

УДК 633.522:631.527

## ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ КОНОПЛИ ПОСЕВНОЙ В ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

В.А. СЕРКОВ<sup>1</sup>, В.Н. ХРЯНИН<sup>2</sup>, Л.В. КЛИМОВА<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ Пензенский НИИСХ (ФАНО);

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет)

*Существенную роль в экспрессии регуляторных механизмов продукционного процесса растений конопля посевной играют эндогенные фитогормоны (ауксины, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота, этилен и некоторые другие). Однако их роль в этом процессе детально не изучена.*

*В статье представлены результаты 3-х лет научно-исследовательских работ по изучению влияния регуляторов роста: гиббереллина, ауксина, цитокинина, хлорхолинхлорида, селената натрия и их комбинаций – на растения конопля посевной с целью совершенствования селекционного процесса, а также технологии семеноводства культуры в условиях лесостепи Среднего Поволжья.*

*Обработка растений при появлении апексов третьей пары листьев ауксином, цитокинином и селенатом натрия оказала существенное влияние на морфометрические параметры растений: общую высоту, техническую длину стебля и длину междоузлий. Установлено положительное влияние ауксина на количественные и качественные характеристики урожая стеблей растений. На варианте с обработкой ауксином в концентрации 20 мг/л отмечено наибольшее увеличение средней массы стебля, выхода и сбора общего и длинного волокна, семенной продуктивности растений. Обработка ауксином способствовала существенному повышению урожая соломки, семян, общему сбору волокна и масла. В контрастных условиях периода вегетации обработка растений конопля посевной регуляторами роста не влияла на процесс созревания семян, признаки «Масса 1000 семян», «Содержание масла», а также на качественные характеристики волокна: разрывную нагрузку и гибкость. Достоверной дифференциации вариантов по признаку пола не установлено.*

*В аспекте процесса каннабиноидообразования отмечена реакция растений конопля посевной на обработки регуляторами роста в зависимости от характера гидротермического режима. В нормально увлажнённых условиях вегетации пониженный относительно контроля суммарный уровень каннабиноидов, в том числе тетрагидроканнабинола, установлен в варианте с обработкой ауксином в концентрации 10 мг/л. В условиях сильно засушливого межфазного периода «Всходы-бутонизация» обработка регуляторами роста существенно увеличивала суммарное содержание каннабиноидов – в 1,4-1,7 раза, в том числе содержание тетрагидроканнабинола – в 1,3 раза. Также в засушливых условиях установлены достоверные различия по уровням накопления тетрагидроканнабинола и каннабидиола в растениях в зависимости от варианта обработки регуляторами роста.*

**Ключевые слова:** конопля посевная, безнаркотический сорт, регуляторы роста растений, ауксины, цитокинины, гиббереллины, каннабиноиды, тетрагидроканнабинол, хозяйственно ценный признаки.

Эндогенное воздействие регуляторов роста на растения возможно на различных этапах их онтогенеза. Влияние регуляторов роста на растительный организм особенно эффективно в фазу его перехода от вегетативного роста к генеративному развитию. Для растений конопли посевной переходной является фаза трёх пар листьев. В этот период развития апексы растительных организмов переходят из вегетативного состояния в прегенеративное и обладают возможностью ответной реакции на изменения внешних условий, в связи с чем использование факторов внешнего воздействия в этот период может оказывать полифункциональный эффект [8, 9, 11].

Сведения о влиянии отдельных регуляторов роста на морфофизиологические показатели и урожай конопли посевной крайне ограничены [2, 3, 4, 12], и до настоящего времени вопросы внешней регуляции формирования продукционного процесса конопли посевной изучены недостаточно. Особое значение в решении указанной проблемы имеет привязка к конкретным почвенно-климатическим условиям региона. Территория Среднего Поволжья относится к зоне неустойчивого увлажнения, особенно в весенний период, совпадающий со сроками сева и начала вегетации растений конопли посевной. В связи с этим все агротехнические приёмы, направленные на активизацию роста и развития растений в данный период, будут способствовать формированию адаптивной устойчивости агроценоза и, как следствие, повышению урожайности культуры.

Поэтому несомненный прикладной интерес представляют исследования по установлению влияния на комплекс количественных и качественных признаков и свойств конопли посевной регуляторов роста: гиббереллинов, ауксинов, цитокининов – при их воздействии на растительный организм в ювенальную фазу его развития. Изучение данного вопроса необходимо для совершенствования системы агроприёмов, направленных на повышение устойчивости растений к внешним стрессовым факторам и увеличение продуктивности при сохранении уровня энергетических и экономических затрат.

Цель исследований: изучить влияние регуляторов роста на характеристики урожая основных видов продукции растений, каннабиноидообразование, формирование половых признаков однодомной конопли посевной.

Задачи исследований:

– определить характер и степень воздействия различных концентраций гиббереллина, ауксина, цитокинина, хлорхолинхлорида, селената натрия и их комбинаций на половую дифференциацию, процесс каннабиноидообразования, формирование признаков продуктивности и качества растений сорта однодомной конопли Сурская при обработке в фазу трёх пар листьев;

– установить оптимальные параметры обработки для получения наибольшего эффекта улучшения количественных и качественных характеристик урожая.

### **Методика исследований**

Исследования проводили в ФГБНУ Пензенский НИИСХ в 2013-2015 гг. Объект исследований – сорт ненаркотической однодомной конопли среднерусского эко-типа Сурская (двустороннего направления использования). Репродукция семян ОС (оригинальные семена).

Комплекс научно-исследовательских работ выполняли в полевом эксперименте при общепринятой агротехнике и естественной длительности светового дня. Опыт

однофакторный, размещение делянок систематическое. Закладку опыта выполняли сеялкой СН-16 с дисковыми сошниками в 4<sup>х</sup>-рядковом варианте.

Общая площадь делянки – 30 м<sup>2</sup>, учётная – 25 м<sup>2</sup>. Норма высева семян – 1,2 млн шт/га. Повторность 4<sup>х</sup>-кратная. Количество вариантов – 13. Площадь опыта – 0,15 га. Предшественник – чистый пар.

Схема опыта: опрыскивание растений растворами гибберелловой кислоты (ГК) – концентрации 25, 30, 50 мг/л; ауксина (ИУК) – концентрации 10, 20 мг/л; цитокинина (ЦТК – 6-бензиламинопурин (6-БАП)) – концентрации 5, 10 мг/л; хлорхолинхлорида (ССС) концентрации 6 мг/л; селената натрия (Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>) концентрации 3 мг/л, а также комбинациями: ИУК 15 мг/л + ЦТК 10 мг/л; ИУК 15 мг/л + СССР 6 мг/л; ЦТК 10 мг/л + СССР 6 мг/л. Расход рабочей жидкости составлял 3 л на 100 м<sup>2</sup> (300 л/га). Концентрации и расход рабочей жидкости подобраны на основании предварительного изучения комплексной реакции растений конопли на воздействие широкого диапазона концентраций вышеупомянутых регуляторов роста.

Исследования проводили в соответствии с «Методическими указаниями по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей» и «Методическими указаниями по изучению коллекции конопли» [5, 7].

В изучение были включены морфометрические (высота растения, техническая длина стебля, количество междоузлий, диаметр стебля в его центральной части), биологические (продолжительность фаз развития и вегетационного периода, содержание обычной поскони), биохимические (содержание основных каннабиноидов в верхушках соцветий, содержание масла в семенах), хозяйственно полезные (семенная продуктивность, масса 1000 семян, масса стебля, общее содержание волокна, содержание длинного волокна, гибкость и разрывная нагрузка чёсаного волокна) признаки и свойства растений.

В период вегетации выполняли оценку растений по устойчивости к полеганию, поражению болезнями, повреждению вредителями.

Отбор проб растительного материала для разных видов анализов осуществляли в соответствии с действующими методическими указаниями [5, 6, 10]. Сбор верхушек соцветий на анализ длиной 15 см проводили в фазу бутонизации растений, отбор проб семян на влажность – при созревании 75% семян в метёлке, отбор проб семян на содержание масла – после обмолота уборочных снопов и очистки семенного вороха.

Идентификацию и определение количественного содержания основных каннабиноидов (каннабинола – КБН, каннабидиола – КБД, тетрагидроканнабинола – ТГК) проводили методом газожидкостного хроматографического (ГЖХ) анализа согласно методическим рекомендациям «Определение вида наркотических средств, получаемых из конопли и мака» [10]. Пробоподготовку осуществляли путём высушивания верхушек соцветий при 110°С до постоянной массы, измельчали, затем брали навеску массой 0,1 г и заливали 1 мл метилстеарата с известной концентрацией (около 1 мг) в этаноле, доводили до кипения, охлаждали, выдерживали 30 мин при комнатной температуре и подвергали хроматографированию.

Каннабиноиды экстрагировали 96%-ным этанолом. Разделение каннабиноидов осуществляли с программированием температур на хроматографическом комплексе «Кристалл 2000М». Колонка капиллярная ZB-1, длина – 30 м. В качестве внутреннего стандарта использовали 0,5%-ный раствор метилстеарата в этаноле.

Определение содержания масла в семенах выполняли по методу Лебедевца-Раушковского [6]. Пробоподготовку осуществляли путём высушивания навески семян массой 8 г при температуре 105°C до постоянной массы, затем измельчали до состояния муки и подвергали экстракции. Статистическую обработку экспериментальных данных с использованием дисперсионного анализа проводили согласно методикам Б.А. Доспехова [1].

### Результаты и их обсуждение

Агрометеорологические условия периода вегетации конопли по фазам развития в годы проведения эксперимента различались.

Агрометеоусловия 2013 г. в совокупности были благоприятными для роста и развития растений конопли почти на всех этапах онтогенеза. Однако в критический период роста и развития растений – массовую бутонизацию-начало цветения – гидротермический режим вегетации был неудовлетворительным. За этот период выпало около 5 мм (17% отн. ед. от среднеголетних показателей) осадков, среднесуточные температуры нарастали, составляя +18-25°C. Период массового цветения характеризовался нормальным фоном среднесуточных температур (+18-20°C) с периодическими осадками. За вегетацию конопли сумма активных температур составила 2041°C при 263 мм осадков. Показатель ГТК (1,3) характеризует вегетационный период конопли посевной как нормально увлажнённый.

Агрометеоусловия 2014 г. оказались менее благоприятными для роста и развития растений конопли. Период от посева до массовых всходов характеризовался дефицитом осадков (15,9 мм, или 55% отн. ед. от среднеголетних показателей) на фоне растущих среднесуточных температур +9,5-22,5°C и сокращающимися запасами влаги в почве. В критический период роста и развития растений – массовую бутонизацию-начало цветения – гидротермический режим вегетации также оказался неудовлетворительным. За этот период выпало около 26 мм осадков (70% отн. ед. от среднеголетних параметров), среднесуточные температуры сильно колебались, составляя +10-23°C. За вегетацию конопли сумма активных температур составила 2270°C при 140 мм осадков. Показатель ГТК (0,62) характеризует вегетационный период конопли посевной как засушливый.

Агроклиматические условия 2015 г. также оказались относительно благоприятными для роста и развития растений конопли не на всех этапах онтогенеза. Период от посева до массовых всходов характеризовался дефицитом осадков на фоне среднесуточных температур +9,6-18,2°C и сокращающимися запасами влаги в почве. Однако запасы продуктивной влаги обеспечили хорошую полевую всхожесть семян и развитие всходов. В критический период роста и развития растений – массовую бутонизацию-начало цветения – гидротермический режим вегетации был недостаточно увлажнённым. За этот период выпало около 12 мм осадков, или 39% отн. ед. от среднеголетних показателей, среднесуточные температуры составляли +23-26°C. В период созревания семян гидротермический режим отличался жёсткими параметрами (0,1-0,6), что соответствует очень засушливым условиям, однако это способствовало ускорению прохождения растениями данной фазы, что в целом обеспечило формирование хорошего урожая семян до фазы их массового созревания. За вегетацию сумма активных температур составила 2243°C при 217 мм осадков. Показатель ГТК (0,97) характеризует вегетационный период конопли посевной как достаточно увлажнённый.

В нормальных агроклиматических условиях 2013 г. отмечено уменьшение содержания обычной поскони в варианте с применением ГК в концентрации 25 мг/л (-2,3% абс. ед. к контролю) и цитокинина в концентрации 10 мг/л (-2,0% абс. ед. к контролю). В варианте с применением ауксина в концентрации 20 мг/л, напротив, наблюдалось увеличение параметра признака на 2,7% абс. ед. Однако достоверной дифференциации вариантов по признаку пола не установлено. Содержание суммы основных каннабиноидов в растениях составило 1,94-2,08% абс. ед., в т.ч. тетрагидроканнабинола (ТГК) – 0,04-0,06% абс. ед. Наименьшее содержание ТГК показали варианты с обработкой растений ауксином в дозе 10 мг/л (-0,02% абс. ед. к контролю).

Уборочная влажность семян по вариантам составила 20,2-26,5% абс. ед. Наименьшей уборочной влажностью характеризовались семена варианта с обработкой гиббереллином в дозе 25 мг/л (-6,5% абс. ед. к контролю).

Отмечена достоверная прибавка урожая соломки (+2,7 т/га, или 43% отн. ед. к контролю) на варианте с обработкой ауксином в дозе 10 мг/л.

В засушливых условиях вегетации 2014 г. отмечено уменьшение содержания поскони в варианте с применением цитокинина в дозе 10 мг/л (-2,0% абс. ед. к контролю) и цитокинина в дозе 10 мг/л в сочетании с хлорхолинхлоридом в дозе 6 мг/л (-1,7% абс. ед. к контролю). В вариантах с применением ауксина в дозе 15 мг/л, напротив, наблюдалось увеличение параметра признака на 2,5% абс. ед. Достоверной дифференциации вариантов по признаку пола также не установлено.

Содержание обычной поскони по вариантам опыта варьировало от 3,0 до 7,5% абс. ед. при эталонном показателе 5,0% абс. ед. Отмечено уменьшение содержания поскони на варианте с применением цитокинина в дозе 10 мг/л (-2,0% абс. ед. к контролю) и цитокинина в дозе 10 мг/л в сочетании с хлорхолинхлоридом в дозе 6 мг/л (-1,7% абс. ед. к контролю).

Содержание суммы основных каннабиноидов в растениях составило 2,218-2,522% абс. ед., в т.ч. тетрагидроканнабинола (ТГК) 0,064-0,077% абс. ед. Содержание ТГК на уровне контроля показали варианты с обработкой растений комбинацией хлорхолинхлорида в дозе 6 мг/л и цитокинина в дозе 10 мг/л, а также гибберелловой кислотой в дозе 30 мг/л. Регуляторы роста не повлияли на процесс каннабиноидонакопления.

Уборочная влажность семян по вариантам составила 23,7-30,6% абс. ед. Наименьшей уборочной влажностью характеризовались семена варианта с обработкой растений комбинацией хлорхолинхлорида в дозе 6 мг/л и цитокинина в дозе 10 мг/л (-3,6% абс. ед. к контролю).

Отмечена достоверная прибавка урожая соломки (+1,3 т/га, или 12% отн. ед. к контролю) и волокна (+0,16 т/га, или 42% отн. ед. к контролю) на варианте с обработкой ауксином в дозе 15 мг/л.

В достаточно увлажнённых условиях вегетации 2015 г. содержание поскони по вариантам варьировало от 3,5 до 5,3% абс. ед. при эталонном показателе 4,5% абс. ед. Отмечено уменьшение содержания поскони на варианте с применением цитокинина в концентрации 10 мг/л (-1,0% абс. ед. к контролю) и цитокинина в концентрации 10 мг/л в сочетании с хлорхолинхлоридом в концентрации 6 мг/л (-0,5% абс. ед. к контролю). На вариантах с применением гиббереллина в концентрации 30 мг/л наблюдалось увеличение параметра признака на 0,8% абс. ед. Достоверной дифференциации вариантов по признаку пола не установлено.

Наименьшей уборочной влажностью характеризовались семена варианта с обработкой ауксином в концентрации 15 мг/л и гиббереллином в концентрации 30 мг/л (-2,8%% абс. ед. к контролю).

Отмечено уменьшение выщепления обычной пскони на варианте с обработкой ауксином в концентрации 15 мг/л (-2,5%% абс. ед. к контролю) и цитокинином в концентрации 10 мг/л (-1,0%% абс. ед. к контролю).

В засушливых условиях отчётного года установлены достоверные различия по уровням накопления тетрагидроканнабинола (ТГК) и каннабидиола (КБД) в зависимости от обработки регуляторами роста.

Отмечено влияние регуляторов роста на количественные параметры урожая растений. На варианте с обработкой ауксином в концентрации 15 мг/л установлены существенные прибавки по урожаю соломки (+1,5 т/га), семян (+0,29 т/га), общему сбору волокна (+0,83 т/га) и масла (+0,08 т/га).

Таким образом, в нормально увлажнённых условиях вегетации (2013 г.) пониженный относительно контроля суммарный уровень каннабиноидов отмечен в варианте с обработкой ИУК в концентрации 10 мг/л (-0,22% абс. ед.). Понижение уровня содержания ТГК относительно контроля отмечено в варианте с обработкой ИУК в концентрации 10 мг/л.

В более засушливых условиях (2014 г.) достоверных различий по вариантам не установлено как по суммарному уровню каннабиноидов, так и по содержанию ТГК.

В условиях остро засушливого межфазного периода «Всходы-бутони-зация» (2015 г.) обработка регуляторами роста существенно увеличивала суммарное содержание каннабиноидов. Оценка содержания суммы основных каннабиноидов показала, что в растениях разных вариантов этот показатель варьировал существенно и заключался в диапазоне значений от 2,264 до 1,886% абс. ед. Контрольные растения характеризовались суммарным содержанием каннабиноидов 1,317% абс. ед.

Диапазон варьирования признака «Содержание ТГК» составлял 0,061-0,045% абс. ед. На контрольном варианте отмечено наименьшее значение признака. Таким образом, установлено значимое увеличение показателей признака на вариантах с обработками регуляторами роста, обусловленное жёсткими гидротермическими условиями межфазного периода «Всходы-бутонизация».

В контрастных условиях проведения эксперимента обработка растений ауксином и цитокинином оказала достоверное влияние на морфометрические признаки «Высота растения», «Техническая длина стебля», «Средняя длина междоузлия». Регуляторы роста не повлияли на признаки «Длина соцветия», «Диаметр стебля», «Количество междоузлий», «Содержание пскони» (табл. 1).

Средняя масса стебля по опыту колебалась от 14,5 до 22,0 г/раст. Наибольшее достоверное превышение над контролем (+4,4 г/раст.) имел вариант с обработкой ауксином в концентрации 20 мг/л (табл. 2).

Выход волокна общий изменялся от 28,8 до 33,3% абс. ед. Почти все варианты с обработкой регуляторами роста имели превышение над контролем от 0,1 до 2,3% абс. ед. Вариант с обработкой ИУК 15 + ЦТК 10 показал меньший параметр признака (-1,8% абс. ед. к контролю).

Выход длинного волокна варьировался от 16,2 до 22,9% абс. ед. Наибольшее достоверное превышение над контролем имели варианты с обработкой ауксином и цитокинином, а также их комбинацией.

Сбор волокна общий изменялся от 4,5 до 7,0 г/раст. Наибольшее превышение над контролем имели варианты с обработкой ауксином в концентрации 20 мг/л и селенатом натрия в концентрации 3 мг/л.

Таблица 1

**Биоморфометрические характеристики растений конопля посевной при обработке регуляторами роста (2013-2015 гг.)**

Вариант	Высота раст., см	Техническая длина стебля, см	Длина соцветия, см	Диаметр стебля, мм	Количество междоузлий, шт.	Ср. длина междоузлия, см	Содержание поскони, %
1. Контроль	196	165	41	8,0	11,5	14,5	4,8
2. ГК 25	190	172	18	7,0	11,6	14,8	5,2
3. ГК 50	181	171	10	6,6	11,2	15,3	5,6
4. ИУК 10	<b>217</b>	<b>188</b>	29	7,6	11,2	<b>16,8</b>	5,5
5. ИУК 20	<b>218</b>	<b>195</b>	23	6,8	10,8	<b>18,0</b>	5,8
6. ЦТК 5	<b>237</b>	<b>210</b>	27	8,2	11,3	<b>18,6</b>	5,0
7. ЦТК 10	<b>227</b>	<b>192</b>	35	7,9	10,5	<b>18,6</b>	4,0
8. CCC 6	210	168	42	8,0	11,9	14,3	4,1
9. SE3	<b>219</b>	<b>175</b>	41	8,2	11,5	14,9	4,9
10. ГК 30	<b>211</b>	<b>181</b>	30	7,0	12,2	15,5	5,3
11. ИУК 15 + ЦТК 10	194	161	32	7,1	11,9	13,6	7,5
12. ИУК 15 + CCC 6	191	155	36	7,0	11,9	13,1	5,5
13. CCC 6 + ЦТК 10	209	163	45	8,2	12,3	13,4	3,7
HCP <sub>05</sub>	14,3	8,9	NS	NS	NS	1,44	NS
m, %	2,4	1,9	8,7	4,7	3,9	3,5	20,6

Сбор длинного волокна варьировался от 2,7 до 5,0 г/раст. Наибольшее достоверное превышение над контролем имел вариант с обработкой ауксином в концентрации 20 мг/л. Несколько уступали ему варианты с обработкой цитокинином и селенатом натрия, а также их комбинациями.

Анализ качественных характеристик волокна растений показал, что большинство вариантов имело высокие параметры признака «Разрывная нагрузка чёсаного волокна». Контрольные растения имели также высокую разрывную нагрузку. Однако существенных различий между вариантами опыта не установлено. По признаку «Гибкость чёсаного волокна» большинство вариантов наряду с контролем имело средние показатели признака. Высокими параметрами признака обладали варианты с обработкой ауксином в концентрации 20 мг/л, а также комбинациями ауксина с цитокинином и хлорхолинхлоридом.

**Количественные и качественные характеристики урожая стеблей конопли посевной при обработке регуляторами роста (2013-2015 гг.)**

Вариант	Средняя масса стебля, г/раст.	Выход волокна, %		Сбор волокна, г/раст.		Разрывная нагрузка волокна, кгс	Гибкость волокна, мм
		общего	длинного	общего	длинного		
1. Контроль	17,6	30,6	15,7	5,4	2,8	25,8 (высокая)	18,7 (средняя)
2. ГК 25	14,7	31,3	18,7	4,6	2,7	25,2 (высокая)	19,3 (средняя)
3. ГК 50	14,5	31,4	20,4	4,5	3,0	26,3 (высокая)	19,8 (средняя)
4. ИУК 10	18,5	31,5	20,1	5,8	<b>3,7</b>	29,4 (высокая)	19,2 (средняя)
5. ИУК 20	22,0	32,9	22,6	<b>7,2</b>	<b>5,0</b>	29,6 (высокая)	20,4 (высокая)
6. ЦТК 5	17,1	32,2	22,9	5,5	<b>3,9</b>	27,8 (высокая)	18,6 (средняя)
7. ЦТК 10	16,8	32,2	22,2	5,4	<b>3,7</b>	26,3 (высокая)	19,4 (средняя)
8. ССС 6	17,5	32,8	18,1	5,7	3,2	24,6 (высокая)	20,0 (средняя)
9. SE3	21,0	<b>33,3</b>	17,5	<b>7,0</b>	<b>3,7</b>	21,3 (средняя)	18,5 (средняя)
10. ГК 30	15,1	31,3	20,6	4,7	3,1	24,2 (средняя)	19,3 (средняя)
11. ИУК 15 + ЦТК 10	16,7	28,8	20,7	4,8	<b>3,5</b>	24,2 (средняя)	20,7 (высокая)
12. ИУК 15 + ССС 6	17,3	32,5	20,1	5,6	<b>3,5</b>	24,0 (средняя)	21,0 (высокая)
13. ССС 6 + ЦТК 10	16,4	30,7	16,2	5,0	2,7	23,8 (средняя)	17,9 (средняя)
НСР <sub>05</sub>	3,5	2,2	4,6	0,8	0,5	NS	NS
m, %	6,9	5,8	7,1	9,8	5,6	9,4	10,2

Обработка регуляторами роста в условиях вегетаций 3-х лет эксперимента несущественно влияла на процесс созревания семян. Ускоренное по отношению к контролю созревание показали растения вариантов с обработкой ИУК (-3-4 сут). Семена с данных вариантов характеризовались наименьшей уборочной влажностью (-3,9-4,4% абс. ед. к контролю) (табл. 3).

Семенная продуктивность растений варьировалась в диапазоне значений от 1,1 до 2,6 г/раст. Контрольные растения сформировали урожай 1,5 г/раст. Статистически достоверные прибавки по данному признаку установлены в вариантах с обработкой ИУК.

Признаки «Масса 1000 семян» и «Содержание масла» в семенах не зависели от варианта обработки.



**Количественные и качественные характеристики урожая семян конопли посевной при обработке регуляторами роста (2013-2015 гг.)**

Вариант	Уборочная влажность, %	Семенная продуктивность, г/раст.	Масса 1000 семян, г	Содержание масла, %
1. Контроль	24,8	1,5	15,7	33,2
2. ГК 25	22,2	1,6	15,9	31,4
3. ГК 50	26,7	1,7	15,9	32,1
4. ИУК 10	20,9	<b>2,6</b>	15,6	31,8
5. ИУК 20	20,4	<b>2,5</b>	15,1	32,5
6. ЦТК 5	22,5	1,2	15,7	31,2
7. ЦТК 10	24,0	1,7	15,6	33,0
8. ССС 6	26,3	1,3	15,0	32,9
9. SE3	26,5	1,5	14,6	33,0
10. ГК 30	23,2	1,5	14,0	31,2
11. ИУК 15 + ЦТК 10	28,3	1,1	14,5	33,1
12. ИУК 15 + ССС 6	30,4	1,3	14,7	32,1
13. ССС 6 + ЦТК 10	22,4	2,0	15,0	33,2
НСР <sub>05</sub>	NS	0,8	NS	NS
m, %	7,4	14,2	3,0	1,3

Анализ урожайности соломки и семян показал, что достоверная прибавка по урожаю соломки отмечена в вариантах с обработкой ауксином (+1,2-2,3 т/га). По урожаю семян математически подтвержденная прибавка также отмечена в вариантах с обработкой ауксином (+0,21-0,33 т/га) (табл. 4).

Общий сбор волокна варьировал по вариантам от 2,51 до 3,50 т/га. Наибольшую и статистически достоверную прибавку показал вариант с обработкой растений ауксином в концентрации 20 мг/л (+0,23 т/га).

По сбору масла достоверное превышение над контролем также имел вариант с обработкой растений ауксином в концентрации 20 мг/л.

Ни один из вариантов с обработкой комбинациями регуляторов роста не выявил эффективности по прибавке продуктивности.

Таким образом, обработка растений ауксином в концентрации 20 мг/л оказала достоверное влияние на хозяйственно ценные признаки «Урожай соломки/семян», «Выход длинного волокна», «Сбор общего волокна», «Сбор масла».

**Параметры урожая основных видов продукции конопли посевной  
при обработке регуляторами роста (2013-2015 гг.)**

Вариант	Урожай соломки		Урожай семян		Сбор волокна		Сбор масла	
	т/га	± к контролю	т/га	± к контролю	т/га	± к контролю	т/га	± к контролю
1. Контроль	10,8	–	0,71	–	3,27	–	0,15	–
2. ГК 25	8,9	–1,9	0,33	–0,38	2,51	–0,76	0,11	–0,02
3. ГК 50	10,5	–0,3	0,34	–0,37	2,67	–0,60	0,11	–0,02
4. ИУК 10	12,0	+1,2	0,92	+0,21	<b>3,47</b>	+0,20	0,18	+0,03
5. ИУК 20	13,1	+2,3	1,04	+0,33	<b>3,50</b>	+0,23	<b>0,21</b>	+0,06
6. ЦТК 5	11,6	+0,8	0,25	–0,46	3,39	+0,12	0,08	–0,05
7. ЦТК 10	10,5	–0,3	0,74	+0,03	3,31	–0,01	0,25	–0,00
8. ССС 6	10,2	–0,6	0,60	–0,11	3,33	+0,01	0,20	–0,05
9. SE3	10,3	–0,5	0,62	–0,09	3,43	+0,09	0,20	–0,05
10. ГК 30	9,9	–0,9	0,61	–0,10	3,10	–0,22	0,19	–0,06
11. ИУК 15+ЦТК 10	10,0	–0,8	0,30	–0,41	2,88	–0,39	0,10	–0,03
12. ИУК 15+ССС 6	10,1	–0,7	0,34	–0,37	3,28	+0,01	0,11	–0,02
13. ССС 6+ЦТК 10	9,4	–1,4	0,72	+0,01	2,88	–0,44	0,22	–0,03
HCP <sub>05</sub>		1,1		0,11		0,20		0,03
m, %		9,31		11,54		13,7		11,6

### Заключение

В контрастных условиях проведения эксперимента обработка растений ауксином и цитокинином оказала достоверное воздействие на морфометрические признаки «Высота растения», «Техническая длина стебля», «Средняя длина междоузлия». На признаки «Длина соцветия», «Диаметр стебля», «Количество междоузлий», «Содержание поскони» регуляторы роста не влияли. Обработка регуляторами роста несущественно влияла на процесс созревания семян. Достоверной дифференциации вариантов по признаку пола не установлено. В условиях острозасушливого межфазного периода «Всходы-бутонизация» обработка регуляторами роста существенно увеличивала суммарное содержание каннабиноидов. В нормально увлажнённых условиях вегетации пониженный относительно контроля суммарный уровень каннабиноидов, в т.ч. содержания ТГК, отмечен в варианте с обработкой ИУК в концентрации 10 мг/л (–0,22% абс. ед.). В среднем за 3 года исследований обработка ауксином в концентрации 20 мг/л существенно повышала количественные и качественные параметры урожая стеблей. Средняя масса стебля увеличивалась на 25% (отн. ед.), выход общего и длинного волокна – соответственно на 2,3% и 6,9% (абс. ед.). В целом обработка ИУК в концентрации 20 мг/л формировала прибавку урожая семян (+0,21-0,33 т/га), соломки (+1,2-2,3 т/га) и волокна (+0,20-0,23 т/га), а также сбора

масла (+0,21 т/га). Регуляторы роста не повлияли на процесс каннабиноидонакопления, а также на признаки «Масса 1000 семян» и «Содержание масла» в семенах.

### Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов // М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Жуков М.С. Влияние гиббереллина на рост и развитие конопли / М.С. Жуков, М.М. Сажко // Возделывание и первичная обработка конопли. Харьков, 1961. 83 с.
3. Жуков М.С. Значение гиббереллина в повышении урожая конопли / М.С. Жуков, М.М. Сажко // Вестн. с.-х. науки. № 3. 1963. С. 68-71.
4. Жуков М.С. Влияние гиббереллина на рост, урожай и технические качества конопли / М.С. Жуков, М.Х. Чайлахян, В.Г. Кочанков, М.М. Сажко // Гиббереллины и их действие на растения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 261-269.
5. Мигаль Н.Д. Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей / Н.Д. Мигаль [и др.] // ВАСХНИЛ. М., 1980. 34 с.
6. Раушковский С.С. Методы исследований при селекции масличных растений по содержанию масла / С.С. Раушковский // М.: Пищепромиздат, 1959. 46 с.
7. Румянцева Л.Т. Изучение коллекции конопли: Методические указания / Л.Т. Румянцева, М.Г. Дудник // ВНИИР, 1989. 20 с.
8. Солдатов С.А. Влияние селената натрия на фитогормональный статус и проявление пола у двудомных растений конопли / С.А. Солдатов, В.Н. Хрянин // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. № 2. 2006. С. 13-16.
9. Сорока В.П. Эмбриологические исследования превращения мужских цветков в женские у однодомной конопли / В.П. Сорока, Н.Д. Мигаль // V Всесоюзное совещание по эмбриологии растений. Кишинёв: «Штиинца», 1971. С. 169-171.
10. Сорокин В.И. Определение вида наркотических средств, получаемых из конопли и мака: Методические рекомендации / В.И. Сорокин [и др.]; Под ред. д-ра мед. наук, проф. Э.А. Бабаяна. М.: ЭКЦ МВД России; РФЦСЭ МЮ России, 1995. 24 с.
11. Степанов Г.С. К вопросу создания однополрой формы конопли / Г.С. Степанов // Биология, возделывание и первичная обработка конопли и кенафа: тр. ВНИИ лубяных культур. Вып. 37. Глухов, 1975. С. 56-60.
12. Хрянин В.Н. Влияние регулятора роста на урожай и технологические качества конопли / В.Н. Хрянин // Лён и конопля. № 6. 1965. С. 33-34.

## PLANT GROWTH REGULATORS INFLUENCE ON MORPHOLOGIC-PHYSIOLOGICAL PARAMETERS AND YIELD OF HEMP SEED IN THE FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

V.A. SERKOV<sup>1</sup>; V.N. KHRYANIN<sup>2</sup>; L.V. KLIMOVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budget Scientific Institution Penza Agricultural Research Institute;

<sup>2</sup>Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Penza State University)

*A significant role in the regulatory mechanisms expression of plant production process of hemp seed plays endogenous phytohormones (auxins, cytokinins, gibberellins, abscisic acid, ethylene and others). However, their role in this process has not been studied in details yet.*

The article presents the results of 3 years of research works on studying the influence of growth regulators – gibberellin, auxin, cytokinin, chloraminated, sodium selenate and their combination on hemp seed plants with the aim of improving the breeding process, and the technology of seed production in the conditions of forest-steppe in the Middle Volga region.

Treatment of plants with apices appearing of the third pair of leaves by auxin, cytokinin and selenates sodium had a significant effect on the morphometric parameters of plants: the overall height, technical length of stem and length of internode. The positive influence of auxin on quantitative and qualitative characteristics on the crop plant stems. On the option of treatment with auxin at a concentration of 20 mg/l the greatest increase in the average weight of the stem, yield, and broad and long fiber gathering seed production. Auksin treatment encouraged a significant increase of straws, seeds, the whole gathering of fibers and oil. In contrasting conditions of vegetation period, cannabis seed processing with growth regulators did not affect the process of seed maturation, the characteristics «weight of 1000 seeds», «oil contents», and also on the qualitative characteristics of fiber: tensile strength and flexibility. Reliable differentiation of variants on the basis of gender is not established.

In the aspect of the process of cannabinoid formation marked response of cannabis seeds to treatments with growth regulators depending on the nature of hydrothermal regime. In normally moist vegetation conditions the total decreased level of cannabinoids is stated relative to the control including tetrahydrocannabinol, in the option of treatment with auxin at a concentration of 10 mg/L. In highly arid interphase period of «shoots-budding» treatment with growth regulators significantly increased the total cannabinoid content in 1.4-1.7 times, including the contents of tetrahydrocannabinol – 1.3 times. Also, in dry conditions there were significant differences in the accumulation levels of THC and CBD in plants depending on the variant of treatment with regulators of growth.

**Key words:** *cannabis sativa* (*cannabis*), nonnarcotic variety, plant growth regulators, auxins, cytokinins, gibberellins, cannabinoids, tetrahydrocannabinol, economically valuable traits.

## References

1. *Dospekhov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experiment (with bases of statistical processing of research results)] / B.A. Dospekhov // M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.
2. *Zhukov M.S.* Vliyaniye gibberellina na rost i razvitiye konopli [Effect of gibberellin on the growth and development of cannabis] / M.S. Zhukov, M.M. Sazhko // Cultivation and primary processing of hemp. Kharkov, 1961. 83 p.
3. *Zhukov M.C.* Znachenie gibberellina v povyshenii urozhaya konopli [The effect of gibberellin in improving crop cannabis] / M.S. Zhukov, M.M. Saiko, Vestn. agricultural science. Issue 3. 1963. Pp. 68-71.
4. *Zhukov M.S.* Vliyaniye gibberellina na rost, urozhai i tekhnicheskie kachestva konopli [Effect of gibberellin on growth, yield and quality of hemp] / M.S. Zhukov, M.H., Chailakhyan, V.G. Kochankov, M. Sazhko // Gibberellins and their impact on plants. M.: Publish. AN USSR, 1963. Pp. 261-269.
5. *Migal N.D.* Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh i vegetatsionnykh opytov s konopley [Guidelines for the conduct of field and VEGA-tional experiments with hemp] / N.D. Migal [etc.] // Academy of agricultural Sciences. M., 1980. 34 p.
6. *Raushkovsky S.S.* Metody issledovaniy pri selektsii maslenichnykh rasteniy po sodержaniyu masla [Research Methods in breeding oil plants in oil content] / S.S. Raushkovsky // M.: Pishepromizdat, 1959. 46 p.
7. *Rumyantseva L.T.* Izuchenie kollektzii konopli [The study of the collection of cannabis] / T.L. Rumyantseva, M.G. Dudnik // VNIIR, 1989. 20 p.
8. *Soldatov S.A.* Vliyaniye selenata natriya na fitogormonal'nyy status i proyavlenie pola u dvudomykh rasteniy konopli [Effect of sodium selenate on fitogormony status and the manifestation

of sex in dioecious plants of hemp] / S.A. Soldatov, V.N. Khryanin // Reports of Russian Academy of agricultural Sciences. Issue 2. 2006. Pp. 13-16.

9. *Soroka V.P.* Embriologicheskie issledovaniya prevrashcheniya muzhskikh tsvetkov v zhenskies u odnodomnoy konopli [Embryological studies of the transformation of male flowers into the female from monoecious hemp] / P.V. Soroka, N.D. Migal // V all-Union conference on embryology of plants. Chisinau, «Stiintsas», 1971. Pp. 169-171.

10. *Sorokin V.I.* Opredelenie vida narkoticheskikh sredstv, poluchaemykh iz konopli i maka [Determining the type of drugs derived from cannabis and poppy: Methodical recommendations] / V.I. Sorokin [and others]. Under the editorship of Dr. Med. Sciences, Professor E.A. Babayan. M.: ECC Ministry of internal Affairs of Russia, Federal center of forensic expertise of United Russia, 1995. 24 p.

11. *Stepanov G.S.* K voprosu sozdaniya odnopoloy formy konopli [The question of creating same-sex forms of cannabis] / G.S. Stepanov // Biology, cultivation and primary processing of hemp and ambary: Tr. Institute of bast crops. Vol. 37. Glukhov, 1975. Pp. 56-60.

12. *Khryanin V.N.* Vliyanie regulatora rosta na urozhay i tekhnologicheskie kachestva konopli [The influence of growth regulator on yield and technological quality of cannabis] / V.N. Khryanin // Flax and hemp. Issue 6. 1965. Pp. 33-34.

**Серков Валериан Александрович** – д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник ФГБНУ Пензенский НИИСХ ФАНО (442731, Пензенская область, р.п. Лунино, ул. Мичурина, 1б; e-mail: valerian\_serkov@mail.ru).

**Хрянин Виктор Николаевич** – д. биол. н., профессор ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет (440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40; e-mail: viktor.khryanin@gmail.com).

**Климова Людмила Владимировна** – научный сотрудник ФГБНУ Пензенский НИИСХ ФАНО (442731, Пензенская область, р.п. Лунино, ул. Мичурина, 1б; e-mail: klimova-luyda@yandex.ru).

**Serkov Valerian Aleksandrovich** – doctor of agricultural Sciences, leading research worker, Federal State Budget Scientific Institution Penza Agricultural Research Institute (442731, Penza region, Lunino, Michurina str., 1B. e-mail: valerian\_serkov@mail.ru).

**Khryanin Victor Nicolaevich** – doctor of biological Sciences, professor, Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Penza State University (440026, Penza, Red street 40. e-mail: viktor.khryanin@gmail.com).

**Klimova Ludmila Vladimirovna** – research worker, Federal State Budget Scientific Institution Penza Agricultural Research Institute (442731, Penza region, Lunino, Michurina str., 1B. klimova-luyda@yandex.ru).