

УДК 576.8.06.81.192.7

МИКРОБИОЛОГИЯ

Н. Л. Калалжян, академик М. Х. Чайлахян

Образование физиологически активных веществ клубеньковыми бактериями и их влияние на бобовые растения

(Представлено 27/VI 1977)

В последнее время в биологической науке большое место уделяется вопросам синтеза физиологически активных веществ микроорганизмами, поскольку в этом направлении открываются новые перспективы к решению проблемы взаимоотношений между микроорганизмами и высшими растениями.

Еще в 1938 году Е. Ф. Березова, А. Н. Наумова и Е. А. Разницына (1) изучая механизм действия азотобактерина на растение, считали возможным повышение урожая сельскохозяйственных культур объяснить не только фиксацией азота, но и синтезом ростстимулирующих веществ.

Из этих стимулирующих веществ сначала были обнаружены ауксины, которые оказались весьма распространенными метаболитами в самых различных группах микроорганизмов (2-3). В числе их оказались и клубеньковые бактерии, в выделениях которых было установлено наличие веществ, сходных по своему действию с ауксинами.

Н. А. Красильников (6) испытывая 12 видов клубеньковых бактерий пришел к выводу, что часть клубеньковых бактерий способна продуцировать гетероауксин в малых количествах. Содержание гетероауксина в метаболитах некоторых клубеньковых бактерий также было обнаружено в работах ряда авторов (7-9). Они показали, что продуцирование гетероауксина клубеньковыми бактериями идет в присутствии триптофана на среде. Гетероауксин не обнаруживается в эфирных экстрактах тех клубеньковых бактерий, которые инокулировались в среде без триптофана. При этом исследовалось также явление синтеза гетероауксина эффективными и неэффективными штаммами клубеньковых бактерий. По данным Г. К. Чена (7) эффективные штаммы клубеньковых бактерий образуют ростовые вещества в меньшем количестве, чем не эффективные штаммы. А по данным С. Е. Джорджин, А. Е. Бегвина (9) количество ауксинов, синтезируемых клубеньковыми бактериями, не зависит от степени эффективности клубеньковых бактерий.

Значительно более ограниченное распространение в метаболитах микроорганизмов имеют гиббереллины—вещества обладающие высокой активностью в стимулировании роста высших растений. Вначале они были выявлены лишь в выделениях фузариевого гриба (*Fusarium moniliformum*), где их содержание оказалось весьма высоким (¹⁰⁻¹²). Впоследствии гиббереллины были обнаружены в выделениях других видов фузариевых грибов (*Fusarium species*) (¹³), *Fusarium solani*, *Fusarium bulbigenum* (^{14,15}). Более того, выяснилось, что гиббереллиноподобные вещества содержатся в выделениях некоторых почвенных бактерий (*Bacillus subtilis* и *Bacillus megaterium*) и бактерий фитопатогенных (*Pseudomonas tumefaciens* и *Xanthomonas beticola*) (¹⁶⁻¹⁷). О наличии гетероауксина и гиббереллиноподобных веществ в метаболитах клубеньковых бактерий свидетельствует также работа К. Опличилова, В. Ванкура (¹⁸).

Наши определения, проведенные с помощью биологических проб на культуральных жидкостях клубеньковых бактерий, показали, что метаболиты клубеньковых бактерий богаты ауксиноподобными и бедны гиббереллиноподобными веществами (¹⁹). Такое соотношение ростовых веществ в выделениях клубеньковых бактерий коррелирует с данными, показывающими, что при искусственном введении ауксинов, в частности, гетероауксина, образование клубеньков на корнях бобовых растений усиливается, тогда как введение гиббереллинов, приводит к задержке образования клубеньков (^{20,21}). С помощью хроматографических анализов культуральных жидкостей клубеньковых бактерий и биологических тестов мы (²²) пришли к выводу, что в культуральных жидкостях наряду с другими ауксиноподобными веществами, содержится β-индолилуксусная кислота, а из гиббереллинов—гиббереллины А₃, А₄, А₇.

Известно, что гиббереллины и, в частности, гиббереллин А₃, оказывают большое влияние на рост и развитие высших растений (^{10,23,24,25}) и на образование клубеньков у бобовых растений (²⁰). В связи с этим представляло интерес изучения влияния элюатов, содержащих гиббереллин А₃, полученных из культуральных жидкостей клубеньковых бактерий, на бобовые и небобовые растения.

В наших опытах (²⁶) было показано, что элюаты, полученные из культуральных жидкостей клубеньковых бактерий и содержащие гиббереллин А₃, оказывают влияние на растения, сходные с влиянием препарата гиббереллина А₃. Усиливается рост стеблей, снижается вес корней и задерживается образование клубеньков на корнях, как это в отношении гиббереллина было показано ранее (^{20,27,28,29}). Опыты с небобовыми растениями показали, что элюаты, полученные из культуральных жидкостей клубеньковых бактерий и содержащие гиббереллин А₃, оказывают влияние, сходное с влиянием препарата гиббереллина А₃.

Выяснилось также (³⁰), что активные и неактивные штаммы клубеньковых бактерий гороха и сои в чистых культурах не отличаются по

интенсивности выделения гиббереллинов, гиббереллиноподобных и ауксиноподобных веществ. Аналогичные данные получены в работах Д. В. Таркашвили (31). Проводя исследования клубеньковых бактерий фасоли, сои и люцерны он не обнаружил закономерной связи между степенью эффективности клубеньковых бактерий и способности их к синтезу ростовых веществ,—гиббереллинов и ауксинов. Все это говорит о том, что клубеньковые бактерии в своих метаболитах образуют ряд гиббереллинов, ауксинов, гиббереллиноподобных и ауксиноподобных веществ.

Естественно, что возникает вопрос о том какова роль этих веществ в симбиозе клубеньковых бактерий и бобовых растений. Н. А. Красильников (32) отмечает, что не исключен тот факт, что гиббереллины, находящиеся в растениях, являются продуктами микробного обмена. Подобно антибиотикам и ауксинам они могут быть поглощены корневыми системами растений и всасываться в их ткани. К подобным выводам в своих работах пришли и другие исследователи. В ряде исследований было показано, что при инокуляции бобовых растений клубеньковыми бактериями в них идет более усиленное образование физиологически активных веществ.

В работе А. П. Петросян и соавторов (33) было показано, что аминокислоты и некоторые витамины, принадлежащие к группе В, в инокулированных клубеньковыми бактериями бобовых растений синтезируются в более высоких количествах, чем в неинокулированных растениях. К такому же выводу подводит и работа Е. Н. Ратнера (34) в отношении витаминов группы В. Н. П. Кеффорд, и другие (35) в инокулированных растениях клевера (*Trifolium subterraneum*) обнаружили β -индолилуксусную кислоту, которая не обнаружилась в неинокулированных растениях. Дж. К. Линк (36) в корнях и клубеньках красной фасоли обнаружил β -индолилуксусную кислоту, содержание которой в клубеньках было больше; он предполагал, что это обусловлено клубеньковыми бактериями.

В результате наших работ (37) выяснилось, что в хроматограммах листьев, корней и клубеньков инокулированных клубеньковыми бактериями растений фасоли и сои число зон, имеющих гиббереллиновую активность больше, и уровень достоверности гиббереллиновой активности выше по сравнению с теми же вариантами контрольных, неинокулированных растений. В листьях, корнях и клубеньках инокулированных клубеньковыми бактериями растений обнаружен гиббереллин А₃, который не обнаружен в контроле. Подобным же образом было показано, что в листьях и корнях инокулированных растений фасоли и сои ростстимулирующих веществ ауксиновой природы больше, а ингибиторов меньше чем в соответствующих органах контрольных растений. Таким образом были подтверждены результаты тех работ, в которых авторы в инокулированных бобовых растениях обнаруживали ауксиноподобные вещества, которые или вовсе не обнаруживались или же обнаруживались сравнительно мало в контрольных неинокулированных растениях.

В последующих исследованиях нами (38) сравнивались физиологически активные вещества, синтезируемые в бобовых растениях инокулированных активными и неактивными штаммами клубеньковых бактерий. Полученные данные показывают, что в листьях инокулированных клубеньковыми бактериями растений сои количество гиббереллиноподобных веществ и уровень их физиологической активности выше по сравнению с листьями контрольных растений. При этом, при активном симбиозе физиологическая активность хроматографических элюатов выше, по сравнению с физиологической активностью тех же элюатов при неактивном симбиозе.

Аналогичная закономерность наблюдается также и в отношении содержания ауксиноподобных веществ. Уровень физиологической активности ауксиноподобных веществ в хроматографических зонах разных органов инокулированных клубеньковыми бактериями растений выше по сравнению с теми же вариантами контрольных—неинокулированных растений.

В работах, проводимых Д. В. Таркашвили (39,40), был сделан вывод о том, что инокуляция бобовых растений эффективными штаммами повышает активность стимулирующих веществ—гиббереллинов и ауксинов, по сравнению с растениями, инокулированными неэффективными штаммами. Одновременно автор делает вывод о том, что соотношение ауксиноподобных веществ и ингибиторов меняется в течение вегетации; в конце цветения и в фазе плодоношения ингибиторы по содержанию превосходят ауксины.

Литературные данные и наши исследования позволяют сделать вывод о том, что клубеньковые бактерии в течение жизнедеятельности образуют физиологически активные вещества гиббереллиновой и ауксиновой природы, в результате чего возникает интенсивный обмен этих веществ между клубеньковыми бактериями и бобовых растений.

Таким образом, высказанная в свое время Н. А. Красильниковым (41) идея о том, что усиление роста и плодоношения бобовых растений, инокулированных активными штаммами клубеньковых бактерий, обуславливается не только фиксацией молекулярного азота и усилением обмена азотистых соединений, но и повышением синтеза регуляторов роста, образуемых клубеньковыми бактериями, в наши дни получает свое дальнейшее развитие.

Институт микробиологии
Академии наук Арийской ССР

Ն. Լ. ՓԱՍՏՅԱՆ, ակադեմիկոս Խ. Փ. ՉԱՅԼԱՅԱՆ

Ֆիզիոլոգիայես ակտիվ նյութերի առաջացումը պալարաբակտերիաների կողմից և նրանց ազդեցությունը բիբեոնածաղկավոր բույսերի վրա

Հոդվածում բնականացված է գրականության և հեղինակների սեփական փորձերի արդյունքները պալարաբակտերիաների տարրեր տեսակների կողմից

ֆիզիոլոգիայի և ակտիվ նյութերի սինթեզի մասին վերաբերյալ և այդ նյութերի ազդեցությունը թիթհոնաձաղկավոր բույսերի վրա, երբ վերջիններս վարակված են պալարարակտերիաներով:

Պարզվել է, որ պալարարակտերիաներն իրենց նյութափոխանակության ընթացքում արտադրում են մի շարք գիբերելինանման և աուքսինանման նյութեր: Պալարարակտերիաների և թիթհոնաձաղկավոր բույսերի համակենցության ժամանակ տեղի է ունենում այս նյութերի փոխանակությունը նրանց միջև:

Ենթադրվում է, որ պալարարակտերիաների ակտիվ շտամներով վարակված թիթհոնաձաղկավոր բույսերի ուժեղ աճը և բերքի բարձրացումը պայմանավորվում է ոչ միայն մթնոլորտի ազոտի ֆիքսացիայով, այլ նաև պալարարակտերիաների կողմից սինթեզվող ածման խթանիչ նյութերի փոխանակության ուժեղացմամբ:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Е. Ф. Березова, А. Н. Наумова, Е. А. Разницына, ДАН СССР т. 18, №4 (1962).
² Е. А. Разницына, ДАН СССР, т. 18, №6 (1938). ³ В. Т. Смалый, С. И. Бершова, "Микробиология", т. 25, в. 5, 1957. ⁴ P. Boysen-Jensen, Bloch. Zeltschr. Bd. 236, s. 205, 1931. ⁵ I. Roberts, E. Roberts, Soil. Sci., v. 48, 1939. ⁶ Н. А. Красильников, Микробы, стимулирующие рост растений. Вестник с/х наук, №7, 1959. ⁷ Н. К. Chen, Nature, 142, 1938. ⁸ С. Bulard, B. Cuihardon, I. Ricaud, Ann. Inst. Pasteur, 105, №2, 1963. ⁹ С. Е. Georgi, А. Е. Becuin, Nature 143, 25, 1939. ¹⁰ М. Х. Чайлахян, "Ботанический журнал" т. 43, №7, 1958. ¹¹ Т. Yabuta, Y. I. Sumiki, Agric. Chem. Soc. Japan, v. 14, 1938. ¹² Т. Yabuta, Т. Hiyashi, Agric. Chem. Soc. Japan, v. 15, 1939. ¹³ Н. А. Красильников, М. Х. Чайлахян, Г. К. Скрыбин, Ю. М. Хохлова, И. В. Улезло и Т. Н. Константинова, ДАН СССР, т. 121, №4 (1958). ¹⁴ С. А. Авакян, "Известия АН Арм. ССР", биол. науки, т. 15, №4 (1962). ¹⁵ S. Hirata, Bull. Fac. Agric. Univ. Miyazaki, 3, 1958. ¹⁶ Р. М. Галачян, "Известия АН Арм. ССР", биол. науки, т. 15, №1 (1962). ¹⁷ А. К. Паносян, Э. В. Маршавина, Р. Ш. Арутюнян, Тез. докл. сов. роли микроорг. и прод. жизнед. и пит. раст. Изд. АН СССР, 1959. ¹⁸ К. Oplstilova, V. Vancura, "Rostl vyroba" 9, №7-9, 1963. ¹⁹ М. Х. Чайлахян, А. А. Меграбян, Н. А. Карапетян и Н. Л. Каладжян, ДАН Арм. ССР т. 40, №5 (1965). ²⁰ М. Х. Чайлахян, А. А. Меграбян Н. А. Карапетян и Н. Л. Каладжян, "Известия АН Арм. ССР", биол. науки, т. 14, в. 12 (1961). ²¹ К. Кутур, S. D. Dube, J. Scient. Res. Benaras Hindu Univ., v. 13, п. 1, 1962. ²² Н. Л. Каладжян, М. Х. Чайлахян, ДАН Арм. ССР, т. 46, №4 (1968). ²³ М. I. Viscovas, S. H. Wittwer, Michigan Agric. Exp. Sta Quart Bull 39, 1957. ²⁴ A. Lang, Proc. Nat. Acad. Sci. 43, 1957. ²⁵ S. H. Wittwer, M. I. Viscovas, Econ. Bot. 12, №3, 1958. ²⁶ М. Х. Чайлахян, Н. Л. Каладжян, ДАН Арм. ССР, т. 47, №2 (1968). ²⁷ А. W. Galston, Nature, 183, 4660, 545 (1959). ²⁸ M. G. Mes, Nature, v. 184, 4704 (1959). ²⁹ G. A. Thurber, I. R. Douglas, A. W. Galston, Nature, v. 181, 4615 (1958). ³⁰ Н. Л. Каладжян, М. Х. Чайлахян, ДАН Арм. ССР, т. 25, №3 (1972). ³¹ Д. В. Таркашвили, Сообщения АН Груз. ССР, т. 64, №3 (1971). ³² Н. А. Красильников, Гиббереллины и их действие на растение, Изд. АН СССР, М., 1963. ³³ А. П. Петросян, Л. А. Абрамян, И. Б. Багдасарян, М. Б. Сиркисян, Тез. докл. совещ. по проблеме Биологическая фиксация атмосферного азота, Киев, 1968. ³⁴ Е. И. Ратнер, Питание растений и применение удобрений, М., Изд. "Наука", 1965. ³⁵ N. P. Kefford, J. Brockwell, I. A. Zwar, Austral. J. Biol. Sci. 13, п 4, 1960. ³⁶ G. K. Link, Nature, 1940, 1937. ³⁷ М. Х. Чайлахян, Н. Л. Каладжян, "Биол. журнал Армении", т. 23, №4 (1970). ³⁸ Н. Л. Каладжян, М. Х. Чайлахян, ДАН Арм. ССР, т. 61, №3 (1975). ³⁹ Д. В. Таркашвили, Сообщения АН Груз. ССР, 63, №3 (1971). ⁴⁰ Д. В. Таркашвили, Сообщения АН Груз. ССР, 63, №2 (1971). ⁴¹ Н. А. Красильников, Микроорганизмы почвы и высшие растения. Изд. АН СССР, М., 1958.