



UDK: 579.64

Ma'rufbek ISOQULOV,
O'zMU Biologiya fakulteti Mikrobiologiya va biotexnologiya kafedrasida magistranti
Shurigin VYACHESLAV,
O'zMU Biologiya fakulteti Mikrobiologiya va biotexnologiya kafedrasida dotsenti
Sitora SAMADIY,
O'zMU Biologiya fakulteti Mikrobiologiya va biotexnologiya kafedrasida o'qituvchisi
Bahora JALOLOVA,
O'zMU Biologiya fakulteti Mikrobiologiya va biotexnologiya kafedrasida doktoranti
E-mail: isaqulovmaruf1@gmail.com

O'zRFA Mikrobiologiya instituti katta ilmiy xodimi, b.f.b PhD Elova N.A taqrizi asosida.

MECHANISMS OF PLANT GROWTH STIMULATION BY GROWTH-PROMOTING BACTERIA

Annotation

A positive effect on the growth of plants is carried out due to various properties of bacteria, such as fixation of atmospheric nitrogen, improvement of plant nutrition with phosphorus, and synthesis of plant growth-regulating substances. It is these characteristics that are important in promoting growth and development. At the same time, the improvement of plant growth and development can also be achieved due to the biocontrol properties of bacteria, including competition for nutrients and non-infectious areas, disruption of biochemical processes, production of antibiotics, production of siderophores, production of hydrolytic enzymes, hydrogen cyanide production, such as induction system stability.

Key words: Pseudomonas, Bacillus, Azotobacter, bacteria, rhizobacteria, biocontrol, pathogen, colonization, nitrogen fixation.

МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИМИ БАКТЕРИЯМИ

Аннотация

Стимуляция роста растений осуществляется за счёт различных свойств бактерий, таких как фиксация атмосферного азота, улучшение фосфорного питания растений, синтез регуляторов роста растений. Именно эти свойства являются основными в стимуляции роста и развития. Однако улучшение роста и развития растений может осуществляться и за счёт биоконтрольных свойств бактерий: конкуренция за питательные вещества и сайты инфицирования, нарушение хемотактического притяжения, продуцирование антибиотиков, продуцирование сидерофоров, продуцирование гидролитических ферментов, продуцирование цианистого водорода, индукция системной устойчивости.

Ключевые слова: Pseudomonas, Bacillus, Azotobacter, бактерия, ризобактерия, биоконтроль, патоген, колонизация, азотфиксация.

O'SISHNI JADALLASHTIRUVCHI BAKTERIYALAR TOMONIDAN O'SIMLIKLARNING O'SISHINI RAG'BATLANTIRISH MEKANIZMLARI

O'simliklarning o'sishiga ijobiy ta'sir ko'rsatish bakteriyalar, molekulyar azotni fiksatsiya qilishi, o'simliklarning fosfor bilan oziqlanishini yaxshilashi, o'simliklarning o'sishini tartibga keltiruvchi moddalar sintez qilish kabi turli xil xususiyatlari tufayli baholanadi. Aynan shu xususiyatlar o'sish va rivojlanishni rag'batlantirishda muhim hisoblanadi. Shu bilan birga, o'simliklarning o'sishi va rivojlanishini yaxshilashni bakteriyalarning bionazorat xususiyatlari tufayli ham amalga oshirilishi mumkin jumladan, ozuqa moddalari va infektsiyasiz joylari uchun raqobat, biokimyoviy jarayonlarning buzilishi, antibiotiklar ishlab chiqarish, sideroforlar ishlab chiqarish, gidrolitik fermentlarni ishlab chiqarish, vodorod siyanid ishlab chiqarish. induksiya tizimining barqarorligi kabilar.

Kalit so'zlar: Pseudomonas, Bacillus, Azotobacter, rizobakteriya, patogen, kolonizatsiya, azotfiksatsiya.

Kirish: O'simlik kasalliklarini samarali bionazorat qilish uchun rizobakteriyalar patogen mikroorganizmlar xosil qiladigan moddalarda va atrof-muhitida o'sishi, rivojlanishi kerak. Shunday qilib, rizobakteriyalar ildiz atrofi zonasini biologik nazorati va o'simliklar o'sishini rag'batlantirishining muhim sharti hisoblanadi. Bugungi kunda, bionazorat agentlari, ildiz atrofiga ta'sir qiluvchi biotik va abiotik omillar, patogen bakteriyalarni kelib chiqishi va ularni yo'qotishga yordam beradigan genlarini o'simliklarga kiritib ularga chidamliligini oshirishda ham katta yutuqlarga erishildi [5], [30].

Asosiy qism: Atmosfera azotining fiksatsiyasi. Hozirgi kunga qadar bir nechta azot fiksatsiyalovchi *Pseudomonas* avlodiga kiruvchi shtammlari ma'lum va ularni azot fiksatsiya jarayoni o'simliklarning o'sishi va rivojlanishiga qay darajada ta'sir qilishi haqida aniq manbalar kam. Shunga qaramay, o'simliklarning o'sishiga yordam beruvchi rizobakteriyalarning assotsiativ azot fiksatsiyasi jarayonlaridagi o'rni faol muhokama qilinmoqda, chunki bunday shtammlar fitopatogenlarqa qarshi kurashib o'simliklarning o'sishiga ijobiy ta'sir qiladi. Qizig'i shundaki, nisbatan iqlimi sovuq bo'lgan hududlarda ham o'simlik rizosferalarida azot fiksatsiyalovchi mikroorganizmlar orasida *Pseudomonas* shtammlari boshqa taksanomic guruh vakillariga qaraganda azot fiksatsiya qilishda ustunlik qiladi. Bundan bilishimiz mumkinki *Pseudomonas* avlodi vakillaridan nisbatan sovuqqa chidamlili bo'ladi. Chunki azotni biriktirish uchun optimal harorat 14-20°C dir. Shu bilan birga, *Azospirillum* avlodi bakteriyalari kabi boshqa assotsiativ diazotoflarning azot fiksatsiyasi jarayoni uchun optimal harorat 25°C ni tashkil qiladi.

O'simliklarning fosfor bilan oziqlanishini yaxshilash. Fosfor o'simliklarning o'sishi va unumdorligi uchun muhim element hisoblanadi. Bu element tuproqda organik (o'simlik, hayvon va mikrobiologik qoldiqlar konlari) va noorganik yoki

mineral birikmalar shaklida mavjud. Ushbu umumiy fosfor birikmalarining atigi 5% ni o'simliklar o'zlashtira olishi mumkin. Ayrim mikroorganizmlar, ayniqsa mikorizali zamburug'lar va ba'zi rizobakteriyalar o'simliklarning fosfor bilan ta'minlanishida muhim o'rin tutadi. Bakteriyalar ekzogen fosfat konsentratsiyasini oshirish uchun ikkita tizimdan foydalanishi mumkin: 1) fosfatazalar ta'sirida organik fosfatlarning gidrolizlanishi tufayli; 2) mineral fosfatlardan kislotalar hosil qilish orqali eritish yo'li bilan. *Pseudomonas* avlodining bakteriyalari fosfor birikmalarini samarali eritishga qodir, bu esa o'simliklarning fosfor bilan oziqlanishini yaxshilash uchun muhim hisoblanadi [24], [28].

O'simliklarda o'sish regulyatorlarining sintezi. Rizosferadagi *Pseudomonas* avlodi bakteriyalarida o'simlik ildiz tizimining rivojlanishini rag'batlantirishi ma'lum bo'lgan indolil-3-sirka kislotasini sintez qilish qobiliyati eng ko'p o'rganilgan. *Pseudomonas* PGPRda IAA sintezini o'rganish IAA sintezini oshirishga qodir bo'lgan genetik jihatdan o'zgartirilgan *Pseudomonas* PGPR shtammlarini olish imkoniyatini ko'rsatadi [29]. Ba'zi naftalin biodegradatsiyasi plazmidlarining *Pseudomonas* PGPR ga o'tishi, shuningdek, rizosfera psevdomonadalarida IAA sintezi darajasining oshishiga yordam beradi, bu esa bu plazmidlarda naftalin dioksigenaza sintezi uchun javobgar bo'lgan genning mavjudligi bilan bog'liq. Shuni ta'kidlash kerakki, IAAga qo'shimcha ravishda *Pseudomonas* avlodi bakteriyalari boshqa o'stiruvchi regulyatorlarini ham ishlab chiqarishi mumkin, masalan, gibberellinlar o'xshash moddalar.

Oziq moddalar va bog'lanish joylari uchun raqobat. Rizosfera mikroflorasi patogenlarning o'simlik to'qimalariga kirishiga to'sqinlik qiladi. Ildiz atrofida yashovchi mikroorganizmlar patogenlar bilan, ozuqa moddalari hatto ildiz yuzasida bog'lanish joylari uchun raqobatlasha oladi. Ozuqa moddalari uchun raqobat patogenning kasallikni boshlash uchun kritik populyatsiya zichligini rivojlantira olmasligiga olib keladi. Ma'lum bir bog'lanish joylari uchun raqobat esa o'simlik patogenining infektsiya jarayonini boshlash qobiliyatini kamaytiradi. *Pseudomonas* turli xil ozuqa moddalarini katabolizatsiya qilish qobiliyatiga ega va ildiz zonasida juda tez ko'payadi. Shuning uchun ular sekin o'sadigan patogen zamburug'larga oziqlanish jihatdan raqobatchi bo'ladi [32]. Elad va Chet [10] rizobakteriyalarning *Pythium* qora oyoq kasalligiga qarshi antagonizm mexanizmini tekshirish uchun tadqiqot o'tkazdilar. *Pythium aphanidermatum oosporali* va bionazorat qiluvchi rizobakteriyalar o'rtasidagi ozuqa moddalari uchun raqobat noyob bo'lib, kasallikning yo'qotilishiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatadi. Almashlab ekish va yerga ishlov berish yerdagi mikroob populyatsiyalariga ta'sir ko'rsatishi aniqlangan [21]. Rizobakteriyalar turli o'simliklarda ildiz eksudatlarining chiqishini rag'batlantirishi mumkin [15]. O'simliklar va rizobakteriyalar o'rtasidagi yaqin aloqalar o'ziga xos va foydali rizosferaning shakllanishiga yordam beradi. Ildizda turli kasalliklarni paydo bo'lishini kamaytirishda rizosfera mikroorganizmlarining qo'shimcha roli, patogenning ildiz retseptorlari joylariga xemotaktik jalb qilinishini buzishdir. Scher va boshqalar.

Antibiotiklar ishlab chiqarish. Rizobakteriyalarni antibiotiklar ishlab chiqarishi rizosferadagi patogenlarni kamaytirish va o'simliklar o'sishini rag'batlantirish uchun antifungal ta'sirning eng muhim mexanizmlaridan biridir. Kasallikni kamaytirishda antibiotiklarning roli ko'plab bionazorat tizimlarida mutantlar bilan o'tkazilgan tajribalarda va tozalangan antibiotiklardan foydalangan holda biokimyoviy tadqiqotlarda ko'rsatilgan. Ushbu antimikrobiyal vositalar fungistatik ta'sir ko'rsatish, spora o'sishini ingibitor qilish, zamburug'li mitseliyning lizisini yoki fungitsid ta'sirini ko'rsatish orqali o'simlik patogen zamburug'lariga ta'sir qilishi mumkin. Rizobakteriyalar tomonidan ko'p miqdordagi antibiotiklar, jumladan, fenazin karboksilik kislota, diatsetil floriglyuksinol, oomitsin A, piosiyenin, pirollar, pyoluteorin, pirrolnitrin, iturin A, surfaktin va boshqalar ishlab chiqariladi [4], [20]. *Pseudomonas*lar tomonidan o'simliklarni bionazorat qilishda Floresan antibiotigi ishtirok etadi. *Pseudomonas fluorescens* 2-79 va *P. chlororaphis* 30-84 (sobiq *P. aureofaciens*) shtammlari bug'doy ildizida kelib chiqadigan kasalliklarni kamaytirishga yordam beruvchi fenazin hosilasi antibiotigini ishlab chiqaradi [11]. Antibiotik bir nechta zamburug'larga, shu jumladan *G. graminis* varga faol qarshilik ko'rsatadi. *Pseudomonas fluorescens* CHAO shtammi tomonidan ishlab chiqarilgan 2,4-diatsetil floriglyuksinol, pyoluteorin, vodorod siyanidi, salitsil kislotasi va pyoverdin kabi ikkilamchi metabolitlar turli o'simliklarni tuproq patogen zamburug'lari keltirib chiqaradigan kasalliklardan himoya qilishi aniqlangan [22]. Anjaiah va boshqalar [1]. No'xat rizosferasidan ajratilgan *P. aeruginosa* PNA1 shtammi o'rtacha chidamli no'xat navlari o'simliklarini *fusarium* olgunligidan pishish davrigacha himoya qilishi aniqlangan.

Siderofor ishlab chiqarish. Sideroforlar mikroorganizmlar ishlab chiqaradigan molekullar bo'lib, o'ziga temirni biriktirib oladi. Boshqa molekullarni ham biriktirishi mumkin lekin ko'p hollarda temirni biriktirib oladi. Ho'jayin organizmi uchun zarur bo'lgan moddalarni biriktirib oladi. *Pseudomonas* ishlab chiqaradigan sariq yashil floresen suvda eruvchan pigmenti temirni bakteriya hujayralariga bog'laydi va tashish funksiyasini bajaradi. Ular sideroforlar deb ataladi. PGPR tomonidan sideroforlarning har xil turlari ishlab chiqarilgan: katexol, gidroksamat, pyoverdin, pyoxelin, sepabaktin, shizokinen va azotohelin, rizobaktin, antranin kislota va azotobaktin kabi turlarni o'z ichiga oladi. *Pseudomonas* avlodi ishlab chiqargan floresen sideroforlari turli xil kimyoviy tuzilishga ega va qoida tariqasida sideforda temir temirga yuqori darajada yaqinlikka ega bo'lib, u bilan fitopatogen tomonidan foydalana olmaydigan barqaror komplekslarni hosil qiladi [17], [27]. Fitopatogenlar ham o'zlarining sideroforlarini ishlab chiqaradi, lekin psevdomonad sideroforlaridan farqi, ular temir ionlari bilan ancha sekinroq bog'lanadi. Shuning uchun *Pseudomonadalar* muhim bo'lgan temir elementi uchun fitopatogenlar bilan raqobatda g'alaba qozonadilar [7], [23].

Gidrolitik fermentlarni ishlab chiqarish. Rizobakteriyalar tomonidan ishlab chiqarilgan hujayra devorini erituvchi ba'zi fermentlar patogenlarning yo'q qilinishiga olib kelishi aniqlangan. Masalan, Chet va boshqalar [6] *S. marcescens* dan xitinaza fermentini kodlovchi genni klonlashtirilib, uni *E. coli* ga o'tkazilganda qisman tozalangan xitinaza gifa uchlarini keng yirtib tashlashi kuzatilgan. Chitinaz preparati issiqxona sharoitida *R. solani* keltirib chiqaradigan kasalliklarni kamaytirishda samarali bo'ldi. Xot va boshqalar [13]. *Pseudomonas* va *Bacillus*ning alohida shtammlari xitinaza, b-1,3 glyukanaza (laminarinaza) va sideroforlarni ishlab chiqarishi aniqlangan [20].

ACC deaminaza ishlab chiqarish. Zamburug'li patogenlar o'simlikda etilen sintezini kuchayishiga olib keladi. O'simliklarda etilen miqdorining ko'payishi fitopatogenlar ta'sirida o'simliklar ko'p qismining zararlanishiga olib keladi. [31]. Tashqi etilen ko'pincha o'simliklarni patogen zamburug'lar bilan kasallanish kuchini oshiradi, etilen sintezining ba'zi ingibitorlari esa zamburug'larni kasallik bilan zararlanishini sezilarli darajada kamaytiradi [9]. Turli o'simlik turlarida ildiz o'sishini rag'batlantiradigan ko'plab PGPRlar 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaza fermentini o'z ichiga olganligi aniqlangan, bu ACC etilen prekursorini ammoniy va a-ketobutiratga gidrolizlaydi va buning natijasida o'simlik etilen bisintezini kamaytiradi [26].

Xulosa: Tabiatda mikroorganizmlar suvda, tuproqda, havoda va tirik organizmlar tanasida keng tarqalgan hisoblanadi. Tuproq mikroorganizmlarga eng boy muhitdir. O'simliklar ham bevosita tuproq bilan bog'langan holda rivojlanadi. Tabiatda har bir o'simlik ildizi mikroorganizmlar bilan birgalikda rivojlanadi.

Tuproqda o'simlik va mikroorganizm munosabatlari ijobiy va salbiy ko'rinishda namoyon bo'ladi. Salbiy tomonlari turli patogen mikroorganizmlar o'simlikda turli kasalliklar paydo qilib, o'simlikni o'sishi, rivojlanishi va hosildorligiga katta zarar yetkazadi yoki o'simlik ildizi o'zlashtiradigan birikmalarni o'zlashtirish qiyin holga keltiradi. Ijobiy tomonlari esa o'simlik ildizi va ildizi rizosferasida mikroorganizmlar yashab, o'simlikni rivojlanishiga foydali ta'sir ko'rsatadi. Bu ta'sir tugunak bakteriyalari, mikoriza, ildiz rizosferasi kabi mikroorganizm guruhlarida namoyon bo'ladi.

Ildiz rizosferasida yashaydigan mikroorganizmlar o'simlik uchun turli menerallarni o'zlashtirishni osonlashtiradi. Turli stresli sharoitda ham o'simlikni o'sishini va rivojlanishini yaxshilaydi. Patogen mikroorganizmlarni o'simlik ildizi orqali yuqishini kamaytiradi. O'simliklar uchun atmosferadagi erkin azotni fiksatsiya qiladi. Fosfor bilan oziqlanishini yaxshilaydi. Bundan tashqari mikroorganizmlar o'simlik o'sishi uchun zarur bo'lgan giberillin, indolil-3- sirk kislotasi kabi o'stiruvchi moddalarni sintez qiladi. Mikroorganizmlar ishlab chiqargan ikkilamchi metabolitlar rizosferadagi patogenlarni kamaytirish va o'simlikning o'sishini rag'batlantirishda muhim o'rin tutadi. Zamburug'lar ishlab chiqargan gidrolitik fermentlar esa patogen hujayra devorini eritishi aniqlangan.

ADABIYOTLAR

1. Anjaiah V., Cornells P., Koedam N. Effect of genotype and root colonization in biological control of fusarium wilts in pigeonpea and chickpea by *Pseudomonas aeruginosa* PNA1// Can. J. Microbiol., 2003. – vol. 49. – pp. 85-91.
2. Asaka O., Shoda M. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off of tomato with *Bacillus subtilis* RB14// Appl. Environ. Microbiol., 1996. – vol. 62. – pp. 4081-4085.
3. Bakker P.A.H.M., Pieterse C.M.J., van Loon L.C. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp// Phytopathology, 2007. – vol. 97. – pp. 239-243.
4. Bender C.L., Rangaswamy V., Loper J. Polyketide production by plant-associated pseudomonads// Annu Rev Phytopathol., 1999. – vol. 37. – pp. 175-196.
5. Benizri E., Baudoin E., Guckert A. Root colonization by inoculated plant growth- promoting rhizobacteria// Biocontrol Sci. Technol., 2001. – vol. 11. – pp. 557-574.
6. Chet I., Ordentlich A., Shapira R. Oppenheim A. Mechanism of biocontrol of soil borne plant pathogens by rhizobacteria// Plant Soil, 1990. – vol. 129. – pp. 85-92.
7. Compant S., Duffy B., Nowak J. et al. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects// Appl. and Environ. Microbiol., 2005. – vol. 71, N 9. – pp. 4951-4959.
8. Davis R.M., Menge J.A., Erwin D.E. Influence of *Glomus fasciculatum* and soil phosphorus on *Verticillium* wilt of cotton// Phytopathology, 1979. – vol. 69. – pp. 453-456.
9. Elad Y. Production of ethylene in tissues of tomato, pepper, French bean and cucumber in response to infection by *Botrytis cinerea*// Physiol. Mol. Plant. Pathol., 1990. – vol. 36. – pp. 277-287.
10. Elad Y., Chet I. Possible role of competition for nutrients in biocontrol of *Pythium* damping-off by bacteria// Phytopathology, 1987. – vol. 77. – pp. 190-195.
11. Gurusiddaiah S., Weller D.M., Sarkar A., Cook R.J. Characterization of an antibiotic produced by a strain of *Pseudomonas fluorescens* inhibitory to *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and *Pythium* spp// Antimicrob. Agents Chemother, 1986. – vol. 29. – pp. 488-495.
12. Hassanein W.A., Awany N.M., El-Moughith A.A., El-Dien S.H. The antagonistic activities of some metabolites produced by *Pseudomonas aeruginosa* Sha8// J. Appl. Sci. Res., 2009. – vol. 5. – pp. 404-414.
13. Khot G.G., Tauro P., Dadarwal K.R. Rhizobacteria from chickpea (*Cicer arietinum* L.) rhizosphere effective in wilt control and promote nodulation// Indian J. Microbiol., 1996. – vol. 36. – pp. 217-222.
14. Maurhofer M., Reimann C., Schmidli-Sacherer P., Heeb S., Haas D., Defago G. Salicylic acid biosynthetic genes expressed in *Pseudomonas fluorescens* strain P3 improve the induction of systemic resistance in tobacco against tobacco necrosis virus// Phytopathology, 1998. – vol. 88. – pp. 678-684.
15. Merharg A.A., Killham K. Loss of exudates from roots of perennial rye grass inoculated with a range of microorganisms// Plant Soil, 1995. – vol. 170. – pp. 345-349.
16. Milner J.L., Stohl E.A., Handelsman J. Zwittermicin A resistance gene from *Bacillus cereus*// J. Bacteriol., 1996. – vol. 178. – pp. 4266-4272.
17. Neilands J.B. A Crystalline Organo-iron pigment from a Rust Fungus (*Ustilago sphaerogena*)// Journal of the American Chemical Society, 1952. – vol. 74, N 19. – pp. 4846 - 4847.
18. Ryu C.M., Farag M.A., Hu C.H., Reddy M.S., Kloepper J.W., Pare P.W. Bacterial volatiles induce systemic resistance in *Arabidopsis*// Plant Physiol., 2004. – vol. 134. – pp. 1017-1026.
19. Scher F.M., Kloepper J.W., Singleton C.A. Chemotaxis of fluorescent *Pseudomonas* spp. to soybean root exudates in vitro and in soil// Can. J. Microbiol., 1985. – vol. 31. – pp. 570-574.
20. Sindhu S.S., Dadarwal K.R. Chitinolytic and cellulolytic *Pseudomonas* sp. antagonistic to fungal pathogens enhances nodulation by *Mesorhizobium* sp. *cicer* in chickpea// Microbiol. Res., 2001. – vol. 156. – pp. 353-358.
21. Sturz A.V., Carter M.R., Johnston A.W. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture// Soil Till. Res., 1997. – vol. 41. – pp. 169-189.
22. Stutz E.G., Defago G., Kern H. Naturally occurring fluorescent pseudomonads involved in suppression of black root rot of tobacco// Phytopathology, 1986. – vol. 76. – pp. 181-185.
23. Vassilev N., Vassileva M., Nikolaeva I. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: Potentials and future trends// Appl. Microbiol. and Biotechnol., 2006. – vol. 71, N 2. – pp. 137-144.
24. Vissey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers// Plant Soil, 2003. – vol. 225. – pp. 571-586.
25. Voisard C., Keel C., Haas D., Defago G. Cyanide production by *Pseudomonas fluorescens* helps suppress black root rot of tobacco under gnotobiotic conditions// The EMBO Journal, 1989. – vol. 8, N 2. – pp. 351-358.

26. Wang C., Knill E., Click B.R., Defago G. Effect of transferring 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) deaminase genes into *Pseudomonas fluorescens* strain CHAO and its *gacA* derivative CHA96 on their growth-promoting and disease-suppressive capacities// *Can. J. Microbiol.*, 2000. – vol. 47. – pp. 642-652.
27. Whipps J.M. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere// *Journal of Experimental Botany*, 2001. – vol. 52. N 1. – pp. 487-511.
28. Боронин А.М. Ризосферные бактерии рода *Pseudomonas*, способствующие росту и развитию растений// *Соросовский образовательный журнал*, 1998. – №10. – С. 25–31.
29. Мордухова Е.А., Кочетков В.В., Поликарпова Ф.Я., Боронин А.М. Синтез индолил-3-уксусной кислоты ризосферными псевдомонадами: Влияние плазмид биodeградации нафталина// *Прикл. биохимия и микробиология*, 1998. – Т. 34, №3. – С. 287-292.
30. Sindhu S.S., Rakshiya Y.S., Malik D.K. Rhizosphere bacteria and their role in biological control of plant diseases// In: *Biotechnology emerging trends*. – Edited by Sayyed R.Z., Patil A.S. – Jodhpur (India): Scientific Publishers, 2009. – pp. 17-52.
31. Van Loon L.C. Regulation of pathogenesis and symptom expression in diseased plants by ethylene// In: *Ethylene: biochemical, physiological and applied aspects*. – Edited by Fuchs Y., Chalutz E. – The Hague, The Netherlands: Martinus Nijhoff, 1984. – pp. 171-180.