

Е.Т. НАУМЧЕНКО, Е.В. БАНЕЦКАЯ

Агрохимические и биологические факторы оптимизации минерального питания пшеницы при длительном внесении удобрений

Представлены результаты исследований влияния условий минерального питания на продуктивность пшеницы. Установлено, что коэффициент минерализации в фазу выхода в трубку на фоне последствия длительного ежегодного внесения $N_{24}P_{30}$ + навоз 4,8 т/га на 1 га севооборотной площади был максимальным и составил 4,76 против 2,33 в фазу кущения. Это указывает на положительную динамику процессов трансформации органического вещества в почве. В фазу кущения существенное влияние на изменение урожайности пшеницы оказывают содержание в пахотном слое подвижного фосфора ($\beta = 0,50$) и численность аммонифицирующих бактерий ($\beta = 0,50$). В фазу выхода в трубку наиболее значимым для урожайности является содержание минерального азота ($\beta = 0,63$). Изменение зерновой продуктивности пшеницы на 71 % определяется содержанием в пахотном слое почвы минерального азота, подвижного фосфора и численностью микроорганизмов азотного обмена в фазу выхода в трубку.

Ключевые слова: севооборот, удобрения, динамика элементов питания и микроорганизмов, урожайность пшеницы.

Agrochemical and biological factors for optimization of mineral nutrition of wheat at long-term fertilizer application. E.T. NAUMCHENKO, E.V. BANETSKAYA (All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Blagoveshchensk).

The article presents the research results of the influence of mineral nutrition conditions on the wheat productivity. It was established that on the background of the after effect of long-term annual application of $N_{24}P_{30}$ + 4.8 t/ha of manure per 1 ha of the crop rotation area, the coefficient of mineralization in the stem elongation stage was maximum and amounted to 4.76 against 2.33 in the tillering stage that indicates a positive intensity trend of transformation processes of organic matter in soil. In the tillering stage, the content of mobile phosphorus ($\beta = 0.50$) in the arable layer and the number of ammonifying bacteria ($\beta = 0.50$) have the most significant effect on the change in wheat yield. The content of mineral nitrogen ($\beta = 0.63$) is the most significant for crop productivity in the stem-extension stage. The change in grain productivity of wheat by 71 % is determined by the content of mineral nitrogen, mobile phosphorus in the arable layer of soil, and the number of microorganisms of nitrogen metabolism in the stem elongation stage.

Key words: crop rotation, fertilizers, dynamics of nutrients and microorganisms, wheat yield.

Введение

Разработка приемов возделывания сельскохозяйственных культур на основе рационального применения удобрений открывает большие возможности в создании генотипа конкретной культуры по продуктивности. Элементы минерального питания, содержащиеся в почве и удобрениях, используются растениями далеко не полностью. Основными

НАУМЧЕНКО Екатерина Тарасовна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, *БАНЕЦКАЯ Евгения Валерьевна – научный сотрудник (Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск). *E-mail: bev@vniisoi.ru

факторами, влияющими на степень их усвоения, являются плодородие почвы, климатические условия и видовые биологические особенности сельскохозяйственных культур [2]. Комплексное влияние факторов на продуктивность культур и плодородие почвы можно в полной мере оценить лишь в результате продолжительных исследований в длительных стационарных опытах.

Данные зарубежных исследователей доказывают, что различные системы удобрений в длительных опытах по-разному влияют как на показатели плодородия почв, так и на урожайность культур севооборота [4, 5]. Важным механизмом оптимизации минерального питания, обеспечивающим реализацию биологического потенциала растений, служит процесс минерализации–синтеза органического вещества, превращения соединений азота и фосфора за счет внесения удобрений и деятельности почвенных микроорганизмов. В этой связи знание особенностей протекания биологических процессов в почве приобретает существенное значение.

Численность микроорганизмов весьма изменчива в течение периода вегетации культуры. Особенно показательна динамика микроорганизмов азотного обмена, которые могут выступать индикаторами процессов трансформации органического вещества [1]. Ранее проведенные нами исследования показали, что при длительном совместном применении органических и минеральных удобрений содержание минерального азота в почве тесно связано с численностью микроорганизмов азотного обмена, а относительно высокие коэффициенты минерализации указывают на повышение их активности [3]. Цель исследования – установить взаимосвязь продуктивности пшеницы с динамикой содержания питательных элементов и микроорганизмов азотного обмена в критические фазы развития растения при длительном внесении удобрений.

Методика исследований

Исследования проводили в системе длительного стационарного пятипольного зерносоевого севооборота закладки 1962–1964 гг. с разными уровнями среднегодовой нагрузки удобрениями на 1 га севооборотной площади (N_{24} , $N_{24}P_{30}$, $N_{24}P_{30} + 4,8$ т навоза). Для сравнения использовался вариант без внесения удобрений. После 35-летнего применения вышеперечисленных норм удобрений сформировались 3 фона плодородия с разным уровнем обеспеченности почвы подвижным фосфором: низкий (вариант N_{24}) – 27–35 мг/кг почвы, средний (вариант $N_{24}P_{30}$) – 37–50 мг/кг почвы, повышенный ($N_{24}P_{30} + 4,8$ т навоза) – 55–95 мг/кг почвы.

Опыт имеет три закладки со сдвигом во времени и трехкратную повторность каждой закладки в пространстве. Площадь делянки общая 180, учетная 75 м². Возделывали пшеницу сорта Арюна с нормой высева семян 6 млн штук на 1 га. В опыте использовали аммиачную селитру, суперфосфат и полуперепревший навоз КРС. Результаты полевых исследований анализировались для фаз кушения и выхода в трубку пшеницы как наиболее информативные по содержанию элементов минерального питания и активности почвенной микрофлоры. Данные периоды являются определяющими в формировании урожайности пшеницы.

В почвенных образцах определяли: подвижный фосфор – методом А.Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91); обменный аммоний – методом ЦИНАО (ГОСТ 26489–85); нитратный азот – ионометрическим методом (ГОСТ 26951–86). Микробиологический анализ проводили в образцах, отобранных с глубины пахотного слоя 0–20 см стерильными шпателями. Рост аммонифицирующих бактерий активизировали мясо-пептонным агаром (МПА). Для роста микроорганизмов азотного обмена использовали крахмало-аммиачный агар (КАА). Аналитические расчеты корреляционно-регрессионного анализа проводили с помощью программ Microsoft Office и Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Для удобства сравнения данных вместо среднегодовой нагрузки удобрениями на 1 га севооборотной площади использовали обозначения вариантов опыта с разной обеспеченностью почв подвижным фосфором: фон 1 – низкий (N_{24}), фон 2 – средний ($N_{24}P_{30}$), фон 3 – повышенный ($N_{24}P_{30} + 4,8$ т навоза).

В результате 4-летних исследований установлено, что в фазу кущения пшеницы максимум общей численности микроорганизмов азотного обмена отмечен в варианте опыта с внесением навоза – фон 3 (рис. 1). В этом варианте численность аммонификаторов (бактерий на МПА, разлагающих белки и другие азотсодержащие соединения в почве) была в 2,5 раза меньше, чем иммобилизаторов (бактерий на КАА, потребляющих минеральный азот), что указывает на высокую интенсивность протекания в почве процессов трансформации органического вещества внесенного навоза. По фонам 1 и 2 число аммонифицирующих бактерий увеличивалось и составляло от общего количества 38 и 46 % соответственно, тем самым усиливалась интенсивность разложения азотсодержащих соединений почвы с высвобождением аммиака, минеральные формы которого доступны для питания растений.

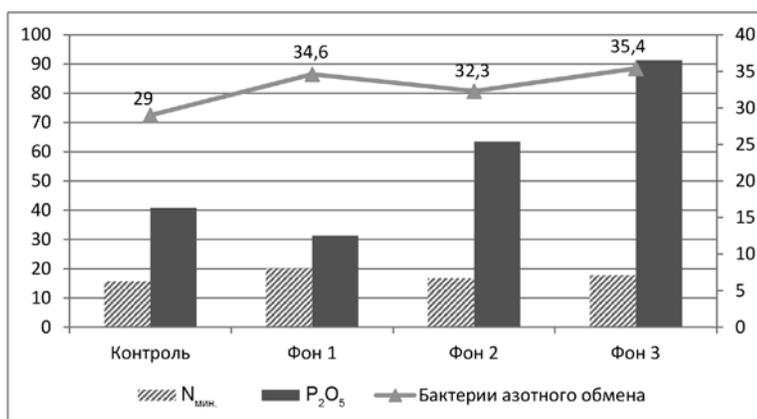


Рис. 1. Содержание в почве азота, фосфора (мг/кг почвы) и численность бактерий азотного обмена (млн КОЕ/г почвы) в фазу кущения пшеницы

К фазе выхода в трубку при почти неизменном содержании в почве минеральных форм азота и фосфора общая численность микроорганизмов азотного обмена возросла на фонах 1 и 3, что свидетельствует о повышении в этих вариантах интенсивности процессов минерализации–синтеза органического вещества почвы (рис. 2). Подтверждением этого может служить высокая зависимость содержания минерального азота от численности аммонификаторов ($r = 0,921$) и иммобилизаторов азота ($r = 0,944$).

Коэффициент минерализации (соотношение численности иммобилизаторов к численности аммонификаторов) является важным показателем и характеризует интенсивность протекания процессов трансформации органического вещества в почве. Данный коэффициент в фазу выхода в трубку по фону 3 был максимальным и составил 4,76 против 2,33 в фазу кущения, что указывает на положительную динамику активности микроорганизмов азотного обмена при длительном использовании органоминеральной системы удобрений на ранних стадиях развития растений пшеницы.

Продуктивность сельскохозяйственных культур определяется уровнем оптимизации минерального питания. Подтверждением этого служит выявленная зависимость урожайности пшеницы от агрохимических и биологических факторов, влияющих на минеральное питание. По результатам 4-летних исследований проведен корреляционно-регрессионный

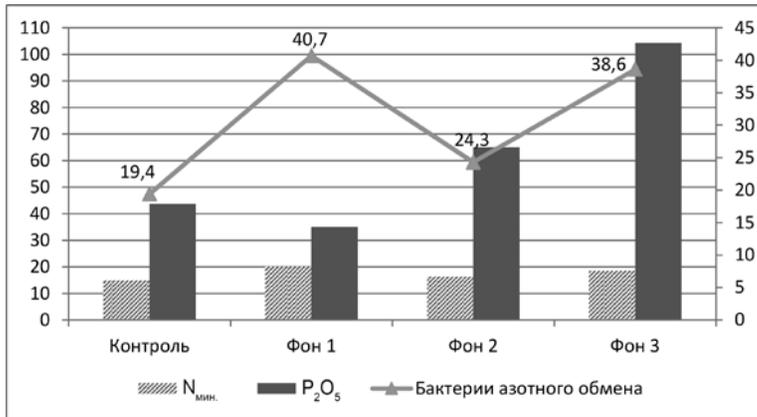


Рис. 2. Содержание в почве азота, фосфора (мг/кг почвы) и численность бактерий азотного обмена (млн КОЕ/г почвы) в фазу выхода в трубку пшеницы

анализ и получено уравнение линейной регрессии, описывающее зависимость урожайности пшеницы от содержания в почве азота, фосфора и численности микроорганизмов на МПА и КАА (см. таблицу).

Зависимость урожайности пшеницы от численности микроорганизмов и содержания в почве азота и фосфора

Фаза развития культуры	n	R	R ²	β	Уравнение регрессии
Кущение	16	0,72	0,51	$x_1 = -0,04$	$V = 22,56 - 0,05x_1 + 0,10x_2 + 0,33x_3 + 0,06x_4$
				$x_2 = 0,50$	
				$x_3 = 0,52$	
				$x_4 = 0,08$	
Выход в трубку	16	0,84	0,71	$x_1 = 0,63$	$V = 25,51 + 0,45x_1 + 0,06x_2 - 0,40x_3 - 0,12x_4$
				$x_2 = 0,37$	
				$x_3 = -0,24$	
				$x_4 = -0,44$	

Примечание. V – урожайность, т/га; x_1 – N_{\min} , мг/кг; x_2 – P_2O_5 , мг/кг; x_3 – аммонификаторы азота на МПА, млн КОЕ/1 г почвы; x_4 – иммобилизаторы азота на КАА, млн КОЕ/1 г почвы

Связь между урожайностью и выбранными в уравнение факторами высокая во все фазы, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции ($R = 0,72-0,84$). Коэффициенты детерминации (R^2) указывают, что урожайность в большей степени зависит от перечисленных факторов в фазу выхода в трубку. В фазу кущения урожайность связана в основном с количеством фосфора в почве ($\beta = 0,50$) и численностью аммонифицирующих бактерий ($\beta = 0,52$). В фазу выхода в трубку наиболее значимой является связь с азотом ($\beta = 0,63$), а также обратная связь с аммонифицирующей микрофлорой ($\beta = -0,44$), т.е. накопленный аммонификаторами в первой половине вегетации минеральный азот активно потребляется растениями и микроорганизмами-конкурентами.

Вывод

Количество в почве микроорганизмов азотного обмена в критический период развития пшеницы имеет положительную динамику, достигая своего пика в фазу выхода в трубку. Коэффициент минерализации в эту фазу по фону длительного применения

органоминеральной системы удобрения был максимальным и составил 4,76, что указывает на рост интенсивности процессов трансформации органического вещества в почве. Изменение продуктивности пшеницы на 71 % обусловлено содержанием в пахотном слое почвы минерального азота, подвижного фосфора и численностью микроорганизмов азотного обмена в фазу выхода в трубку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинченко М.К., Стоянова Л.Г. Бактерии азотного обмена как индикаторы процессов трансформации органического вещества в агроландшафтах серой лесной почвы // *Владимирский земледелец*. 2015. № 2 (72). С. 8–11.
2. Лазарев В.И., Ильин Б.С., Лазарева Р.И., Золотарева И.А. Отзывчивость сельскохозяйственных культур на отдельные виды минеральных удобрений и их сочетания в длительном стационарном опыте // *Агрохимия*. 2017. № 2. С. 28–33.
3. Наумченко Е.Т., Банецкая Е.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивное использование элементов питания посевами пшеницы // *Дальневост. агр. вестн.* 2018. № 1 (45). С. 42–48.
4. Blair N., Faulkner R.D., Till A.R. et al. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility. Pt I. Broadbalk experiment // *Soil Tillage Res.* 2006. Vol. 91. P. 30–38.
5. Rudrappa L., Purakayastha T.J., Singh D., Bhadraray S. Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools in a Typic Haplustept of semi-arid sub-tropical India // *Soil Tillage Res.* 2006. Vol. 88. P. 180–192.