

## Агробιολογичен форпост

Павлина Наскова, Драгомир Пламенов, Пламена Янкова\*

Технически университет – Варна, катедра „Растениевъдство“

\*E-mail: [pl\\_yankova@abv.bg](mailto:pl_yankova@abv.bg)

### Резюме

Повишаването на производителността на културите, ефективното и ограничено използване на торове, продукти за растителна защита, както и повишаването на устойчивостта и адаптацията на растенията към неблагоприятни агроклиматични условия и антропогенни въздействия са от особено значение за земеделието. Особено важни за решаването на тези проблеми са микробиологичните подходи и техники, които се основават на използването на потенциала на почвените микроорганизми, както и на биологичните механизми на взаимодействие между компонентите на растително-микробните системи. В разработката са разгледани различни видове ризосферни микроорганизми и техните функции в агробιολογичния форпост.

**Ключови думи:** почвена микрофлора; биологична защита; селско стопанство; ризосфера

## Agrobiological forpost

Pavlina Naskova, Dragomir Plamenov, Plamena Yankova\*

Technical University, Plant Production, 1 Studentska str., 9000 Varna, Bulgaria

\*E-mail: [pl\\_yankova@abv.bg](mailto:pl_yankova@abv.bg)

### Citation

Naskova, P., Plamenov, Dr., & Yankova, P. (2023). Agrobiological forpost. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 60(4) 65-70 (Bg).

### Abstract

Increasing crop productivity, efficient and limited use of fertilizers, plant protection products, as well as increasing the resistance and adaptation of plants to adverse agro-climatic conditions and anthropogenic impacts are of particular importance for the agriculture. Microbiological approaches and techniques that are based on exploiting the potential of soil microorganisms, as well as the biological mechanisms of interaction between components of plant-microbe systems, are particularly important for solving these problems. In this study, different types of rhizosphere microorganisms and their functions in the agrobiological forpost are discussed.

**Key words:** soil microflora; biological protection; agriculture; rhizosphere

## ВЪВЕДЕНИЕ

Терминът форпост (на немски: *Vorpost*) или аванпост (на френски: *avant-poste* – място отпред) е термин от военното дело. Означаваша изнесена напред стража или отред за охрана. В съвременното земеделие ролята на „преден ох-

ранителен пост“ се изпълнява от полезните микроорганизми в почвата. Същността на този биологичен метод за борба с фитопатогените е използването на микроорганизми или техни метаболитни продукти за потискане на развитието на патогени. Напоследък този метод получава все по-голямо внимание. Във връзка с това все

по-близо е момента, в който всеки земеделски стопанин ще бъде поставен в позиция, в която ще трябва да се погрижи за „живота“ в почва, върху която отглежда земеделска продукция. Причините за това са различни, една от тях е че не са малко химичните вещества, използвани години наред в земеделието, които вече са забранени и не са на пазара, в резултат на което се налагат иновации в земеделието. Друга причина е, че редица болести по земеделските култури се съхраняват в почвата под формата на мицел или спори. Борбата с тях може да се осъществи чрез различните микроорганизми (Lord, 2005). Така може да се потисне развитието на почвените патогени, както и да се намали плътността на насекомите с почвен цикъл на развитие до праг на икономическа вредност, при който няма да има опасност за земеделските култури. Трябва да се има предвид, че редица болести, неприятелни, както и плевели вече са развили резистентност към химичните вещества, използвани в продуктите за растителна защита, също така са придобили и по-голяма агресивност. В резултат на изследвания и проучвания се откриват все по-вирулентни щамове, които трудно могат да се контролират с познатите ни до момента средства.

В съвременното земеделие започна да се прилага по-активна грижа за биогенността на почвата, защото предимно от нея зависи до голяма степен получаването на високи добиви (Degens et al., 2000). Въпреки непредсказуемите атмосферни условия, които имат влияние върху развитието на земеделските култури по време на вегетацията, на първо място е почвата, защото тя дава живот на всяко едно растение. Всички почвени микроорганизми спомагат за процесите, които протичат в почвата. Те подобряват плодородието на почвата и насърчават оцеляването на разсада, произвеждат вещества, които помагат за покълването на семената, ускоряват образуването на корени, помагат на растенията да абсорбират хранителни вещества от почвата, да се борят с вредните насекоми и да обработват отпадъците. Благоприятният ефект на почвените микроорганизми в растениевъдството е трудно да се надцени. Около кореновата система на растенията съществуват много микроорганизми, както полезни, така и патогенни. Някои могат да потискат дейността на други или,

обратно, да допринесат за тяхното развитие или изобщо да не си взаимодействат. Тази биоценоза засяга растенията. В зависимост от състава му растенията могат да се разболеят или активно да растат и дават продукция. Задачата на съвременния агроном е да създаде правилната биоценоза на микроорганизмите, т.е. тази, при която полезните бактерии постоянно преобладават.

Съществуват бактерии, които имат способността да се борят с почвените патогени по начин, по който издигат „бариера“ между кореновата система на растенията и присъстващият патоген. През живота на едно растение, то може да живее също така и в симбиоза с микоризни гъби, като разбира се в една такава колаборация и двете страни печелят. Бактериите, които имат отношение в борбата с почвените патогени са *Bacillus subtilis* и *Bacillus amyloliquefaciens* / *Bacillus velezensis*. Тези бактерии имат възможността да живеят в обсега на кореновата система на растенията, в зоната ризосфера, затова и самите бактерии са ризобактерии. Още в началните етапи на развитие на растението тези бактерии започват да отделят токсини, които пречат на покълването на спорите на почвените патогени като *Fusarium*, *Botrytis*, както и много други, които се съдържат в почвата под някаква форма (Dyakov, 2013; Govorova & Govorov, 2016).

*Bacillus subtilis* е невероятна бактерия. Тя се среща във вода, въздух и почва. Тази бактерия притежава необичайна способност да се адаптира към променящите се условия на околната среда, като това се дължи на генома ѝ. По време на изследването и изучаването на генома са открити голям набор от транспортни протеини, на които се дължи широката ѝ екологична толерантност. Тази полезна бактерия синтезира повече от 220 биологично активни вещества (Maslennikova et al., 2022). Действието на много от тях е насочено срещу патогени на опасни болести по растенията. Поради това *B. subtilis* се използва често като основен компонент на микробиологични препарати за третиране на земеделските култури (Shternshis, 2012; Degering et al., 2010). Синтезираните от тях антибиотици като сърфактин, итурин и фенгицин (Ahimou et al., 2000) намаляват ефекта на патогенни микроорганизми върху растенията. *Bacillus subtilis* синтезира витамини, аминокиселини и ензими, стимулиращи собствения „имунитет“ на растенията. Напоследък в

най-съвременните продукти за растителна защита отделни фрагменти от *B. subtilis* се използват като т. нар. елиситори - вещества, които могат да предизвикат имунен отговор в растенията. След третиране с такива препарати растението повишава своя имунитет по отношение на фитопатогенни организми, като така придобива определена устойчивост. Освен това *B. subtilis* са активни индуктори на ендогенния интерферон, повишават имунобиологичната реактивност на тялото, нямат патогенни свойства за селскостопански животни и човека (Chebotar et al., 2009; Vladimirov et al., 2020).

Въпреки популярността си сред учени *B. subtilis* все още не е разкрил пълния си потенциал за хората. Затова изследванията свързани с този микробиологичен вид, както и биологично активните вещества, които се синтезират, все още продължават. За нормалния метаболизъм в растенията е необходима определена концентрация на фосфор (Caballero-Mellado et al., 2007; Mostafa & Abo-Baker, 2010). Ако няма достатъчно фосфор, азотът не участва в образуването на протеини. В резултат на това в почвата се образуват излишни азотни съединения под формата на нитрати и нитрити, които се разграждат от почвените бактерии, мобилизатори на фосфор. Поразителен екземпляр от този вид е бактерията *Bacillus megaterium*. Тя е в състояние да конвертира хранителни форми, недостъпни за растенията, в смислаеми, по-специално, освобождава фосфор от органиката и го превръща в разтворими соли на фосфорна киселина. Доказано е, че фосфорът се намира в почвата като част от химични съединения, чието усвояване е недостъпно за растенията (Samsonova, 2005). В почвата има много такъв неподвижен, необменен фосфор, до 5-6 тона на всеки хектар. Въвеждането на живи бактерии *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* в почвата позволява да се намали разхода на минерални фосфорни торове с 2-3 пъти и да се подобри качеството на селскостопанската продукция (Degens et al., 2000). Тъй като на нашата планета незамърсените плодородни почви остават все по-малко, особено важно е да се изолират щамове микроорганизми, които са потенциално активни в мобилизирането на биогенни елементи не само от органичния, но и от неорганичния компонент на почвата, например вторични минерали (Samsonova,

2005). Бактерията *B. megaterium* е в състояние да произвежда естествени активни вещества и широка гама от витамини. Това активно помага за покълването на семената на растенията и поддържането на незрели кълнове (Bobkova et al., 2020).

*Pseudomonas fluorescens* са група, непатогенни сапрофити, които колонизират почвата и водата. Те са често срещани грам отрицателни пръчковидни бактерии, отделящи разтворим зеленикав флуоресцентен пигмент, наречен флуоресцеин, особено при условия на ниска наличност на желязо. *Pseudomonas fluorescens* се развива добре в среди с минерални соли, допълнени с по-голям брой източници на въглерод (Palleroni, 1984). Доказано е, че *P. fluorescens* са потенциални агенти за биоконтрол, които потискат болестите по растенията, като предпазват семената и корените от гъбна инфекция. Известно е, че те стимулират растежа на растенията и намаляват тежестта на много гъбни заболявания (Hoffland et al., 1996). Този ефект е резултат от производството на редица вторични метаболити, включително антибиотици, сидерофори и циановодород (O'Sullivan et al., 1992). Nass & Defago (2005) разглеждат подробно механизмите, чрез които *P. fluorescens* контролира патогенните микроорганизми, причиняващи кореново гниене. Конкурентното изключване на патогени в резултат на бърза колонизация на ризосферата от *P. fluorescens* може също да бъде важен фактор в контрола на заболяването. *Pseudomonas fluorescens* синтезира регулатори на растежа на растенията (например, индолил-оцетна киселина, която стимулира образуването на корени), подобрява храненето с фосфор (Egamberdieva et al., 2017).

Друга ризобактерия, която има значението за подобряване на храненето на растенията и подобряване на почвеното плодородие е *Azotobacter chroococcum* (Kurrey et al., 2018). *Azotobacter chroococcum* е "хормон на щастието" за растенията, способен е да насища почвата с азот и да помага да се включи естествения механизъм за самопочистване. *Azotobacter chroococcum* е адаптиран към среда с високо съдържание на въглероден диоксид, и може да неутрализира агресивните форми на кислорода и да фиксира азота. Не е трудно да се проследи логическата верига: без азот няма протеини, няма хлорофил

и резултатът е липса на флора. Екзополисахаридите, произведени от тази бактерия, са доста многофункционални: те са в състояние да задържат заедно тежки метали, което има положителен ефект върху процеса на самопочистване на почвата от олово, живак и кадмий. Обхватът на използването на *Azotobacter chroococcum* в изследователски експерименти като микробен инокулант чрез освобождаване на вещества за растеж и тяхното въздействие върху растението значително подобрява продукцията от земеделски култури (Gothandapani et al., 2017). Установено е, че тази бактерия синтезира ауксини, цитокинини, което инхибира развитието на микроскопични патогенни гъби, които потискат растежа на растенията.

*Lactococcus lactis* е полезна бактерия, позната на човечеството отдавна. Дори във времето, когато хората не са подозирали за съществуването на микроорганизми, човечеството активно е използвало резултатите от жизнената дейност на тази бактерия. *Lactococcus lactis* е ярък представител на млечнокисели бактерии. Тя участва активно в консервирането, в кулинарните процеси и в приготвянето на фуражи за животните. В естествена среда *Lactococcus lactis* повишава продуктивността на растенията и участва в образуването на естествена бактерицидна флора (Comprant et al., 2005).

Сред природните ресурси за регулиране на популациите на насекомните вредители, ентомопатогенните гъби заслужават специално внимание. Те живеят в почвата, върху растенията, в телата на насекомите. Периодично тези биологични агенти причиняват огнища на масови заболявания на насекомите, което води до рязко потискане на техния брой, запазвайки реколтата.

За първи път опит за изкуствено култивиране на ентомопатогенна гъба *Metarhizium anisopliae* е направен през 1902 г. от руския учен И. И. Мечников (Inglis et al., 2008). Това е началото на микробиологичния метод за регулиране на числеността на насекомите, който се разпространява в целия свят. Към момента са изследвани основните фактори на околната среда, които влияят върху ефективността на *Metarhizium anisopliae* като агенти за биологичен контрол върху *Hylobius pales* (Bischoff et al., 2009). Гъбите изискват относителна влажност над 92,5% и температура между 15 и 35 °C за покълване

на спори, растеж на мицела и спорообразуване. Оптималното покълване, растеж и спорообразуване настъпва при 100% относителна влажност и при 25-30 °C. Точката на термична смърт за спорите и на двата вида е близо 50 °C. Спорите, съхранявани при 21 °C, губят цялата жизнеспособност само след няколко месеца, докато спорите съхранявани при 8°C остават жизнеспособни поне една година.

*Beauveria bassiana* е ентомопатогенна гъба, който развива част от жизнения си цикъл в почвата и активно участва в борбата с насекомите. Гъбата заразява насекомите чрез спори и колонизира вътрешността на гостоприемника, което води до загиването му (Posada & Vega, 2005). Патогенът има способността да се намножава в почвата за дълъг период от време, при благоприятни условия, като ППВ 60-70% и температура на почвата над 10 °C. Устойчивостта на конидиите на гъбата обаче може да бъде намалена от различни абиотични фактори, включително и внасянето на торове. Проведени са изследвания как влияят азотните торове върху устойчивостта на гъбата в почвата (Lodewyckx et al., 2002). В проучването са използвани пресен кравешки оборски тор, компост и карбамид. Всеки от тях се смесва с почва, навлажнява се и след това се автоклавира. След охлаждане се добавя 0,1 g от *B. bassiana* и се инкубира при 25°C за 7 дни. Оцеляването на *B. bassiana* се определя чрез посяване върху агар. Стига се до извода, че почвата, която съдържа пресен оборски тор, е вредна за *B. bassiana*, а компостът е благоприятен за развитието на гъбата. Уреята не оказва значително влияние върху гъбата.

Научните постижения в областта на агрибиологичния форпост са база, на която се разработват биоторове и биопестициди, намиращи все по-широка употреба в съвременното устойчиво земеделие.

През 2005 г. „биотор” е дефиниран като продукт, съдържащ живи микроорганизми, които оказват директно или индиректно положително въздействие върху растежа на растението или добивите по различен начин, в зависимост от конкретните механизми и способности на приложение (Popov & Karova, 2011). Определението „биотор” е разширено, включвайки бактерии, използвани, за да контролира растителните патогени. Съществува детайлна класификация на

биоторовете (Таблица1), която непрекъснато търпи развитие.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

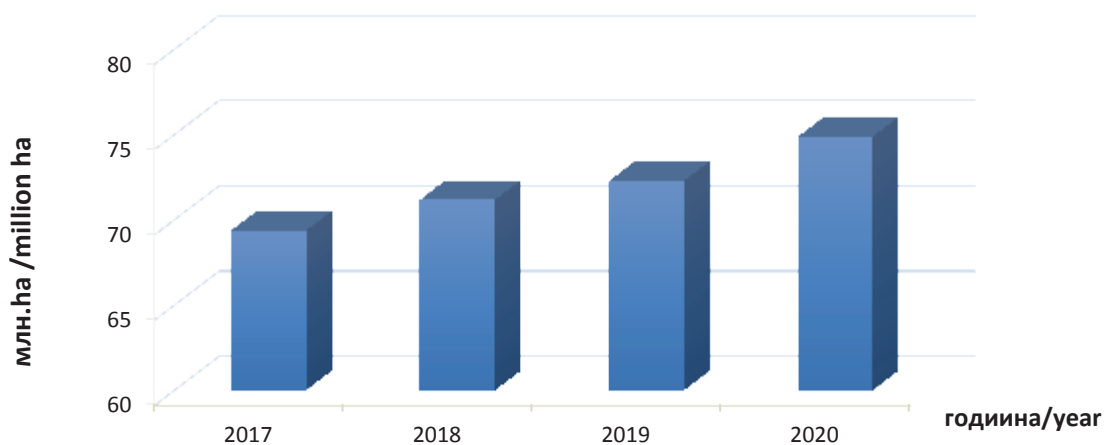
Процесът на самовъзстановяване е важна характеристика на здравата почва. Бактериите,

участващи в биологичния форпост допринасят за повишаването на плодородието на почвата. Полезните бактерии участват в много химични реакции и процеси, протичащи в почвата, повишавайки нейната биологична активност. В процеса на жизнената си дейност те участват в образуването на хумус, осигуряват балансирано хранене на растенията, осигуряват им достъпни

**Таблица 1.** Класификация на биоторове

**Table 1.** Classification of biofertilizers

Групи / Groups	Видове / Species
<b>A. Азотфиксиращи биоторове / Nitrogen-fixing biofertilisers</b>	
1. Самостоятелно съществуващи/ Self-existing	<i>Azotobacter, Clostridium, Anabaena</i>
2. Симбиотични/ Symbiotic	<i>Rhizobium, Anabaena azollae</i>
3. Асоциативна симбиоза/ Associative symbiosis	<i>Azospirillum</i>
<b>B. Разтварящи биоторове/ Dissolving biofertilizers</b>	
Бактериални/ Bacterial	<i>Bacillus subtilis, Pseudomonas striata</i>
Гъбни/ Fungi	<i>Penicillium sp., Aspergillus awamori</i>
<b>C. Мобилизиращи биоторове/ Mobilising biofertilisers</b>	
	<i>Arbuscular Mycorrhiza, Ectomycorrhiza, Edicoid Mycorrhiza</i>
<b>D. Биоторове микроелементи Силикатни и цинк разтворители/ Micronutrient biofertilizers Silicate and zinc solvents</b>	
	<i>Bacillus sp.</i>
<b>E. Бактерии, стимулиращи растежа на растенията (БСРР):/ Plant growth promoting bacteria (PGBP): Аеробни, грам негативни бактерии (Pseudomonas)/ Aerobic, gram negative bacteria (Pseudomonas)</b>	
	<i>Pseudomonas fluorence</i>



**Фигура 1.** Земеделска земя, обработвана с биоторове в световен мащаб за периода 2017-2020 година (<https://statistics.fibl.org/>)

**Figure 1.** Agricultural land, treated with biofertilizers worldwide for the period 2017-2020 year (<https://statistics.fibl.org/>)

форми на макроелементи. Повишава се устойчивостта на растенията към болести и неблагоприятни фактори на околната среда.

Употребата на биоторове и биопестициди гарантира получаване на биологично чиста реколта и е част от устойчивото земеделие.

## REFERENCES

- Ahimou, F., Jacques, P., & Deleu, M. (2000). Surfactin and iturin A effects on *Bacillus subtilis* surface hydrophobicity. *Enzyme and microbial technology*, 27(10), 749-754.
- Bobkova, V. V., Konovalov, S. N., Motyleva, S. M., Upadyshev, M. T., & Chebotar, V. K. (2020). The importance, role and promise of endophytic bacteria in horticulture. *Horticulture and viticulture*. 2020 (6), pp. 24-30 (Ru).
- Bischoff, J. F., Rehner, S. A. & Humber, R. A. (2009). A multilocus phylogeny of the *Metarhizium anisopliae* lineage. *Mycologia*. 101(4), pp. 512-530.
- Caballero-Mellado, J., Onofre-Lemus, J., Estrada-De Los Santos, P., & Martínez-Chebotar, V. K., Makarova N. M., Shaposhnikov, A. I. & Kravchenko, L. V. (2009). Antifungal and phyto-stimulating characteristics of *Bacillus subtilis* ch-13 rhizospheric strain, producer of biopreparations. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2009. T. 45. № 4. С. 419-423 (Ru).
- Compant, S., Duffy, B., & Nowak, J. (2005). Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Appl Environ Microbiol*.71(9):4951-9
- Degens, B. P. et al. (2000). *Soil Biol. Biochem.* 2000., V. 32., №2.
- Degering, C., Eggert, T., Puls, M., Bongaerts, J., Evers, S., Maurer, K. H., & Jaeger, K. E. (2010). Optimization of protease secretion in *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* by screening of homologous and heterologous signal peptides. *Applied and environmental microbiology*, 76(19), 6370-6376.
- Dyakov, Y. T. (2013). Entertaining mycology. Ppublishing house house "LIBROKOM", 240 p. (Ru).
- Egamberdieva, D., Wirth, S., & Jabborova, D. (2017). Coordination between *Bradyrhizobium* and *Pseudomonas alleviates* salt stress in soybean through altering root system architecture. *J Plant Interact.* 12(1):100-10.
- Gothandapani, S., Sekar S., & Padaria, J. C. (2017). *Azotobacter chroococcum*: Utilization and potential use for agricultural crop production: An overview. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 4(3):35-42.
- Govorova G. F., & Govorov D. N. (2016). Fungal diseases of strawberries. Monograph, Prospekt Publishing House (Ru).
- FiBL Statistics - European and global organic farming statistics: <https://statistics.fibl.org/>
- Hass, D., & Defago, G. (2005). Biological control of soil born pathogens by fluorescent *Pseudomonads*. *Nature Rev Microbiol*, 3: 307-319.
- Hoffland, E., Halilinen, J., & Van Pelt, J. A. (1996). Comparison of systemic resistance induced by avirulent and nonpathogenic *Pseudomonas* species. *Phytopathology*, 86: 757-762.
- Inglis, G. D., Duke, G.M., Kabaluk, J.T., & Geottel, M. A. (2008). Genetic diversity of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* in southwestern British Columbia. *J Invertebr Pathol.* 98: 101-113
- Kurrey, D. K., Sharma, R., Lahre, M. K., & Kurrey, R. L. (2018) Effect of *Azotobacter* on physio-chemical characteristics of soil in onion field. *Pharma Inn. J.* 2018;7(2),108-113.
- Lodewyckx, C., Vangronsveld, J., & Porteous, F. (2002). Endophytic Bacteria and Their Potential Applications. *Crit Rev Plant Sci*, 21(6):583-606.
- Lord, J. C. (2005). From Metchnikoff to Monsanto and beyond: The path of microbial control. *J. Invertebrate Pathology*. Vol. 89., 19-29.
- Maslennikova, V. S., Tsvetkova, V. P., Nersesyan, S. M., Bedareva, E. V., Kalmykova, G. V., Dubovsky, I. M., & Litvina, L. A. (2022). Effect of inoculation of potato tubers with *Bacillus* bacteria on the population of rhizosphere microorganisms. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. (1): 46-55 (Ru). <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2022-62-1-46-55>
- Mostafa, G. G., & Abo-Baker, A. A. (2010). Effect of bio-and chemical fertilization on growth of sunflower (*Heliantus annuus* L.) at South Valley Area. *Asian Journal of Crop Science* 2 (3): 137- 146.
- O'Sullivan, D. B., & O'Gara, F. (1992). Traits of fluorescent *Pseudomonas* spp. involved in suppression of plant root pathogens. *Microbiol Rev*, 56: 662-676.
- Palleroni, N. J. (1984). "*Pseudomonadaceae*". In *Bergey's manual of systematic biology*, Edited by: Kreig, NR and Holt, JG. 141-199. Baltimore: Williams and Wilkins Co.
- Posada, F., & Vega, F. E. (2005). Establishment of the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as an endophyte in cocoa seedlings (*Theobroma cacao*). *Mycologia*. 97(6):1195-1200.
- Popov, V., & Karova, A. (2011). Organic farming. Academic publishing house of Agrarian University-Plovdiv ISBN: 978-954-517-120-8 (Bg).
- Samsonova, N. E. (2005). Agrochemical. №8
- Shternshis, V. M. (2012). Trends of microbial pesticides biotechnology developed for plant protection in Russia. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2012. № 2 (18), 92-100 (Ru).
- Vladimirov, L. N., Neustroev, M. P., & Tarabukina, N. P. (2020). Arctic strains of *Bacillus subtilis* of in modern microbiotechnology. *Journal "Veterinaria i kormlenie"* # 2, 17-20 (Ru).