной структурой, и относительно приятным ароматом. Этот сорт дуриана мало подвержен болезням и вредителям, его мякоть – одна из наименее волокнистых. Растение довольно неприхотливо в уходе. К недостаткам данного сорта относятся непереносимость переувлажнения, непригодность для заморозки, большое количество крупных семян.

**Биохимическая природа запаха.** Исследования с помощью газовой хроматографии и масс-спектрометрии выявили, что за неприятный запах плодов дуриана ответственны этантиол (этилмеркаптан (EtSH)) и сероорганические соединения, такие как диэтилдисульфид и диэтилтрисульфид. Формирование этих соединений связано с активностью специфического фермента — метионин-γ-лиазы (MGL), который катализирует распад аминокислоты метионина в процессе созревания плода: от минимального содержания летучих веществ в незрелых плодах до резкого увеличения концентрации серосодержащих соединений на пике созревания. Аромат продолжает эволюционировать после сбора, достигая максимума через 24-72 часа. Парадокс заключается в том, что параллельно в плоде образуются и приятно пахнущие сложные эфиры (2S)-2-метилбутаноат, имитирующий запах мёда, 2-этил-4-гидрокси-5-метил-3(2H)-фуранон, придающий карамельный вкус, а также этил-2-метилпропаноат и этилбутаноат, которые придают фруктовый вкус.

**Методы традиционной селекции.** Традиционная селекция дуриана является основным методом создания новых сортов, несмотря на развитие биотехнологий. Этот процесс основан на использовании естественного генетического разнообразия и классических методов отбора. Основным методом традиционной селекции является искусственный отбор и гибридизация. Селекционеры проводят целенаправленные скрещивания между перспективными сортами и дикими видами дуриана, такими как дуриан-салак (*Durio graveolens*) и кутейский дуриан (*Durio kutejensis*), обладающими меньшей интенсивностью запаха, устойчивостью к болезням или ранним сроком созревания.

Главным ограничением традиционной селекции дуриана является длительный ювенильный период. Деревья, выращенные из семян, начинают плодоносить лишь через 10-15 лет, что позволяет провести всего несколько поколений отбора за карьеру селекционера. Для ускорения процесса применяют метод прививки. Привитые саженцы сохраняют свойства материнского растения и плодоносят уже на 4-5 год, что позволяет быстрее оценивать результаты

скрещиваний. Однако эта методика требует высокого мастерства и имеет технические сложности.

Ещё одним важным методом традиционной селекции является клонный отбор, заключающийся в поиске и отборе растений с естественными мутациями, которые проявляют желаемые свойства, такие как пониженная интенсивность запаха или изменённый химический состав ароматических соединений.

Несмотря на трудности, традиционная селекция достигла значительных успехов, создав сорта с разными характеристиками запаха – от сильно ароматных ('Монтонг') до относительно мягких ('Мусанг Кинг'). Этот метод продолжает составлять основу для интеграции с современными биотехнологическими подходами.

**Современные подходы в селекции.** Современная селекция дуриана характеризуется интеграцией традиционных методов с передовыми биотехнологическими подходами, что позволяет преодолеть основные ограничения классической селекции.

Ключевым инструментом в работе стала маркер-вспомогательная селекция (MAS). После расшифровки генома дуриана в 2017 году исследователи идентифицировали молекулярные маркеры, связанные с генами, ответственными за синтез летучих серосодержащих соединений. В частности, был обнаружен ген метионин-γ-лиазы (MGL) – ключевого фермента в биосинтезе соединений, определяющих интенсивность запаха. Это позволяет проводить отбор сеянцев на ранних стадиях развития по ДНК-маркерам, не дожидаясь их плодоношения через 10-15 лет.

Наиболее перспективным, хотя и спорным методом является геномное редактирование (CRISPR-Cas9). В теории данный метод напрямую позволяет модифицировать гены, ответственные за синтез неприятнопахнущих соединений, вплоть до их «отключения». Однако практическое применение сдерживается сложностями трансформации и регенерации растений дуриана, а также регуляторными ограничениями.

Важным компонентом современной селекции является метаболомика – комплексный анализ биохимического состава плодов. С помощью газовой хроматографии и масс-спектрометрии исследователи могут точно оценивать профиль летучих соединений и проводить направленный отбор на снижение содержания нежелательных компонентов при сохранении вкусовых качеств.

**Перспективы.** Перспективы современной селекции дуриана связаны с созданием коммерческих сортов нового поколения, сочетающих мягкий аромат с высокими вкусовыми качествами, что откроет возможности для расширения международного рынка, экспорта в свежем виде и сокращения сроков создания новых сортов с 15-20 до 5-7 лет.

**Проблемы.** Основными проблемами при селекции новых сортов являются технологические сложности трансформации и регенерации растений дуриана в культуре *in vitro*, а также юридические ограничения на использование ГМО-культур во многих странах. Особую проблему представляет сохранение сложного биохимического баланса между ароматом и вкусом при направленной селекции на снижение интенсивности запаха. В странах традиционного

потребления интенсивный аромат считается неотъемлемой характеристикой качественного плода, что создаёт рыночные ограничения для новых сортов. Кроме того, высокая стоимость геномных и метаболомных исследований ограничивает доступ к современным методам селекции.

Интеграция традиционных селекционных методов с передовыми подходами открывает новые возможности для целенаправленного создания сортов с улучшенными характеристиками. Несмотря на значительные успехи в расшифровке генетических основ аромата и разработке методов маркер-вспомогательной селекции, перед исследователями остаётся ряд серьёзных вызовов.

Ключевой задачей является преодоление технологических барьеров, связанных с длительным периодом селекции и сложностями генетической трансформации. Не менее важны вопросы сохранения уникальных вкусовых качеств при модификации ароматического профиля и адаптации новых сортов к требованиям международного рынка.

Дальнейшие исследования в области геномики и метаболомики дуриана, несомненно, откроют новые возможности для ускорения селекционного процесса и создания коммерчески успешных сортов, способных завоевать мировое признание.

### **Библиографический список**

1. Maimunah Mohd Ali, Norhashila Hashim, Samsuzana Abd Aziz, Ola Lasekan, Exploring the chemical composition, emerging applications, potential uses, and health benefits of durian: A review / Maimunah Mohd Ali, Norhashila Hashim, Samsuzana Abd Aziz, Ola Lasekan // Food Control – July 2020 – Volume 113, Pp. 107189. — Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107189> (Дата обращения: 05.11.2025)
2. Mengting Luo, Zhonggang Li Key, Bottlenecks and Breakthrough Strategies in Modern Durian Breeding: From Hybridization to Precision Genomic Selection / Mengting Luo, Zhonggang Li Key // Bioscience Methods – 2025 – Vol.16, No.2. – pp. 100-107. — Режим доступа: doi: 10.5376/bm.2025.16.0010 (Дата обращения: 05.11.2025)
3. Bertina Do, Uncovering the Chemistry Behind Durian's Polarizing Aroma / Bertina Do // FoodGrads.com: Campus Ambassador blog Spotlight: University of Guelph – June 1, 2023. — Режим доступа: <https://foodgrads.com/2023/06/01/uncovering-the-chemistry-behind-durians-polarizing-aroma/> (Дата обращения: 05.11.2025)
4. Уникальный экзотический фрукт дуриан. — Режим доступа: <https://semenagavrich.ru/articles/unikalnyy-ekzoticheskiy-frukt-durian/> (Дата обращения: 05.11.2025)

## СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОГО РАПСА НА ОСНОВЕ ЦМС: ОТ ГАПЛОИДОВ К ГИБРИДАМ

**Цыпленкова Светлана Сергеевна**, бакалавр кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [sv.tsypchenkova@yandex.ru](mailto:sv.tsypchenkova@yandex.ru)

**Дмитриева Виктория Николаевна**, бакалавр кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [dmitrivictoria@yandex.ru](mailto:dmitrivictoria@yandex.ru)

**Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Аннотация:** Обзор применения цитоплазматической мужской стерильности (ЦМС) и гаплоидных технологий, а также их преимуществ в селекции ярового рапса.

**Ключевые слова:** Рапс, яровой рапс,  $F_1$  гибриды, цитоплазматическая мужская стерильность, ЦМС, гаплоиды, удвоенные гаплоиды, гаплоидные технологии, *Brassica napus*

Благодаря высокому содержанию масла, которое пригодно как для пищевой, так и для технической промышленности, рапс (*Brassica napus*) занимает одно из ведущих мест среди масличных культур. Современная селекция рапса направлена на повышение урожайности, устойчивости к стрессовым факторам и улучшение биохимических показателей масла.

Одним из наиболее эффективных направлений селекции является создание гибридов первого поколения ( $F_1$ ), основанное на эффекте гетерозиса – превосходства гибридного потомства по хозяйственно ценным признакам в сравнении с родительскими формами. Для создания  $F_1$  гибридов необходимо обеспечить контролируемое перекрестное опыление, которое позволяет исключить самоопыление, тем самым гарантировать чистоту гибридного материала.

Достичь отсутствия самоопыления позволяет такой биологический инструмент, как цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) – явление, при котором достигается полная или частичная стерильность, обусловленное мутациями в митохондриальной ДНК, приводящими к нарушению функционирования пыльников или образованию нежизнеспособной пыльцы. Наследуется ЦМС исключительно по материнской линии.

Существенно сократить процесс создания родительских форм гибридов позволяет использование гаплоидных методов [2]. Совместное использование ЦМС и гаплоидных технологий значительно ускоряет селекционный процесс гибридов первого поколения.

У семейства капустные описано порядка 30 типов ЦМС, из которых более 10 – у рапса [1]. Однако Карпачев в своей работе отмечает, что на практике наибольшее распространение получили только две системы ЦМС: *polima*, выделенная из сорта польского происхождения и *ogura*, полученная в результате межвидовой гибридизации между рапсом (*Brassica napus*) и редькой посевной (*Raphanus sativus*) [3]. Для обеспечения стабильного функционирования ЦМС используется трехлинейная система, состоящая из:

- Линия А (стерильная) – служит материнской формой
- Линия Б (закрепитель стерильности) – используется для поддержания и размножения линии А, имеет идентичный ей ядерный состав, но с фертильной цитоплазмой
- Линия В (восстановитель фертильности) – служит отцовской формой, содержит ядерные гены-восстановители фертильности

Гаплоидные технологии основаны на получении растений с одинарным набором хромосом и их последующим удвоением. Первое упоминание гаплоидного производства у рапса датируется 1975 годом, в своем исследовании Thomas и Wenzel смогли получить эмбриониды с помощью культуры пыльников, а последующие цитологические исследования показали, что некоторые из эмбрионидов – гаплоидные [4]. В настоящее время для рапса используют культуру изолированных микроспор (КИМ), которая имеет ряд преимуществ по сравнению со своим предшественником (культурой пыльников), главное из которых – отсутствие соматических клонов.

Современная селекция ярового рапса опирается не только на классические методы, но и использует на практике молекулярные методы, среди которых особое место занимают ЦМС и удвоенные гаплоиды (УГ). Использование ЦМС позволяет отказаться от трудоемкой ручной кастрации растений и обеспечить стабильное получение гибридных семян с высоким уровнем генетической чистоты. А использование гаплоидных технологий, в свою очередь, позволяет значительно уменьшить сроки получения и увеличить генетическое разнообразие родительских линий, для последующего создания F<sub>1</sub> гибридов.

### Библиографический список

1. Анисимова И. Н. и др. Системы ЦМС у рапса и их использование в селекции отечественных гибридов / И. Н. Анисимова, А. Г. Дубовская // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2020. – Т. 181. – № 3. – С. 171-180.
2. Вишнякова А. В. и др. Комплексный подход ускоренной селекции F<sub>1</sub>-гибридов ярового рапса на основе ЦМС / А. В. Вишнякова, Г. Ю. Гаус, А. А. Александрова, Г. Ф. Монахос, С. Г. Монахос // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 5. – С. 35-50.
3. Карпачев В. В. и др. Оценка нового материала для гетерозисной селекции ярового рапса, созданного на основе двух систем ЦМС / В. В. Карпачев, И. О. Пастухов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3. – С. 31-36.

4. Thomas E., Wenzel G. Embryogenesis from microspores of *Brassica napus*. – 1975.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИЕМА ПРИВИВКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ РАСТЕНИЙ ТОМАТА В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

**Чаркина Анастасия Романовна**, студентка кафедры овощеводства, ФГБОУ  
ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [anastasia.charkia@yandex.ru](mailto:anastasia.charkia@yandex.ru)

**Научный руководитель — Воробьев Михаил Владимирович**, к.с.-х.н., доцент  
кафедры овощеводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.  
Тимирязева [vorobyov@rgau-msha.ru](mailto:vorobyov@rgau-msha.ru)

**Аннотация.** В статье приведены данные по использованию технологического приема прививки при выращивании растений томата в условиях защищенного грунта в ООО «ТК Тюмень Агро» с использованием гибрида Пламола F1 привитого на устойчивые подвои Сузука F1и Армор F1

**Ключевые слова:** Томат, подвой, привой, прививка, привитые растения, корнесобственные растения.

Томат (*Solanum lycopersicum* L.) является одной из наиболее востребованных и широко возделываемых в условиях защищенного грунта культур [1,2]. Однако интенсивное выращивание культуры в условиях тепличного производства увеличивает риск распространения патогенов. Заболевания приводят к значительному ухудшению товарной продукции и потере урожая, что делает аспект защиты растений особенно актуальным [3,4]. Традиционные методы защиты растений, включающие химические обработки, не всегда эффективны, а также могут быть экологически небезопасными [5,6]. В данных условиях прививка на устойчивые к патогенам подвои является перспективным агротехническим приемом, позволяющим совместить урожайность и вкусовые качества плодов растений привоя, и устойчивость растений подвоя [7].

Цель работы: знакомство с современными технологиями получения высокоурожайных и устойчивых к болезням растений томата методом прививки. Задачи работы: изучить агротехнические особенности выращивания привитых томатов, освоить технологический прием прививки томата, в перспективе оценить влияние прививки на устойчивость к патогенам.

Исследование проводилось на базе ООО «ТК Тюмень Агро». Одной из особенностей агропромышленного производства на данном тепличном комбинате является отказ от химических методов защиты растений. Для тепличного производства использование технологического приема прививки является актуальным решением, поскольку это позволяет существенно снизить затраты на применение биологических и механических методов обработки, а также избежать химической обработки пестицидами, что как следствие способствует получению экологически чистой продукции.



Сущность прививки состоит в соединении и последующем срастании растения привоя и растения [8]. Привой отвечает за формирование нужных плодов, в то время как подвой обеспечивает устойчивую корневую систему. Особое внимание необходимо уделить подбору гибридов с повышенной резистентностью к актуальным заболеваниям, чтобы обеспечить стабильность и безопасность производства [9].

Пламола F1 – привой. Гибрид для выращивания в продлённом обороте и на светокультуре с устойчивостью к мучнистой росе. Томат обладает высокой товарностью, плоды сохраняют форму весь вегетационный период. Плоды 100-110 г, сливовидной формы, плотные, выравненные в кисти, интенсивной красной окраски внутри и снаружи, без пятен, предназначается для сбора кистями и поштучно. Гибрид заявлен как устойчивый к вершинной гнили [11].

Армор F1 – подвой с генеративным направлением развития. Рекомендуется для ранних посевов и выращиванием под искусственным освещением. Не ухудшает качества плодов и вкуса. Гибрид заявлен как обладающий устойчивостью к вирусу мозаики и вирусу бурой морщинистости плодов, таким грибным заболеваниям как: фузариозное увядание, вертициллезное увядание, кладоспориоз (бурая пятнистость листьев), опробковение корней, также подвой обладает устойчивостью к различным видам галловых нематод.

Сузука F1 – сильный генеративный подвой, отлично показывающий себя с вегетативными гибридами, а также демонстрирующий хорошие результаты на среднеплодных томатах. Подвой хорошо сохраняет выносливость в продлённом обороте и обеспечивает большую массу сильных корней в мате. Гибрид заявлен как обладающий устойчивостью к вирусу мозаики, таким грибным заболеваниям как: фузариозное увядание, вертициллезное увядание, кладоспориоз (бурая пятнистость листьев), также подвой обладает устойчивостью к галловым нематодам.

Внимание необходимо уделить не только подбору гибридов, но и соблюдению всех требований непосредственно при осуществлении технологического приема прививки. В технологии прививки одним из наиболее важных этапов является определение сроков посева. Посев подвоя осуществляется на 1 день раньше, чем посев привоя, такой разрыв в высевах, а впоследствии и в возрасте сеянцев необходим для того, чтобы толщина их стеблей совпала и срастание было максимально качественным. 7.07.2025 в предварительно подготовленные и запитанные питательным раствором кассеты был посеян гибрид «Армор F1», 11.07.2025 был посеян гибрид «Сузука F1». С промежутком в 1 день высевался привой «Пламола F1» – 8.07.2025 и 11.07.2025 соответственно. Контрольный вариант (гибрид «Пламола F1» корнесобственный) был посеян 21.07.2025.

Непосредственно процесс прививки начинается с подготовки инвентаря, включающего в себя следующие материалы и инструменты: лезвия, дезинфицирующий раствор, силиконовые клипсы различных диаметров, деревянные зубочистки. Прием прививки должен осуществляться строго в условиях, соответствующих санитарно-гигиеническим нормам, включая предварительную обработку рук дезинфицирующим средством, а также

использование стерильных инструментов. Стебли подвоя срезаются под семядольными листьями, на высоте 2-3 см от заглубления стебля в субстрат, срез производится под углом 45°. На подвой в место последующего соединения надевается клипса, затем зубочистка вставляется в специальное отверстие клипсы, заглубляясь в субстрат в качестве подпорки. В заготовленную клипсу с подвоем помещается срезанный под семядольными листьями под углом 45° привой. Срезы подвоя и привоя совмещаются, чтобы ткани камбия совпали, привой и подвой должны плотно прилегать друг к другу. В условиях ТК «Тюмень Агро» приживаемость составила 92-98%. Кассеты с прижившимися растениями по прошествии трех дней транспортируются и помещаются в блок рассадного отделения. На этом процесс прививки завершается, а привитые растения впоследствии высаживаются на постоянное место.

Наблюдение за привитыми растениями в условиях текущего оборота показало, что проведение корректного сравнительного анализа корнесобственных и привитых растений возможно только при идентичных условия выращивания. Влияние оказывают не только показатели микроклимата, значительную роль имеет поддержание фитосанитарного режима, а также своевременное проведение необходимых уходовых операций на протяжении всего процесса жизнедеятельности растений. Так, показатели заболеваемости вершинной гнили у привитых растений в условиях карантинного блока значительно превысили показатели заболеваемости корнесобственных растений в другом, не карантинном блоке. Таким образом полученные данные нельзя считать корректными в силу критически различающихся внешних факторов.

### **Библиографический список**

1. Ака, М. Н. Д. Прививки томата - новая ступень развития отрасли / М. Н. Д. Ака // Овощеводство - от теории к практике : Сборник статей по материалам III региональной научно-практической конференции молодых ученых, Краснодар, 21–22 марта 2020 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 3-6.
2. Воробьев, М. В. Современные гибриды томата, оценка урожайности и биохимического состава плодов / М. В. Воробьев, М. Е. Дыйканова // XII Неделя науки молодежи северо-восточного административного округа г. Москвы, посвященная 160-летию К.Э. Циолковского: сборник статей. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – С. 338–340.
3. Воробьев, М. В. Способ выращивания коктейльных томатов в защищенном грунте в продленном обороте / М. В. Воробьев, Д. А. Федоров, В. Д. Богданова // Материалы Всероссийской с международным участием научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 155-летию со дня рождения Н.Н. Худякова: сборник статей, Москва, 07–09 июня 2021 года. Том 2. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 316-319. – EDN ZLHNPU.
4. Воробьев, М. В. Влияние арочных кистедержателей на урожайность томата в весенней плёночной теплице / М. В. Воробьев, М. Е. Дыйканова //

Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах: Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 14 ноября 2023 года. – Балашиха: Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского, 2023. – С. 163-167. – EDN KMILIL.

5. Воронкова, И. Р. Влияние прививки на продуктивность томатов в закрытом грунте / И. Р. Воронкова, В. В. Рзаева // Известия Дагестанского ГАУ. – 2024. – № 2(22). – С. 24-31.

6. Дыйканова, М. Е. Продуктивность гибридов томата и биохимический состав плодов / М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве : Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России, Рязань, 26–27 апреля 2017 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". Том Часть I. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2017. – С. 290-293. – EDN YAJBLP.

7. Дыйканова, М. Е. Влияние кистедержателей и органических удобрений на урожайность и качество мелкоплодного томата / М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев, В. И. Терехова, М. А. Бочарова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2024. – № 1(76). – С. 47-50. – EDN WJGCCF.

8. Рамазанов, К. М. Розовоплодный томат в фермерской теплице в Каякентском районе Дагестана / К. М. Рамазанов, Д. А. Федоров, М. В. Воробьев // Картофель и овощи. – 2023. – № 10. – С. 25-28. – DOI 10.25630/PAV.2023.28.22.001. – EDN EHOMDP.

9. Симаков, Г. А. Опыт выращивания гибридов F1 томата Черри в условиях ООО "овощи Краснодарского края" / Г. А. Симаков // Актуальные вопросы современной селекции, биотехнологии и ботаники: Сборник докладов всероссийской студенческой научно-практической конференции, Российский государственный аграрный университет, 07–08 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 43-47. – EDN SDSILA.

10. Терехова, В. И. Влияние некорневых обработок органическими препаратами на качество и урожайность продукции томата / В. И. Терехова, М. Е. Дыйканова, М. В. Воробьев, М. А. Бочарова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 4. – С. 102-115. – DOI 10.26897/0021-342X-2024-4-102-115. – EDN BBQSSS.

11. Влияние различной обработки на укореняемость зеленых черенков клоновых подвоев сливы ОП 23-23 и ВСЛ 2 в условиях искусственного тумана / Е. Г. Самощенко, И. А. Фесютин, К. В. Гебре, А. Е. Буланов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 6. – С. 86-102. – DOI 10.26897/0021-342X-2023-6-86-102. – EDN VDGPPZ.

## ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ КАПУСТНЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

**Чернобай Анна Анатольевна**, бакалавр кафедры декоративного садоводства и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [annchernobay34@gmail.com](mailto:annchernobay34@gmail.com)

**Научный руководитель – Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные этапы развития селекции капустных культур в России, от первых работ в начале XX века до современных достижений отечественной науки. Проанализированы основные направления селекции: устойчивость к болезням, особенно к киле, адаптация к изменяющимся климатическим условиям, повышение качества продукции. Охарактеризован переход от сортов к гибридам F1 и внедрение молекулярно-генетических методов. Представлены данные о новых сортах и гибридах, включённых в Госреестр селекционных достижений в 2024–2025 годах.

**Ключевые слова:** селекция капусты, *Brassica oleracea*, устойчивость к киле, гибридные сорта, овощеводство.

Селекция капустных культур в России имеет богатую историю, уходящую корнями в начало прошлого века, и до сих пор остаётся одним из приоритетов отечественной аграрной науки. Такая значимость объясняется не только высокой пищевой ценностью и технологической универсальностью капусты, но и её способностью успешно выращиваться в самых разных климатических условиях, от северных районов до южных областей страны. Наибольшее внимание традиционно уделяется капусте белокочанной (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), однако параллельно ведутся работы и по другим видам: цветной капусте, брокколи, краснокочанной и савойской капусте, а также кольраби.

Первые организованные селекционные исследования в нашей стране появились в начале XX века. Важнейшую роль в их формировании сыграл Всероссийский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова. Именно здесь под руководством Н. И. Вавилова была собрана одна из крупнейших в мире коллекций рода *Brassica* - более 3 500 образцов [1]. Её пополнение происходило постепенно: в 1920–1930е годы за счёт экспедиционных сборов, позже, благодаря систематическому изучению и отбору ценных форм. Эта коллекция по-прежнему лежит в основе большинства современных селекционных программ. В 1930-1950е годы в институте провели масштабную оценку образцов по хозяйственно ценным признакам - урожайности, лёжкости, морозостойкости и устойчивости к основным болезням. Полученные данные позволили выделить перспективные генотипы для последующей гибридизации [1].

После войны усилия селекционеров были направлены на создание районированных сортов, способных противостоять неблагоприятным погодным условиям и распространённым инфекциям. В 1957 году на базе Московской селекционной овощной станции был образован Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства овощных культур (ВНИИССОК), сегодня входящий в состав Федерального научного центра овощеводства. Этот центр стал ведущим в стране по разработке новых форм капусты; в его структуре действует отдельная лаборатория, специализирующаяся на капустных культурах [2]. Именно здесь были созданы такие широко известные сорта, как «Зимовка 1474», «Подарок» и «Слава 1305» [2].

Значительный вклад в развитие отрасли внёс коллектив Селекционной станции имени Н. Н. Тимофеева при РГАУ-МСХА. Здесь были заложены основы гетерозисной селекции, освоены методы цитоплазматической мужской стерильности и технологии получения удвоенных гаплоидов, что значительно ускорило вывод чистых линий. Тесное взаимодействие станции с ведущими семеноводческими компаниями, в первую очередь с компаниями Гавриш и Партнер, обеспечивает регулярное поступление новых гибридов F<sub>1</sub> на рынок. При отборе на устойчивость к киле применяются как лабораторные, так и полевые методы: растения выращивают на инфекционном фоне, используя компост из корней, поражённых *Plasmiodiophora brassicae* [3]. Такие подходы, изначально апробированные на отдельных видах *Brassica*, успешно адаптированы и для белокочанной капусты, что позволяет уже на ранних этапах отбирать устойчивые генотипы для дальнейшей работы.

Начиная с 2000х годов в отечественном овощеводстве наметился чёткий переход от традиционных сортов к гибридам первого поколения. Их преимущество заключается в более высокой урожайности, выровненности и стабильности при неблагоприятных условиях. Эта тенденция отражена в данных Государственного реестра селекционных достижений: доля гибридов в нём постоянно увеличивается. В 2024 году к использованию были допущены, в частности, раннеспелые гибриды, например, «Приоритет F<sub>1</sub>», отличающийся плотной структурой кочана, устойчивостью к растрескиванию и хорошей пригодностью к механизированной уборке (рис. 1) [4].

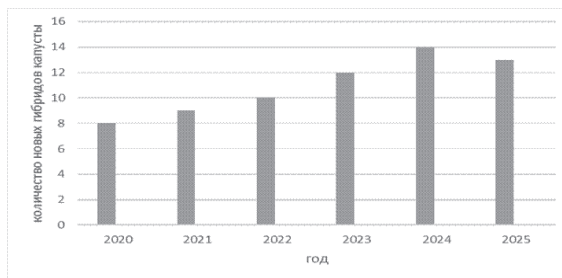


Рисунок 1 – Динамика включения гибридов капусты в Госреестр РФ

Особое внимание сегодня уделяется улучшению качества продукции. В фокусе повышение содержания витамина С, глюкозинолатов (соединений с доказанным противоопухолевым действием) и улучшение органолептических характеристик [5].

В последние годы в селекционный процесс активно внедряются молекулярно-генетические методы. С 2023 года учёные Федерального научного центра овощеводства начали использовать маркер-ассистированный отбор при создании форм, устойчивых к киле и вирусу мозаики капусты. Этот подход позволяет выявлять нужные генотипы уже на стадии проростков, минуя длительные полевые испытания. В результате сокращается время вывода новых гибридов, повышается точность отбора, а результаты становятся менее зависимыми от внешних факторов. Такие технологии открывают возможности для комплексного улучшения сортов, от фитосанитарной надёжности до качества и региональной адаптивности.

Благодаря современным методам общий цикл селекции сокращается на 2-3 года. Одновременно ведутся работы по созданию сортов, пригодных для органического земледелия, они должны эффективно конкурировать с сорняками и противостоять болезням без применения синтетических препаратов. Особый интерес представляют линии, устойчивые к засухе и высоким температурам. Для Центрального Черноземья и Поволжья разрабатываются формы, способные сохранять урожай даже при дефиците влаги и жаре [6]. Интересным направлением, является создание овощных культур устойчивых к гербицидам [7].

Основными центрами селекции капусты в современной России являются:

- Федеральный научный центр овощеводства.
- Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И.

Вавилова

- Федеральный научный центр риса.
- ООО «Селекционная станция имени Н. Н. Тимофеева»
- Некоторые крупные агропромышленные компании, например компания

«Гавриш»

Эти организации ежегодно выводят новые сорта и гибриды, прошедшие испытания в различных агроклиматических зонах страны. По данным Госреестра на 2025 год, в производстве находятся более 80 сортов и гибридов белокочанной капусты, около 30 - цветной и брокколи, а также десятки форм других капустных культур.

Таким образом, селекция капустных культур в России прошла путь от массового отбора до применения передовых генетических технологий. Несмотря на сложности, связанные с импортозамещением и изменениями климата, отечественная наука сохраняет конкурентоспособность, обеспечивая аграрный сектор высокоэффективными сортовыми решениями.

## **Библиографический список**

1. Артемьева А. М., Чесноков Ю. В. Коллекция капусты ВИР: этапы формирования и изучения / Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2012. — Т. 16, № 4. — С. 729–738.
2. Федеральный научный центр овощеводства/ Лаборатория селекции и семеноводства капустных культур / Бонларева Л.Л. — Режим доступа: <https://www.vniissok.ru>. (дата обращения: 11.11.2025)
3. Андреев Ю. М., Константинов А. В., Куликов М. А., Монахос С. Г. Оценка селекционного материала капусты белокочанной на устойчивость к киле крестоцветных / Вестник овощеводства. — 2011. — № 2. — С. 14–17.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию — Режим доступа: <https://gossort.com>. (дата обращения: 11.11.2025)
5. 5. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека / Виды капусты: польза и вред разных видов капусты. — Режим доступа: <https://rospotrebnadzor.ru>. (дата обращения: 11.11.2025)
6. Мозгова Г. В. Применение молекулярных и физиологических маркеров для комплексного исследования устойчивости представителей семейства Brassicaceae L. к абиотическому стрессу: холоду и засухе / Молекулярная и прикладная генетика. — 2023. — Т. 20, № 2. — С. 123–135.
7. Миронов А.А., Чернявская О.А., Дегтярева Ю.С. [и др.] Создание отдаленного гибрида рапса (*Brassica napus* L.) и редиса (*Raphanus sativus* L.) // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 12. С. 5-10. DOI: 10.53859/02352451\_2023\_37\_12\_5.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ В  
КУЛЬТУРЕ IN VITRO

*Чернышов Данила Сергеевич, студент кафедры Декоративного садоводства, флористики и газоноведения ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [chernyshovdaniila29@gmail.com](mailto:chernyshovdaniila29@gmail.com)*

*Научный руководитель – Эйтлин Яков Тарасович, к.с.-х.н., ассистент кафедры Молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, [ya.eidlin@rgau-msha.ru](mailto:ya.eidlin@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** Целью данной статьи является общий обзор методов использования машинного обучения в биотехнологии декоративных культур, оценка их эффективности и перспектив.

**Ключевые слова:** биотехнология, in vitro, петуния, каланхоэ, машинное обучение.

Современное декоративное растениеводство требует разработки эффективных и воспроизводимых технологий размножения растений, обеспечивающих высокий уровень приживаемости и стабильность признаков при массовом производстве. Культура in vitro является одним из ключевых инструментов биотехнологии, позволяя быстро получать генетически однородные растения, свободные от патогенов и обладающие высокими декоративными качествами. Оптимизация условий микроклонального размножения, состава питательной среды, концентраций фитогормонов, освещения и температуры остается сложной задачей, требующей учета множества взаимосвязанных факторов.

В последние годы значительное внимание уделяется применению методов машинного обучения (ML) для анализа и прогнозирования биотехнологических процессов. Эти подходы позволяют выявлять скрытые зависимости между параметрами культивирования и физиологическими откликами растений, автоматизировать подбор оптимальных условий и сокращать количество экспериментальных исследований. Использование ML в культуре in vitro открывает новые возможности для повышения эффективности размножения декоративных растений и разработки интеллектуальных систем управления биотехнологическими процессами.

Одним из примеров является исследование “Machine Learning Unmasked Nutritional Imbalances on the Medicinal Plant Bryophyllum sp. Cultured in vitro”, посвящённое анализу минерального питания трёх видов каланхоэ с использованием нейро-нечеткой логики. Целью было выявить скрытые взаимодействия между минеральными элементами и генотипом и оптимизировать условия микроразмножения. Эксперимент проводился на



модифицированной среде Мурасиге–Скуга с девятью вариантами концентраций макро- и микроэлементов, измерялись показатели роста, формирования побегов и листьев, свежая масса надземной и корневой части.

Результаты показали значимое влияние генотипа и состава среды, при этом ключевыми элементами оказались аммоний, сульфат, молибдат, медь и натрий. Нейро-нечеткая модель выявила сложные взаимодействия, например, низкая концентрация меди стимулировала рост побегов у одного вида и подавляла у другого. Это подтверждает не только то, что универсальная среда Мурасиге–Скуга может быть не оптимальной, а видоспецифическая адаптация среды повышает эффективность культуры *in vitro*, но и то что использование ML показывает хорошие результаты в изучаемом предмете [1].

Не менее важным фактором является концентрация фитогормонов. В исследовании влияния индолил-3-уксусной кислоты и 6-бензиламинопурина на органогенез каланхоэ выявлено, что цитокинин определяет прямую и непрямую регенерацию, тогда как ауксин подавляет непрямую регенерацию. Чувствительность к концентрациям гормонов различалась у видов: ВД и ВН имели широкий диапазон эффективных концентраций, а ВТ — узкий оптимум и склонность к каллусообразованию при высоких уровнях цитокинина. Применение нейро-нечеткой логики позволило определить оптимальные диапазоны концентраций для каждого вида, обеспечивая эффективное выраживание [2].

Эффективность использования ML подтверждается также в работе “Enhancing petunia tissue culture efficiency with machine learning: A pathway to improved callogenesis”. Здесь решалась задача предсказания образования каллуса у гибридной петунии и оптимизации концентраций растительных регуляторов роста. Использовались четыре входные переменные (концентрации: 6-бензиламинопурина, кинетина, индолил-3-масляной кислоты, 1-нафтилуксусной кислоты) и две выходные (процент образовавшихся каллусов и свежая масса каллусов). Сравнивались три алгоритма ML: многослойный персептрон, радиально-базисных функций и обобщенно-регрессионный, при этом обобщенно-регрессионная модель показала наибольшую точность (83 %).

Чувствительный анализ выявил наибольшее влияние индолил-3-масляной кислоты и 1-нафтилуксусной кислоты, далее 6-бензиламинопурина и кинетина. С помощью генетического алгоритма определено оптимальное сочетание гормонов: 6-бензиламинопурина = 1.31 мг/л, кинетин = 1.02 мг/л, 1-нафтилуксусная кислота = 1.44 мг/л, индолил-3-масляной кислота = 1.70 мг/л, что позволило достичь 95,83 % образовавшихся каллусов. Экспериментальная проверка подтвердила высокую предсказательную способность модели, что имеет значение для селекции, генной инженерии и массового размножения растений [3].

Другой пример – оптимизация стерилизации и прорастания семян петунии гибридной. Рассматривалось влияние концентрации дезинфектантов, времени обработки и использования наноматериалов. Основной целью было прогнозирование процента заражения семян и прорастания с помощью нейросетей и многокритериальной оптимизации (NSGA-II). Обобщенно-

регрессионная модель показала наибольшую точность, а NSGA-II позволил определить условия, минимизирующие заражение и максимизирующие прорастание. Анализ чувствительности выявил время замачивания как ключевой фактор. Исследование подтвердило высокую практическую значимость интеграции машинного обучения и многокритериальной оптимизации для сокращения эмпирических испытаний и направления экспериментов на оптимальные параметры [4].

Таким образом, современные исследования демонстрируют значительный потенциал машинного обучения для оптимизации процессов размножения декоративных растений *in vitro*. Использование нейро-нечетких моделей, генетических и эволюционных алгоритмов позволяет учитывать сложные взаимодействия факторов среды и генотипа, повышает эффективность регенерации и прорастания, сокращает трудозатраты и ускоряет разработку стабильных протоколов. Внедрение таких подходов способствует созданию интеллектуальных систем управления биотехнологическими процессами и открывает новые возможности для массового производства растений с заданными декоративными и функциональными качествами.

### Библиографический список

1. García-Pérez P., Lozano-Milo E., Landín M., Gallego P. P. Machine Learning Unmasked Nutritional Imbalances on the Medicinal Plant *Bryophyllum* sp. Cultured *in vitro* // *Frontiers in Plant Science*. – 2020. – Vol. 11. – Article 576177. – Режим доступа: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.576177> (Дата обращения 07.11.2025).
2. García-Pérez P., Lozano-Milo E., Landín M., Gallego P. P. Machine Learning Technology Reveals the Concealed Interactions of Phytohormones on Medicinal Plant *In Vitro* Organogenesis // *Biomolecules*. – 2020. – Vol. 10, no. 5. – Article 746. – Режим доступа: <https://www.mdpi.com/2218-273X/10/5/746> (Дата обращения 07.11.2025).
3. Rezaei H., Mirzaie-asl A., Abdollahi M.R., Tohidfar M. Enhancing petunia tissue culture efficiency with machine learning: A pathway to improved callogenesis // *PLOS ONE*. — 2023. — Vol. 18, № 11. — Article e0293754. — Режим доступа: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0293754> (Дата обращения 07.11.2025).
4. Rezaei H., Mirzaie-asl A., Abdollahi M.R., Tohidfar M. Comparative analysis of different artificial neural networks for predicting and optimizing *in vitro* seed germination and sterilization of petunia // *PLOS ONE*. — 2023. — Vol. 18, № 5. — Article e0285657. — Режим доступа: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0285657> (Дата обращения 07.11.2025).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ  
В РОССИИ

*Чихирина Елизавета Юрьевна, бакалавр кафедры Садоводства и ландшафтной архитектуры ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [elisabetatchihirina@yandex.ru](mailto:elisabetatchihirina@yandex.ru)*

*Научный руководитель — Вишнякова Анастасия Васильевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** Целью данной работы является комплексный анализ технологии *speed breeding*, оценка перспектив и разработка рекомендаций по её внедрению в селекционный процесс в Российской Федерации.

**Ключевые слова:** *speed breeding*, ускоренная селекция, твёрдая пшеница, тритикале, дальний красный свет, колошение, цветение, изолирование зародышей, поколение в год.

Одним из главных недостатков классических селекционных методов считается их продолжительный период вегетации. Чтобы вывести новый, высокопродуктивный сорт, который удовлетворял бы требования селекционеров, учёным потребовалось бы в среднем более 10 лет. Значительная часть этого времени уходит на такие начальные этапы, как отбор родительских форм и последующее многократное самоопыление их потомства для достижения генетической однородности. Быстро создать чистую линию позволяют технологии создания удвоенных гаплоидов [1, 2, 3, 4]. Поскольку большинство полевых культур, такие как пшеница, дают только 1-2 поколения в год, процесс получения 4-6 необходимых поколений затягивается на многие годы, что доставляет значительные неудобства, и именно поэтому появилась такая технология, как *speed breeding* [5].

Например, у твёрдой яровой пшеницей при выращивании в климатической камере выяснилось, что при оптимальном световом режиме она зацветает очень быстро — уже на 41-й день после посева. Для большего ускорения роста следующего поколения, использовали ещё два метода. Первый метод — это сушка срезанных колосьев. Колосья срезали через 20-25 дней после цветения, в фазе начальной восковой спелости, и затем досушивали. Второй метод — извлечение зародышей из незрелых зёрен. Эту операцию можно проводить уже на 14-20 день после цветения. Извлечённые зародыши за неделю выращивания в питательной среде достигали стадии двух листочков и были готовы к высадке в грунт. Благодаря комбинации этих приёмов, можно добиться получение более пяти поколений твёрдой пшеницы за год [6].

Также выяснилось, что дальний красный спектр света значительно влияет на скорость развития растений. Выяснилась чёткая разница в сроках

колошения и цветения у твёрдой пшеницы и тритикале, которые росли при свете с добавлением дальнего красного спектра. Этот результат подтвердился на разных видах почв (субстратах). Твёрдая пшеница, растущая под равным количеством красного и дальнего красного света, колосилась на 7,6 суток, а цвела 4,6 суток раньше, чем под обычным белым светом, а тритикале при максимальном количестве дальнего красного света зацвёл на 3,2 суток быстрее, колошение начиналось на 3 суток быстрее. В среднем, дальний красный спектр ускорял цветение на 3,9 суток за одно поколение. На первый взгляд, это может показаться незначительными изменениями, если выращивать 6 поколений подряд, этого количества будет достаточно для получения стабильной линии, но как раз-таки эти незначительные изменения способны сэкономить 12 дней. Именно это и доказывает, что дальний красный свет очень эффективен для такой технологии, как *speed breeding*, главной целью которой является ускорение роста растений [7].

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод о перспективах применения технологии *speed breeding* в России. Итак, почему это нужно России? Эта технология значительно сокращает цикл создания нового сорта с 10-12 до 3-5 лет, что позволяет Российскому АПК быстрее реагировать на вызовы. Также технология позволяет оперативно выводить сорта устойчивые к засухе, новым патогенам, засолению почв и другим негативным факторам, которые становятся все более актуальней для некоторых регионов России, такие как Ростовская область, Краснодарский край, Курская область, Оренбургская область. И, разумеется, Россия сможет быстрее создавать собственные конкурентно способные сорта сельскохозяйственных культур, снижая зависимость от иностранных семенных материалов. Но есть и негативные моменты применения *speed breeding*. Высокая стоимость и энергоёмкость: оборудование климатических камер и фитотронов с контролем света, температуры и влажности требует огромных инвестиций; технология энергоёмка, так как из-за использования мощного светодиодного освещения 22 часа в сутки делает её дорогой в обслуживании. И разумеется, нехватка кадров, для работы с технологией *speed breeding* и сопутствующими биотехнологиями (*in vitro* культивирования) нужны подготовленные специалисты, которых на сегодняшний день не хватает.

В заключение могу сказать, что перспективы *speed breeding* в России огромны. Данная технология может стать катализатором для отечественной селекции, позволяя ей перейти на новый уровень, даже несмотря на существующие барьеры её внедрения.

### **Библиографический список**

1. Григолава Т.Р., Вишнякова А.В., Зубко О.Н. [и др.] Влияние гелеобразователя питательной среды на эмбрио- и каллусогенез в культуре изолированных семязачатков свеклы столовой (*Beta vulgaris* L.) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 6. С. 32-41. DOI: 10.26897/0021-342X-2021-6-32-41

2. Синицына, А. А. Сравнительная оценка выхода удвоенных гаплоидов *Brassica oleracea* var. *capitata* L. и *Brassica napus* L. в культуре изолированных микроспор / А. А. Синицына, А. В. Вишнякова, С. Г. Монахос // Картофель и овощи. – 2022. – № 4. – С. 37-40. – DOI 10.25630/PAV.2022.29.31.008
3. Григолава Т.Р., Вишнякова А.В., Синицына А.А. [и др.] Методические подходы создания удвоенных гаплоидов сахарной и столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.) // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 3. С. 276-283. DOI: 10.18699/VJ21.031.
4. Вишнякова А.В., Гаус Г.Ю., Александрова А.А. [и др.] Комплексный подход ускоренной селекции F1-гибридов ярового рапса на основе ЦМС // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 5. С. 35-50. DOI: 10.26897/0021-342X-2023-5-35-50
5. Попова, А. И. Технология speed breeding. Ускоренная селекция рапса / А. И. Попова, М. М. Тренихина // Актуальные вопросы современной селекции, биотехнологии и ботаники : Сборник докладов всероссийской студенческой научно-практической конференции, Российский государственный аграрный университет, 07–08 ноября 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 312-315.
6. Подбор условий Speed breeding для твердой пшеницы / А. А. Кочешкова, А. О. Блинков, Н. Ю. Свистунова [и др.] // Твёрдая пшеница: генетика, биотехнология, селекция и семеноводство, технологии выращивания и переработки : Сборник материалов 2-й конференции, Москва, 11–13 ноября 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии», 2024. – С. 29-30.
7. Применение дальнего красного спектра на злаках в условиях спидбридинга (Speed breeding) / В. М. Нагамова, А. О. Блинков, Я. В. Минькова [и др.] // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии XXIV : Материалы XXIV конференции молодых ученых с международным участием, Москва, 23–27 сентября 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии», 2024. – С. 35-37.
8. Chiurugwi T., Kemp S., Powell W., Hickey LT. (2019) Speed breeding orphan crops. *Theor Appl Genet* 132:607–616.
9. O'Connor DJ, Wright GC, Dieters MJ, George DL, Hunter MN, Tatnell JR, Fleischfresser DB. (2013) Development and application of speed breeding technologies in a commercial peanut breeding program. *Peanut Sci* 40:107–114.
10. Ćeran, M. Genomics-assisted speed breeding for crop improvement: present and future./ М. Ćeran, D. Miladinović, V. Đorđević et al. // *Front. Sustain. Food Syst.* – 2024. – Vol.8. – P.1383302

## ПРОИЗВОДСТВО И СОСТОЯНИЕ СЕЛЕКЦИИ КАПУСТЫ БРОККОЛИ

**Шматова Светлана Михайловна**, студентка 2 курса магистратуры института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: [swet.shmatova@yandex.ru](mailto:swet.shmatova@yandex.ru)

**Вишнякова Анастасия Васильевна**, к.с.-х.н., доцент кафедры молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева, e-mail: [a.vishnyakova@rgau-msha.ru](mailto:a.vishnyakova@rgau-msha.ru)

**Аннотация.** Целью данной статьи является общий обзор по биохимическому составу, производству, сортам и гибридам, зарегистрированным в Госсортеестре, основным направлениям селекции капусты брокколи.

**Ключевые слова:** капуста брокколи, пищевая ценность, производство, сорта и гибриды, направления селекции.

Капуста брокколи (*Brassica oleracea* L. convar. *botrytis* (L.) Alef. var. *cymosa* Duch.) является однолетним растением и имеет хорошо сбалансированный ценный химический состав [3]. Брокколи, как и многие другие капустные культуры, содержит витамины, каротиноиды, клетчатку, растворимые сахара, минералы, глюкозинолаты, отличается высоким содержанием витамина С. Также культура содержит биоактивные фитохимические вещества, которые способны принести пользу здоровью человека, уменьшая риск хронических заболеваний. В особенности к ним относятся фенольные соединения, которые обладают антиоксидантной активностью. Брокколи является важной овощной культурой, выращиваемой во всем мире, и находит разнообразное использование в качестве отдельного блюда или компонента для смесей, супов, салатов и т.д. Реализуется в свежем, либо замороженном виде [2].

Согласно анализу по производству капустных культур в мире и России, основными странами-лидерами по производству брокколи являются Китай, Индия и США. На их долю приходится 78 % мирового производства данного вида продукции [2].

В России брокколи относится к малораспространённым культурам, и производство составляет не более 0,1 % от общего мирового объёма [2].

Таким образом, большинство продукции импортируется из-за рубежа. Согласно аналитическим данным на 2019 год, в Россию импортировали 165,1 тыс. тонн капусты всех видов, в том числе 24,3 тыс. тонн цветной капусты и брокколи. Основные поставки осуществлялись из Китая (47,3%), Узбекистана (18,4%), Ирана (15,3%), Беларуси (6,2%), Казахстана (6,0%), из других стран (6,7%) [2].

Постепенно растёт популярность и спрос на потребление брокколи в России и в мире. В связи с высокой пищевой ценностью и диетическими

свойствами она является перспективной культурой для расширения ассортимента возделываемых овощных культур в России [2].

В сложившейся ситуации важно не только расширение ассортимента овощных капустных культур, но и сортимент сортов и гибридов данной культуры.

В России большая часть сортимента капусты брокколи представлена гетерозисными гибридами F1 иностранной селекции (73%). По состоянию на 2025 год в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, включено 10 сортов и 50 гибридов, из которых 16 – отечественной селекции. Ведущими зарубежными компаниями, занимающимися вопросами селекции и семеноводства данной культуры, являются Bejo Zaden, Sakata, Syngenta, Monsanto. Среди отечественных фирм на российском рынке представлены «Агрофирма Гавриш», «Агрофирма Поиск» и «Агрофирма Седек». Сортимент допущенных к производству сортов и гибридов обладает достаточным разнообразием по срокам созревания и направлениям использования. В зависимости от целей производства возможно выбирать отдельные сорта и гибриды или создавать конвейер получения продукции. В порядке по уменьшению численности по сроку созревания категории располагаются следующим образом: позднеспелые и среднеспелые, среднеранние и ранние, средние (в основном сорта). Самые малочисленные – очень ранние и очень поздние (по 1 гибриду) (Рисунок 1). Российские сорта и гибриды представлены среднеспелыми, раннеспелыми и очень ранним. Иностранные гибриды в основном представлены поздним сроком созревания. Впервые в Госсортреестр был включен отечественный сорт Тонус в 1986 году (ФГБНУ ФНЦО), а первый гибрид зарубежной селекции в 1999 г. – Фиеста F1 (Bejo Zaden B.V.). Наиболее современные гибриды, зарегистрированные на данный момент – гибриды раннего срока созревания селекции Sakata Vegetables Europe S.A.S., Миконос (2024) и Арес (2025) [1].



**Рисунок 1 - Состав сортов и гибридов капусты брокколи в Госсортреестре на 2025 год**

В настоящее время можно выделить следующие направления селекции капусты брокколи в России. Для промышленного выращивания наиболее необходимы гибриды с крупной центральной головкой и отсутствием или слабым отращиванием боковых побегов, характеризующиеся дружным сроком созревания, наибольшим объёмом урожая в первый сбор, высокой товарностью. Для частного сектора подходят сорта и гибриды, у которых период уборки составляет продолжительное время, растения образуют множество боковых побегов, а объём урожая распределён на весь период уборки. К сортам и гибридам предъявляют следующие требования: высокая урожайность, тёмно-зелёный цвет головки, нежная мякоть, неволокнистые стебли, соцветия во время уборки плотные и хорошо развитые. Политика импортозамещения диктует необходимость увеличивать урожаи, что требует дальнейшего обновления сортимента, а также повышения устойчивости к болезням, в особенности киле, улучшения качества и товарного вида продукции.

### **Библиографический список**

1. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том 1. Сорта растений (по состоянию на 02.06.2022 г.). – URL: <https://gossortrf.ru/registry/> (дата обращения 9.02.2024)
2. Константинович, А.В. Анализ производства капусты цветной и брокколи в России и за рубежом / А.В. Константинович // сборник статей Международной научной конференции «АГРОБИОТЕХНОЛОГИЯ-2021». – 2021. – с. 940-943.
3. Харламов, Д.М. Наследование хозяйственных признаков и комбинационная способность самонесовместимых линий брокколи: автореф. дис. на соискание учёной степени к. с./х. н.: 06.01.05/ Д.М. Харламов; РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – Москва, 2000. – 21 с.



SEARCHING FOR SOURCES OF RESISTANCE TO LATE BLIGHT AMONG  
WILD RELATIVES OF TOMATO

**Yakovleva Arseniya Aleksandrovna**, 3rd year student at the institute of horticulture and landscape architecture, K. A. Timiryazev Russian state agrarian university, Moscow agricultural academy [asyakovlevaa@gmail.com](mailto:asyakovlevaa@gmail.com)

**Simatova Vladislava Alekseevna**, 3rd year student at the institute of horticulture and landscape architecture, K. A. Timiryazev Russian state agrarian university, Moscow agricultural academy, [exo.exo.red@mail.ru](mailto:exo.exo.red@mail.ru)

**Scientific supervisor – Nikitin Mikhail Alekseevich**, assistant of the department of molecular breeding, cellular technologies and seed production of horticulture, K. A. Timiryazev Russian state agrarian university, Moscow agricultural academy, [m.nikitin@rgau-msha.ru](mailto:m.nikitin@rgau-msha.ru)

**Abstract:** Late blight, caused by *Phytophthora infestans*, remains a serious threat to global tomato production. The development of resistant cultivars is a cost-effective and environmentally safe strategy for disease control. Wild species of the *Solanum* genus (section *Lycopersicon*) represent a valuable source of the necessary resistance genes. Modern breeding methods, including marker-assisted selection, significantly accelerate the development of such resistant varieties.

**Keywords:** tomato, late blight, *Phytophthora infestans*, wild species, resistance, breeding, genetic resources.

The tomato (*Solanum lycopersicum*) is the second most important vegetable crop globally, with an annual production of 186-188 million tons [3]. The global market value for tomatoes is estimated at 90-95 billion US dollars.

An important threat to tomato production is late blight, caused by the oomycete *Phytophthora infestans*, known for its rapid spread and high genetic variability. In favorable conditions—such as the presence of water drops on leaves for 4-6 hours and high relative humidity (>90%)—this disease can lead to yield losses of up to 100% in untreated fields. The pathogen is exceptionally aggressive, it can affect many parts of a plant: leaves, stems, and fruits, causing necrosis, eventually leading to the death of plant organism. The consequences of *P. infestans* epiphytoty can be exemplified by the Great Irish Famine (1845–1849), which was generated by late blight in potato crops. By the way, this pathogen is not less dangerous for tomatoes.

Existing control methods have several disadvantages. Chemical control, when we use fungicides, is associated with high costs, the risk of resistance development, and negative environmental impact. The vast majority of commercial tomato cultivars are greatly affected by late blight. Even varieties with introgressed resistance genes are quickly overcome by new races of *P. infestans* [1].

Therefore, it is important to find new sources of resistance. The solution can be found in diverse genotypes of wild tomato relatives.

Wild species of the genus *Solanum*, section *Lycopersicon*, co-evolved in their centers of origin (the Andean regions of South America) with a complex of pathogens, including *P. infestans*. This long-term coexistence led to the development of highly effective defense mechanisms in these species, which can be used in the creation of new cultivated varieties.

Among the most promising donor species for late blight resistance are:

*Solanum pimpinellifolium* (currant tomato) is a close relative of the *Solanum lycopersicum* (cultivated tomato), which makes hybridization much easier. It is a source of many known resistance genes, such as Ph-3, which provides resistance to a wide spectrum of races [1].

*Solanum habrochaites* shows high levels of field resistance, often controlled by quantitative trait loci (QTL). This species is characterized by a necrosis-inducing resistance mechanism effective against a broad range of races. Important qualitative genes, such as Ph-1 and Ph-5, have been isolated from this species [1], [4].

*Solanum pennellii* is known as a source of multiple quantitative trait loci (QTL) of resistance, which typically provide more stable and durable resistance compared to single-gene resistance [5]. However, QTL are difficult to transfer to the genomes of cultivated varieties.

*Solanum chilense* is a species that demonstrates extreme resistance not only to late blight but also to other biotic and abiotic stresses, making it particularly valuable for breeding programs [4].

It is important to note that resistance in wild species can be both qualitative (monogenic, race-specific, but strong) and quantitative (polygenic, providing partial but more stable and durable protection). A combination of both types is considered the most desirable breeding strategy.

Several methods are used to identify genotypes with genes of resistance:

1. Direct Phenotypic Evaluation: Artificial inoculation of plants under controlled conditions (greenhouses) and field screening where plants are grown under natural conditions [1].

2. Molecular Markers and other methods for genotyping and detecting known resistance genes (Ph-2, Ph-3, etc.) in early breeding generations [4].

3. Modern methods are genomic sequencing and Genome-Wide Association Studies (GWAS) enable high-precision mapping and identification of required QTL and genes responsible for resistance.

Methods for Transferring Resistance Genes:

The primary method for introgressing valuable genes into the genome of cultivated tomato varieties remains classical breeding. The standard scheme involves crossing the cultivated tomato with a wild donor species, obtaining F1 hybrids, and following repeated backcrossing (BC1, BC2...) to restore agronomically desirable traits. The selection of needed plants at each stage is greatly accelerated by Marker-Assisted Selection (MAS).

The great challenge is the problem of genetic linkage, where undesirable genes from the wild species including those controlling small fruit size, low yield etc. are transferred along with the resistance genes, requiring long and careful work to break these linkages.

Promising modern biotechnological methods include:

Development of Introgression Lines (ILs), containing a small, defined chromosome segment from a wild species introgressed into the genome of the cultivated tomato, are powerful tools for the utilization of beneficial genes [2].

Genome editing such as CRISPR/Cas9 allows for the direct modification of susceptibility genes in the cultivated tomato by "editing" them based on the sequences of resistance alleles found in wild species.

Despite significant progress, major challenges remain: the rapid evolution of the pathogen, the complexity of transferring polygenic quantitative traits, and the time and financial costs associated with breeding programs [6].

Future research directions include gene pyramiding. It includes combining multiple qualitative and quantitative resistance genes into a single genotype to create a more strong and durable protective barrier.

Studying the resistance mechanisms of the molecular plant-pathogen interactions and its consequences.

Utilizing bioinformatics and OMICS technologies (genomics, transcriptomics, proteomics) for systemic analysis and fast discovery of new material for breeding.

Wild tomato relatives represent a great genetic resource for breeding late blight-resistant cultivars. The integration of traditional breeding methods with modern advances in genomics, molecular biology, and bioinformatics opens new horizons for efficient use of this genetic potential. Further research in this direction is a key factor for ensuring the sustainable and environmentally safe production of tomatoes in the face of the constant threat from *Phytophthora infestans*.

## References

1. Foolad, M.R., et al. (2008). Advances in genetics and breeding for resistance to late blight in tomato. In "Genomics-Assisted Crop Improvement", Vol. 2: Genomics Applications in Crops, 501-523.
2. Kim, M.J., & Mutschler, M.A. (2005). Transfer of late blight resistance from *Solanum habrochaites* LA1033 to cultivated tomato (*S. lycopersicum*) and characterization of resistance. *Acta Horticulturae*, 695, 139-146.

3. World production of tomatoes (*Solanum lycopersicum*) takes second place among all vegetable crops with 186.8 million tons annually....: [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
4. Kahlon, P.S.; Verin, M.; Hückelhoven, R.; Stam, R. Quantitative resistance differences between and within natural populations of *Solanum chilense* against the oomycete pathogen *Phytophthora infestans*. Ecol. Evol. 2021, 11, 7768–7778. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
5. Smart, C. D., Tanksley, S. D., Mayton, H., & Fry, W. E. (2007). Resistance to *Phytophthora infestans* in *Lycopersicon pennellii*. Plant Disease, 91(9), 1085–1090.
6. Расоспецифическая листовая и корневая устойчивость рапса (*Brassica napus* L.) к *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* / А. В. Вишнякова, М. А. Никитин, О. О. Румянцева [и др.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 434-455. – DOI 10.12731/2658-6649-2025-17-2-1043. – EDN KKBWEM.

**Для заметок**

Для заметок

Для заметок

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Кафедра Молекулярной селекции, клеточных технологий и семеноводства

## **Актуальные вопросы современной селекции, генетики и биотехнологии**

**г. Москва, 12 ноября 2025 г.**

**Сборник статей научно-практической конференции**

Без возрастных ограничений

Оформление *А.Н. Селиверстов*

Подписано в печать 08.12.2025

Формат 60х90/16

Тираж 100 экз. Заказ №

Грифон

111024, Москва, ул. Авиамоторная, д. 50, стр. 2, офис 205

Тел.: +7 (495) 133-95-57

[www.grifon-m.ru](http://www.grifon-m.ru)