

УДК 631.82/.86:631.416:631.559:633.2:631.582(470.1/.25)

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

© 2023 г. Н. Т. Чеботарев¹, О. В. Броварова^{1,*}

¹Институт агrobiотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН
Сыктывкар 167023, ул. Ручейная, 27, Россия

*E-mail: olbrov@mail.ru

Поступила в редакцию 11.11.2022 г.

После доработки 30.11.2022 г.

Принята к публикации 15.12.2022 г.

В полевом длительном опыте на дерново-подзолистой почве определена эффективность комплексного применения удобрений и их влияние на плодородие почвы и продуктивность однолетних трав в кормовом 6-польном севообороте. Показано, что совместное применение удобрений наиболее эффективно влияло на повышение плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивность вико-овсяной смеси. Повышалось количество гумуса на 0.3–0.8%, подвижного фосфора – на 60–140 мг/кг, понижалась обменная и гидролитическая кислотности и содержание обменного калия в почве. Комплексное применение удобрений в высоких дозах, значительно повышало урожайность и качество однолетних трав.

Ключевые слова: почва, кормовой севооборот, органические и минеральные удобрения, гумус, обменная кислотность, продуктивность, сухое вещество, сырой протеин.

DOI: 10.31857/S0002188123030031, EDN: KNNMUP

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что плодородие почв определяет продуктивность агроценозов и поддержание экологического равновесия в природе [1, 2]. Увеличение продуктивности агроценозов дерново-подзолистых почв Севера невозможно без совершенствования воспроизводства плодородия почв, а также возделывания сельскохозяйственных культур, адаптированных к региональным почвенно-климатическим условиям [3–5].

Для Республики Коми (РК) характерны прохладное и короткое лето, поздние весенние и ранние осенние заморозки, что ослабляет рост растений и снижает потребление питательных веществ [4]. Пахотные угодья РК представлены в основном дерново-подзолистыми почвами, для которых характерно очень низкое естественное плодородие [6]. 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 требуются: совершенствование технологий сохранения и воспроизводства плодородия почв, возделывание сельскохозяйственных культур, адаптированных к региональным почвенно-климатическим условиям [7–9], переход от зональной системы земледелия к адаптивно-ландшафтному земледелию и биологизированному кормопроизводству [8, 10–13].

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 [14–17] при высоком качестве сельскохозяйственной продукции [18]. Наилучше всего изучить возможность применения таких севооборотов и оценить влияние вносимых доз удобрений на их продуктивность и качество продукции, рациональное использование мате-

риальных ресурсов и возмещение в почву элементов питания и органического вещества позволяют длительные полевые опыты [15, 19–21], один из которых, заложенный на землях Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, послужил основой для проведения данного исследования. Изучение применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте проводят более чем 40 лет [8, 15]. Такой подход является важным резервом обеспечения воспроизводства плодородия и продуктивности дерново-подзолистых почв в адаптивно-ландшафтной системе земледелия Республики Коми, сохранения и поддержания его гумусового статуса.

В связи с этим цель работы – изучение влияния комплексного применения удобрений на плодородие пахотных почв, продуктивность и качество культур в 6-польном кормовом севообороте в условиях европейского Севера и выявление закономерностей трансформации почв сельскохозяйственных угодий.

Задачи исследования: оценка продуктивности однолетних трав – 5-го поля кормового севооборота, применения органических и минеральных удобрений, почвенных параметров, а также анализ качества растениеводческой продукции (однолетних трав), его соответствия нормативам (содержание сухого вещества, сырого протеина, фосфора, калия и кальция), оценка изменения агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при выращивании однолетних трав в 6-польном кормовом севообороте.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексные исследования пахотных почв, их физико-химических особенностей, продуктивности однолетних трав выполняли на землях Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ

УрО РАН, где начиная с 1978 г., проводится длительный полевой опыт с удобрениями в кормовом севообороте согласно методике ВИУА им. Д.Н. Прянишникова и Географической сети опытов с удобрениями. Почва опытного участка – сильноподзолистая легкосуглинистая на покровных суглинках. На начало эксперимента (1978 г.) содержание гумуса варьировало в пределах 2.0–2.5%, pH_{KCl} 4.8–5.6, сумма поглощенных оснований – 10.3–16.8 ммоль/100 г почвы, содержание подвижных форм фосфора – 190–240, калия – 146–190 мг/кг почвы.

В 1978–2019 гг. изучали влияние различных доз минеральных удобрений (расчетная, 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 однолетних трав в 6-польном кормовом севообороте со следующим чередованием культур: картофель–однолетние травы + + многолетние травы–многолетние травы 1 года пользования (г.п.)–многолетние травы 2 г.п.–однолетние травы–картофель. Органические удобрения вносили осенью в период с 1977–2018 г. в чистом виде и на фоне действия минеральных удобрений. Также в 2018 г. для снижения обменной и гидролитической кислотности проведено известкование известняковой муки по полной гидролитической кислотности (8.0 т/га). Расчетные дозы NPK под однолетние травы на запланированный урожай (20.0 т/га) составили: N13P11K39 (1/3 дозы), N20P16K58 (1/2 дозы), N40P32K116 (полная расчетная доза). Площадь опытной делянки 100 м² (12.5 × 8 м), повторность опыта четырехкратная, площадь участка под опытом 4800 м².

Схема опыта, варианты:

- | | | |
|---------------------------|------------------------|------------------------|
| 1. Контроль без удобрений | 5. ТНК 40 т/га (фон 1) | 9. ТНК 80 т/га (фон 2) |
| 2. N13P11K39(1/3 NPK) | 6. фон 1 + 1/3NPK | 10. фон 2 + 1/3NPK |
| 3. N20P65K58 (1/2 NPK) | 7. фон 1 + 1/2NPK | 11. фон 2 + 1/2NPK |
| 4. N40P32K116 (1 NPK) | 7. фон 1 + 1NPK | 12. фон 2 + 1NPK |

Полевые и лабораторные исследования (фенологические наблюдения в фазах развития растений, учет урожая однолетних трав в фазе полного цветения вики, определение сухого вещества и сырого протеина (по результатам химического анализа растений) в урожае однолетних трав) выполняли по методикам, принятым в агрохимической службе и почвоведении, по рекомендациям [9, 13, 20, 21]. Отбор почвенных образцов в пахотном горизонте на опытных делянках проводили после уборки однолетних трав.

На станции химизации “Сыктывкарская” и Институте агробиотехнологий им. А.В. Журавского в растениях вики и овса определили: азот общий – фотоколориметрическим методом, фосфор – по ГОСТу 26657-97 фотометрическим методом, калий – методом пламенной фотометрии после сухого озоления, кальций – трилонометрическим методом, сырой протеин – расчетным методом, нитратный азот – ионометрическим методом.

В образцах почв определение величины pH водной и солевых вытяжек проводили иономет-

рическим методом, обменной кислотности – по Соколову. Содержание фосфора определяли колориметрическим методом по Кирсанову, калия – методом пламенной фотометрии, обменных катионов кальция и магния – в ацетатно-аммонийной вытяжке (рН 7.0) с последующим определением на атомно-эмиссионном спектрофотометре ICP-Spectro ciros. Содержание гумуса определяли по Тюрину, фракционно-групповой состав гумуса – методом Тюрина в модификации Пономаревой–Плотниковой [9].

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение различных доз органических и минеральных удобрений и их совместное использование в длительных исследованиях оказало существенное влияние на агрохимические показатели дерново-подзолистой среднеокультуренной почвы (табл. 1). Длительное применение органических и минеральных удобрений и их совместное внесение в различной степени воздействовали на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы.

Использование 3-х доз минеральных удобрений в течение длительного времени обеспечивало среднее содержание гумуса до 2.3–2.7%, совместное применение ТНК 40 т/га + 3 дозы НРК – 2.4–2.5%, ТНК 80 т/га + 3 дозы НРК – 2.3–2.7% и 2-х доз органических удобрений – 2.6%. В контрольном варианте среднее содержание гумуса составило 2.1%. Накопление гумуса в почве происходило прежде всего за счет трансформации органических удобрений, а также корне-познивных остатков культур, особенно бобово-злаковых травосмесей под действием почвенных микроорганизмов.

Исходная кислотность почвы (1978 г.) составляла 4.8–5.6. В течение длительного времени удавалось сохранить обменную кислотность на уровне 5.0–5.5, но к 2013 г. она повысилась до уровня рН_{КС1} 4.4–5.3, поэтому в 2018 г. было проведено известкование опытного участка по полной гидролитической кислотности (8.0 т/га), что позволило снизить обменную кислотность. Средняя обменная кислотность за годы исследования при применении 3-х доз НРК составила 4.9–5.0, 2-х доз ТНК – 5.2 ед. рН_{КС1}. Применение 3-х доз НРК на фоне ТНК 40 т/га снижало обменную кислотность до 4.9–5.0, на фоне ТНК 80 т/га она составила 5.2–5.3.

Органические и минеральные удобрения, а также корне-познивные остатки растений и их трансформация под воздействием почвенных микроорганизмов способствовали накоплению в почве подвижного фосфора. Наиболее значительные количества подвижного фосфора накапливались при совместном применении органических и минеральных удобрений (291–234 мг/кг почвы), а также при использовании двух доз ТНК (280 и 306 мг/кг почвы). В варианте без удобрений его количество составило 213 мг/кг почвы.

Обменный калий в почве накапливался в меньшей степени, чем подвижный фосфор. Наименьшее его количество отмечено в 2013 г. (66–98 мг/кг почвы), но после проведения известкования в 2019 г. его объемы повысились до 105–136 мг/кг. Незначительное накопление обменного калия в почве объяснялось его высоким выносом растениями и вымыванием по профилю почвы.

Научные исследования в течение 42 лет (7 ротаций севооборота – 1978–2019 гг.) показали высокую эффективность комплексного применения удобрений (табл. 2). Наибольшая средняя урожайность сухого вещества однолетних трав получена в варианте ТНК 80 т/га + 1 НРК и составила 4.9 т сухого вещества (с.в.)/га и на 96.4% превышала контроль (2.5 т с.в./га). В вариантах ТНК 40 т/га + 1/3 и 1/2 НРК урожайность была равна 3.7 и 4.0 т/га и на 48.0 и 60.1% превышала контрольный вариант, а при использовании ТНК 80 т/га + 1/3 НРК и 1/2 НРК урожайность трав равнялась 4.0 и 4.5 т с.в./га и на 68.2 и 80.2% превышала контроль.

Применение 3-х доз НРК (1/3, 1/2 и 1 НРК) повышало урожайность однолетних трав до 3.4–3.9 т/га (на 36.0–56.2% больше контроля) и была значительно меньше, чем при использовании комплексного применения удобрений.

Среднее содержание сухого вещества в продукции однолетних трав значительно различалось. С повышением доз минеральных удобрений оно снижалось на 1–3%. Наименьшее его количество отмечено в варианте ТНК 80 т/га + 1 НРК и составило 19.5% тогда как в варианте без удобрений оно равнялось 22.5%.

Количество сырого протеина в однолетних травах варьировало от 10.8 до 14.7%. Наиболее значительное количество сырого протеина получено в продукции трав, выращенных при комплексном применении удобрений и было равно 12.1–14.7%, в контроле – 11.1%. Содержание фосфора изменялось от 0.33 до 0.39%, калия – от 2.3 до 3.0% и кальция – от 0.50 до 0.60%, в контроле – 0.31, 2.3 и 0.48% соответственно.

Нитратный азот важен для питания растений, но в то же время представляет опасность: в нашем

Таблица 1. Влияние органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, слой 0–20 см (1983–2019 гг.)

Вариант	Гумус, %								H_r , ммоль/100 г почвы							
	1	2	3	4	5	6	7	Среднее	1	2	3	4	5	6	7	Среднее
Без удобрений (контроль)	2.1	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	3.1	3.2	3.4	3.3	3.2	4.0	5.4	3.6
1/3 NPK	2.3	2.3	2.4	2.3	2.2	2.2	2.2	2.3	3.7	3.6	3.6	3.6	3.5	3.7	5.1	3.8
1/2 NPK	2.5	2.4	2.5	2.5	2.4	2.3	2.3	2.4	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.6	5.1	3.7
1 NPK	2.5	2.4	2.5	2.5	2.5	2.2	2.4	2.4	3.4	3.4	3.5	3.4	3.5	3.5	5.3	3.7
ТНК 40 т/га (фон 1)	2.5	2.5	2.4	2.4	2.4	2.8	3.2	2.6	3.7	3.5	3.3	3.3	3.4	3.4	4.8	3.6
Фон 1 + 1/3 NPK	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.7	2.6	2.5	3.7	3.5	3.3	3.3	3.3	3.0	5.0	3.6
Фон 1 + 1/2 NPK	2.4	2.4	2.5	2.4	2.5	2.6	2.8	2.5	3.4	3.5	3.6	3.5	3.5	3.1	5.1	3.7
Фон 1 + 1 NPK	2.1	2.2	2.3	2.2	2.3	2.4	3.0	2.4	3.9	3.6	3.5	3.6	3.5	3.0	4.9	3.7
ТНК 80 т/га (фон 2)	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4	2.8	3.3	2.6	3.7	3.5	3.4	3.5	3.4	2.3	4.6	3.5
Фон 2 + 1/3 NPK	2.0	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.3	3.8	3.7	3.6	3.7	3.6	1.8	4.8	3.6
Фон 2 + 1/2 NPK	2.6	2.6	2.7	2.6	2.6	2.9	2.8	2.7	3.9	3.6	3.2	3.4	3.3	1.6	4.6	3.4
Фон 2 + 1 NPK	2.3	2.5	2.6	2.5	2.5	2.8	2.6	2.5	3.6	3.5	3.4	3.4	3.5	1.5	4.7	3.4
HCP_{05}	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	–	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.5	–
Вариант	pH_{KCl} , ед.								P_2O_5 , мг/кг почвы							
	1	2	3	4	5	6	7	Среднее	1	2	3	4	5	6	7	Среднее
Без удобрений (контроль)	5.5	5.3	5.0	5.2	5.0	4.2	4.1	4.9	225	218	220	244	232	186	165	213
1/3 NPK	5.6	5.3	4.9	5.0	5.1	4.4	4.4	5.0	198	220	238	325	241	262	195	227
1/2 NPK	5.6	5.4	5.0	5.0	5.2	4.7	4.5	5.0	194	261	325	320	288	284	217	256
1 NPK	5.4	5.2	4.8	4.9	5.1	4.8	4.4	4.9	208	324	341	340	324	316	235	298
ТНК 40 т/га (фон 1)	5.2	5.2	5.3	5.2	5.3	5.5	4.5	5.2	225	345	360	354	341	328	187	306
Фон 1 + 1/3 NPK	5.3	5.2	5.0	5.0	5.1	5.4	4.4	5.0	230	355	388	371	366	341	204	322
Фон 1 + 1/2 NPK	5.2	5.1	4.9	4.9	5.0	5.4	4.5	5.0	210	287	319	294	320	357	242	290
Фон 1 + 1 NPK	4.8	4.9	5.0	4.9	5.1	5.3	4.6	4.9	190	255	324	317	315	388	254	292
ТНК 80 т/га (фон 2)	5.3	5.2	5.3	5.2	5.3	5.7	4.7	5.2	207	280	320	310	312	307	222	280
Фон 2 + 1/3 NPK	5.1	5.4	5.5	5.4	5.4	5.4	4.6	5.2	192	258	346	328	321	334	256	291
Фон 2 + 1/2 NPK	5.2	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	4.7	5.3	240	334	358	342	328	349	274	318
Фон 2 + 1 NPK	5.3	5.2	5.2	5.3	5.4	5.6	4.8	5.3	232	321	364	355	344	364	289	324
HCP_{05}	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	–	23	34	37	35	33	37	26	–
Вариант	K_2O , мг/кг почвы															
	1	2	3	4	5	6	7	Среднее								
Без удобрений (контроль)	133	126	122	131	125	81	49	110								
1/3 NPK	125	148	137	142	140	158	66	131								
1/2 NPK	136	182	164	156	155	167	70	147								
1 NPK	207	188	174	177	164	185	89	169								
ТНК 40 т/га (фон 1)	152	174	165	168	162	191	62	153								
Фон 1 + 1/3 NPK	180	179	163	172	168	198	70	161								
Фон 1 + 1/2 NPK	220	194	188	180	177	212	72	177								
Фон 1 + 1 NPK	226	248	231	226	215	216	81	206								
ТНК 80 т/га (фон 2)	181	195	188	182	177	204	67	171								
Фон 2 + 1/3 NPK	215	245	226	217	210	211	82	201								
Фон 2 + 1/2 NPK	226	288	275	246	231	221	87	225								
Фон 2 + 1 NPK	233	258	266	255	248	228	98	267								
HCP_{05}	23	25	20	18	18	23	8	–								

Примечание. В графе 1 – 1983 г., 2 – 1989 г., 3 – 1995 г., 4 – 2001 г., 5 – 2007 г., 6 – 2013 г., 7 – 2019 г. То же в табл. 2.

Таблица 2. Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность и качество однолетних трав

Вариант	Урожайность, т с.в./га							Сухое вещество, %									
	1	2	3	4	5	6	7	Среднее	Прибавка к контролю, %	1	2	3	4	5	6	7	Среднее
Без удобрений (контроль)	3.2	2.1	2.4	2.5	2.8	2.2	2.6	2.5	—	20.2	25.8	21.9	22.4	18.8	23.4	25.2	22.5
1/3 NPK	4.2	3.1	2.9	3.7	3.6	2.6	2.9	3.4	36.0	20.7	23.9	21.3	21.7	18.0	23.7	25.3	22.1
1/2 NPK	3.8	4.0	4.0	3.9	3.6	2.9	3.4	3.6	44.0	17.6	23.2	20.3	20.8	16.4	23.6	24.4	20.9
1 NPK	3.8	3.9	4.4	4.2	4.2	3.3	3.9	3.9	56.2	16.2	22.3	20.2	21.3	17.5	22.2	24.0	20.5
ТНК 40 т/га (фон 1)	3.4	2.8	3.3	3.2	3.8	2.8	3.2	3.2	28.3	19.5	25.0	21.0	22.4	18.8	24.2	24.5	22.2
Фон 1 + 1/3 NPK	4.3	4.1	4.0	4.0	4.0	3.0	2.8	3.7	48.0	18.8	24.4	19.5	20.8	19.6	22.7	21.6	21.0
Фон 1 + 1/2 NPK	4.0	4.5	4.8	4.7	4.2	3.2	4.1	4.2	68.2	16.9	23.5	20.7	21.6	17.8	22.4	20.8	20.5
Фон 1 + 1 NPK	4.6	4.9	5.4	5.2	4.3	3.4	4.4	4.6	84.3	17.6	24.1	20.2	22.3	20.0	25.2	20.6	21.4
ТНК 80 т/га (фон 2)	2.2	3.7	4.0	3.9	4.1	3.3	3.6	3.5	40.2	19.1	24.8	22.0	20.6	18.6	22.2	19.8	21.0
Фон 2 + 1/3 NPK	3.1	3.9	4.5	4.4	4.2	3.5	4.2	4.0	60.1	18.2	23.3	20.4	20.7	20.7	22.2	18.8	20.6
Фон 2 + 1/2 NPK	3.4	4.6	5.6	5.3	4.3	3.8	4.4	4.5	80.2	17.8	23.1	19.2	19.6	17.2	22.4	17.6	19.6
Фон 2 + 1 NPK	3.5	5.3	5.8	5.6	4.5	4.1	5.6	4.9	96.4	16.5	23.1	19.4	19.1	16.1	21.8	20.3	19.5
НСР ₀₅	0.42	0.54	0.56	0.45	0.43	0.39	0.37	—	—	1.82	2.54	2.14	2.25	1.86	2.34	2.56	—
Вариант	Сырой протеин, %							Фосфор, %									
1	2	3	4	5	6	7	Среднее	1	2	3	4	5	6	7	Среднее		
Без удобрений (контроль)	7.5	10.0	12.5	12.1	11.9	11.4	12.2	11.1	0.25	0.31	0.28	0.31	0.34	0.33	0.32	0.31	
1/3 NPK	9.4	11.9	13.1	13.2	11.5	11.6	13.8	12.1	0.35	0.33	0.29	0.33	0.37	0.36	0.35	0.34	
1/2 NPK	11.2	13.1	14.4	14.1	13.7	12.0	14.6	13.3	0.50	0.33	0.31	0.28	0.45	0.41	0.43	0.39	
1 NPK	11.9	13.1	15.0	14.6	11.4	11.2	16.3	13.3	0.46	0.33	0.34	0.33	0.40	0.39	0.42	0.38	
ТНК 40 т/га (фон 1)	8.1	10.6	13.1	13.0	11.7	11.2	17.1	12.1	0.28	0.34	0.30	0.32	0.35	0.33	0.36	0.33	
Фон 1 + 1/3 NPK	8.7	10.6	13.8	13.2	13.0	11.1	20.0	12.9	0.32	0.31	0.34	0.32	0.40	0.38	0.41	0.35	
Фон 1 + 1/2 NPK	10.6	11.9	13.8	12.5	11.4	12.3	20.3	13.2	0.41	0.34	0.34	0.35	0.36	0.35	0.30	0.35	
Фон 1 + 1 NPK	11.2	13.0	15.0	14.2	12.4	12.8	20.8	14.2	0.40	0.35	0.34	0.34	0.45	0.40	0.44	0.39	
ТНК 80 т/га (фон 2)	10.6	10.6	12.5	10.9	11.4	12.4	19.9	12.6	0.32	0.32	0.36	0.32	0.40	0.38	0.38	0.35	
Фон 2 + 1/3 NPK	10.0	10.6	13.1	10.8	13.0	12.0	18.2	10.8	0.30	0.34	0.33	0.33	0.45	0.39	0.41	0.36	
Фон 2 + 1/2 NPK	10.0	13.1	14.4	13.2	11.0	13.5	20.3	13.6	0.33	0.34	0.33	0.34	0.38	0.37	0.38	0.35	
Фон 2 + 1 NPK	12.5	13.7	14.4	14.3	13.6	14.0	20.3	14.7	0.41	0.35	0.34	0.35	0.43	0.41	0.42	0.39	
НСР ₀₅	1.2	1.3	2.0	1.3	1.3	1.2	2.1	—	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	—	

Таблица 2. Окончание

Вариант	Калий, %							Кальций, %								
	1	2	3	4	5	6	7	Среднее	1	2	3	4	5	6	7	Среднее
Без удобрений (контроль)	1.9	2.5	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.3	0.56	0.55	0.45	0.43	0.45	0.48	0.44	0.48
1/3 NPK	2.1	2.7	2.5	2.6	2.5	2.4	2.3	2.4	0.63	0.58	0.58	0.56	0.52	0.50	0.52	0.55
1/2 NPK	2.1	2.8	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	2.5	0.73	0.60	0.56	0.58	0.56	0.54	0.54	0.59
1 NPK	2.4	2.9	3.0	2.8	2.58	2.7	2.7	2.8	0.80	0.62	0.54	0.56	0.58	0.57	0.56	0.60
ТНК 40 т/га (фон 1)	2.2	2.4	2.3	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	0.62	0.45	0.50	0.49	0.48	0.50	0.49	0.50
Фон 1 + 1/3 NPK	2.1	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.5	2.5	0.68	0.54	0.52	0.52	0.50	0.52	0.50	0.54
Фон 1 + 1/2 NPK	2.2	2.6	2.5	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	0.71	0.60	0.56	0.58	0.55	0.56	0.57	0.59
Фон 1 + 1 NPK	2.2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	0.75	0.58	0.57	0.57	0.58	0.59	0.58	0.60
ТНК 80 т/га (фон 2)	2.1	2.5	2.4	2.4	2.4	2.6	2.4	2.4	0.65	0.49	0.57	0.61	0.60	0.62	0.61	0.59
Фон 2 + 1/3 NPK	2.3	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5	2.7	2.7	0.64	0.54	0.45	0.48	0.51	0.54	0.53	0.63
Фон 2 + 1/2 NPK	2.5	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	0.65	0.58	0.52	0.52	0.53	0.56	0.54	0.56
Фон 2 + 1 NPK	2.5	3.0	3.1	3.0	3.0	3.1	3.0	3.0	0.65	0.62	0.56	0.60	0.58	0.61	0.60	0.60
НСР ₀₅	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	—	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	—

исследовании количество нитратного азота варьировало от 34 до 194 мг/кг сырой массы, и это не представляло угрозы загрязнения нитратами биомассы однолетних трав, т.к. его ПДК составляет 500 мг/кг сырой массы, а содержание нитратного азота в биомассе растений было значительно меньше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате длительного (1978–2019 гг.) использования органических и минеральных удобрений в посевах однолетних трав установлено, что комплексное длительное применение удобрений положительно влияло на содержание гумуса в почве. При использовании NPK на фоне внесения торфо-навозного компоста (ТНК) в дозах 40 и 80 т/га повышалось количество гумуса в почве до 2.3–2.7%, в контроле – 2.1%. Минеральные удобрения повышали его количество до 2.3–2.4, органические – до 2.6%. Подобная закономерность отмечена и для обменной и гидролитической кислотности. Наиболее низкая обменная и гидролитическая кислотность установлена при внесении ТНК 80 т/га + 1 NPK и составила 5.2–5.3 ед. рН_{KCl} и 3.4–3.6 ммоль/100 г почвы соответственно. Подобная закономерность отмечена и для содержания подвижного фосфора, калия и кальция в почве.

Установлена высокая эффективность комплексного длительного применения удобрений. Наибольшая урожайность однолетних трав получена при совместном применении органических и минеральных удобрений (3.7–4.9 т сухого вещества/га) при использовании 3-х доз NPK – 3.4–3.9 т/га и 2-х доз ТНК (40 и 80 т/га) – 3.2 и 3.5 т сухого вещества/га.

Отмечено, что наиболее эффективно на качество однолетних трав влияло совместное применение органических и минеральных удобрений, особенно в высоких дозах. Совместное применение ТНК 80 т/га и 1 NPK снижало содержание сухого вещества до 19.5% (в контроле – 22.5%), повышало содержание сырого протеина в однолетних травах до 14.7% (в контроле – 11.1%), увеличивало содержание фосфора, калия и кальция в биомассе.

Установлено, что оптимальным приемом удобрения однолетних трав в кормовом севообороте Республики Коми является внесение ТНК 80 т/га (под картофель) и полной дозы NPK (N40P32K116), что позволяет получать максимальные урожаи трав высокого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Косолапов В.М.* Роль кормопроизводства в обеспечении продовольственной безопасности России // *Адаптив. кормопроиз-во.* 2010. № 1. С. 16–19.
2. *Чеботарев Н.Т.* Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми // *Кормопроизводство.* 2012. № 8. С. 32–33.
3. *Минеев В.Г.* *Агрохимия.* М.: Изд-во МГУ, 2006. 720 с.
4. *Заболоцкая Т.Г., Юдинцева И.И., Кононеко А.В.* Северный подзол и удобрения. Сыктывкар, 1978. 94 с.
5. *Войтович Н.В., Лобода Б.П.* Оптимизация минерального питания в агроценозах Центрального Нечерноземья. М.: НИИСХ ЦРНЗ, 2005. 193 с.
6. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / Под ред. Герасимова И.П. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1975. 344 с.
7. *Заболоцкая Т.Г.* Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность. Л.: Наука, 1985. 179 с.
8. *Чеботарев Н.Т.* Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми // *Кормопроизводство.* 2012. № 8. С. 32–33.
9. *Пономарева В.В., Плотникова Т.А.* Гумус и почвообразование / Под ред. Орлова Д.С. Л.: Наука, 1980. 222 с.
10. *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.
11. *Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Овчинникова М.Ф.* Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствиях // *Агрохимия.* 2004. № 7. С. 5–10.
12. *Лана В.В., Босак В.Н., Пироговская Г.В.* Влияние органо-минеральной системы удобрения на продуктивность севооборотов и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах // *Агрохимия.* 2009. № 2. С. 40–44.
13. *Шоба С.А.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
14. *Изместьев В.М., Свечников А.К.* Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность кормовых севооборотов // *Аграрн. наука Евро-Северо-Востока.* 2015. № 1 (44). С. 29–34.
15. *Чеботарев Н.Т., Юдин А.А.* Динамика плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под действием длительного применения удобрений в условиях Республики Коми // *Достиж. науки и техн. АПК.* 2015. Т. 29. № 2. С. 11–13.
16. *Чеботарев Н.Т., Шморгунов Г.Т., Лантева Е.М., Ермолина В.И., Кормановская В.М.* Влияние длительного применения удобрений на содержание, фракционный состав и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах европейского Северо-Востока // *Агрохимия.* 2009. № 10. С. 11–16.
17. *Бакина Л.Г., Дричко В.Ф., Небольсина З.П.* Влияние известкования на изменение состава гумуса дерново-подзолистых почв в зависимости от химических свойств их гуминовых кислот // *Агрохимия.* 2012. № 1. С. 14–23.
18. *Мухамадьяров Ф.Ф., Фигурин В.А., Ашихмин В.П., Коробицин С.Л., Кокурин Т.П., Халтурин В.С., Кодычова В.В., Плетнев Н.А.* Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1997. 62 с.
19. *Дымов А.А., Dubrovskiy Y.A., Startsev V.V.* Postagrogenic development of Retisols in the middle taiga subzone of European Russia (Komi Republic) // *Land Degrad. Develop.* 2018. V. 29. № 3. P. 495–505.
20. *Соколов А.В.* Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
21. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

Effect of Long-Term Use of Organic and Mineral Fertilizers on the Agrochemical Properties of Sod-Podzolic Soils and Productivity of Annual Grasses in the Fodder Crop Rotation of the European North

N. T. Chebotarev^a and O. V. Brovarova^{a, #}

^a*Institute of Agrobiotechnology named A.V. Zhuravsky of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of RAS Rucheynaya ul. 27, Syktывkar 167023, Russian Federation*

[#]*E-mail: olbrov@mail.ru*

In a field long-term experiment on sod-podzolic soil, the effectiveness of the complex application of fertilizers and their effect on soil fertility and productivity of annual grasses in the feed 6-pole crop rotation was determined. It is shown that the combined use of fertilizers most effectively affected the increase in the fertility of sod-podzolic soil and the productivity of the vico-oat mixture. The amount of humus increased by 0.3–0.8%, mobile phosphorus – by 60–140 mg/kg, the exchange and hydrolytic acidity and the content of exchangeable potassium in the soil decreased. The complex application of fertilizers in high doses significantly increased the yield and quality of annual grasses.

Key words: soil, fodder crop rotation, organic and mineral fertilizers, humus, metabolic acidity, productivity, dry matter, crude protein.