УДК 579.64

Л.Ф. Миңнуллина, М.Т. Лотфуллин

РИЗОСФЕРА БАКТЕРИЯЛӘРЕНЕҢ ҮСЕМЛЕКЛӘР ҮСЕШЕНӘ ТӘЭСИРЕ

Работа посвящена выделению из ризосферы картофеля и характеристике бактерий с ростостимулирующей активностью. Выделенные изоляты бактерий были идентифицированы на основе гомологии гена 16S рРНК как новые штаммы *Brevibacterium iodinum* MG-1 и *Pseudomonas putida* MG-2. Показано, что бактерии способны к триптофан-зависимому синтезу индолил-уксусной кислоты (ИУК). Максимальное накопление ИУК у *B. iodinum* MG-1 и *P. putida* MG-2 составило 28,65 мкг/мл и 11,5 мкг/мл соответственно на 72 час роста при добавлении 500 мкг/мл L-триптофана. Обработка семян гороха и ржи суспензией клеток *B.iodinum* MG-1 и *P.putida* MG-2 приводила к стимулированию роста проростков и корешков на 24–28% и 14–24% соответственно. Полученные данные свидетельствуют о том, что выделенные штаммы бактерий имеет потенциал использования в качестве биопрепаратов в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: ризосфера, биопрепараты, почвенные бактерии, развитие растений, индолил-уксусная кислота.

Химик ашламаларны даими һәм күп вакытта контрольсыз куллану кеше сәламәтлегенә генә түгел, әйләнә-тирәгә дә начар тәэсир итә, ә бу исә авыл хуҗалыгы культураларының уңдырышлылыгын арттыруда яңа, биологик яктан зарарсыз ысуллар булдыру ихтыяҗын тудыра. Мондый ысулларның берсе – үсемлекләр үсешен яхшыртырга сәләтле ризосфера (тамыр яны зонасы) бактерияләреннән ясалган биопрепаратлар булдыру. Үсемлекләр үсешен арттыруның төп механизмы булып әлеге бактерияләрнең фитогормоннар (ауксиннар, цитокиннар һәм гиберилиннар), витаминнар һәм башка төрле биологик актив матдәләр бүлеп чыгаруы тора [Bais *et al.*, 2006]. Моннан тыш, ризобактерияләр һавадагы азотны бәйләү, туфрактагы фосфорны үзләштерелә торган хәлгә күчерү, су һәм минераль матдәләр транспортын яхшырту аша да үсемлекләр үсешенә йогынты ясый ала. Бактерицид һәм фунгицид кушылмалар синтезлап, ризосфера бактерияләре үсемлекләрне төрле фитопатогеннардан саклый, һәм шуның белән уңыш югалтуны бермә-бер киметә. Димәк, үсемлекләр үсешен яхшыртырга сәләтле ризобактерияләрне куллану химик ашламаларга биологик альтернатива була ала [Lutfullin *et al.*, 2016].

Фитогормоннарның үсемлек организмындагы күпчелек процессларны контрольдә тотуы яхшы билгеле. Әлеге матдәләрнең күпчелеге үсемлекләрнең үзләрендә синтезланса да, күпмедер өлеше (ризобактерияләр

бүлеп чыгарганы) туфрактан керә. Фитогормоннар бактерияләргә нигә кирәк, дигән сорауга болай җавап биреп була: алар, берьяктан, бактерияләргә башка микроорганизмнар һәм үсемлекләр белән бәйләнеш урнаштырырга ярдәм итсә, икенче яктан, бактериаль күзәнәкнең үзе өчен дә мөһим роль башкара. Шулай итеп, симбиотик бактерияләрнең фитогормоннар синтезлауга сәләте үсемлекләр үсешен яхшыртуда иң кирәкле сыйфатлары булып тора [Shaharoona *et al.*, 2007].

Индолил-3-серкә кислотасын (ИСК) синтезлау ризобактерияләр арасында киң таралган күренеш булганга, нәкъ менә бактериаль ауксиннарның үсемлекләр үсеше һәм туклануына керткән ролен билгеләүгә зур игътибар бирелә [Glick, 2012]. Әлеге матдә үсемлек күзәнәкләре бүленеше һәм дифференциациясенә йогынты ясый, орлык һәм бүлбеләрнең шытучанлыгын, ян һәм өстәмә тамырлар барлыкка килүен арттыра, вегетатив үсеш процессларын контрольдә тота, яктылык һәм гравитацияне тою, чәчәк ату күренешләре өчен җаваплы реакцияләрдә арадашчы ролен башкара, фотосинтезга һәм стресс шартларына каршы торучанлыкка тәэсир итә. ИСК башкарган функцияләрнең шундый күп төрле булуы әлеге ауксинның биосинтезы, транспорты һәм сигнал юлларының гадәттән тыш катлаулылыгы белән аңлатыла [Santner et al., 2009]. Ризосфера бактерияләре тарафыннан ауксиннар синтезы күпмедер дәрәҗәдә үсемлек тамырларының бүлендек[1] составы, төгәлрәк әйткәндә, әлеге бүлендеккә ауксиннарның төп элгәресе булган L-триптофан аминокислотасы керүе белән билгеләнә [Zaidi et al., 2009]. Шунлыктан, үсемлек үсешенә уңай тәэсирле ризобактерия штаммнарын эзләү һәм өйрәнү авыл хуҗалыгында яңа төр биотехнологияләр үсеше өчен мөһим.

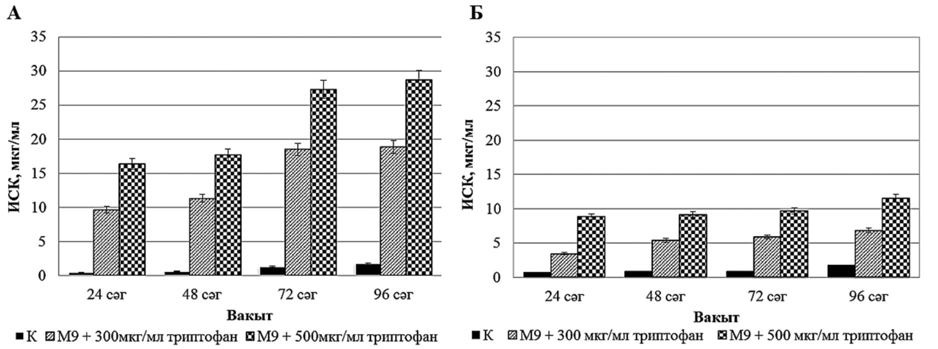
Бәрәңге ризосферасыннан югары дәрәҗәдә ИСК синтезларга сәләтле 2 бактериаль штамм бүлеп алынды. Әлеге изолятлар 16S рРНК генына гомология нигезендә *Brevibacterium iodinum* һәм *Pseudomonas putida* төрләренә караган яңа MG-1 һәм MG-2 штаммнары буларак билгеләнде.

Сальковский реактивы белән үткәрелгән тестта, M9 тирәлегендә үскәндә, *B. iodinum* MG-1 һәм *P. putida* MG-2 бактерияләренең триптофанга бәйле ИСК синтезына сәләтле икәне ачыкланды. Тирәлектә L-триптофан булмаганда, һәр штамм өчен дә ИСК синтезлау дәрәҗәсе түбән булды, һәм 1 мл-га 0,7–1,7 мкг-нан артмады (рәс. 1). 300 мкг/мл L-триптофан өстәлгән тирәлектә 24 сәг. үскәннән соң, *B. iodinum* MG-1 бүлеп чыгарган ИСК күләме 9,65 мкг/мл, ә *P. putida* MG-2 бүлеп чыгарганы – 3,45 мкг/мл-га җитте. Тирәлеккә 500 мкг/мл L-триптофан өстәү исә бу күрсәткечләрне 16,35 һәм 8,85 мкг/мл дәрәҗәсенә җиткерде. Бактерияләрне шул ук шартларда (ягъ-

[1] Тамыр бүлендеге – корневые выделения.

ни 300 һәм 500 мкг/мл L-триптофан өстәлгән М9 тирәлегендә) үстерүне дәвам иткәндә, ИСК-ның тирәлектәге концентрациясе артты, һәм *B. iodinum* MG-1 өчен – 27,3 һәм 28,65 мкг/мл (1 нче А рәс.), ә *P. putida* MG-2 өчен 9,7 һәм 11,5 мкг/мл тәшкил итте (1 нче Б рәс.). Әлеге күренеш L-триптофанның ИСК синтезын индукцияләве турында сөйли.

Бактерияләрнең үсемлек үсешен арттыру сәләтен билгеләү өчен стерильләштерелгән борчак һәм арыш орлыклары кулланылды. Шыттырыр алдыннан, орлыклар 1 сәг. 10^5 һәм 10^7 КББ[1]/мл концентрациясендәге *B.iodinum* MG-1 һәм *P. putida* MG-2 суспензиясендә тотылды. 7 тәүлектән соң тамыр һәм шытымнарның коры биомассасы үлчәнде.



1 нче рәсем. А. *B. iodinum* MG-1 һәм Б) *P. putida* MG-2 бактерияләре үскән тирәлектә индолил-серкә кислотасының тупланышы. К – контроль (М9 тирәлегендә ИСК күләме)

1 нче табица.

B.iodinum MG-1 һәм *P. putida* MG-2 бактерияләре тәэсирендә борчак белән арыш үсемлекләренең тамыр һәм шытым биомассалары артымы

Орлыклар		Биомасса артымы, % ларда			
		B. iodinum MG-1, КББ/мл		*P. putida* MG-2, КББ/мл	
		10^5	10^7	10^5	10^7
Арыш	Шытым	23,8±2,4	28,4±2,8	26,7±2,5	25,4±2,2
	Тамыр	22,8±2,3	14,9±1,8	5,3±0,8	7,01±0,9
Борчак	Шытым	26,4±2,6	10,6±1,2	28,9±3,1	24,0±2,3
	Тамыр	24,6±2,5	20,0±1,9	9,3±1,0	14,3±1,3

[1] КББ – колония барлыкка китерүче берәмлекләр (*рус*. КОЕ – колониеобразующие единицы)..

Таблицадан күренгәнчә, орлыкларны бактерияләр белән эшкәртү шытым һәм тамырларның биомасса артымына уңай йогынты ясый. Шулай да бу эффект шытымнарның биомассасында ачыграк күренә. Әйтик, *B. iodinum* MG-1 һәм *P. putida* MG-2 тәэсирендә шытымнарның коры биомассасы артымы 10–28% һәм 24–28% ка җитсә, тамырчыклар өчен бу күрсәткеч 14–24% һәм 5–14% кына тәшкил итте. Шулай ук биомасса артымына тирәлектәге бактерияләр санының тәэсире дә билгеләнмәде: һәр ике концентрация өчен дә охшаш эффект күзәтелде.

Бактерияләрнең үсемлекләрнең башка өлешләренә тәэсирен өйрәнү өчен, «Дубравная» сорты томатының стерильләштерелгән орлыклары 3 көнлек *B. iodinum* MG-1 һәм *P. putida* MG-2 культуралары белән эшкәртелде. 25 тәүлектән соң үсемлекләрнең сабак озынлыгы һәм тамыр системасының үсеш дәрәҗәсе анализланды (2 нче рәс.).

Әлеге нәтиҗәләр *B. iodinum* MG-1 бактерияләренең томат сабак һәм тамырлары үсешенә, *P. putida* MG-2 бактерияләренә караганда, күбрәк йогынты ясавы турында сөйли.

Шулай итеп, бәрәңге ризосферасыннан бүленгән *B. iodinum* MG-1 һәм *P. putida* MG-2 бактерияләренең үсемлекләр үсешенә уңай йогынты ясарга сәләтле икәне ачыкланды. Әлеге штаммнар, химик ашламаларга алмаш буларак, экологик яктан куркынычсыз биопрепаратлар ясауда кулланыла ала.

2 нче рәсем. 25 көнлек томат үсемлекләренең сабак һәм тамырлары үсешенә *B. iodinum* MG-1 һәм *P. putida* MG-2 штаммнарының тәэсире. Контроль – бактерияләр белән эшкәртелмәгән үсемлекләр

Әдәбият

Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms // Annu. Rev. Plant Biol. 2006. V. 57. P. 233–266.

Glick B.R. Plant growth-promoting bacteria: mechanismsand applications // Hindawi Publishing Corporation, Scientifica. 2012.

Lutfullin M.T., Hadieva G.F., Sharipova M.R., Mardanova A.M. Characterization of growth-promoting activity of *Pseudomonas putida* strain MG-2 // RJPBCS. 2016. V. 7. No. 5. P. 1538–1542.

Santner A., Calderon-Villalobos L.I.A., Estelle M. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth // Nature Chem. Biol. 2009. V. 5. P. 301–307.

Shaharoona B., Jamro G.M., Zahir Z.A., Arshad M., Memon K.S. Effectiveness of various *Pseudomonas* spp. and *Burkholderia caryophylli* containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) // J. Microbiol. Biotechnol. 2007b. V. 17. P. 1300–1307.

Zaidi A., Khan M.S., Ahemad M., Oves M. Plant growth promotion by phosphate solubilizing bacteria // Acta Microbiol. Immunol. Hung. 2009. V. 56. P. 263–284.

Тикшеренү эше Казан (Идел буе) федераль университетының дөньякүләм әйдәп баручы фәнни-белем бирү үзәкләре арасында көндәшлек сәләтен арттыруга юнәлтелгән Дәүләт программасы кысаларында тормышка ашырылды.

Мәкалә «2014–2020 елларга Татарстан Республикасы дәүләт телләрен һәм Татарстан Республикасында башка телләрне саклау, өйрәнү һәм үстерү» Дәүләт программасының 3.5.4. номерлы чарасын тормышка ашыру кысаларында нәшер ителә

***Миңнуллина Ләйлә Фәрваз кызы**,*
Казан федераль университеты аспиранты,
Фундаменталь медицина һәм биология институтының
кече гыйльми хезмәткәре

***Лотфуллин Марат Тәфкил улы**,*
Казан федераль университеты магистранты,
Фундаменталь медицина һәм биология институты
инженеры