

УДК 631.86.232.322.4
DOI 10.19110/1994-5655-2021-1-15-20

Н.Т. ЧЕБОТАРЕВ, О.В. БРОВАРОВА

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

*Институт агробиотехнологий
и.м. А.В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар*

olbrov@mail.ru

N.T. CHEBOTAREV, O.V. BROVAROVA

INFLUENCE OF COMPLEX APPLICATION OF FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF FODDER CROPS IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF KOMI

*A.V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies,
Federal Research Centre Komi Science Centre,
Ural Branch, RAS,
Syktывkar*

Аннотация

В условиях Республики Коми в полевом стационарном опыте на дерново-подзолистой почве изучена эффективность различных доз органических и минеральных удобрений, а также совместного их применения в краткосрочном кормовом севообороте. В результате научных исследований (более 40 лет) установлена наиболее эффективной органо-минеральная система удобрений.

Ключевые слова:

почва, удобрение, однолетние, многолетние травы, картофель, кормовой севооборот, урожайность, система удобрений, химический состав кормовых культур

Abstract

In the conditions of the Komi Republic, the effectiveness of various doses of organic and mineral fertilizers, as well as their combined use in short-term feed crop rotation, was studied in a field stationary experiment on sod-podzolic soil. As a result of scientific research (more than 40 years), it was found that the organo-mineral fertilizer system was the most effective. As a result of long-term research, it was found that the most significant yields of forage crops (on average for 3 rotations) were obtained using 80 t/ha of TNK and NPK: annual grasses – 4.4, perennial grasses – 6.2 and potatoes – 7.1 t/ha of high-quality dry matter. The dry matter content in potato tubers in the variants with NPK was 18.0–18.8%, on an organic background – 18.4–18.9, and with the complex application of fertilizers – 17.1–17.7, in the control – 19.6%. The amount of starch in potatoes slightly differed in the variants of the experiment and was equal to 12.6–13.1%. The nitrate content did not exceed the MPC (250 mg/kg of raw mass). The amount of dry matter of annual and perennial grasses changed slightly and amounted to 19.0–19.8 and 25.0–26.8%, respectively. It was found that fertilizers contributed to the increase in crude protein in annual and perennial grasses to 13.1–15.0 (in the control – 11.2%) and 8.8–10.6% (in the control – 8.1%).

Keywords:

soil, fertilizer, annual and perennial grasses, potatoes, feed crop rotation, yield, fertilizer system, chemical composition of feed crops

Введение

Задача 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 весенние и ранние осенние заморозки, что ослабляет рост растений и снижает потребление питательных веществ [1]. Пахотные угодья РК представлены в основном дерново-подзолистыми почвами, для которых типично очень низкое естественное плодородие [1, 2]. При резком сокращении объемов применения удобрений и химических мелиорантов они быстро подвергаются деградиционным процессам, что сопровождается снижением содержания почвенного органического вещества (ПОВ), питательных веществ и ухудшением физико-химических свойств. Для широкого производства продуктивности агроценозов РК требуется: совершенствование технологий сохранения и воспроизводства плодородия почв; возделывание сельскохозяйственных культур, адаптированных к региональным почвенно-климатическим условиям [3, 4]; переход от зональной системы земледелия к адаптивно-ландшафтному земледелию и биологизированному кормопроизводству [5–8].

В связи с недостаточными ресурсами органических удобрений и дорогой цене минеральных, в повышении плодородия почв возрастает роль севооборотов с высокой насыщенностью однолетними и многолетними травами, позволяющими без значительных затрат повышать продуктивность культур [9–12] при высоком качестве сельскохозяйственной продукции [13]. Наиболее полно изучить возможность применения таких севооборотов и оценить влияние вносимых доз удобрений на их продуктивность и качество продукции, рациональное использование материальных ресурсов и возмещение в почву элементов питания и органического вещества позволяют длительные полевые опыты [10, 14–16], один из которых, заложенный на землях Института агроботехнологий Коми НЦ УрО РАН, послужил основой для проведения данных исследований. Изучение применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте проводится более чем 40 лет [11, 3]. Такой подход является важным резервом обеспечения воспроизводства плодородия и продуктивности дерново-подзолистых почв в адаптивно-ландшафтном земледелии Республики Коми.

Цель проводимых исследований – изучение влияния комплексного применения удобрения на продуктивность и качество кормовых культур в шестипольном кормовом севообороте в условиях Севера.

Материал и методы

Исследования по использованию различных систем удобрений в кормовом севообороте проводили в 1978–2019 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой среднекультуренной почве по методике Б.А. Дослехова [16].

Агрономические показатели почвы были следующие: гумус 2,1 – 2,4; рН_{KCl} – 5,2 – 5,4; Нг – 3,4 –

3,7 ммоль/кг; P₂O₅ – 193 – 211 и K₂O – 146 – 156 мг/кг почвы.

Кормовой севооборот имел такое чередование культур: картофель, вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав, многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., вико-овсяная смесь, картофель.

Органические удобрения в виде торфонавозного компоста (ТНК) вносили два раза за ротацию севооборота – под картофель.

Средние агрономические показатели ТНК: рН_{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 – N₆₀P₃₀K₁₈₀, вико-овсяную смесь – N₄₀P₃₂K₁₁₆, многолетние травы (клевер луговой + тимофеевка луговая) – N₄₀P₃₂K₁₀₈. В опыте также использовали пониженные дозы (1/2 и 1/3 от полной дозы). 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 – Невский, овес – Горизонт, вика – Львовская 22, клевер луговой – Трио, тимофеевка луговая – Северодвинская.

Повторность опыта – четырехкратная, площадь опытной делянки – 100 м². Учет урожайности – сплошной, поделочный.

В работе были использованы такие методы анализов. В почве гумус – ГОСТ 26213-91; общий азот – ГОСТ 26107-84; гидролитическая кислотность – ГОСТ 27821-88; рН в солевой вытяжке – ГОСТ 26207-91: валовой анализ биофильных элементов в почве и удобрениях – адсорбционным и рентгено-флюоресцентным (VRA-33) методами. В растениях: азот общий – фотоколориметрическим методом; сырая клетчатка – по Геннебергу и Штоману (1969); сырая зола – сухим озолением в муфельной печи; фосфор – по ГОСТу 26657-97 фотохимическим методом; калий – на пламенном фотометре после сухого озоления; кальций – трилонометрически; кормовые единицы, БЭВ, сырой протеин – расчетным методом; нитратный азот – ионоселективным методом; азот и углерод – методом газовой хроматографии.

Результаты и обсуждение

Длительное применение (42 года) органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте оказало существенное влияние на продуктивность и качество кормовых культур. Установлено, что оптимальным приемом удобрения культур в севообороте является периодическое (два раза за шесть лет) применение 80 т/га ТНК и полной дозы НРК. В среднем за три ротации севооборота получены значительные урожаи культур: картофеля – 7,0 т/га, однолетних трав – 4,4 т/га, многолетних трав – 6,2 т/га сухого вещества, что на 59,1, 100,0 и

Таблица 1

**Влияние удобрений на сбор сухого вещества
культурами кормового севооборота (за ротацию), т/га**

Table 1

**Effect of fertilizers on the collection of dry matter by forage rotation crops
(per rotation), t/ha**

Вариант	Ротация севооборота			В среднем за три ро- тации	Прибавка к контро- лю, %
	V 2002–2007 гг.	VI 2008–2013 гг.	VII 2014–2019 гг.		
Картофель					
Без удобрений (контроль)	3,2	5,2	4,3	4,4	-
1/3 NPK	3,5	5,3	5,2	4,7	6,8
1/2 NPK	4,5	5,5	5,6	5,2	18,1
NPK	4,7	5,8	6,0	5,5	25,0
ТНК 40 т/га – Фон 1	4,1	5,1	5,6	4,9	11,3
Фон 1 + 1/3 NPK	4,2	6,2	6,2	5,5	25,0
Фон 1 + 1/2 NPK	4,3	6,5	6,8	5,9	34,0
Фон 1 + NPK	4,9	6,7	7,4	6,3	43,1
ТНК 80 т/га – Фон 2	3,8	7,3	6,8	6,0	36,3
Фон 2 + 1/3 NPK	4,2	7,2	7,3	6,2	40,9
Фон 2 + 1/2 NPK	4,8	7,6	7,8	6,7	52,2
Фон 2 + NPK	5,2	7,8	8,1	7,0	59,0
НСР _{0,5}	0,39	0,58	0,56		
Однолетние травы					
Без удобрений (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
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 + 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 + NPK	4,5	4,2	4,6	4,4	100,0
НСР _{0,5}	0,32	0,35	0,41	0,37	
Многолетние травы					
Без удобрений (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
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 + 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	5,4	93,3
Фон 2 + NPK	4,5	5,4	8,6	6,2	106,6
НСР _{0,5}	0,38	0,42	0,64		

106,6% превышало вариант без удобрений (табл.1). Три дозы NPK показали менее значительный урожай – 4,7 – 5,5 т/га и две дозы ТНК – 4,9 – 6,0 т/га сухого вещества соответственно.

Системы удобрений в разной степени влияли на химический состав возделываемых культур. Содержание сухого вещества в клубнях картофеля на минеральном фоне составило 18,0–18,8%, органическом – 18,4–18,9% и органо-минеральном – 17,1–17,7%; в контроле 19,6%. Содержание сырого

протеина с увеличением доз NPK повышалось до 9,4–10,0%, в контроле – 8,1%. Количество фосфора, калия и кальция в продукции возросло незначительно. Содержание крахмала в клубнях картофеля было на уровне 12,6–13,0%, в контроле – 13,2%. Содержание нитратов в продукции варьировало от 74 до 134 мг/кг сырой массы и не превышало ПДК (250 мг/кг сырой массы) (табл. 2).

Количество сухого вещества в однолетних травах изменялось незначительно (19–19,6%), в

Таблица 2

*Действие удобрений на химический состав клубней картофеля
(в среднем за три ротации севооборота), % на сухое вещество*

Table 2

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

Вариант	Сухое вещество	Азот	Сырой протеин	Фосфор	Калий	Кальций	Крахмал	Нитраты, мг/кг сырой массы
Без удобрений (контроль)	19,6	1,3	8,1	0,32	3,1	0,07	13,2	41
1/3 NPK	18,8	1,4	8,8	0,33	3,4	0,10	12,9	74
1/2 NPK	18,3	1,4	8,8	0,34	3,5	0,12	13,0	82
NPK	18,0	1,5	9,4	0,35	3,7	0,11	12,8	94
ТНК 40 т/га – Фон 1	18,9	1,4	8,8	0,32	3,4	0,11	12,9	81
Фон 1 + 1/3 NPK	17,7	1,5	9,4	0,34	3,5	0,12	12,6	96
Фон 1 + 1/2 NPK	17,4	1,5	9,4	0,34	3,6	0,11	12,8	101
Фон 1 + NPK	17,1	1,4	8,8	0,35	3,6	0,11	12,6	114
ТНК 80 т/га – Фон 2	18,4	1,4	8,8	0,33	3,5	0,11	13,1	94
Фон 2 + 1/3 NPK	17,5	1,5	9,4	0,34	3,7	0,12	12,7	115
Фон 2 + 1/2 NPK	17,3	1,6	10,0	0,35	3,6	0,12	12,8	126
Фон 2 + NPK	17,1	1,6	10,0	0,35	3,7	0,13	12,7	134

Таблица 3

*Действие удобрений на химический состав однолетних и многолетних трав
(в среднем за три ротации севооборота), в числителе – % сухого вещества и элементов питания
в однолетних травах, в знаменателе – в многолетних травах*

Table 3

*Effect of fertilizers on the chemical composition of annual and perennial grasses
(on average for 3 rotations of crop rotation), in the numerator – % of dry matter and nutrients in annual
grasses, in the denominator – in perennial grasses*

Вариант	Сухое вещество	Азот	Сырой протеин	Фосфор	Калий	Кальций
Без удобрений (контроль)	20,5/20,6	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
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	19,5/25,6	2,3/1,5	14,4/9,4	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	0,57/0,66
Фон 1 + NPK	19,2/25,2	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 + NPK	19,0/25,0	2,4/1,7	15,0/10,6	0,34/0,31	3,1/2,5	0,57/0,67

контроле – 20,5%. Содержание сырого протеина на минеральном фоне составило 14,4–15,0%, органическим – 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% (табл. 3).

Количество сухого вещества в многолетних травах изменялось незначительно (25,2–26,8%), в контроле – 26,0%; содержание сырого протеина в продукции 8,8–10,6%. Количество фосфора, калия и кальция по вариантам опыта колебалось незначительно и составило (в среднем за три ротации): фосфора – 0,28–0,31%, калия – 2,3–2,5% и кальция – 0,64–0,68%.

Заключение

В результате длительных научных исследований установлено, что оптимальной системой удобрений в среднетаежной зоне Евро-Северо-Востока на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве является совместное применение ТНК в дозе 80 т/га и NPK. Приведенная система удобрений способствовала повышению плодородия почвы.

Органо-минеральная система удобрений повлияла на получение значительных урожаев культур в шестипольном кормовом севообороте: картофеля – 6,7–7,0, однолетних трав – 4,2–4,6 и многолетних трав – 5,2–6,2 т/га сухого вещества с высоким качеством; при использовании минеральной

системы удобрений 4,7 – 5,5 т/га, органической – 4,9 – 6,6 т/га соответственно.

При использовании органо-минеральной системы удобрений значительно повышалось качество кормовых культур севооборота, в картофеле – количество крахмала, в однолетних и многолетних травах содержание сырого протеина.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 0412-2019-0051.

Литература

1. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / Отв. ред. И.П. Герасимов. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1975. 344 с.
2. *Заболоцкая Т.Г.* Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность. Л.: Наука, 1985. 179 с.
3. *Войтович Н.В., Лобода В.П.* Оптимизация минерального питания в агроценозах Центрального Нечерноземья. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2005. 194 с.
4. *Нурлыгаянов Р.Б., Данилов В.П., Бекасова М.В.* Адаптивное кормопроизводство как экологический аспект формирования сельскохозяйственных угодий // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2010. № 4 (5). С. 45–47.
5. *Сысыев В.А.* Приоритеты и проблемы аграрной науки на Евро-Северо-Востоке России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 3 (46). С. 4–9.
6. *Исаичева У.А., Труфанов А.М.* Эффективность биологизации систем удобрений в оптимизации гумусового состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 1 (135). С. 43–47.
7. *Пегова Н.А., Холзаков В.М.* Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 1 (44). С. 35–40.
8. *Дмитриев В.И.* Однолетние кормовые культуры в полевом кормопроизводстве Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. № 2. С. 12–14.
9. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г.Е. Мерзлая, Г.А. Зябкина, Т.П. Фомкина, А.В. Козлова, О.В. Макшакова, С.П. Волошин, А.Н. Хромова, И.В. Панкратенкова // Агрехимия. 2012. № 2. С. 37–46.
10. *Чеботарёв Н.Т.* Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми // Кормопроизводство. 2012. № 8. С. 32–33.
11. *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. Vol. 128. No 1–2. P. 167–176.
12. *Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Овчинникова М.Ф.* Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствия // Агрехимия. 2004. № 7. С. 5–10.
13. *Лана В.В., Босак В.Н., Пироговская Г.В.* Влияние органо-минеральной системы удобрений на продуктивность севооборота и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах // Агрехимия. 2009. № 2. С. 40–44.
14. *Изместьев В.М., Свечников А.К.* Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность кормовых севооборотов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 1 (44). С. 29–34.
15. *Чеботарёв Н.Т., Юдин А.А.* Динамика плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под действием длительного применения удобрений в условиях Республики Коми // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 2. С. 11.
16. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. *Zaboeva I.V.* Pochvy i zemelnie resursy Komi ASSR [Soil and land resources of the Komi ASSR] / Ed. I.P.Gerasimov. Syktyvkar: Komi Book Publishing house, 1975. 344 p.
2. *Zabolotskaya T.G.* Biologicheskii krugovorot elementov v agrocenozah i ih produktivnost' [Biological cycle of elements in agrocenoses and their productivity]. Leningrad: Nauka, 1985. 179 p.
3. *Voitovich N.V., Loboda B.P.* Optimizaciya mineralnogo pitaniya v agrocenozah Centralnogo Nechernozemya [Optimization of mineral nutrition in agrocenoses of the Central non-Chernozem region]. Moscow: Res. Inst. of Agriculture of the central regions of the non-chernozem zone, 2005. 194 p.
4. *Nurlygayanov R.B., Danilov V.P., Bekasova M.V.* Adaptivnoe kormoproizvodstvo kak ekologicheskii aspekt formirovaniya selskokozyaistvennyh ugodii [Adaptive feed production as an ecological aspect of agricultural land formation] // Economy, labor, management in agriculture. 2010. №. 4 (5). P. 45–47.
5. *Sysuev V.A.* Prioritety i problem agrarnoi nauki na Evro-Severo-Vostoke Rossii [Priorities and problems of agricultural science in the Euro-NorthEast of Russia] // Agrarian science of the Euro-NorthEast. 2015. №. 3 (46). P. 4–9.
6. *Isaicheva U.A., Trufanov A.M.* Effektivnost biologizacii system udobrenii v optimizacii gumusovogo sostoyaniya dervno-podzolistoi supeschanoi pochvy [Effectiveness of biologicalization of fertilizer systems in optimizing the humus state of sod-podzolic sandy loam soil] // Bull. of Altai State Agrarian Univ. 2016. №. 1 (135). P. 43–47.

7. *Pegova N.A., Kholzakov V.M.* Resursosberegayuschaya Sistema obrabotki dernovo-podzolistoi pochvy [Resource-saving system for processing sod-podzolic soil] // Agrarian science of the Euro-NorthEast. 2015. №. 1 (44). P. 35–40.
8. *Dmitriev V.I.* Odnoletnie kormovie kultury v polevom kormoproizvodstve Omskoi oblasti [Annual forage crops in the field forage production of the Omsk region] // Bull. of Omsk State Agrarian Univ. 2014. № 2. P. 12–14.
9. Effektivnost' dlitel'nogo primeneniya organicheskikh i mineralnykh udobrenii na dernovo-podzolistoi legkosuglinistoi pochve [Effectiveness of long-term application of organic and mineral fertilizers on sod-podzolic light loam soil] / *G.E.Merzlaya, G.A.Zyabkina, T.P.Fomkina, A.V.Kozlova, O.V.Makshakova, S.P.Voloshin, A.N.Khromova, I.V.Pankratenkova* // Agrochemistry. 2012. №. 2. P. 37–46.
10. *Chebotarev N.T.* Ob effektivnosti ispolzovaniya udobrenii pri vozdelivanii kormovykh kultur v usloviyakh Respubliki Komi [On the effectiveness of fertilizer use in the cultivation of forage crops in the conditions of the Komi Republic] // Feed Production. 2012. № 8. P. 32–33.
11. *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. Vol. 128. № 1-2. P. 167–176.
12. *Mineev V.G., Gomonova N.F., Ovchinnikova M.F.* Plodorodie i biologicheskaya aktivnost' dernovo-podzolistoi pochvy pri dlitel'nom primeneni i udobrenii i ih posledstviya [Fertility and biological activity of sod-podzolic soil during long-term application of fertilizers and their consequences] // *Agrochemistry*. 2004. №. 7. P. 5–10.
13. *Lapa V.V., Bosak V.N., Pirogovskaya G.V.* Vliyanie organo-mineralnoi sistemy udobrenii na produktivnost' sevooborota i balans gumusa v dernovo-podzolistykh pochvakh [Influence of organo-mineral fertilizer system on crop rotation productivity and humus balance in sod-podzolic soils] // *Agrochemistry*. 2009. №. 2. P. 40–44.
14. *Izmestyev V.M., Svechnikov A.K.* Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineralnykh udobrenii na produktivnost' kormovykh sevooborotov [Influence of long-term application of mineral fertilizers on the productivity of feed crop rotations] // Agrarian science of the Euro-NorthEast. 2015. №. 1 (44). P. 29–34.
15. *Chebotarev N.T., Yudin A.A.* Dinamika plodorodiya i produktivnosti dernovo-podzolistoi pochvy pod deistviem dlitel'nogo primeneniya udobrenii v usloviyakh Respubliki Komi [Dynamics of fertility and productivity of sod-podzolic soil under the influence of long-term application of fertilizers in the Komi Republic] // Achievements of science and technology of the Agro-Industrial Complex. 2015. Vol. 29. №. 2. P. 11.
16. *Dospekhov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniya) [Method of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

Статья поступила в редакцию 11.09.2020