

УДК 631.861:895

# ВОСПРОИЗВОДСТВО ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ

*А.И. Иванов, д.с.-х.н., Ж.А.Иванова, к.с.-х.н., И.А. Фрейдкин, АФИ*

*В серии полевых опытов выполнена оценка воспроизводства эффективного плодородия дерново-подзолистой почвы с использованием нового органоминерального удобрения на основе птичьего помёта. Доказана его экологическая безопасность и установлены параметры оптимизации кислотно-основного, азотного, фосфатного и микроэлементного состояния, а также питательного режима почвы.*

*Ключевые слова: новое органоминеральное удобрение, плодородие, дерново-подзолистая почва, эффективность, питательный режим, кислотность, подвижные соединения.*

Почвенно-климатические условия Северо-Запада России обеспечивают наивысшую в нашей стране отдачу от применения практически всех видов удобрений [2, 6]. Без их обособленного использования эффективное земледелие в регионе невозможно [11, 12]. При этом современные объёмы применения удобрений и извести в десятки раз меньше минимально необходимых для воспроизводства почвенного плодородия [7, 8]. В результате развития скрытых деградационных процессов доля пахотных почв с повышенной кислотностью на Северо-Западе РФ увеличилась до 44 %, с низким содержанием гумуса – до 63, калия – до 28, фосфора – до 11 %. Наибольшую опасность они представляют для широко распространённых на пашне лёгких дерново-подзолистых почв, характеризующихся низкими параметрами ёмкости катионного обмена, буферности, высокой водопроницаемостью, способствующей ускорению деградационных процессов в условиях промывного водного режима [4, 9].

На этом неблагоприятном фоне крайне слабо используются ресурсы местных удобрений. Только в Ленинградской области из 3,5 млн т навоза ежегодно вносится в почву не более 1,4 млн т. Из неиспользуемого объёма почти 1 млн т приходится на птичий помёт, отличающийся потенциальной опасностью для окружающей среды и человека и неудовлетворительными технологическими свойствами [3]. Для преодоления этих недостатков совместно с ООО «Билавис» была разработана технология производства гранулированного нового органоминерального удобрения (НОМУ) с влажностью до 2 %, pH – 9-9,2, нейтрализующей способностью 20 %, содержанием органического вещества 47–50 %, азота 2,5–3, фосфора 5–8, калия 2–3, кальция 6–8, магния 1–2 %, 83–97 мг/кг меди, 435–484 цинка, 6,8–7,9 никеля, 18–21 свинца и 0,07–0,1 мг/кг кадмия. По комплексу токсикологических и санитарно-гигиенических показателей оно полностью отвечает установленным нормативам.

Цели исследований – оценить воспроизводство эффективного плодородия деградированной почвы с использованием НОМУ и изучить действие и последствие возрастающих доз этого удобрения при внесении в севообороте.

**Методика.** Исследования начаты в 2010 г. в Менёвском филиале АФИ. Почва – дерново-подзолистая супесчаная. На момент закладки опытов она имела  $pH_{KCl}$  4,6–4,8, Нг – 3,46–3,74 мМоль/100 г,  $S_{обм}$  – 3,71–3,95 мМоль/100 г, содержание органического вещества – 2,04–3,53 %, подвижных соединений фосфора и калия 163–268 и 70–106 мг/кг соответственно. На первом этапе был заложен мелкоделяночный полевой опыт по изучению прямого действия и последствия однократного внесения возрастающих доз НОМУ в звеньях полевых севооборотов: 1 – картофель; 2 – ячмень; 3 – ячмень + мн. травы; 4 – многолетние травы; 5 – однолетние травы; 6 –

рожь озимая. Общая площадь делянки 15 м<sup>2</sup>, учётная – 5 м<sup>2</sup>, повторность трёхкратная. На втором этапе в 2012 г. в полиэтиленовых сосудах без дна размером 1×1×0,3 м в четырёхкратной повторности был заложен микрополевой опыт по изучению эффективности высоких мелиоративных доз НОМУ в звеньях полевых севооборотов: 1 – картофель; 2 – рапс; 3 – ячмень + мн. травы; 4 – сидеральный пар; 5 – пшеница озимая. Все аналитические исследования выполнены в соответствии с принятыми в агрохимслужбе для отдельных показателей ГОСТ и МУ в аккредитованной лаборатории АФИ. Наиболее важные результаты учётов и наблюдений подвергнуты статистической обработке дисперсионным методом [10].

**Результаты и их обсуждение.** С одной стороны, характер влияния НОМУ на продукционный процесс сельскохозяйственных культур в опытах определяли с помощью комплексной оптимизации физико-химических и агрохимических свойств почвы, а также её питательного режима. С другой стороны, абсолютные параметры изменения этих свойств зависели от хозяйственного выноса отдельных элементов с урожаем и непродуктивных потерь, уровень которых существенно возрастал по мере увеличения доз удобрения. Вероятно, в этом главная причина закономерного увеличения удельных затрат удобрения на улучшение отдельных показателей эффективного плодородия дерново-подзолистых почв по мере повышения доз органических удобрений, т.е. проявления закона убывающей отдачи [1]. Если на контроле без удобрений мелкоделяночного опыта среднегодовая продуктивность культур составила 1,7 т з.ед/га в зернопаровом, 1,25 – в зернотравяном, 2,73 т з.ед/га в зернопарашном звене севооборота, то на фоне оптимальной дозы НОМУ 4 т/га – 4,74, 3,96 и 6,05 т з.ед/га соответственно. В аналогичных звеньях севооборотов микрополевого опыта на контроле и на фоне оптимальной дозы НОМУ 7 т/га – продуктивность составила 1,05 и 2,78; 4,8 и 7,0; 5,02 и 7,51 т з.ед/га соответственно. Окупаемость 1 кг НРК удобрения в этих вариантах варьировала от 9,0 до 11,0 кг з.ед. в мелкоделяночном и от 4,9 до 6,9 кг з.ед. – в микрополевым опыте. При этом стабильно положительный баланс формировался по азоту, фосфору, кальцию, магнию и микроэлементам.

В отличие от минеральных и органических систем удобрения на основе навоза действие нового удобрения в дозах 2 и более т/га имело выраженный нейтрализующий эффект [5] (табл. 1). И если  $pH_{сол.}$  повысился на фоне доз 2–4 и 7–10 т/га в среднем на 0,27 и 0,51 ед., то  $H_{обм.}$  (по Соколову) при этом снизилась на 33 и 42, а Нг. – на 15 и 16 % соответственно. Усреднённые по вариантам данные показывают, что при внесении 1 т/га НОМУ обменная и гидролитическая кислотность сокращались на 0,01 и 0,08 мМоль/100 г,  $pH_{сол.}$  увеличивался на 0,08, а сумма обменных оснований – на 0,13 мМоль/100 г. Эти изменения согласуются с 20 %-ной нейтрализующей способностью НОМУ, формируемой за счёт оксидов, карбонатов и гидрокарбонатов кальция, магния и калия добавляемой золы.

Положительное действие НОМУ на питательный режим почвы носило ещё более выраженный характер. Уже через 2 нед после внесения этого удобрения нитрификационная способность почвы (по Кравкову) увеличилась в среднем по вариантам мелкоделяночного и микрополевого опытов с 21±2 и 17±3 мг/кг на контроле до 33±3 и 57±5 мг/кг соответ-

ственно. Несмотря на известную изменчивость параметров обеспеченности почвы подвижными соединениями азота в течение вегетационного периода, приуроченную к биологической активности почвы, погодным условиям и развитию культурной растительности, в среднем за вегетацию в вариантах с применением НОМУ содержание обменного аммония было выше, чем на контроле на 28–40 %, а нитратного азота – на 33–62 %.

#### 1. Влияние НОМУ на кислотно-основное состояние дерново-подзолистой почвы опытов

Вариант опыта	Показатели кислотно-основного состояния (над чертой – в начале, под чертой – в конце опыта)				
	pH <sub>сол.</sub>	Н <sub>обм.</sub>	Нг.	S <sub>обм.</sub>	V, %
		мМоль/100 г			
В среднем по мелкоделяночному опыту					
Контроль-0	4,54±0,07	0,29±0,03	4,62±0,23	3,94±0,22	46
	4,55±0,06	0,26±0,03	4,58±0,19	3,95±0,20	46
Контроль-N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	4,50±0,06	0,27±0,02	4,63±0,19	3,94±0,17	46
	4,56±0,08	0,26±0,04	4,64±0,22	3,87±0,19	45
НОМУ, 1 т/га	4,49±0,07	0,27±0,03	4,65±0,14	3,92±0,20	46
	4,63±0,07	0,22±0,03	4,46±0,20	4,06±0,16	48
НОМУ, 2 т/га	4,54±0,07	0,27±0,04	4,70±0,22	3,94±0,15	46
	4,72±0,08	0,20±0,02	4,17±0,17	4,29±0,21	51
НОМУ, 3 т/га	4,43±0,06	0,27±0,03	4,65±0,19	3,93±0,20	46
	4,75±0,08	0,17±0,02	4,10±0,13	4,56±0,17	53
НОМУ, 4 т/га	4,50±0,07	0,27±0,04	4,67±0,16	4,00±0,21	46
	4,82±0,07	0,16±0,02	3,85±0,21	4,78±0,21	55
В среднем по микрополевоу опыту					
Контроль-0	4,70±0,06	0,13±0,01	3,63±0,18	3,44±0,15	49
	4,61±0,08	0,12±0,01	3,72±0,18	3,38±0,13	48
НОМУ, 4 т/га	4,60±0,08	0,13±0,02	3,82±0,20	3,27±0,13	46
	4,93±0,07	0,10±0,01	3,45±0,17	3,68±0,13	52
НОМУ, 7 т/га	4,70±0,06	0,14±0,02	3,96±0,15	3,30±0,18	45
	5,17±0,07	0,08±0,01	3,10±0,17	3,99±0,15	56
НОМУ, 10 т/га	4,60±0,05	0,13±0,01	3,96±0,17	3,41±0,14	46
	5,18±0,08	0,08±0,01	3,01±0,15	4,62±0,19	61
НОМУ, 4 т/га + K <sub>40</sub>	5,20±0,09	0,13±0,01	2,86±0,15	4,32±0,20	60
	5,44±0,10	0,11±0,01	2,37±0,13	4,84±0,21	67
НОМУ, 7 т/га + K <sub>70</sub>	4,70±0,07	0,11±0,01	3,71±0,16	3,70±0,19	50
	5,15±0,07	0,07±0,01	2,64±0,13	4,37±0,22	62
НОМУ, 10 т/га + K <sub>100</sub>	4,70±0,06	0,11±0,02	3,96±0,19	3,45±0,17	47
	5,25±0,06	0,05±0,01	2,66±0,14	4,78±0,24	64

И хотя к концу вегетации обычно гораздо лучше развитые растения удобренных вариантов, потребляя минеральные соединения азота почвы и удобрения, существенно снижают это превосходство, в наших опытах оно достигало 37–45 % (табл. 2). Это связано, вероятно, с тёплыми погодными условиями конца вегетации, способствующими сохранению высокой биологической активности почвы.

На фоне доз НОМУ 4 т/га и более заметно оптимизировалось содержание органического вещества, подвижных соединений азота, фосфора, обменных соединений кальция и магния и сохранялось калийное состояние. Стабильное улучшение последнего в звеньях полевых севооборотов наблюдалось лишь на фоне очень высоких доз НОМУ, дополненных калийным удобрением. В среднем по этим вариантам опытов при внесении 1 т/га нового удобрения содержание органического вещества в почве увеличилось на 0,04 %, подвижных фосфатов – на 6 мг/кг, обменных соединений кальция и магния – на 0,12 и 0,05 мМоль/100 г соответственно.

#### 2. Изменение агрохимических свойств почвы

Вариант опыта	(в среднем за два года опытов)					
	Показатели агрохимического состояния (над чертой – в начале, под чертой в конце опыта)					
	Органическое в-во, %	N <sub>подв.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>подв.</sub>	K <sub>2</sub> O <sub>подв.</sub>	Ca <sub>обм.</sub>	Mg <sub>обм.</sub>
<i>В среднем по мелкоделяночному опыту</i>						
Контроль-0	2,95±0,12	42,1±2,7	166±12	79±5	3,25±0,21	0,77±0,05
	2,90±0,14	17,5±1,4	167±10	70±5	3,26±0,25	0,86±0,06
N <sub>60</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>	2,92±0,11	40,8±2,5	165±10	78±6	3,25±0,30	0,78±0,06
	2,87±0,11	19,2±1,7	169±11	68±3	3,24±0,24	0,87±0,06
НОМУ, 1 т/га	2,88±0,12	41,3±2,6	164±11	75±5	3,14±0,20	0,79±0,05
	2,87±0,11	19,7±1,5	171±11	70±5	3,45±0,17	0,97±0,08
НОМУ, 2 т/га	2,90±0,14	41,7±2,6	154±12	73±6	3,33±0,22	0,80±0,07
	2,88±0,13	22,6±1,6	184±13	65±5	3,69±0,22	0,93±0,08
НОМУ, 3 т/га	2,89±0,11	41,5±2,7	163±17	74±7	3,09±0,23	0,78±0,06
	2,93±0,11	24,9±1,3	204±17	70±5	3,72±0,18	1,00±0,08
НОМУ, 4 т/га	2,89±0,11	41,9±2,5	162±12	75±6	3,14±0,15	0,80±0,05
	3,15±0,10	28,7±1,2	216±19	73±6	3,71±0,23	1,09±0,07
<i>В среднем по микрополевоу опыту</i>						
Контроль-0	2,08±0,10	16,9±1,9	178±14	108±7	3,58±0,22	0,34±0,04
	1,98±0,09	33,2±2,5	178±12	85±6	3,37±0,17	0,31±0,03
НОМУ, 4 т/га	2,17±0,09	17,7±1,6	172±12	107±8	3,79±0,19	0,37±0,03
	2,29±0,10	39,1±2,8	192±17	89±8	4,20±0,27	0,51±0,05
НОМУ, 7 т/га	2,04±0,08	17,0±1,5	178±16	107±9	3,45±0,19	0,33±0,03
	2,37±0,09	47,3±2,8	198±18	97±8	4,29±0,28	0,55±0,04
НОМУ, 10 т/га	2,08±0,09	15,5±1,3	153±12	104±8	3,75±0,24	0,36±0,03
	2,45±0,12	52,2±3,4	208±16	93±8	4,83±0,31	0,78±0,05
НОМУ, 4 т/га + K <sub>40</sub>	1,96±0,08	16,4±1,5	167±13	107±7	3,79±0,20	0,29±0,02
	2,09±0,09	46,4±3,0	201±17	100±8	4,17±0,22	0,48±0,05
НОМУ, 7 т/га + K <sub>70</sub>	2,02±0,09	18,0±1,4	162±14	108±8	3,67±0,20	0,31±0,02
	2,30±0,11	48,0±2,9	205±21	112±9	4,50±0,29	0,60±0,04
НОМУ, 10 т/га + K <sub>100</sub>	2,06±0,10	17,4±1,4	161±13	105±7	3,75±0,21	0,30±0,03
	2,38±0,12	56,4±3,3	217±18	123±7	4,92±0,32	0,82±0,06

Положительное действие НОМУ в дозах 4 т/га и более дополнилось весьма слабым влиянием на состояние средне- и высокоопасных токсикантов при повышении обеспеченности отдельными соединениями биогенных металлов. Достоверные изменения здесь выражались в повышении валового содержания меди с 2,72–3,17 до 3,68–4,08 мг/кг, подвижных соединений цинка – с 0,62–0,70 до 0,77–1,06 и кобальта – с 0,61–0,71 до 0,73–1,26 мг/кг. И, если увеличение содержания подвижных соединений цинка в большей степени связано с поступлением элемента с удобрением (171 – 426 г/га), то изменение статуса соединений меди и кобальта объясняется, вероятно, резкой активизацией почвенной биоты и, прежде всего, микроорганизмов азотного цикла. При этом все параметры обеспеченности почвы тяжёлыми металлами и металлоидами были многократно ниже установленных санитарно-гигиенических нормативов, а уровень содержания соединений кадмия, ртути, мышьяка и частично подвижных соединений свинца оказался в границах нижнего предела обнаружения стандартных аналитических методов.

**Заключение.** Таким образом, новое органоминеральное удобрение на основе птичьего помёта оптимизирует питательный режим почвы, позволяет сформировать положительный баланс азота, фосфора, кальция, магния и в значительной мере компенсировать минерализационные потери органического вещества и продуктивное потребление калия. В среднем по вариантам опытов с оптимальными дозами при внесении 1 т/га этого удобрения обменная и гидролитическая кислотность сокращались, соответственно, на 0,01 и 0,08 мМоль/100 г, pH<sub>сол.</sub> увеличивался на 0,08, а сумма обменных оснований – на 0,13 мМоль/100 г, содержание органического вещества – на 0,04 %, подвижных фосфатов – на 6 мг/кг, обменных соединений кальция и магния – на 0,12 и 0,05 мМоль/100 г соответственно. Его периодическое при-

менение в дозах до 10 т/га экологически безопасно и представляет собой мероприятие химической мелиорации, направленное на преодоление скрытых деградационных процессов интенсивно используемых дерново-подзолистых почв.

#### *Литература*

1. Байбеков Р.Ф., Седых В.А., Савич В.И., Поветкина Н.Л. Влияние на развитие дернового процесса высоких доз органических удобрений // Плодородие. – 2012. – № 4. – С. 8-10. 2. Дерюгин И.П., Курпичников Н.А., Прокошев В.В. Агрохимическое обоснование оптимальных параметров содержания в почве подвижных форм фосфора и калия и оптимизация доз фосфорных и калийных удобрений на дерново-подзолистых почвах // Агрохимия. – 1995. – № 2. – С. 3-8. 3. Еськов А.И., Новиков М.Н., Лукин С.М. и др. Справочная книга по производству и применению органических удобрений. – Владимир: РАСХН, 2001. – 496 с. 4. Иванов А.И. Влияние окультуренности дерново-подзолистой почвы и её водного режима на эффективность калийных удобрений // Агрохимия. – 1998. – № 11. – С. 45-48. 5. Иванов А.И. Некоторые закономерности изменения кислотно-

основного состояния дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при сельскохозяйственном использовании // Агрохимия. – 2000. – № 10. – С. 28-33. 6. Иванов А.И. Почвенно-агрохимическое обоснование системы удобрения на хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России // Дисс. докт. с.-х. наук. С.-Пб.: 2000. – 295 с. 7. Иванов А.И. и др. Рекомендации по применению технологий проведения агрохимических, агробиологических и реабилитационных мероприятий. – С.-Пб.: АФИ, 2009. – 207 с. 8. Иванов И.А., Иванов А.И. Научно-практические основы системы земледелия Северо-Западного района России. – Великие Луки, 2006. – 249 с. 9. Иванов И.А., Иванов А.И., Цыганова Н.А. Изменение свойств подзолистых и дерново-подзолистых почв на песчаных породах при окультуривании // Почвоведение. – 2004. – № 4. – С. 489 – 499. 10. Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с. 11. Небольсин А.Н. и др. Научные основы и технология использования удобрений и извести. – С.-Пб.: СЗНИ-ИСХ, 1997. – 52 с. 12. Сапожников Н.А., Корнилов М.Ф. Научные основы систем удобрения в Нечернозёмной зоне. – Л.: Колос, 1977. – 296 с.

### **REPRODUCTION OF FERTILITY OF SODDY-PODZOLIC SOILS USING A NEW ORGANOMINERAL FERTILIZER**

**A.I. Ivanov, Zh.A. Ivanova, I.A. Freidkin**  
**Research Institute of Agrophysics**  
**Grazhdanskii pr. 14, St. Petersburg, 195220 Russia**

*The reproduction of effective fertility of soddy-podzolic soils with the use of a new organomineral fertilizer based on poultry manure has been estimated in a series of field experiments. The environmental safety of the fertilizer has been proved. The optimization parameters of acid-base nitric, phosphate, and microelement statuses, as well as the nutritive regime of soils, have been determined.*

*Keywords: new organic-mineral fertilizer, fertility, soddy-podzolic soil, efficiency, nutritive regime, acidity, mobile compounds.*