

УДК 581.1

DOI 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-56

РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ

Карсункина Наталья Петровна, к.б.н., доцент кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

E-mail: karsunkina@rgau-msha.ru

Ерёмина Елена Васильевна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

E-mail: lamiaceae109@gmail.com

Чередниченко Михаил Юрьевич, к.б.н., доцент кафедры биотехнологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

E-mail: michael.tsch@gmail.com

Аннотация: Обзор посвящен истории изучения фитогормонов и регуляторов роста. Также рассмотрены особенности основных классов фитогормонов и перспективы их применения в культуре тканей и клеток растений.

Ключевые слова: фитогормоны, регуляторы роста, ауксины, цитокинины, *in vitro*

Изучение фитогормонов началось более ста лет назад, и в настоящее время является одним из важнейших направлений в физиологии растений. Природные (фитогормоны) и синтетические регуляторы роста и развития растений (РРР) или как их называют – фиторегуляторы – это эффективное средство управления онтогенезом растений [1]. Интерес к ним высок. С их помощью можно целенаправленно влиять на метаболизм растений. Регулируя физиологические процессы и морфогенетические реакции, фитогормоны влияют на продукционный процесс и, как итог, на урожайность. Причина постоянно возрастающего внимания к проблеме химической регуляции онтогенеза заключается как в ее научной значимости, так и в практической важности, поскольку применение РРР стало сейчас неотъемлемым элементом современных интенсивных технологий возделывания многих важных сельскохозяйственных культур. Производственное использование РРР стало возможным благодаря успешному развитию тех разделов физиологии и биохимии растений, которые исследуют гормональные факторы роста и развития. Известные в настоящее время синтетические РРР – это структурные или физиологические аналоги фитогормонов, либо вещества, хотя и не имеющие сходства с фитогормонами, но способные изменять гормональный статус растений в

желаемом направлении.

На возможность существования у растений веществ, функционально сходных с гормонами животных, впервые в 1880 г. указал Ч. Дарвин в книге «Способность к движению у растений». Исследуя двигательные реакции растений – тропизмы, он предположил, что под действием одностороннего освещения в верхушке coleoptily канареечной травы вырабатывается вещество, которое передвигается в нижележащие участки и вызывает изгиб. В то же время немецкий ботаник Ю. Сакс также пришел к выводу о присутствии в растениях веществ, ответственных за формирование и развитие листьев, корней, стебля. Но это было встречено с большим скептицизмом и полностью забыто. Приоритет Ч. Дарвина в изучении ростовых веществ был восстановлен через несколько десятилетий, и сделал это наш соотечественник, один из основателей учения о фитогормонах – Н.Г. Холодный. В 1924-1927 гг. Холодный разработал гормональную теорию тропизмов (в это же время и голландец Ф. Вент высказал ту же идею), получившую признание и усилившую интерес физиологов к проблеме ростовых гормонов. Т.к. в начале исследования сосредоточились главным образом на изучении участия физиологически активных веществ в процессах роста, их стали называть ростовыми веществами, или ростовыми гормонами.

За 70 лет с начала XX века были открыты ауксины, этилен, цитокинины, гиббереллины, абсцизовая кислота, фенольные ингибиторы роста негормональной природы, brassinosteroids. Изучение проблемы фитогормонов имеет в нашей стране давние традиции. Это работы Д.Н. Нелюбова, открывшего физиологическое действие этилена, Н.Г. Холодного – одного из основоположников учения о фитогормонах, М.Х. Чайлахяна, создавшего теорию гормональной регуляции цветения высших растений, В.В. Полевого, экспериментально обосновавшего схему трансдукции гормонального сигнала от рецепции индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) до функционального (ростового) ответа клетки, О.Н. Кулаевой, внесшей большой вклад в изучение такого класса фитогормонов как цитокинины.

По мере открытия фитогормонов и изучения разных аспектов их действия становилось очевидным, что эти физиологически активные вещества принимают участие не только в процессах роста, но и в созревании, старении, стрессах, покое, транспорте и многих других. Фитогормоны – соединения, с помощью которых осуществляется взаимодействие клеток, тканей и органов, и которые в малых количествах необходимы для запуска и регуляции физиологических и морфогенетических программ растений [2].

Фитогормоны участвуют в координации всех морфологических и физиологических процессов в целом растении, т.е. обеспечивают целостность растительного организма. Целостность обеспечивается системами регуляции, т.е. регуляция – условие сохранения целостности организма и основа его функционирования. Регуляция обеспечивает гомеостаз организма, т.е. сохранение постоянства параметров внутренней среды, а также создает условия для его развития.

На межклеточном уровне регуляции важнейшей регуляторной

системой является гормональная. Любая регуляция связана с геномом. В системе организм-среда гормоны выступают в качестве связующего звена, посредника между реализацией наследственно закрепленной функциональной программы и изменяющимися внешними параметрами. Основой адаптации организма к изменяющимся условиям среды служит воздействие гормонов на различные этапы экспрессии генов.

Можно выделить два вида гормонального действия:

- гормоны выступают как необходимые индукторы роста и дифференцировки, как факторы разворачивания программы развития - в этом случае их действие носит необратимый характер;

- гормоны выступают как регуляторы, т.е. их действие связано с изменением размера или уровня функций и имеет обратимый характер. Именно в этом аспекте рассматривается роль гормонов в формировании адаптивных реакций.

Стимуляция физиологических процессов фитогормонами осуществляется за счет механизмов, обеспечивающих активацию синтеза РНК и белков, а индукция – за счет действия гормонов на генном уровне. Последние исследования показали, что мишенью гормонального сигнала внутри клетки, передающегося через посредство белка-рецептора, является как правило определенный набор генов первичного ответа, специфически реагирующих на гормональный сигнал активацией или, наоборот, подавлением транскрипции[3]. Участки ДНК, ответственные за чувствительность гена к тому или иному гормону, консервативны и располагаются в промоторной (нетранскрибируемой) области гена. Генов собственно первичного ответа на тот или иной гормон очень немного – максимум десятки, что составляет сотые доли от общего числа экспрессируемых генов. Поэтому гены первичного ответа – это часто гены, кодирующие регуляторные белки, которые вторично меняют экспрессию уже большего числа генов. Т.е. действует каскадный механизм гормонально-индуцируемого изменения экспрессии комплекса генов, необходимого для реализации той или иной программы онтогенеза растений.

Выделяют пять основных классов регуляторов роста, которые используются широко в культуре *in vitro*. К ним относятся: ауксины, абсцизовая кислота, цитокинины, этилен, гиббереллины. Каждый тип регуляторов роста растений обладает широким спектром физиологических воздействий на разные растения.

Ауксины, цитокинины и ауксин-цитокениновые взаимодействия обычно считаются наиболее важными для регуляции роста и организованного развития в тканях растений и органах (Рисунок) [4, 10].

Биологическая активность синтетических ауксинов часто выше, чем у сходных естественных веществ. Некоторые производных индола, встречающиеся в природе, как и синтетические, активны в культуре [7]. Часто используемые синтетические ауксины в культуре тканей это – 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) (часто используют для индукции каллуса и суспензионных культур) и α -нафтилуксусная кислота (НУК) (для

органогенеза) [5]. Ауксины обычно требуются для индукции образования каллуса от различных эксплантов ткани. У некоторых растений относительно высокие концентрации ауксинов вызывают регенерацию корней. Ауксины часто используются в сочетании с другими регуляторами роста [9].

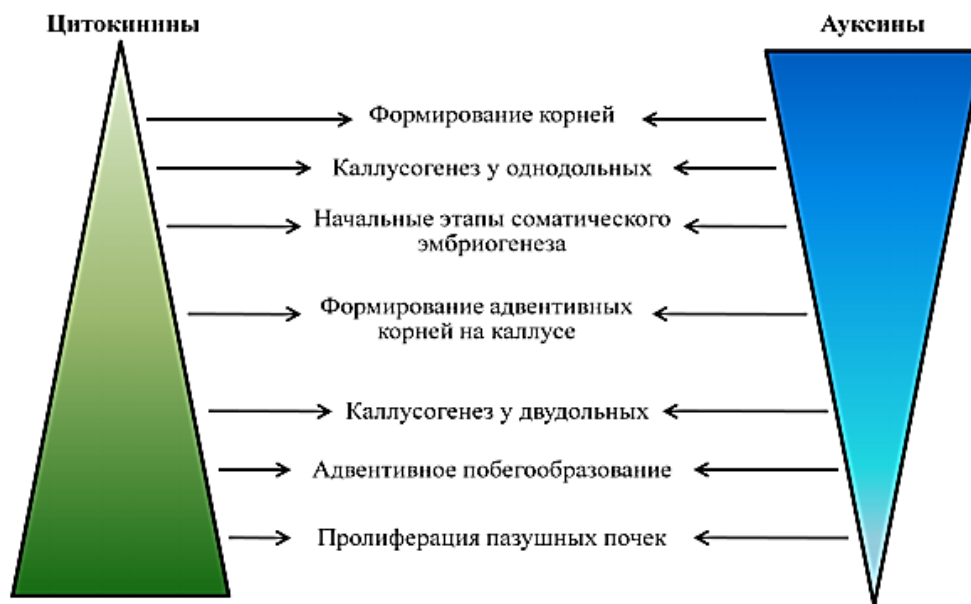


Рисунок – Влияние содержания цитокининов и ауксинов на процессы роста и морфогенеза в культуре *in vitro* ([11] с изменениями)

Среди всех классов регуляторов роста растений цитокинины обладают наиболее сильным влиянием на процессы регенерации *in vitro* [8]. Наиболее часто используемыми цитокининами являются замещенные пурины: кинетин и БАП. Два основных свойства цитокининов, которые используются и в культуре, это стимуляция клеточного деления (часто вместе с ауксинами) и снятие апикального доминирования. Они также могут вызывать образование адвентивных почек (в черенках и культурах) [6, 12].

Применение экзогенных регуляторов роста в культуре изолированных тканей и органов растений объясняется небольшими размерами первичных эксплантов и их неспособностью самостоятельно управлять ростом и развитием в культуре *in vitro*. Добавление регуляторов роста позволяет стимулировать морфогенетический потенциал эксплантов и процессы регенерации *in vitro*.

Библиографический список

1. Бахтенко, Е.Ю. Регуляция роста и развития растений: учебное пособие / Е.Ю. Бахтенко, П.Б. Курапов. – Вологда: ВолГУ, 2014. – 266 с.
2. Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой – М.: Высшая школа. 1989. – 464 с.
3. Brenner, W.G. Immediate-early and delayed cytokinin response genes of *arabidopsis thaliana* identified by genome-wide expression profiling

- reveal novel cytokinin-sensitive processes and suggest cytokinin action through transcriptional cascades / W.G. Brenner, L. Bürkle, G.A. Romanov et al. // *The Plant Journal*. – 2005. – Vol. 44. - № 2. – P. 314-333.
4. Gaspar, T. Plant Hormones and Plant Growth Regulators in Plant Tissue Culture / T. Gaspar, C. Kevers, C. Penel et al. // *In Vitro Cellular & Developmental Biology. Plant*. Vol. 32. No. 4. P. 272-289.
 5. Hagen, S.R. Stability and utilization of picloram, vitamins and sucrose in a tissue culture medium / S.R. Hagen, P. Muneta, J. Augustin et al. // *Plant Cell Tissue Organ Cult.* – 1991. – Vol. 25. – P. 45-48.
 6. Krikorian, A.D. Hormones in tissue culture and micropropagation / A.D. Krikorian. - Kluwer Academic Publishers, 1995. – P. 774-796.
 7. Maeda, E. Effects of various auxins on growth and shoot formation on tobacco callus / E. Maeda, T.A. Thorpe // *Phytomorphology*. – 1979. – Vol. 29. – P. 146-155.
 8. Magyar-Tabori, K. The role of cytokinins in shoot organogenesis in apple / K. Magyar-Tabori, J. Dobranszki, J.A. Teixeira da Silva et al. // *Plant Cell Tiss Org Cult.* – 2010. – Vol. 101. – P. 251-267.
 9. Rademacher, W. Plant Growth Regulators: Backgrounds and Uses in Plant Production / W. Rademacher // *Journal of Plant Growth Regulation*. – 2015. – Vol. 34(4). – P. 845–872.
 10. Thorpe, T.A. Morphogenesis and regeneration / T.A. Thorpe // In: Vasil I.K., Thorpe T.A. (eds.) *Plant cell and tissue culture*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1994. P. 17-36.
 11. Van Staden, J. Plant growth regulators II: Cytokinins, their analogues and antagonists / J. Van Staden // Springer. – 2008. – P. 205-226.
 12. Vesely, J. Inhibition of cyclin-dependent kinases by purine analogues / J. Vesely, L. Havlicek, M. Strnad et al. // *Biochem.* – 1994. – Vol. 224. – P. 771-786.

Growth regulators in agriculture and biotechnology

Karsunkina N.P., PhD in Biology

Eremina E.V., Bachelor

Cherednichenko M.Yu., PhD in Biology

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127550, Russia, Moscow, Timiryazevskayastr., 49*

Abstract: *The review is devoted to the history of the study of phytohormones and growth regulators. The features of the main classes of phytohormones and the prospects for their use in plant tissue and cell culture are also considered.*

Keywords: *phytohormones, growth regulators, auxins, cytokinins, in vitro*