

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ



**О.Г. Синяшин, акад. РАН;
О.А. Шаповал, д.с.-х.н., ВНИИА;**

**М.М. Шулаева, к.х.н.,
Институт органической и
физической химии КазНЦ РАН**



Эффективность сельскохозяйственного производства сегодня в значительной мере определяется степенью использования достижений научно-технического прогресса. Основой его является научно-исследовательская и инновационная деятельность, направленная на получение, распространение и использование новых знаний и технических решений в сельском хозяйстве (Ефремов, 2014).

Среди всех инновационных достижений в сельском хозяйстве этим критериям больше всего удовлетворяют регуляторы роста растений. Созданные на основе передовых научных достижений в химии, биологии, физиологии растений, биохимии, знаний о росте и развитии растений регуляторы роста растений обладают широким спектром физиологической активности, безопасным для человека и окружающей среды. Низкие нормы расхода и возможность управления процессами роста и развития растений определяют перспективность более широкого применения регуляторов роста в сельскохозяйственном производстве. Регуляторы роста растений должны пользоваться не меньшим спросом, чем минеральные удобрения или средства защиты растений: они оказывают существенное влияние на ростовые, физиологические и формообразовательные процессы, происходящие в растениях. Их применение способствует предотвращению полегания зерновых культур и стекания зерна, ускорению созревания, улучшению завязываемости плодов, облегчению механизированной уборки урожая, повышению засухо- и морозоустойчивости, улучшению вегетативного размножения, повышению неспецифического иммунитета (иммунокоррекция) растений, урожайности и качества выращиваемой продукции, снижению в полученной продукции содержания нитратов, радионуклидов и повышению сохранности продукции.

В последние годы производство регуляторов роста растений переживает настоящий бум. Важные факторы, которые дали дополнительный толчок к резкому росту рынка биостимуляторов – их органическое происхождение и экологичность. Поэтому в странах Европы, Юго-Восточной Азии и Америки основные составляющие этого рынка – синтетические регуляторы роста растений, препараты на основе гуминовых кислот, фульвокислот, аминокислот и экстракты на основе морских водорослей и растений с выраженными иммуномодуляторными свойствами.

Российская наука всегда была на передовых позициях в изучении природы, механизмов действия регуляторов роста растений, а также в синтезе новых, инновационных препаратов.

Большая роль в изучении механизмов действия природных и синтетических регуляторов роста растений принадлежит Н.А. Максимова, М.Х. Чайлахяну, Г.С. Муромцеву, О.Н. Кулаевой, Ю.В. Ракину, Р.Х. Турецкой, В.И. Кефели, В.Ф. Верзилову, Н.Н. Мельникову, Ю.А. Баскакову, Метлицкий Л.В., Озерецковской О.Л., Прусаковой Л.Д., Вакуленко В.В. и многим другим ученым.

Среди применяемых в сельскохозяйственном производстве регуляторов роста большую роль играют препараты с комплексным воздействием, которые в ряде случаев превосходят эффективность природных гормонов или их синтетических аналогов, соединяя в себе свойства различных фитогормонов, при их использовании в определенные фазы развития культуры. Так, препараты на основе тритерпеновых кислот, используемые для обработки семян, в большей степени проявляют свойства ауксинов, а в фазе цветения – начала образования плодов – гиббереллинов, или 2-метил-4-диметиламинометилбензимидазол-5-ол - дигидрохлорид при обработке семян проявляет свойства цитокининов, а в дальнейшем – ауксинов. В ряде случаев разные свойства действующего вещества проявляются одновременно, обеспечивая его максимальный эффект (Шаповал и др., 2009 г.).

В группу регуляторов роста, обладающих комплексным воздействием на растения входят: 1-хлорметилсилатран, 2-(1,3-диоксоланин-2) фуран, 2-метил-4-диметиламинометилбензимидазол-5-ол-дигидрохлорид, 2-оксо-2,5-дигидрофуран, 5-этил-5-гидроксиметил-2(фурил-2)-1,3 диоксан, α -аминоглутаровая и α -аминоуксусная кислота, аммоний диметилфосфорнокислый, арахидоновая кислота, ацетиленовый спирт, гидроксикоричная кислота, дигидрокверцетин, соли гуминовых кислот, меламина соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты, ортокрезоксикусусной кислоты триэтаноламмониевая соль, поли-бета-гидроксимасляная кислота, тритерпеновые кислоты, этан-1,2-дикарбоновая кислота, а также продукты жизнедеятельности *Acremonium lichenicola*, *Cylindrocarpum mag-*

nusianum, *Pseudomonas aureofaciens*, *Pseudomonas fluorescens* и др. (Шаповал, Можарова, Барчукова и др., 2015).

Исследованиями последних лет установлено, что некоторые регуляторы роста вызывают не стимуляцию процесса, а его индукцию, которая не наблюдается при их отсутствии. В результате происходит экспрессия соответствующих генов, сопровождающаяся появлением новых ферментных белков. В большей степени это свойственно регуляторам роста нового поколения – арахидоновой кислоте, олигосахаридам, эписинтенолиду, силатранам и др. Под действием таких препаратов на кривой «доза-эффект» может наблюдаться несколько максимумов, что обуславливается различными механизмами их действия. В работах О.Л. Озерецковской развивается представление об индуцированной устойчивости растений под действием элиситоров, в результате которой изменяется не геном растений, а его функционирование на уровне генов (Метлицкий, Озерецковская, 1985).

Технология использования тех или иных элиситоров, интермедиантов сигнальных систем и стрессовых фитогормонов по отдельности или в сочетании должна быть разработана применительно к конкретным видам и сортам растений (Озерецковская, Васюкова, 2002), а иначе можно получить результат, противоположный ожидаемому.

Большой интерес для создания экологических систем защиты растений представляют биорегуляторы, поскольку они не обладают биоцидным действием, и применение их не отражается на биоценозе. При этом биорегуляторы существенно снижают сферу воздействия пестицида на экосистемы, загрязнение почв и водоемов, а также на обслуживающий персонал.

Действие регуляторов роста в корне отличается от действия удобрений. Регуляторы – не питательные вещества, а факторы управления ростом и развитием растений. Используя удобрения и создавая высокую агротехнику, мы тем самым повышаем эффективность применения синтетических регуляторов роста и улучшаем образование природных ростовых веществ (Шаповал, Можарова, Барчукова и др., 2015).

С 1979 г. ЦИНАО, а затем ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова является головной организацией по проведению регистрационных испытаний для определения биологической эффективности регуляторов роста растений, которая определяет препараты, рекомендуемые для включения их в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

За годы исследований лабораторией испытаний элементов агротехнологий, агрохимикатов и регуляторов роста растений ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова было апробировано более 150 регуляторов роста растений.

В Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации внесено несколько биорегуляторов, повышающих устойчивость растений к болезням, в том числе Агат-25К, Иммуноцитифит, Новосил, Вэрва, Лариксин, Циркон, Бигус, Симбионта, Крезацин, Эпин-Экстра, Экост 1 ГФ, Эмистим и др. – из различных классов химических соединений (Шаповал, Прусакова, Вакуленко, 2008).

Среди регуляторов роста последнего поколения выделяется препарат Мелафен (меламиновая соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты).

В Реестре инновационных продуктов, технологий и услуг, рекомендованных к использованию в Российской Федерации, созданном по инициативе Внешэкономбанка, «Фонда развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий», ОАО «Роснано» и др., значится всего три продукта для сельского хозяйства и один из них – препарат Мелафен.

Мелафен – регулятор роста растений с широким спектром действия, синтезированный к.х.н. Фаттаховым С.Г. в Институте органической и физической химии им. А.Е.Арбузова КазНЦ РАН. Регулирующая активность этого препарата проявляется в сверхнизких концентрациях (до 10^{-8} – $10^{-7}\%$, что соответствует примерно $1 \cdot 10^{-10}$ – 10^{-9} М). Механизм действия препарата в таких сверхмалых концентрациях был исследован в ведущих научных учреждениях: Институте биохимической физики им. Н.М.Эмануэля РАН (Москва), Институте физиологии растений (Москва), Институте биохимии им. А.Н.Баха (Москва), Кубанском ГАУ (Краснодар) и др.

Установлено, что Мелафен оказывает чрезвычайно широкое действие на биохимические процессы клетки, сходное с различными проявлениями действия фитогормонов и АТФ. Препарат интенсифицирует энергетические процессы в клетке, в частности, дыхание и фотосинтез. Убедительно показано, что препарат оказывает мембранотропное действие (изменяет микровязкость липидного слоя мембран), что может вызвать запуск каскада биохимических реакций. Отмечено, что в очень низких концентрациях ($4 \cdot 10^{-12}$ и $2 \cdot 10^{-7}$ М) Мелафен оказывает влияние на энергетику митохондрий растительного и животного происхождения, изменяя физико-химические свойства липидного бислоя мембран. Мелафен увеличивает скорость переноса электронов в дыхательной цепи митохондрий на 20-30%. Было продемонстрировано, что в концентрациях $1 \cdot 10^{-8}$, $1 \cdot 10^{-7}$, $1 \cdot 10^{-6}$ М он вызывает изменение уровня тирозинового фосфорилирования белков, что свидетельствует о его высокой эффективности в регуляции метаболизма клеток растений тирозинкиназной сигнальной системой. В опытах с препаратом Мелафен впервые обнаружено тирозिनное фосфорилирование белков цикла Кальвина – белков фотосинтетической ассимиляции диоксида углерода в хлоропластах. Установлено влияние препарата Мелафен на экспрессию некоторых ядерных генов фотосинтетических белков в условиях стресса, а также то, что он способствует активации тотальной пластидной транскрипции в системе *in vitro*. Бесспорно участие препарата Мелафен в регуляции вторичного метаболизма (Фаттахов, 2000).

Исследования с регулятором роста Мелафен проводились с большим спектром сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических зонах Российской Федерации.

В 2004 г. предпосевная обработка семян яровой пшеницы препаратом Мелафен способствовала повышению полевой всхожести на 8-10%, формированию более густого и продуктивного стеблестоя, увеличению числа колосков в колосе и его озерненности, повышению массы и выполненности зерна. Урожайность культуры благодаря действию препарата возрастала в Кур-

ганской области – на 2,6 ц/га, или на 10,4% и в Рязанской области – на 4,7 ц/га, или на 15,9% при урожайности на контроле 25,0 и 29,6 ц/га соответственно. В зерне повышалось содержание сырой клейковины и улучшалось ее качество. В Ульяновской области урожайность яровой пшеницы (2004-2005 гг.) возрастала в среднем за два года на 3,8-3,95 ц/га, или на 18,2-19,7% (урожайность на контроле 20,0-24,6 ц/га).

В Краснодарском крае в 2006-2008 гг. исследования проводили на культурах пшеницы озимой, риса, кукурузы, подсолнечника, сои (рис.) и сахарной свеклы. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы обес-

печила повышение устойчивости растений к заморозкам и выживаемости растений на 9,2%, увеличение продуктивной кустистости, длины колоса и числа зерен в колосе. Урожайность возросла на 6,9 ц/га (12,8%) при урожайности на контроле – 53,8 ц/га, улучшилось качество зерна за счет повышения натуре – на 17 г/л, массы 1000 зерен – на 1,7 г, стекловидности – на 6,5% и содержания клейковины – на 2,4%. В 2007 и 2008 гг. получены аналогичные результаты. Урожайность зерна повысилась на 4,9 ц/га (16,1%) (контроль – 30,6 ц/га) и на 5,4 ц/га (12,8%) при урожайности на контроле 42,1 ц/га соответственно (Барчукова и др., 2009).



Рис. Применение препарата Мелафен на сое

Применение препарата Мелафен для опрыскивания посевов риса сорта Лиман способствовало активизации ростовых процессов в начале онтогенеза, что позволило растениям быстрее преодолеть слой воды и обеспечить большую густоту стояния, повышению общей и продуктивной кустистости, длины метелки, озерненности колосков, уменьшению количества стерильных колосков. В 2007 г. прибавка урожая зерна составила 9,2 ц/га (15,6%) при урожайности на контроле – 59,1 ц/га. В 2008 г. урожайность зерна повысилась на 6,9 ц/га (13,2%) при урожайности на контроле 52,4 ц/га, улучшились качественные показатели урожая: возросли

масса 1000 зерен – на 1,5 г (контроль – 27,2 г), стекловидность – на 5% (контроль 89%), снизились пленчатость – на 1% (контроль – 18%), трещиноватость – на 2% (контроль – 4%) (табл. 1).

На культуре сои сорта Вилана в условиях Краснодарского края применение препарата Мелафен в 2006 г. оказало положительное воздействие на усиление ростовых и формообразовательных процессов, увеличение числа бобов на растении и семян в бобе, массы бобов и семян. Урожай семян повысился на 3,6 ц/га, или на 19,3% при урожайности на контроле 18,7 ц/га, сбор масла – на 0,1 т/га (на контроле 0,41 т/га).

В 2007 г. отмечены аналогичные результаты (табл. 2). Урожай семян повысился на 2,3 ц/га (16,8%), при урожайности на контроле 13,7 ц/га, сбор масла – на 0,06 т/га (на контроле 0,26 т/га).

На горохе в Ульяновской области в 2004-2005 гг. применение препарата Мелафен повысило урожай-

ность семян на 3,3-4,15 ц/га, или на 16,3-24,6% (урожайность на контроле – 17,2-20,2 ц/га). В Курганской области прибавка урожая составила 2,2-2,5 ц/га при урожайности на контроле 26,2 ц/га (2003).

1. Структура урожая и урожайность риса

Вариант опыта	Кустистость, шт/растение		Озерненность, шт/растение		Масса, г/растение		Урожайность, ц/га	Прибавка		
	общая	продуктивная	общая	в т.ч. стерильных колосков	зерно	солома		ц/га	%	
2007 г.										
Контроль	2,5	2,1	193,4	29,8	4,47	5,93	59,1	-	-	
Мелафен	2,7	2,3	217,7	33,2	4,92	6,01	68,3	9,2	15,6	
НСР ₀₅	0,1	0,1	7,2	1,1	0,16	0,21	3,0			
2008 г.										
Контроль	2,3	1,8	92	11,0	4,48	5,06	52,4	-	-	
Мелафен	2,5	2,0	105	10,3	5,27	5,54	59,3	6,9	13,2	
НСР ₀₅	0,08	0,07	3,4	0,4	0,18	0,19	2,6			

2. Продуктивность сои и сбор масла

Вариант опыта	Количество, шт/растение		Масса, г/растение		Масса 1000 семян, г	Урожайность, ц/га	Прибавка		Содержание масла, %	Сбор масла, т/га
	бобов	семян	бобов	семян			ц/га	%		
2006 г.										
Контроль	35,8	75,1	28,7	12,2	158,0	18,7	-	-	21,7	0,41
Мелафен	38,2	82,6	31,8	14,1	163,9	22,3	3,6	19,3	22,9	0,51
НСР ₀₅	1,3	2,8	1,1	0,5	5,6	1,0				0,02
2007 г.										
Контроль	7,2	19,6	5,15	2,95	141,4	13,7	-	-	18,9	0,26
Мелафен	9,6	27,0	6,21	4,19	161,0	16,0	2,3	16,8	20,3	0,32
НСР ₀₅	0,3	0,8	0,2	0,12	5,3	0,7				

На кукурузе применение препарата повысило урожайность початков на 7,7 ц/га (9,5%) при урожайности на контроле 81,4 ц/га и зерна – на 7,0 ц/га, или на 10,6% (на контроле 65,8 ц/га). В 2007 г. прибавка урожая кукурузы в початках составила 5,9 ц/га (17,9%) при урожайности на контроле 33,0 ц/га и зерна – 5,6 ц/га (19,9%) (на контроле 28,1 ц/га).

Урожайность семян подсолнечника под действием препарата Мелафен повысилась на 1,9 ц/га (11,9%) при урожайности на контроле 15,9 ц/га, сбор масла увеличился на 0,1 т/га. В 2007 г. прибавка урожая семян составила 2,3 ц/га (14,5%) при урожайности на контроле 15,8 ц/га, сбор масла увеличился на 0,12 т/га.

Урожайность сахарной свеклы под действием препарата повысилась на 28,2 ц/га (21,2%) при урожайности на контроле 132,8 ц/га, сбор сахара – на 0,65 т/га (Шаповал, Прусакова, Вакуленко, 2008).

Начиная с 2011 г., с момента выдачи свидетельства о регистрации на пестицид Мелафен, он успешно применяется как регулятор роста растений в различных регионах Российской Федерации, а также в Болгарии на зерновых, зернобобовых, масличных, кормовых, овощных культурах. Во всех случаях отмечена его высокая эффективность при очень низких затратах. Мелафен зарекомендовал себя как дешевый, качественный, универсальный регулятор роста растений для широкого спектра сельскохозяйственных культур.

Проведенные в 2006-2008 гг. испытания на Кубани показали, что, несмотря на сложные климатические условия (засуха), Мелафен во всех случаях способствовал увеличению урожайности.

Культура	Урожайность	Культура	Урожайность
Озимая пшеница	6,9 ц/га (12,8%)	Фасоль	2,9 ц/га (11,0 %)
Озимый ячмень	5,9 ц/га (11,4 %)	Картофель	25,6 ц/га (15,2 %)
Яровой ячмень	5,2 ц/га (20,2%)	Томат	89,5 ц/га (66,2 %)
Рис	10,2 ц/га (20,1 %)	Столовая Свекла	1,4 кг/м ² (35,9 %)
Кукуруза	7 ц/га (10,6 %)	Редис	2,0 кг/м ² (44,4 %)
Подсолнечник	1,9 ц/га(11,9 %)	Соя	3,6 ц/га (19,3 %)

Наряду с увеличением урожайности повышается качество получаемой продукции.

Рис	Соя	Подсолнечник
Снижаются пленчатость (с 18,1 до 16,2 %) и трещиноватость (с 3,0 до 1,0 %), повышается стекловидность (с 84,5 до 90,5 %)	Возрастают содержание масла (с 21,7 до 22,9 %), сбор масла (с 410 до 510 кг/га)	Возрастает сбор масла (с 800 до 900 кг/га)

Для зерновых культур увеличивается содержание в зерне клейковины (на 1-3 абсолютных %) и белка, азота (на 8-11 относительных %) при одновременном снижении содержания нитратов и тяжелых металлов (на 3-8 относительных %), что приводит к получению экологически безопасной продукции.

Мелафен проявляет антистрессовые свойства, повышая устойчивость растений к неблагоприятным факторам (засуха, заморозки).

Примером промышленного использования препарата Мелафен могут служить несколько хозяйств в различных регионах РФ, которые наблюдали увлечение урожайности и качества продукции.

Организация	Культура	Прибавка урожайности
ГК «Доминант» (Тамбовская обл.)	Сахарная свекла (сорт Армин)	+30 ц/га к контролю, сахаристость +2% к контролю
ООО Агрокомплекс «Ак Барс» (Татарстан)	Картофель (сорт Зекура)	+ 62 ц/га к контролю
ГК «АгроТерра» (Тамбовская обл.)	Соя (Сорт Сальса)	+4,6 ц/га к контролю, протейн +2-3% к контролю
ЗАО «РИВАГРО» (Краснодарский край)	Озимая пшеница (сорт Восторг)	+ 6,9 ц/га к контролю, клейковина +2 % к контролю

Литература

1. Барчукова А.Я., Тосунов Я.К., Чернышева Н.В., Фаттахов С.Г., Резник В.С., Коновалов А.И., Шаповал О.А. Эффективность применения регуляторов роста в технологии возделывания озимой пшеницы // Труды Кубанского аграрного университета. Научный журнал.- 2009.- № 4(19).- С. 69-71.
2. Ефремов Е.Н. Оценка инновационных продуктов, технологий и

решений// Материалы докладов участников 8-й конференции «Анапа-2014» /Под ред.акад.РАН В.Г.Сычева.- М.: ВНИИА, 2014. - С. 309-320.

3. Метлицкий Л.В., Озерецковская О.Л. Как растения защищаются от болезней. – М.: Наука, 1985. – 188 с.
4. Озерецковская О.Л., Васюкова Н.И. При использовании элиситоров для защиты сельскохозяйственных растений необходима осторожность/ О.Л. Озерецковская, Н. И. Васюкова// Прикл. биохимия и микробиология. – 2002. – Т.38. – № 3. С. 322-325.
5. Регуляторы роста растений в агротехнологиях основных сельскохозяйственных культур / О.А. Шаповал, И.П. Можарова, А.Я. Барчукова. – М.: ВНИИА, 2015.
6. Фаттахов, С.Г. Меламиновая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты (мелафен) в качестве регулятора роста и развития растений и способ ее получения / С.Г. Фаттахов, Н.Л. Лосева, В.С. Резник и др. // Патент РФ №2158735 от 10.11.2000. г. Москва.
7. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Прусакова Л.Д., Можарова И.П. Регуляторы роста растений в практике сельского хозяйства. - М.: ВНИИА, 2009. – 60 с.
8. Шаповал О.А., Прусакова Л.Д., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений (обзор) // Защита и карантин растений, 2008.

INNOVATIVE PLANT GROWTH REGULATORS IN AGRICULTURAL PRODUCTION

O.G. Sinyashina^a, O.A. Shapoval^a, M.M. Shulaeva^b

^a Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

^b Institute of Organic and Physical Chemistry, Kazan Research Center, Russian Academy of Sciences ul. Lbachevskogo 2/31, Kazan, 420111 Russia