

The maximum amount of nitrous oxide on average over 6 years (2015-2020) when using nitrogen mineral fertilizers in the agriculture of the Czech Republic, 45.2 tons, was obtained using the value of the emission factor adopted in the Russian Federation (0.0137). The lower value of nitrous oxide emissions, averaging 41.2 tons over the years of the study, was calculated using the emission factor value of 0.0125 approved by the Intergovernmental Panel on Global Climate Studies. The use of a differentiated value of the emission factor proposed by Russian scientists, which takes into account the peculiarities of the cultivation of various agricultural crops, gives a minimum amount of N_2O , which is 38.5 tons.

When applying organic fertilizers, the production of nitrous oxide, calculated using three values of the emission factor, varies from 0.35 to 0.41 tons per year. The maximum value was obtained when calculating using a differentiated emission factor, the minimum (0.35 t) using the value recommended by the Intergovernmental Panel on Global Climate Studies. The middle position is occupied by the volume of emitted nitrous oxide (0.38 t), obtained using the value of the emission factor approved by the Ministry of Natural Resources of Russia.

The conducted studies allow us to conclude that the use of different values of the emission factor to determine the emission of nitrous oxide when applying nitrogen mineral fertilizers in the agriculture of the Czech Republic differs by about 10%. The maximum N_2O emission was obtained using the Russian standard, its average value was obtained using the international standard, and the minimum N_2O emission was obtained using a differentiated value of the emission factor.

Key words: nitrous oxide emission, emission factor, gaseous losses, nitrogen-containing nitrogen and organic fertilizers.

УДК 631.45:631.5:631.8

DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.09

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЦЕНОЗА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

**Е.Т. Наумченко, к.с.-х.н., Е.В. Банецкая,
ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский НИИ сои»
675027, Амурская обл., г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 19
e-mail: bev@vniiso.ru**

Проведена сравнительная оценка показателей плодородия почвы пятипольного полевого севооборота по окончании 3-й (15 лет) и 11-й (55 лет) ротаций. Установлено, что длительное применение минеральной системы удобрения ($N_{42}P_{48}$) сопровождалось увеличением гидролитической и обменной кислотности, в то время как использование органоминеральной системы не привело к ухудшению физико-химических свойств почвы. Обе системы удобрения повысили обеспеченность почвы подвижным фосфором, а также степень его подвижности. Применение в течение 55 лет минеральных удобрений совместно с навозом увеличило содержание гумуса, его подвижных форм и обогащенность азотом. Улучшение агрохимических показателей способствовало росту продуктивности севооборота на 3,9-4,1 т к.е/га. Выявлено, что изменение продуктивности севооборота на 73 % определялось варьированием показателей гумуса, почвенной кислотности и содержания подвижного P_2O_5 в слое почвы 0-20 см.

Ключевые слова: плодородие, севооборот, длительное использование удобрений, подвижный фосфор, гумус, продуктивность.

Для цитирования: Наумченко Е.Т., Банецкая Е.В. Оценка изменения плодородия почвы и продуктивности агроценоза при длительном внесении удобрений// Плодородие. – 2023. – №1. – С. 39-41.
DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.09.

Одним из главных показателей состояния почвы является ее агрохимическая характеристика, позволяющая оперативно оценить влияние агрогенных факторов и выработать способы воспроизводства плодородия. Основными приемами повышения эффективности плодородия являются севооборот и удобрения. Для разработки научных основ эффективного применения оптимальных доз удобрений в севооборотах большое значение имеет получение информации об изменении плодородия почв в условиях длительных стационарных опытов. В стационарном 5-польном полевом (соево-зерновом) севообороте проводят изучение эффективности применения различных систем удобрения и осуществляют мониторинг плодородия почвы.

Цель исследований – оценить изменение эффективного плодородия луговой черноземовидной почвы по основным агрохимическим показателям и продуктивность полевого севооборота при длительном применении удобрений.

Методика. Исследования по влиянию длительного внесения удобрений на агрохимические свойства про-

водили в стационарном опыте ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, заложенном в 1962-1964 г. под руководством доктора сельскохозяйственных наук В.Т. Куркаева. Опыт входит в Географическую сеть опытов с удобрениями РФ (№ 039 реестра Геосети) и представляет собой 5-польный севооборот: 1 – овес; 2 – соя; 3 – пшеница; 4 – соя; 5 – пшеница. В длительном опыте рассматривали влияние систем применения минеральных удобрений со среднегодовой нагрузкой на 1 га севооборотной площади за ротацию: P_{30} , N_{24} , $N_{24}P_{30}$, $N_{42}P_{48}$ и органической – $N_{24}P_{30} + 4,8$ т навоза.

Почва опытного участка луговая черноземовидная маломощная тяжелосуглинистая. В почвенных образцах определяли рН потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность методом Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-84), подвижный фосфор методом А.Т. Кирсанова (ГОСТ 26207-91), степень подвижности фосфора методом Н.П. Карпинского и В.Б. Замятиной [6], гумус по методу И.В. Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [6], его активных компонентов – по мето-

дикое ВНИИА [2]. Для проведения аналитических расчётов корреляционно-регрессионного анализа использовали пакеты программ Microsoft Office и Statistica 10.

Результаты и их обсуждение. В ходе сравнительной оценки влияния длительного (11 ротаций – 55 лет) использования удобрений на физико-химические свойства почвы установлено, что применение минеральной системы удобрения ($N_{42}P_{48}$) повысило на 12 % гидролитическую кислотность относительно показателя 3-й ротации (15 лет) и на 19 % по сравнению с вариантом без внесения удобрений (контроль); обменная кислотность (pH_{KCl}) увеличилась, соответственно, на 0,3 и 0,2 ед. (табл.).

Влияние длительного внесения удобрений на агрохимические свойства почвы

Вариант опыта	pH_{KCl}	H^+ , ммоль-экв/100 г почвы	P_2O_5		Гумус, %	Подвижные формы гумуса, % от общего	C : N
			мг/кг почвы	мг/л			
Контроль (б/у)	5,0	3,68	33	0,098	4,20	1,6	11,2
	5,2	3,71	23		4,20		
P_{30}	5,0	3,81	47	0,126	4,20	–	10,7
	5,1	3,71	38		4,20		
N_{24}	4,9	3,86	28	0,089	4,15	1,6	9,6
	5,2	3,74	20		4,20		
$N_{24}P_{30}$	5,0	3,86	56	0,145	4,26	–	9,8
	5,1	3,78	25		4,25		
$N_{42}P_{48}$	4,8	4,38	93	0,262	4,27	1,6	9,4
	5,1	3,88	40		4,27		
$N_{24}P_{30} + 4,8$ т/га навоза	5,3	3,82	101	0,319	4,55	2,2	8,9
	5,2	3,71	45		4,23		

Примечание. Над чертой – показатель по окончании 11-й ротации (55 лет), под чертой – 3-й ротации (15 лет).

По органоминеральной системе удобрения ($N_{24}P_{30} + 4,8$ т/га навоза КРС) ухудшения физико-химических свойств почвы не отмечено. Луговые черноземовидные почвы сформировались в условиях муссонно-континентального климата, характеризующегося частой сменой дождливой и засушливой погоды. Поэтому при переувлажнении доступный растениям фосфор закрепляется в почвенных соединениях полуторных оксидов, а при доступе воздуха переходит в труднорастворимые формы. В связи с этим, при содержании валового P_2O_5 в слое 0-20 см 4,1-5,2 т/га, обеспеченность почвы подвижным фосфором низкая (менее 35 мг/кг) [5]. Длительное использование (55 лет) минеральной и органоминеральной систем удобрения повысило содержание подвижного фосфора относительно окончания 3-й ротации (15 лет) более чем в 2 раза, а по сравнению с исходным содержанием (20 мг/кг почвы) – в 2,8-5,0 раз.

Усвояемость фосфора вносимых удобрений характеризуется степенью их доступности, показателем которой является величина концентрации фосфат-ионов в слабо солевой (0,03 н. K_2SO_4) вытяжке из почвы (фактор интенсивности). Применение в течение 55 лет минеральной ($N_{42}P_{48}$) и органоминеральной ($N_{24}P_{30} + 4,8$ т/га навоза) систем удобрения обеспечило увеличение относительно контроля степени подвижности фосфатов, соответственно, в 2,7 и 3,3 раза.

Совместное длительное применение органических и минеральных удобрений увеличило содержание гумуса на 0,32 и 0,35 % соответственно по сравнению с 3-й ротацией и контролем. Наряду с общим гумусом, в варианте с внесением органоминеральной системы удобрения содержание его подвижных форм (фракция 1 по методу

И.В. Тюрина) было наибольшим и составило 48 % от общего количества гумуса в почве. В результате длительного совместного внесения органических и минеральных удобрений также повысилась и обогащённость гумуса азотом (C:N), перейдя от низкой на контроле (11,2) к средней в варианте с применением органоминеральной системы удобрения (8,9) [1]. Ранее проведенными исследованиями доказано, что при длительном совместном внесении органических и минеральных удобрений соотношение процессов синтеза – разложения органического вещества сдвигается в сторону повышения содержания и эффективного потребления азота почвы за счет устойчивости микробной экосистемы [4].

Основным показателем, характеризующим уровень эффективного плодородия является продуктивность культур в севообороте, о наиболее полной оценке которой можно судить по выходу кормовых единиц с 1 га пашни (рис.).

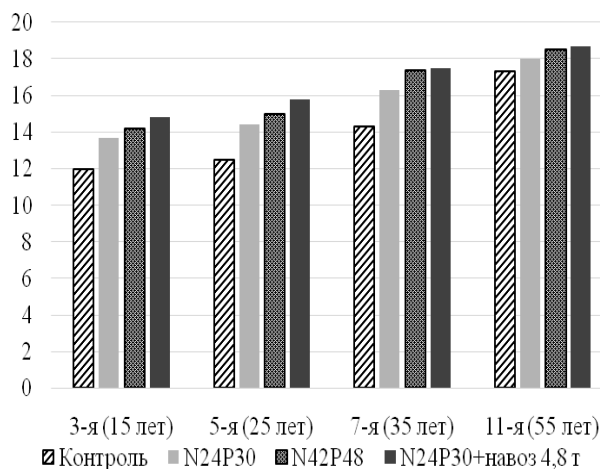


Рис. Влияние длительного внесения удобрений на продуктивность полевого зерносевого севооборота, (среднее по 3-м закладкам во времени)

В результате проведения оценки влияния агроэкологических условий (плодосмен, агротехника, сорт и др.) установлено, что в варианте без внесения удобрений продуктивность севооборота возрастала и к концу 11-й ротации превысила показатель 3-й ротации на 5,3 т/га. Длительное использование системы удобрения в 5-польном полевом зерносовом севообороте способствовало повышению его продуктивности от ротации к ротации. Так, по сравнению с третьей ротацией (15 лет) продуктивность культур в варианте с ежегодной нагрузкой удобрениями $N_{42}P_{48}$ возрастала к концу пятой ротации (25 лет использования) на 0,8 т к.е/га, седьмой (35 лет использования) – на 3,2 и к одиннадцатой ротации (55 лет использования) – на 4,1 т к.е/га. В варианте $N_{24}P_{30} + 4,8$ т/га навоза превышение составило, соответственно, 1,0; 2,7 и 3,9 т к.е/га.

Исходя из того, что урожай следует оценивать как комплексный продукт, полученный в результате взаимодействия физических, химических и биологических свойств почвенной системы, провели корреляционно-регрессионный анализ продуктивности севооборота с агрохимическими показателями пахотного слоя луговой черноземовидной почвы [3]. Для анализа были взяты показатели продуктивности шести вариантов 3-й, 5-й, 7-й, и 11-й ротаций севооборота и соответствующие концу этих ротаций показатели агрохимической характеристики почвы. Выявлено, что связь продуктивности с гумусом слабая ($\beta = 0,26$), с гидролитической кислот-

ностью средняя обратная ($\beta = -0,57$), обменной кислотностью сильная обратная ($\beta = -0,81$) и с содержанием фосфора сильная ($\beta = 0,84$). Значения p -уровней и коэффициентов Стьюдента свидетельствуют, что гидролитическая, обменная кислотность и содержание подвижного фосфора являются статистически значимыми переменными. Таким образом, изменение продуктивности севооборота на 73 % определялось изменением показателей гумуса, почвенной кислотности и содержания подвижного P_2O_5 в слое почвы 0-20 см.

Приведем уравнение регрессии множественной корреляции продуктивности севооборота с показателями агрохимической характеристики слоя почвы 0-20 см.

$$Y = 85,05 + 5,66x_1 - 7,88x_2 - 13,25x_3 + 0,08x_4,$$

где Y – продуктивность севооборота, т к.е/га; x_1 – гумус, %; x_2 – гидролитическая кислотность, ммоль-экв/100 г почвы; x_3 – обменная кислотность, ед. pH; x_4 – подвижный фосфор почвы, мг/кг.

$$n=24, R=0,85, R^2=0,73.$$

Заключение. В результате сравнительной оценки влияния использования минеральной системы удобрения ($N_{42}P_{48}$) на агрохимические свойства луговой черноземовидной почвы выявлено, что по сравнению с концом 3-й ротации 5-польного севооборота на 12 % повысилась величина гидролитической и на 0,3 ед. pH обменной кислотности. Вместе с тем, содержание подвижного P_2O_5 увеличилось в 2,3 раза, с одновременным повышением его подвижности. При замене части минеральных удобрений эквивалентным количеством

навоза ($N_{24}P_{30} + 4,8$ т/га навоза) ухудшения физико-химических свойств почвы не отмечено, содержание подвижного фосфора увеличилось в 2,2 раза, а количество общего гумуса – на 0,32 %, превысив показатель конца 3-й ротации с одновременным увеличением содержания его подвижных форм и обогащенности азотом. Продуктивность 5-польного полевого зерносевооборота на 73 % обусловлена изменением агрохимических свойств луговой черноземовидной почвы. Причем наиболее тесная взаимозависимость установлена между величиной продуктивности севооборота с показателями гидролитической, обменной кислотности и содержанием подвижного P_2O_5 в слое почвы 0-20 см.

Литература

1. Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв. В кн. Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1978. – С. 42–47.
2. Методы определения активных компонентов в составе гумуса почв / Под ред. В.Г. Сычева, Л.К. Шевцовой. – М.: ВНИИА, 2010. – 32 с.
3. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений // Агрохимия. – 1991. – № 3. – С. 35–50.
4. Наумченко Е.Т., Банецкая Е.В. Потребление азота яровой пшеницы на разных уровнях обеспеченности почвы подвижным фосфором // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 6. – С. 23–27.
5. Наумченко Е.Т., Разумова К.Ю. Степень агрогенного воздействия на фосфатный режим луговой черноземовидной почвы // Плодородие. – 2022. – № 2. – С. 40–43.
6. Соколов А.В., Ильковская З.Г., Коновалов А.С. и др. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

ASSESSMENT OF CHANGES IN THE LEVEL OF SOIL FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF AGROCENOSIS IN CONDITIONS OF LONG-TERM USE OF FERTILIZERS

E.T. Naumchenko, leading researcher, Candidate of Agricultural Sciences

E.V. Banetskaya, senior researcher

FSBSI FRC «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean»

675027, Russia, Amur region, Blagoveshchensk, Ignatievskoe shosse, 19, e-mail: bev@vniisoi.ru

The article presents a comparative assessment of soil fertility indicators of the five-field field crop rotation at the end of the 3rd (15 years) and 11th (55 years) rotations. It was found that the long-term use of the mineral fertilizer system ($N_{42}P_{48}$) was accompanied by an increase in hydrolytic and metabolic acidity, while the use of the organomineral system did not lead to a deterioration in the physico-chemical properties of the soil. Both fertilizer systems have increased the availability of mobile phosphorus in the soil, as well as the degree of its mobility. The use of mineral fertilizers together with manure for 55 years has increased the content of humus, its mobile forms and nitrogen enrichment. The improvement of agrochemical indicators was reflected in an increase in crop rotation productivity by 3.9–4.1 t/ha feed units. It was revealed that the change in crop rotation productivity by 73% was determined by changes in humus indicators, soil acidity and the content of mobile P_2O_5 in the soil layer 0-20 cm.

Keywords: fertility, crop rotation, long-term use of fertilizers, mobile phosphorus, humus, productivity.

УДК 631.816.1:631.452:631.582

DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.10

ВЛИЯНИЕ АЗОТОВИТА И ФОСФАТОВИТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В СИДЕРАЛЬНОМ СЕВООБОРОТЕ

Л.В. Тиранова, к.с.-х.н., Новгородский НИИСХ – филиал СПб ФИЦ РАН

173516, Новгородская обл., Новгородский р-он, п/о Борки, ул. Парковая, д. 2

E-mail: tiranova.zevs1954@yandex.ru

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук – филиал Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (тема № 0681-2019-0001, рег. № НИОКТР АААА-А19-119082290041-7).

Изучали в кормовом четырёхпольном севообороте на дерново-подзолистой почве, занимающей более 60 % территории, в условиях Новгородской области влияние трёх способов применения микробиологических удобрений