

УДК 632:633.3

**К ВОПРОСУ О СОХРАНЕНИИ И ПЕРЕДАЧЕ  
ФИТОПЛАЗМЕННОЙ ИНФЕКЦИИ КЛУБНЯМИ КАРТОФЕЛЯ**Н.В. ГИРСОВА<sup>1</sup>, К.Д. БОТТНЕР-ПАРКЕР<sup>2</sup>, Т.Б. КАСТАЛЬЕВА,  
К.А. МОЖАЕВА<sup>3</sup>, Д.З. БОГОУТДИНОВ, ИНГ-МИНГ ЛИ<sup>2</sup><sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии;<sup>2</sup> Сельскохозяйственный исследовательский центр, Белтсвилл, США);<sup>3</sup> Самарская государственная сельскохозяйственная академия)

*В течение восьми лет (с 2008 по 2015 гг.) в проростках клубней картофеля или в растениях картофеля, выросших из клубней, собранных в поле с кустов, инфицированных фитоплазмами, принадлежащими к разным таксономическим группам (16SrI, 16SrIII, 16SrVI или 16SrXII-A), определяли процент инфицирования фитоплазмой той же группы, что и «материнское» растение. Результаты показали, что процент передаваемой фитоплазменной инфекции менялся в зависимости от разных факторов, в том числе от условий хранения. Если клубни хранились в течение нескольких месяцев при пониженной температуре (4°C), а затем высаживались в теплице или в поле, то процент передачи инфекции выросшим растениям не превышал 0–2,3%, за исключением эксперимента 2010 г., проведенного в теплице, когда 50% растений одного образца оказались инфицированными фитоплазмой той же группы, что и материнское растение (16SrIII). В то же время, когда для посадки брались клубни непосредственно после уборки урожая с использованием для стимуляции прорастания гиббереллинов, процент инфицирования фитоплазмой 16SrXII-A составил 64%. В том случае, когда наличие фитоплазменной инфекции проверялось в проростках клубней, зараженных фитоплазмой группы 16SrVI, а клубни в течение осени-весны содержались при комнатной температуре в условиях освещения, 100% проростков были инфицированы фитоплазмой при анализе в октябре и декабре, но только 60% при анализе в середине мая. Если клубни хранились в течение периода покоя при пониженной температуре, количество инфицированных проростков к середине мая не превышало 4%. Учитывая, что при определённых условиях передача фитоплазм клубневым материалом может быть значительной, в системе первичного семеноводства необходимо проводить тестирование на наличие фитоплазменной инфекции с использованием методов молекулярно-генетической диагностики (ПЦР, ПДРФ) на всех этапах воспроизведения оздоровленного посадочного материала.*

**Ключевые слова:** фитоплазма, картофель, клубни картофеля, перенос фитоплазменной инфекции.

Среди исследователей нет единого мнения о роли клубней картофеля в передаче фитоплазменной инфекции. Исследования, проведенные Суховым и Вовком еще в 1940-х годах, показали, что доля клубневой инфекции в передаче фитоплазм потом-

ству весьма незначительна [11]. Клубни, собранные с растений картофеля, пораженных южным столбуром, при прорастании образовывали очень тонкие нитевидные ростки. При высадке таких клубней в почву наблюдались большие выпадения. Взрослевшие развивающиеся растения имели тонкие полегающие стебли и видоизмененные листья с сильно редуцированными долями. Растение с такими симптомами получило название «кудряш». Кудряши давали очень низкий урожай измельченных клубней, но их ткани, как правило, были неинфекционны. При последующих репродукциях нитевидность ростков исчезала, а на третий год репродукции урожай приближался к норме [12]. Сухов и Вовк обнаружили различие между так называемым «южным» и «северным» столбуром: ткани растений картофеля, выросших из клубней, пораженных северным столбуром<sup>1</sup>, оказались инфекционными, что показала прививка их на томат, в отличие от неинфекционности потомства клубней, инфицированных южным столбуром [10]. Ранее те же авторы обнаружили, что переносчиком южного столбура является цикада *Hyalestes obsoletus* Sign, которая распространена только в южных районах страны [6]. Они предположили, что в переносе северного столбура участвуют цикадки из рода *Macrosteles*. Таким образом, возбудители северного и южного столбура характеризовались как генетически близкие, но не идентичные патогены [10].

Однако следует заметить, что возбудителями болезней картофеля, которые были известны под названиями: «желтухи», «столбур», «ведьмина метла», «кудряш» в то время считались вирусы, а настоящие возбудители были открыты лишь в 1967 г., и первоначально получили название микоплазмоподобные организмы, а в 1994 г. для них было утверждено название «фитоплазмы» [15, 18].

Позднее появились работы, в которых сообщалось о высокой степени передачи болезни дочерним растениям. Так, Погосян, выращивая в теплице клубни, собранные от растений, имевших типичные симптомы столбура, отмечала для некоторых сортов картофеля 80%-ю передачу болезни. Наличие инфекции у выросших растений она подтверждала прививкой на растениях-индикаторах [8]. В нашей стране в научный оборот был даже введен термин «клубневой столбур», т.е. столбур, передающийся клубнями [1]. Богоутдинов в своих работах сообщал о способности фитоплазмозов, вызывающих типичные симптомы южного столбура, круглолистности картофеля, ведьминой метлы (северного столбура) и пурпурного закручивания верхушки на 50–100% передаваться клубнями [2, 3].

В 2006 г. в зарубежных работах было предварительное сообщение о передаче фитоплазмы группы 16SrVI от инфицированных растений шестидесяти восьми процентам клубней и от инфицированных клубней тридцати пяти процентам дочерних растений [13]. Проведя исследования с восемью сортами картофеля в течение трех лет, те же авторы показали, что, в зависимости от сорта картофеля и условий года, передача фитоплазмы от инфицированных клубней дочерним растениям может составлять 0–50% [14]. В 2007 г. сообщалось о клубневой передаче нескольких подгрупп фитоплазм: 16SrI-B, 16SrI-C, 16SrII-D, 16SrX-A и 16SrXII-A [20]. Однако в эксперименте Ember и др. только 0,5% дочерних растений, полученных из клубней картофеля, 83,8% которых были инфицированы столбуром, обнаружили наличие фитоплазмы, что было показано с использованием ПЦР, ПЦР в реальном времени и ПДРФ анализа [16].

---

<sup>1</sup> Другое название северного столбура — «ведьмина метла» [2, 3].

Таким образом, данные, касающиеся частоты передачи фитоплазменной инфекции через клубни, весьма противоречивы: у одних исследователей клубневая передача составляла доли процента, у других доходила до 80%.

Настоящая работа проводилась в рамках российско-американского партнерского проекта № 3468 (2006–2013 гг.), целью которого было изучение разнообразия фитоплазм, инфицирующих картофель, установление их резервуаров и потенциальных переносчиков в РФ [4–6, 17]. Одной из задач исследований было подтверждение факта передачи фитоплазменной инфекции клубням картофеля и от клубней дочерним растениям. Была сделана попытка определить вклад клубневой передачи в инфицирование картофеля фитоплазмами. Поскольку полученные результаты также были неоднозначными, работа была продолжена в 2014–2015 гг. в рамках госзадания, и касалась определения сохранности фитоплазменной инфекции в клубнях.

### Материалы и методы

Из верхних листьев растений вырезали и замораживали жилки. В случае использования для выделения ДНК ростков или глазков картофеля, ткань замораживали целиком. 0,3 г ткани растирали в фарфоровой ступке с 3 мл СТАВ-буфера. ДНК выделяли, используя коммерческий набор DNeasy Plant Mini Kit (Qiagen, Valencia, CA) в соответствии с инструкцией производителя. Для выявления фитоплазмы использовали вложенную ПЦР (nested PCR) с парой праймеров P1/16S-SR для первой амплификации, за которой следовала амплификация со второй парой праймеров — R16F2п/R16R2. Условия амплификации подробно описаны ранее [6, 7]. Для идентификации принадлежности фитоплазм к группе (подгруппе) продукты, полученные после проведения вложенной ПЦР обрабатывали эндонуклеазами рестрикции *AluI*, *MseI*, *HhaI*, *HpaII* и *TaqI* (каждой отдельно) в соответствии с инструкцией производителя («Fermentas», Литва). Фрагменты ДНК, полученные в результате рестрикции, разделяли электрофорезом в 5% ПААГ. Полученные ПДРФ-профили (ПДРФ — полиморфизм длины рестрикционных фрагментов) сравнивали с опубликованными реальными или виртуальными рестрикционными картами [19, 21].

Для изучения возможности клубневого переноса фитоплазмы было проведено несколько вариантов опыта в полевых условиях и в теплице: клубни картофеля, собранные с растений, имевших типичные симптомы фитоплазменной инфекции, или с растений, которые, как было показано с использованием ПЦР и ПДРФ, были инфицированы фитоплазмой, принадлежавшей к определенной таксономической группе, были высажены в поле (вариант 'А') или в теплице (вариант 'Б'). В полевом опыте образцы листьев для определения и идентификации в них фитоплазм отбирались с каждого растения в период цветения, в теплице — через определенные промежутки времени после посадки.

До посадки клубни не проверялись на наличие фитоплазмы. Во время вегетации растения не опрыскивались инсектицидами для борьбы с насекомыми-переносчиками.

В 2014–2015 гг. были проанализированы на наличие фитоплазмы в разные сроки периода выхода из покоя ростки шести клубней с нитевидными ростками из Московской области и пятнадцати клубней, собранных с растений с проявлением типичных симптомов столбура, хранившихся при пониженной температуре, из Самарской области.

## Результаты

### Полевой эксперимент

**Вариант А1-2009.** В 2009 г. на опытном поле ВНИИФ (Московская область) было высажено 49 клубней разных сортов картофеля, собранных в 2008 г. с растений, инфицированных фитоплазмой, принадлежащей к группе X(икс)-болезней — 16SrIII, и 9 клубней, собранных с растений, инфицированных фитоплазмой подгруппы столбура (16SrXII-A). По результатам ПЦР и ПДРФ анализа из взошедших и выросших пятидесяти восьми растений только одно было инфицировано фитоплазмой той же группы — 16SrIII, что и материнское растение в 2008 г., от которого были взяты клубни для посадки. Еще в пяти растениях была выявлена фитоплазма группы 16SrVI, в трех растениях — фитоплазма группы 16SrI, и в одном растении, взятом от куста, инфицированного в 2008 г. фитоплазмой столбура — фитоплазма группы 16SrIII, что свидетельствует о том, что все 9 растений были инфицированы уже в 2009 г. Таким образом, клубневая передача, если она и была (с учетом того, что инсектицидная защита от насекомых-переносчиков не применялась) составляла не более 1,7%.

Т а б л и ц а 1

**Определение таксономической принадлежности фитоплазм в растениях, выросших в 2009 году из клубней, собранных с растений, инфицированных фитоплазмой в 2008 г.**

2008 г.			2009 г.			
обозначение образца	сорт картофеля	фитоплазма материнского растения*	посажено клубней	инфицировано растений (% передачи)	обозначение образца	фитоплазма потомства*
8Ф-1	Кинельская роза	16SrIII	4	1 (0%)	8Ф-1-2	16SrI
				1 (0%)	8Ф-1-3	16SrVI
				1 (25%)	8Ф-1-4	16SrIII
23Ф	Лорх	16SrIII	5	1 (0%)	23Ф-1	16SrVI-A
45Ф-1	Фиолетик	16SrIII	6	0 (0%)	—	Не обнаружена
45Ф-3	Фиолетик	16SrIII	4	0 (0%)	—	Не обнаружена
45Ф-4	Фиолетик	16SrIII	4	0 (0%)	—	Не обнаружена
45Ф-7	Фиолетик	16SrIII	6	0 (0%)	—	Не обнаружена
49Ф-2	Удача	16SrIII	5	2 (0%)	49Ф-2-1	16SrVI
	Удача				49Ф-2-3	16SrVI

2008 г.			2009 г.			
обозначение образца	сорт картофеля	фитоплазма материнского растения*	посажено клубней	инфицировано растений (% передачи)	обозначение образца	фитоплазма потомства*
49Ф-3	Удача	16SrIII	4	0 (0%)	—	Не обнаружена
76Ф-1	Кураж	16SrIII	3	1 (0%)	76Ф-1-1	16SrI-P
76В-1	Кураж	16SrIII	3	1 (0%)	76В-1-1	16SrVI новая подгруппа
154Ф	Неизвестный	16SrIII	5	0 (0%)	—	Не обнаружена
27В4-2	Пролиск	16SrXII-A	4	1 (0%)	27В4-2-4	16SrIII
75Ф-2	Lady Rosetta	16SrXII-A	5	1 (0%)	75Ф-2-1	16SrI-P
Всего посажено клубней			58			
Количество растений, инфицированных фитоплазмой той же группы, что и материнское растение				1 (1,7%)		

\* Примечание: принадлежность к группе или подгруппе.

**Вариант А2-2010.** В 2010 г. подобный эксперимент был повторен с 87 клубнями, собранными с растений, инфицированных в поле в 2009 г., из них 19 клубней были взяты от растений, инфицированных фитоплазмой группы 16SrI, 40 — фитоплазмой группы 16SrIII и 28 — фитоплазмой группы 16SrVI. Данные, приведенные в таблице 2, показывают, что только у двух «потомков» зараженных растений (образцы 8Ф-1-2-4 и 27В4-2-4-5) фитоплазмы принадлежали к той же группе, что и у «материнских» растений, от которых в 2009 г. были взяты клубни для посадки в 2010 г.: у первого — к группе 16SrI, а у второго — к группе 16SrIII. И, если это был клубневой перенос, а не новое заражение насекомыми-переносчиками, то он составил 2,3%.

**Вариант А3-2012.** В июне 2012 г. 39 клубней различных сортов картофеля, собранных в мае в Астраханской области с растений с симптомами плещелистности, имевшими длинные тонкие и закрученные на верхушке стебли, были высажены на опытном поле ВНИИФ после обработки гиббереллином (ранее на нескольких протестированных из этого хозяйства образцах было показано, что подобные симптомы были вызваны инфицированием фитоплазмой группы 16SrXII). В августе образцы листьев были собраны с каждого растения и протестированы на наличие фитоплазменной инфекции с использованием «вложенной» ПЦР и ПДРФ анализа.

Из тридцати девяти посаженных клубней только 29 дали ростки и развились во взрослые растения; из них 23 растения были инфицированы фитоплазмами, в том числе два — фитоплазмой из группы 16SrVI, три — фитоплазмой группы 16SrIII и 13 растений были заражены фитоплазмой группы 16SrXII. У пяти растений была

**Определение таксономической принадлежности фитоплазм в растениях, выросших в поле в 2010 году из клубней, собранных с растений картофеля, инфицированных фитоплазмами в 2009 г.**

2009 г.			2010 г.			
обозначение образца	сорт картофеля	фитоплазма материнского растения*	посажено клубней	инфицировано растений (% передачи)	обозначение образца	фитоплазма потомства*
8Ф-1-2	Кинельская роза	16SrI	4	1 (25%)	8Ф-1-2-4	16SrI-C
8Ф-1-3	Кинельская роза	16SrVI	5	1 (0%)	8Ф-1-3-1	16SrI-C вариант
8Ф-2-4	Кинельская роза	16SrVI-A	4	1 (0%)	8Ф-2-4-2	16SrI
8Ф-4-4	Кинельская роза	16SrIII	4	0 (0%)	—	Не обнаружена
8Ф-4-9	Кинельская роза	16SrVI-A	5	0 (0%)	—	Не обнаружена
27B4-2-4	Пролиск	16SrIII	5	1 (20%)	27B4-2-4-5	16SrIII
36Ф-1	Луговской	16SrVI-A	5	1 (0%)	36Ф-1-4	16SrIII
36Ф-2	Луговской	16SrVI-A	5	0 (0%)	—	Не обнаружена
44Ф-1-5	Луговской	16SrIII	4	0 (0%)	—	Не обнаружена
44Ф-3-5	Луговской	16SrIII	9	0 (0%)	—	Не обнаружена
49Ф-1-5	Удача	16SrVI-A	4	0 (0%)	—	Не обнаружена
75Ф-1	Lady Rosetta	16SrI	1	0 (0%)	—	Не обнаружена
76Ф-1-1	Кураж	16SrI	1	0 (0%)	—	Не обнаружена
148Ф-1-3	Неизвестно	16SrI-C	8	0 (0%)	—	Не обнаружена
148Ф-1-4	Неизвестно	16SrIII-B	7	1 (0%)	148Ф-1-4-4	16SrI
148Ф-1-5	Неизвестно	16SrIII-B	2	0 (0%)	—	Не обнаружена
148Ф-1-6	Неизвестно	16SrIII-B	6	1 (0%)	148Ф-1-6-2	16SrI
148Ф-2-1	Неизвестно	16SrIII-B	3	0 (0%)	—	Не обнаружена
156Ф-3-2	Неизвестно	16SrI-P	5	0 (0%)	—	Не обнаружена
Всего посажено клубней клубней:			87			
Количество растений, инфицированных фитоплазмой той же группы, что и материнское растение				2 (2,3%)		

\* Примечание: принадлежность к группе или подгруппе.

обнаружена смешанная инфекция двух фитоплазм, принадлежащих к группам 16SrXII и 16SrI (табл. 3). Таким образом, с учетом всего количества фитоплазм, инфицировавших 23 растения ( $13+3+2+5 \times 2=28$ ), доля растений, инфицированных фитоплазмой группы 16SrXII, которой были (или могли быть) инфицированы посадочные клубни, составила 64,3%. Остальные 35,7% инфицирований приходились на долю фитоплазмы группы 16SrI (17,9%), фитоплазмы группы 16SrIII (10,7%) и фитоплазмы группы 16SrVI (7,1%).

В том же 2012 г. на отдельных делянках в эксперименте по определению разнообразия фитоплазм и насекомых-переносчиков была подсчитана доля инфицирования растений картофеля за счет переноса насекомыми. Для фитоплазм четырех групп, 16SrI : 16SrVI : 16SrXII, она составила 27,3% : 18,2% : 29,1% : 25,4%, соответственно [14, табл. 1]. То есть превышение доли фитоплазмы из группы столбура над средним значением для этого поля в эксперименте с картофелем из Астраханской области составило 38,9%. (64,3% против 25,4%). Это косвенно свидетельствует о том, что примерно 40% инфицирования произошло за счет клубневой инфекции.

Т а б л и ц а 3

**Идентификация фитоплазмы в образцах листьев картофеля, собранных с растений, выращенных на экспериментальном поле ВНИИФ в 2012 г.**  
(Клубни для посадки были собраны в мае 2012 г. в Астраханской области с поля, где было большое количество растений с симптомами столбурного поражения)

Обозначение образца	Сорт картофеля	Посажено клубней (шт.)	Выросло растений (шт.)	Инфицировано растений (шт.)	Таксономическая принадлежность фитоплазмы (количество инфицированных / проверенных)
278В	Ариэла	7	6	5	Смесь фитоплазм группы 16SrXII и 16SrI (5/6)
626Ф	Зувела	1	1	1	16SrXII (1/1)
628Ф	Артемис	1	1	0	—
630Ф	Импала	10	3	2	16SrXII (1/2)
					16SrVI (1/2)
632Ф	Ариэла	10	9	8	16SrXII (7/8)
					16SrIII (1/8)
634Ф	Фита	10	9	7	16SrVI (1/7)
					16SrIII (2/7)
					16SrXII (4/7)
<b>Всего:</b>		<b>39</b>	<b>29</b>	<b>23</b>	

*Эксперименты, проведенные в условиях изоляции*

**Вариант Б1-2008.** В феврале 2008 г. 50 клубней картофеля, собранных в 2007 г. в Липецкой области с растений картофеля, имевших характерные симптомы фитоплазменной инфекции, были посажены в горшки и выращивались в теплице около 40 дней. После чего были взяты образцы верхних листьев для анализа. Из 50 клубней, только один образец дал положительный результат на наличие фитоплазмы (16SrXII группа). Таким образом, передача составила 2,0%.

**Вариант Б2-2010.** Клубни картофеля в количестве 41 штуки, собранные с кустов растений, инфицированных фитоплазмой в 2009 г., в 2010 г. были высажены в теплице, т.е. в условиях изоляции от насекомых-переносчиков. У восьми растений,

Т а б л и ц а 4

**Идентификация штаммов фитоплазмы, обнаруженной у растений, выращенных в теплице в 2010 г. из клубней, собранных от растений картофеля, инфицированных фитоплазмами в 2009 г.**

2009 г.			2010 г.			
обозначение образца	сорт картофеля	фитоплазма материнского растения*	посажено клубней	инфицировано растений (% передачи)	обозначение образца	фитоплазма потомства*
8Ф-1-4	Кинельская роза	16SrIII	5	1 (20%)	8Ф-1-4-5	16SrIII
44Ф-1-5	Не известен	16SrIII	4	0 (0%)	-	Не обнаружена
44Ф-3-2	Не известен	16SrIII	14	7 (50%)	44Ф-3-2-1	16SrIII
					44Ф-3-2-6	16SrIII
					44Ф-3-2-8	16SrIII
					44Ф-3-2-9	16SrIII
					44Ф-3-2-10	16SrIII
					44Ф-3-2-12	16SrIII
					44Ф-3-2-13	16SrIII
49Ф-1-3	Не известен	16SrVI-A	5	0 (0%)	-	Не обнаружена
49Ф-2-1	Не известен	16SrVI-A	5	0 (0%)	-	Не обнаружена
148Ф-2-1	Не известен	16SrIII-B	3	0 (0%)	-	Не обнаружена
156Ф-3-2	Не известен	16SrI-P	5	0 (0%)	-	Не обнаружена
Всего высажено клубней:			41			
Всего определено инфицированных растений:				8 (19.51%)		

\* Примечание: принадлежность к группе.



выросших из этих клубней, была обнаружена фитопlasма той же группы, какой были инфицированы материнские растения в 2009 г. (16SrIII), причем семь из них представляли собой потомство одного образца — 44Ф-3-2, т.е. процент передачи в этом случае оказался высоким и составил 50%. В целом же, с учетом всех инфицированных и неинфицированных фитоплазмой клубней передача инфекции через клубни составила 19,51%.

**Вариант Б3-2013.** 12 марта 2013 г. 40 клубней картофеля, собранные в 2012 г. на опытном поле ВНИИФ с растений картофеля, инфицированных фитоплазмами, были высажены в теплице. Одиннадцать клубней были взяты от растений картофеля, инфицированных фитоплазмой группы 16SrIII, одно — фитоплазмой группы 16SrVI и 28 — фитоплазмой группы 16SrXII. В начале мая 2013 г. с каждого растения были собраны образцы листьев и проверены на инфицирование фитоплазмами. Ни в одном растении не было обнаружено фитоплазменной инфекции, как и признаков заболеваний.

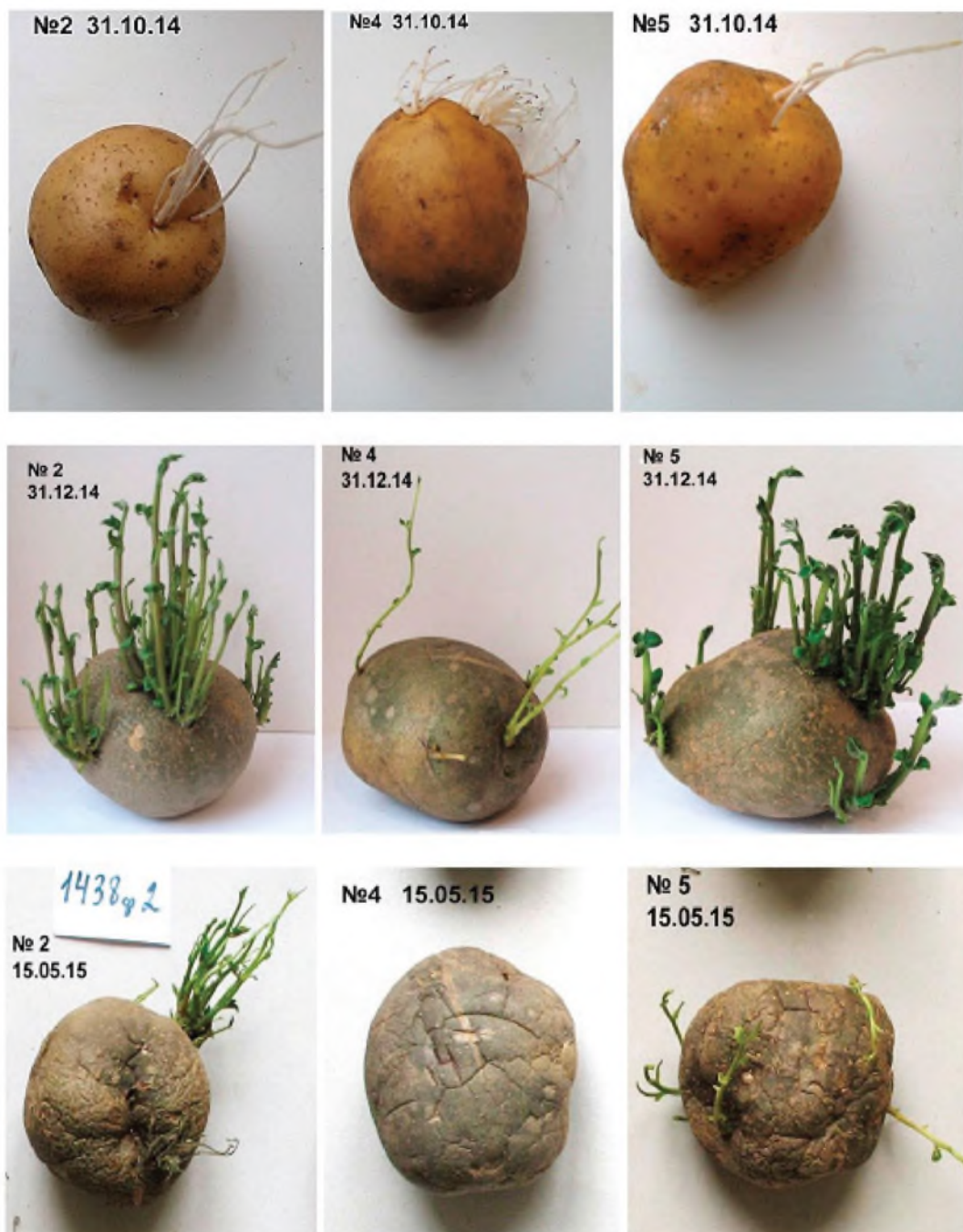
**Вариант Б4-2014.** Шесть клубней картофеля, на которых уже через месяц после уборки появились нитевидные этиолированные проростки, были взяты в 2014 г. из частного хозяйства в Павлово-Посадском районе Московской области. Клубни выдерживали при комнатной температуре и естественном освещении на подоконнике в течение двух недель, а затем ростки (отдельно с каждого клубня) были взяты для анализа на наличие в них фитоплазмы. С этой целью они были заморожены при  $-20^{\circ}\text{C}$ , сами клубни были оставлены для дальнейшего прорастания в тех же условиях. Через 2 месяца проросшие спящие глазки также были взяты для анализа и заморожены (31.12.2014). Далее клубни продолжали содержаться в тех же условиях, а в середине января 2015 г. были перенесены в боксы с искусственным освещением, где они оставались до 15 мая 2015 г., когда снова были взяты образцы для анализа (рис. 1).

Из всех образцов была выделена ДНК и проверена на наличие фитоплазмы. Фитопlasма группы 16SrVI была обнаружена во всех ростках, взятых на анализ 31.10.2014 и 31.12.2014. К середине мая 2015 г. только 9 из образовавшихся к тому времени пятнадцати ростков (60%) содержали ту же самую фитопlasму, в остальных фитопlasма не была обнаружена. Результаты представлены в таблице 5.

**Вариант Б5-2014.** Пятнадцать клубней были собраны в Самарской области с кустов с симптомами столбура. С осени до весны они находились при естественном освещении в холодной комнате при температуре  $4-8^{\circ}\text{C}$ . К середине мая у семи клубней образовались проростки, каждый из которых как отдельный образец был заморожен при  $-20^{\circ}\text{C}$ . В дальнейшем все проростки в количестве 26 штук были проанализированы во «вложенной» ПЦР. Лишь в одном ростке из одного клубня была обнаружена фитопlasма группы 16SrXII.

### Обсуждение результатов

Начиная работать с фитоплазменными болезнями картофеля в 2006 г. по проекту 3468р, финансирующему Международным научно-техническим центром, мы полагали, что фитопlasма передается клубнями, в чем нас убеждали работы некоторых отечественных исследователей [2, 3, 5, 7], и надеялись, что нам удастся создать живую коллекцию фитоплазм, путем ежегодного воспроизводства инфицированных клубней в поле. Однако основная цель работы заключалась в том, чтобы определить таксономическую принадлежность фитоплазм, и их распространение в различных



**Рис. 1.** Клубни картофеля №№2, 4 и 5 образца 1438Ф из Павлово-Посадского района Московской области. На фото обозначены номера клубней и дата фотографирования (= дата взятия образцов для выделения ДНК)

**Выявление фитоплазмы группы 16SrVI в ростках клубней картофеля  
из Московской области в разные сроки хранения**

Клубень №	31.10.2014		31.12.2014		15.05.2015	
	номер ростка	наличие фитоплазмы	номер ростка	наличие фитоплазмы	номер ростка	наличие фитоплазмы
1438Ф-1	1	+	6	+	8	Не обнаружена
	2	+	7	+		
	3	+				
	4	+				
	5	+				
1438Ф-2	1	+	3	+	9	Не обнаружена
	2	+	4	+	10	+
			5	+	11	+
			6	+	12	Не обнаружена
			7	+	13	+
			8	+		
1438Ф-3	1	+	2	+	6	+
			3	+	7	Не обнаружена
			4	+		
			5	+		
1438Ф-4	1	+	8	+	12	Не обнаружена
	2	+	9	+		
	3	+	10	+		
	4	+	11	+		
	5	+				
	6	+				
	7	+				
1438Ф-5	1	+	4	+	10	+
	2	+	5	+	11	+

Клубень №	31.10.2014		31.12.2014		15.05.2015	
	номер ростка	наличие фитоплазмы	номер ростка	наличие фитоплазмы	номер ростка	наличие фитоплазмы
	3	+	6	+	12	+
			7	+	13	+
			8	+		
			9	+		
1438Ф-6	1	+	3	+	9	+
	2	+	4	+	10	Не обнаружена
			5	+		
			6	+		
			7	+		
			8	+		
Проверено ростков:	20		28		15	
Из них инфицировано:		20		28		9
Всего проверено ростков:			63	Из них инфицировано:	57 (90,5%)	

экономических районах РФ на картофеле и других культурных и дикорастущих растениях, которые могут выступать как резерваторы фитоплазменной инфекции, а также установить потенциальных их переносчиков. Результаты этих исследований были опубликованы (4–6, 17). Попытка создать коллекцию фитоплазм путем воспроизводства клубней, взятых от инфицированных растений, успеха не имела. Результаты были противоречивыми, хотя в большинстве случаев наблюдался низкий процент передачи инфекции посредством клубней, в отдельных случаях он был высоким.

При проведении экспериментов в поле трудность состояла в том, что мы не могли обеспечить защиту отдельных участков от насекомых-переносчиков в виду их расположения на том же участке, где проводился основной эксперимент по изучению разнообразия фитоплазм и их насекомых-переносчиков. Однако мы посчитали возможным включение данных, полученных в таких условиях в настоящую статью, поскольку идентификация групповой принадлежности фитоплазм, проводившаяся с помощью ПЦР и ПДРФ анализа, а также ежегодная смена доминирующих в данной местности таксонов, позволила с высокой степенью достоверности отличить фитоплазмы, которые могли передаваться через клубни и те, которые были результатом инфицирования посредством насекомых. Ошибка опыта в 2009 и 2010 гг. не превышала 3%.

При проведении полевых экспериментов в 2009 и 2010 гг. в поле высаживались клубни, собранные в предыдущем году (2008 и 2009, соответственно) от инфицированных растений. В 2009 г. с помощью ПЦР было выявлено 20,7% инфицированных растений. Использование в работе анализа ПДРФ позволило в каждом случае заражения фитоплазмами получать информацию о принадлежности фитоплазмы к определенной таксономической группе/подгруппе. В результате оказалось, что в 2009 г. только одно растение из двенадцати было инфицировано той же фитоплазмой, что и материнское растение, от которого были взяты клубни для посадки. В 2010 г. всего было инфицировано 7,7% кустов из высаженных клубней, и у двух из семи принадлежность к группе совпала с материнским растением. Таким образом, предполагаемая передача фитоплазменной инфекции через клубни в 2009 г. не превышала 1,7%, а в 2010 — 2,3%. Однако и в этих случаях нельзя было отрицать возможности инфицирования растений насекомыми-переносчиками.

Эти эксперименты, хотя и косвенно, свидетельствовали о том, что передача фитоплазмы клубнями в Московской области, если и происходит, то довольно редко.

Весной 2012 г. при выращивании раннего картофеля в условиях искусственного орошения, работники Харабалинского района Астраханской области (фермерское хозяйство А.В. Абарина) столкнулись с массовым поражением растений болезнью неизвестной этиологии с симптомами, сходными с инфицированием фитоплазмами. Несколько образцов листьев растений были проверены во ВНИИФ на наличие фитоплазмы, все они оказались инфицированы фитоплазмой группы 16SrXII (подгруппы столбура — 16SrXII-A). Учитывая, что расселение вьюнковой цикады — переносчика столбура — происходит в сжатые сроки и, по данным Сухова и Развязкиной, составляет всего две недели, занимая период примерно с 20 июня по 5 июля [12], то в период вегетации картофеля (апрель-май) цикадовые находились на ранних стадиях развития и заселяли естественные стадии обитания. В связи с этим можно предполагать, что распространение инфекции происходило за счет клубневого инфицирования.

Сорок клубней, собранных от растений с симптомами столбура, после обработки их гиббереллинами для стимулирования прорастания были доставлены из Астрахани во ВНИИФ. Для чистоты эксперимента по исследованию возможности передачи фитоплазмы через клубни необходимо было провести его в условиях изоляции, например, в теплице. Однако из-за высоких дневных температур в теплице в конце июня это не представлялось возможным. Клубни были высажены в поле. Обработку инсектицидами не проводилась по причине, указанной выше. Только 74,4% растений вззошли и достигли стадии клубнеобразования. Доля инфицированных фитоплазмой растений составила 79,3%, против 20,7% и 7,7% в 2009 и 2010 гг., соответственно, а доля растений, зараженных столбуром — 64,3%, что указывало на возможность инфицирования растений картофеля фитоплазмой не только насекомыми-переносчиками, но и по причине клубневой инфекции. Тем более что в условиях Московской области вьюнковая цикада, специализированная на переносе фитоплазмы столбура, не имеет естественного распространения. В 2012 г. распространенность столбура на дикорастущих и сорных растениях на территории, соседствующей с ВНИИФ, составила 19,4%, а единственным инфицированным столбуром представителем возможных насекомых-переносчиков, который был обнаружен в 2012 г., была цикадка *Eupteryx atropunctata* (Goeze). (Однако определение фитоплазмы в данной цикадке не означает, что она может быть переносчиком фитоплазмы столбура, так как способ-

ность к переносу определяется возможностью размножения фитоплазмы в слюнных железах цикадки и проверяется экспериментально).

Из 90 растений картофеля, выращенных в теплице в 2007 и 2013 гг. из клубней, взятых от инфицированных растений, только в одном была обнаружена фитоплазма (16SrXII группа). Однако в эксперименте 2010 г., который также проводился в теплице, в целом было инфицировано около 20% растений, причем для одного образца клубневая передача инфекции составила 50%, а у 5 образцов ее вовсе не было.

В эксперименте, проведенном в условиях комнатной температуры при естественном, а затем и при искусственном освещении с клубнями картофеля из Московской области, уже с осени образовавшимися нитевидные ростки, что было признаком инфицированности фитоплазмами, в октябре и декабре 2014 г. была показана стопроцентная инфицированность фитоплазмами группы 16SrVI. К маю 2015 г. после удаления ростков в предыдущие два срока количество инфицированных сократилось до 60%. У клубней из Самарской области, инфицированных фитоплазмой подгруппы столбура (16SrXII-A) и хранившихся с осени до весны при пониженной температуре, только в одном ростке, из двадцати шести образовавшихся, была обнаружена фитоплазма.

Можно предположить, что период хранения при пониженных температурах может быть критическим для сохранения фитоплазм. И если с целью получения второго урожая использовать для посадки инфицированные клубни, обработанные стимуляторами, не обеспечив им периода покоя при пониженной температуре, можно получить высокий процент заражения за счет клубневой передачи инфекции.

## Выводы

1. При выращивании растений картофеля из клубней, собранных с инфицированных кустов, в условиях защищенного грунта (теплица), т.е. при отсутствии насекомых-переносчиков, передача инфекции составила 2% в 2008 г. и 0% в 2013 г., в то время как в одном из вариантов 2010 г. клубневая передача достигала 50%.

2. При выращивании растений в поле в отсутствие изоляции от насекомых-переносчиков в 2009 г. вероятность клубневой передачи была не выше 1,7%, а в 2010 г. — не более 2,3%. В случае, когда клубни были высажены в поле, минуя период покоя, процент клубневой передачи был выше примерно на 40% (косвенные данные).

3. При содержании клубней в течение осенне-зимнего периода при комнатной температуре в условиях освещения, инфицированность проростков снижалась со 100% до 60%.

4. У клубней, хранившихся при пониженной температуре с сентября до мая, количество инфицированных ростков к концу хранения составило 4%.

## Заключение

Таким образом, в зависимости от комплекса факторов, клубневая передача фитоплазм варьировала от 0 до 60%. Наличие инфекции фитоплазм в ботве картофеля не всегда гарантировало передачу инфекции клубням и от клубней дочерним растениям. На эффективность передачи могут влиять условия окружающей среды, стадия и интенсивность развития инфекционного процесса, вирулентность возбудителей, их

смешанная инфекция, сопутствующая инфекция микроорганизмов иной природы, сорт и агротехника. Тем не менее, учитывая, что при определённых условиях передача фитоплазм клубневым материалом может быть значительной, в системе первичного семеноводства требуется тестирование инфекции фитоплазм с помощью молекулярно-генетической диагностики на всех этапах воспроизведения оздоровленного материала. Для предупреждения распространения фитоплазмозов картофеля следует применять комплекс приёмов профилактической, терапевтической и истребительной направленности в зависимости от назначения посадок: использование здорового посадочного материала устойчивых сортов, выбраковку поражённых клубней и кустов, применение инсектицидов против переносчиков, обработку растений биопрепаратами с антибактериальными свойствами и иммуномодуляторами.

### Библиографический список

1. Богоутдинов Д.З. Фитоплазмозы картофеля и методы их изучения // Научно-методическое пособие / Самарская ГСХА. Самара, 2000. 35 с.
2. Богоутдинов Д.З. Фитоплазмозы картофеля // Агро XXI. 2001. №7. С10. [электронный ресурс] <https://www.agroxxi.ru/journal/200107/200107.pdf> (обращение 17.02.2017). С. 10.
3. Богоутдинов Д.З. Особенности циркуляции возбудителя столбура паслёновых на севере его ареала // Доклады РАСХН, 2002, № 6. С. 22–23.
4. Гирсова Н.В., Кастальева Т.Б., Мешков Ю.И., Можяева К.А., Богоутдинов Д.З. Фитоплазмозы бобовых растений // Известия ТСХА. 2015. Выпуск 2. С. 58–73. [электронный ресурс] [http://timacad.ru/deyatel/izdat/izvestia/2015/IzvestijaTSHA\\_2\\_2015.pdf](http://timacad.ru/deyatel/izdat/izvestia/2015/IzvestijaTSHA_2_2015.pdf) (обращение 17.02.2017). С. 58–73.
5. Гирсова Н.В., Можяева К.А., Кастальева Т.Б., Богоутдинов Д.З. Фитоплазмозы сорных и дикорастущих травянистых растений // Защита и карантин растений. 2015. № 9. С. 34–39.
6. Кастальева Т.Б., Богоутдинов Д.З., Боттнер-Паркер К.Д., Гирсова Н.В., Ли И.-М. О разнообразии фитоплазмозов сельскохозяйственных культур в России: патогены и их переносчики. Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 3. С. 367–375. doi: 10.15389/agrobiol.2016.3.367 rus . [электронный ресурс] <http://agrobiol.ru/articles/3-2016kastal'eva-eng.pdf> (обращение 17.02.2017). С. 367–375.
7. Методика определения фитоплазм с использованием молекулярных методов диагностики: ПЦР и ПДРФ / Гирсова Н.В., Кастальева Т.Б. и Можяева К.А. Под общей ред. К.А. Можяевой. М.: Россельхозакадемия, 2013. 24 с.
8. Погосян А. В. Клубневая передача, микоплазменной инфекции при столбуре картофеля. Тезисы докладов XI Совещания Закавказского Совета по координации исследований в защите растений. Ереван, 1984. С. 75–76.
9. Сухов К.С., Вовк А.М. Цикадка *Hyalestes obsoletus* Sign., переносчик столбура пасленовых // Доклады АН СССР. 1946. Т. 53. № 2. С. 153–156.
10. Сухов К.С., Вовк А.М. Дифференциальные различия между северным и южным столбуром картофеля // Труды Института генетики АН СССР. 1950. № 17. С. 236–238.
11. Сухов К.С., Вовк А.М. Восстановление морфологии ростков клубней в потомстве растений картофеля, поражённых столбуром // Труды Института генетики АН СССР. 1952. № 19. С. 240–247.
12. Сухов К.С., Развязкина Г.М. Биология вирусов и вирусные болезни растений. М.: «Советская наука», 1955. 228 с.
13. Crosslin, J., Munyaneza, J. Tuber transmission of “Purple Top” phytoplasma. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/20960000/Publications/PotatoProgress/PROSSER-CROSLINTuberBLTVAPotProg92806.pdf>.

14. Crosslin, J. M., Hamlin L., Buchman J., Munyaneza, J. E. Transmission of Potato Purple Top Phytoplasma to Potato Tubers and Daughter Plants // American Journal of Potato Research. 2011. V. 88. P. 339–345. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-011-9199-y>
15. Doi, Y., Teranaka, M., Yora, K., and Asuyama, H. Mycoplasma or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches'-broom, aster yellows, or paulownia witches'-broom // Annals of Phytopathological Society Japan. 1967. Vol.33. P.259-266. [электронный ресурс]. URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33\\_4\\_259/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33_4_259/_pdf) (обращение 17.02.2017). С. 259–266.
16. Ember, I., Talaber, C., Acs, Z., Nagy, Z., and Kolber, M. Study of stolbur phytoplasma tuber transmission in potato varieties of high starch content // Bulletin of Insectology. 2011. V. 64 (Supplement). S209-S210. [электронный ресурс]. URL: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol64-2011-S209-S210ember.pdf> (обращение 16.02.2017). С. 209–210.
17. Girsova, N.V., Bottner-Parker, K.D., Bogoutdinov, D.Z., Meshkov, Y.I., Mozhaeva, K.A., Kastalyeva, T.B. and Lee I.-M. Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia // Eur. J. Plant Pathology. DOI 10.1007/s10658-015-0824-3 <http://link.springer.com/article/10.1007/s10658-015-0824-3> (обращение 17.02.2017) abstract.
18. IRPCM and Phytoplasma/Spiroplasma Working Team — Phytoplasma Taxonomy Group. 'Candidatus Phytoplasma', a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 2004, 54: 1243–1255 (doi: 10.1099/ijs.0.02854-0).
19. Lee I.-M., Zhao Y., Davis R.E., Wei W., and Martini M. Prospects of DNA-based systems for differentiation and classification of phytoplasmas // Bulletin of Insectology. 2007. V. 60 (2). P. 239-244. URL: <http://www.journals4free.com/link.jsp?l=6690999>
20. Paltrinieri, S., and Bertaccini, A. Detection of phytoplasmas in plantlets grown from different batches of seedpotatoes // Bulletin of Insectology. 2007. V. 60. P. 379–380. [электронный ресурс]. URL: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol60-2007-379-380paltrinieri.pdf> (обращение 17.02.2017). С. 379–380.
21. Wei W., Davis R. E., Lee I.-M., Zhao Y. Computer-simulated RFLP analysis of 16S rRNA genes: identification of ten new phytoplasma groups // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2007. Vol. 57. P. 1855–1867. [http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/57/8/1855.pdf?expire\\_s=1487267339&id=id&accname=guest&checksum=A96EEDA3619BFD6CEEE551F942335F7](http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/57/8/1855.pdf?expire_s=1487267339&id=id&accname=guest&checksum=A96EEDA3619BFD6CEEE551F942335F7) (обращение 16.02.2017). С. 1855–1867.

## SAVING AND TRANSFER OF PHYTOPLASMA INFECTION VIA POTATO TUBERS

N.V. GIRSOVA<sup>1</sup>, K.D. BOTTNER-PARKER<sup>2</sup>, T.B. KASTALYEVA<sup>1</sup>, K.A. MOZHAYEVA<sup>1</sup>,  
D.Z. BOGOUTDINOV<sup>3</sup>, ING-MING LEE<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Russian Research Institute of Phytopathology;  
<sup>2</sup> Beltsville Agricultural Research Center, USA,  
<sup>3</sup> Samara State Agricultural Academy)

*Various experiments were conducted from 2008 to 2015 to determine the percentage of phytoplasma infection in potato sprouts or young plants that were grown from tubers collected in the fields where potato plants were severely infected with different phytoplasma groups (16SrI, 16SrIII, 16SrVI or 16SrXII-A) that were the same as in their maternal plants. The results indicated that the percentage of phytoplasma infection varied depending on different factors including the*



year and the storage conditions of tubers. If the tubers had been stored at low temperature (4°C) for several months before they were planted in the greenhouse or in an open field, the infection rate of emerged plants ranged from 0 to 2.3%, with one exception in 2010, where 50% of the sprouts from one tuber tested positive for group 16SrIII phytoplasma infection (the same as in case of the maternal plant). When the tubers were pre-treated with gibberellins within days or a month after harvesting and then planted in open fields, about 64% of the emerged plants became infected with 16SrXII-A phytoplasma. When only the tubers (a total of six) that produced hairy sprouts were selected for an experiment under light at a room temperature, the percentage of the sprouts infected with phytoplasma (group 16SrVI) was 100% in autumn and winter (2014), but decreased to 60% by mid-May. If the tubers were stored during a rest period at a low temperature, the number of infected seedlings by the middle of May did not exceed 4%. Given the fact that under certain conditions the transfer of phytoplasma by tuberous material can be significant, the system of primary seed production should include testing for the presence of phytoplasmic infection using methods of molecular genetic diagnosis (PCR, RFLP) at all stages of healthy planting material reproduction.

**Key words:** phytoplasma, potato, potato tubers, phytoplasma infection transmission.

## References

1. Bogoutdinov D. Z. Fitoplazmozy kartofelya i metody ikh izucheniya [Phytoplasma diseases of the potato and methods of their study] // Nauchno-metodicheskoye posobiye / Samarskaya GSKA, 2000. 35 p.
2. Bogoutdinov D. Z. Fitoplazmozy kartofelya [Phytoplasma diseases of potato]. // Agro XXI. 2001. No. 7. P. 10. URL: <http://www.agroxxi.ru/journal/200107/200107.pdf>
3. Bogoutdinov, D. Z. Osobennosti tsirkulyatsii vozbuditelya stolbura paslonovykh na severe yego areala [Particularly circulation of Causative agent of stolbur in Solanaceous in the North of its range] // Reports of Russian Academy of Agricultural Science. 2002. No. 6. P. 22–23.
4. Girsova N.V., Kastalyeva T.B., Meshkov Yu.I., Mozhaeva K.A., Bogoutdinov D.Z. Fitoplazmozy bobovykh rasteniy [Phytoplasma diseases of legumes] // Izvestia TSKhA. 2015. No 2. P. 58–73. [electronic resource] [http://timacad.ru/deyatel/izdat/izvestia/2015/IzvestijaTSHA\\_2\\_2015.pdf](http://timacad.ru/deyatel/izdat/izvestia/2015/IzvestijaTSHA_2_2015.pdf) (access date 17.02.2017).
5. Girsova N.V., Mozhayeva K.A., Kastalyeva T.B., Bogoutdinov D. Z. Fitoplazmozy sornykh i dikorastushchikh travyanistykh rasteniy [Phytoplasma diseases of weed and wild herbaceous plants] // Zashchita i karantin rasteniy. 2015. No. 9. P. 34–39.
6. Kastalyeva T.B., Bogoutdinov D.Z., Bottner-Parker K.D., Girsova N.V., and Lee I.-M. O raznootobrazii fitoplazmozov sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Rossii: patogeny i ikh perenoschiki. Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. [Diverse phytoplasmas associated with diseases in various agricultural crops in Russia]. Agricultural biology. 2016. Vol. 51. No. 3. Pp. 367-375. doi: 10.15389/agrobiol.2016.3.367 rus. [electronic resource] <http://agrobiol.ru/articles/3-2016kastal'eva-eng.pdf> (access date 17.02.2017).
7. Metodika opredeleniya fitoplazm s ispol'zovaniyem molekulyarnykh metodov dagnostiki: PTsR i PDRF [The technique of detection of phytoplasmas, using molecular diagnostic techniques: PCR and RFLP] / Girsova, N.V., Kastalyeva, T.B., and Mozhayeva, K.A. Ed. By. K.A. Mozhayeva. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2013. 24 p.
8. Pogosyan A.V. Klubnevaya peredacha, mikoplazmennoy infektsii pri stolbure kartofelya [Transmission of stolbur mycoplasma-like infection via potato tuber] // Abstracts of the XI Workshop of Transcaucasian Council on Coordination of Plant Protection Researches. Yerevan, 1984. P. 75–76.
9. Sukhov, K. S., and Vovk, A. M. (1946). Tsikadka *Hyaletes obsoletus* Sign., perenoschik stolbura paslenovykh [Leafhopper *Hyaletes obsoletus* as a vector of Stolbur of Solanaceae] // Doklady AN SSSR. Vol. 53.(2), P. 153–156.
10. Sukhov, K. S., and Vovk, A. M. Differentsial'nyye razlichiya mezhdru severnym i yuzhnym stolburom kartofelya [Differences between northern and southern potato stolbur] // Trudy Instituta genetiki AN SSSR 1950. No. 17. P. 236–238.

11. *Sukhov, K. S., and Vovk, A. M.* Vosstanovleniye morfologii rostkov klubney v potomstve rasteniy kartofelya, porazhenykh stolburom [Restoring the morphology of shoots of potato tubers in progeny of plants affected by stolbur] // Trudy Instituta genetiki AN SSSR. 1952. No. 19. P. 240-247.

12. *Sukhov, K. S., and Razvyazkina, G. M.* [Biology of viruses and virus diseases of plants]. Moscow: Sovetskaya Nauka, 1955.

13. *Crosslin, J., Munyaneza, J.* Tuber transmission of “Purple Top” phytoplasma. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/20960000/Publications/PotatoProgress/PROSSER-CROSLINTuberBLTVAPotProg92806.pdf>

14. *Crosslin, J. M., Hamlin L., Buchman J., Munyaneza, J. E.* Transmission of Potato Purple Top Phytoplasma to Potato Tubers and Daughter Plants // American Journal of Potato Research. 2011. Vol. 88. P. 339–345. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12230-011-9199-y>

15. *Doi, Y., Teranaka, M., Yora, K., and Asuyama, H.* Mycoplasma or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches'-broom, aster yellows, or paulownia witches' broom // Annals of Phytopathological Society Japan. 1967. Vol. 33. P.259-266. [electronic resource]. URL: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33\\_4\\_259/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjphytopath1918/33/4/33_4_259/_pdf)(access date 17.02.2017).

16. *Ember, I., Talaber, C., Acs, Z., Nagy, Z., and Kolber, M.* Study of stolbur phytoplasma tuber transmission in potato varieties of high starch content // Bulletin of Insectology.2011. V.64(Supplement). S209-S210.[electronic resource]. URL: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol64-2011-S209-S210ember.pdf>(access date 16.02.2017).

17. *Girsova, N.V., Bottner-Parker, K.D., Bogoutdinov, D.Z., Meshkov, Y.I., Mozhayeva, K.A., Kastalyeva, T.B. and Lee I.-M.* Diverse phytoplasmas associated with potato stolbur and other related potato diseases in Russia // Eur. J. Plant Pathology. DOI 10.1007/s10658-015-0824-3 <http://link.springer.com/article/10.1007/s10658-015-0824-3>(access date 17.02.2017).

18. IRPCM and Phytoplasma/Spiroplasma Working Team — Phytoplasma Taxonomy Group. ‘Candidatus Phytoplasma’, a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insects. Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 2004, 54:1243–1255 (doi: 10.1099/ijs.0.02854-0).

19. *Lee I.-M., Zhao Y., Davis R.E., Wei W., and Martini M.* Prospects of DNA-based systems for differentiation and classification of phytoplasmas // Bulletin of Insectology. 2007. V. 60 (2). P. 239–244. URL: <http://www.journals4free.com/link.jsp?l=6690999>

20. *Paltrinieri, S., and Bertaccini, A.* Detection of phytoplasmas in plantlets grown from different batches of seedpotatoes // Bulletin of Insectology.2007. V. 60. P. 379–380.[electronic resource]. URL: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol60-2007-379-380paltrinieri.pdf>(access date 17.02.2017).

21. *Wei, W., Davis, R. E., Lee, I.-M., Zhao, Y.* Computer-simulated RFLP analysis of 16S rRNA genes: identification of ten new phytoplasma groups // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2007. Vol. 57. P. 1855–1867. <http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/ijsem/57/8/1855.pdf?expires=1487267339&id=id&accname=guest&checksum=A96EEDA3619BFD6CEEEE551F942335F7>(access date 16.02.2017).

**Гирсова Наталья Викторовна** — к. б. н., ст. науч. сотр. ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (143050, Московская обл., Одинцовский район, п/о Большие Вяземы; тел.: (498) 694-10-00; e-mail: [ngirsova@yandex.ru](mailto:ngirsova@yandex.ru)).

**Боттнер-Паркер Кристи Д.** — науч. сотр. лаборатории Молекулярной патологии растений Сельскохозяйственного исследовательского центра в Белтсвилле (Bldg. 004. 10300 Baltimore Avenue. Beltsville, Md 20705; тел.: (301) 504-6024; e-mail: [kristi.bottner@ars.usda.gov](mailto:kristi.bottner@ars.usda.gov)).

**Кастальева Татьяна Борисовна** — к. б. н., вед. науч. сотр. ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии (143050, Московская обл., Одинцовский район, п/о Большие Вяземы; тел.: (498) 694-10-00, (916) 735-18-36; факс: (498) 694-11-24; e-mail: [kastalyeva@vniif.ru](mailto:kastalyeva@vniif.ru), [kastalyeva@yandex.ru](mailto:kastalyeva@yandex.ru)).

**Можаева Карина Алексеевна** — к. с.-х. н.

**Богоутдинов Дамир Забихуллович** — к. б. н., доц. кафедры растениеводства и земледелия Самарской государственной сельскохозяйственной академии (446442, Самарская обл., Кинель, пос. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел.: (84663) 4-61-31; e-mail: bogoutdinov@list.ru).

**Ли Инг-Минг** — доктор, специалист в области патологии растений лаборатории Молекулярной патологии растений Сельскохозяйственного исследовательского центра в Белтсвилле (Bldg. 004, 10300 Baltimore Avenue, Beltsville, Md 20705); тел.: (301) 504-6024).

**Nataliya V. Girsova** — PhD (Bio), senior researcher, Russian Research Institute of Phytopathology (143050, Moscow region, Odintsovo district, Bolshiye Vyazemy; phone: +7 (498) 694-10-00; e-mail: ngirsova@yandex.ru).

**Kristi D. Bottner-Parker** — Support Scientist, Molecular Plant Pathology Laboratory, Beltsville Agricultural Research Center (10300 Baltimore Avenue, Beltsville, Md 20705; phone: (301) 504-6024; fax: 301-504-5449; e-mail: kristi.bottner@ars.usda.gov).

**Tatyana B. Kastalyeva** — PhD (Bio), key researcher, Russian Research Institute of Phytopathology (143050, Moscow region, Odintsovo district, Bolshiye Vyazemy; phone: +7 (498) 694-10-00, +7 (916) 735-18-36; fax: +7 (498) 694-11-24; e-mail: kastalyeva@vniif.ru).

**Karina A. Mozhaeva** — PhD (Ag).

**Damir Z. Bogoutdinov** — PhD (Bio), Associate Professor of Chemistry and Plant Protection Department, Samara State Agricultural Academy (446442, Samara region, Ust-Kinelskiy, Utchebnaya str., 2; phone: (84663) 4-61-31; e-mail: bogoutdinov@list.ru).

**Ing-Ming Lee** — DSc, Research Plant Pathologist, Molecular Plant Pathology Laboratory. (Bld. 004, Beltsville Agricultural Research Center, 10300, Baltimore Ave., Beltsville, Md 20705); phone: (301) 504-6024, fax: 301-504-5449; e-mail: ingming.lee@ars.usda.gov).