

# ЭФФЕКТЫ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.-н., Р.А. Афанасьев, д.с.-х.-н., ВНИИА, E-mail: info@vniia-pr.ru

*Рассматривается характер последствий минеральных и органических удобрений на плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур по результатам исследований в длительном полевом опыте. Показано, что в период последствий ранее вносимых в течение 30 лет минеральных и органических удобрений наблюдалось снижение обеспеченности почвы органическим веществом, подвижным фосфором, в меньшей мере – калием. Продуктивность севооборота в годы последствий снижалась в вариантах опыта с умеренными дозами удобрений и почти не изменялась и даже повышалась при интенсивном их применении. При этом наибольшее положительное влияние на продуктивность севооборота в период последствий оказывали органические удобрения.*

*Ключевые слова:* минеральные и органические удобрения, действие и последствие, плодородие почвы, продуктивность севооборота.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.04

Решающее влияние удобрений на продуктивность земледелия, особенно в гумидных районах, известно давно. Еще Д.Н. Прянишников [1] указывал, что урожайность культур в странах Западной Европы возросла за счет применения удобрений с 16 ц/га в 1840-1885 гг. до 30 ц/га в 1925 г. В нашей стране урожайность зерновых культур зависела также от уровня применения удобрений. При внесении за пятилетие (1971-1975 гг.) в среднем за год 4,9 млн т д.в. минеральных удобрений урожайность зерновых культур составляла около 13 ц/га, тогда как в 1986-1990 гг. при внесении около 11 млн т д.в. минеральных удобрений она увеличилась почти до 16 ц/га, или на 23 %. Положительное, но не столь значительное по сравнению с ожидаемым, повышение продуктивности земледелия РФ объяснялось недостаточным учетом агроэкологических условий при применении удобрений [2, 3]. Однако систематическое внесение удобрений за годы интенсивной химизации 1966-1995 гг. в сумме около 39 млн т сопровождалось повышением плодородия почв. Так, содержание подвижного фосфора в почвах южно-таежно-лесной, лесостепной и степной зон за эти годы возросло в 1,7-1,8 раза, содержание подвижного калия в почвах южно-таежно-лесной зоны увеличилось на 30%, в лесостепной и степной – на 4-6%. Характерно, что при резком, почти 10-кратном снижении применения удобрений в стране в 1996-2000 гг. плодородие почв еще продолжало оставаться на довольно высоком уровне, в частности на землях, обследуемых агрохимслужбой [4]. При содержании подвижного фосфора в почвах южно-таежно-лесной, лесостепной и степной зон в 1991 – 1995 гг., соответственно, 13,1; 13,4 и 12,0 мг/100 г в 1996-1998 гг. оно сохранялось почти на том же уровне – 13,0; 13,2 и 10,9 мг/100 г [6], хотя применение минеральных удобрений в этот период резко снизилось и составляло не более 1,5 млн т в год, в основном азотных.

Приведенные данные в целом характеризуют зависимость плодородия почвы от уровня применения удобрений. Однако снижение интенсивности применения удобрений, происходящее в России в конце минувшего столетия, не оказало резкого отрицательного влияния не только на плодородие почв, но и на урожайность сельскохозяйственных культур, а в отношении зерновых культур даже повысило сбор зерновой продукции по сравнению с годами интенсивной хими-

зации. Это свидетельствует о том, что удобрения обладают не только действием, но и активным последствием как на плодородие почв, так и на урожайность сельскохозяйственных культур.

В этом отношении обращает на себя внимание тот факт, что в 2006-2010 гг., когда ежегодное внесение удобрений в России было менее 2 млн т д.в., урожайность зерновых составила 18,9 ц/га, тогда как в 1986-1990 гг. с ежегодным применением около 11 млн т д.в. минеральных удобрений урожайность зерновых не превышала 16 ц/га. В 2016 г. при уровне внесения минеральных удобрений не более 3,5 млн т получены рекордная урожайность зерновых культур – свыше 26 ц/га и валовой сбор зерна – свыше 120 млн т по сравнению со 104,3 млн т в 1986-1990 гг. Здесь со всей очевидностью проявляется последствие ранее вносимых в течение длительного времени минеральных и органических удобрений и других агрохимических средств. Тем не менее выявленные по статистическим отчетам тенденции требуют экспериментального подтверждения в длительных полевых опытах. Такие исследования выполнены ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова совместно со Смоленским НИИСХ.

Цель исследований – определить характер последствий органических и минеральных удобрений, применяемых в почвенно-климатических условиях Смоленской области.

**Методика.** Исследования проводили на базе длительного стационарного полевого опыта, заложенного в 1978 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. В конце четвертой – начале пятой ротации зерно-травяного севооборота почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями (табл.).

Агрохимические свойства почвы. 2009 г.

№ варианта	рН <sub>KCl</sub>	Гумус (C), %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			мг/кг	
1	4,9	1,01	75	47
2	4,7	1,19	174	158
3	5,1	1,04	160	77
4	4,9	1,28	303	92
5	4,4	1,13	415	129
6	4,6	1,34	213	115
7	5,1	1,31	525	245
8	5,0	1,20	425	234

Органические и минеральные удобрения в зернотравяном полевом севообороте вносили до 2008 г. по постоянной схеме в течение четырех ротаций. Для изучения последствий удобрений использовали варианты: 1 – контроль, 2 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , 3 – навоз, среднегодовая доза 9 т/га, 4 –  $N_{30}P_{30}K_{30}$  + навоз, 3 т/га, 5 –  $N_{60}P_{60}K_{60}$  + навоз, 6 т/га, 6 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$  + навоз, 9 т/га, 7 –  $N_{120}P_{120}K_{120}$  + навоз, 12 т/га, 8 –  $N_{150}P_{150}K_{150}$  + навоз, 15 т/га. Последствие удобрений в этих вариантах изучали в пятой ротации севооборота – с 2009 г. по 2015 г. в 7-польном севообороте со следующим чередованием культур: 1 – однолетние травы (овес на зеленую массу); 2 – озимая рожь; 3 – ячмень; 4, 5 – многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования; 6 – яровая пшеница; 7 – овес. Площадь опытной делянки 112 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 48 м<sup>2</sup>. Повторность в опыте трехкратная. В период последствия во всех вариантах опыта, включая контроль, применяли ежегодно аммиачную селитру в дозе  $N_{45}$  под озимую рожь и  $N_{30}$  под все другие культуры севооборота.

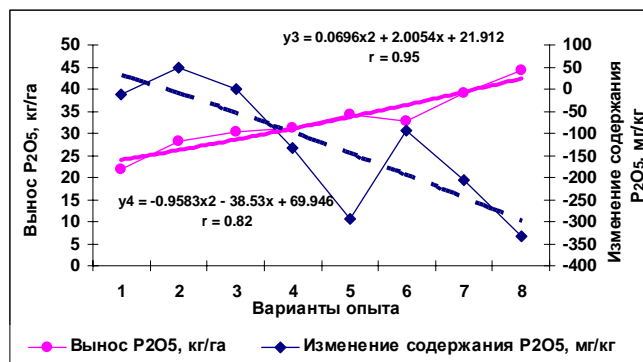
**Результаты и их обсуждение.** За период действия удобрений в почве повысилась кислотность, в среднем по приведенным вариантам опыта, на 0,8 pH, т.е. pH снизился с 5,7 до 4,8 ед., также уменьшилось содержание гумуса – с 1,34 до 1,19%. В то же время в почве увеличилось содержание подвижного фосфора в среднем по вариантам со 159 до 294 мг/кг. Содержание подвижного калия в почве снизилось на контроле и при низких дозах удобрений, но повысилось в вариантах высоких (4-5-кратных) доз NPK и навоза. В целом по этим вариантам содержание калия в почве за годы внесения удобрений повысилось с 133 до 137 мг/кг, т.е. в среднем всего лишь на 4 мг/кг.

За период последствия удобрений кислотность почвы снизилась по вариантам на 0,3 pH, продолжалось снижение гумуса – на 0,11% (абсолютных), подвижного фосфора – на 128 мг/кг. Содержание подвижного калия в почве при низких дозах несколько повысилось, при высоких дозах, наоборот, снизилось из-за повышенного выноса калия под влиянием на урожайность культур возросших доз удобрений.

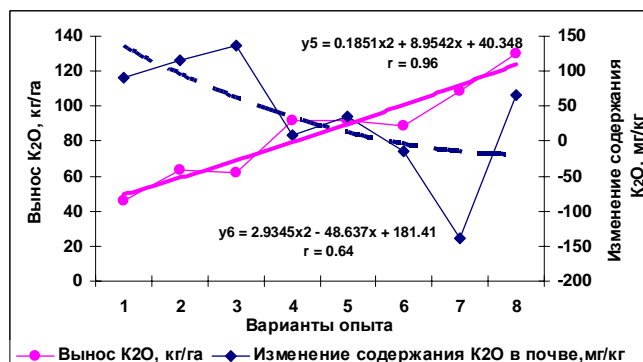
Зависимость содержания в почве подвижного фосфора и калия от выноса этих элементов урожаями сельскохозяйственных культур показана на рисунке 1. Из него видно, что она носит закономерный характер: с повышением выноса фосфора и калия урожаями сельскохозяйственных культур в почве происходило снижение концентрации этих элементов. Результаты опыта в целом подтверждают известную в агрохимической науке отрицательную зависимость между выносом питательных веществ и содержанием их в почве, если она не нивелируется применением удобрений или другими агроприемами. Несмотря на очевидность выявленных тенденций, по рисунку видно, что фактические показатели содержания подвижных форм фосфора и калия в почве различных вариантов отличаются от аппроксимирующих их колебания кривых. Эти колебания содержания элементов в почве по различным вариантам опыта обусловлены неучтенными факторами, хотя закономерность выявленных тенденций не вызывает сомнения.

Влияние удобрений в периоды их действия и последствия вполне определенно отразилось на продуктивности севооборота (рис. 2). Характер действия удобрений в зависимости от их возрастающих доз проявился в виде параболы с максимумом в варианте 2 с

внесением минеральных удобрений ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ), а также при сочетании органических и минеральных удобрений в варианте 5 ( $N_{60}P_{60}K_{60}$  + навоз, 6 т/га) и варианте 6 ( $N_{90}P_{90}K_{90}$  + навоз, 9 т/га) при снижении кривой в вариантах 7 и 8 с высокими дозами ( $N_{120-150}P_{120-150}K_{120-150}$  + навоз, 12-15 т/га). Более низкая продуктивность в вариантах 5 и 6 по сравнению с внесением одних минеральных удобрений (вар. 2) вызвана тем, что часть элементов питания вносили с навозом в органической форме, которые использовались в этот период менее интенсивно по сравнению с минеральными формами.



а



б

Рис. 1. Зависимость изменения содержания подвижного фосфора (а) и калия (б) в почве от выноса их урожаями в 5-й ротации севооборота

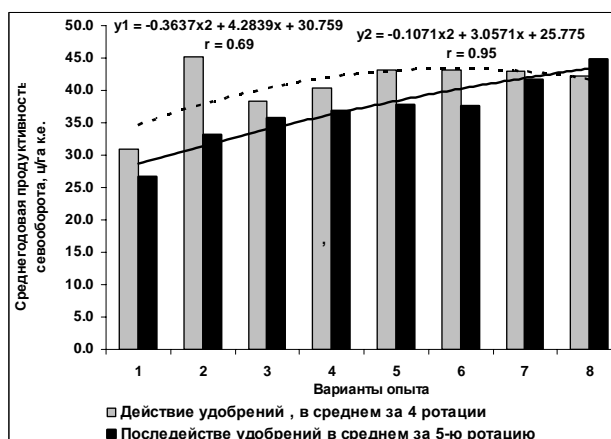


Рис. 2. Продуктивность севооборота в зависимости от действия и последствия органических и минеральных удобрений

Однако, в последствии навоз во всех вариантах его применения оказывал, несомненно, положительное влияние на продуктивность севооборота. Если в варианте 2 при внесении только минеральных удобрений в среднем за 5-ю ротацию получено 33,2 ц/га к.е., то в 5-

и 6-м вариантах собрано по 37,8 и 37,6 ц/га к.е. и еще больше в 7-м и 8-м вариантах – 41,7 и 44,8 ц/га к.е. соответственно. Особенно примечательно, что в варианте 8 за годы действия в среднем по 4 ротациям продуктивность севооборота составила 42,2 ц/га к.е., а в 5-й ротации – 44,8 ц/га к.е., т.е. в последствии она была на 2,6 ц/га к.е. выше.

**Заключение.** Исследования показали, что при интенсивном применении удобрений их последствие с умеренным внесением азотных удобрений может оказаться выше прямого действия. Данная закономерность вполне подтверждает динамику урожайности зерновых культур, отраженную сельскохозяйственной статистикой [6], несмотря на то, что учитываются только посевные площади на почвах, не выведенных из сельскохозяйственного использования, т.е. лучших по своему плодородию. Следует принимать во внимание также совпадение тенденций в изменении агрохимических

свойств почвы как в опыте, так и по данным агрохимической службы, относящимся к плодородию почв России. Эти тенденции заключаются в заметном обеднении почв гумусом, подвижным фосфором и в меньшем изменении содержания подвижного калия и кислотности.

#### Литература

1. Прынишников Д.Н. Изб. соч. Т. 1. – М.: Колос, 1965. – 767 с.
2. Консультативное агрохимическое обслуживание в Российской Федерации. Итоги и перспективы (40 лет Агрохимической службе) / Под ред. В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2005. – 569 с.
3. Сычев В.Г., Милащенко Н.З., Шафран С.А. Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна // Плодородие. – 2018. – №1. – С.18-19.
4. Державин Л.М., Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. Методология комплексного применения удобрений и пестицидов в интенсивном земледелии. – М.: ВНИИА, 2016. – 344 с.
5. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. – М.: Изд-во ЦИНАО, 2003. – 228 с.
6. Кулик Г. Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности. – М.: Новые решения, 2017. – 148 с.

## AFTEREFFECTS OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS APPLIED IN SOD-PODZOLIC SOIL

G.Ye. Merzlaya, R.A. Afanasev

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia E-mail: info@vniia-pr.ru

*This article discusses the nature of the aftereffect of mineral and organic fertilizers on the fertility of sod-podzolic light loamy soil and the productivity of agricultural crops according to the results of research in a long field experiment. It was shown that during the aftereffect period of mineral and organic fertilizers previously applied for 30 years, there was a decrease in soil provision with organic matter, mobile phosphorus, to a lesser extent – potassium. The productivity of crop rotation in the years of aftereffect decreased in the variants of the experiment with moderate doses of fertilizers and almost did not change and even increased with their intensive use. At the same time, organic fertilizers had the greatest positive impact on the productivity of crop rotation in the period of aftereffect.*

*Keywords: mineral and organic fertilizers, effect and aftereffect, soil fertility, productivity of crop rotation*

УДК 631.559:633.1:631.8:631.582

## УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ОКУПАЕМОСТЬ УДОБРЕНИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ

А.М. Алиев, д.с.-х.н., Н.И. Цимбалист, д.с.-х.н. Е.Н. Старостина, Г.А. Ивашенков,  
ВНИИА, E-mail: info@vniia-pr.ru

*Работа выполнена по государственному заданию № 0572-2019-0011*

*Исследовано влияние длительного применения систем удобрения и других средств химизации на урожайность зерна озимой пшеницы и окупаемость удобрений в полевом севообороте Центрального Нечерноземья. Показано преимущество комплекса средств химизации по сравнению с одними системами удобрения без других средств химизации.*

*Ключевые слова: комплексное применение средств химизации, урожайность зерна, окупаемость удобрений, свойства почвы.*

DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.05

Стратегия обеспечения потребности страны полноценными продуктами питания, а животноводства высококачественными кормами требует повышения плодородия почвы, урожайности культур с хорошими качественными показателями и эффективности удобрений. Особенно это актуально в условиях Нечерноземной зоны, где природное плодородие почвы низкое, реакция почвенной среды кислая, преобладают почвы с недостаточной обеспеченностью гумусом и основными питательными элементами. Исходная урожайность зерна не превышает 1,0-1,5 т/га, агроценозы имеют неблагоприятное фитосанитарное состояние.

В научной литературе немало работ по изучению эффективности удобрений в условиях Нечерноземной зоны (1-4 и др.). Однако до настоящего времени влияние длительного применения удобрений в комплексе с другими средствами химизации в севообороте изучено недостаточно, не выявлены величины повышения окупаемости систем минерального питания в условиях дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны.

Для успешного ведения земледелия необходим комплекс научно обоснованных мероприятий по повышению плодородия почвы и улучшению фитосанитарного состояния посевов: применение систем удобрения, из-