ПОЧВОЗНАНИЕ АГРОХИМИЯ И ЕКОЛОГИЯ, ГОД. XLVIII, № 3-4
SOIL SCIENCE AGROCHEMISTRY AND ECOLOGY, VOL. XLVIII, № 3-4
София. 2014. Sofia

Р. ДОНКОВА, А. ДИМИТРОВА, Е. ДЖОНОВА, Г. ПЕТКОВА, К. НЕДЯЛКОВА, А. МАРКОВА, Р. АЛТИМИРСКА
Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкаров", София

Биологични методи за повишаване добива и подобряване качеството на продукцията при отглеждане на бобови култури на Черноземни почви

Biological Methods to Increase Yield and Improve of Quality Production in Growing Legumes of Chernozem Soils

R. Donkova, A. Dimitrova, E. Dzonova, G. Petkova, K. Nedyalkova, A. Markova, R. Altimirska
N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria

Abstract

Data on symbiotic nitrogen fixation of some important leguminous plants in conditions of Chernozem soils were summarized. Some of the factors that enable the regulation of symbiotic nitrogen fixation process were studied. The influence of soil type, plant cultivars– nitrogen fixing bacteria genetic compatibility, single and mixed inoculation of some leguminous plants, the influence of zinc and other microelements application manner were investigated. A yield and protein content increase in effective plant-nitrogen fixing bacteria combinations was established. Effective combinations were selected, as follows: for bean – *R. leguminosarum* bv*. phaseoli* 51 + *A. brasilense* sp. 107 и *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 38 + *A. chroococcum* 9a; for soybean – *Br. japonicum* 646 + *A. chroococcum* 9a; for alfalfa – *R. meliloti* 24L + *A. brasilense* sp. 107; for lupine – *Bradyrhizobium* sp. (lupini) 300 + *A. brasilense* sp. 107.

Key words: Chernozems, biological methods, yield of leguminous plants

В съвременните условия на земеделие се повишават изискванията за получаване на екологически чиста растителна продукция. Проучванията върху биологичната азотфиксация показаха, че това е процес, който може да допринесе за пълното или частично заменяне на азотното торене при редица селскостопански култури и за опазване на околната среда и продукцията от замърсяване. Особен интерес представлява симбиотичната азотфиксация, която се осъществява от грудковите бактерии и бобовите растения. Общото количество молекулярен азот от въздуха, включен в биологичния кръговрат чрез симбиотичната азотфиксация е 3 млн. тона годишно. Следователно един от начините, спомагащи за решаване на азотния проблем е максималното използване в селското стопанство на бобови растения, които в симбиоза с бактериите от родовете *Rhizobium* и *Bradyrhizobium* фиксират атмосферен азот и в зависимост от вида на бобовата култура и условията на симбиотичната азотфиксация обогатяват почвата в количества до 30 kg/da.

При различните бобови растения в зависимост от ефективността на грудковите бактерии, характера на взаимоотношенията между тях, условията на отглеждане на бобовата култура и

други, количеството на биологически свързания азот може да достигне до 90% от общо натрупания азот в добива. В резултат на ефективна симбиоза между грудковите бактерии от родовете *Rhizobium* и *Bradyrhizobium* и бобовото растение се повишава не само добивът от растението, но се подобрява и неговото качество – увеличава се съдържанието на общ и белтъчен азот и на биологически активни вещества (витамини, ауксини, ензими и други). Това обосновава целесъобразността от използване на бактериални препарати при отглеждане на бобовите култури (Маркова и кол., 2011).

За създаването на ефективна симбиоза между бобовите растения и грудковите бактерии е необходимо познаване както на свойствата на всеки симбионт, така и на особеностите на тяхното взаимодействие при различни условия. Ето защо при селекционната работа за повишаване ефективността на симбиотичната азотфиксация е особено важно да се изучава както вирулентността, азотфиксиращата активност и ефективност на грудковите бактерии, така и тяхната преживяемост, миграция и конкурентна способност в почвата (Чанова и кол., 1998; Маркова и кол., 2002а; Маркова, 2002; Маркова и кол., 2005). Освен това за максимално ефективни взаимоотношения между грудковите бактерии и бобовите растения е необходимо да се подбират генетически съвместими двойки сорт – щам, които се отличават с висока азотфиксираща активност и способност да влияят положително върху формирането на добива.

У нас са проучени азотфиксиращите системи на голям брой бобови зърнени и фуражни култури – грах, фасул, бакла, соя, нахут, люцерна, детелина, звездан и др., голяма част от тях в условията на Черноземни почви.

Основни задачи в изследванията:

– Да се установят факторите, които дават възможност за регулиране на процеса симбиотична азотфиксация и получаване на възможно най-големи количества симбиотично фиксиран азот.

– Да се селекционират, изпитат и внедрят високоефективни щамове грудкови бактерии в селскостопанското производство, което ще доведе до усъвършенстване на технологията за отглеждане на бобовите култури и повишаване добива и качеството на продукцията от тях.

На тези задачи са подчинени системни и дългогодишни проучвания на трите компонента на симбиотрофната система – *почва*, *бактерии*, *растение*.

Установено е, че в българските Черноземи се срещат сравнително малко видове местни грудкови бактерии. От тях сравнително най-разпространени са специфичните за люцерната грудкови бактерии *Rhizobium meliloti.* Количеството им се колебае в твърде широки граници. По-големи количества са отчетени в Карбонатните, Типичните и Излужените Черноземи. Въпреки сравнително доброто им разпространение в Черноземите, местните щамове *R. meliloti* невинаги са с висока азотфиксираща активност, поради което при отглеждането на люцерна от съществено значение за получаване на по-високи добиви и постигане на по-добри хранителни показатели на сеното е прилагането на конкурентноспособни, високоактивни и ефективни щамове. На табл. 1 са представени данни от многогодишни полски опити за ефекта от инокулацията на люцерна с *R. meliloti* 236, отгледана на Оподзолен Чернозем (с. Раковски, Разградско) и Излужен Чернозем (с. Грамада, Видинско). Получено е увеличение на добива при третираните варианти спрямо нетретираните, възлизащо средно на 11% и 8%, съответно за с. Раковски и с. Грамада (Райчева-Костадинова,1986).

За разлика от *Rhizobium meliloti*, специфичните за соята грудкови бактерии *Bradyrhizobium japonicum* се срещат в сравнително по-малки количества. От проучените 35 полета на Черноземни почви само в три от тях е установено наличие на местни щамове *Bradyrhizobium* – в Карбонатния Чернозем (с. Алваново), в Оподзоления Чернозем (с. Раковски, Разградско) и в Излужения Чернозем от с. Грамада, Видинско. Слабо е разпространението и на видовете азотфиксиращи бактерии, специфични за грах, нахут, фасул, лупина, фъстък и други проучвани бобови зърнени култури. Липсата или ниското съдържание на местни популации от специфичните грудкови бактерии в почвата са добра предпоставка за постигане на увеличения в добива от изпитваните бобови култури вследствие инокулацията (Райчева-Костадинова,1986).

В резултат на дългогодишни проучвания в

Таблица 1. Ефект от инокулацията на люцерна с R. meliloti 236 при полски условия
Table 1 Effect of inoculation of alfalfa by R. meliloti 236 under field conditions

Почвени типове	Добив на зелена маса, kg/da		Добив на суха маса, kg/da		Увеличение на добива в сухата маса	
	нетретирано	третирано	нетретирано	третирано	kg/da	%
Оподзолен Чернозем	1126	1240	392	432	42	11
Излужен Чернозем	1291	1395	449	485	104	8

Таблица 2. Азотфиксираща активност и ефективност на щамове Bradyrhizobium japonicum
Table 2. Nitrogen-fixing activity and effectiveness of Bradyrhizobium japonicum strains

Варианти	Фиксиран азот, mg съд$^{-1}$	Добив на зърно, g съд$^{-1}$	Добив от надземна вегетативна маса, g съд$^{-1}$
Контрола	36	0,84	2,49
Щам 638	899	15,24	11,46
Щам 646	993	16,28	12,72
Щам 631	969	16,89	12,95
Щам 257	913	15,45	12,23
Щам 271	882	15,67	12,37
Щам 40	35	0,91	2,32
Щам 104	35	0,90	2,27
Щам 106	38	1,08	2,19
Щам 211	46	1,01	2,18

условията на лабораторни, съдови и полски експерименти е създадена колекция от ефективни, с висока азотфиксираща активност и конкурентоспособност щамове симбиотични азотфиксатори при основните бобови култури у нас – фасул, люцерна, нахут, леща, фъстък и др. при различни почвени условия, в това число и за Черноземите.

Върху процеса на симбиотична азотфиксация оказват влияние редица фактори, от които зависи ефектът върху растенията.

Създаване на оптимална среда за развитие на растението гостоприемник

За да се прояви в максимална степен азотфиксиращата активност на грудковите бактерии важно условие е да се създаде *оптимална среда за развитие на растението гостоприемник.* Установено е активизиране на симбиотичната система от местни щамове *Rhizobium meliloti* – люцерна при фосфорно-калиево торене в условията на Излужен и Типичен Чернозем. Единствено в условията на Карбонатния Чернозем интродуцираният щам *Rhizobium meliloti* sp. 3 проявява по-висока активност и ефективност от тези на естествено разпространените.

При изпитване активността и ефективността на щамове *Bradyrhizobium japonicum* върху Карбонатен Чернозем (Тръстеник, Плевенско) резултатите показват, че наличният азот в почвата не е достатъчен, за да се формира икономически ефективен добив от соята (Райчева-Костадинова,1986). Третирането на семената на соята с активни щамове и приложението на фосфорно-калиево торене напълно коригира липсата на достатъчно азот в почвата и осигурява висок добив от надземна вегетативна маса и зърно (табл. 2).

Важна роля във взаимоотношенията между грудковите бактерии и бобовите растения играят микроелементите. За разлика от другите видове растения бобовите имат по-голяма потребност от микроелементи (молибден, цинк, кобалт), като недостигът им води до намаляване ефективността на симбиотичната азотфиксация и на добива от растенията. У нас по-задълбочено е изследвано влиянието на цинка върху симбиотичната азотфиксация при соята в условията на Карбонатен Черно-

зем и както е известно, има неблагоприятен цинков режим (Маркова и кол., 2004).

При изследване влиянието на цинка (5, 10 и 20 mg/kg) върху вирулентността и азотфиксиращата активност на *Bradyrhizobium japonicum* в условията на Карбонатен Чернозем (Тръстеник, Плевенско), на четири фосфорни нива (100, 200, 300 и 400 mg/kg) е установено, че внасянето на цинк самостоятелно и на различните фосфорни нива увеличава вирулентността на изследвания щам *Bradyrhizobium japonicum.* При самостоятелното внасяне на цинк това увеличение е най-високо при втората доза цинк (10 mg/kg почва) – броят на грудките е увеличен трикратно спрямо инокулираната контрола. Същата закономерност се наблюдава и при внасянето на цинк на фосфорен фон – броят на грудките е увеличен и при трите дози цинк като максимални стойности достига при ниво на фосфорно торене 300 mg/kg, което показва, че при това съотношение Zn/P са създадени най-благоприятни условия за инокулация на соевите растения. Увеличението на броя на грудките под влияние на цинка може да се обясни с неговата роля в образуването на ауксини при синтезата на триптофан. При самостоятелното внасяне на трите нива цинк азотфиксиращата активност се увеличава. Количеството на фиксирания азот е най-голямо при Zn – 10 mg/kg почва. При съвместното внасяне на цинк и фосфор максимална азотфиксираща активност се наблюдава при P 200 mg/kg (Маркова и кол., 2007), (фиг. 1).

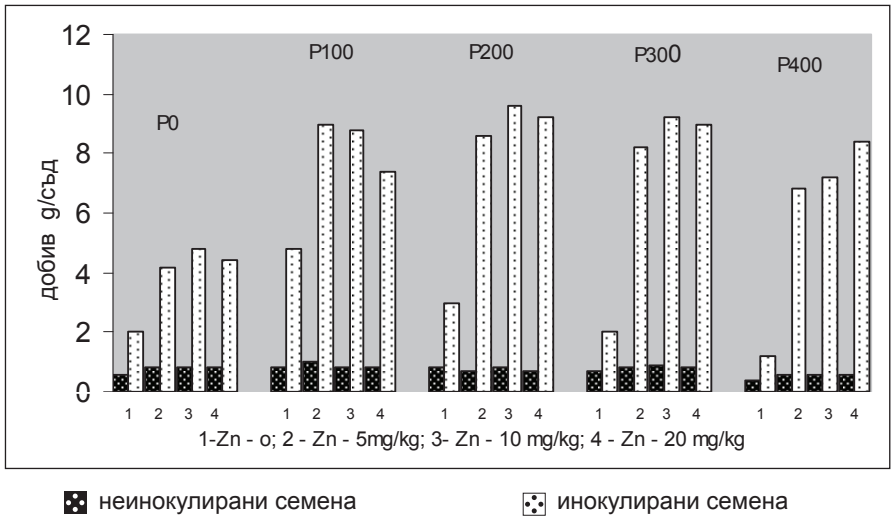
При едновременното третиране на семената с цинк и *Bradyrhizobium japonicum* не се наблюдава отрицателен ефект върху вирулентността, азотфиксиращата активност и ефективност на грудковите бактерии, както и върху качеството на получения добив. Това ни дава основание да препоръчаме обработката на семената с този микроелемент да се извършва едновременно с инокулацията им.

Ефектът на цинковото торене се проявява в различна степен в зависимост от начина на внасянето му, присъствието на други микроелементи, и др.

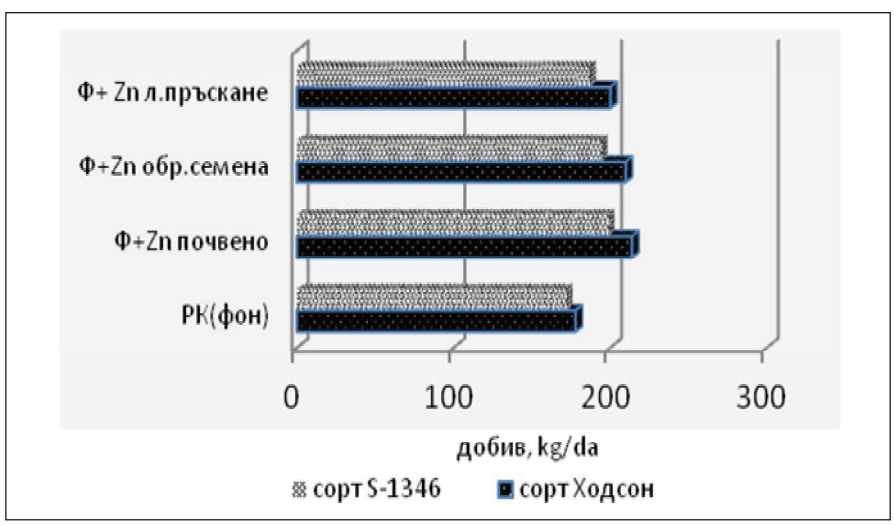
При опити с Карбонатен Чернозем (Тръстеник), с два сорта соя и три начина на внасяне на цинк – почвено (разтворен във вода и внесен чрез пръскане), обработка на семената – полумокро предсеитбено третиране съвместно с инокулацията, листно пръскане във фаза 3-4-и лист и същински лист е доказано, че и трите начина на микроторене увеличават добива спрямо контролите на съответните сортове. Това увеличение за сорт Ходсон е най-голямо при почвеното внасяне на цинка – средно 36 kg и е най-малко при листното пръскане (22,2 kg). При сорт S-1346 съответно стойностите са между 26,8 kg и 14,9 kg. Данните от структурния анализ на добива от соя показаха увеличение на височината на стъблата, броя на бобовете и семената от растение, по-добре проявено при сорт Ходсон (Маркова и кол., 2002). Измененията в съдържанието на протеин следват измененията в добива. И трите начина на внасяне на цинк водят до увеличаване на съдържанието на протеин в семената, по-добре изразено при сорт Ходсон (фиг. 2). Съдържанието на мазнини в зърното не се влияе от внасянето на цинк и генотипта на растението при тези два сорта.

Установено е положително действие на цинка върху добива и азотфиксиращата активност на грах, фасул, леща и други култури.

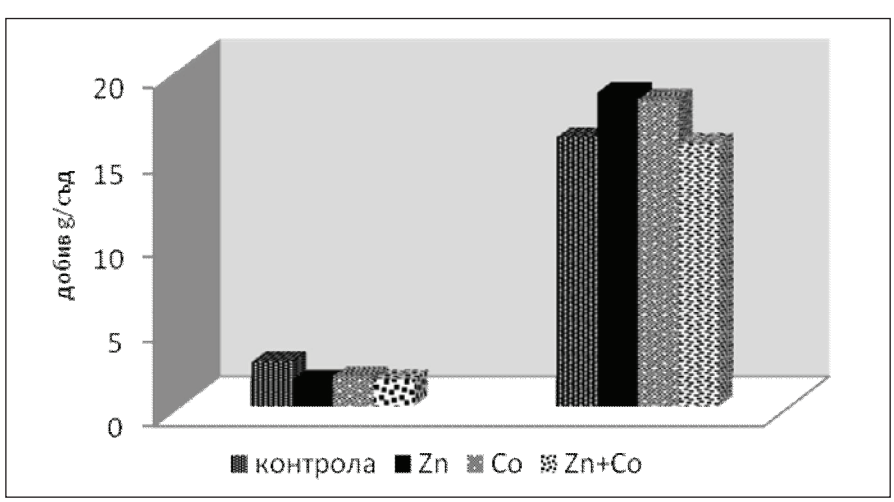
В условията на Карбонатен Чернозем от с. Алваново, Търговищко е проучен ефектът на кобалта и цинка върху двата компонента на симбиотичната система грудкови бактерии – бобово растение. Показано е, че цинкът и кобалтът влияят положително върху вирулентността на *Bradyrhizobium japonicum*, като тези показатели имат максимални значения при варианта с кобалт. Той стимулира развитието на бактероидната тъкан, като предизвиква ускорено запълване на клетките на грудковата паранхима с бактероиди. Увеличението на вирулентността под влияние на цинка са противоречиви. Според едни автори то се дължи на увеличаване фотосинтезата на растенията, а други смятат, че то е от директния ефект на цинка върху растежа на *Rhizobium*. В резултат на високата азотфиксираща активност и добре изразена вирулентност на *Bradyrhizobium japonicum* 646 добивът от зърно се увеличава неколкократно спрямо неинокулираната контрола. Най-висок добив се получава при самостоятелното внасяне на цинк и кобалт. При съвместното им внасяне добивът се доб-лижава до този на контролата, т. е. двата мик-



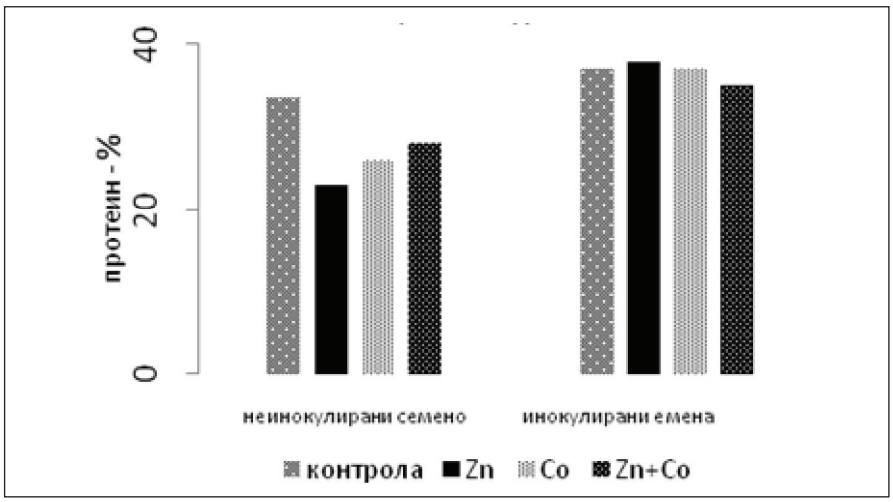
Фиг. 1. Влияние на Zn и Co върху ефективността на Br. japonicum на Карбонатен Чернозем
Fig. 1. Influence of Zn and Co over the efficiency of Br. japonicum on Calcic Chernozem



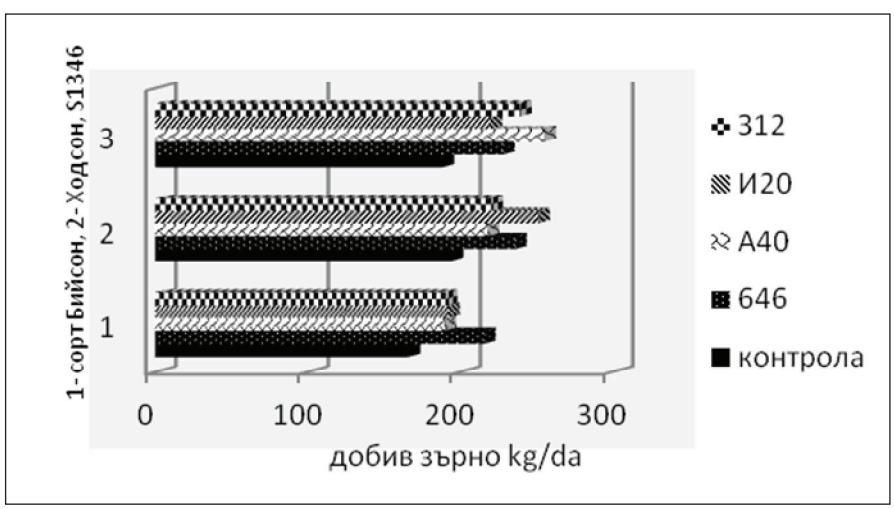
Фиг. 2. Добив на зърно от соя при различни начини на внасяне на цинк
Fig. 2. Yield of soybean grain at different ways of depositing of zinc



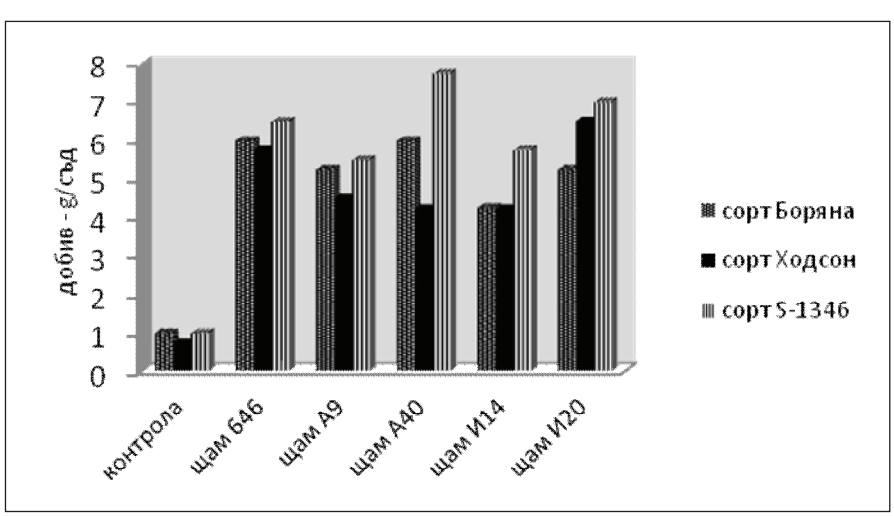
Фиг. 3. Влияние на Zn и Co върху добива от соя
Fig. 3. Influence of Zn and Co on the yield of soybean



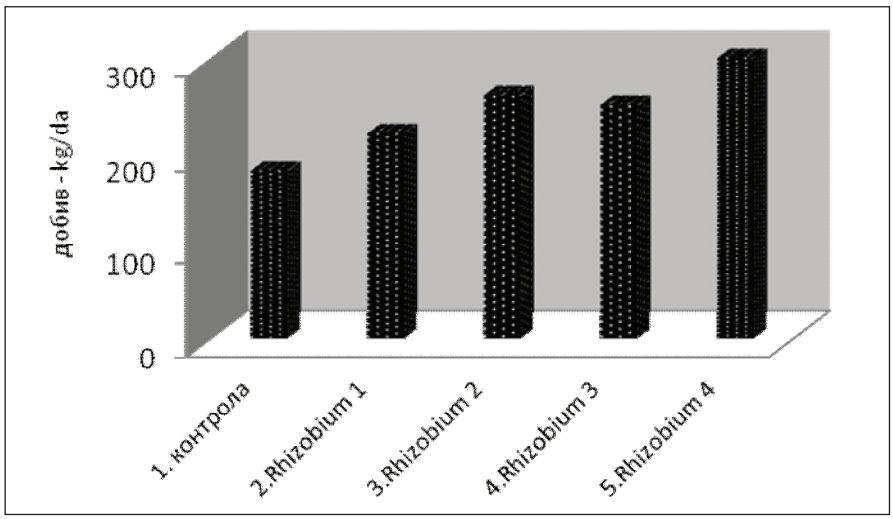
Фиг. 4. Влияние на Zn и Co върху съдържанието на протеин в добива от соя
Fig. 4. Influence of Zn and Co on the protein content of soybean yield



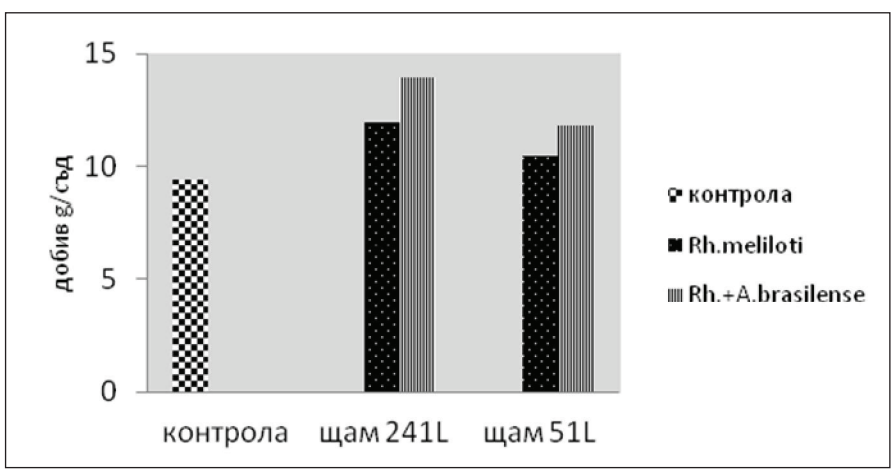
Фиг. 5. Ефективност на щамове *Br. japonicum в условията на Карбонатен Чернозем*
Fig. 5. Effectiveness of strains Br. japonicum in conditions of Calcic Chernozem



Фиг. 6. Ефективност на щамове *Br. japonicum в условията на Излужен Чернозем*
Fig. 6. Effectiveness of strains Br. japonicum in conditions of Haplic Chernozem



Фиг. 7. Влияние на инокулацията с R. leguminosarum bv. phaseoli върху добива от фасул при Карбонатен Чернозем
Fig. 7. Influence of inoculation with R. leguminosarum bv. phaseoli on yield of bean in Calcic Chernozem



Фиг. 8. Влияние на инокулацията върху добива от люцерна
Fig. 8. Influence of inoculation on the yield of alfalfa

роелемента имат антагонистично действие и съвместното им внасяне не е целесъобразно при условията на този почвен тип. Инокулирането на семената с *Bradyrhizobium japonicum* щам 646 увеличава количеството и подобрява качеството на добива от соя (Маркова, 1996), (фиг. 3 и 4).

Голямо значение за ефективната азотфиксация при бобовите растения има молибденът. Резултатите от отглеждане на фасул (сорт Добруджански) на Излужен Чернозем от Г. Дъбник при три начина на молибденово хранене (предпосевна обработка на семената, използване на семена, обогатени с молибден в резултат на листно подхранване през предшестваща година и почвено внасяне) показват, че съдържанието на вода в грудките от контролните варианти се е намалило с 6,9%, което води до дефицит на насищане с вода с 12,9%. При вариантите с молибден влажността на грудките се е намалила само с 1% при обработените семена и с 3,8% при листното подхранване, както и увеличението на дефицита на насищане е по-малко, т. е. при стресови условия молибденът изпълнява защитни функции.

Генетична съвместимост

Друго важно условие за ефективна симбиоза на бобовите растения с грудковите бактерии *е съвместимостта на техните геноми.* Известно е, че различните сортове бобови рас-

тения влияят селективно върху щама грудкови бактерии. В опити с четири сорта соя и 5 щама *Bradyrhizobium japonicum* на Карбонатен Чернозем от Тръстеник (Плевенско) и на Излужен Чернозем от Генерал Тошево е установено, че изследваните щамове имат най-голяма ефективност при сорт S-1346. Това показва, че има най-голяма съвместимост между този сорт соя и изследваните щамове, в резултат на което се получава и най-висок добив (Чанова и кол., 2002). Предложени са най-ефективните двойки *щам - сорт* при двете почви. За Излужения Чернозем: *щам А40 - сорт S-1346*, *щам И20 - сорт Ходсон* и *щам 646 - сорт Боряна*; за Карбонатния Чернозем: *щам 646 - сорт Бийсон*, *щам И20 - сорт Ходсон* и *щам А40 - сорт S-1346* (фиг. 5 и 6).

Взаимоотношения между симбиотичните бактерии и другите микроорганизми в естествените биоценози

Един от важните фактори за успешно протичане на азотфиксацията са взаимоотношенията между симбиотичните бактерии и другите микроорганизми в естествените биоценози. Установено е, че бобово-ризобиалният комплекс е в тясна връзка с микроорганизмите от ризосферната зона на растенията. Подборът на синергично взаимодействащи си микроорганизми е в основата на смесената инокулация на бобовите култури. Изследванията в световен мащаб показват, че тя е по-ефективна от самостоятелната. Установено е повишение на добива, дължащо се както на допълнителната фиксация на атмосферен азот (когато инокулантът е свободноживущ или асоциативен азотфиксиращ микроорганизъм), така и на отделянето на биологично активни вещества (ауксини, витамини и други) от микроорганизмите, използвани при смесената инокулация.

Според някои автори смесената инокулация на бобови култури с ефективни щамове *Rhizobium* и *Bradyrhizobium* и несимбиотични азотфиксатори оказва положително влияние върху симбиотичната азотфиксация. Проведени са опити с цел изучаване смесената инокулация като начин за повишаване ефективността на симбиотичната азотфиксация.

Като инокуланти са изпитани наши и чужди щамове азотфиксиращи бактерии – *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli, Rhizobium meliloti, Bradyrhizobium japonicum, Bradyrhizobium* sp. *(lupini), Azospirillum brazilense* и *Azotobacter chroococcum.*

Резултатите от проведените съдови и полски опити на Черноземи с изследваните бобови култури показват, че употребата на биоинокуланти води до повишаване ефективността на системата бобово растение – грудкови бактерии (Маркова и кол., 2011).

При всички култури щамовете *Rhizobium* и *Bradyrhizobium* имат добра вирулентност, както при самостоятелната, така и при смесената инокулация. Смесената инокулация повишава вирулентността на тези щамове, по-добре изразено при вариантите с *A. brasilense*. Това се обяснява със способността на тези бактерии да отделят ауксини, и по-специално индолил оцетна киселина, които водят до промяна в морфологията на корените, благоприятстваща проникването на грудковите бактерии в тях.

Данните за азотфиксиращата активност показват, че тя е най-висока при самостоятелната инокулация на фасул и соя с щамовете *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 51 и 38, и *Br. japonicum* А-21 и А-27. Ефектът от смесената инокулация е различен. При смесена инокулация с *A. brasilense* увеличение на азотфиксиращата активност има при щамовете *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 51 и 42а и *Br. japonicum* 646 и I-5. Съществен ефект от смесената инокулация с *A. chroococcum* се наблюдава при щам *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 38 и щамовете *Br. japonicum* 646 , I-5 и *А-27.* При тройната инокулация най-добър ефект има при щам *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 14а и щамовете *Br. japonicum* 646 и I-5.

Измененията на вирулентността и азотфиксиращата активност на всички изследвани щамове, общо взето, корелират с получения добив от фасул, соя, люцерна и лупина. При съдовите опити с тези бобови култури е установено, че всички изследвани щамове са ефективни – добивът е увеличен спрямо съответната неинокулирана контрола. Смесената инокулация е по-ефективна от самостоятелната и зависи от щама *Rhizobium* и *Bradyrhizobium.* Увеличението на добива от смесената инокулация е статистически доказано при всички култури.

Използването на прилепител повишава

ефекта от смесената инокулация при опитите с фасул. Най-голямо увеличение е получено при двойна инокулация с *R. leguminosarum bv. phaseoli* 51 и *A. brasilense*, както и с *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 38 и *A. chroococcum,* а при тройната – с *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 14a – добивът е увеличен съответно с 24%, 24,3% и 9%.

Резултатите от съдовите опити с фасул се потвърждават и в условията на полски опити с Карбонатен Чернозем. Получените данни за добива показват, че и тук най-ефективна е двойната инокулация с *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 51 и *A. brasilense* sp. 107 като увеличението на добива е 18% (фиг. 7).

Аналогични резултати вследствие на двойна и тройна инокулация са установени и при соята в условията на съдов опит с Карбонатен Чернозем. Смесената инокулация с *A. brasilense* е по-ефективна от самостоятелната с щамовете *Br. japonicum* 646, I-5 и A-27 и неефективна – с щам A-21. Най-голямо увеличение на добива (със 17%) е установено при щам 646. Положителен ефект от смесената инокулация с *A. chroococcum* 9a има само при щамовете 646 и I-5 – добивът е увеличен съответно с 25% и 15% спрямо самостоятелната инокулация. Увеличение на добива при същите щамове показва и тройната инокулация.

Използването на биоинокуланти повишава и добива от люцерна (фиг. 8) и лупина. При смесена инокулация на люцерна с *R. meliloti* 24L и *A. brasilense* sp. 107 в условията на Карбонатния Чернозем увеличението на добива е със 17%.

Инокулацията на фасула, соята, люцерната и лупината повишава вирулентността, азотфиксиращата активност, количеството и качеството на добива. Смесената инокулация е по-ефективна от самостоятелната и зависи от щама *Rhizobium* и *Bradyrhizobium*. Селекционирани са най-ефективните комбинации за смесена инокулация: за фасула – *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 51 + *A. brasilense* sp. 107 и *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 38 + *A. chroococcum* 9a; за соята – *Br. japonicum* 646 + *A. chroococcum* 9a; за люцерната – *R. meliloti* 24L + *A. brasilense* sp. 107; за лупината – *Bradyrhizobium* sp. (*lupini*) 300 + *A. brasilense* sp. 107. Комбинацията *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* 51 + *A. brasilense* sp. 107 се предлага за внедряване в практиката (Маркова и кол., 2011).

Изводи

Получените резултати дават основание изследванията за смесена инокулация на бобови култури с азотфиксиращи микроорганизми да продължат и да се разширят, което ще доведе до усъвършенстване на технологията за отглеждане на тези култури.

Регистрираните данни от многогодишни изследвания върху различни аспекти на инокулацията с азотфиксиращи бактерии в условията на Черноземни почви показват предимствата на биологичните методи при отглеждане на бобовите култури у нас, които имат икономически и екологически ефект. Биологичната азотфиксация предлага евтин, екологично чист и възобновяващ се ресурс на азот за земеделието, влияе положително върху добива и качеството на зърното, способства за стабилизиране на екосистемите, за запазване и възстановяване на природните ресурси и обезпечава устойчиво развитие на производството.

Литература

Маркова, А. 1996. Влияние на цинка и кобалта върху симбиотичната азотфиксация при соя. *Почвознание агрохимия и екология*, т. 31, № 5, 7-9

Маркова, А., Д. Чанова. 2002. Влияние на начина на внасяне на цинк върху вирулентността и ефективността на *Bradyrhizobium japonicum* при два сорта соя. „90 години българско почвознание". *Почвознание агрохимия и екология* , 37, № 1-3, 43-45

Маркова, А., Д. Чанова. 2002a. Вертикална миграция на щамове *Bradyrhizobium japonicum* в карбонатен чернозем. *Почвознание агрохимия и екология*, 37, № 4, 35-37.

Маркова, А. 2002. Преживяемост и конкурентна способност на щамове *Rhizobium leguminosarum biovar viceae* при две почви. *Почвознание агрохимия и екология*, 37, № 1-3, 46-47

Маркова, А., Д. Чанова. 2004. Влияние на цинка върху основни свойства на *Bradyrhizobium japonicum*. *Почвознание агрохимия и екология*, 39, № 3, с. 18-23

Маркова, А., Д. Чанова, Р. Алтимирска. 2005. Вирулентност и ефективност на щамове *Bradyrhizobium japonicum* в зависимост от сортовите особености на соята при две почви. *Екология и индустрия*, т. 7, № 2, 258-259

Маркова, А., Д. Чанова. 2007. Влияние на цинка и фосфора върху ефективността на *Bradyrhizobium japonicum* при карбонатен чернозем. Международна конференция 60 години ИП „Н. Пушкаров" – Почвознанието – основа за устойчиво земеделие и опазване на околната среда. I част, с. 167-170

Маркова, А., Р. Алтимирска, Д. Чанова. 2011. Използване на азотфиксиращи микроорганизми при бобови култури. Международна конференция „100 години почвена наука в България", II част.

Райчева-Костадинова, Л. 1986. Симбиотична азотфиксация при люцерна и соя в почвите на България. *Земиздат*, София.

Чанова, Д., А. Маркова. 1998. Преживяемост на щамове *Br. japonicum* в две почви. IX конгрес по микробиология, 2, 212-215.

Чанова, Д., А. Маркова, Р. Донкова. 2002. Генетическа съвместимост на щамове *Bradyrhizobium japonicum* със соя. „90 години българско почвознание". *Почвознание агрохимия и екология*, 37, № 1-3, с. 40-42