

7. Floors, R. R., Nahmann, A. N., & Pena Diaz, A. (2018). Evaluating Mesoscale Simulations of the Coastal Flow Using Lidar Measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(5), 2718-2736. <https://doi.org/10.1002/2017JD027504>.

8. Шарый П.А., Пинский Д.Л. Статистическая оценка связи пространственной изменчивости содержания органического углерода в серой лесной почве с плотностью, концентрацией металлов и рельефом // Почвоведение. – 2013. – № 11. – С. 1344–1356.

9. Шарый П.А., Рухович О.В., Шарая Л.С. Предсказательное моделирование характеристик урожая озимой пшеницы // Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2012. – С. 310-326.

10. Рухович О.В., Шарая Л.С., Шарый П.А., Романенков В.А. Прогнозирование урожая озимой пшеницы в агроландшафтах методами геоморфометрии // Плодородие. – 2009. – № 5. – С. 22-24.

11. Шарый П.А., Шарая Л.С., Рухович О.В. Методы прогноза урожайности озимой пшеницы в бассейне р. Оки с использованием рельефа, климата и почв // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Т. 3. Мониторинг и моделирование ландшафтов/ Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева, Л. Мюллера. – М.: Изд-во ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2018. Гл. 3/69. – С. 328-333.

12. Шкуркин С.И., Рухович О.В., Рухович Г.Д. Программа ЭВМ "Расчет влияния природно-климатических факторов на урожайность с.-х. культур". Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021618680, 31.05.2021. Заявка № 2021617975 от 25.05.2021.

13. Иванов Д.А., Рубцова Н.Е. Адаптивные реакции сельскохозяйственных растений на ландшафтные условия Нечерноземья. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2007. – 356 с.

14. Рухович О.В., Романенков В.А., Ермаков А.А. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от условий агроландшафта // Плодородие. – 2014. – № 3. – С.12-14.

SPATIAL AND TEMPORAL MODELING OF LANDSCAPE-CONDITIONED AND REALLY POSSIBLE YIELDS FOR AGRICULTURAL CROPS OF THE TVER REGION

O.V. Rukhovich, Ph.D., Doctor of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Agrochemistry, E-mail o_ruhovich@mail.ru, M.V. Belichenko Ph.D., All-Russian Research Institute of Agrochemistry, V.A. Romanenkov, Ph.D., Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agrochemistry, Lomonosov Moscow State University

Based on the scientific methodology and methodology developed at the Federal State Budgetary Research Institute of Agrochemistry, a quantitative assessment of the yield of the main crops grown in the Tver region was carried out. The results of spatially explicit (i.e. expressed by maps) modeling are presented, which showed that the microclimatic features of the territory are important for the yield of agricultural crops. When using the characteristics of the relief and climate, from 64 to 83% of the spatial variability of the maximum increase in the yield of five crops obtained when applying the optimal dose of fertilizers was explained by these predictors. Keywords: Tver region, yield, winter rye, oats, barley, potatoes, perennial grasses, spatially explicit modeling, multiple regression, climate, relief, really possible yield.

УДК 631.811.98

DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.10

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА КЛАССА ЦИТОКИНИНОВ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

О.А. Шаповал, д.с.-х.н., И.П. Можарова, к.с.-х.н., А.А. Коршунов, к.с.-х.н., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» имени Д.Н. Прянишникова 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31А, e-mail: elgen@mail.ru

Представлены результаты полевых испытаний регуляторов роста растений: препарата класса цитокининов на примере яблони и многокомпонентного препарата на основе ауксина, гиббереллина и цитокинина на примере кукурузы. На культуре яблони в Московской и Тамбовской областях по комплексу показателей получены лучшие результаты при применении 6-бензиладенина в дозах 1,5- 3,0 л/га. Установлено положительное действие препарата, проявляющееся в увеличении генеративной и вегетативной продуктивности растений. Повышение урожайности колебалось в зависимости от зоны исследований от 50-70% в Московской области до 20-34% в Тамбовской области. На кукурузе в условиях Краснодарского края при применении комбинированного препарата (6-фурфуриламинопурин + гиббереллиновая кислота АЗ + 4 (индол-Зил) масляная кислота) установлен синергический эффект, способствующий не только усилению вегетативного роста растений, но и плодообразованию. Препарат в дозе 0,35 л/га повысил урожай кукурузы в початках на 10,3 % и зерна – на 16,4 %, при урожайности на контроле – 80,8 и 61,7 ц/га соответственно.

Ключевые слова: яблоня, кукуруза, цитокинины, гиббереллины, регуляторы роста, вегетативный рост, плодообразование, урожайность.

Для цитирования: Шаповал О.А., Можарова И.П., Коршунов А.А. Эффективность применения синтетических регуляторов роста класса цитокининов на сельскохозяйственных культурах // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 38-42. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.10.

Использование регуляторов роста растений возможно на всех этапах сельскохозяйственного производства – от протравливания семян до обработок растений в конце вегетации для повышения сохранности продукции или посевного/посадочного материала, при закладке на длительное хранение, то есть от развития зародыша из оплодотворенной яйцеклетки до окончания жизненного

цикла растений. Это обусловлено тем, что все этапы онтогенеза сопровождаются регулированием природными фитогормонами. Поиск веществ с физиологической активностью привели к открытию большого числа регуляторов роста растений и гербицидов. Большинство синтетических регуляторов либо является физиологическими

аналогами эндогенных фитогормонов, либо действует путем изменения гормонального статуса растений [1].

Поэтому эти синтезированные вещества оказывают существенное влияние на ростовые, физиологические и формообразовательные процессы, происходящие в растениях [2]. Среди востребованных регуляторов роста растений в последнее время ведущее место занимали синтетические полифункциональные препараты, обладающие разнообразным воздействием на растения: от повышения всхожести семян до иммуномодулирования и воздействия на фотосинтетический аппарат растения. Главным критерием эффективности были повышение продуктивности растений, снижение стрессовых факторов. Но с некоторых пор наблюдается повышение интереса к специализированным препаратам – аналогам фитогормонов, с более функциональным влиянием на растения. Особенно этот процесс преобладает в садоводстве и декоративном растениеводстве, где важную роль играют не только количественные факторы, но зачастую преобладают качественные показатели: стимуляция размножения и цветения, регулирование количества плодов и цветков на растении, стеблевое черенкование, которым размножают многие плодовые и декоративные культуры, изменения интенсивности окраски, получение более качественного посадочного материала.

Одними из таких специализированных фитогормонов являются цитокинины. Важнейшим эффектом цитокининов, благодаря которому эти фитогормоны и были найдены, является стимуляция деления клеток [3]. В 1954-1956 г. было обнаружено, что кокосовое молоко содержит ингредиент ускоряющий этот процесс. Новый тип фитогормонов был выделен в кристаллическом виде, а активным веществом оказался 6-фурфуриламинопурин. Химическая структура цитокининов представляет преимущественно производные аденина, у которых в шестом положении пуринового кольца имеется ароматическая боковая цепь.

Впоследствии были синтезированы его химические аналоги, обладающие такой же или даже более высокой биологической активностью. Все эти вещества объединены под общим названием цитокинины. Помимо цитокининов – производных аденина, цитокининовая активность была обнаружена у синтетических производных фенилмочевины (11): N-фенил-N(1,2,3-тиадиазол-5-ил) мочевины (тиадиазурон); N-фенил-N-(2-хлор-4-пиридил) мочевины (4PU-30) [4].

Цитокинины полифункциональны в своем действии и им принадлежит ключевая роль в регуляции жизнедеятельности растений на протяжении всего онтогенеза [1]. Больше всего цитокининов обнаружено в зонах активного деления клеток, особенно в плодах и семенах. Оказалось, что фитогормоны играют важную роль в метаболизме нуклеиновых кислот, а также в синтезе РНК [5]. Установлено, что характер действия этих гормонов сильно зависит от их концентрации [6].

Интересной особенностью цитокининов является множественность их изоформ. О важности цитокининовой системы регуляции свидетельствует большое число генов (более сотни), участвующих в функционировании системы передачи цитокининового сигнала у растений [6, 7].

Открытием последних лет стала информация о необходимости цитокининов для запуска процесса образования симбиотических клубеньков [8, 9] у растений, способных к симбиозу с азотфиксирующими бактериями. Это открывает новые горизонты использования фитогормона.

Важно подчеркнуть, что цитокинины и их синтетические аналоги – это классические фитогормоны, они представляют собой важнейший класс гормонов-стимуляторов, способствующих активному метаболизму и росту растений. Их используют для формирования кроны саженцев, смещения пола овощных культур (огурца) в женскую сторону, задержки старения срезанных цветов и овощей, прерывания покоя семян [10-12], для повышения устойчивости растений к различным абиотическим стрессам, в частности к засухе. Это делает возможным их широкое применение при аридном земледелии в зоне неустойчивого выращивания сельскохозяйственных культур.

Изучение механизма действия фитогормонов, определение их оптимальных доз и сочетаний для каждой конкретной культуры имеют важное значение. На процессы метаболизма фитогормонов в растении часто влияют разнообразные факторы: этап развития, восприимчивость тканей к действию регулятора, вид растения, его физиологические особенности [13].

В настоящее время для использования в сельскохозяйственном производстве разрешено более 10 препаратов для стимуляции активизации спящих почек у цветов, стимуляции цветения и размножения, усиления ростовых процессов.

В представленной статье приведены данные регистрационных испытаний препаратов из класса синтетических цитокининов на яблоне и кукурузе.

Цель исследований – определить эффективность применения синтетических регуляторов роста класса цитокининов на сельскохозяйственных культурах.

Методика. Последние успешные исследования в области использования специализированных фитогормонов определили повышенный интерес к регуляторам роста растений с цитокининовой активностью. Начиная с 2017 г. зарегистрировано сразу несколько препаратов в составе которых были как «классические» однокомпонентные действующие вещества, так и многокомпонентные, содержащие от 2 до 3 действующих веществ. Исследования с препаратом, действующим веществом которого был 6-бензиладенин [торговое наименование Глобарилл, компания Глобакем НВ (Бельгия)], на яблоне в Тамбовской и Московской областях проводили в 2017-2019 г.

В Тамбовской области исследования проводили на яблоне сорта Жигулевское. Сад яблони посадки 2010 г., схема посадки – 3,0 × 1,5 м. Почва опытного участка – чернозем средней мощности тяжелосуглинистый средневывщелоченный на лессовидном суглинке. Почва содержит 4-6% гумуса, имеет большую насыщенность основаниями (70-90%). Глубина гумусового горизонта составляет в среднем 50-60 см. Реакция почвенной среды слабокислая (рН_{KCl}5,7). Содержание легкогидролизуемого азота составляет 186,7 мг/кг по Тюрину и Кононовой, подвижного фосфора – 178,7 мг/кг почвы и обменного калия – 171,0 мг/кг по Чирикову в модификации ЦИНАО. Погодные условия вегетационного сезона 2017-2019 г. были достаточно сложными для растений и значительно отличались от среднесезонных значений.

В Московской области исследования проводили на яблоне сорта Спартан. Почва опытного участка – окультуренная дерново-подзолистая среднесуглинистая на покровных суглинках. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 1,5-1,8%, подвижного фосфора 68 мг/100 г почвы, подвижного

калия 28 мг/100 г почвы. Содержание щелочногидролизуемого азота 9,28 мг/100 г почвы, сумма поглощённых оснований – 14,0 мг-экв/100 г почвы. Реакция почвенной среды близкая к нейтральной (рН_{KCl} 6,8).

Метеорологические условия за период проведения исследований характеризовались пониженной обеспеченностью теплом и повышенным количеством осадков в апреле-мае 2017 г. Существенных погодных отклонений в период апрель-август 2018 г. и 2019 г. не наблюдалось. Опыт проводили в интенсивном яблоневом саду на клоновых подвоях. Год посадки сада 2001 г. Схема посадки – 4,5 x 2,0 м. Агротехника общепринятая по технологии промышленного возделывания яблони.

Схема опыта: 1. Контроль – без обработки; 2. 6-бензиладенин. Опрыскивание растений в фазе плод «лещина» (диаметр плода 12-14 мм), расход препарата – 1,0 л/га, расход рабочего раствора – 1000 л/га. 3. 6-бензиладенин. Опрыскивание растений в фазе плод «лещина» (диаметр плода 12-14 мм), расход препарата – 1,5 л/га, расход рабочего раствора – 1000 л/га. 4. 6-бензиладенин. Опрыскивание растений в фазе плод «лещина» (диаметр плода 12-14 мм), расход препарата – 3,0 л/га, расход рабочего раствора – 1000 л/га. Повторность в опыте – четырехкратная.

Исследования с многокомпонентным регулятором роста [0,09 г/л 6-фурфуриламинопурина + 0,05 г/л гиббереллиновой кислоты А₃ + 0,05 г/л 4 (индол-3ил) масляной кислоты] (далее по тексту 0,09 г/л К + 0,05 г/л ГБ + 0,05 г/л ИМК) торговое наименование Стимулэйт, Ж, компания Столлер Интерпрайсис, Инк. (США) проводили на кукурузе – гибрид Краснодарский 291 АМВ, в условиях Краснодарского края. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 3,3%. Реакция почвенной среды от слабокислой до нейтральной. Запасы гумуса в пахотном слое 120-195 т/га. Содержание нитратного азота 15-30 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 50-100, обменного калия – 200-300 мг/кг. Погодные условия в период вегетации кукурузы 2019 – 2020 г. отличались от средних многолетних. Более высокая температура и длительная засуха отрицательно сказались на росте исследуемой культуры и ее урожайности.

Схема опыта: 1. Контроль – без обработки; 2. 0,09 г/л К + 0,05 г/л ГБ + 0,05 г/л ИМК. Опрыскивание растений: 1-е в фазе 3-5 листьев, 2-е – в фазе 7-9 листьев, расход препарата – 0,25 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га; 3. 0,09 г/л К + 0,05 г/л ГБ + 0,05 г/л ИМК. Опрыскивание растений: 1-е в фазе 3-5 листьев, 2-е – в фазе 7-9 листьев, расход препарата – 0,35 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га; 4. 0,09 г/л К + 0,05 г/л ГБ + 0,05 г/л ИМК. Опрыскивание растений: 1-е в фазе 3-5 листьев, 2-е – в фазе 7-9 листьев, расход препарата – 0,50 л/га, расход рабочего раствора – 300 л/га. Учетная площадь деланки – 25 м², повторность – четырехкратная.

Результаты и их обсуждение. Последние исследования показывают, что цитокинины способствуют не только делению клеток, но также их растяжению [3]. Для плодового эта способность, наряду с ауксинами, формировать фенотип растения является в ряде случаев определяющей для повышения продуктивности сада. Этот процесс происходит путем стимулирования роста боковых побегов, активизации спящих почек у цветков, стимуляции цветения и размножения. У многих растений цитокинины задерживают старение листьев, как на отдельных, так и на интактных растениях. Все эти

факторы определяют основное промышленное применение цитокининов [13].

Проведенные исследования на яблоне в Московской и Тамбовской областях показали высокую эффективность препаратов с цитокининовой активностью, подтверждающие основные вышеперечисленные свойства фитогормона.

Наблюдения за биометрическими измерениями на культуре яблони в Московской области выявили, что обработки препаратом 6-бензиладенин повлияли на длину однолетнего прироста яблони: данный показатель в этих вариантах по сравнению с контролем увеличился с 7,7 до 16,9 см. Суммарный прирост длины в среднем на 1 дерево составил 412,8-548,3 см, при 348,2 см в контрольном варианте. Максимальный прирост – 57%, по сравнению с контролем, отмечен в варианте с использованием дозы препарата 3,0 л/га.

Важным показателем при оценке препарата является завязываемость плодов яблони, которая в дальнейшем определяет урожайность. При оценке влияния обработок препаратом 6-бензиладенин на растения яблони отмечено повышение данного показателя в обработанных вариантах и он варьировал в среднем за 3 года от 5,2 до 6,5% при 4,4% в контрольном варианте (табл. 1). При использовании испытуемого препарата в дозе 3,0 л/га завязываемость плодов была выше, чем в контрольном варианте на 32%.

1. Влияние обработок 6-бензиладенином на урожайность плодов яблони сорта Жигулевское (в среднем за 2017-2019 г.)

Вариант опыта	Суммарный прирост, см	Завязываемость, %	Средняя масса плода, г	Урожайность, ц/га	Нестандарт, %
Контроль (б/о)	348,2	4,4	185	146,6	33,0
6-бензиладенин: 1,0 л/га	412,8	5,2	198	225,5	12,0
1,5 л/га	442,4	5,6	208	231,1	11,0
3,0 л/га	548,3	6,5	205	222,2	11,0
НСР ₀₉₅	2,0		12,5	6,9	-

Обработки препаратом с цитокининовой активностью повлияли на размер средней массы плода яблони в среднем на 8-10% в зависимости от варианта опыта. Самый высокий показатель отмечался в варианте с применением препарата в дозе 1,5 л/га и составил 208 г при 185 г на контроле.

Самым важным показателем оценки эффективности препарата попрежнему является оценка его влияния на урожайность культуры. Во всех вариантах применение 6-бензиладенина обеспечило повышение урожая в среднем на 1 растение яблони по сравнению с контролем от 3,4 до 4,9 кг/дерево. Это обеспечило увеличение урожайности в вариантах опыта на 54-65%. Отмечалось повышение количества плодов первого сорта яблони на 30-40% больше по сравнению с контролем стандартных плодов.

Такая же тенденция наблюдалась в опытах, которые проводились в Тамбовской области в других погодных условиях.

Биометрические наблюдения показали, что обработки препаратом в дозах 1,0, 1,5 и 3,0 л/га обеспечили увеличение средней массы плода, соответственно, на 7,7; 23,0 и 30,0% (табл. 2). В то же время повысилась завязываемость плодов с 12,8% в контрольном варианте до 14,3% в варианте с использованием препарата в дозе 3,0 л/га (или на 11%). Наблюдалось увеличение суммарной

длины однолетнего прироста на 10,7% в этом варианте. Повышение продуктивности яблони в данном опыте обеспечило повышение урожайности по вариантам опыта.

2. Влияние 6-бензиладенина на урожайность яблони сорта Спарган (в среднем за 2017-2019 г.)

Вариант опыта	Завязываемость, %	Средняя масса плода, кг	Урожайность, ц/га	Прибавка урожайности	
				ц/га	%
Контроль (б/о)	12,8	65	88,5	-	-
6-бензиладенин:					
1,0 л/га	16,3	70	94,8	6,3	7,1
1,5 л/га	14,0	80	105,4	16,9	19,1
3,0 л/га	14,3	85	119,1	30,6	34,6
НСР ₀₅	3,1	20	16,0		-

В урожае 2018 г. определялось влияние 6-бензиладенина на биохимический состав яблок (табл. 3). Установлена тенденция к повышению суммы сахаров с 9,2 % в контрольном варианте до 10,8% в варианте с обработкой препаратом в дозе 3,0 л/га; сахаро-кислотного индекса с 20,0 до 24,5 соответственно и снижения содержания нитратов на 1%.

3. Влияние 6-бензиладенина на биохимический состав яблок сорта Спарган (2018 г.)

Вариант опыта	Аскорбиновая кислота (витамин С), мг %	Сумма сахаров	Общая кислотность	Сахаро-кислотный индекс	Нитраты, мг/кг
Контроль (б/о)	8,5	9,2	0,46	20,0	36,0
6-бензиладенин: 1,0 л/га	8,3	10,6	0,52	20,4	34,3
1,5 л/га	7,1	11,1	0,48	23,1	35,3
3,0 л/га	6,5	10,8	0,44	24,5	35,0

Многолетние исследования механизма действия показали, что цитокинины осуществляют свое регуляторное действие в неразрывной связи с другими фитогормонами, и это необходимо учитывать как при изучении их физиологической роли, так и при поиске путей их практического использования [1].

Современное направление синтеза новых регуляторов роста постоянно ищет наиболее эффективные формулы комплексного применения цитокининов с другими фитогормонами. Примером такого поиска может служить многокомпонентный регулятор роста растений в состав которого входят 0,09 г/л 6-фурфуриламинопурин + 0,05 г/л гиббереллиновой кислоты А₃ + 0,05 г/л 4 (индол-Зил) масляной кислоты (торговое наименование Стимулэйт, Ж).

Применение в технологии возделывания кукурузы многокомпонентного препарата способствует увеличению ассимиляционной поверхности листьев (26,3-28,9 дм²/растение, на контроле – 22,5 дм²/растение) за счет сохранности к моменту отбора растительных проб большего числа листьев более крупных размеров. Максимальные значения рассматриваемых показателей отмечены при применении препарата в дозе 0,50 л/га. При этом следует отметить, что обработка растений препаратом не только приводит к увеличению листовой поверхности, но и сохраняет жизнеспособность листьев на более длительный срок.

Как показали проведенные исследования, опрыскивание растений кукурузы препаратом обеспечило более интенсивное нарастание надземной биомассы. В результате наблюдалась активизация процесса формирования

главного структурного элемента урожая кукурузы – початка (табл. 4).

4. Влияние многокомпонентного препарата на формирование початка и урожайность кукурузы (в среднем за 2019-2020 г.)

Вариант опыта	Масса початка, г	Число зерен с початка	Масса зерна с початка, г	Масса 1000 зерен, г	Урожайность, ц/га	
					зерна в початках	зерна
Контроль (б/о)	127,72	347,9	97,61	278,8	72,2	57,8
(0,09 г/л К+0,05 г/л ГБ+0,05 г/л ИМК):						
0,25 л/га	144,08	399,8	114,12	287,1	76,6	62,7
0,35 л/га	170,00	442,00	137,07	313,0	79,3	65,6
0,50 л/га	162,86	426,4	125,98	298,2	79,2	64,4
НСР ₀₅	7,11	19,4	5,63	13,9	4,0	3,1

В опытных вариантах формировались более крупные по размерам и массе початки (диаметр – 4,3-4,5 см, на контроле – 4,0 см; длина – 18,1-19,3 см, на контроле – 17,3 см, более озерненные. Формирование в опытных вариантах большего числа и более крупных и выполненных зерен обусловило существенное повышение массы зерна с початка (см. табл. 4). Максимальные абсолютные значения рассматриваемых показателей отмечены при опрыскивании растений кукурузы многокомпонентным препаратом двукратно (1-е в фазе 3-5 листьев, 2-е – в фазе 7-9 листьев) в дозе 0,35 л/га.

Применение в технологии возделывания кукурузы многокомпонентного препарата привело к увеличению урожая зерна в початках и зерна (без початка). Максимальная прибавка урожая кукурузы в початках (11,4 %) и в зерне (13,7 %) получена в варианте с применением препарата в дозе 0,35 л/га (расход рабочего раствора – 300 л/га).

Заключение. Основное промышленное применение цитокининов в настоящее время – это продление срока хранения свежих листовых овощей, прерывание покоя семян некоторых растений, активизация спящих почек у цветков, стимуляция цветения и размножения. Серия проведенных регистрационных испытаний подтвердила необходимость дальнейшего широкого применения этих препаратов в сельскохозяйственном производстве.

Как в Московской, так и в Тамбовской областях по комплексу показателей лучшие результаты получены в варианте с применением 6-бензиладенина в дозах 1,5-3,0 л/га. При оценке влияния выявлено положительное действие препарата, проявляющееся в увеличении генеративной и вегетативной продуктивности растений. Наблюдались увеличение длины однолетнего прироста в обработанных вариантах на растениях, завязываемости плодов яблони, повышение урожая с дерева на растениях яблони. Лучший результат (повышение урожайности на 6,1 кг/дер.) получен в варианте с применением 6-бензиладенина в дозе 3,0 л/га по сравнению с контролем. Повышение урожайности колебалось, в зависимости от зоны исследований, от 50-70% в Московской области и до 20-34% в Тамбовской области.

Несомненный интерес вызывают препараты нового поколения, которые содержат несколько действующих веществ. Испытания комбинированного регулятора роста [0,09 г/л 6-фурфуриламинопурин + 0,05 г/л гиббереллиновой кислоты А₃ + 0,05 г/л 4 (индол-Зил)

масляной кислоты] торговое наименование Стимулэйт, Ж на кукурузе показали, что входящие в состав аналоги фитогормонов (ауксина – индолилмасляная кислота и гиббереллин А₃, цитокинина – 6-фурфуриламинопурина) оказали синергический эффект не только на усиление вегетативного роста растений, но и на плодообразование. Были сформированы более крупные по размеру, озерненности и массе зерна початки. Максимальная прибавка урожая получена при применении препарата в дозе 0,35 л/га и составила, соответственно, 10,3 % в початках и 16,4 % в зерне, при урожайности на контроле 72,2 и 57,8 ц/га.

Основной вывод, сделанный испытателями: регуляторы роста растений могут быть использованы для некорневой обработки растений яблони и кукурузы при промышленном возделывании культур с целью повышения урожайности.

Литература

1. Г.С. Муромцев. Регуляторы роста растений. – М.: Колос, 1979. – 86 с.
2. О.Г. Синяшин, О.А. Шаповал, М.М. Шулаева // «Иновационные регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве» // Плодородие, 2016. – № 5. – С. 38-42.
3. Г.А. Романов // Как цитокинины действуют на клетку // Физиология растений. – 2009. – Т. №2. – С. 295-319.

4. Д.Тейлор, Н. Грин, У.Стаут. Биология том. 2, Москва, «МИР» 2010 стр.255-270.
5. А.М.Альбаев, К.А.Сомов. Цитокинидаза – ключевой фермент деградации цитокининов // Биохимия. – 2012. – Т. – 77. – Вып. 12. – С.1621-1630.
6. М.Н.Данилова, А.С.Дорошенко и др. Взаиморегуляция сигнальных путей цитокинина и ауксина в контроле естественного старения листьев // Физиология растений. – 2020. – Т. 67. – №6. – С.616-624.
7. Ф.М.Шакирова, Д.Р.Масленникова и др. Сравнительный анализ физиологического действия метилжасмоната и цитокинина на растения пшеницы // Агрехимия. – 2013. – №2. – С 49-55.
8. Е.А.Некрасова // Действие цитокинина на развитие листового аппарата растений кукурузы (*Zea Mays L.*) (ресурс из интернета)
9. А.М.Альбаев, А.М., Юлдашев Р.А. и др. Сравнительный анализ действия 24-эпибрассинолида и цитокинина 6-бензиламинопурина на проростки пшеницы // Биологически активные вещества – изучение и использование. Материалы международной научной конференции (29-31 мая 2013 г.) – С.232-233.
10. Е.В.Мартыненко, Т.Н.Архипова // Роль цитокининов в восстановлении роста растений пшеницы при нормализации водообеспечения // Агрехимия. – 2010. – №8. – С 35-42.
11. Д.С.Веселов, Г.Р. Кудоярова и др. Роль цитокининов в стресс-устойчивости растений // Физиология растений. – 2017. – Т 64. – № 1. – С 19-32.
12. А.С.Лукашкин, Н.В. Грачева и др. Цитокинин-подобные препараты ослабляют повреждения растений кукурузы ионами цинка и никеля // Физиология растений. – 2007. – Т. 54. – № 3. – С. 432-439.
13. Н.Д.Симашевский, Л.П.Ионова Влияние фитогормонов гибберелловой кислоты, цитокинина и их сочетания на физиологические процессы растений кукурузы и сои // Естественные науки (Natural Sciences). Экология – 2017. – № 3.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF SYNTHETIC GROWTH REGULATORS OF THE CYTOKININ CLASS ON AGRICULTURAL CROPS

O.A. Shapoval, I.P.Mozharova, Korshunov A.A.

D.N. Pryanishnikov Research Institute of Agrochemistry, 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 31A, e-mail: elgen@mail.ru

The results of field tests of plant growth regulators are presented: a cytokinin class drug on the example of an apple tree and a multicomponent drug based on auxin, gibberellin and cytokinin on the example of corn. On the apple tree culture in the Moscow and Tambov regions, according to a set of indicators, the best results were obtained with the use of 6-benzyladenine in doses of 1.5- 3.0 l/ha. The positive effect of the drug has been established, manifested in an increase in the generative and vegetative productivity of plants. The increase in yield varied depending on the research area from 50-70% – in the Moscow region and up to 20-34% in the Tambov region. On corn, in the conditions of the Krasnodar Territory, when using a combined preparation (6-furfurylamino-purine + gibberellin acid A₃ + 4 (indole-3yl) butyric acid), a synergistic effect was established, contributing not only to the strengthening of vegetative plant growth, but also to fruit formation. The drug in a dose of 0.35 l/ha increased the yield of corn on the cob by 10.3 %.

Keywords: apple tree, corn, cytokinins, gibberellins, growth regulators, vegetative growth, fruit formation, yield.

УДК 633:57.045

DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.11

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В КРИТИЧЕСКИЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ

Л.В. Осипова, Т.Л. Курносова, И.А. Быковская,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)

127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31А

E-mail: legos4@yandex.ru

Вегетационный опыт с яровой пшеницей сорта Тризо был проведен в условиях разной обеспеченности растений минеральным питанием. Определено, что в критический период развития в условиях повышенного уровня питания происходило изменение физиолого-биохимических параметров в растениях пшеницы: повышался уровень свободно-радикального окисления и увеличивался выход электролитов из клеток, что совпадало с повышенным содержанием хлорофилла *b* и каротиноидов в этот период и увеличением плотности листьев, вследствие чего повышались реализация продуктивных элементов и масса зерна яровой пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница, малоновый диальдегид, хлорофилл *a* и *b*, каротиноиды, экзоосмос электролитов, удельная поверхностная площадь листа, продуктивность.

Для цитирования: Осипова Л.В., Курносова Т.Л., Быковская И.А. Влияние минерального питания на физиолого-биохимические параметры яровой пшеницы в критический период развития // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 42-46. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.11.