

УДК 633.2

DOI: 10.31040/2222-8349-2019-0-3-19-23

**БОБОВО-ЗЛАКОВЫЕ МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВΟΣМЕСИ В БИОЛОГИЗАЦИИ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В СТЕПИ ЮЖНОГО УРАЛА**

© Я.З. Каипов, Х.М. Сафин

Полевые опыты были проведены в ОПХ «Баймакское» Башкирского НИИСХ на черноземах обыкновенных тяжелосуглинистых. Были определены величины биологически фиксированного азота атмосферы как разность в выносе азота надземной массы бобово-злакового и злакового травостоев на фоне РК в кормовом севообороте. Баланс азота с учетом массового содержания данного элемента в пожнивных и корневых остатках (накопление в почве) и выноса с урожаем на злаковом травостое сформировался отрицательным, независимо от фона минерального питания. В почве под бобово-злаковым травостоем на всех фонах удобрения складывался положительный баланс азота до 34 кг на 1 га. Содержание подвижного фосфора и обменного калия не претерпевало заметных изменений по сравнению с исходными показателями в почве. Благодаря усвоению биологического азота уменьшается применение минеральных удобрений, достигается ресурсосбережение.

Ключевые слова: кормовой севооборот, бобово-злаковый травостой, биологический азот, баланс азота, ресурсосбережение.

Введение. В силу известных причин в России сложилась нелегкая ситуация в области общей экологии и в частности – сельского хозяйства. От состояния сельскохозяйственного производства зависит благополучие всей окружающей среды, включая человека и животных. Такая связь определяется масштабом распространения отрасли – под экосистемой сельского хозяйства занято 414 млн га земель страны, что составляет 24% всей ее территории [1]. Из-за дисбаланса между поступлением питательных веществ в почву и расходом их на создание урожая сельскохозяйственных растений продолжает ухудшаться плодородие почв – одной из главных составляющих экосистем. Как следствие, снижаются урожайность, качество продуктов питания и сырья для промышленности, возрастает частота заболеваний человека [2].

Несмотря на очевидность проблемы, ее решение мало зависит от самих сельхозтоваропроизводителей. Необходима государственная поддержка, которой остро не хватает. Однако ученым и специалистам аграрной и смежных сфер (биология, химия, генетика и др.) в определенной мере под силу частично улучшить обстановку, разрабатывая и применяя эффек-

тивные методы. К таким относится биологизация земледелия. Из биологических методов значительно разработаны частные приемы и средства – биозащита растений от вредных организмов, биоудобрения и стимуляторы роста растений [3–5]; средства, регулирующие почвенные процессы [6] и др.

Общие основополагающие факторы биологизации – структура пашни и посевов, их соотношение с природным ландшафтом, севообороты и видовой состав возделываемых культур – исследованы в меньшей степени. На наш взгляд, причиной тому являются масштабность данных объектов и мизерно малый объем государственного финансирования научных исследований. Одним из таких мало исследованных направлений является биологическое связывание атмосферного азота и использование его на плодородие почвы и урожай. Этот вопрос напрямую связан с севооборотами, видами и сортами культур.

В связи с изложенным мы поставили цель – исследовать возможности ресурсосбережения в севообороте с использованием бобовых культур, способных к биологической фиксации азота.

КАИПОВ Яхия Зайнуллович – д.с.-х.н., Башкирский НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН,
e-mail: akaipov@mail.ru

САФИН Халил Масгутович – д.с.-х.н., Академия наук Республики Башкортостан,
e-mail: safin505@mail.ru

Материалы и методы. Исследования проведены в 2002–2005 гг. в ОПХ «Баймакское», расположенном в зауральской степи Башкортостана. Почвенно-климатические условия хозяйства типичны для всей степной зоны Южного Урала.

Почва опытного поля в ОПХ «Баймакское» представлена черноземом обыкновенным тяжелосуглинистого гранулометрического состава. По мощности гумусового горизонта (43–45 см) относится к среднemosным черноземам. Содержание гумуса в пахотном горизонте 7.5–7.8%, подвижного фосфора 13–15, обменного калия 14–18 мг на 100 г почвы, реакция почвенного раствора близка к нейтральной с рН 6.5. Сумма осадков за год – 355 мм, за 10°-й период – 180 мм. ГТК составляет 0.8, что указывает на умеренную засухливость региона (Селянинов, 1958). С целью снятия фактора минимума первого порядка – дефицита влаги, и формирования потенциально высокой урожайности культур севооборота, следовательно, приближенных к максимальной величине симбиотической азотфиксации, опыт проводили с применением орошения. Бобово-злаковые многолетние травы размещались в полях лугопастбищного севооборота по схеме: 1–5 – многолетние травы; 6 – ячмень на зерно, поукосно рапс на зеленую массу; 7 – суданская трава на зеленую массу, сено.

Многолетние травы высевали беспокровным способом в ранневесенний срок. Сеяли рядовыми сеялками СЗТ-3,6. Нормы посева: коострец безостый Чишминский – 20 кг, люцерны синегибридной Чишминская 131 – 18–20 кг/га (8–10 млн всхожих семян на 1 га). В травосмеси: люцерна – 13–15, коострец – 9–11 кг/га.

Бобово-злаковый травостой изучали на фоне фосфорно-калийного питания в дозах Р 85 К 90, рассчитанных на получение урожая сухого вещества 100 ц/га в условиях орошения. Злаковый травостой для определения выноса азота из почвы возделывали на таком же фоне РК. Для определения эффективности азотных удобрений и коэффициента их использования на обоих травостоях фон РК дополняли расчетной дозой N 96 (в среднем за 4 года). С целью уточнения эквивалента биологического азота в минеральных удобрениях на злаковом травостое в схему опыта включили вариант с полуторной дозой азота на фоне расчетных доз РК, на бобово-злаковом – с уменьшенной на 50% дозой N на фоне расчетных доз РК-удобрений. В качестве азотного удобрения использовали мочевины, фосфорного – двойной гранулированный

суперфосфат, калийного – калийную соль. Срок и способ внесения – рано весной, вразброс. Травостой использовали в два срока. Первый укос проводили в фазу бутонизации – начале цветения бобовых и колошения злаков, второй укос – через 43–45 дней после первого, когда травостой достиг 45–50 см. Накопление биологического азота устанавливали по принятому для полевых исследований методу разницы в выносе азота надземной массы бобово-злакового и злакового травостоев на фоне фосфорно-калийных (РК) удобрений [7]. Учет корневых остатков – по методике НИИ сельского хозяйства ЦРНЗ [8].

Результаты и обсуждение. Результаты четырехлетних исследований показали, что бобово-злаковый травостой при прочих равных условиях (температурный, водный режимы, фоны удобрений) формирует значительно более высокую урожайность сухого вещества по сравнению со злаковым травостоем. Как видно из табл. 1, на базовом фоне РК-удобрения урожайность сухого вещества бобово-злакового травостоя составила 106 ц/га, что на 18% выше уровня злакового травостоя.

Расчетным путем определяли баланс азота в пахотном горизонте (0–30 см) чернозема обыкновенного в опыте под злаковым и бобово-злаковым травостоями. В качестве исходных для расчета использовали данные урожайности сухого вещества надземной массы, массы корней и пожнивных остатков, содержания азота в надземной биомассе, пожнивных остатках и корнях. Баланс азота рассчитали как разность между массовым содержанием азота в пожнивных и корневых остатках (накопление в почве) и выносом азота с урожаем.

Расчеты показали, что под злаковым травостоем сложился отрицательный баланс азота величиной 23–57 кг/га ежегодно (табл. 2). В варианте РК-удобрения вследствие отсутствия поступления азота извне и повышенного расходования с урожаем установился дефицит азота в 23 кг/га. Применение азотных удобрений в дозах 96 и 145 кг/га в дополнение к фону РК-удобрения увеличило расходную часть баланса посредством увеличения урожайности надземной массы, а накопление азота в корнях не компенсировало этот расход. В результате на этих вариантах также сложился отрицательный баланс азота, но по величине примерно в 2 раза больше, чем на фоне РК. Таким образом, под злаковым травостоем при

орошении на фоне указанных сочетаний и доз удобрений складывается отрицательный баланс азота в почве.

В почве под бобово-злаковым травостоем на всех фонах удобрения складывается положительный баланс азота (табл. 2).

Увеличению приходной части баланса азота способствовало формирование большой массы корневых остатков бобово-злакового травостоя, значительно более богатых азотом по

сравнению со злаковым травостоем. Так, масса корней под бобово-злаковым травостоем в зависимости от фона удобрений составила 121–134 ц/га, что в 1.2–1.4 раза больше в сравнении со злаковым травостоем (табл. 2). Корневые остатки бобово-злакового травостоя содержали 2.23–2.32% азота от массы сухого вещества, что на 26–28% больше, чем у злакового травостоя. Баланс подвижного фосфора и обменного калия в почве оставался неизменным, о чем свиде-

Т а б л и ц а 1

Вынос и биологическая фиксация азота бобово-злаковым травостоем и эквивалент в минеральных азотных удобрениях (средние за 2002–2005 гг.)

Травостой	Удобрение	Урожайность СВ, ц/га	Вынос азота			Коэффициент биологической азотфиксации, %	Эквивалент биологического азота в кг/га д.в. минерального удобрения
			в травосмеси		в т.ч. биологический, кг/га		
			кг/га	%			
Злаковый	P ₈₅ K ₉₀	90.0	180	100	-	-	-
	N ₉₆ P ₈₅ K ₉₀	106.8	245	135	-	-	-
	N ₁₄₅ P ₈₅ K ₉₀	109	262	145	-	-	-
Бобово-злаковый	P ₈₅ K ₉₀	106	264	147	84	32	186
	N ₉₆ P ₈₅ K ₉₀	115.6	312	175	67	22	143
	N ₅₅ P ₈₅ K ₉₀	110.9	277	155	-	-	-

Т а б л и ц а 2

Урожайность СВ, содержание общего азота в надземной массе и корнях, накопление и баланс азота в пахотном горизонте почвы в зависимости от удобрения травостоев различного ботанического состава (среднее за 2001–2005 гг.)

Показатели		Дозы удобрений		
		P ₈₅ K ₉₀	N ₉₆ P ₈₅ K ₉₀	N ₁₄₅ P ₈₅ K ₉₀
Злаковый травостой				
Надземная масса	Урожайность, ц/га	90.0	106.8	109,3
	Содержание N, %	1.99	2.14	2,26
Корни	Масса, ц/га	86.2	95.1	100
	Содержание N, %	1.77	1.84	1,94
Вынос азота с урожаем, кг/га		177	232	244
Накопление азота в почве, кг/га		153	175	194
Баланс N в почве, кг/га		-23	-57	-50
Бобово-злаковый травостой				
Показатели		P ₈₅ K ₉₀	N ₉₆ P ₈₅ K ₉₀	N ₅₅ P ₈₅ K ₉₀
Надземная масса	Урожайность, ц/га	105.9	115.6	111,0
	Содержание N, %	2.33	2.47	2,39
Корни	Масса, ц/га	121.2	134	125
	Содержание N, %	2.27	2.32	2,23
Вынос азота с урожаем, кг/га		247	277	265
Накопление азота в почве, кг/га		275	311	279
Баланс N в почве, кг/га		+28	+34	+14

тельствовали анализы в конце опыта. Содержание данных питательных веществ не претерпело заметных изменений по сравнению с исходными показателями, приведенными выше. Следовательно, можно предположить, что при возделывании бобово-злаковой смеси многолетних трав в условиях степи Южного Урала происходит расширенное воспроизводство легкодоступного азота и поддерживается исходный баланс усвояемых запасов фосфора и калия в пахотном слое обыкновенных черноземов. К аналогичным выводам пришли Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева, М.В. Пряхина (2014) на дерново-подзолистых почвах Владимирской области [9], С.Г. Чекалин (2014) на темно-каштановых почвах Западного Казахстана [10]. Способствовало достижению положительного баланса азота, фосфора и калия в черноземе выщелоченном возделывание в короткоротационном плодосменном севообороте донника желтого на сидеральное удобрение, запашка соломы зерновых культур [11].

Заключение. Можно заключить, что возделывание бобово-злаковых смесей многолетних трав позволяет не только значительно повышать выход кормов и их качество, но и оптимально регулировать баланс азота, фосфора и калия в лугопастбищном севообороте. При этом уменьшается применение азотных минеральных удобрений за счет использования биологического азота, создаются условия для улучшения агрофизических свойств почвы при разложении большой массы корневых остатков. Таким образом, возделывание бобово-злаковых смесей многолетних трав в полях лугопастбищного кормового севооборота вносит существенный вклад в биологизацию земледелия в степной зоне Южного Урала.

Литература

1. Гогмачадзе Г.Д., Титов Г.А., Безуглов В.Г., Заварзин В.И. О некоторых проблемах экологии сельского хозяйства. М.: ВНИИ Агроэкоинформ, 2010. URL: agroecoinfo.narod.ru/.
2. Ашмаров И.А., Закревский Р.М. «Экологический след» в области обеспечения безопасности жизнедеятельности в современной России // *Scientific article. Электронный журнал*. 2018. № 61, сентябрь.
3. Плеханова Л.П. и соавторы. Эффект от использования биоудобрения «Азолен» на томатах защищенного грунта // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2013. № 1. С. 51–55.

4. Кудоярова Г.Р., Курдиш И.К., Мелентьев А.И. Образование фитогормонов почвенными и ризосферными бактериями как фактор стимуляции роста растений // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2011. № 3–4. С. 5–16.

5. Гарипова С.Р., Маркова О.В., Гарифуллина Д.В., Иванчина Н.В., Хайруллин Р.М. Региональная коллекция бактериальных эндофитов клубеньков бобовых растений как основа создания биопрепаратов для агробиотехнологии // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2017. № 3(1). С. 56–58.

6. Кузьмина Л.Ю., Галимзянова Н.Ф., Мелентьев А.И., Гильванова Е.А., Архипова Т.Н., Рябова А.С., Актуганов Г.Э. Синтез фосфатаз фосфатомобилизующими бактериями родов *Bacillus*, *Raenibacillus* и *Pseudomonas* // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2015. № 4(1). С. 77–79.

7. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. Ч. 2. М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1971. С. 39–43.

8. Опытное дело в полеводстве / под ред. Г.Ф. Никитенко. М.: Россельхозиздат, 1982. С. 79–80.

9. Шрамко Н.В., Вихорева Г.В., Пряхина М.В. Влияние биологизации на свойства почвы и продуктивность севооборотов // *Владимирский земледелец*. № 1(67). 2014. С. 6–8.

10. Чекалин С.Г. Донник в биологизации земледелия в Западном Казахстане // *Известия Оренбургского ГАУ*. 2014. № 4 (48). С. 31–33.

11. Мутиков В.М., Селиванов А.В., Васильев Н.И., Нурсов И.Н. Практика интенсивной биологизации земледелия // *Вестник Марийского ГУ. Серия «Сельскохозяйственные науки»*. 2017. Т. 3, № 3(11). С. 38.

References

1. Gogmachadze G.D., Titov G.A., Bezuglov V.G., Zavarzin V.I. On some problems of agricultural ecology. Moscow, VNIИ Agroekoninform. 2010. Available at: agroecoinfo.narod.ru/
2. Ashmarov I.A., Zakrevsky R.M. "Ecological trail" in ensuring vital security in modern Russia. *Scientific article. Electronic journal*, 2018, no. 61, September.
3. Plekhanova L.P., Kuzina E.V., Leontyeva T.N., Loginov O.N. The effect of application of biological fertilizer "Azolen" for tomatoes in greenhouses. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2013, no. 1, pp. 51–55.
4. Kudoyarova G.R., Kurdina I.K., Melentyev A.I. Production of phytohormones by soil and rhizosphere bacteria as a factor of plant growth stimulation. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2011, no. 3–4, pp. 5–16.
5. Garipova S.R., Markova O.V., Garifullina D.V., Ivanchina N.V., Khayrullin R.M. Regional collection of bacterial endophytes of pea plants nodules as a basis for creation of agrobiotechnology preparations. *Izvestiya*

Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2017, no. 3 (1), pp. 56–58.

6. Kuzmina L.Yu., Galimzyanova R.F., Melentyev A.I., Gilvanova E.A., Arkhipova T.N., Ryabova A.S., Aktuganov U.E. Phosphatase synthesis by phosphate mobilizing bacteria of the genera *Bacillus*, *Paenibacillus* and *Pseudomonas*. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2015, no. 4 (1), pp. 77–79.

7. Experimental methodology at hayfields and pastures. Part 2. Moscow, VNIИ kormov imeni V.R. Vilyamsa, 1971, pp. 39–43.

8. Experimentation in field crop cultivation. G.F. Nikitenko (ed.). Moscow, Rosselkhozizdat, 1982, pp. 79–80.

9. Shramko N.V., Vikhoreva G.V., Pryakhina M.V. The effect of biologization on soil properties and crop rotation productivity. *Vladimirskiy zemledelets*, 2014, no. 1 (67), pp. 6–8.

10. Chekalin S.G. Melilot in agricultural biologization in West Kazakhstan. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014, no. 4 (48), pp. 31–33.

11. Mutikov V.M., Selivanov A.V., Vasilyev N.I., Nursov I.N. Practice of intensive agricultural biologization. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Ser. Selskokhozyaystvennyye nauki*, 2017, vol. 3, no. 3 (11), pp. 38.



LEGUME AND CEREAL PERENNIAL GRASS MIXTURES IN THE AGRICULTURAL BIOLOGIZATION WITHIN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTH URALS

© Ya.Z. Kaipov¹, Kh.M. Safin²

¹Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
19, ulitsa Zorge, 450059, Ufa, Russian Federation

²Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan,
15, ulitsa Kirova, 450008, Ufa, Russian Federation

Field experiments were performed at the Experimental Production Farm "Baymaksкое" of the Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture on chernozem ordinary heavy clay loam soils. Values of biologically fixed atmospheric nitrogen were determined as a difference in nitrogen carryover from the aboveground mass of legume and cereal stands against the PK background in the fodder crop rotation. The nitrogen balance, with consideration for mass content of this element in crop and root residues (accumulation in soil) and its carryover with harvest on cereal stands, was formed as negative irrespective of the level of mineral nutrition. The positive nitrogen balance up to 34 kg per 1 hectare was recorded in the soil beneath legume and cereal stands at all amounts of fertilizers. The content of mobile phosphorus and exchange potassium did not undergo noticeable changes as compared to initial indicators in soil. Thus, the use of mineral fertilizers is reduced due to biological nitrogen digestion allowing resource saving

Key words: fodder crop rotation, legume and cereal herbage, biological nitrogen, nitrogen balance, resources.