

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУР КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Н. Т. ЧЕБОТАРЕВ, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,

А. А. ЮДИН, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,

П. В. ГОРОДИСКИЙ, лаборант,

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Республики Коми

(167023, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27)

Е. И. ПАРШИНА, кандидат биологических наук,

Сыктывкарский лесной институт, филиал Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова

(167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, д. 39)

Д. А. ПОПОВ, кандидат политических наук, доцент,

Коми республиканская академия государственной службы и управления

(167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 11)

**Ключевые слова:** органические и минеральные удобрения, урожайность, кормовой севооборот, почва, агрохимические показатели, плодородие, компост.

В полевом длительном стационарном опыте на дерново-подзолистой среднекультуренной почве изучено действие органических и минеральных удобрений, а также их совместное использование, на свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур кормового 6-ти полного севооборота. В результате научных исследований установлено, что в варианте без удобрений удалось сохранить исходное содержание гумуса (2,1 %) и получить при этом достаточно высокую среднюю урожайность (2,4 т/га сухого вещества) кормовых культур благодаря поступлению в почву значительных объемов корнепознанных остатков, в первую очередь многолетних трав, их гумификации и минерализации под воздействием микроорганизмов. По всем вариантам опыта наблюдалось повышение обменной и гидролитической кислотности, вызванных недостаточным поступлением кальция и магния в почву. В вариантах с органическими удобрениями и совместным применением ТНК и NPK наблюдалось повышение содержания подвижного фосфора и калия за счет минерализации корнепознанных остатков и органических удобрений. Внесение удобрений, особенно комплексное их применение способствовало повышению урожайности кормовых культур, наиболее значительное при использовании высоких доз ТНК и полной дозы NPK (картофеля до 3,9; многолетних трав – 6,6; однолетних трав – 4,4 т/га сухого вещества). Наряду с повышением урожайности кормовых культур, улучшилось их качество (повышалось содержание крахмала, фосфора и калия в клубнях картофеля; сырого протеина, фосфора и калия в продукции многолетних и однолетних трав).

## INFLUENCE OF COMPLEX APPLICATION OF FERTILIZERS ON THE PROPERTIES OF THE STERN-PODZOLIC SOIL AND PRODUCTIVITY OF CROPS OF FODDER SALT IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE-ZONE OF THE REPUBLIC OF KOMI

N. T. CHEBOTAREV, doctor of agricultural sciences, leading researcher,

A. A. YUDIN, candidate of economic sciences, senior researcher,

P. V. GORODISKI, research assistant,

Research Institute of Agriculture of the Republic of Коми

(27 Rucheynaya Str., 167023, Syktyvkar)

E. I. Parshina, candidate of biological sciences,

Syktyvkar Forest Institute, a branch of St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirov

(39 Lenina Str., 167982, Syktyvkar)

D. A. Popov, candidate of political sciences, associate professor,

Komi Republic Academy of State Service and Management

(11 Communist Str., 167982, Syktyvkar)

**Keywords:** organic and mineral fertilizers, productivity, fodder crop rotation, soil, agrochemical indicators, fertility, compost.

The action of organic and mineral fertilizers, as well as their joint use, on the properties of sod-podsollike soil and the productivity of crops of fodder 6-total crop rotation was studied in the long-term stationary experiment on sod-podsollike medium-cultivated soil. As a result of scientific research it was established that in the variant without fertilizers it was possible to maintain the initial humus content (2.1 %) and to obtain a sufficiently high average yield (2.4 t/ha dry matter) of fodder crops due to the introduction of significant amounts of root – crop residues into the soil. First of all perennial grasses, their humification and mineralization under the influence of microorganisms. In all variants of the experiment, the exchange and hydrolytic acidity caused by the insufficient intake of calcium and magnesium into the soil increased. In variants with organic fertilizers and combined application of TNK and NPK, an increase in the content of mobile phosphorus and potassium was observed due to mineralization of root-plant residues and organic fertilizers. The introduction of fertilizers, especially their complex application, contributed to an increase in the yield of fodder crops, most significant when using high doses of TNCs and a full dose of NPK (potatoes up to 3.9, perennial grasses – 6.6, annual grasses – 4.4 t/ha dry matter). Along with the increase in the yield of fodder crops, their quality has improved (the content of starch, phosphorus and potassium increased in potato tubers, crude protein, phosphorus and potassium in the production of perennial and annual grasses).

Положительная рецензия представлена В. А. Безносиковым, доктором сельскохозяйственных наук, профессором, заведующим лабораторией химии почв института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Известно, что земледелие является одним из наиболее сильных факторов воздействия на природную среду и преобразованные ландшафты. В современной земледелии удобрение – важнейшее средство возврата, активного целенаправленного регулирования питания растений, круговорота и баланса биогенных веществ, последовательного повышения плодородия и на этой основе увеличения продуктивности агроценозов и поддержания экологического равновесия в природе [9, 14].

Повышение продуктивности агроценозов дерново-подзолистых почв Севера невозможно без совершенствования технологий сохранения и расширенного воспроизводства плодородия почв и возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированных к региональным почвенно-климатическим условиям [1, 2].

В настоящее время ресурсы органических удобрений в связи с кризисом животноводства крайне истощены, минеральные удобрения дорогостоящи, поэтому решение задачи по повышению плодородия почв необходимо решать за счет расширения посевов однолетних и многолетних трав и их смесей, что является наиболее доступным и низкочувствительным способом повышения плодородия и продуктивности культур северных территорий [5, 11, 15].

**Цель и методика исследований.** Цель настоящей работы – изучить влияние различных систем удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность и качество культур кормового севооборота. Исследования по использованию различных систем удобрений в кормовом севообороте проводили в 1978–2016 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой среднеокультуренной почве по методике Б. А. Доспехова [3]. Агрохимические показатели почвы и схема опыта приведены в табл. 1. Кормовой севооборот имел следующее чередование культур: картофель, вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав, многолетние травы 1 т.п., многолетние травы 2 т.п., вико-овсяная смесь, картофель.

Органические удобрения в виде торфонавозного компоста (ТНК) вносили два раза за ротацию севооборота, под картофель. Средние агрохимические показатели ТНК были следующими: рНКС1 – 7,2–7,6; сухое вещество – 24–30 %; зольность – 20–24 %; содержание общего азота – 0,52–0,6 %, общего фосфора – 0,5–0,56 %, общего калия – 0,42–0,59 %. Для восполнения выноса элементов питания урожаями сельскохозяйственных культур ежегодные дозы минеральных удобрений составили: под картофель –  $N_{60}P_{30}K_{180}$ , вико-овсяную смесь –  $N_{40}P_{32}K_{116}$ , многолетние травосмеси –  $N_{40}P_{32}K_{108}$ . В опыте использовали также пониженные их дозы (1/2 и 1/3 от полной дозы). Планируемая урожайность зеленой массы викоовсяной смеси 15,0, многолетних травосмесей – 15,0 и картофеля – 15,0 т/га.

**Результаты исследований.** В результате длительных исследований установлено, что удобрения оказали существенное влияние на изменение основных агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы (табл. 1). Повышение содержания гумуса было наиболее значительным при использовании одного компоста (на 0,7–0,9 %) и совместного его применения с минеральными туками (на 0,3–0,5 %) по сравнению с исходным его количеством. При внесении одних минеральных удобрений (во всех дозах) содержание гумуса в почве снизилось до уровня 2,2–2,4 %, что на 0,1–0,2 % ниже, чем в начале испытаний. Это указывает на то, что минерализация гумуса опережала его гумификацию из-за недостаточных объемов поступления в почву органического вещества в виде торфонавозного компоста и пожнивно-корневых остатков возделываемых культур.

По всем вариантам опыта наблюдается повышение обменной и гидролитической кислотности почвы, что можно объяснить недостаточным поступлением в почву кальция и магния. Отмечено, в наибольшей степени, повышение обменной кислотности в вариантах с минеральными удобрениями (на 1,0–1,2 ед. рН), в вариантах с органическими удобрениями (на 0,6–0,9 ед. рН) и совместном использовании органических и минеральных удобрений, особенно в высоких дозах (ТНК 80 т/га + 1 NPK) она повысилась незначительно (на 0,5 ед. рН). Подобная закономерность отмечена и по гидролитической кислотности. В варианте без удобрений обменная кислотность повысилась на 1,4 ед. рН, гидролитическая – 2,3 ммоль/100 г почвы [7, 8].

В вариантах с ТНК и NPK, а также совместном их применении установлено значительное повышение содержания подвижных форм фосфора (на 10–30 мг/кг) за счет минерализации органического удобрения, пожнивно-корневых остатков культур, а также неполного использования растениями фосфора и калия из удобрений на холодных почвах Севера [13].

Внесение торфонавозного компоста и минеральных удобрений в кормовом севообороте способствовало повышению урожайности сельскохозяйственных культур, особенно при совместном их применении [9, 11].

Так, в среднем за две ротации севооборота, урожайность сухого вещества картофеля в вариантах опыта составила 2,1–3,9 т/га сухого вещества, превысив контроль на 14–86 %. При повышении доз минеральных удобрений с 1/3NPK до NPK урожайность увеличилась с 2,4 до 2,8 т/га. При повышении дозы ТНК с 40 до 80 т/га она возросла с 2,9 до 3,2 т/га, а прибавка к контролю – с 38 до 52 %.

Урожайность однолетних трав при внесении одних минеральных удобрений и двух доз ТНК составляла соответственно 3,4–4,0 и 3,5–3,8 т/га сухо-

Таблица 1

Влияние длительного внесения удобрений в кормовом севообороте на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в слое 0–20 см

Table 1

Influence of long application of fertilizers in a fodder crop rotation on agrochemical properties of the cespitose and podsollic soil in a layer of 0–20 cm

Вариант Variant	Общий гумус по Тюрину, % Total humus acc. to Tyurin, %		pH кл pH		Гидролитическая кислотность (Hr) Hydrolytic acidity		Сумма поглощенных оснований (S) Total absorbed bases (S)		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
					ммоль/100 г почвы mmol/100 g of soil				мг/кг mg/kg			
	1978	2016	1978	2016	1978	2016	1978	2016	1978	2016	1978	2016
Без удобрений (контроль) No fertilizers (control)	2,1	2,1	5,5	4,1	3,1	5,4	10,3	10,5	223	165	146	86
1/3 NPK	2,3	2,2	5,6	4,4	3,7	5,1	13,6	11,2	193	215	148	106
1/2 NPK	2,5	2,3	5,6	4,5	3,4	5,1	16,8	11,6	187	217	152	115
NPK	2,5	2,4	5,4	4,4	3,4	5,3	14,8	12,5	201	235	156	126
ТНК 40 т/га (фон 1) TNK 40 t/ha (ground 1)	2,5	3,2	5,2	4,5	3,7	4,8	15,3	12,8	211	217	148	161
Фон 1+1/3 NPK Ground 1+1/3 NPK	2,4	2,6	5,3	4,4	3,7	5,0	13,9	12,3	212	234	162	118
Фон 1+1/2 NPK Ground 1+1/2 NPK	2,4	2,8	5,2	4,5	3,4	5,1	14,6	12,7	246	262	178	186
Фон 1+ NPK Ground 1+ NPK	2,1	3,0	4,8	4,2	4,2	4,9	13,3	11,8	184	214	181	192
ТНК 80 т/га (фон 2) TNK 80 t/ha (ground 2)	2,4	3,3	5,3	4,7	3,8	4,6	15,5	10,9	201	212	170	188
Фон 2+1/3 NPK Ground 2+1/3 NPK	2,0	2,4	5,1	4,6	3,9	4,8	11,7	11,8	180	206	173	180
Фон 2+1/2 NPK Ground 2+1/2 NPK	2,6	2,8	5,2	4,7	4,4	5,3	13,0	12,4	240	274	185	198
Фон 2+ NPK Ground 2+ NPK	2,3	2,6	5,3	4,8	3,6	4,7	13,2	12,2	227	289	190	208
НСР <sub>05</sub>	0,24	0,27	0,47	0,46	0,31	0,49	1,45	1,25	20,4	26,2	15,8	14,6

го вещества, что на 10–29 и 13–22 % выше по сравнению с контролем. Совместное применение органического и минеральных удобрений существенно повышало урожайность однолетних трав, особенно при использовании полной дозы NPK (4,3–4,4 т/га, и на 39–42 % выше контроля).

Применение минеральных удобрений для подкормки многолетних трав увеличило их урожайность до 4,4–6,6 т/га с.в., что выше продуктивности контрольного варианта на 47–90 %. Так же как и на предыдущих двух культурах, наиболее значительное повышение урожайности многолетних трав получено от совместного действия туков и органического удобрения, внесенного под картофель.

В результате длительных научных исследований установлено, что системы удобрений значительно воздействовали на химический состав кормовых культур. Содержание сухого вещества в картофеле с повышением доз органических и минеральных удобрений снижалось на 2–4 %, повышалось содержание сырого протеина в кормовых травах, а также зольных элементов.

Экономические расчеты показали, что с увеличением доз удобрений выручка от реализации дополнительной продукции кормовых культур повышалась до 157 тыс.руб./га, а условный чистый доход возрастал – 96 тыс.руб./га.

Из вариантов органоминеральной системы удобрений особо можно выделить два: 40 т/га ТНК + 1/2 NPK – себестоимость продукции составила 6,9 тыс.руб./т., уровень рентабельности – 177,3 % и 80 т/га ТНК + 1/2 NPK – себестоимость 7,6 тыс. руб./т, уровень рентабельности 172,6 %, условный чистый доход 96 тыс. руб./га.

**Выводы.** Таким образом, оптимальным приемом удобрения сельскохозяйственных культур в кормовом севообороте на дерново-подзолистой среднеокультуренной почве – совместное применение торфонавозного компоста (80 т/га – два раза за 6 лет, под картофель) и минеральных удобрений (в дозах, рассчитанных по полному выносу питательных веществ планируемыми урожаями культур). При таком способе удобрения значительно повышается плодородие почвы, продуктивность возделываемых

культур, а также экономическая эффективность тур кормового севооборота согласуются со многими исследованиями [10, 12, 14, 15].

Наши исследования по влиянию систем удобрений на плодородие, продуктивность и качество куль-

### Литература

1. Заболоцкая Т. Г., Юдинцева И. И., Кононенко А. В. Северный подзол и удобрения. Л., 1985. 179 с.
2. Войтович Н. В., Лобода Б. П. Оптимизация минерального питания в агроценозах Центрального Нечерноземья. М., 2005. 193 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Колос, 1985. 351 с.
4. Косолапов В. М. Роль кормопроизводства в обеспечении продовольственной безопасности России // Адаптивное кормопроизводство. 2010. № 1. С. 16–19.
5. Чеботарев И. Т. Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми // Кормопроизводство. 2012. № 8. С. 32–33.
6. Минеев В. Г. Агрохимия. М., 2006. 720 с.
7. Лапа В. В., Ивахненко Н. Н. Продуктивность севооборотов и изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия. 2012. № 9. С. 41–48.
8. Босак В. Н. Плодородие и продуктивность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия. 2012. № 9. С. 14–20.
9. Новоселов С.И., Горохов С.А. и др. Действие и последствие органических удобрений в севообороте // Агрохимия. 2013. № 8. С. 30–37.
10. Чухина О. В., Жуков Ю. П. Плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в севообороте при применении различных доз удобрений // Агрохимия. 2013. № 11. С. 10–18.
11. Мерзлая Г. Е., Зябкина Г. А., Фомкина Т. П. и др. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрохимия. 2012. № 2. С. 37–46.
12. Шпаков А. С. Многолетние травы в кормовых севооборотах // Кормопроизводство. 1997. № 12. С. 9–11.
13. Журбицкий З. И. Влияние внешних условий на минеральное питание растений // Агрохимия. 1965. № 3. С. 65–75.
14. Paul E. A., Morris S. L., Six J. Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural soils // Global Change Biology. 2007. Vol. 13. P. 1145–1156.
15. Vesterdal L., Ritter E. P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest Ecological Management. 2002. Vol. 169. P. 137–147.

### References

1. Zabolotskaya T. G., Yudinseva I. I., Kononenko A. V. Northern podsollic soil and fertilizers. L., 1985. 179 p.
2. Voytovich N. V., Loboda B. P. Optimization of mineral food in the agroecosystems of the Central Non-Black Earth Region. M., 2005. 193 p.
3. Dospikhov B. A. Methodics of field experiment. M. : Kolos, 1985. 351 p.
4. Kosolapov V. M. Forage production role in ensuring food security of Russia // Adaptive forage production. 2010. № 1. P. 16–19.
5. Chebotaryov I. T. About efficiency of use of fertilizers at cultivation of forage crops in the conditions of the Komi Republic // Forage production. 2012. № 8. P. 32–33.
6. Mineev V. G. Agrochemistry. M., 2006. 720 p.
7. Lapa V. V., Ivakhnenko N. N. Efficiency of crop rotations and change of fertility of the cespitose and podsollic sandy soil at prolonged use of fertilizers // Agrochemistry. 2012. № 9. P. 41–48.
8. Bosak V. N. Fertility and efficiency of the cespitose and podsollic sandy loam soil at prolonged use of fertilizers // Agrochemistry. 2012. № 9. P. 14–20.
9. Novoselov S. I., Gorokhov S. A. et al. Action and a consequence of organic fertilizers in a crop rotation // Agrochemistry. 2013. № 8. P. 30–37.
10. Chukhina O. V., Zhukov Yu. P. Fertility of the cespitose and podsollic soil and efficiency of cultures in a crop rotation at application of various doses of fertilizers // Agrochemistry. 2013. № 11. P. 10–18.
11. Merzlaya G. E., Ziyabkina G. A., Fomkina T. P. et al. Efficiency of prolonged use of organic and mineral fertilizers on the cespitose and podsollic sandy loam soil // Agrochemistry. 2012. № 2. P. 37–46.
12. Shpakov A. S. Long-term herbs in fodder crop rotations // Forage production. 1997. № 12. P. 9–11.
13. Zhurbitsky Z. I. Influence of external conditions on mineral food of plants // Agrochemistry. 1965. № 3. P. 65–75.
14. Paul E. A., Morris S. L., Six J. Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural soils // Global Change Biology. 2007. Vol. 13. P. 1145–1156.
15. Vesterdal L., Ritter E. P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest Ecological Management. 2002. Vol. 169. P. 137–147.