

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В КОРМОВОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ СЕВЕРА*

EFFICIENCY OF COMPLEX USE OF ORGANIC AND MINERAL FERTILIZERS IN FODDER CROP ROTATION IN SOD-PODZOLIC SOIL OF THE NORTH

Чеботарев Н.Т. — доктор с.-х. наук, вед. н.с., член-корреспондент РАН
Конкин П.И. — н.с.
Юдин А.А. — кандидат экон. наук, с.н.с.

ФГБНУ НИИСХ Республики Коми
 Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27
 E-mail: audin@rambler.ru

N.T. Chebotarev — Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Corresponding Member of RANH
P.I. Konkin — Researcher
A.A. Yudin — Candidate of Economics, Senior Researcher
 Scientific Research Institute of Agriculture of the Republic of Komi

Ul. Rucheynaya 27, Syktyvkar, Republic of Komi, Russia
 E-mail: audin@rambler.ru

Исследования по использованию различных систем удобрений в кормовом севообороте проводили в 1978–2016 годах в Республике Коми в полевом стационарном длительном опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Изучена эффективность применения органических и минеральных удобрений, а также их сочетаний на изменения плодородия почвы и продуктивности культур кормового шестипольного севооборота. Кормовой севооборот имел следующее чередование культур: картофель, вико-овсяная смесь с подсевом многолетних трав, многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., вико-овсяная смесь, картофель. Установлено, что органическая, минеральная, а также органоминеральная системы удобрения в различной степени влияли на почву и продуктивность кормовых культур. При использовании органической системы удобрений содержание гумуса повысилось на 0,7–0,9%, при органоминеральной системе на 0,3–0,5%, вместе с тем при применении минеральных удобрений количество гумуса снизилось на 0,1–0,2%, и повысилась кислотность почвы. Содержание обменного калия снизилось из-за высокого его выноса растениями и вымыванием из почвы. Определено, что наилучшие результаты получены при совместном применении органических удобрений (80 т/га) и полной дозы NPK. В среднем за 2 ротации севооборота урожайность сухого вещества картофеля составила 3,9 т/га, многолетних трав — 6,7 т/га и однолетних трав — 3,9 т/га с высоким качеством продукции. Содержание крахмала в картофеле составило 13,6% (в контроле — 11,6%), сырого протеина в однолетних и многолетних травах было 11,4–15,2% (в варианте без удобрений — 10,3–11,6%).

Ключевые слова: органические и минеральные удобрения, картофель, однолетние травы, многолетние травы, урожайность, сухое вещество, крахмал, сырой протеин, нитраты.

A study on various fertilizer systems in fodder crop rotation was conducted in the Republic of Komi, in 1978–2016. A field experiment was performed in sod-podzolic light loam soils. The impact of organic and mineral fertilizers, as well as their combinations, on soil fertility and productivity of crops of fodder six-field crop rotation was studied. The fodder crop rotation had the following crop rotation: potatoes, vetch and oat mixture with the seeding of perennial grasses, perennial grasses 1 g.p., perennial grasses 2 g.p., vetch and oat mixture, potatoes. It was established, that organic, mineral, and organomineral fertilizer systems, in varying degrees, had an impact on soil and productivity of fodder crops. The organic fertilizer system increased the humus content by 0.7–0.9%, the organomineral system — by 0.3–0.5%, the mineral fertilizers decreased the humus content by 0.1–0.2% and increased soil acidity. The exchangeable potassium content decreased due to leaching. The best results were achieved after the application of organic fertilizers (80 t/ha) and full dose of NPK. On average, after two crop rotations the yield of dry matter of potatoes was 3.9 t/ha, perennial grasses — 6.7 t/ha, annual grasses — 3.9 t/ha with high quality products. The starch content in potatoes was 13.6% (in the control — 11.6 %), the crude protein content in annual and perennial grasses was 11.4–15.2% (in the testing without fertilizers — 10.3–11.6%).

Keywords: organic and mineral fertilizers, potatoes, annual grasses, perennial grasses, yield, dry matter, starch, crude protein, nitrates.

Введение

В современном земледелии удобрение — важнейшее средство 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 [6, 7, 8].

Величина урожая сельскохозяйственных культур зависит от уровня плодородия почвы, то есть ее способности удовлетворять потребности растений в питательных веществах, воздухе, свете, биологической и физико-химической среде. Сохранение почвенного плодородия в агроэкосистемах на основе рационального природопользования, обеспечивающего наибольший выход продукции растениеводства с наименьшими материальными затратами, относится к числу приоритетных задач [1, 2, 4, 5, 6].

В почвенном покрове Республики Коми преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы, которые характеризуются очень низким естественным плодороди-

ем, поэтому для широкого воспроизводства плодородия и продуктивности необходимо применять известковые, органические и минеральные удобрения [1, 5].

Условия, материалы и методы

Исследования по использованию различных систем удобрений в кормовом севообороте проводили в 1978–2016 годах на дерново-подзолистой легкосуглинистой среднекультуренной почве по методике Б.А. Доспехова [3].

Агрохимические показатели почвы и схема опыта представлены в таблице 1.

Кормовой севооборот имел следующее 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 торфомазозного компоста (ТНК) вносили два раза за ротацию севооборота — под картофель.

* Работа представлена в рамках программы УрО РАН № 18-8-49-17 «Продуктивность сельскохозяйственных культур с особенностями трансформации и стабилизации почвенного органического вещества в пахотных угодьях Европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми)» на 2018–2020 годы.

Таблица 1.

Влияние длительного применения удобрений на свойства дерново-подзолистой почвы

Вариант	Общий гумус по Тюрину, %		pH kCl		Гидролитическая кислотность (Hr)		Сумма поглощен- ных оснований (S)		P2O5		K2O	
	1978	2016	1978	2016	1978	2016	1978	2016	1978	2016	1978	2016
Без удобрений (контроль)	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	2,3	5,4	4,3	3,4	5,3	14,8	12,5	201	235	156	126
ТНК 40 т/га (фон 1)	2,5	3,2	5,2	4,8	3,7	4,8	15,3	12,8	211	217	148	111
Фон 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	2,4	2,8	5,2	4,5	3,4	5,1	14,6	12,7	246	262	178	126
Фон 1+ NPK	2,1	3,0	4,8	4,2	4,2	4,9	13,3	11,8	184	214	181	132
ТНК 80 т/га (фон 2)	2,4	3,3	5,3	5,0	3,8	4,6	15,5	11,9	201	212	170	128
Фон 2+1/3 NPK	2,0	2,4	5,1	4,6	3,9	4,8	11,7	12,4	180	206	173	144
Фон 2+1/2 NPK	2,6	2,9	5,2	4,7	4,4	5,3	13,0	13,6	240	274	185	165
Фон 2+ NPK	2,3	2,8	5,3	4,8	3,6	4,7	13,2	13,4	227	262	190	178
HCP 05	0,24	0,28	0,47	0,48	0,31	0,49	1,45	1,25	20,4	26,2	15,8	14,0

Средние агрохимические показатели ТНК были следующими: 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 — N60P30K180, вико-овсяную смесь — N₄₀P₃₂K₁₁₆, многолетние травы (клевер луговой+тимopheевка луговая) — N₄₀P₃₂K₁₀₈. В опыте также использовали пониженные их дозы (1/2 и 1/3 от полной дозы). Планируемая урожайность зеленой массы викоовсяной смеси 20,0, многолетних трав 15,0 и картофеля 15,0 т/га.

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

Повторность опыта — четырехкратная, площадь опытной делянки — 50 м². Учет урожайности — сплошной, по-деляночный.

Методика

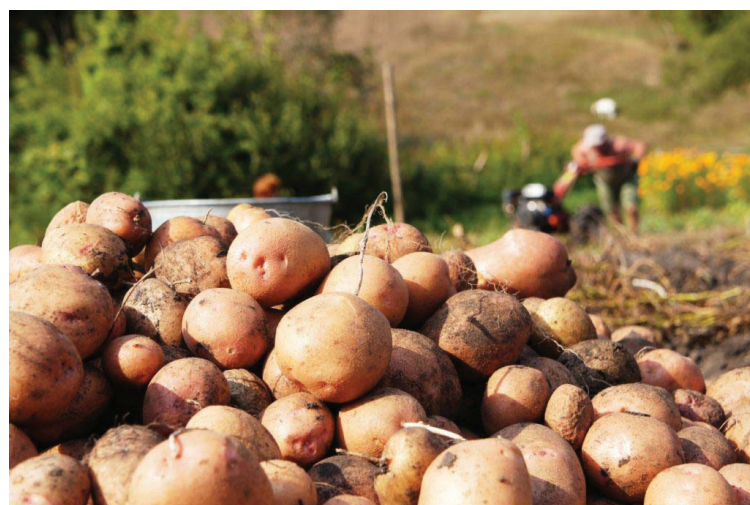
В работе использовали следующие методы анализов:

— в почве: гумус — ГОСТ 26213–91, общий азот — ГОСТ 26107–84, гидролитическая кислотность — ГОСТ 26212–91, сумма поглощенных оснований — ГОСТ 27821–88, pH в солевой вытяжке — ГОСТ 26483–85, подвижный фосфор и обменный калий — ГОСТ 26207–91, валовой анализ биофильных элементов в почве и удобрениях — абсорбционным и рентгено-флюоресцентным (VRA-33) методами.

— в растениях: азот общий — фтоколометрическим методом, сырая клетчатка — по Геннебергу и Штоману (1969), сырая зола — сухим озеленением в муфельной печи, фосфор — по Курмису (1974) ванадомolibдатным методом, калий — на пламенном фотометре после сухого озеленения, кальций — трилонометрически; кормовые единицы, БЭВ, сырой протеин — расчетным методом, нитратный азот — ионоселективным методом, азот и углерод — методом газовой хроматографии.

Результаты

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 опыта. Это указывает на то, что минерализация гумуса опережала его гумификацию из-за недостаточных объемов поступления в почву органического вещества в виде торфопазавозного компоста и пожнивно-корневых остатков возделываемых культур.

Важным положительным результатом наших исследований является то, что в варианте без удобрений удалось сохранить исходное содержание гумуса (2,1%) и получать достаточно высокую среднюю урожайность (2,7 т/га сухого вещества) кормовых культур благодаря поступлению в почву значительных объемов растительных остатков, в первую очередь, многолетних трав, их гумификации и минерализации под воздействием микроорганизмов.

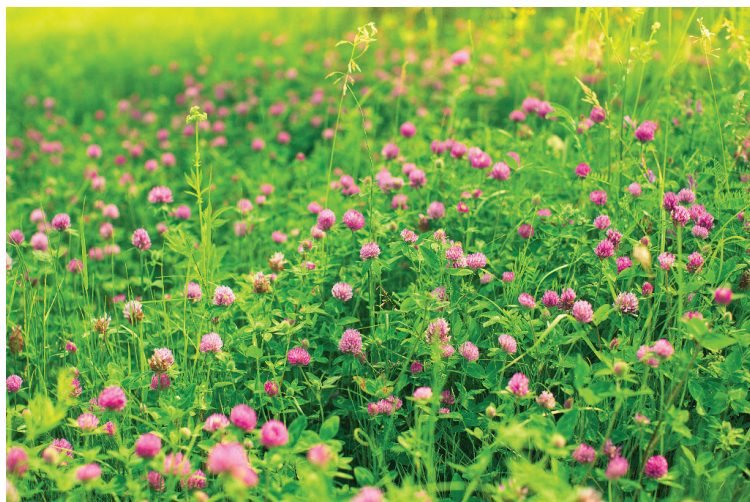
По всем вариантам опыта наблюдается повышение обменной и гидролитической кислотности почвы, что можно объяснить недостаточным поступлением в почву кальция и магния. Отмечено в наибольшей степени повышение обменной кислотности в вариантах с минеральными удобрениями (на 1,0–1,2 ед. pH), в вариантах с органическими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

В вариантах с ТНК и NPK, а также совместным их применением установлено значительное повышение содержания

Таблица 2.

Влияние удобрений на урожайность и химический состав культур кормового севооборота (ср. за 2 ротации), %

Вариант	Однолетние травы				Многолетние травы				Картофель			
	урожайность, т/га с.в.	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	урожайность, т/га с.в.	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	урожайность, т/га с.в.	крахмал	сырой протеин	нитраты, мг/кг с.м.
Без удобрений (контроль)	3,1	11,64	3,18	27,65	3,0	10,26	2,64	27,82	2,1	11,65	8,65	48
1/3 NPK	3,5	14,35	3,55	26,46	4,5	12,52	3,43	26,44	2,4	13,08	8,89	79
1/2 NPK	3,8	14,66	3,64	25,68	4,9	13,64	3,76	26,53	2,6	13,19	8,94	83
NPK	4,1	15,28	3,56	26,25	5,6	13,48	4,15	27,08	2,8	13,07	8,86	88
ТНК 40 т/га (фон 1)	3,6	14,93	3,86	27,06	3,9	12,17	4,32	26,84	2,9	12,96	8,73	91
Фон 1 + 1/3 NPK	3,8	14,15	3,68	26,88	4,8	13,55	3,95	26,47	3,1	13,27	8,92	94
Фон 1 + 1/2 NPK	4,0	15,23	3,91	27,34	5,6	13,72	4,08	26,85	3,3	13,16	9,14	101
Фон 1 + NPK	4,3	14,94	3,77	26,92	6,3	12,94	4,33	26,53	3,6	13,35	8,81	120
ТНК 80 т/га (фон 2)	3,8	15,74	4,18	26,46	4,3	13,66	4,24	25,66	3,2	13,34	9,25	84
Фон 2 + 1/3 NPK	4,1	15,66	4,11	26,58	5,2	14,18	4,17	25,47	3,5	13,25	9,31	98
Фон 2 + 1/2 NPK	4,3	15,38	4,29	26,27	5,8	14,46	4,26	24,82	3,7	12,96	9,18	112
Фон 2 + NPK	4,5	15,16	4,35	26,18	6,7	14,39	4,32	24,66	3,9	13,62	9,24	124
НСП ₀₅	0,41	1,58	0,36	2,66	0,56	1,37	0,48	2,55	0,36	1,34	0,92	9,45



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 [9].

Минерализация органического вещества растительных остатков и торфонавозного компоста под действием микроорганизмов в этих вариантах происходила более интенсивно, так как внесенный минеральный азот служил питательной средой для различных групп микроорганизмов, что позволило ускорить переход элементов питания в доступную для растений форму.

Количество обменного калия снизилось по всем вариантам опыта, что указывает на его высокий вынос урожаями культур севооборота. Наиболее значительное снижение подвижного фосфора и калия отмечено в варианте без удобрений (58 и 60 мг/кг почвы).

Внесение торфонавозного компоста и минеральных удобрений в кормовом севообороте способствовало повышению урожайности сельскохозяйственных культур, особенно при совместном их применении (табл.2).

Так, в среднем за две ротации севооборота, урожайность сухого вещества картофеля в вариантах опыта составила 2,1–3,9 т/га, 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 с.в., а прибавка к контролю — с 38 до 52%. Наибольшая продуктивность получена при совместном внесении органического и минеральных удобрений — 3,1–3,9 т/га, что на 48–86% выше контроля.

Урожайность однолетних трав при внесении одних минеральных удобрений и двух доз ТНК составляла соответственно 3,5–4,1 и 3,6–3,8 т/га сухого вещества, что на 13–32 и 16–22 % выше по сравнению с контролем. Совместное применение органического и минеральных удобрений существенно повышало урожайность однолетних трав, особенно при использовании полной дозы NPK (4,3–4,5 т/га, и на 39–45% выше контроля).

Применение минеральных удобрений для подкормки многолетних трав увеличило их урожайность до 4,5–5,6 т/га с.в., что выше продуктивности контрольного варианта на 50–87%. Так же, как и на предыдущих двух культурах, наиболее значительное повышение урожайности многолетних трав было от совместного действия туксов и органического удобрения, внесенного под картофель.

В результате длительных научных исследований установлено, что системы удобрений значительно воздействовали на химический состав кормовых культур (табл.2). Содержание сухого вещества в картофеле с повышением доз органических и минеральных удобрений снижалось на 2–4%. Наиболее значительно — в клубнях картофеля, удобренных органическими и минеральными удобрениями в высоких дозах. Подобные явления наблюдали по многолетним и однолетним травам, но в меньшей степени.

По содержанию сырого протеина при использовании минеральных и органических удобрений его количество повышалось: в картофеле до 9,18–9,25% (в контроле — 8,65%), многолетних травах — 14,18–14,46% (в контроле — 10,26%), однолетних травах — 15,16–15,66% (в контроле — 11,64%), в большей степени при применении органоминеральной системы удобрений в высоких дозах. Содержание нитратов в клубнях картофеля не превышало ПДК (250 мг/кг с.м.). Количество сырого жира в кормовых культурах повышалось при применении удобрений, особенно высоких доз.

Содержание сырой клетчатки в с.-х. продукции с повышением доз органических и минеральных удобрений незначительно снижалось (на 1–2%).

Таким образом, оптимальным приемом удобрения сельскохозяйственных культур в кормовом севообороте на дерново-подзолистой среднеоккультуренной почве является совместное применение торфонавозного компоста (80 т/га два раза за 6 лет) и ежегодное внесение минеральных удобрений (в дозах, рассчитанных по выносу

питательных веществ планируемыми урожаями культур). При таком способе удобрения значительно повышается плодородие почвы, продуктивность возделываемых культур, а также их кормовые достоинства.

Наши исследования по влиянию систем удобрений на плодородие, продуктивность и качество культур кормового севооборота согласуются со многими исследованиями [7, 10, 11, 12, 13].

Выводы

Таким образом, оптимальным приемом удобрения сельскохозяйственных культур в кормовом севообороте на дерново-подзолистой среднеоккультуренной почве является совместное применение торфонавозного компоста (80 т/га, два раза за 6 лет) и ежегодное внесение минеральных удобрений (в дозах, рассчитанных по выносу питательных веществ планируемым урожаем культур). При таком способе удобрения значительно повышается плодородие почвы, урожайность возделываемых культур, а также их кормовые достоинства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заболоцкая и др. Северный подзол и удобрения. Л., Изд. «Наука», 1985. — 179 с.
2. Чеботарев 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. — № 2. — С. 11–14.
3. Войтович Н.В., Лобода Б.П. Оптимизация минерального питания в агроценозах Центрального Нечерноземья. М., НИИСХ ЦРНЗ, 2005. — 193 с.
4. Косолапов В.М. Роль кормопроизводства в обеспечении продовольственной безопасности России/В.М.Косолапов// Адаптивное кормопроизводство. — 2010. — № 1. — С. 16–19.
5. Митрофанова Е.М. Роль агрохимических приемов в снижении кислотности дерново-подзолистых почв Предуралья // Аграрный вестник Урала. — 2012. — № 5. — С. 8–10.
6. 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.
7. Босак В.Н. Плодородие и продуктивность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении удобрений. Агрохимия. — 2012. — № 9. — С. 14–20.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. — 351 с.
9. Журбицкий З.И. Влияние внешних условий на минеральное питание растений//Агрохимия, 1965. — № 3. — С. 65–75.
10. Новоселов С.И., Горохов С.А. и др. Действие и последствия органических удобрений в севообороте. Агрохимия. — 2013. — № 8. — С. 30–37.
11. 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.
12. 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.
13. Шпаков А.С. Многолетние травы в кормовых севооборотах // Кормопроизводство. — 1997. — № 12. — С. 9–11.
14. Чеботарев Н.Т., Юдин А.А., Булатова Н.В. Влияние извести и минеральных удобрений на содержание, фракционный состав и баланс гумуса дерново-подзолистой почвы Евро-Северо-Востока // Пермский аграрный вестник. — 2016. — № 4. — С. 87–92.
15. Чеботарев Н.Т., Юдин А.А., Конкин П.И. Эффективность применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве Севера // Российская сельскохозяйственная наука. — 2017. — № 1. — С. 29–33.
16. Чеботарев Н.Т. Эффективность комплексного применения удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве в условиях среднетаежной зоны Евро-Северо-Востока // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2017. — № 4. — С. 33–38.

REFERENCES

1. Zabolotskaya, etc. and the podzol and fertilizer. L., Ed. «Science», 1985. 179 p.
2. Chebotarev N.T., Yudin A.A. dynamics of fertility and productivity of sod-podzolic soil under the influence of long-term use of fertilizers in the Republic of Komi // Achievements of science and technology of agriculture. 2015. № 2. P. 11–14.
3. Voitovich N.I., Loboda B.P. Optimization of mineral nutrition in agrocenoses of Central-Chernozem zone. M., research Institute CRNS, 2005. 193 p.
4. Kosolapov V.M. The role of feed production in ensuring food security of Russia / V. M. Kosolapov // Adaptive feed production. 2010. № 1. P. 16–19.
5. Mitrofanova E.M. Role of agrochemical techniques in reducing the acidity of sod-podzolic soils of the Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 5. P. 8–10.
6. Paw V.V., Ivakhnenko N.N. Productivity of crop rotations and changes in the fertility of sod-podzolic sandy soil with long-term use of fertilizers. Agrochemistry. 2012. № 9. P. 41–48.
7. Bosak V.N. Fertility and productivity of sod-podzolic light-loamy soil with long-term use of fertilizers. Agrochemistry. 2012. № 9. P. 14–20.
8. Dospekhov B.A. Technique of field experience. M.: Kolos, 1985. 351 p.
9. Gurbetci Z.I. The Influence of external conditions on the mineral nutrition of plants//agricultural chemistry, 1965. № 3. P. 65–75.
10. Novoselov S.I., Gorokhov S.A. and others. Action and consequence of organic fertilizers in crop rotation. Agrochemistry. 2013. № 8. P. 30–37.
11. Chukhina O.V., Zhukov Yu.P. fertility of sod-podzolic soil and productivity of crops in crop rotation with the use of different doses of fertilizers. Agrochemistry. 2013. № 11. P. 10–18.
12. Frozen G.E., Zhabkina G.A., Fomkina T.P. and others. Efficiency of long-term use of organic and mineral fertilizers on sod-podzolic light-loamy soil. Agrochemistry. 2012. № 2. P. 37–46.
13. Shpakov A.S. Perennial grasses in the fodder crop rotation // forage production. 1997. № 12. P. 9–11.
14. Chebotarev N.T., Yudin A.A., Bulatova N.I. The impact of lime and mineral fertilizers on the content and fractional composition of the humus balance in soddy-podzolic soils of the Euro-North-East // Perm agrarian journal. 2016. № 4. P. 87–92.
15. Chebotarev N.T., Yudin A.A., Konkin P.I. Efficiency of application of organic and mineral fertilizers in fodder crop rotation on sod-podzolic soil of the North // Russian agricultural science. 2017. № 1. P. 29–33.
16. Chebotarev N.T. Efficiency of complex application of fertilizers in fodder crop rotation on sod-podzolic soil in the conditions of the middle taiga zone of the Euro-North-East // agricultural science of the Euro-North-East. 2017. № 4. P. 33–38.