

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРМОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ И УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ\*

*Аннотация.* Действие минеральных питательных солей, по крайней мере – частично, опосредовано изменениями в балансе фитогормонов. Минеральные вещества непосредственно участвуют в проявлении физиологического действия фитогормонов. Эффективность обработки фитогормонами находится в прямой зависимости от снабжения питательными веществами. Обработка фитогормонами улучшает использование питательных веществ и тем самым повышает эффективность удобрений.

*Ключевые слова:* фитогормоны, гормональный баланс, минеральное питание, эффективность минеральных удобрений.

D. Klimachev, V. Starikova

### INTERACTION OF HORMONAL SYSTEM OF PLANTS AND CONDITIONS OF A MINERAL NUTRITION

*Abstract.* Action of mineral nutritious salts, at least, partially, is mediated by changes in balance of phytohormones. Mineral substances directly participate in display of physiological action of phytohormones. Efficiency of processing by phytohormones is in direct dependence on supply by nutrients. Processing by phytohormones improves use of nutrients and by that raises efficiency of fertilizers.

*Key words:* phytohormones, hormonal balance, mineral nutrition, efficiency of mineral fertilizers.

Возникновение многоклеточных организмов в процессе эволюции привело к созданию дистанционной регуляции физиологических процессов. К ней можно отнести в первую очередь гормональную и трофическую.

В целостном организме обе указанные системы регуляции тесно взаимодействуют [6]. Достаточно хорошо определена взаимосвязь гормональной и метаболической регуляции процессов фотосинтеза и роста [7].

По вопросу о том, в каком соотношении находится физиологическое действие фитогормонов и минеральных солей, данные отрывочны. Между тем, на важность этой проблемы обращается внимание в работах Д.А. Сабинаина [13].

Как показали исследования, действие минеральных питательных солей, по крайней мере – частично, опосредовано изменениями в балансе фитогормонов. Торможение ростовых процессов и снижение продуктивности растений пшеницы, вызванные недостатком питательных веществ, происходит на фоне изменения содержания и соотношения фитогормонов.

Определение содержания фитогормонов методом иммуноферментного анализа показало, что недостаток азота и, в меньшей мере, фосфора, вызывает уменьшение содержания фитогормонов с положительным знаком действия (зеатин, ИУК). Одновременно содержание АБК увеличивается. Отношение ЦК/АБК при этом резко возрастает.

Изменение содержания фитогормонов, таких, как зеатин и ИУК, предшественниками которых являются азотсодержащие соединения, является, по-видимому, следствием изменения их биосинтеза [1, 10]. Вместе с тем биосинтез абсцизовой кислоты на опре-

\* © Климачев Д.А., Старикова В.Т.

деленном этапе связан с образованием цитокининов. Общим предшественником для них является мевалоновая кислота [2]. В этой связи увеличение содержания цитокининов может приводить к уменьшению содержания абсцизовой кислоты. Нельзя не отметить, что азот необходим для образования белков рецепторов. Как известно, образование гормон-рецепторного комплекса – необходимое звено в механизме действия фитогормонов [5]. В этой связи интересно отметить, что в литературе имеются данные, согласно которым для абсцизовой кислоты и цитокининов выявлен общий рецепторный белок [11, 14].

Что касается влияния фосфора, то имеются сведения, что в биосинтезе цитокининов для дальнейшего превращения  $\Delta 2$  – изопентинильного остатка через зеатинрибозид в зеатин, необходим аденозинмонофосфат [1, 2]. Кроме того, в процессе биосинтеза ауксинов, на стадии превращения антраниловой кислоты через индол-3-глицеролфосфат в триптофан, фосфор принимает участие и в образовании ИУК. Влияние минеральных элементов на содержание ауксинов может определяться не только увеличением их синтеза, но и уменьшением процессов распада. В литературе имеются данные, что при усилении питания активность ИУК-оксидазы, фермента окисляющего ИУК, снижается [18].

Взаимосвязь между уровнем минерального питания и процессами гормональной регуляции не ограничивается только их (минеральных элементов) влиянием на баланс фитогормонов. Характер влияния обработки фитогормонами находится в прямой зависимости от снабжения питательными веществами. В общем виде это отмечалось в литературе [9]. Однако экспериментальных данных, полученных на целых растениях в онтогенезе, практически нет.

В ходе исследований показано, что влияние обработки фитогормонами на такие процессы, как соотношение гормонов, содержание пигментов, химический состав (содержание N, P, K), темпы роста и продуктивность прямо зависит от внесения в почву минеральных солей (нитрата аммония, нитрата калия, дигидрофосфата натрия).

Известно, что влияние экзогенных и эндогенных фитогормонов различно [4]. В этой связи хотелось бы подчеркнуть, что обработка фитогормонами всегда должна сопровождаться определением их эндогенного баланса. Для цитокининов это особенно важно, поскольку в растения вносится синтетический аналог фитогормона.

Вместе с тем, как известно, действие отдельных групп фитогормонов взаимосвязано. Между ними наблюдаются все типы взаимных влияний: от антагонизма до синергизма [4]. Между тем, исследований по влиянию экзогенных фитогормонов на их баланс недостаточно. Большинство работ проводилось на изолированных органах. При этом изучалось не содержание, а активность какого-либо одного гормона.

Согласно проведенным исследованиям, обработка 6-БАП заметно изменяет баланс фитогормонов. Обработанные 6-БАП растения характеризуются повышенным содержанием зеатина, ИУК и пониженным – АБК. Это проявляется на всем протяжении онтогенеза в листьях, а также в колосе и зерне. Отношение зеатин/АБК возрастает. На этом фоне наблюдается увеличение содержания в листьях пигментов (хлорофилл, каротиноиды), растворимых углеводов. Это хорошо согласуется с имеющимися литературными данными о влиянии цитокининов на биосинтез хлорофилла через усиление образования предшественника этого пигмента – протохлорофиллида [17]. Увеличение содержания сахаров может служить косвенным доказательством усиления процессов фотосинтеза. Благоприятное влияние цитокининов на различные стороны фотосинтетического процесса отмечается рядом исследователей [12, 16]. Важно отметить, что обогащенные цитокининами растения отличались повышенным содержанием минеральных питательных элементов (N, P, K), как в вегетативных органах, так и в зерне. Можно предположить, что цитокинин, подобно ауксину, оказывает влияние на мембраны.

Интегральным процессом, суммирующим все происходящие физиолого-биохими-

ческие изменения, является процесс роста. Согласно нашим исследованиям, обработка 6-БАП увеличивает рост вегетативных органов, повышает кустистость (общую и продуктивную) растений пшеницы. Зерновая продуктивность растений, обработанных 6-БАП, увеличивается за счет увеличения массы зерна с растения.

Влияние 6-БАП на все указанные физиологические процессы оказалось зависимым от уровня питания азотом и фосфором. Растения, выращенные на удвоенной дозе азота и фосфора и обработанные 6-БАП, характеризовались максимальным содержанием цитокининов, отношением ЦК/АБК, наивысшей зерновой продуктивностью.

Хотелось бы отметить, что при сравнении данных по влиянию внесения 6-БАП на продуктивность растений и содержание фитогормонов наблюдаются некоторые различия. Содержание цитокининов, в отличие от темпов роста, сильнее возросло на фоне недостатка азота.

Сопоставление полученных данных позволяет считать, что внесение азота не только влияет на гормональный баланс, повышая содержание эндогенного гормона с положительным знаком действия, но и непосредственно участвует в проявлении физиологического действия изученного фитогормона.

Как известно, действие фитогормонов полифункционально. Вместе с тем влияние каждого из них специфично. Это проявилось и в наших исследованиях.

Опрыскивание гибберелловой кислотой, в отличие от 6-БАП, повысило содержание не только цитокининов, но и абсцизовой кислоты. В настоящее время, как уже упоминалось, абсцизовую кислоту необходимо рассматривать не только как ингибитор роста [3]. Различия между влиянием цитокинина и гиббереллина проявилось и при рассмотрении как содержания пигментов, так и темпов роста. Гибберелловая кислота, в отличие от 6-БАП, уменьшает содержание хлорофилла. Основное влияние цитокинин оказывает на увеличение массы, тогда как гиббереллин – на высоту растений. Вместе с тем, так же как и для 6-БАП, наибольшее влияние гибберелловая кислота оказывает при лучшем минеральном питании. При недостатке азота влияние ГКЗ ослабевало.

Таким образом, исследования показали, что в действии минеральных веществ и фитогормонов наблюдается синергизм. Наибольший эффект на процессы роста и продуктивность растений пшеницы оказывает совместное применение фитогормонов и минеральных питательных веществ.

Под влиянием опрыскивания 6-БАП возрастает содержание в растениях азота, фосфора и калия. Увеличение поступления анионов и катионов под влиянием цитокининов показано в ряде исследований [8, 15]. Это позволяет полагать, что с помощью опрыскивания фитогормоном можно улучшить использование питательных веществ и тем самым повысить эффективность удобрений. Подтверждением этого являются данные по влиянию азота на ростовые процессы в зависимости от обработки 6-БАП.

Как известно, накопление неиспользованных питательных веществ, вносимых с удобрениями, приводит к загрязнению не только почвы, но и наземных и грунтовых вод, что в конечном итоге нарушает экологический баланс в природе. Кроме того, чрезмерное накопление минеральных солей в растениях может сделать их малопригодными к употреблению в пищу. В связи с этим важно, что фитогормоны, вовлекая минеральные соли в обмен веществ, могут способствовать их утилизации до биополимеров.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гудвин Т., Мерсер Э. Введение в биохимию растений. М: Мир, 1986.
2. Дерфлинг К. Гормоны растений. Системный подход. М: Мир, 1985.
3. Кефели В.И. Природные ингибиторы роста // Физиология растений. 1997. Т. 44. Вып. 3. С. 471-480.

4. Кефели В.И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. М: Наука, 1974.
5. Кулаева О.Н. Гормональная регуляция физиологических процессов у растений на уровне РНК и белка. М: Наука, 1982.
6. Курсанов А.Л. Внутренняя организация физиологических процессов у растений // Ученый и аудитория. М: Наука, 1982. С. 145-161.
7. Макронос А.Т. Интеграция функций роста и фотосинтеза // Физиология растений. 1983. Т. 30. Вып. 5. С. 868-880.
8. Максимов Г.Б., Медведев С.С. Действие цитокининов на ионный транспорт в корнях проростков кукурузы // Сельскохозяйственная биология. 1985. № 5. С. 121-123.
9. Максимов Н.А. Ростовые вещества, природа их действия и практическое применение // Успехи современной биологии. 1946. Т. 22. Вып. 2. С. 161-180.
10. Рекославская Н.И., Юрьева О.В., Шибанова Л.А., Салаяев Р.К. Образование и физиологическая роль Д-триптофана при прорастании у пшеницы // Физиология растений. 1997. Т. 44. Вып. 2. С. 227-234.
11. Романко Е.Г., Селиванкина С.Ю., Куроедов В.А. и др. Влияние абсцизовой кислоты на синтез РНК и активность РНК-полимераз в листьях ячменя // Физиология растений. 1984. Т. 31. Вып. 2. С. 294-301.
12. Ростунов А.А., Волосатых Л.Н., Потапова О.Б. Влияние условий азотного питания и 6-БАП на гормональный обмен двух сортов озимой пшеницы различной продуктивности // Регуляция роста растений. М.: МОПИ, 1990. С. 29-36.
13. Сабинин Д.А. Минеральное питание растений. М.-Л.: АН СССР, 1940.
14. Селиванкина С.Ю., Романко Е.Г. и др. Активация синтеза РНК *in vitro* под действием цитокинина и абсцизовой кислоты в присутствии цитокининсвязывающих белков // Доклады АН СССР. 1983. Т. 272. № 3. С. 761-763.
15. Сивцова А.М., Тарасенко А.А. Влияние ауксина и цитокинина на использование питательных веществ и рост растений ячменя // Ростовые процессы и их регуляция. Москва: МОПИ, 1992. С. 10-17.
16. Чернядьев И.И., Образцов А.С., Козловских А.А., Доман Н.Б. Цитокинины как регуляторы фотосинтеза, дыхание и продуктивности некоторых многолетних злаков // Прикладная биохимия и микробиология. 1987. Т. 23. № 5. С. 647-656.
17. Шалыго Н.В., Аверина Н.Г. Влияние кинетина и глутаминовой кислоты на биосинтез хлорофилла и его предшественников в этиолированных и зеленеющих проростках ячменя // Мат. межд. конф. «Регуляторы роста и развития растений». М.: МСХА, 1997. С. 128.
18. Якушкина Н.И., Пузина Т.И., Бахтенко Е.Ю. и др. Значение гормонального баланса в реакции растений картофеля на формы азотного питания // Физиология растений. 1997. Т. 44. Вып. 6. С. 926-930.