

УДК 631.8:631.445.21:631.582

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-87-92>

исследования/ research

**Чеботарев Н.Т.,
Броварова О.В.***Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Российская Федерация, 167023*

Ключевые слова: органические и минеральные удобрения, обменная кислотность, гидролитическая кислотность, дерново-подзолистая почва, картофель, однолетние травы, многолетние травы

Для цитирования: Чеботарев Н.Т., Броварова О.В. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность агроценозов Европейского Северо-Востока. *Аграрная наука.* 2022; 359 (5): 87–92.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-87-92>

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи, несут равную ответственность за плагиат и представленные данные.

Авторы объявили, что нет никаких конфликтов интересов.

**Nikolai T. Chebotarev,
Olga V. Brovarova***Institute of Agrobiotechnology named A.V. Zhuravsky of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Rucheynaya st., 27, Syktyvkar, Russian Federation, 167023*

Key words: organic and mineral fertilizers, exchange acidity, hydrolytic acidity, sod-podzolic soil, potatoes, annual grasses, perennial grasses

For citation: Chebotarev N.T., Brovarova O.V. The effect of long-term use of organic and mineral fertilizers on the productivity of agroecosystems of the European Northeast. *Agrarian Science.* 2022; 359 (5): 87–92. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-359-5-87-92>

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism and presented data.

The authors declare no conflict of interest.

Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность агроценозов Европейского Северо-Востока

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В почвенном покрове Республики Коми преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы, которые характеризуются очень низким естественным плодородием, поэтому для широкого воспроизводства плодородия и продуктивности этих почв необходимо применять известкование, органические и минеральные удобрения.

Методы. Исследования по использованию различных систем удобрения в кормовом севообороте проводили в 1978–2020 гг. на дерново-подзолистой легко-суглинистой среднекультуренной почве по методике Б.А. Доспехова. Кормовой севооборот имел следующее чередование культур: 1 — картофель; 2 — вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав; 3 — многолетние травы 1-го года пользования; 4 — многолетние травы 2-го года пользования; 5 — вико-овсяная смесь; 6 — картофель. Органические удобрения в виде торфопахового компоста (ТНК) вносили два раза за ротацию севооборота — под картофель, минеральные в форме N_{aa} , P_{sd} и K_x при основной обработке почвы, при возделывании многолетних трав, а также при весенней подкормке растений. 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 травы (клевер луговой + тимopheevka луговая) — $N_{40}P_{32}K_{108}$. В опыте также использовали пониженные дозы (1/2 и 1/3 от полной дозы NPK).

Результаты. Установлено, что комплексное применение удобрений наиболее эффективно воздействовало на свойства дерново-подзолистой почвы, урожайность и качество сельскохозяйственных культур кормового севооборота. Наиболее значимые результаты получены при использовании высокой дозы (80 т/га) ТНК и полной дозы NPK. Содержание гумуса повысилось на 0,5%, обменная кислотность снизилась до 6,8 ед. pH_{KCl} , гидролитическая кислотность — 0,6 ммоль/100 г почвы, количество подвижного фосфора составило 312 мг/кг обменного калия — 164 мг/кг почвы. Получена значительная средняя урожайность сельскохозяйственных культур: картофеля — 7,0 т/га, однолетних трав — 4,4 т/га и многолетних трав — 6,2 т/га сухого вещества с высоким качеством.

The effect of long-term use of organic and mineral fertilizers on the productivity of agroecosystems of the European Northeast

ABSTRACT

Relevance. The soil cover of the Komi Republic is dominated by podzolic and sod-podzolic soils, which are characterized by very low natural fertility, therefore, liming, organic and mineral fertilizers must be used to widely reproduce the fertility and productivity of these soils.

Methods. The fodder crop rotation had the following alternation of crops: 1 — potatoes; 2 — vico-oat mixture with sowing of perennial grasses; 3 — perennial grasses of the 1st year of use; 4 — perennial grasses of the 2nd year of use; 5 — vico-oat mixture; 6 — potatoes. Organic fertilizers in the form of peat-manure compost (TNK) were introduced twice during the rotation of the crop rotation — for potatoes, mineral fertilizers in the form of N_{aa} , R_{sd} and K_x during basic tillage, during the cultivation of perennial grasses, as well as during spring fertilizing of plants. To replenish the removal of nutrients by crops, annual doses of mineral fertilizers were $N_{60}P_{30}K_{180}$ for potatoes, $N_{40}P_{32}K_{116}$ for vico-oat mixture, and $N_{40}P_{32}K_{108}$ for perennial grasses (Trifolium pratense + Pheum pratense). In the experiment were also used reduced doses (1/2 and 1/3 of the full dose of NPK).

Results. The humus content increased by 0.5%, the exchange acidity decreased to 6.8 units of pH_{KCl} , the hydrolytic acidity was 0.6 mmol/100 g of soil, the amount of mobile phosphorus was 312 mg/kg and the exchange potassium was 164 mg/kg of soil. A significant average yield of agricultural crops was obtained: potatoes — 7.0 t/ha, annual grasses — 4.4 t/ha and perennial grasses — 6.2 t/ha of dry matter with high quality.

Поступила: 5 апреля 2022
Принята к публикации: 11 мая 2022

Received: 5 April 2022
Accepted: 11 May 2022

Введение

Проблема повышения продуктивности агроценозов Европейского Северо-Востока требует неотложного решения вопросов сохранения и повышения плодородия почв, сокращения материальных и энергетических затрат на производство сельскохозяйственной продукции. Для Республики Коми (РК) характерны прохладное и короткое лето, поздние весна и ранние осенние заморозки, что ослабляет рост растений и снижает потребление питательных веществ [1, 2]. На пахотных угодьях РК представлены в основном дерново-подзолистые почвы, для которых характерно очень низкое естественное плодородие [2, 3]. При резком сокращении объемов применения удобрений и химических мелиорантов они быстро подвергаются деградационным процессам, что сопровождается снижением содержания почвенного органического вещества (ПОВ), питательных веществ и ухудшением физико-химических свойств. Для широкого воспроизводства продуктивности агроценозов РК требуется: совершенствование технологий сохранения и воспроизводства плодородия почв; возделывание сельскохозяйственных культур, адаптированных к региональным почвенно-климатическим условиям [4, 5]; переход от зональной системы земледелия к адаптивно-ландшафтному земледелию и биологизированному кормопроизводству [6–9].

В связи с недостаточными ресурсами органических удобрений и высокой стоимостью минеральных, в повышении плодородия почв возрастает роль севооборотов с высокой насыщенностью однолетними и многолетними травами, позволяющими без значительных затрат повышать продуктивность культур [10–13] при высоком качестве сельскохозяйственной продукции [14]. Наиболее полно изучить возможность применения таких севооборотов и оценить влияние вносимых доз удобрений на продуктивность и качество продукции, рациональное использование материальных ресурсов и возмещение в почву элементов питания и органического вещества позволяют длительные полевые опыты [11, 15, 16, 17–20], один из которых, заложенный на землях Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН, послужил основой для проведения данных исследований. Изучение применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте проводилось более 40 лет [11, 16, 18]. Такой подход является важным резервом обеспечения воспроизводства плодородия и продуктивности дерново-подзолистых почв в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Республики Коми.

Цель исследований — установить эффективность комплексного применения органических и минеральных удобрений, рассчитанных по выносу элементов питания, на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур в кормовом шестипольном севообороте.

Методика

Исследования по использованию различных систем удобрения в кормовом севообороте проводили в 1978–2020 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой среднеполювной почве по методике Б.А. Доспехова [21].

Агрохимические показатели почвы и схема опыта представлены в таблице 1.

Кормовой севооборот имел следующее чередование культур: 1 — картофель; 2 — вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав; 3 — многолетние травы 1-го

года пользования; 4 — многолетние травы 2-го года пользования; 5 — вико-овсяная смесь; 6 — картофель.

Органические удобрения в виде торфонавозного компоста (ТНК) вносили два раза за ротацию севооборота — под картофель, минеральные в форме N_{aa} , P_{cd} и K_x при основной обработке почвы, при возделывании многолетних трав — при весенней подкормке.

Средние агрохимические показатели ТНК были следующие: pH_{KCl} — 7,2–7,6, сухое вещество — 26–30%, зольность — 20–24%, содержание общего азота — 0,52–0,60%, общего фосфора — 0,5–0,56%, общего калия — 0,42–0,48%. 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 травы (клевер луговой + тимофеевка луговая) — $N_{40}P_{32}K_{108}$. В опыте также использовали пониженные дозы (1/2 и 1/3 от полной дозы NPK). Планируемая урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси — 20,0 т/га, многолетних трав — 15,0 т/га и картофеля — 15,0 т/га.

Сорта исследуемых культур: картофель — Зырянец, овес — Горизонт, вика — Львовская 22, клевер луговой — Трио, тимофеевка луговая — Северодвинская.

Повторность опыта — четырехкратная, площадь опытной делянки — 100 м². Учет урожайности — сплошной, поделачный.

В работе использовали следующие методы анализа:

— гумуса в почве — по ГОСТ 26213-91; общего азота — по ГОСТ 26107-84; гидролитической кислотности — по ГОСТ 27821-88; pH в солевой вытяжке — по ГОСТ 26207-91; валовой анализ биофильных элементов в почве и удобрениях — адсорбционным и рентгено-флуоресцентным (VRA-33) методами;

— в растениях: азота общего — фотоколориметрическим методом, сырой клетчатки — по Геннебергу и Штоману (1969); сырой золы — сухим озолением в муфельной печи, фосфора — по ГОСТ 26657-97 фотометрическим методом, калия — на пламенном фотометре после сухого озоления, кальция — трилонометрически; кормовых единиц, БЭВ, сырого протеина — расчетным методом, нитратного азота — ионоселективным методом; азота и углерода — методом газовой хроматографии.

Результаты

Длительное применение органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте оказало существенное влияние на изменение основных агрохимических свойств дерново-подзолистой, легкосуглинистой почвы (табл. 1). Наиболее значимым было увеличение содержания гумуса при совместном внесении органических и минеральных удобрений (на 0,2–0,5%) по сравнению с исходным его количеством. При внесении одних минеральных удобрений содержание гумуса в почве за период использований изменилось незначительно (убыль 0,1–0,4%), так как источником накопления углерода в почве при внесении NPK являются только корневые и пожнивные остатки возделываемых культур, чего явно недостаточно для расширенного воспроизводства органического вещества почвы.

В вариантах с минеральными удобрениями и без удобрений отмечено незначительное подкисление почвы (на 0,1–0,3 ед. pH_{KCl}) за счет использования физиологически кислых минеральных удобрений, выноса и вымывания кальция и магния из почвы и замещения их ио-

Таблица 1. Изменение агрохимических свойств почвы (0–20 см) под действием удобрений в кормовом севообороте (1978–2020 гг.)

Table 1. Changes in the agrochemical properties of the soil (0–20 cm) under the action of fertilizers in the feed crop rotation (1978–2020)

№ п/п	Вариант	Гумус		рН _{КСЛ}		Сумма поглощенных оснований (S)		Гидролитическая кислотность (Нг)		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		%		ед. рН		ммоль/100 г почвы		ммоль/100 г почвы		мг/кг почвы		мг/кг почвы	
		1978 г.	2020 г.	1978 г.	2020 г.	1978 г.	2020 г.	1978 г.	2020 г.	1978 г.	2020 г.	1978 г.	2020 г.
1.	Контроль	2,1	2,7	5,5	5,2	9,2	10,7	3,1	2,8	223	302	146	128
2.	1/3 NPK	2,3	2,4	5,6	5,3	9,8	10,4	3,7	2,6	193	293	148	115
3.	1/2 NPK	2,5	2,4	5,6	5,4	10,2	10,8	3,4	2,4	187	286	152	131
4.	1 NPK	2,5	2,1	5,4	5,3	11,1	12,2	3,4	2,4	201	311	156	150
5.	ТНК 40 т/га — фон 1	2,5	2,4	5,2	5,5	11,6	12,4	3,7	2,5	211	347	148	114
6.	Фон 1 + 1/3 NPK	2,4	2,6	5,3	5,4	10,8	12,5	3,7	2,6	211	306	162	104
7.	Фон 1 + 1/2 NPK	2,4	2,6	5,2	5,5	11,5	13,3	3,4	2,2	246	303	178	129
8.	Фон 1 + 1 NPK	2,1	2,5	4,8	5,5	10,6	12,4	3,2	2,2	184	321	181	104
9.	ТНК 80 т/га — фон 2	2,4	2,6	5,3	5,8	9,8	12,5	3,8	1,9	201	383	170	113
10.	Фон 2 + 1/3 NPK	2,0	2,3	5,1	6,3	10,3	13,6	3,9	1,8	180	338	173	113
11.	Фон 2 + 1/2 NPK	2,1	2,4	5,2	6,8	11,4	13,4	4,4	1,1	240	320	185	131
12.	Фон 2 + 1NPK	2,3	2,8	5,3	6,8	10,6	13,8	3,6	0,6	227	312	190	164

нами водорода и алюминия. Подобная закономерность отмечена и по гидролитической кислотности.

При совместном применении высоких доз ТНК и NPK содержание подвижных форм фосфора повысилось на 20–80 мг/кг за счет минерализации органического удобрения, корнеплодных остатков сельскохозяйственных культур, а также неполного использования растениями фосфора из удобрений на холодных почвах Севера [22]. Минерализация органического вещества проходила под действием микроорганизмов, для которых минеральный азот служил питательной средой, что позволило ускорить переход элементов питания в доступную для растений форму.

Особенностью почвообразовательного процесса в дерново-подзолистых почвах является промывной тип водного режима в условиях превышения количества осадков над испарением. В результате почвы обедняются основаниями. Этому способствуют также кислые продукты разложения растительных остатков и дожди. Кроме того, ежегодно с урожаями культур из почвы отчуждается значительное количество кальция и магния.

Процесс подкисления дерново-подзолистых почв усиливается при интенсивном использовании физиологически кислых минеральных удобрений, особенно аммиачной селитры и хлористого калия, которые применяли в нашем опыте. Так, если при закладке опыта (1978 г.) рН_{КСЛ} составлял 4,8–5,6, то к 2017 г. обменная кислотность повысилась до рН 4,2–4,7.

Для снижения кислотности почвы опытного участка в 2018 г. проведено известкование по полной гидролитической кислотности (Нг — 5,0 ммоль/100 г почвы).

В результате этого агроприема в 2020 г. снизилась обменная кислотность до 5,3–6,8 ед. рН_{КСЛ} и гидролитическая — до 0,6–2,6 ммоль/100 г почвы. Содержание гумуса увеличилось до 2,1–2,8%, количество подвижного фосфора составило 286–383 мг/кг почвы.

Длительные исследования показали, что оптимальным приемом удобрения культур в кормовом севообороте является периодическое (2 раза за 6 лет — ро-

тацию севооборота) применение 80 т/га ТНК и NPK. В среднем за три ротации севооборота получены средние значительные урожаи культур: картофеля — 7,0 т/га, однолетних трав — 4,4 т/га, многолетних трав — 6,2 т/га сухого вещества, что превышало контроль на 62,7, 100,0 и 106,6% соответственно (табл. 2).

Исследования показали, что урожайность культур повышалась в зависимости от улучшения плодородия почвы в результате комплексного применения удобрений. Химический состав растений в меньшей степени зависел от указанных факторов.

Системы удобрений в разной степени влияли на химический состав возделываемых культур. Содержание сухого вещества в клубнях картофеля на минеральном фоне составило 18,1–18,6%, органическом — 18,3–18,7% и органоминеральном — 17,2–17,9%; на контроле — 19,4%. Содержание сырого протеина с увеличением доз NPK повышалось до 8,8–9,4%, на контроле — 8,1%. Количество фосфора, калия в продукции повышалось незначительно. Содержание крахмала в клубнях картофеля было 12,7–13,0%, на контроле — 13,3%. Содержание нитратов в продукции варьировало от 72 до 136 мг/кг сырой массы и не превышало ПДК (250 мг/кг сырой массы) (табл. 3). Количество сухого вещества в однолетних травах изменялось незначительно (19,1–19,6%), на контроле — 20,5%. Содержание сырого протеина на минеральном фоне составило 14,4–15,0%, органическом — 13,1–14,4, без удобрений — 11,2%.

Содержание фосфора и кальция по вариантам опыта также изменялось незначительно. С увеличением доз NPK содержание калия в продукции однолетних трав повышалось до 2,8–3,3%, в контроле — 2,4%.

Процентное соотношение сухого вещества в продукции многолетних трав изменялось незначительно (25,2–26,8%), в контроле — 26,0%. Количество фосфора, калия и кальция по вариантам опыта изменялось незначительно и составило в среднем за две ротации: фосфора — 0,28–0,31%, калия — 2,3–2,5% и кальция — 0,64–0,68% (табл. 4).

Таблица 2. Влияние удобрений на сбор сухого вещества культурами кормового севооборота, т/га

Table 2. The effect of fertilizers on the collection of dry matter by fodder crop rotation crops, t/ha

Вариант	Ротация севооборота			В среднем за 3 ротации	Прибавка к контролю, %
	V 2002–2007 гг.	VI 2008–2013 гг.	VII 2014–2020 гг.		
Картофель					
Контроль	3,2	5,2	4,5	4,3	—
1/3 NPK	3,5	5,3	5,4	4,7	9,3
1/2 NPK	4,5	5,5	5,8	5,3	23,2
1 NPK	4,7	5,8	5,9	5,5	27,9
ТНК 40 т/га — фон 1	4,1	5,1	5,5	4,9	13,9
Фон 1 + 1/3 NPK	4,2	6,2	6,0	5,5	27,9
Фон 1 + 1/2 NPK	4,3	6,5	6,6	5,8	34,8
Фон 1 + 1 NPK	4,9	6,7	7,1	6,2	44,1
ТНК 80 т/га — фон 2	4,4	7,3	6,6	6,1	41,8
Фон 2 + 1/3 NPK	4,8	7,2	7,1	6,4	48,8
Фон 2 + 1/2 NPK	5,2	7,6	7,4	6,7	55,8
Фон 2 + 1 NPK	5,6	7,8	7,7	7,0	62,7
HCP _{0,5}	0,48	0,58	0,63		
Однолетние травы					
Контроль	2,1	2,2	2,4	2,2	—
1/3 NPK	2,4	2,6	2,9	2,6	18,1
1/2 NPK	2,6	2,8	3,4	2,9	31,8
1 NPK	3,0	3,2	4,0	3,4	54,5
ТНК 40 т/га — фон 1	2,7	2,9	3,2	2,9	31,8
Фон 1 + 1/3 NPK	3,1	3,0	3,9	3,3	50,0
Фон 1 + 1/2 NPK	3,3	3,2	4,1	3,5	59,0
Фон 1 + 1 NPK	3,6	3,4	4,5	3,8	72,7
ТНК 80 т/га — фон 2	3,2	3,3	3,6	3,4	54,5
Фон 2 + 1/3 NPK	3,6	3,5	4,2	3,8	72,7
Фон 2 + 1/2 NPK	3,9	3,8	4,4	4,0	81,8
Фон 2 + 1 NPK	4,5	4,2	4,6	4,4	100,0
HCP _{0,5}	0,38	0,35	0,41		
Многолетние травы					
Контроль	2,8	2,6	3,5	3,0	—
1/3 NPK	3,6	3,4	5,0	4,0	33,3
1/2 NPK	3,9	3,7	5,7	4,4	46,6
1 NPK	4,2	3,9	6,8	5,0	66,6
ТНК 40 т/га — фон 1	3,8	3,5	5,6	4,4	46,6
Фон 1 + 1/3 NPK	4,0	3,8	5,8	4,5	50,0
Фон 1 + 1/2 NPK	4,2	4,3	7,4	5,3	76,6
Фон 1 + 1 NPK	4,3	4,6	8,3	5,7	90,0
ТНК 80 т/га — фон 2	4,1	3,9	6,2	4,7	56,6
Фон 2 + 1/3 NPK	4,2	4,6	6,9	5,2	73,3
Фон 2 + 1/2 NPK	4,3	5,0	7,9	5,7	90,0
Фон 2 + 1 NPK	4,5	5,4	8,6	6,2	106,6
HCP _{0,5}	0,38	0,42	0,64		

Таблица 3. Действие удобрений на химический состав клубней картофеля (в среднем за 3 ротации севооборота), % на сухое вещество

Table 3. Effect of fertilizers on the chemical composition of potato tubers (on average for 3 rotations of crop rotation), % on dry matter

Вариант	Сухое вещество	Азот	Сырой протеин	Фосфор	Калий	Кальций	Крахмал	Нитраты, мг/кг сырой массы
Контроль	19,4	1,3	8,1	0,33	3,2	0,06	13,3	52
1/3 NPK	18,6	1,5	9,4	0,34	3,3	0,11	13,1	72
1/2 NPK	18,4	1,4	8,8	0,35	3,4	0,13	13,2	84
1 NPK	18,1	1,5	9,4	0,34	3,6	0,12	12,9	92
ТНК 40 т/га — фон 1	18,7	1,5	9,4	0,31	3,5	0,12	12,7	84
Фон 1 + 1/3 NPK	17,9	1,4	8,8	0,33	3,6	0,13	12,8	93
Фон 1 + 1/2 NPK	17,6	1,5	9,4	0,36	3,4	0,12	12,9	99
Фон 1 + 1 NPK	17,4	1,6	10,0	0,33	3,5	0,12	12,7	112
ТНК 80 т/га — фон 2	18,3	1,4	8,8	0,35	3,7	0,13	13,0	96
Фон 2 + 1/3 NPK	17,3	1,4	8,8	0,32	3,6	0,11	12,8	112
Фон 2 + 1/2 NPK	17,4	1,6	10,0	0,36	3,5	0,11	12,9	121
Фон 2 + 1N PK	17,2	1,5	9,4	0,34	3,6	0,12	12,8	136

Таблица 4. Действие удобрений на химический состав однолетних и многолетних трав (в среднем за 3 ротации севооборота)

Table 4. The effect of fertilizers on the chemical composition of annual and perennial grasses (on average for 3 rotations of crop rotation)

Вариант	Сухое вещество	Азот	Сырой протеин	Фосфор	Калий	Кальций
Контроль	20,5/26,0	1,8/1,3	11,2/8,1	0,32/0,27	2,4/2,3	0,51/0,61
1/3 NPK	19,5/25,6	2,4/1,5	15,0/9,4	0,33/0,30	2,9/2,4	0,58/0,64
1/2 NPK	19,6/26,0	2,3/1,6	14,4/10,0	0,34/0,32	3,1/2,5	0,54/0,65
1 NPK	19,1/25,7	2,4/1,6	15,0/10,0	0,34/0,30	3,0/2,4	0,58/0,64
ТНК 40 т/га — фон 1	19,6/26,4	2,3/1,4	14,4/8,8	0,32/0,28	2,8/2,3	0,57/0,68
Фон 1 + 1/3 NPK	19,3/25,6	2,3/1,5	14,4/8,4	0,33/0,29	3,2/2,4	0,56/0,67
Фон 1 + 1/2 NPK	19,6/25,5	2,4/1,6	15,0/10,0	0,34/0,30	3,0/2,5	0,56/0,66
Фон 1 + 1 NPK	19,2/25,5	2,3/1,6	14,4/10,0	0,33/0,31	3,1/2,4	0,55/0,65
ТНК 80 т/га — фон 2	19,8/26,8	2,1/1,4	13,1/8,8	0,34/0,30	3,2/2,3	0,58/0,66
Фон 2 + 1/3 NPK	19,4/25,7	2,2/1,6	13,7/10,0	0,33/0,28	3,3/2,4	0,57/0,68
Фон 2 + 1/2 NPK	19,2/25,3	2,3/1,7	14,4/10,6	0,35/0,29	3,2/2,5	0,58/0,69
Фон 2 + 1N PK	19,0/25,0	2,4/1,7	15,0/10,6	0,34/0,31	3,1/2,5	0,57/0,67

Примечание: в числителе — % на сухое вещество элементов питания в однолетних травах, в знаменателе — в многолетних травах.

Выводы

В результате мониторинга установлено, что оптимальной системой удобрений в среднетаежной зоне Европейского Северо-Востока на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве является совместное применение ТНК в дозе 80 т/га и полной дозы NPK. Приведенная система удобрений способствовала повышению плодородия почвы. Содержание гумуса в почве увеличилось на 0,5% и составило 2,8%. Повысилось количество под-

вижного фосфора на 80 мг/кг почвы. Вместе с тем наблюдалось снижение содержания обменного калия (на 30 мг/кг), что указывает на его высокий вынос урожаями культур и вымывание по профилю почвы.

Органо-минеральная система удобрений способствовала получению значительных урожаев культур в шестипольном кормовом севообороте: картофеля — 7,0 т/га, однолетних трав — 4,4 т/га, многолетних трав — 6,2 т/га сухого вещества с высоким качеством.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заболоцкая ТГ., Юдинцева ИИ., Кононенко АВ. Северный подзол и удобрения. Сыктывкар. 1978. 94 с.
2. Забоева ИВ. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. (Герасимова ИП. (ред.)). Сыктывкар. *Коми книжное издательство*. 1975. 344 с
3. Заболоцкая ТГ. Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность. Ленинград: *Наука*. 1985. 179 с.
4. Войтович НВ, Лобода БП. Оптимизация минерального питания в агроценозах Центрального Нечерноземья. Москва. *НИИСХ ЦРНЗ*. 2005. 194 с.
5. Нурлыгаянов РБ, Данилов ВП, Бекасова МВ. Адаптивное кормопроизводство как экологический аспект формирования сельскохозяйственных угодий. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2010;4(5): 45–47.
6. Сысуйев ВА. Приоритеты и проблемы аграрной науки на Евро-Севере Востоке России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;3(46): 4–9
7. Исаичева УА, Труфанов АМ. Эффективность биологизации систем удобрения в оптимизации гумусового состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016;1(135): 43–47.
8. Пегова НА, Холзаков ВМ. Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистой почвы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;1(44): 35–40
9. Дмитриев ВИ. Однолетние кормовые культуры в полеводческом кормопроизводстве Омской области. *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2014;2: 12–14
10. Мерзлая ГЕ, Зябкина ГА, Фомкина ТП, Козлова АВ. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. *Агрохимия*. 2012;2: 37–46.
11. Чеботарев НТ. Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми. *Кормопроизводство*. 2012;8: 32–33.
12. Ekschmitt K., Liu M., Fox O. Strategies used by soil biota to overcome soil organic matter stability – why is dead organic matter left over in the soil. *Zeoderma*. 2005;128(1): 167–176
13. Минеев ВГ, Гомонова НФ, Овчинникова МФ. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении и их последствиях. *Агрохимия*. 2004;7: 5–10.
14. Лапа ВВ, Босак ВН, Пироговская ГВ. Влияние органоминеральной системы удобрения на продуктивность севооборота и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах. *Агрохимия*. 2009;2: 40–44
15. Измистьев ВМ, Свечников АК. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность кормовых севооборотов. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;1 (44): 29–34
16. Чеботарев НТ, Юдин АА. Динамика плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под действием длительного применения удобрений в условиях Республики Коми. *Достижения науки и техники АПК*. 2015;29(2): 11–15
17. Чеботарев НТ. Роль севооборота и удобрений в воспроизводстве плодородия подзолистых почв Республики Коми. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2005;7: 35–38
18. Козлова ЛМ. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации земледелия в Кировской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2014;2 (39): 30–38
19. Козлова ЛМ, Рубцова НЕ, Соболева НН. Трансформация органического вещества агродерновоподзолистых почв Евро-Северо-Востока. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;6 (49): 47–53
20. Лошаков ВГ. Севооборот и плодородие почвы. Москва. *Издательство ВНЦА*. 2012. 512 с. [Loshakov VG. The City of Crop rotation and soil fertility. Moscow. *VASHA Publishing House*. 2012. 512 p (In Russ.)]
21. Доспехов БА. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва. *Агропромиздат*. 1985. 315 с.
22. Журбицкий ЗИ. Влияние внешних условий на минеральное питание растений. *Агрохимия*. 1965;3:65–75

ОБ АВТОРАХ:

Чеботарев Николай Тихонович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук

Броварова Ольга Владиславовна, кандидат химических наук, научный сотрудник Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук

REFERESES

1. Zabolotskaya TG., Yudinseva II., Kononenko AV. Northern podzol and fertilizers. Syktyvkar. 1978. 94 p. (In Russ.)
2. Zaboeva IV. Soils and land resources of the Komi ASSR. (Gerasimova IP. (ed.)). Syktyvkar. *Komi Book Publishing House*. 1975. 344 p. (In Russ.)
3. Zabolotskaya TG. The biological cycle of elements in agroecosystems and their productivity. Leningrad: *Nauka*. 1985. 179 p. (In Russ.)
4. Voitovich NV, Loboda BP. Optimization of mineral nutrition in agroecosystems of the Central Non-Chernozem region. Moscow. *NIISH CRNZ*. 2005. 194 p. (In Russ.)
5. Nurluygayanov RB, Danilov VP, Bekasova MV. Adaptive feed production as an ecological aspect of the formation of agricultural land. *Economics, labor, management in agriculture*. 2010;4(5): 45–47 (In Russ.)
6. Sysuev VA. Priorities and problems of agricultural science in the Euro-North-East of Russia. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2015;3(46): 4–9 (In Russ.)
7. Isaicheva UA, Trufanov AM. The effectiveness of biologization of fertilizer systems in optimizing the humus state of sod-podzolic sandy loam soil. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2016;1(135): 43–47 (In Russ.)
8. Pegova NA, Kholzakov VM. Resource-saving system for processing sod-podzolic soil. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2015;1(44): 35–40 (In Russ.)
9. Dmitriev VI. Annual fodder crops in the field feed production of the Omsk region. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*. 2014;2: 12–14 (In Russ.)
10. Merzlaya GE, Zybalkina GA, Fomkina TP, Kozlova AV. The effectiveness of long-term use of organic and mineral fertilizers on sod-podzolic light loamy soil. *Agrochemistry*. 2012;2: 37–46 (In Russ.)
11. Chebotarev NT. On the effectiveness of the use of fertilizers in the cultivation of forage crops in the conditions of the Komi Republic. *Feed production*. 2012;8: 32–33 (In Russ.)
12. Ekschmitt K., Liu M., Fox O. Strategies used by soil biota to overcome soil organic matter stability – why is dead organic matter left over in the soil. *Zeoderma*. 2005;128(1): 167–176
13. Mineev VG, Gomonova NF, Ovchinnikova MF. Fertility and biological activity of sod-podzolic soil with prolonged use and their consequences. *Agrochemistry*. 2004;7: 5–10 (In Russ.)
14. Lapa VV, Bosak VN, Pirogovskaya GV. The influence of the organomineral fertilizer system on the productivity of crop rotation and the balance of humus in sod-podzolic soils. *Agrochemistry*. 2009;2: 40–44 (In Russ.)
15. Izmestyev VM, Svechnikov AK. The effect of long-term use of mineral fertilizers on the productivity of feed crop rotations. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2015;1 (44): 29–34 (In Russ.)
16. Chebotarev NT, Yudin AA. Dynamics of fertility and productivity of sod-podzolic soil under the influence of long-term use of fertilizers in the conditions of the Komi Republic. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2015; 29(2): 11–15 (In Russ.)
17. Chebotarev NT. The role of crop rotation and fertilizers in the reproduction of podzolic soils of the Euro-North-East (In Russ.)
18. Kozlova LM. Efficiency of field crop rotations at various levels of agricultural intensification in the Kirov region. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2014;2 (39): 30–38 (In Russ.)
19. Kozlova LM, Rubtsova NE, Sobeleva NN. Transformation of organic matter of agro-grain podzolic soils of the Euro-North-East. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2015;6 (49): 47–53 (In Russ.)
20. Loshakov VG. The City of Crop rotation and soil fertility. Moscow. *VASHA Publishing House*. 2012. 512 p (In Russ.)
21. Dospikhov BA. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results. Moscow. *Agropromizdat*. 1985. 315 p (In Russ.)
22. Zhurbitsky ZI. The influence of external conditions on the mineral nutrition of plants. *Agrochemistry*. 1965;3:65–75 (In Russ.)

ABOUT THE AUTHORS:

Chebotaryov Nikolai Tihonovich, Doctor of Agricultural Sciences of the Institute of Agrobiotechnology named after A.V. Zhuravsky of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

Brovarkova Olga Vladislavovna, Candidate of Chemical Sciences, Researcher of the Institute of Agrobiotechnology named after A.V. Zhuravsky of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences