

УДК 631.86.232.322.4

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В КОРМОВОМ СЕВООБОРОТЕ В ДЛИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

© 2022 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  
167023 Сыктывкар, ул. Ручейная, 27, Россия

\*E-mail: olbrov@mail.ru

Поступила в редакцию 27.01.2022 г.

После доработки 03.03.2022 г.

Принята к публикации 16.05.2022 г.

В длительном стационарном опыте на дерново-подзолистой среднеоккультуренной почве изучена эффективность использования органических и минеральных удобрений, а также их сочетаний на плодородие почвы и продуктивность картофеля в кормовом 6-польном севообороте. Установлено, что комплексное применение удобрений наиболее значительно влияло на улучшение агрохимических свойств почвы и ее продуктивность. Увеличивалось содержание гумуса на 0.4–0.7%, подвижного фосфора – на 70–150 мг/кг, снижалась обменная и гидролитическая кислотности, а также количество обменного калия. Совместное использование органических и минеральных удобрений, особенно в высоких дозах, повышали урожайность и качество картофеля.

*Ключевые слова:* почва, кормовой севооборот, органические и минеральные удобрения, гумус, обменная кислотность, продуктивность, крахмал, нитраты.

DOI: 10.31857/S0002188122080038

### ВВЕДЕНИЕ

Повышение продуктивности агроценозов Европейского Северо-Востока требует неотложного решения вопросов сохранения и повышения плодородия почв, сокращения материальных и энергетических затрат на производство сельскохозяйственной продукции. Для Республики Коми (РК) характерны прохладное и короткое лето, поздние весенние и ранние осенние заморозки, что ослабляет рост растений и снижает потребление питательных веществ [1]. На пахотных угодьях РК представлены в основном дерново-подзолистые почвы, для которых характерно очень низкое естественное плодородие [2]. 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 [3, 4], переход от зональной системы земледелия к адаптивно-ландшафтному земледелию и биологизированному кормопроизводству [4–7].

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 [8–11] при высоком качестве сельскохозяйственной продукции [12]. Наиболее полно изучить возможность применения таких севооборотов и оценить влияние внесимых 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 [9, 13–15], один из которых, заложенный на землях Инсти-

тута агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, послужил основой для проведения данных исследований. Изучение применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте проводится более чем 40 лет [4, 9]. 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.

Стационарные опыты являются главным источником информации при изучении фундаментальных проблем земледелия, а их результаты составляют основу стабильного эффективного земледелия. Основным элементом системы земледелия являются севообороты, что представляет основу для проведения всех агрономических мероприятий, в частности, систем обработки почвы, систем удобрения, систем борьбы с эрозией почвы, защиты посевов от сорняков, болезней и вредителей. 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 Севера и выявление закономерностей трансформации почв сельскохозяйственных угодий. В задачи исследования входили:

– оценка продуктивности картофеля – 6-го поля кормового севооборота, применения органических и минеральных удобрений, а также анализ качества растениеводческой продукции (картофеля), его соответствия нормативам (содержание сухого вещества, крахмала, витамина С, нитрат-ионов);

– оценка изменения агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при выращивании картофеля в 6-польном кормовом севообороте;

– расчет рентабельности использования доз минеральных и органических удобрений в 6-польном кормовом севообороте для биоклиматических условий средней тайги Республики Коми.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Комплексные исследования пахотных почв, их физико-химических особенностей продуктивности картофеля выполняли на землях Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, где, начиная с 1978 г., проводится долговременный полевой опыт с удобрениями в кормовом севообороте согласно методике ВИУА им. Д.Н. Прянишникова для Географической сети опытов с удобрениями [16]. Почва опытного участка – сильно-подзолистая легкосуглинистая на покровных суглинках. На начало эксперимента (1978 г.) содержание гумуса варьировало в пределах 2.1–2.5%,  $pH_{KCl}$  4.8–5.6, сумма поглощенных оснований – 10.3–16.8 ммоль/100 г почвы, содержание подвижных форм фосфора – 180–240, 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 (40 и 80 т/га) на плодородие дерново-подзолистой почвы, рост и развитие картофеля в 6-польном кормовом севообороте со следующим чередованием культур: картофель, однолетние травы + многолетние травы, многолетние травы 1-го года пользования, многолетние травы 2-го года пользования, однолетние травы, картофель. Органические удобрения (торфо-навозный компост (ТНК)) вносили осенью в период с 1977 по 2018 г. в чистом виде и на фоне действия 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 NPK под картофель на запланированный урожай (15.0 т/га) составили: N20P10K60 (1/3 дозы), N30P15K90 (1/2 дозы), N60P30K180 (полная расчетная доза). Площадь опытной делянки 100 м<sup>2</sup> (12.5 × 8), повторность опыта четырехкратная, площадь участка под опытом 4800 м<sup>2</sup>.

Схема опыта, варианты:

1. Контроль без удобрений	5. ТНК 40 т/га (фон 1)	9. ТНК 80 т/га (фон 2)
2. N20P10K60 (1/3 NPK)	6. Фон 1 + 1/3 NPK	10. Фон 2 + 1/3 NPK
3. N30P15K90 (1/2 NPK)	7. Фон 1 + 1/2 NPK	11. Фон 2 + 1/2 NPK
4. N60P30K180 (1 NPK)	8. Фон 1 + 1 NPK	12. Фон 2 + 1 NPK

Полевые и лабораторные исследования: фенологические наблюдения в фазах развития растений, учет урожая картофеля в фазе начала отмирания ботвы, определение сухого вещества и кор-

мовых единиц (по результатам химического анализа растений) в урожае картофеля выполняли по методикам, принятым в агрохимической службе и почвоведении, расчет энергетической

эффективности удобрений – по рекомендациям [12, 17]. Отбор почвенных образцов в пахотном горизонте на опытных делянках проводили после уборки урожая клубней картофеля. Уборку клубней картофеля проводили в фазе полного созревания (на 90–95-е сут после посадки).

На станции химизации “Сыктывкарская” и Институте агробиотехнологий им. А.В. Журавского в клубнях картофеля определяли содержание сухого вещества высушиванием в термостате при 100–105°C, общего азота – индофенольным методом (ГОСТ 13496.4–85), нитратов – ионометрическим методом, крахмал – поляриметрическим методом по Эверсу, витамин С – по Мурри. 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 фотометрии, 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, фракционно-групповой состав гумуса – методом Тюрина в модификации Пономаревой–Плотниковой [16].

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение различных доз органических и минеральных удобрений и их совместное использование в длительном опыте оказало существенное влияние на агрохимические показатели дерново-подзолистой среднеоккультуренной почвы (табл. 1). Использование 3-х доз минеральных удобрений в течение длительного времени способствовало накоплению гумуса до 2.3–2.5, совместного применения ТНК 40 т/га + три дозы НРК – до 2.1–2.7, ТНК 80 т/га + три дозы НРК – до 2.3–3.6 и 2-х доз органических удобрений – до 2.4 и 2.8%. В контрольном варианте среднее содержание гумуса составило 1.9–2.1%. Накопление гумуса в почве происходило прежде всего за счет органических удобрений, а также корнепознанных остатков культур, особенно бобово-злаковых травосмесей и их трансформации под действием почвенных микроорганизмов.

Исходная 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, но к 2013 г. она повысилась до рН<sub>КСл</sub> 4.4–4.8, поэтому в 2018 г. провели известкование опытного участка по полной гидролитической кислотности (8.0 т/га), что позволило снизить обменную кислотность до рН 5.3–6.8. Средняя обменная кислотность за годы исследования при применении 3-х доз НРК составила рН<sub>КСл</sub> 5.1–5.2, 2-х доз ТНК – 5.2–5.3 ед. Применение 3-х доз НРК на фоне ТНК 40 т/га снижало обменную кислотность до рН<sub>КСл</sub> 5.1–5.2, а на фоне ТНК 80 т/га она составила 5.3–5.5 ед. рН. Подобная закономерность отмечена и для гидролитической кислотности. Наименьшими ее показатели были в 2019 г. и составили при применении 3-х доз НРК на фоне ТНК 80 т/га 0.6–1.9 ммоль/100 г почвы.

Органические и минеральные удобрения, а также корнепознанные 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 (180–470 мг/кг почвы), а также при использовании двух доз ТНК (201–402 мг/кг почвы). В варианте без удобрений его количество составило 165–220 мг/кг почвы.

Содержание обменного калия в почве увеличивалось в почве в меньшей степени, чем подвижного фосфора. Наименьшее его количество отмечено в 2013 г. (66–98 мг/кг почвы), но после проведения известкования в 2018 г. его объемы повысились до 105–136 мг/кг. Незначительное накопление обменного калия в почве объяснялось из-за его высокого выноса растениями и вымыванием по профилю почвы.

Исследования в течение 42 лет (7 ротаций севооборота за 1978–2019 гг.) показали высокую эффективность комплексного применения удобрений (табл. 2). Наибольшая средняя урожайность сухого вещества картофеля получена в варианте ТНК 80 т/га + 1 НРК и составила 5.6 т/га, что на 61.1% превышала контрольный вариант (3.6 т/га). В вариантах ТНК 80 т/га + 1/2 или 1/3 НРК урожайность была равна 5.3 и 5.6 т/га и на 55.6 и 47.2% превышала контроль. Минеральные удобрения в 3-х дозах увеличивали урожайность картофеля до 3.9–4.7 т/га (на 8.3–30.5% больше контроля). Использование 3-х доз НРК (1/3, 1/2 и 1.0) на фоне ТНК 40 т/га способствовали получению урожая клубней картофеля до 4.8–5.4 т/га (на 33.3–50.0% больше контроля).

Показано, что органические удобрения (варианты ТНК 40 т/га и 80 т/га) способствовали получению урожая картофеля 4.1 и 4.7 т/га (на 13.8 и

**Таблица 1.** Действие органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы (слой 0–20 см), (1978–2019 гг.)

Вариант	Гумус, %									$H_r$ , ммоль/100 г почвы							
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	Сред- нее	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7
Без удобрений (контроль)	2.1	2.0	2.0	1.9	2.1	2.1	2.1	2.6	2.1	3.1	3.5	3.3	4.0	3.3	3.3	5.4	2.0
1/3 НРК	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	2.8	2.4	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.5	5.1
1/2 НРК	2.5	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.9	2.5	3.4	4.1	3.2	3.4	3.3	3.4	3.6	5.1
1 НРК	2.5	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4	2.7	2.5	3.4	4.3	4.0	3.5	3.4	3.5	5.3	1.9
ТНК 40 т/га (фон 1)	2.5	2.6	2.5	2.6	2.7	2.8	2.7	2.8	2.6	3.7	3.4	3.5	3.4	3.3	3.2	4.8	2.2
Фон 1 + 1/3 НРК	2.4	2.6	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6	2.6	2.5	3.7	3.3	3.2	3.3	3.4	3.3	5.0	1.7
Фон 1 + 1/2 НРК	2.4	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.8	2.6	3.4	3.3	3.2	3.3	3.2	3.1	5.1	2.1
Фон 1 + 1 НРК	2.1	2.6	2.5	2.6	2.6	2.7	2.5	3.0	2.6	4.2	3.6	3.7	3.6	3.8	3.9	4.9	2.1
ТНК 80 т/га (фон 2)	2.4	2.7	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	3.5	2.8	3.8	3.4	3.5	3.4	3.6	3.7	4.6	2.0
Фон 2 + 1/3 НРК	2.0	2.7	2.6	2.6	2.5	2.6	2.4	3.6	2.6	3.9	2.9	3.3	3.4	3.6	3.7	4.8	1.9
Фон 2 + 1/2 НРК	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.9	2.9	3.1	2.8	4.4	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	4.6	0.7
Фон 2 + 1 НРК	2.3	2.7	2.7	2.6	2.8	3.0	2.6	3.2	2.7	3.6	3.3	3.4	3.5	3.3	3.5	4.7	0.6
$HCP_{05}$	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	—	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3
Вариант	$pH_{KCl}$ , ед.									$P_2O_5$ , мг/кг почвы							
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	Сред- нее	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7
Без удобрений (контроль)	5.5	5.0	5.1	5.3	5.2	5.2	4.1	5.8	5.1	223	198	215	220	214	208	165	266
1/3 НРК	5.6	4.9	5.0	5.2	5.1	5.3	4.4	5.3	5.1	193	204	225	240	280	315	195	285
1/2 НРК	5.6	5.0	5.2	5.2	5.3	5.3	4.5	5.4	5.2	187	304	410	420	392	386	217	260
1 НРК	5.4	4.8	5.1	5.2	5.0	5.2	4.4	5.7	5.1	201	364	424	540	415	364	235	234
ТНК 40 т/га (фон 1)	5.2	5.3	5.2	5.3	5.3	5.4	4.5	5.5	5.2	211	234	288	310	344	402	187	309
Фон 1 + 1/3 НРК	5.3	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	4.4	5.8	5.2	211	262	335	360	392	421	204	332
Фон 1 + 1/2 НРК	5.2	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	4.5	5.9	5.2	246	317	443	490	412	392	242	443
Фон 1 + 1 НРК	4.8	5.0	5.0	5.1	5.2	5.3	4.6	5.7	5.1	184	218	437	680	425	369	254	314
ТНК 80 т/га (фон 2)	5.3	5.3	5.2	5.3	5.4	5.6	4.7	5.7	5.3	201	237	293	330	362	401	222	342
Фон 2 + 1/3 НРК	5.1	5.5	5.3	5.2	5.3	5.4	4.6	5.8	5.3	180	218	344	380	377	385	256	371
Фон 2 + 1/2 НРК	5.2	5.4	5.3	5.5	5.4	5.5	4.7	6.7	5.5	240	250	352	390	396	409	274	313
Фон 2 + 1 НРК	5.3	5.2	5.3	5.2	5.4	5.5	4.8	6.8	5.4	227	342	428	470	466	464	289	318
$HCP_{05}$	0.5	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	—	22	28	37	42	38	42	25	38
Вариант	$K_2O$ , мг/кг почвы																
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7									
Без удобрений (контроль)	146	142	134	130	121	96	46	119									
1/3 НРК	148	154	161	170	175	187	66	130									
1/2 НРК	152	196	212	290	223	212	70	132									
1 НРК	156	217	288	320	266	199	89	133									
ТНК 40 т/га (фон 1)	148	152	165	180	195	206	62	108									
Фон 1 + 1/3 НРК	162	182	218	240	231	218	70	111									
Фон 1 + 1/2 НРК	178	227	324	370	246	196	72	125									
Фон 1 + 1 НРК	181	230	318	360	320	211	81	106									
ТНК 80 т/га (фон 2)	170	190	194	210	203	192	67	129									
Фон 2 + 1/3 НРК	173	197	215	240	218	202	82	105									
Фон 2 + 1/2 НРК	185	216	233	270	253	212	87	116									
Фон 2 + 1 НРК	190	227	274	300	265	234	98	136									
$HCP_{05}$	18	22	27	32	25	22	7	13									

Примечание. В графе 0<sup>xx</sup> – 1978 г., 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 комплексного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность и качество картофеля (1978–2019 гг.)

Вариант	Урожайность сухого вещества, т/га									Прибавка к контролю, %
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	среднее	
Без удобрений (контроль)	3.6	3.0	3.6	0.6	3.2	3.3	4.3	4.3	3.6	–
1/3 NPK	4.6	4.1	5.3	1.2	3.4	3.5	4.4	4.7	3.9	8.3
1/2 NPK	5.0	4.6	5.6	1.7	4.1	4.5	4.7	5.3	4.4	22.2
1 NPK	5.4	4.9	5.8	2.1	4.3	4.7	5.1	5.7	4.7	30.5
ТНК 40 т/га (фон 1)	3.9	3.4	4.8	1.4	3.8	4.1	5.8	5.4	4.1	13.8
Фон 1 + 1/3 NPK	5.5	5.1	5.6	2.0	4.0	4.2	5.6	5.2	4.8	33.3
Фон 1 + 1/2 NPK	6.0	5.6	5.6	2.2	4.1	4.3	6.1	6.8	5.1	41.7
Фон 1 + 1 NPK	6.2	5.9	5.3	2.4	4.5	4.9	6.1	7.6	5.4	50.0
ТНК 80 т/га (фон 2)	4.1	4.1	5.5	1.7	4.2	4.5	7.1	6.2	4.7	30.5
Фон 2 + 1/3 NPK	5.9	5.5	6.0	2.4	4.4	4.6	6.8	6.9	5.3	47.2
Фон 2 + 1/2 NPK	6.0	5.8	6.2	2.5	4.5	4.7	6.8	7.7	5.6	55.5
Фон 2 + 1 NPK	6.3	6.0	6.9	2.8	4.7	4.8	7.0	8.1	5.6	55.6
НСР <sub>05</sub>	0.6	0.5	0.6	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	–	–

30.6% больше контроля). Наиболее низкие урожаи картофеля получены в 1995 г. и составили: ТНК 40 + 3 дозы NPK – 2.0–2.4, ТНК 80 т/га + 3 дозы NPK – 2.4–2.8, при использовании трех доз NPK – 1.2–2.1, органических удобрений (ТНК 40 и 80 т/га) – 1.4 и 1.7 т/га и в контроле – 0.6 т/га. Сложившиеся метеоусловия 1995 г. были крайне неблагоприятными для роста и развития растений картофеля (посадки были угнетены переувлажнением почвы в первую половину вегетационного периода, пониженной температурой воздуха в период клубнеобразования и оказали отрицательное влияние на урожайность клубней картофеля). В другие годы исследования резких отклонений от средних многолетних показателей количества осадков и температуры воздуха не наблюдали.

Содержание сухого вещества картофеля снижалось при повышении доз минеральных удобрений и составило 2–3%, что соответствовало другим исследованиям с удобрениями (табл. 3).

Содержание крахмала в клубнях картофеля значительно различалось в вариантах. При применении 3-х доз NPK среднее его количество было равно 12.7–13.5% (в контроле – 13.6%), двух доз органических удобрений (ТНК 40 и 80 т/га) его содержание было равно 13.1 и 13.3%. Применение NPK на фоне ТНК 40 т/га повышало количество крахмала в клубнях картофеля до 12.3–13.1%, использование доз NPK на фоне ТНК 80 т/га – до 12.4–12.7%. Так как крахмал является основным показателем качества картофеля, това-

ропроизводитель в зависимости от его содержания может использовать клубни картофеля для различных целей: диетического питания населения, спиртовой промышленности, питания животных и др. Витамин С также является важным показателем качества картофеля. Наибольшее его количество получено в вариантах совместного применения органических и минеральных удобрений – 18.5–25.5 мг%, минеральных удобрений – 16.9–21.8, органических удобрений – 17.5–21.6, в контроле – 18.4–20.8 мг%.

Нитратный азот принимает участие в питании растений, но при попадании в организм человека он трансформируется в нитритный азот (NO<sub>2</sub>), что представляет большую опасность для здоровья человека. В наших исследованиях количество нитратного азота варьировало от 34 до 194 мг/кг сырой массы, но это не представляло опасности, т.к. ПДК составляет 500 мг/кг сырой массы.

## ВЫВОДЫ

1. Комплексное длительное применение удобрений положительно влияло на содержание гумуса в почве. При применении NPK совместно с органическими удобрениями (ТНК) содержание гумуса повысилось до 2.5–2.8, только NPK – до 2.4–2.5%, при содержании гумуса в контроле 2.1%. Удобрения снижали обменную кислотность почвы наиболее значительно при использовании NPK и ТНК до рН<sub>KCl</sub> 5.3–5.4, при рН<sub>KCl</sub> в контроле равным 5.1. Подобная закономерность отмечена и для гидролитической кислотности.

**Таблица 3.** Влияние комплексного применения органических и минеральных удобрений на качество картофеля (1978–2019 гг.)

Вариант	Крахмал, %									Витамин С, мг%							
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	Сред- нее	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7
Без удобрений (контроль)	13.8	12.9	14.3	11.9	13.2	14.3	14.0	14.4	13.6	18.4	19.1	21.1	19.3	20.8	18.8	20.1	19.4
1/3 NPK	13.3	13.0	12.0	13.9	14.4	14.6	14.7	12.6	13.5	18.3	16.9	17.8	16.9	17.4	17.5	16.5	15.8
1/2 NPK	11.7	12.2	11.2	14.5	13.8	13.5	15.1	12.6	13.1	17.5	18.6	19.1	20.4	21.8	20.6	21.7	22.0
1 NPK	11.5	12.3	11.1	14.2	14.0	13.1	15.6	10.1	12.7	16.9	17.9	18.3	17.5	18.4	18.2	18.4	16.7
ТНК 40 т/га (фон 1)	13.1	12.7	13.1	13.0	13.2	13.6	15.7	11.7	13.3	17.5	18.6	18.2	19.4	18.8	19.6	19.2	17.6
Фон 1 + 1/3 NPK	11.8	12.4	12.1	13.3	13.4	13.7	16.0	12.1	13.1	21.4	20.5	19.8	21.5	21.7	21.8	22.7	24.6
Фон 1 + 1/2 NPK	11.6	12.6	11.3	12.7	12.9	13.4	16.2	11.2	12.7	19.6	20.7	21.1	20.8	21.6	20.9	21.6	22.0
Фон 1 + 1 NPK	10.7	11.4	11.6	12.5	12.6	12.5	16.5	10.3	12.3	21.3	21.7	22.0	21.7	22.0	22.6	22.3	21.1
ТНК 80 т/га (фон 2)	12.7	12.2	12.5	13.5	13.3	13.4	15.6	11.2	13.08	18.5	19.3	20.4	20.8	21.8	21.4	20.3	19.4
Фон 2 + 1/3 NPK	11.8	12.1	12.1	12.8	12.7	12.8	16.2	9.8	12.5	21.4	22.4	21.5	24.3	24.7	23.7	24.8	25.5
Фон 2 + 1/2 NPK	11.0	12.3	12.1	11.9	12.9	13.1	16.4	9.5	12.4	21.7	22.1	23.4	24.0	25.1	22.8	25.2	24.6
Фон 2 + 1 NPK	11.4	11.8	11.0	12.9	13.1	13.6	16.9	10.8	12.7	23.1	24.2	23.8	25.1	24.7	24.5	25.5	19.4
HCP <sub>05</sub>	1.17	1.24	1.15	1.27	1.33	1.37	1.62	1.05	—	1.75	1.85	1.92	2.14	1.88	1.95	2.25	2.45
Вариант	Нитраты, мг/кг сухой массы								Сухое вещество, %								
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	
Без удобрений (контроль)	128	131	137	129	144	162	144	30	18.2	17.8	18.1	20.7	19.3	19.8	21.1	20.1	
1/3 NPK	137	144	148	151	153	154	151	34	16.6	17.1	16.6	20.2	18.2	18.6	20.4	20.1	
1/2 NPK	152	156	149	154	162	164	160	40	17.1	16.9	15.6	19.8	19.1	18.7	20.1	19.9	
1 NPK	163	167	175	177	182	185	162	41	15.3	15.6	15.3	18.2	18.3	18.4	20.0	18.4	
ТНК 40 т/га (фон 1)	132	137	141	131	143	139	146	40	17.2	16.9	17.8	18.7	18.2	18.7	22.1	19.2	
Фон 1 + 1/3 NPK	135	142	139	142	151	138	155	42	16.7	16.5	15.8	17.7	18.2	18.9	20.1	18.1	
Фон 1 + 1/2 NPK	165	151	172	174	173	180	168	54	15.3	15.5	14.8	17.5	17.9	18.4	21.1	18.3	
Фон 1 + 1 NPK	167	170	174	169	174	172	175	75	15.4	15.7	15.3	17.4	18.1	18.3	19.9	17.8	
ТНК 80 т/га (фон 2)	126	133	139	145	148	124	154	58	15.7	16.1	15.3	19.9	18.8	18.3	22.3	18.6	
Фон 2 + 1/3 NPK	128	136	140	152	163	129	167	69	15.8	16.3	15.9	17.9	18.3	18.8	20.0	18.0	
Фон 2 + 1/2 NPK	155	162	158	166	177	164	180	105	15.8	16.4	16.0	17.6	18.1	18.7	19.8	18.2	
Фон 2 + 1 NPK	160	166	173	181	179	161	194	91	16.0	15.9	15.5	17.1	17.8	18.2	19.5	18.7	
HCP <sub>05</sub>	16.4	15.1	14.2	1.66	1.73	1.65	1.55	5.4	1.73	1.68	1.53	1.78	1.85	1.87	2.10	1.84	

2. Содержание подвижного фосфора в почве значительно увеличивалось, особенно при совместном применении органических и минеральных удобрений и использовании ТНК (до 180–402 мг/кг почвы). Содержание обменного калия в почве изменялось в незначительной степени, и его количество составляло 70–300 мг/кг в различных вариантах опыта из-за высокого его выноса растениями и вымыванием по профилю почвы.

3. Исследования в течении 42 лет (7 ротаций севооборота) показали высокую эффективность комплексного применения удобрений. Наиболь-

шая средняя урожайность сухого вещества картофеля получена в варианте ТНК 80 т/га + 1 NPK и составила 5.8 т/га, что на 61.1% превышало контроль. Минеральные удобрения повышали урожайность картофеля до 3.9–4.7 т/га (на 8.3–30.5% больше контроля), органические – до 4.1–4.7 т/га (на 13.9 и 30.6% больше контроля).

4. С увеличением доз минеральных удобрений снижалось содержание сухого вещества в клубнях на 2–3%. По количеству крахмала в картофеле различия были незначительными: при использовании минеральных удобрений – 12.7–13.5%

(в контроле – 13.6%), органических удобрений – 13.1 и 13.3%, НРК совместно с органическими удобрениями – 12.4–13.1%. Количество витамина С в клубнях картофеля было достаточно высоким – 16.9–25.5 мг%. Содержание нитратного азота не превышало ПДК (ПДК = 500 мг/кг сухой массы).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Заболоцкая Т.Г., Юдинцева И.И., Кононеко А.В.* Северный подзол и удобрения. Сыктывкар, 1978. 94 с.
2. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / Под ред. Герасимова И.П. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1975. 344 с.
3. *Заболоцкая Т.Г.* Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность. Л.: Наука, 1985. 179 с.
4. *Чеботарев Н.Т.* Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми // Кормопроизводство. 2012. № 8. С. 32–33.
5. *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.
6. *Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Овчинникова М.Ф.* Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии // Агрохимия. 2004. № 7. С. 5–10.
7. *Лапа 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.
8. *Измистьев 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.
9. *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.
10. *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.
11. *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.
12. *Мухамадьяров Ф.Ф., Фигурин В.А., Ашихмин В.П., Коробицин С.Л., Кокурин Т.П., Халтурин В.С., Кодочигова В.В., Плетнев Н.А.* Методическое пособие по определению энергетический затрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 1997. 62 с.
13. *Dymov A.A., Dubrovskiy Y.A., Startsev V.V.* Postagrogenic development of Retisols in the middle taiga subzone of European Russia (Komi Republic) // Land Degradat. Develop. 2018. V. 29. № 3. P. 495–505.
14. *Соколов А.В.* Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
15. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
16. *Пономарева В.В., Плотникова Т.А.* Гумус и почвообразование / Под ред. Орлова Д.С. Л.: Наука, 1980. 222 с.
17. *Шоба С.А.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

## Effect of Systematic Application of Organic and Mineral Fertilizers on Agrochemical Properties of Sod-Podzolic Soil and Potato Productivity in Fodder Crop Rotation in the Long-Term Experience of the European North

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

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

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

In a long-term stationary experiment on sod-podzolic medium-cultivated soil, the effectiveness of the use of organic and mineral fertilizers, as well as their combinations on soil fertility and potato productivity in a feed 6-pole crop rotation was studied. It was found that the complex application of fertilizers most significantly affected the improvement of agrochemical properties of the soil and its productivity. The content of humus increased by 0.4–0.7%, mobile phosphorus – by 70–150 mg/kg, exchange and hydrolytic acidity decreased, as well as the amount of exchangeable potassium. The combined use of organic and mineral fertilizers, especially in high doses, increased the yield and quality of potatoes.

**Key words:** soil, fodder crop rotation, organic and mineral fertilizers, humus, exchange acidity, productivity, starch, nitrates.