

гих причин: генетически обусловленного уровня исходного плодородия почвы; видов, доз, сочетания удобрений; типа севооборота и особенностей возделываемых культур.

Применяемые системы удобрения не нарушают основных генетических признаков органо профиля исследуемых почв.

#### Литература

1. Ганжара Н.Ф. Генезис гумусового профиля черноземов. Тезисы «Докучаевское почвоведение 100 лет на службе сельского хозяйства». – Л., 1988. – С.33-47.

2. Добровольский В.В., Урусевская И.С. География почв. – МГУ, 2004. – 460 с.

3. Сычев В.Г., Шевцова Л.К. Беличенко М.В., Рухович О.В., Иванова О.И. Влияние длительного применения различных систем удобрения на органо профиль основных зональных типов почв. Сообщение 1. Дерново-подзолистые почвы // Плодородие. -2019.-№2. – С. 3-7.

4. Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почвы// Агрохимия. – №2, – 2018. – С3-21.

5. Шеларь И.А., Пономарева Л.М. Влияние окультуривания на содержание и состав гумуса в темно-серой оподзоленной почве// Труды Харьковского СХИ. – 1978. – Т.255. – С.32-38.

## EFFECT ON ORGANOPROFILE OF MAIN ZONAL SOIL TYPES CAUSED BY LONG-TERM APPLICATION OF VARIOUS FERTILIZER SYSTEMS

### Communication 2. Gray forest, chernozem soils

V.G. Sychov, L.K. Shevtsova, M.V. Belichenko, O.V. Rukhovich, O.I. Ivanova

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia, e-mail: mvbelichenko@gmail.com, o\_ruhovich@mail.ru

Analysis of the results of studies of the profile layer-by-layer distribution of the content, stocks of total carbon and nitrogen, the C:N ratio in long-term experiments conducted on gray forest and chernozem soils showed that both organic and mineral fertilizer systems have a significant positive effect on the organic matter of the studied soils. Organic fertilizer systems affect the organic matter content of the soil more, because they act both directly and indirectly by increasing the biomass of the root-crop residues and root excretions of cultivated crops. Mineral fertilizer systems affect the content of organic matter only indirectly. The distribution of organic matter in the layers of the profile also changed. But at the same time, all the studied soils preserved the characteristic genetic characteristics of their typical organoprofile.

Keywords: organoprofile, soil types, fertilizer systems, soil carbon, soil nitrogen, content, reserves, C:N ratio, vertical and layer-by-layer distribution.

УДК: 638.8+633.1

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ АЗОТА ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ И МОЧЕВИНЫ (ИССЛЕДОВАНИЯ С $^{15}\text{N}$ )

А.А. Завалин, ак. РАН, Л.С. Чернова, к.с.-х.н., С.Н. Сапожников, к.с.-х.н.,  
В.А. Литвинский, к.с.-х.н., ВНИИА

127550, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31а, e-mail: zavalin.52@mail.ru

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта  
№ 18-016-00048*

В модельном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием стабильного изотопа  $^{15}\text{N}$  выше природного значения, созданного в результате её компостирования с меченой аммиачной селитрой, выращивали яровую пшеницу с внесением обычных и модифицированных биопрепаратом на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 аммиачной селитры (Naa) и мочевины (Nm). Установлено, что применение под яровую пшеницу биомодифицированной мочевины положительно влияет на формирование биомассы яровой пшеницы, увеличивает концентрацию и накопление в растениях общего азота. При биомодификации аммиачной селитры и мочевины снижается избыток (ат. %)  $^{15}\text{N}$  в биомассе, что свидетельствует о большем потреблении растениями азота удобрения. При этом уменьшается накопление в биомассе меченого азота почвы и возрастает коэффициент использования растениями азота внесенных азотных удобрений. Биомодификация азотных удобрений снижает абсолютное количество и долю меченого азота почвы в формировании биомассы и увеличивает использование азота удобрений растениями яровой пшеницы, не приводя к минерализации органического вещества почвы.

Ключевые слова: азотные удобрения, биомодификатор, стабильный изотоп азота, биомасса, потребление азота, коэффициент использования азота.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.04

При использовании в земледелии примерно 3,0 млн т минеральных удобрений в перерасчете на действующее вещество в год [1, 2], первостепенное значение прида-

ется повышению эффективности усвоения из них растениями азота [3]. Одним из способов повышения коэффициентов использования азота из минеральных

удобрений может стать их биомодификация микробным препаратом БисолбиФит на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 с титром живых клеток не менее 100 млн КОЕ/г [4-7]. Препарат, обладающий хорошей сыпучестью, наносят на поверхность гранул азотных удобрений в процессе их производства после стадии омасливания при помощи распылительных устройств или в смесительных устройствах на тукосмесительных заводах. В результате нанесения бактерий на поверхность гранул удобрений образуется своего рода «биокапсула», которая одновременно может выполнять сразу несколько функций: удобрительную, защитную и стимулирующую [8].

Ранее в исследованиях с яровой пшеницей и ячменем установлено, что биомодификация азотных и сложных минеральных удобрений биопрепаратом на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 обеспечивает увеличение урожайности зерна, повышает коэффициент использования растениями азота минеральных удобрений, положительно влияет на закрепление азота в почве и снижает его газообразные потери [6, 9]. Вместе с тем, не ясным остаётся вопрос влияния биомодифицированных удобрений на потребление растениями азота минеральных удобрений и "экстра"-азота, образующегося в результате минерализации органического вещества почвы при внесении минеральных азотных удобрений [10].

Цель исследований – определить величину потребления растениями яровой пшеницы азота почвы при внесении биомодифицированных форм аммиачной селитры и мочевины.

**Методика.** Исследования проводили в 2017-2018 гг. с яровой пшеницей сорта Злата в модельном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, имеющей следующие агрохимические показатели:  $pH_{KCl}$  – 5,9-6,2, содержание гумуса (по Тюрину) – 1,52%, подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (по Кирсанову), соответственно, 120-125 и 143-150 мг/кг. Предварительно в почву вносили  $^{15}NH_4^{15}NO_3$  с обогащением 70,3 ат.% и компостировали

в течение 30 сут в мае при естественной температуре воздуха и влажности почвы около 60% НВ. Содержание общего азота в почве после компостирования составляло 0,12% в 2017 г. и 0,13% в 2018 г. В пластмассовые сосуды помещали 500 г почвы, аммиачную селитру (Naa) и мочевины (Nm) в дозе 100 мг/сосуд вносили согласно схеме опыта. Обработку гранул азотных удобрений биопрепаратом (БМ) проводили из расчета 5 г/кг удобрения [6, 8]. Повторность в опыте 4-кратная. Яровую пшеницу (20 растений) выращивали в сосудах при поддержании влажности почвы 60-65% НВ до фазы конец трубкования [11], когда наблюдается максимальное потребление растениями азота из почвы [12]. Содержание в почве и растениях общего азота и его изотопный состав определяли на масс-спектрометре «Delta V», расчеты потребления растениями  $^{15}N$  проводили по методике [13]. Для статистической обработки экспериментальных данных методом дисперсионного анализа применяли программу STAT VNIA, достоверность различий оценивали по  $F$ -критерию Фишера.

**Результаты и их обсуждение.** При внесении азотных удобрений за счет улучшения азотного питания биомасса растений в фазе трубкования яровой пшеницы по сравнению с контролем возрастала с 2,08 до 2,66 мг/сосуд, или на 12-28% (табл.).

Эффект от биомодификации получен при использовании биомодифицированной мочевины, на аммиачной селитре положительный результат не достигнут. Концентрация общего азота в растениях при использовании обычных и биомодифицированных азотных удобрений возрастала в 1,8-2 раза, достигая 4,2-4,3%.

Изменения под действием азотных удобрений биомассы растений и концентрации в них азота существенно отразились на накоплении общего азота в яровой пшенице, которое было 2-3 раза больше по сравнению с контролем без азотного удобрения. При этом эффект от биомодификации получен только по мочеvine, по аммиачной селитре накопление азота в растениях соответствовало варианту обычной формы.

Использование азота почвы яровой пшеницей при применении биомодифицированных азотных удобрений  
(среднее за 2017-2018 гг.)

Вариант опыта	Биомасса, г/сосуд	N <sub>общ.</sub>		Избыток $^{15}N$ в биомассе, ат.%	Количество $^{15}N$ в биомассе, мг/сосуд	Доля $^{15}N$ в биомассе, %	Использовано остаточного количества $^{15}N$ из почвы, %	КИ Нуд., % (разностный)
		%	мг/сос.					
Контроль	2,08	2,63	56	3,95	3,7	6,7	34	-
Naa	2,66	4,06	111	2,47	4,05	3,8	22	55
Naa + БМ	2,55	4,16	107	2,16	3,35	3,2	18	51
Nm	2,32	4,03	89	2,58	3,75	4,2	24	33
Nm + БМ	2,61	4,21	109	2,35	3,55	3,4	20	53
P, %	2,3	2,46	4,9	3,4	4,8	2,6	3,3	
HCP <sub>05</sub>	0,17	0,20	13	0,25	0,50	0,4	2	

Без применения азотных удобрений яровая пшеница потребляла только азот почвы, а при внесении Naa и Nm ещё и азот удобрений, о чем свидетельствует снижение значения избытка  $^{15}N$  в растениях. При биомодификации аммиачной селитры и мочевины избыток  $^{15}N$  в растениях достоверно снижается по сравнению с применением обычных форм удобрений. Это свидетельствует об усвоении растениями азота из внесенных удобрений, а по обычным формам растения больше используют азот почвы. Данные о количестве использованного растениями  $^{15}N$  из почвы подтверждают это. При внесении обычной Naa яровая пшеница потребила 4,05 мг/сосуд меченого азота

из почвы, а из модифицированной – 3,35 мг/сосуд. По мочеvine наблюдается тенденция к снижению количества потребленного растениями меченого азота почвы. Изменения вышеуказанных показателей при использовании биомодифицированных азотных удобрений значительно уменьшили долю меченого азота, потребленного растениями из почвы. При этом происходило снижение доли меченого почвенного азота в биомассе яровой пшеницы при внесении биомодифицированных форм удобрений по сравнению с обычными.

Использование в опыте почвы, в которую был внесен стабильный изотоп  $^{15}N$  удобрения, позволило рассчитать потребление растениями почвенного азота для

формирования биомассы (см. табл.). Установлено, что без внесения азотных удобрений этот показатель составляет 34% от имеющегося количества. При применении азотных удобрений он снижается до 18-24%. В результате биомодификации азотных удобрений потребление растениями почвенного меченого азота снижается по обеим формам на 4-6%. Это и приводит к увеличению использования растениями свежеснесенного азотного удобрения и как следствие к уменьшению потребления минерализованного азота почвы [10, 14], что имеет агрономическое и экологическое значение [15].

**Заключение.** Применение под яровую пшеницу биомодифицированной мочевины положительно влияет на формирование биомассы яровой пшеницы, увеличение концентрации и накопление в растениях общего азота. При биомодификации аммиачной селитры и мочевины снижается избыток  $^{15}\text{N}$  в биомассе, что свидетельствует о большем потреблении растениями азота удобрения. При этом уменьшается накопление в биомассе меченого азота почвы и возрастает коэффициент использования растениями азота из внесенных азотных удобрений. Биомодификация азотных удобрений снижает абсолютное количество и долю меченого азота почвы в формировании биомассы растений и увеличивает использование азота удобрений на формирование биомассы яровой пшеницы, не приводя к минерализации органического вещества почвы, что имеет важное агрохимическое и экологическое значение.

#### Литература

1. Сычев В.Г., Шафран С.А. О балансе питательных веществ в земледелии России // Плодородие. – 2017. – № 1. – С. 1-4.
2. Завалин А.А., Чернова Л.С., Гаврилова А.Ю., Чеботарь В.К. Влияние минеральных удобрений, биомодифицированных микробным препаратом бисолбифит, на урожай ярового ячменя // Агрохимия. – 2015. – № 4. – С. 21-32.

3. Шафран С.А., Духанина Т.М. Значение комплексного агрохимического окультуривания почв в повышении эффективности применения азотных удобрений под пшеницу // Агрохимия. – 2017. – № 11. – С. 21-30.
4. Тихонович И.А., Кожемяков Л.Н., Чеботарь В.К. и др. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). – М.: Россельхозакадемия, 2005. – 154 с.
5. Петров В.Б., Чеботарь В.К. Микробиологические препараты в практическом растениеводстве России: функции, эффективность, перспективы // Рынок АПК. – 2009. – №7. – С.16-18.
6. Chebotar V.K., Zavalin A.A., Aritkin A.G. Biomodified mineral fertilizers: efficiency use and mode of actions. LAMBERT Academic Publishing: Saarbrücken, Deutschland. – Germany, 2017. – 100 p.
7. Ohkama-Ohtsu N., Wasaki J. Recent progress in plant nutrition research: cross-talk between nutrients, plant physiology and soil microorganisms // Plant Cell Physiol. – 2010. – V 51. – P. 1255-1264.
8. Петров В.Б., Чеботарь В.К., Казаков А.Е. Микробиологические препараты в биологизации земледелия России // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – №10. – С. 16-20.
9. Завалин А.А., Тарасов А.Л., Чеботарь В.К., Казаков А.Е. Эффективность применения под яровую пшеницу биопрепарата *Bacillus subtilis* Ч-14 при нанесении на гранулы аммиачной селитры // Агрохимия. – 2007. – № 7. – С. 32-36.
10. Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. – М.: Агроконсалт, 1999. – 296 с.
11. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии. – М.: Россельхозакадемия, 2000. – 82 с.
12. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: Рос. акад. с.-х. наук, Сиб. отд.-ние. Новосиб. гос. аграр. ун-т, 2013. – 790 с.
13. Особенности применения методов с использованием изотопов азота в агрохимических исследованиях. – М.: ВИАУ, 1990. – 32 с.
14. Завалин А.А., Соколов О.А. Потоки азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней. – М.: ВНИИА, 2016. – 591 с.
15. Кудеярков В.Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России // Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т.85. – №9. – С. 771-775.

## THE USE OF SOIL NITROGEN BY SPRING WHEAT UNDER CONDITIONS OF BIOMODIFIED AMMONIUM NITRATE AND UREA APPLICATION ( $^{15}\text{N}$ STUDIES)

A.A. Zavalin, L.S. Chernova, S.N. Sapozhnikov, V.A. Litvinskiy

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia, e-mail: zavalin.52@mail.ru

*In the model experiment on sod-podzolic sandy loam soil with the increased content of a stable isotope  $^{15}\text{N}$ , created as a result of its composting with labeled ammonium nitrate, spring wheat was grown under application of ammonium nitrate and urea, applied in usual and modified with biological product based on the strain of bacteria *Bacillus subtilis* Ch-13 forms. The use of biomodified urea for spring wheat has a positive effect on the accumulation of biomass of this crop and increases concentration and accumulation of total nitrogen in plants. The biomodification of ammonium nitrate and urea reduces the value of excess  $^{15}\text{N}$  in biomass, which indicating a greater consumption of fertilizer nitrogen by plants, while reducing the accumulation in the biomass of labeled soil nitrogen and increasing the utilization rate of nitrogen fertilizers introduced by plants were also observed. The biomodification of nitrogen fertilizers reduces the absolute amount and share of labeled soil nitrogen in the formation of biomass and increases the use of nitrogen fertilizers by spring wheat plants, without leading to mineralization of soil organic matter.*

**Key words:** nitrogen fertilizers, biomodification, a stable isotope of nitrogen, the biomass, the consumption of nitrogen the utilization of nitrogen.