

УДК 631.82/86:631.41:631.445.24:631.559:631.582:633.2(470.13)

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В КОРМОВОМ СЕВООБОРОТЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

© 2023 г. Н. Т. Чеботарев<sup>1</sup>, О. В. Броварова<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН  
ул. Ручейная 27, Сыктывкар 167023, Россия

\*E-mail: olbrov@mail.ru

Поступила в редакцию 16.02.2023 г.

После доработки 18.03.2023 г.

Принята к публикации 15.04.2023 г.

В длительном стационарном полевом опыте на дерново-подзолистой почве установлена эффективность применения органических и минеральных удобрений и их влияние на свойства почвы, урожайность и качество многолетних трав в кормовом 6-польном севообороте. Определено, что совместное применение удобрений наиболее эффективно влияло на повышение плодородия почвы и продуктивность клеверо-тимофеечной смеси. Повышалось содержание гумуса в почве на 0.4–0.6%, подвижного фосфора на 70–150 мг/кг, понижались обменная и гидролитическая кислотности. Комплексное применение удобрений, особенно в высоких дозах, наиболее значительно увеличивало урожайность и качество многолетних трав.

*Ключевые слова:* дерново-подзолистая почва, органические и минеральные удобрения, кормовой севооборот, гумус, продуктивность, сырой протеин, сухое вещество, нитраты, урожайность.

DOI: 10.31857/S0002188123080045, EDN: ZDSFMS

### ВВЕДЕНИЕ

Увеличение продуктивности агроценозов дерново-подзолистых почв Севера невозможно без совершенствования технологий сохранения и расширенного воспроизводства плодородия почв, а также возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированным к региональным почвенно-климатическим условиям [1–4].

Для широкого воспроизводства продуктивности агроценозов Республики Коми требуются совершенствование технологий сохранения и воспроизводства плодородия почв, возделывание районированных сортов культур, переход от зональной системы земледелия к адаптивно-ландшафтному земледелию и биологизированному кормопроизводству [4–10].

В связи с недостаточными ресурсами органических удобрений и высокой стоимостью минеральных для повышения плодородия почв возрастает значение севооборотов с высокой насыщенностью однолетними и многолетними травами, позволяющими без значительных затрат за счет транс-

формации корнепоживных остатков повышать продуктивность агроценозов при высоком качестве сельскохозяйственной продукции [11–15].

Наиболее полно изучить возможности 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, один из которых, заложенный в 1978 г. на землях Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, послужил основой для проведения данного исследования. Изучение применения органических и минеральных удобрений, а также их комплексное использование в кормовом севообороте проводят более 40 лет [11, 12]. Такой подход является важным резервом обеспечения воспроизводства плодородия и продуктивности дерново-подзолистых почв в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Республики Коми, сохранения и поддержания их гумусового состояния.

В связи с вышеизложенным цель работы – изучение влияния комплексного применения удобрений на свойства пахотных почв, продуктивность и качество культур в 6-польном кормовом севообороте в условиях Европейского Северо-Востока и выявление закономерностей трансформации почв сельскохозяйственных угодий. В задачи исследований входило:

– оценка продуктивности многолетних трав (средние данные 1-го и 2-го года пользования, г.п.) 3-го и 4-го поля кормового севооборота, применения органических и минеральных удобрений, а также результатов анализа растениеводческой продукции (многолетних трав), ее соответствия нормативам (содержание сухого вещества, сырого протеина, фосфора, калия и кальция);

– оценка изменения агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при возделывании многолетних трав в 6-польном кормовом севообороте;

– энергетическая и экономическая эффективность длительного применения удобрений на дерново-подзолистой почве Республики Коми.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексные исследования пахотных почв, их физико-химических особенностей, продуктивности многолетних трав выполняли на землях Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, где, начиная с 1978 г., проводят длительный полевой опыт с удобрениями в кормовом севообороте согласно методике ВИУА им. Д.Н. Прянишникова для Географической сети

опытов с удобрениями. Почва опытного участка – сильноподзолистая легкосуглинистая на покровных суглинках. На начало эксперимента (1978 г.) содержание гумуса варьировало в пределах 2.0–2.6%,  $pH_{KCl}$  4.8–5.6, сумма поглощенных оснований – 9.2–11.6 ммоль/100 г почвы, содержание подвижных форм фосфора – 180–246, калия – 146–190 мг/кг почвы.

В 1978–2019 гг. проводили изучение влияния различных доз минеральных удобрений (расчетной, 1/3 и 1/2 от расчетной) и действия 2-х доз органических удобрений (торфо-навозный компост (ТНК) 40 и 80 т/га) на плодородие дерново-подзолистой почвы, рост и развитие многолетних трав в 6-польном кормовом севообороте со следующим чередованием культур: картофель–однолетние травы + многолетние травы–многолетние травы 1-го г.п.–многолетние травы 2-го г.п.–однолетние травы–картофель. Органические удобрения (ТНК) вносили осенью в период с 1977–2018 гг. отдельно и на фоне применения минеральных удобрений. Также в 2018 г. для снижения обменной и гидролитической кислотности проведено известкование известняковой мукой по полной гидролитической кислотности (8.0 т/га). Расчетные дозы НРК под многолетние травы на запланированный урожай (15.0 т/га) составили: N13P11K36 (1/3 дозы), N20P16K54 (1/2 дозы), N40P32K108 (полная расчетная доза). Площадь опытной делянки 100 м<sup>2</sup> (12.5 × 8 м), повторность опыта четырехкратная, площадь участка под опытом 4800 м<sup>2</sup>.

Схема опыта, варианты:

1. Контроль	5. ТНК 40 т/га (фон 1)	9. ТНК 80 т/га (фон 2)
2. N13P11K36 (1/3 НРК)	6. Фон 1 + 1/3НРК	10. Фон 2 + 1/3НРК
3. N20P65K54 (1/2 НРК)	7. Фон 1 + 1/2НРК	11. Фон 2 + 1/2НРК
4. N40P32K108 (1 НРК)	7. Фон 1 + 1НРК	12. Фон 2 + 1НРК

Полевые и лабораторные исследования включали фенологические наблюдения в фазах развития растений, учет урожая многолетних трав в фазе полного цветения клевера лугового, определение сухого вещества, содержания азота, сырого протеина, фосфора, калия и кальция в урожае трав. Определение выполняли по методикам, принятым в агрохимической службе и почвоведении, расчет энергетической и экономической эффективности удобрений по – рекомендациям [5, 7, 16]. Отбор почвенных образцов из пахотного горизонта на опытных делянках проводили после уборки многолетних трав.

На станции химизации “Сыктывкарская” и Институте агробиотехнологий им. А.В. Журавского в растениях клевера лугового и тимopheевки луговой проводили следующие виды анализов: содержание сухого вещества – высушиванием в термостате при температуре 100–105°С, содержание общего азота – индофенольным методом (ГОСТ 13496.4-85), фосфора – по ГОСТу 26657-97 фотометрическим методом, калия – методом пламенной фотометрии после сухого озоления, кальция – трилометрическим методом, сырого протеина – расчетным методом, нитратного азота – ионометрическим методом.

**Таблица 1.** Влияние органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы (среднее за 2 года), многолетние травы

Вариант	Гумус, %								$H_g$ , ммоль/100 г почвы								
	ротации							среднее	ротации							среднее	
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я		
Без удобрений (контроль)	2.1	2.1	2.0	2.1	2.0	2.1	2.0	2.0	3.1	3.4	3.5	3.6	3.5	3.4	3.3	3.4	
1/3 NPK	2.3	2.4	2.4	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.6	3.1	3.5	
1/2 NPK	2.5	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.4	3.4	3.2	3.1	3.3	3.4	3.5	3.2	3.3	
1 NPK	2.5	2.4	2.4	2.2	2.3	2.2	2.2	2.3	3.4	3.8	4.3	3.8	3.6	3.4	3.0	3.6	
ТНК 40 т/га (фон 1)	2.5	2.5	2.6	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	3.7	3.5	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.4	
фон 1 + 1/3 NPK	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5	2.5	3.7	3.5	3.3	3.4	3.3	3.2	3.3	3.4	
фон 1 + 1/2 NPK	2.4	2.5	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.5	3.4	3.3	3.3	3.4	3.3	3.2	3.2	3.3	
фон 1 + 1 NPK	2.1	2.3	2.6	2.5	2.6	2.5	2.5	2.4	4.2	3.9	3.0	3.4	3.2	3.3	3.4	3.5	
ТНК 80 т/га (фон 2)	2.4	2.5	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.6	3.8	3.6	3.4	3.4	3.3	3.2	3.3	3.4	
фон 2 + 1/3 NPK	2.0	2.4	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6	2.5	3.9	3.4	2.9	3.2	3.3	3.2	3.3	3.3	
фон 2 + 1/2 NPK	2.6	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.7	2.6	4.4	3.7	3.2	3.4	3.3	3.3	3.4	3.5	
фон 2 + 1 NPK	2.3	2.4	2.6	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5	3.6	3.4	3.3	3.4	3.3	3.4	3.3	3.4	
$HCP_{0.5}$	0.3							—	0.5	0.4						0.3	—
Вариант	$pH_{KCl}$ , ед.								$P_2O_5$ , мг/кг почвы								
	ротации							среднее	ротации							среднее	
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я		
Без удобрений (контроль)	5.5	5.3	5.0	5.1	5.0	5.2	5.4	5.2	223	218	220	198	225	194	235	216	
1/3 NPK	5.6	5.2	4.9	5.2	5.3	5.4	5.6	5.3	193	227	240	225	234	242	248	230	
1/2 NPK	5.6	5.4	5.0	5.1	5.3	5.2	5.5	5.3	187	320	420	344	326	312	315	318	
1 NPK	5.4	5.2	4.8	5.0	5.2	5.3	5.6	5.2	201	345	540	434	348	352	340	366	
ТНК 40 т/га (фон 1)	5.2	5.2	5.3	5.2	5.3	5.2	5.1	5.3	211	288	310	294	312	294	320	290	
Фон 1 + 1/3 NPK	5.3	5.1	5.0	4.9	4.8	4.8	5.2	5.0	211	324	360	344	325	312	325	314	
Фон 1 + 1/2 NPK	5.2	5.0	4.9	5.0	4.9	5.0	5.3	5.0	246	345	490	372	298	345	354	350	
Фон 1 + 1 NPK	4.8	4.9	5.0	5.1	5.0	4.9	5.2	5.0	184	467	380	446	351	358	360	364	
ТНК 80 т/га (фон 2)	5.3	5.2	5.3	5.4	5.5	5.4	5.5	5.4	201	289	330	312	324	292	322	296	
Фон 2 + 1/3 NPK	5.1	5.3	5.5	5.5	5.6	5.7	5.6	5.5	180	276	380	344	296	317	318	302	
Фон 2 + 1/2 NPK	5.2	5.2	5.4	5.4	5.5	5.6	5.5	5.4	240	294	390	352	336	328	338	326	
Фон 2 + 1 NPK	5.3	5.3	5.3	5.4	5.3	5.5	5.5	5.4	227	325	470	433	388	416	425	383	
$HCP_{0.5}$	0.6	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	—	23	37	39	44	38	40	36	—	

Таблица 1. Окончание

Вариант	K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы							
	ротации							
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	среднее
Без удобрений (контроль)	146	137	130	124	112	118	98	123
1/3 NPK	148	152	170	152	146	137	138	135
1/2 NPK	152	234	290	233	221	164	212	215
1 NPK	156	254	320	312	286	192	218	248
ТНК 40 т/га (фон 1)	148	165	180	165	166	158	160	163
Фон 1 + 1/3 NPK	162	216	240	224	217	165	184	201
Фон 1 + 1/2 NPK	178	288	370	344	322	184	192	268
Фон 1 + 1 NPK	181	290	360	329	316	294	307	297
ТНК 80 т/га (фон 2)	170	194	210	216	241	203	206	206
Фон 2 + 1/3 NPK	173	196	240	238	218	214	225	215
Фон 2 + 1/2 NPK	185	215	270	233	221	218	234	225
Фон 2 + 1 NPK	190	253	300	288	265	248	240	255
<i>HCP</i> <sub>0.5</sub>	19	27	32	29	28	27	21	–

Примечание. 1-я ротация – 1978–1983 г., 2-я – 1984–1989 г., 3-я – 1990–1995 г., 4-я – 1996–2001 г., 5-я – 2002–2007 г., 6-я – 2008–2013 г., 7-я – 2014–2019 г.

В образцах почв определение величины рН водной и солевых вытяжек проводили ионометрическим методом, обменной кислотности – по Соколову. Содержание фосфора определяли колориметрическим методом по Кирсанову, калия – методом пламенной фотометре. Обменные катионы кальция и магния извлекали ацетатно-аммонийным буфером (рН 7.0) с последующим определением на атомно-эмиссионном спектрофотометре ICP-Spectro ciros. Содержание гумуса определяли по Тюрину.

Математическая обработка полученных данных выполнена методами дисперсионного анализа с использованием пакета программ Microsoft Excel и Statistica.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Использование различных доз органических и минеральных удобрений и их совместное использование в длительном полевом опыте оказало значительное влияние на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы (табл. 1). Применение 3-х доз минеральных удобрений

(1/3–1 NPK) в течение длительного времени способствовало повышению среднего содержания гумуса до 2.2–2.3%, при совместном использовании ТНК 40 т/га + 3 дозы NPK – до 2.4–2.5%, ТНК 80 т/га + 3 дозы NPK – до 2.5–2.6%. Накопление гумуса в почве происходило прежде всего за счет трансформации органических удобрений, а также корнепознивных остатков культур, особенно бобово-злаковых травосмесей под действием почвенных микроорганизмов.

Исходная обменная кислотность почвы (1978 г.) составляла 4.8–5.6 ед. рН. В течение длительного времени удавалось сохранить обменную кислотность на уровне 5.0–5.5 ед. рН<sub>KCl</sub>, но к 2016 г. она повысилась до уровня 4.8–5.2 ед. рН<sub>KCl</sub>, поэтому в 2018 г. было проведено известкование опытного участка (8.0 т/га), что позволило ее снизить. Средняя обменная кислотность за годы исследования при применении 3-х доз NPK составила 5.2–5.3 ед. рН<sub>KCl</sub>, 2-х доз ТНК – 5.3–5.4 ед. рН<sub>KCl</sub>, применение 3-х доз NPK на фоне применения ТНК 40 т/га – 5.0 ед. рН<sub>KCl</sub> и на фоне ТНК 80 т/га –

**Таблица 2.** Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность и качество многолетних трав (среднее за 2 года)

Вариант	Урожайность, т сухого вещества/га								Сухое вещество, %							
	ротации								ротации							
	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	среднее	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я	среднее
Без удобрений (контроль)	5.1	2.6	2.6	2.7	2.8	3.9	3.4	3.3	29.2	25.2	25.2	25.0	23.1	25.3	23.2	25.2
1/3 NPK	7.8	7.1	4.7	3.6	3.4	4.3	3.8	4.9	29.3	29.3	23.4	22.7	20.6	22.6	20.7	24.1
1/2 NPK	7.8	9.3	5.9	4.2	3.5	5.2	4.6	5.8	26.7	26.7	20.4	20.8	19.3	21.2	19.6	22.1
1 NPK	8.2	9.4	7.1	5.1	3.7	5.7	5.0	6.3	26.0	26.0	20.2	19.6	17.6	20.5	18.4	21.2
ТНК 40 т/га (фон 1)	5.8	3.7	3.4	3.2	3.1	5.0	5.1	4.2	27.8	25.9	25.9	20.0	18.7	24.7	18.6	23.1
Фон 1 + 1/3 NPK	8.3	7.9	5.4	4.4	3.5	5.7	5.3	5.8	26.7	27.8	23.8	19.6	18.9	19.4	19.2	22.2
Фон 1 + 1/2 NPK	8.9	10.0	6.5	4.8	4.0	6.5	5.1	6.5	26.3	28.3	20.9	20.4	18.8	20.7	20.5	22.3
Фон 1 + 1 NPK	8.9	10.6	7.7	5.0	4.5	7.2	5.4	7.0	25.9	27.8	20.2	20.5	19.4	20.3	20.2	22.0
ТНК 80 т/га (фон 2)	6.8	4.1	3.4	3.5	3.6	5.5	5.5	4.6	28.4	28.4	24.6	21.4	19.9	19.8	19.5	23.1
Фон 2 + 1/3 NPK	8.7	8.4	5.5	4.4	3.7	7.0	6.1	6.3	27.6	27.7	23.2	21.8	18.3	18.6	18.9	22.3
Фон 2 + 1/2 NPK	9.5	9.3	6.9	5.0	4.1	7.2	6.3	6.9	26.6	28.3	21.0	19.8	18.3	18.4	18.5	19.3
Фон 2 + 1 NPK	9.1	10.8	8.5	5.2	4.6	7.6	6.5	7.5	26.2	26.2	21.5	19.0	18.9	18.2	18.3	21.2
<i>HCP</i> <sub>0.5</sub>	0.88	1.07	0.74	0.51	0.48	0.78	0.54	—	2.84	2.77	2.44	2.21	1.93	2.35	2.24	—

5.4–5.5 ед. рН. Подобная закономерность отмечена и для величины гидролитической кислотности.

Органические и минеральные удобрения, а также корнепознвивные остатки и не полное использование фосфора в холодных почвах Севера [6] способствовало повышению содержания подвижного фосфора в почве. Наиболее значительное количество подвижного фосфора накапливалось при совместном использовании высокой дозы органических удобрений (ТНК 80 т/га) и 3-х доз NPK (302–383 мг/кг), при применении 3-х доз NPK – 230–336 мг/кг. В варианте без удобрений его количество составило 216 мг/кг почвы.

Содержание обменного калия в почве повышалось в меньшей степени, из-за его выноса растениями и вымыванием по профилю почвы. Вместе с тем наибольшее среднее его количество отмечено в вариантах совместного применения органических и минеральных удобрений (163–297 мг/кг), в вариантах с тремя дозами NPK оно было равно 135–248, в варианте без удобрений – 123 мг/кг.

Научные исследования на протяжении 42 лет (7 ротаций севооборота в 1978–2019 гг.) показали

высокую эффективность комплексного применения органических и минеральных удобрений (табл. 2).

Наибольшая средняя урожайность сухого вещества многолетних трав получена при совместном применении органических и минеральных удобрений: ТНК 80 т/га + три дозы NPK – 6.3–7.5 т/га, что на 90.9–127% превышала контроль (3.3 т/га), ТНК 40 т/га + три дозы NPK – 5.8–7.0 т/га (на 75.7–112% больше контроля). Использование 3-х доз NPK увеличивало урожайность трав до 4.9–6.3 т/га (на 48.5–90.9% превышало контроль).

Содержание сухого вещества в продукции многолетних трав при внесении удобрений снижалась на 1–6%, но определенной закономерности не установлено. Наиболее важное значение в кормлении сельскохозяйственных животных является количество сырого протеина в кормах. Его содержание в клеверо-тимофеечном сене было равно 10.3–11.6%, в контроле – 9.0%.

В продукции сена многолетних трав содержание фосфора изменялось от 0.33 до 0.39%, калия – от 2.5 до 3.5% и кальция – от 0.51 до 0.67%, в контроле – 0.28, 2.0 и 0.37% соответственно.

Нитратный азот принимает активное участие в питании растений. В наших исследованиях количество нитратного азота варьировало от 36 до 124 мг/кг сырой массы, но это не представляло опасности, т.к. ПДК составляет 500 мг/кг сырой массы.

## ВЫВОДЫ

1. Длительные исследования по применению органических и минеральных удобрений показали, что наиболее эффективно на свойства дерново-подзолистой почвы воздействовало совместное внесение удобрений, особенно в высоких дозах. Применение ТНК 80 т/га и полной дозы NPK повышало содержание гумуса в почве до 2.5%, снижало количество обменной кислотности до 5.4 ед. рН<sub>KCl</sub>, повышало содержание подвижного фосфора до 383 и обменного калия – до 255 мг/кг почвы.

2. Установлена высокая эффективность комплексного длительного применения удобрений. Наибольшие урожаи многолетних трав получены при совместном применении органических и минеральных удобрений – 5.8–7.5 т сухого вещества/га.

3. Наиболее значительно на качество многолетних трав влияло совместное применение удобрений, особенно в высоких дозах. Применение ТНК 80 т/га + 1 NPK снижало содержание сухого вещества до 21.2% (в контроле – 23.2%), повышало количество сырого протеина в продукции до 10.5% (в контроле – 9.0%), увеличивало количество фосфора, калия и кальция в биомассе.

4. Показано, что оптимальным приемом удобрения многолетних трав в кормовом севообороте Республики Коми является внесение ТНК 80 т/га и полной дозы NPK (N40P32K108), что позволяет получать максимальные урожаи трав высокого качества.

5. Энергетические коэффициенты в вариантах опыта составили 1.4–1.6, в контроле – 1.9 ед. Наибольший условный чистый доход при возделывании многолетних трав получен в варианте ТНК 80 т/га + 1 NPK и составил 57 тыс. руб./га.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Заболоцкая Т.Г., Юдинцева И.И., Кононеко А.В.* Северный подзол и удобрения. Сыктывкар, 1978. С. 94.
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 // Адаптив. кормопроизвод-во. 2010. № 1. С. 16–19.
4. *Мерзлая Г.Е.* Эффекты последствия минеральных и органических удобрений на дерново-подзолистой почве // Плодородие. 2019. № 1. С. 15–17.
5. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. С. 315.
6. *Журбицкий З.И.* Влияние внешних условий на минеральное питание растений // Агрохимия. 1965. № 3. С. 65–75.
7. *Шафран С.А., Кирпичников Н.А.* Научные основы прогнозирования содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах // Агрохимия. 2019. № 1. С. 3–10.
8. *Сычев В.Г., Шафран С.А.* Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений // Плодородие. 2019. № 2. С. 22–25.
9. *Васильев А.А., Горбунов А.К.* Влияние сорта и глубины посадки на получение планируемых урожаев картофеля // Рос. сел.-хоз. наука. 2019. № 4. С. 12–17.
10. *Кобякова Т.И., Уфимцева Л.В.* Оценка показателей плодородия почв сельскохозяйственных угодий северной лесостепи Зауралья // Агротех. вестн. 2018. № 5. С. 2–5.
11. *Чеботарев Н.Т., Броварова О.В.* Эффективность минеральных удобрений и извести при возделывании многолетних трав на дерново-подзолистой почве Республики Коми // Кормопроизводство. 2022. № 2. С. 29–33.
12. *Чеботарев Н.Т., Броварова О.В.* Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность агроценозов Европейского Северо-Востока // Аграрн. наука. 2022. № 5. С. 87–92.
13. *Золкина Е.И.* Влияние длительного применения удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур // Плодородие. 2019. № 5. С. 20–23.
14. *Анкудович Ю.Н.* Эффективность длительного систематического внесения удобрений в зернопаротравяном севообороте на дерново-подзолистых почвах севера Томской области // Земледелие. 2018. № 2. С. 37–40.
15. *Ямалдинова В.Р., Завьялова Н.Е., Субботина М.Г.* Влияние длительного применения систем удобрений на агрохимические и биологические показатели дерново-подзолистой почвы среднего Предуралья // Перм. аграрн. вестн. 2019. № 3 (27). С. 95–102.
16. Методические указания по проведению полевых опытов с удобрениями Географической сети. М.: ВИУА, 1985. С. 153.

## **The Effect of Long-Term Use of Organic and Mineral Fertilizers on the Agrochemical Properties of Sod-Podzolic Soil and the Productivity of Perennial Grasses in Forage Culture in the European North**

**N. T. Chebotarev<sup>a</sup> and O. V. Brovarova<sup>a,#</sup>**

*<sup>a</sup>Institute of Agrobiotechnology named A.V. Zhuravsky of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of RAS  
Rucheynaya ul. 27, Syktyvkar 167023, Russian Federation*

*<sup>#</sup>E-mail: olbrov@mail.ru*

In a long-term stationary field experiment on sod-podzolic soil, the effectiveness of organic and mineral fertilizers and their effect on soil properties, yield and quality of perennial grasses in the feed six-field crop rotation was established. It was determined that the combined use of fertilizers most effectively affected the increase in soil fertility and the productivity of the clover-timothy mixture. The content of humus increased by 0.4–0.6%, mobile phosphorus by 70–150 mg/kg, metabolic and hydrolytic acidity decreased. The complex application of fertilizers, especially in high doses, most significantly increased the yield and quality of perennial grasses.

*Key words:* sod-podzolic soil, organic and mineral fertilizers, fodder crop rotation, humus, productivity, crude protein, dry matter, nitrates, yield.