

УДК 631.811

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

*П.В. Смирнов, генеральный директор ООО «Чердаклинская семеноводческая станция», кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: bio-kafedra@yandex.ru*

*Н.В. Смирнова, ст. преподаватель кафедры биологии, химии, ТХППР, e-mail: bio-kafedra@yandex.ru*

*А.Л. Игнатов, доцент, кандидат биологических наук, e-mail: ignatovalecsei@yandex.ru*

*Т.Д. Игнатова, доцент, кандидат биологических наук, e-mail: tatyaignatova@yandex.ru*  
**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

**Ключевые слова:** экологические факторы, регуляторы роста, томаты, защищенный грунт, экологически безопасная продукция.

*Предпосевная обработка семян различными по природе регуляторами роста является экологически безопасным приемом повышения урожайности и качества продукции. Активизация стартовых и продукционных процессов способствует увеличению урожайности. В конечном итоге улучшается качество плодов томатов, их биохимический состав.*

Экологически безопасным приемом повышения качества производимых сельскохозяйственных растений и продукции является применение регуляторов роста, которые можно рассматривать как экологический фактор антропогенного происхождения.

Быстрое увеличение разновидностей регуляторов роста вызывает необходимость детального изучения их влияния на рост, развитие и урожайность плодов томата в условиях закрытого грунта. Наибольшее значение имеет экологическая чистота используемых природных препаратов и синтетических веществ, обладающих высокой физиологической активностью, низкие дозы препаратов при их использовании.

При использовании фиторегуляторов в производстве необходимо учитывать биологические и физиологические особенности возделываемой культуры. Для каждого конкретного вида растений производится подбор оптимальных концентраций препаратов и фазы их применения, а также необходимо изучать механизмов влияния регуляторов роста на основные процессы, протекающие в онтогенезе, и приводящие к фор-

мированию продуктивности растений в целом.

Высокая степень оптимизации водного, теплового, воздушного, светового, почвенного и питательного режима для повышения урожая за счет обычных агротехнических мероприятий затруднено в овощеводстве защищенного грунта, поэтому наиболее значимым является применение регуляторов роста и развития растений. Изменения на физиологическом, гормональном уровне, позволяют до конца раскрыть сортовой потенциал культур и приводят в конечном итоге к повышению урожайности и качества продукции [1,2,3,12,13,14,15,16].

Фитогормоны – соединения, с помощью которых осуществляется взаимодействие клеток, тканей и органов, и которые в малых количествах необходимы для запуска и регуляции физиологических и морфологических программ. Гормоны растений образуются в различных тканях и органах и действуют в очень низких концентрациях порядка  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  моль/л [1].

В настоящее время выделяют пять основных групп фитогормонов: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовую кислоту и этилен.

Гормоны, образующиеся в клетках растения, называют эндогенными, а используемые человеком для обработки растения или его органов – экзогенными [2].

**Ауксины.** Ауксины – фитогормоны преимущественно индольной природы (ИУК). Они обнаружены во всех сосудистых органах растений: в молодых почках, листьях, проводящей системе, цветках, камбии, семенах. Индолилуксусная кислота (ИУК) стимулирует растяжение клеток, которые продуцируются растущими верхушками (апексами) стеблей и корней, и перемещается в зону растяжения клеток. Предполагают, что ауксины локализованы главным образом в мембранах эндоплазматического ретикулума цитоплазмы. Ускоряя деление клеток, усиливая рост стеблей, листьев и корней, ауксин стимулирует образование придаточных корней у черенков и листьев [3,4].

В ряде последних исследований получены результаты, подтверждающие роль ауксина в регуляции покоя и выхода из него. Установлено, что ауксины взаимодействуют с молекулами рецепторов, локализованных в мембране, тонопласте и ЭПР клетки. Многочисленные исследования показали, что формирование проводящих пучков в растении, связанное с образованием ксилемных и флоэмных клеток, регулируется ауксином [3].

**Гиббереллины.** Гиббереллины – это дитерпеноиды; исходным соединением для их синтеза является ацетат.

Удлинение обработанных растений – первый из отмеченных и наиболее очевидный эффект гиббереллина. Цитологическая основа этого явления – ускорение деления клеток, усиление их растяжения или оба эти эффекта вместе. Они способствуют преодолению физиологической и генетической карликовости (например, у гороха и одногенных мутантов кукурузы), индуцируют стрелкование розеточных форм растений, требующих яровизации и световой стадии, прорастание покоящихся семян и образование партенокарпических плодов, цветение фотопериодических чувствительных растений и синтез многих ферментов ( $\alpha$ -амилазы и других во время прорастания семян злаков), приводят к различным изменениям форм органов и др. [1,2,5].

Экзогенный гиббереллин стимулирует рост как травянистых, так и древесных растений, хотя у первых реакция выражена гораздо сильнее.

Установлено, что в прорастающих семенах (зерне) злаков гиббереллины, образующиеся в зародыше, переходят в алейроновый слой и эндосперм, где индуцируют образование тРНК, ответственной за биосинтез  $\alpha$ -амилазы и других гидролитических ферментов. Это приводит к быстрой мобилизации запасных веществ зерна-крахмала путем гидролиза его до сахаров, необходимых для роста формирующегося проростка [5, 6].

Под действием ГК в тканях растений обычно возрастает содержание нуклеиновых кислот, причем уровень РНК нередко повышается прежде, чем ДНК. По-видимому, ГК действует не непосредственно на ядра, а на какой-то цитоплазматический фактор, регулирующий образование РНК.

Гиббереллин усиливает выделение пасоки, что свидетельствует об усилении поглощения воды корнями. В условиях достаточного водоснабжения обработанные гиббереллином растения характеризуются повышенной интенсивностью транспирации.

**Цитокинины.** Цитокинины открыты в 1955 г. Ф. Скугом в результате интенсивной работы с культурой изолированных клеток. Они обнаруживаются в самых различных растительных тканях. Особенно много их в верхушках корней, пасоке, созревающих плодах, опухолевых тканях и прорастающих семенах, в клубнях картофеля.

По химической природе это производные пуринов, синтезируются из мевалоновой кислоты, образуются, главным образом, в кончиках корней, откуда передвигаются вместе с пасокой по сосудам и попадают в листья, другие органы. Японским ученым удалось выделить гены синтеза цитокининов в геноме растения *Arabidopsis thaliana* – изопентилтрансферазы [2,7,8].

Цитокинины (в особенности кинетин и бензиладенин) обладают способностью выводить семена из состояния покоя.

Цитокинины обладают уникальной способностью ослаблять воздействие различных ингибиторов в семенах и других органах у многих видов растений. Наличие антагонизма между цитокининами и ингибиторами доказывает, что цитокинины являются «разрешающими» факторами прорастания, в первую очередь как факторы противодействия ингибиторам.

Под действием экзогенных цитокининов значительно увеличивается активность таких важнейших ферментов, как тираминметил-трансфераза, цитохром- b-оксидаза, глюкозо- b-фосфатдегидрогеназа и фумараза.

Характерное свойство цитокининов состоит в том, что они повышают устойчивость клеток растений к различным неблагоприятным воздействиям, включая пониженные температуры. Механизм защитного действия цитокининов пока неясен. Предполагают, что он проявляется через влияние на мембраны и на генетический аппарат растительных клеток, в частности на синтез так называемых «стрессовых белков», которые важны для адаптации клеток к неблагоприятным воздействиям и для возвращения метаболизма к норме после устранения стресса.

Цитокинины обладают аттрагирующим действием и способствуют мобилизации питательных веществ, благодаря чему они задерживают процессы распада в листьях и их старение [8].

Действие цитокининов на чувствительные к ним объекты сопровождается активацией синтеза белка. Цитокинины оказывают защитный эффект на белоксинтезирующий аппарат клеток, который проявляется в предотвращении его деградаци в условиях воздействия неблагоприятных факторов среды. Эти гормоны также могут играть важную роль в устранении последствий повреждающего действия стрессовых факторов на клеточный метаболизм, проявляющегося в торможении тотального синтеза белка, а именно в репарации аппарата трансляции, в котором немаловажное значение, по-видимому, имеет способность включения цитокининами быстрых, независимых от транскрипции механизмов регуляции сборки полисом из предшествующих рибосом и мРНК [2,7,8].

**Абсцизовая кислота (АБК).** Это соединение терпеноидной природы. АБК была открыта в 1963 г. в результате двух независимых исследований. Содержание абсцизовой кислоты увеличивается в периоды стресса [1].

АБК — один из наиболее активных эндогенных ингибиторов ростовых процессов, поэтому представляется вполне естественным, что ей отводят важную роль в обеспечении состояния покоя, в регуляции процессов старения и опадения органов, в формировании реакций на повреждающие воздействия, в осуществлении коррелятивного ингибирования [9].

АБК оказывает влияние и на фотосинтетическую деятельность растений, вызывая резкое ингибирование фотосинтетического фосфорилирования. Также было установлено, что АБК вызывает изменение в водном обмене (сокращает расходование воды, увеличивает ее поступление), снижает темпы роста. Эти изменения и лежат в основе повышения устойчивости растений к водному дефициту [9].

**Этилен.** Был открыт в 1901 г русским физиологом Д.Н. Нелюбовым. Этилен ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ) — это газ, отличается от других гормонов очень большой летучестью. Этилен синтезируется из метионина. Кроме свободного метионина для синтеза этилена используются пептиды, содержащие метионин, которые накапливаются в стареющих тканях, где идет интенсивный синтез этилена. Гены, контролирующие синтез этилена, клонированы у многих растений. Предполагают, что ферментный комплекс биосинтеза этилена локализован на поверхности мембраны [1,8,10].

Этилен — важный компонент комплекса фитогормонов, регулирующего рост и развитие растений. Хорошо известна его роль в созревании плодов, опадении и многих других процессах, например в ингибировании или стимуляции роста, корнеобразовании, инициации цветения, снятии апикального доминирования, эпинастии листьев [1,10].

Нарастающая гипоксия приводит к усиленному выделению этилена и активации гидролитических ферментов (пектиназы и ксиланазы), деградирующих клеточную стенку в придаточных корнях, что сопровождается изменением характера ростовых процессов.

Механизм действия этилена на молекулярном уровне неясен, хотя установлено, что он обратимо связывается с белком в мембранах эндоплазматического ретикулума и аппарата Гольджи развивающихся семядолей семян и таким образом, включаясь в мРНК, стимулирует синтез ферментов, изменяющих структуру клеточной стенки [1,10].

**Янтарная кислота.** В работах ученых [1,11] показано, что действие ее проявляется при относительно низких концентрациях и непродолжительном контакте с тканью. Наблюдается длительное последствие, приводящее к повышению урожайности, особенно в стрессовых

условиях. Рост урожайности обеспечивается стимуляцией прорастания, ускорением ростовых процессов и увеличением фотосинтетической поверхности, повышением устойчивости к заболеваниям.

Введение в систему янтарной кислоты и ее солей способствует преодолению термодинамических барьеров, активации скорости распада и синтеза необходимых компонентов соответствующего строения и последовательности. Таким образом, естественные фитогормоны играют большую роль в жизнедеятельности растений, они регулируют гормональную ситуацию, в результате прямо или косвенно участвуют во всех метаболических процессах растений [1,2,11].

Результаты исследований влияния регуляторов роста на биохимический состав плодов томата показывают, что под влиянием регуляторов роста происходит увеличение количества тиамина от 0,0035 до 0,095 мг/кг, рибофлавина от 0,027 до 0,087 мг/кг (Табл.1). Наибольшее влияние оказали такие регуляторы роста, как экстрасол, крезацин и янтарная кислота.

**Таблица 1 - Биохимический состав плодов томатов, мг/кг**

| Вариант                         | Тиамин | Рибофлавин | Никотиновая кислота | Каротин |
|---------------------------------|--------|------------|---------------------|---------|
| Контроль                        | 0,035  | 0,027      | 0,43                | 1,3     |
| Мелафен ( $1 \cdot 10^{-6}\%$ ) | 0,057  | 0,040      | 0,47                | 1,5     |
| Экстрасол (100 мл/л)            | 0,091  | 0,087      | 0,63                | 1,7     |
| Мелафен ( $1 \cdot 10^{-7}\%$ ) | 0,079  | 0,082      | 0,61                | 1,7     |
| Крезацин (1 г/л)                | 0,095  | 0,087      | 0,60                | 1,9     |
| Янтарная кислота (0,002 г/л)    | 0,091  | 0,084      | 0,60                | 2,0     |
| Крезацин+янт. кислота           | 0,095  | 0,087      | 0,61                | 1,8     |

Содержание никотиновой кислоты увеличивается от 0,43 до 0,63 мг/кг также возрастает содержание каротина от 1,3 до 2,0 мг/кг.

Таким образом, действие регуляторов роста создает благоприятные предпосылки для синтеза и накопления в плодах томатов важных для организма человека витаминов. По-видимому, это связано с усилением интенсивности энергетических процессов, протекающих в растениях томатов, о чем и свидетельствуют проведенные наши исследования.

*Библиографический список:*

1. Николаева, М.Г. Физиология и биохимия прорастания семян / М.Г. Николаева, Н.В. Обручева - М.: Колос. – 1982. – 495 с.
2. Шевелуха, В.С. Сельскохозяйственная биотехнология / В.С. Шевелуха, Е.А. Калашникова, С.В. Дегтяров и др. Под редакцией В.С. Шевелухи. – М.: Высшая школа. – 1998. – 408 с.
3. Полевой, В.В. Растяжение клеток и функции ауксинов / В.В. Полевой, Т.С. Саламатова // В книге: Рост растений и природные регуляторы. - М., Колос. – 1977. – 149 с.
4. Исайчев, В.А. Зависимость динамики макроэлементов в растениях яровой пшеницы от предпосевной обработки семян регуляторами роста / В.А.Исайчев, Н.Н.Андреев, А.В.Каспировский // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2013. – №1(21). – С.14-19
5. Муромцев, Г.С. Механизм действия гиббереллинов / Г.С. Муромцев, Н.М. Герасимова, В.М. Коренева // В книге: Рост растений. Первичные механизмы. – М.: Наука. – 1978. – С. 81-88.
6. Исайчев, В.А. Влияние синтетических регуляторов роста на динамику макро- и микроэлементов и качество зерна озимой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья // В.А.Исайчев, Е.В.Провалова / Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 18–31.
7. Кулаева, О.Н. Цитокинины, их структура и функция / О.Н. Кулаева. - М.: Наука. – 1973. – 264 с.
8. Кулаева, О.Н. Гормональная регуляция физиологических процессов у растений на уровне синтеза РНК и белка / О.Н. Кулаева. - М.: Наука. – 1982. – 82 с.
9. Шакирова, Ф.М. Влияние теплового стресса на динамику накопления АБК и пектина в культуре клеток пшеницы / Ф.М. Шакирова, М.В. Безрукова, И.Ф., Шаяхметов // Физиология растений. – 1995, Т. 42. – С. 700-702.
10. Братина, Т.В. Образование этилена и активация гидролитических ферментов при адаптации проростков кукурузы к частичному затоплению / Т.В. Братина, Н.А. Родионова, Г.М. Гринева // Физиология растений. – 2003, Т. 50. – №6. –С. 886-890.
11. Куренкова, С.В. Влияние янтарной кислоты на продуктивность растений ячменя / С.В. Куренкова, Г.Н. Табаленкова // Тезисные доклады 6-й Международной конференции «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях». – М. – 2001. – С. 253.
12. Костин, В.И. Влияние предпосевной обработки семян огурцов и томатов на урожайность данных культур в условиях защищенного грунта / В.И.Костин, Н.И.Епифанов, П.В.Смирнов // В сборнике: Энергосберегающие технологии в растениеводстве Сборник материалов Всероссийской научно-практиче-

- ской конференции. Общая редакция: В.И. Костина. – 2005. – С. 58-60.
13. Костин, В.И. Морфофизиологические параметры и меристематическая активность проростков яровой пшеницы под действием композиционных кремнийорганических препаратов на основе вермикомпоста / В.И.Костин, Т.Д.Игнатова, С.Н.Сергаченко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. № 3 (35). – С. 61-70
  14. Костин, В.И. Содержание аскорбиновой кислоты в плодах томата под влиянием предпосевной обработки росторегуляторами / В.И.Костин, П.В.Смирнов // В сборнике: Актуальные вопросы аграрной науки и образования Материалы Международной научно-практической конференции посвященной 65-летию Ульяновской ГСХА. – 2008. – С. 27-28.
  15. Костин, В.И. Регуляторы роста повышают урожайность томата / В.И.Костин, П.В.Смирнов, С.П.Корнилов // Картофель и овощи. – 2008. –№ 1. –С. 25.
  16. Смирнов, П.В. Экологические аспекты применения регуляторов роста при выращивании томатов в условиях защищенного грунта / П.В.Смирнов, Н.В.Смирнова, Т.Д.Игнатова // В сборнике: «Теория и практика комплексного применения регуляторов роста, микро- и макроэлементов в растениеводстве» Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию научной деятельности доктора сельскохозяйственных наук, профессора, академика РАН, Заслуженного работника высшей школы РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области, заведующего кафедрой «Биология, химия, технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Костина Владимира Ильича. Ответственный редактор В.А.Исайчев. – 2018. – С.166-171.

## ENVIRONMENTAL FACTORS FOR QUALITY IMPROVEMENT PRODUCTS OF AGRICULTURAL PLANTS

*Smirnov P.V., Smirnova N.V., Ignatov A.L., Ignatova T.D.*

**Key words:** *environmental factors, growth regulators, volumes, protected soil, environmentally friendly products.*

*Pre-sowing treatment of seeds by different growth regulators is an environmentally safe method of increasing yield and quality of products. Activation of start-up and production processes contributes to increased yield. In the end, the quality of tomato fruits and their biochemical composition are improved.*