

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В КОРМОВОМ СЕВООБОРОТЕ НА ПЛОДОРОДИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА*

Н. Т. ЧЕБОТАРЁВ,

доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН

А. А. ЮДИН,

кандидат экономических наук, профессор РАН

П. И. КОНКИН,

научный сотрудник

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Республики Коми

(167023 Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27; e-mail: audin@rambler.ru)

Ключевые слова: кормовой севооборот, минеральные и органические удобрения, урожайность культур, крахмал, сырой протеин, картофель, однолетние и многолетние травы.

Длительные научные исследования на дерново-подзолистой почве показали, что наибольшая урожайность кормовых культур получена при внесении удобрений из расчёта 80 т/га ТНК + НРК. При таком соотношении удобрений получена средняя урожайность клубней картофеля – 35,6 т/га, многолетних трав – 6,2 т/га и однолетних трав – 4,9 т/га с.в. В результате исследований установлено, что качество кормовых культур значительно улучшается при внесении повышенных доз органических и минеральных удобрений. Содержание сырого протеина в многолетних травах увеличилось до 14,7 % (в контроле – 10,4 %), сырого жира – до 4,4 % (в контроле – 2,5 %). Положительный эффект достигнут при совместном внесении удобрений под картофель: количество крахмала в клубнях возросло до 16,7 %, что на 3,1 % выше, чем в варианте без удобрений и на 2,2 % выше, чем при внесении полной дозы НРК. Подобные закономерности отмечены и при возделывании однолетних трав. Органическая и органоминеральная системы удобрений оказывали положительное влияние на содержание гумуса в почве. За период 1978–2017 г.г. содержание гумуса повысилось на 0,7–0,9 % при использовании двух доз ТНК, на 0,5–0,9 % при совместном применении органических и минеральных удобрений, тогда как при применении минеральных удобрений содержание гумуса в почве снизилось на 0,1–0,2 %. В вариантах с НРК наблюдалось подкисление почвы и снижение содержания подвижного калия.

INFLUENCE OF LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS IN FODDER CROP ROTATION ON FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF SOD-PODZOLIC SOIL IN THE CONDITIONS OF EURO-NORTHEAST

N. T. CHEBOTAREV,

doctor of agricultural sciences, corresponding member of RAE,

A. A. YUDIN,

candidate of economic sciences, professor RAE,

P. I. KONKIN,

research fellow,

Scientific research institute of agriculture of the Komi Republic

(27 Rucheynaya str., Syktывkar, Komi Republic 167023; e-mail: audin@rambler.ru)

Keywords: fodder crop rotation, mineral and organic fertilizers, crop yield, starch, crude protein, potatoes, annual and perennial grasses.

Long-term research on sod-podzolic soil showed that the highest yield of fodder crops was obtained when fertilizing at the rate of 80 t/ha TNK + NPK. With this ratio of fertilizers, the average yield of potato tubers was obtained – 35.6 t/ha, perennial grasses – 6.2 t/ha and annual grasses – 4.9 t/ha of AV. As a result of research, it was found that the quality of fodder crops significantly improves with the introduction of increased doses of organic and mineral fertilizers. The content of crude protein in perennial herbs increased to 14.7 % (in control – 10.4 %), crude fat – to 4.4 % (in control – 2.5 %). The positive effect was achieved with the joint application of fertilizers for potatoes: the amount of starch in tubers increased to 16.7 %, which is 3.1 % higher than in the variant without fertilizers and 2.2 % higher than when applying the full dose of NPK. Similar patterns are noted in the cultivation of annual herbs. Organic and organomineral fertilizer systems had a positive effect on humus content in the soil. For the period 1978–2017 humus content increased by 0.7–0.9 % when using two doses of TNK, by 0.5–0.9 % when combined with organic and mineral fertilizers, while the application of mineral fertilizers humus content in the soil decreased by 0.1–0.2 %. In NPK was observed acidification of the soil and the reduction of the content of mobile potassium.

Положительная рецензия представлена Е. Д. Лодыгиным, доктором биологических наук, и.о. ведущего научного сотрудника отдела почвоведения Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук».

Урожаи сельскохозяйственных культур зависят от уровня плодородия почвы, то есть её 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, 3, 4].

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 [4, 5, 6].

В почвенном покрове Республики Коми преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы, которые характеризуются очень низким естественным плодородием, поэтому для широкого воспроизводства плодородия и продуктивности необходимо применять известковые, органические и минеральные удобрения [1].

Цель и методика исследований

Цель работы – изучить влияние систем удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы, продуктивность и качество культур кормового шестипольного севооборота.

Исследования по использованию различных систем удобрений в кормовом севообороте проводили в 1978–2017 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой средне-окультуренной почве по методике Б. А. Доспехова (1985).

Агрохимические показатели почвы и схема опыта представлены в таблице 1. Кормовой севооборот имел следующее чередование культур: картофель, викоовсяная смесь с подсевом многолетних трав, многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., викоовсяная смесь, картофель.

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

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

Таблица 1
Влияние длительного применения удобрений на свойства дерново-подзолистой почвы
Table 1
Effect of long-term use of fertilizers on the properties of sod-podzolic soil

Вариант <i>Option</i>	Гумус, % <i>Humus, %</i>		pH_{kcl}		Гидролитическая кислотность (Нг) <i>Hydrolytic acidity (Ng)</i>		Сумма поглощенных оснований (S) <i>Amount of absorbed bases (S)</i>		P_2O_5		K_2O	
	ммоль/100 г почвы <i>mmol/100 g soil</i>										мг/кг <i>mg/kg</i>	
	1978	2017	1978	2017	1978	2017	1978	2017	1978	2017	1978	2017
Без удобрений (контроль) <i>Without fertilizer (control)</i>	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) <i>TNK 40 t/ha (background 1)</i>	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 <i>Background 1 + 1/3 NPK</i>	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 <i>Background 1 + 1/2 NPK</i>	2,4	2,8	5,2	4,5	3,4	5,1	14,6	12,7	246	262	178	126
Фон 1 + NPK <i>Background 1 + NPK</i>	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) <i>TNK 80 t/ha (background 2)</i>	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 <i>Background 2 + 1/3 NPK</i>	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 <i>Background 2 + 1/2 NPK</i>	2,6	2,9	5,2	4,7	4,4	5,3	13,0	13,6	240	274	185	165
Фон 2 + NPK <i>Background 2 + NPK</i>	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

элементов питания урожаями сельскохозяйственных культур ежегодные дозы минеральных удобрений составили: под картофель – N60P30K180, викоовсяную смесь – N40P32K116, многолетние травы (клевер луговой + тимофеевка луговая) – N40P32K108. В опыте также использовали их пониженные дозы (1/2 и 1/3 от полной дозы). Планируемая урожайность зелёной массы викоовсяной смеси – 20,0, многолетних трав – 15,0 и картофеля – 15,0 т/га.

Сорта исследуемых культур: картофель – Невский, овес – Горизонт, вика – Льговская 22, клевер луговой – Трио, тимофеевка луговая – Северодвинская.

Повторность опыта – четырехкратная, площадь опытной делянки – 50 м². Учет урожайности – сплошной, поделачный.

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, рН 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 – фотоколориметрическим методом, сырая клетчатка – по Геннебергу и Штоману (1969), сырая зола – сухим озолением в муфельной печи, фосфор – по Курмису (1974) ванадомолибдатным 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 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 совместном его применении с минеральными туками (на 0,2–0,9 %) по сравнению с исходным его количеством. При внесении одних минеральных удобрений (во всех дозах) содержание гумуса в почве снизилось до уровня 2,2–2,3 %, 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 торфонавозного 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.

Во всех вариантах опыта наблюдается повышение обменной и гидролитической кислотности почвы, что можно объяснить недостаточным поступлением в почву кальция и магния. В наибольшей степени повышение обменной кислотности отмечено в вариантах с минеральными удобрениями (на 1,0–1,2 ед. рН), незначительно она повысилась в вариантах с органическими удобрениями (на 0,7 ед. рН) и совместном использовании органических и минеральных удобрений, особенно в высоких дозах (ТНК 80 т/га + 1 NPK) (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.

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 [12, 13]. 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 во всех вариантах 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 соответственно).

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 три ротации севооборота урожайность клубней картофеля в вариантах опыта составила 22,1–35,6 т/га, превысив контроль на 2,3–64,8 %. При повышении доз минеральных удобрений с 1/3 NPK до NPK урожайность увеличилась с 22,1 до 26,8 т/га. При повышении дозы ТНК с 40 до 80 т/га она возросла с 24,6 до 26,7 т/га, а прибавка к контролю – с 13,8 до 23,6 %. Наибольшая урожайность получена при совместном внесении органического и минеральных удобрений – 26,3–35,6 т/га, что на 21,7–64,8 % выше контроля.

Таблица 2
Продуктивность и качество культур кормового севооборота при комплексном применении удобрений (ср. за 3 ротации)
Table 2
Productivity and quality of forage crop rotation in the complex application of fertilizers (cf. 3 rotation)

Вариант Option	Картофель Potatoes				Многолетние травы Perennial grasses				Однолетние травы Annual grasses						
	урож., т/га клубни Yield, t/ha	сбор кормов. ед., т/га Harvest of fodder, t/ha	Содержание Content		урож., т/га с.в. Yield, t/ha	сбор корм. ед., т/га Harvest of fodder, t/ha	содержание, % content, %		урож., т/га с.в. Yield, t/ha	сбор корм. ед., т/га Harvest of fodder, t/ha	содержание, % content, %				
			сырой протеин, % Crude protein, %	крахмал, % Starch, %			нитраты мг/кг с.м. nitrate, mg/kg s.m.	сырой протеин Crude protein			сырой жир Crude fat	сырая клетчатка Crude fiber	сырой протеин Crude protein	сырой жир Crude fat	сырая клетчатка Crude fiber
Без удобрений (контроль) Without fertilizer (control)	21,6	4,3	10,4	13,6	98	3,5	3,0	10,4	2,5	25,6	2,6	2,1	10,8	3,5	24,4
1/3 NPK	22,1	4,4	11,6	14,2	118	4,1	3,7	12,6	3,3	26,3	2,9	2,3	12,4	3,6	25,8
1/2 NPK	23,4	4,6	11,8	14,3	122	4,4	4,0	13,6	3,7	26,6	3,1	2,5	12,9	3,4	26,2
NPK	26,8	5,4	12,4	14,5	128	4,6	4,2	13,5	4,1	27,0	3,4	2,7	13,6	3,6	26,4
ТНК 40 т/га (фон 1) TNK 40 t/ha (background 1)	24,6	4,9	12,2	14,6	126	4,2	4,0	12,9	3,8	26,5	3,3	2,6	13,2	3,6	25,1
Фон 1 + 1/3 NPK Background 1 + 1/3 NPK	26,3	4,6	12,5	15,6	126	4,7	4,4	13,7	3,9	27,2	4,1	3,3	14,4	3,4	26,3
Фон 1 + 1/2 NPK Background 1 + 1/2 NPK	27,5	5,5	12,8	15,8	134	5,2	4,7	13,9	4,1	27,4	4,4	3,5	14,7	3,6	26,4
Фон 1 + NPK Background 1 + NPK	28,4	5,8	13,0	16,1	137	5,8	5,2	13,7	4,3	26,8	4,6	3,7	15,2	3,8	26,3
ТНК 80 т/га (фон 2) TNK 80 t/ha (background 2)	26,7	5,3	13,2	16,3	132	4,6	4,2	13,1	4,1	27,3	3,6	2,9	14,1	3,5	25,6
Фон 2 + 1/3 NPK Background 2 + 1/3 NPK	29,2	5,8	12,9	16,2	144	5,3	4,8	14,3	4,2	27,5	4,4	3,5	15,4	4,1	26,5
Фон 2 + 1/2 NPK Background 2 + 1/2 NPK	32,8	6,6	13,3	16,4	152	5,9	5,3	14,5	4,3	26,9	4,7	3,8	15,7	4,3	26,8
Фон 2 + NPK Background 2 + NPK	35,6	7,1	14,1	16,7	166	6,2	5,6	14,7	4,4	26,6	4,9	3,9	16,0	4,5	27,0
НСР ₀₅	2,9	0,5	1,3	1,6	14,8	0,5	0,4	1,3	0,4	2,6	0,4	0,3	1,5	0,3	2,5

Урожайность однолетних трав при раздельном внесении различных доз NPK и ТНК составляла соответственно 2,9–3,4 и 2,6–2,9 т/га сухого вещества, что на 11,5–30,7 и 11,5 % выше по сравнению с контролем. Совместное применение органического и минеральных удобрений существенно повышало урожайность однолетних трав, особенно при использовании полной дозы NPK (4,6–4,9 т/га, и на 76,9–88,4 % выше контроля).

Применение минеральных удобрений для подкормки многолетних трав увеличило их урожайность до 4,1–4,6 т/га с.в., что выше продуктивности контрольного варианта на 17,1–31,4 %. Так же как и на предыдущих двух культурах, наиболее значительное повышение урожайности многолетних трав отмечено 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 (табл. 2). Содержание сухого вещества в картофеле с повышением доз органических и минеральных удобрений снижалось на 2–4 %. Наиболее значительно в вариантах с применением высоких доз. Подобные явления наблюдали на многолетних и однолетних травах, но в меньшей степени.

По содержанию сырого протеина при использовании минеральных и органических удобрений его количество повышалось: в картофеле до 11,6–14,1 %

(в контроле – 10,4 %), многолетних травах – 12,6–14,7 % (10,4 %), однолетних травах – 12,4–16,0 % (10,8 %), 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 их высоких доз.

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

Наши исследования по влиянию систем удобрений на плодородие, продуктивность и качество культур кормового севооборота согласуются со многими исследованиями [8, 9, 10, 11].

Выводы. Рекомендации.

Таким образом, оптимальным приёмом удобрения сельскохозяйственных культур в кормовом севообороте на дерново-подзолистой среднекультуренной 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. 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.
2. Войтович Н. В., Лобода Б. П. Оптимизация минерального питания в агроценозах Центрального Нечерноземья // М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2005. С. 193.
3. Косолапов В. М. Роль кормопроизводства в обеспечении продовольственной безопасности России // Адаптивное кормопроизводство. 2010. № 1. С. 16–19.
4. Митрофанова Е. М. Роль агрохимических приемов в снижении кислотности дерново-подзолистых почв Предуралья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 5. С. 8–10.
5. 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.
6. Босак В. Н. Плодородие и продуктивность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия. 2012. № 9. С. 14–20.
7. Новоселов С. И., Горохов С. А., Иванов М. Н., Новоселова Е. С. Действие и последствие органических удобрений в севообороте // Агрохимия. 2013. № 8. С. 30–37.
8. 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.
9. Мерзлая Г. Е., Зябкина Г. А., Фомкина Т. П., Козлова А. В., Макшакова О. В., Волошин С. П., Хромова О. М., Панкратенкова И. В. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрохимия. 2012. № 2. С. 37–46.
10. Чеботарев Н. Т., Юдин А. А., Облизов А. В. Влияние удобрений на содержание, фракционный состав и баланс гумуса дерново-подзолистой почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 5. С. 52–55.
11. Чеботарев Н. Т., Юдин А. А., Облизов А. В. Эффективность применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве Севера // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 29–33.

References

1. Chebotaryov N. T., Yudin A. A. Dinamik of fertility and efficiency of the cespitose and podsolic soil under the influence of prolonged use of fertilizers in the conditions of the Komi Republic // Achievements of science and technology of agrarian and industrial complex. 2015. No. 2. P. 11–14.
2. Voytovich N. V., Loboda B. P. Optimization of mineral food in agrotsenoza of the Central Non-Black Earth Region // M.: NIISH TSNZ, 2005. P. 193.
3. Kosolapov V. M. A forage production role in ensuring food security of Russia // Adaptive forage production. 2010. No. 1. P. 16–19.
4. Mitrofanova E. M. A role of agrochemical receptions in decrease in acidity of cespitose and podsolic soils of the Cis-Urals // The Agrarian bulletin of the Urals. 2012. No. 5. P. 8–10.
5. Lapa V. V., Ivakhnenko N. N. Produktivnost of crop rotations and change of fertility of the cespitose and podsolic sandy soil at prolonged use of fertilizers // Agrochemistry. 2012. No. 9. P. 41–48.
6. Bosak V. N. Fertility and efficiency of the cespitose and podsolic sandy loam soil at prolonged use of fertilizers // Agrochemistry. 2012. No. 9. P. 14–20.
7. Novoselov S. I., Gorokhov S. A., Ivanov M. N., Novoselova E. S. Action and a consequence of organic fertilizers in a crop rotation // Agrochemistry. 2013. No. 8. P. 30–37.
8. Chukhina O. V., Zhukov Yu. P. Plodorodiye of the cespitose and podsolic soil and efficiency of cultures in a crop rotation at application of various doses of fertilizers // Agrochemistry. 2013. No. 11. P. 10–18.
9. Merzlaya G. E., Zybina G. A., Fomkina T. P., Kozlova A. V., Makshakova O. V., Voloshin S. P., Khromova O. M., Pankratenkova I. V. Efficiency of prolonged use of organic and mineral fertilizers on the cespitose and podsolic sandy loam soil // Agrochemistry. 2012. No. 2. P. 37–46.
10. Chebotaryov N. T., Yudin A. A., Oblizov A. V. Influence of fertilizers on contents, fractional structure and balance of a humus of the cespitose and podsolic soil // Agrarian science of Euro Northeast. 2016. No. 5. P. 52–55.
11. Chebotaryov N. T., Yudin A. A., Oblizov A. V. Effektivnost of use of organic and mineral fertilizers in a fodder crop rotation on the cespitose and podsolic soil of the North // The Russian agricultural science. 2017. No. 1. P. 29–33.