

## Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений в агроценозах Республики Коми

Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова

Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,  
г. Сыктывкар  
olbrov@mail.ru

### Аннотация

При проведении опыта в стационарных полевых условиях на подзолисто-дерновых и легкосуглинистых почвах детально проведено изучение степени эффективности минеральных, а также органических удобрений, в том числе – их сочетание. Проверялось воздействие на продуктивность картофеля. Кроме прочего анализировали дерново-подзолистую легкосуглинистую почву в рамках шестипольного кормового севооборота. Практика показала, что использование различных удобрений в их сочетании максимально эффективно влияет на аграрно-химические свойства почвы и продуктивность. Так, гумуса становилось больше примерно на 0.4 %, а подвижного фосфора – на 120 мг/кг. В то же время значительно понижается гидролитическая, а также обменная кислотность обменного калия. За счет комплексного применения минеральных и органических удобрений (если говорить о больших дозах) качество, а также средняя урожайность картофеля – возрастали. Так, средняя урожайность корнеплода была получена при использовании 80 т/га торфяно-навозного компоста и полной дозы удобрений ( $N_{60}P_{30}K_{180}$ ) в количестве 5.5 т/га сухого вещества максимального качества.

### Ключевые слова:

почва, кормовой севооборот, органические и минеральные удобрения, гумус, обменная кислотность, продуктивность, крахмал, нитраты

### Введение

Известно, что лето в Республике Коми (далее – РК) – достаточно короткое и холодное, а весной и осенью заморозки начинаются очень рано. Это приводит к тому, что темпы роста различных растений замедляются, понижается потребление питательных веществ [1]. В исследуемой местности пахотные угодья состоят из дерново-подзолистых почв, которые характеризуются значительным уровнем кислотности, что вызывает минимальные показатели по плодородию [2]. Когда объемы использования химикатов, удобрений резко сокращаются, то почвы тут же начинают деградировать. Это проявляется в снижении почвенного органического вещества (далее – ПОВ), а также питательных веществ. Наконец, ухудшаются химические,

## The effect of long-term use of organic and mineral fertilizers in the agrocenoses of the Komi Republic

N. T. Chebotaryov, O. V. Brovarova

Institute of Agrobiotechnologies, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar  
olbrov@mail.ru

### Abstract

The stationary field experiment in soddy-podzolic sandy loam verified the effect of organic and mineral fertilizers and their combinations on the potato productivity. Additionally, the properties of soddy-podzolic sandy loam in conditions of six-field fodder crop rotation were analyzed. The complex application of fertilizers was found to have the maximum effect on the agrochemical properties of the soil and its productivity. For example, the content of humus increased by 0.4 %, mobile phosphorus – by 120 mg/kg. Simultaneously, the exchangeable and hydrolytic soil acidity, as well as the amount of exchangeable potassium, decreased. The complex application of organic and mineral fertilizers, especially in high doses, increased average potato yields and quality. The average yield of 5.5 t potato dry matter of high quality/ha was obtained on the application of 80 t/ha of peat-manure compost and a full dose of mineral fertilizers ( $N_{60}P_{30}K_{180}$ ).

### Keywords:

soil, fodder crop rotation, organic and mineral fertilizers, humus, exchangeable acidity, productivity, starch, nitrates

физические свойства почв. Для воспроизведения агроценозов в РК необходимо направить средства на совершенствование технологий хранения, а также воспроизводства почвенного плодородия. Рекомендуется также выращивать исключительно такие сельскохозяйственные культуры, которые приспособлены к климатическим, а также почвенным условиям региона [3, 4]. Не менее продуктивным мероприятием считается отказ от зонального земледелия в пользу ландшафтно-адаптивного. Производство кормов нужно биологизировать [5–7].

Принимая во внимание тот факт, что минеральные удобрения стоят достаточно дорого и их не всегда хватает, при увеличении почвенного плодородия нужно на-

рашивать севообороты, которые имеют максимальную степень насыщенности одно- и многолетними травами. В таком случае без особых затрат при перестроении корневых пожнивных остатков можно повысить продуктивность агроценозов, а качество продукции будет высоким [8–12]. Проведенные исследования, связанные с анализом использования минеральных и органических удобрений в кормовом севообороте в рамках Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (далее – Институт), проводятся вот уже более 40 лет [4, 9]. Считается, что данный подход весьма важный резерв в плане обеспечения воспроизводства, а также плодородия, продуктивности дерновых, подзолистых почв в плане адаптивно ландшафтной системы земледелия РК. В рамках земледелия центральный компонент – это севообороты, которые насыщаются одно- и многолетними травами; это основа, на базе которой осуществляются многочисленные агрономические мероприятия (удобрение, система обработки почвы; мероприятия, направленные на борьбу с почвенной эрозией и т. д.).

Цель настоящего исследования – определение воздействия от комплексного использования удобрений на плодородие вспахиваемых почв, а также качества и продуктивности культур в шестипольном кормовом севообороте в условиях Севера.

## Материалы и методы

На землях Института проведены комплексные исследования. С 1978 г. ведется длительный эксперимент с удобрениями в кормовом севообороте по методике ВИУА имени Д. Н. Прянишникова – согласно географической сети опытов с удобрениями. Установлено, что на исследуемом участке почва сильно подзолистая легкосуглинистая, с включениями покровных суглинков. В 1978 г. эксперимент был начат, тогда зафиксировано 2.1–2.5 % гумуса; рНКСI – 4.8–5.6; общее количество поглощенных оснований составляло 10.3–16.8 ммоль/100 грамм почвы. Кроме того, подвижного фосфора и калия было 220 и 165 мг/кг почвы соответственно.

Специалисты с 1978 по 2022 г. проводили мониторинг и анализ воздействия различных доз минеральных удобрений и двух доз органических удобрений – 40 и 80 т/га, на плодородие почв и рост картофеля в кормовом шестипольном севообороте. В рамках проводимого исследования чередовали такие культуры, как картофель, одно- и многолетние травы. Органические удобрения в виде торфяно-навозного компоста (далее – ТНК) применяли с 1978 по 2018 г. По полученным результатам в 2018 г. отмечали снижение гидрологической и обменной кислотности на фоне использования минеральных удобрений. Кроме того, в почву вносили известняковую муку до состояния 100 % гидролитической кислотности в количестве 8 т/га.

Полученные расчетные показатели для картофеля при плановом уровне урожайности 15 т/га:  $N_{20}P_{10}K_{60}$  (1/3 дозы),  $N_{30}P_{15}K_{90}$  (1/2 дозы),  $N_{60}P_{30}K_{180}$  (полная расчетная доза) кг/га д.в. на 1 га. Площадь опытной делянки – 100 м<sup>2</sup> (12.5x8), повторность опыта – четырехкратная, площадь участка под опытом – 4800 м<sup>2</sup>.

## Схема опыта

1. Контроль	5. ТНК40 т/га (фон 1)	9. ТНК80 т/га (фон 2)
2. $N_{20}P_{10}K_{60}$ (1/3 NPK)	6. фон 1 + 1/3NPK	10. фон 2 + 1/3NPK
3. $N_{30}P_{15}K_{90}$ (1/2 NPK)	7. фон 1 + 1/2NPK	11. фон 2 + 1/2NPK
4. $N_{60}P_{30}K_{180}$ (1 NPK)	8. фон 1 + 1NPK	12. фон 2 + 1NPK

## Лабораторные, а также полевые исследования

Проведение фенологических наблюдений по фазам развития растений; учет урожая картофеля в момент отмирания ботвы; определение кормовых веществ и сухого вещества (согласно итогам проведения химического анализа растений). При исследовании урожая картофеля работы велись согласно методикам, принятым в аграрно-химической службе. Энергетическую эффективность удобрений рассчитывали по рекомендациям [12, 13]. Выбор образцов почв с пахотного горизонта на опытных участках будут осуществлять после того, как с земли извлекут клубни картофеля. Сбор проводят на 80–85-й день от момента посадки.

На станции химизации «Сыктывкарская», а также в Институте в картофельных клубнях выявляли некоторые биохимические показатели. Так, сухое вещество определяли на основании термостатно-весового метода (105 °С); крахмал – с помощью поляриметрического метода Эверса; количество общего азота установили благодаря фотометрическому индофенольному методу и т. д.

Параметры кислотности в почвенных образцах по солевому вытяжкам, гидролитической кислотности осуществляли ионометрическим способом с применением анализатора жидкости Эксперт 001. Обменную кислотность определяли с помощью титриметрического метода А. В. Соколова. Для определения количества гумуса задействован метод И. В. Тюрина с модификацией В. И. Симаква. Наконец, фракционно-групповой состав гумуса в ходе экспериментальной работы установили методом Пономаревой-Плотниковой.

## Результаты и их обсуждение

При совместном использовании минеральных и органических удобрений на протяжении значительного промежутка времени установлено сильное воздействие на аграрно-химические параметры дерново-подзолистой среднеокультуренной почвы (табл. 1).

Применение трех доз минеральных удобрений на протяжении значительного промежутка времени помогает накопить гумус в почве до 2.5 %. Совместное использование ТНК 40 т/га + три дозы NPK – 2.6–2.7, ТНК 80 т/га + три дозы NPK – 2.8 % и двух доз органических удобрений – 2.6 и 2.8 %. Контрольное исследование показало содержание гумуса 1.9–2.2 %. Прежде всего, гумус накапливался от органических удобрений и корневых пожнивных остатков культур. Не обошлось без действия микроорганизмов, населяющих почву.

В 1978 г. на почве была зафиксирована исходная плотность – 4.8–5.6 ед. рН. Специалисты в течение длительного времени сохраняли ее показатель на уровне 5.0–5.5 ед. рН. Однако к 2013 г. рост показателя достиг отметки в 4.4–

Действие органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы (0–20 см), 1978–2022 гг.

Таблица 1

Table 1

The effect of organic and mineral fertilizers on the agrochemical soil properties (0–20 cm), 1978–2022

Вариант	Гумус, %										Нг, ммоль/100 г почвы								
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	Сред.	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8
Без удобрений (контроль)	2.1	2.0	2.0	1.9	2.1	2.1	2.1	2.6	2.7	2.2	3.1	3.5	3.3	3.4	3.3	3.3	5.4	2.0	2.8
1/3 NPK	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	2.8	2.4	2.4	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.5	5.1	2.6
1/2 NPK	2.5	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.9	2.4	2.5	3.4	3.1	3.2	3.4	3.3	3.4	3.6	5.1	2.4
1 NPK	2.5	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4	2.7	2.1	2.5	3.4	4.3	4.0	3.5	3.4	3.5	5.3	1.9	2.4
ТНК 40 т/га – фон 1	2.5	2.6	2.5	2.6	2.7	2.8	2.7	2.8	2.4	2.6	3.7	3.4	3.5	3.4	3.3	3.2	4.8	2.2	2.5
фон 1 + 1/3 NPK	2.4	2.6	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6	2.6	2.6	2.6	3.7	3.3	3.2	3.3	3.4	3.3	5.0	1.7	2.6
фон 1 + 1/2 NPK	2.4	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.8	2.6	2.7	3.4	3.3	3.2	3.3	3.2	3.1	5.1	2.1	2.2
фон 1 + 1 NPK	2.1	2.6	2.5	2.6	2.6	2.7	2.5	3.0	2.5	2.6	4.2	3.6	3.7	3.6	3.8	3.9	4.9	2.1	2.2
ТНК 80 т/га – фон 2	2.4	2.7	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	3.5	2.6	2.8	3.8	3.4	3.5	3.4	3.6	3.7	4.6	2.0	1.9
фон 2 + 1/3 NPK	2.0	2.7	2.6	2.6	2.5	2.6	2.4	3.6	2.3	2.8	3.9	2.9	3.3	3.4	3.6	3.7	4.8	1.9	1.8
фон 2 + 1/2 NPK	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.9	2.9	3.1	2.4	2.8	4.4	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	4.6	0.7	1.1
фон 2 + 1 NPK	2.3	2.7	2.7	2.6	2.8	3.0	2.6	3.2	2.8	2.8	3.6	3.3	3.4	3.5	3.3	3.5	4.7	0.6	0.6
НСР <sub>0.5</sub>	0.24	0.26	0.25	0.26	0.27	0.28	0.26	0.30	0.3	0.31	0.37	0.34	0.33	0.34	0.36	0.37	0.48	0.31	0.3

Продолжение таблицы 1

Вариант	рН <sub>ккл</sub> , ед.										P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы									
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	Сред.	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	Сред.
Без удобрений (контроль)	5.5	5.0	5.1	5.3	5.2	5.2	4.1	5.8	5.2	5.1	223	198	215	220	214	208	165	266	302	201
1/3 NPK	5.6	4.9	5.0	5.2	5.1	5.3	4.4	5.3	5.3	5.1	193	204	225	240	280	315	195	285	293	255
1/2 NPK	5.6	5.0	5.2	5.2	5.3	5.3	4.5	5.4	5.4	5.2	187	304	410	420	392	386	217	260	286	334
1 NPK	5.4	4.8	5.1	5.2	5.0	5.2	4.4	5.7	5.7	5.1	201	364	424	540	415	364	235	234	311	361
ТНК 40 т/га – фон 1	5.2	5.3	5.2	5.3	5.3	5.4	4.5	5.5	5.5	5.3	211	234	288	310	344	402	187	309	347	303
фон 1 + 1/3 NPK	5.3	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	4.4	5.8	5.8	5.2	211	262	335	360	392	421	204	332	306	326
фон 1 + 1/2 NPK	5.2	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	4.5	5.9	5.9	5.2	246	317	443	490	412	392	242	443	303	380
фон 1 + 1 NPK	4.8	5.0	5.0	5.1	5.2	5.3	4.6	5.7	5.7	5.2	184	218	437	680	425	369	254	314	321	377
ТНК 80 т/га – фон 2	5.3	5.3	5.2	5.3	5.4	5.6	4.7	5.7	5.7	5.4	201	237	293	330	362	401	222	342	383	321
фон 2 + 1/3 NPK	5.1	5.5	5.3	5.2	5.3	5.4	4.6	5.8	5.8	5.4	180	218	344	380	377	385	256	371	338	334
фон 2 + 1/2 NPK	5.2	5.4	5.3	5.5	5.4	5.5	4.7	6.7	6.7	5.7	240	250	352	390	396	409	274	313	320	338
фон 2 + 1 NPK	5.3	5.2	5.3	5.2	5.4	5.5	4.8	6.8	6.8	5.6	227	342	428	470	466	464	289	318	312	386
НСР <sub>0.5</sub>	0.54	0.55	0.52	0.53	0.55	0.56	0.46	0.57	0.5	-	22.4	28.4	36.7	41.5	38.4	42.2	24.5	37.6	34	-

Окончание таблицы 1

Вариант	K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы									
	0 <sup>xx</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	Сред.
Без удобрений (контроль)	146	142	134	130	121	96	46	119	128	114
1/3 NPK	148	154	161	170	175	187	66	130	115	145
1/2 NPK	152	196	212	290	223	212	70	132	131	183
1 NPK	156	217	288	320	266	199	89	133	150	208
ТНК 40 т/га – фон 1	148	152	165	180	195	206	62	108	144	148
фон 1 + 1/3 NPK	162	182	218	240	231	218	70	111	104	172
фон 1 + 1/2 NPK	178	227	324	370	246	196	72	125	129	211
фон 1 + 1 NPK	181	230	318	360	320	211	81	106	104	216
ТНК 80 т/га – фон 2	170	190	194	210	203	192	67	129	113	162
фон 2 + 1/3 NPK	173	197	215	240	218	202	82	105	113	146
фон 2 + 1/2 NPK	185	216	233	270	253	212	87	116	131	190
фон 2 + 1 NPK	190	227	274	300	265	234	98	136	164	212
НСР <sub>0.5</sub>	17.5	21.6	26.5	32.4	25.2	21.6	7.4	12.6	12	-

Примечание. Здесь и в табл. 2: 0<sup>xx</sup> – 1978 г., 1 – 1978–1983 гг.; 2 – 1984–1989 гг.; 3 – 1990–1995 гг.; 4 – 1996–2001 гг.; 5 – 2002–2007 гг.; 6 – 2008–2013 гг.; 7 – 2014–2019 гг.; 8 – 2020–2022 гг.

Note. Symbols here and in Table 2: 0<sup>xx</sup> – 1978; 1 – 1978–1983; 2 – 1984–1989; 3 – 1990–1995; 4 – 1996–2001; 5 – 2002–2007; 6 – 2008–2013; 7 – 2014–2019; 8 – 2020–2022.

4.8 ед. рН<sub>ккл</sub>. Вот почему уже в 2018 г. осуществили процедуру известкования на опытном участке, согласно полной гидролитической кислотности – 8 т/га. Таким образом, обменная кислотность была понижена до 5.3–6. ед. рН<sub>ккл</sub>.

За все время исследований, когда использовали три дозы NPK, обменная кислотность составляла 5.1–5.2 ед. рН<sub>ккл</sub>, двух доз ТНК – 5.3–5.4 ед. рН<sub>ккл</sub>. Применение трех доз NPK на фоне 40 т/га ТНК снижало обменную кислотность до 5.1–5.2 ед. рН<sub>ккл</sub>, а на фоне 80 т/га ТНК она была 5.4–5.7 ед. рН<sub>ккл</sub>.

Минимальные параметры закономерности, зафиксированной в плане гидролитической кислотности, установлены в 2019 г.; так, с учетом использования трех доз NPK по фону 80 т/га, ТНК 0.6–1.9 ммоль/100 г почвы.

Как минеральные, так и органические удобрения, корневые пожнивные остатки растений, их переработка микроорганизмами – все это приве-

ло к тому, что в почве стал накапливаться подвижный фосфор. Наибольшее значение содержания подвижных форм фосфора было отмечено при совместном использовании минеральных и органических удобрений (303–386 мг/кг почвы), в том числе при применении двух доз ТНК (303 и 321 мг/кг почвы). При этом без удобрений было всего 221 мг/кг почвы.

Что касается обменного калия в почве, то отмечен его незначительный рост, нежели в случае с подвижным фосфором. Меньше всего зафиксировано в 2013 г. – 66–98 мг/кг почвы. Однако после того, как было проведено известкование, объем обменного калия повысился до 105–136 мг/кг почвы. Такую тенденцию можно наблюдать по причине значительного выноса растением микроэлемента, а также вымыванием.

Уже 45 лет проводят исследования (восемь ротаций севооборота – 1978–2022 гг.), которые демонстрируют значительную эффективность в плане комплексного применения удобрений (табл. 2).

Зафиксирован наивысший уровень урожайности картофеля по сухому веществу в варианте 80 т/га ТНК + 1 NPK, составивший 5.5 т/га, что на 83.3 % превышает контрольный вариант (3.0 т/га). В вариантах ТНК 80 т/га + 1/2 и 1/3 NPK урожайность была 4.9 и 5.2 т/га и на 63.3 и 73.3 % превышала контроль. Использование минеральных удобрений в трех дозах позволяет повысить урожайность картофеля до 3.6–4.4 т/га (на 20–46.7 % больше контроля). Применение трех доз NPK (1/3, 1/2 и 1.0) на фоне 40 т/га способствовало получению урожая клубней картофеля до 4.3–5.1 т/га (на 43.3–70.0 % выше контроля). Практика показала, что органические удобрения (варианты: ТНК 40 и 80 т/га) помогли получить урожай картофеля до 3.9 и 4.5 т/га (на 30.0 и 50.0 % больше контроля).

Наиболее низкие урожаи картофеля получены в 1995 г., они составили: ТНК 40 + три дозы NPK – 2.0–2.4; ТНК 80 т/га + три дозы NPK – 2.4–2.8 т/га; 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 контроле 0.6 т/га сухого вещества картофеля (табл. 2). Данные исследования делают ссылку на неблагоприятные метеословия в 1995 г. (посадки картофеля были угнетены за счет переувлажняемой почвы в первую половину вегетационного периода, понижения температуры в период клубнеобразования и оказали соответственно негативное отрицательное влияние на урожайность высаженных клубней картофеля). Точно такие же метеорологические условия отмечены и в 2020 г. В конечном счете, получен урожай картофеля на 30–40 % меньше, чем в среднем. За время вегетации среднесуточная температура составляла норму – 13.1 °С выше нуля. Однако осадков было на 36 % меньше нормы. В частности, в начальные стадии вегетации картофеля осадков зафиксировано: в мае – 77 %; июне – 40, в июле – 45 %. В остальные годы проведения исследований от средних многолетних параметров температуры, а также количества осадков отклонений нет.

Количество сухого вещества картофеля понижается в случае увеличения доз минеральных удобрений – 2–3 %. Эти показатели отвечают прочим исследованиям, которые проводили с применением удобрений (табл. 3).

В среднем содержание в картофеле крахмала в том или ином варианте различается. Например, при применении трех доз NPK среднее количество крахмала было на уровне 13 %; при двух дозах органических удобрений содержание крахмала – 12.9–13.6 %. Использование NPK на фоне 40 т/га ТНК повышало количество крахмала в клубнях картофеля до 12.6–13.0, применение доз NPK на фоне 80 т/га ТНК – до 11.0–12.6 %. Принимая во внимание тот факт, что крахмал – это центральный показатель качества картофеля, производитель, согласно содержанию элемента, может применять картофельные клубни в разных целях. Одни сорта используют для диетического питания людей, а другие – для корма животным, и т. д. Еще один важный показатель картофеля – содержание в нем витамина С.

Таблица 2

**Влияние комплексного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность и качество картофеля, 1978–2019 гг.**

Table 2

**The effect of complex application of organic and mineral fertilizers on the potato productivity and quality, 1978–2019**

Вариант	Урожайность, т/га сухого вещества									Прибавка к контролю, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	Сред.	
Без удобрений (контроль)	3.0	3.6	0.6	3.2	3.3	4.3	4.3	1.9	3.0	-
1/3 NPK	4.1	5.3	1.2	3.4	3.5	4.4	4.7	2.1	3.6	20.0
1/2 NPK	4.6	5.6	1.7	4.1	4.5	4.7	5.3	2.3	4.1	36.6
1 NPK	4.9	5.8	2.1	4.3	4.7	5.1	5.7	2.5	4.4	46.7
ТНК 40 т/га – фон 1	3.4	4.8	1.4	3.8	4.1	5.8	5.4	2.2	3.9	30.0
фон 1 + 1/3 NPK	5.1	5.6	2.0	4.0	4.2	5.6	5.2	2.6	4.3	43.3
фон 1 + 1/2 NPK	5.6	5.6	2.2	4.1	4.3	6.1	6.8	3.4	4.8	60.0
фон 1 + 1 NPK	5.9	5.3	2.4	4.5	4.9	6.1	7.6	3.7	5.1	70.0
ТНК 80 т/га – фон 2	4.1	5.5	1.7	4.2	4.5	7.1	6.2	2.4	4.5	50.0
фон 2 + 1/3 NPK	5.5	6.0	2.4	4.4	4.6	6.8	6.9	2.8	4.9	63.3
фон 2 + 1/2 NPK	5.8	6.2	2.5	4.5	4.7	6.8	7.7	3.2	5.2	73.3
фон 2 + 1 NPK	6.0	6.9	2.8	4.7	4.8	7.0	8.1	3.9	5.5	83.3
НСР0,5	0.52	0.60	0.22	0.42	0.46	0.61	0.76	0.3	-	-

Больше всего его получено тогда, когда минеральные и органические удобрения вносили в количестве 15.7–25.5 мг%; лишь при минеральных удобрениях содержание витамина С было на уровне 14.1–21.8 мг%; при органических удобрениях – 17.5–21.8 мг%.

Практически все растения в развитии используют нитратный азот. Но как только соединение попадает в организм человека, оно превращается в нитритный азот (NO<sub>2</sub>), который несет колоссальную опасность. Исследования показали, что на нашем экспериментальном участке нитратного азота было от 27 до 194 мг/кг сырой массы. Такие дозы для человека опасности не представляют, ведь ПДК составляет 500 мг/кг сырой массы.

Таблица 3  
Влияние комплексного применения органических и минеральных удобрений на качество картофеля, 1978–2022 гг.

Table 3

The effect of complex application of organic and mineral fertilizers on the potato quality, 1978–2022

Вариант	Крахмал, %									Витамин С, мг %							
	1	2	3	4	5	6	7	8	Сред.	1	2	3	4	5	6	7	8
Без удобрений (контроль)	12.9	14.3	11.9	13.2	14.3	14.0	14.4	12.6	13.4	19.1	21.1	19.3	20.8	18.8	20.1	19.4	14.1
1/3 NPK	13.0	12.0	13.9	14.4	14.6	14.7	12.6	10.9	13.3	16.9	17.8	16.9	17.4	17.5	16.5	15.8	15.8
1/2 NPK	12.2	11.2	14.5	13.8	13.5	15.1	12.6	10.8	13.0	18.6	19.1	20.4	21.8	20.6	21.7	22.0	15.0
1 NPK	12.3	11.1	14.2	14.0	13.1	15.6	10.1	11.9	12.8	17.9	18.3	17.5	18.4	18.2	18.4	16.7	14.1
ТНК 40 т/га – фон 1	12.7	13.1	13.0	13.2	13.6	15.7	11.7	11.4	13.0	18.6	18.2	19.4	18.8	19.6	19.2	17.6	15.0
фон 1 + 1/3 NPK	12.4	12.1	13.3	13.4	13.7	16.0	12.1	11.3	13.0	20.5	19.8	21.5	21.7	21.8	22.7	24.6	17.6
фон 1 + 1/2 NPK	12.6	11.3	12.7	12.9	13.4	16.2	11.2	10.8	12.6	20.7	21.1	20.8	21.6	20.9	21.6	22.0	15.8
фон 1 + 1 NPK	11.4	11.6	12.5	12.6	12.5	16.5	10.3	14.2	13.0	21.7	22.0	21.7	22.0	22.6	22.3	21.1	15.8
ТНК 80 т/га – фон 2	12.2	12.5	13.5	13.3	13.4	15.6	11.2	11.3	12.9	19.3	20.4	20.8	21.8	21.4	20.3	19.4	15.7
фон 2 + 1/3 NPK	12.1	12.1	12.8	12.7	12.8	16.2	9.8	10.7	12.4	22.4	21.5	24.3	24.7	23.7	24.8	25.5	19.4
фон 2 + 1/2 NPK	12.3	12.1	11.9	12.9	13.1	16.4	9.5	11.2	11.0	22.1	23.4	24.0	25.1	22.8	25.2	24.6	15.8
фон 2 + 1 NPK	11.8	11.0	12.9	13.1	13.6	16.9	10.8	10.8	12.6	24.2	23.8	25.1	24.7	24.5	25.5	19.4	14.1
НСР <sub>0.5</sub>	1.24	1.15	1.27	1.33	1.37	1.62	1.05	1.16	-	1.85	1.92	2.14	1.88	1.95	2.25	2.45	1.75

Окончание таблицы 3

Вариант	Нитраты, мг/кг с. м.								Сухое вещество, %							
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Без удобрений (контроль)	131	137	129	144	162	144	30	35	17.8	18.1	20.7	19.3	19.8	21.1	20.1	19.2
1/3 NPK	144	148	151	153	154	151	34	29	17.1	16.6	20.2	18.2	18.6	20.4	20.1	19.6
1/2 NPK	156	149	154	162	164	160	40	35	16.9	15.6	19.8	19.1	18.7	20.1	19.9	19.7
1 NPK	167	175	177	182	185	162	41	45	15.6	15.3	18.2	18.3	18.4	20.0	18.4	18.8
ТНК 40 т/га – фон 1	137	141	131	143	139	146	40	27	16.9	17.8	18.7	18.2	18.7	22.1	19.2	19.1
фон 1 + 1/3 NPK	142	139	142	151	138	155	42	53	16.5	15.8	17.7	18.2	18.9	20.1	18.1	17.9
фон 1 + 1/2 NPK	151	172	174	173	180	168	54	35	15.5	14.8	17.5	17.9	18.4	21.1	18.3	20.5
фон 1 + 1 NPK	170	174	169	174	172	175	75	59	15.7	15.3	17.4	18.1	18.3	19.9	17.8	19.5
ТНК 80 т/га – фон 2	133	139	145	148	124	154	58	28	16.1	15.3	19.9	18.8	18.3	22.3	18.6	17.5
фон 2 + 1/3 NPK	136	140	152	163	129	167	69	29	16.3	15.9	17.9	18.3	18.8	20.0	18.0	18.3
фон 2 + 1/2 NPK	162	158	166	177	164	180	105	31	16.4	16.0	17.6	18.1	18.7	19.8	18.2	18.2
фон 2 + 1 NPK	166	173	181	179	161	194	91	42	15.9	15.5	17.1	17.8	18.2	19.5	18.7	16.5
НСР <sub>0.5</sub>	15.1	14.2	1.66	1.73	1.65	1.55	5.4	3.84	1.68	1.53	1.78	1.85	1.87	2.10	1.84	1.88

### Заключение

Продолжительное применение удобрений положительным образом воздействует на содержание гумуса в почвенных массах. Когда используют NPK вместе с органическими удобрениями, то среднее содержание гумуса растет до 2.6–2.8 %; лишь NPK – до 2.4–2.5 %, при содержании гумуса в контроле – 2.2 %. В любом случае, удобрения понижали обменную кислотность у почвы; больше всего это наблюдали при применении NPK и ТНК до рНКСЛ 5.2–5.7, при рНКСЛ в контроле – 5.1. Точно такая же закономерность прослежена по гидролитической кислотности.

В среднем содержание подвижного фосфора росло, в частности, в случае совместного применения минеральных и органических удобрений, а также при двух дозах ТНК (303–386 мг/кг почвы). Говоря о содержании обменного калия в почве, то оно меняется в незначительной степени – 145–212 мг/кг в том или ином опытном варианте.

Исследования в течение восьми ротаций севооборота за 45 лет выявили достаточно высокую эффективность за счет комплексного внедрения удобрений. Максимальный размер средней урожайности в сухом веществе картофеля был получен в варианте 80 т/га+1 NPK, это составляло 5.5 т/га и превысило контрольное значение на 83.3 %. Минеральные удобрения повышали урожайность картофеля до 3.6–4.4 т/га (на 20.0–46.7 % выше контроля), органические – до уровня 3.9–4.5 т/га (на 30.0 и 50.0 % выше контроля).

С наращиванием дозировки минеральных удобрений количество сухого вещества понижается на 2–3 %. По количеству в картофеле крахмала расхождения были незначительными. С учетом внесения минеральных удобрений в размере 12.8–13.3 %, органических удобрений – 12.9–13 %, при значении NPK совместно с органическими удобрениями – 11.0–13.0 %. Количество витамина С в клубнях картофеля

было достаточно высоким – 14,1–25,5 мг%. Содержание нитратного азота не превышало ПДК – 500 мг/кг сухой массы. Определено, что наши научные исследования согласуются с работами других авторов [4–6, 8, 9, 14–17].

## Литература

1. Заболоцкая, Т. Г. Северный подзол и удобрения / Т. Г. Заболоцкая, И. И. Юдинцева, А. В. Кононеко. – Сыктывкар, 1978. – 94 с.
2. Забоева, И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / И. В. Забоева. – Сыктывкар : Коми книжное издательство, 1975. – 344 с.
3. Заболоцкая, Т. Г. Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность / Т. Г. Заболоцкая. – Ленинград : Наука, 1985. – 179 с.
4. Чеботарев, Н. Т. Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми / Н. Т. Чеботарев // Кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 32–33. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17890024> (дата обращения: 20.03.2023).
5. Мерзлая, Г. Е. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Г. Е. Мерзлая, Г. А. Зябкина, Т. П. Фомкина, А. В. Козлова, О. В. Макшакова [и др.] // Агрохимия. – 2012. – № 2. – С. 37–46. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17680660> (дата обращения: 20.03.2023).
6. Минеев, В. Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии / В. Г. Минеев, Н. Ф. Гомонова, М. Ф. Овчинникова / Агрохимия. – 2004. – № 7. – С. 5–10. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17256366> (дата обращения: 20.03.2023).
7. Лапа, В. В. Влияние органо-минеральной системы удобрения на продуктивность севооборотов и баланс гумуса в дерново-подзолистых почвах / В. В. Лапа, В. Н. Босак, Г. В. Пироговская // Агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 40–44. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11695580> (дата обращения: 20.03.2023).
8. Измestьев, В. М. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность кормовых севооборотов / В. М. Измestьев, А. К. Свечников // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 4. – С. 29–34. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23857049> (дата обращения: 20.03.2023).
9. Чеботарев, Н. Т. Динамика плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под действием длительного применения удобрений в условиях Республики Коми / Н. Т. Чеботарев, А. А. Юдин // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 2. – С. 11–13. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23167327> (дата обращения: 20.03.2023).
10. Бакина, Л. Г. Влияние известкования на изменение состава гумуса дерново-подзолистых почв в зависимости от химических свойств их гуминовых кислот / Л. Г. Бакина, В. Ф. Дричко, З. П. Небольсина // Агрохимия. – 2012. – № 1. – С. 14–23. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17356543> (дата обращения: 20.03.2023).
11. Мухамадьяров, Ф. Ф. Методическое пособие по определению энергозатрат при производстве продовольственных ресурсов и кормов для условий Северо-Востока европейской части Российской Федерации / Ф. Ф. Мухамадьяров, В. А. Фигурин, В. П. Ашихмин, С. Л. Коробицин, Т. П. Кокурин. – Киров : НИИСХ Северо-Востока, 1997. – 62 с.
12. Dymov, A. A. Postagrogenic development of Retisols in the middle taiga subzone of European Russia (Komi Republic). / A. A. Dymov, Yu. A. Dubrovskiy, V. V. Startsev // Land Degradation & Development. – 2018. – № 3. – P. 495–505. DOI: 10.1002/ldr.2881. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35456191>.
13. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 315 с.
14. Золкина, Е. И. Влияние длительного применения удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур / Е. И. Золкина // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 20–23. DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.06. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41221407> (дата обращения: 20.03.2023).
15. Чеботарев, Н. Т. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на продуктивность агроценозов Европейского Северо-Востока / Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова // Аграрная наука. – 2022. – № 5. – С. 87–92. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-87-92. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48663277> (дата обращения: 20.03.2023).
16. Ямалтдинова, В. Р. Влияние длительного применения систем удобрений на агрохимические и биологические показатели дерново-подзолистой почвы среднего Предуралья / В. Р. Ямалтдинова, Н. Е. Завьялова, М. Г. Субботина // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 3. – С. 95–102. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41584568> (дата обращения: 20.03.2023).
17. Мерзлая, Г. Е. Эффекты последствие минеральных и органических удобрений на дерново-подзолистой почве / Г. Е. Мерзлая // Плодородие. – 2019. – № 1. – С. 15–17. DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.04. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37072819> (дата обращения: 20.03.2023).

## References

1. Zabolotskaya, T. G. Severnyj podzol i udobreniya [Northern podzol and fertilizers] / T. G. Zabolotskaya, I. I. Yudin, A. V. Kononeko. – Syktyvkar, 1978. – 94 p.
2. Zabojeva, I. V. Pochvy i zemelnye resursy Komi ASSR [Soils and land resources of the Komi ASSR] / I. V. Zabojeva. – Syktyvkar : Komi Book Publishing House, 1975. – 344 p.
3. Zabolotskaya, T. G. Biologicheskij krugovorot elementov v agrocenozakh i ikh produktivnost [Biological cycle of elements in agrocenoses and their productivity] / T. G. Zabolotskaya. – Leningrad : Nauka, 1985. – 179 p.

4. Chebotarev, N. T. Ob effektivnosti ispolzovaniya udobrenij pri vozdeleyvanii kormovykh kultur v usloviyakh Respubliki Komi [On the efficiency of fertilizers in the cultivation of fodder crops in the conditions of the Komi Republic] / N. T. Chebotarev // *Kormoproizvodstvo [Fodder Production]*. – 2012. – № 8. – P. 32–33. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17890024> (date of access: 20.03.2023).
5. Merzlaya, G. E., Zyabkina G.A., Fomkina T.P., Kozlova A.V., Makshakova O.V., Voloshin S.P., Khromova O.M., Pankratenkova I.V. Effektivnost dlitel'nogo primeneniya organicheskikh i mineralnykh udobrenij na derno-podzolistoj legkosuglinistoj pochve [The efficiency of long-term application of organic and mineral fertilizers on soddy-podzolic sandy loam soil] / G. E. Merzlaya, G. A. Zyabkina, T. P. Fomkina, A. V. Kozlova, O. V. Makshakova [et al.] // *Agrokimiya [Agrochemistry]*. – 2012. – № 2. – P. 37–46. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17680660>.
6. Mineev, V. G. Plodorodie i biologicheskaya aktivnost derno-podzolistoj pochvy pri dlitel'nom primenenii udobrenij i ikh posledestvii [Fertility and biological activity of soddy-podzolic soil on the long-term application of fertilizers and their aftereffect] / V. G. Mineev, N. F. Gomonova, M. F. Ovchinnikova // *Agrokimiya [Agrochemistry]*. – 2004. – № 7. – P. 5–10. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17256366> (date of access: 20.03.2023).
7. Lapa, V. V. Vliyanie organo-mineralnoj sistemy udobreniya na produktivnost sevooborotov i balans gumusa v derno-podzolistykh pochvakh [Influence of organo-mineral fertilizer system on the crop rotation productivity and humus balance in soddy-podzolic soils] / V. V. Lapa, V. N. Bosak, G. V. Pirogovskaya // *Agrokimiya [Agrochemistry]*. – 2009. – № 2. – P. 40–44. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11695580> (date of access: 20.03.2023).
8. Izmestyev, V. M. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya mineralnykh udobrenij na produktivnost kormovykh sevooborotov [The effect of long-term use of mineral fertilizers on the productivity of fodder crop rotations] / V. M. Izmestyev, A. K. Svechnikov // *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka [Agrarian Science of the European North-East]*. – 2015. – № 4. – P. 29–34. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23857049> (date of access: 20.03.2023).
9. Chebotarev, N. T. Dinamika plodorodiya i produktivnosti derno-podzolistoj pochvy pod dejstviem dlitel'nogo primeneniya udobrenij v usloviyakh Respubliki Komi [Dynamics of fertility and productivity of soddy-podzolic soil on the long-term use of fertilizers in the Komi Republic] / N. T. Chebotarev, A. A. Yudin // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex]*. – 2015. – № 2. P. 11–13. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23167327> (date of access: 20.03.2023).
10. Bakina, L. G. Vliyanie izvestkovaniya na izmenenie sostava gumusa derno-podzolistykh pochv v zavisimosti ot khimicheskikh svoystv ikh guminovykh kislot [The effect of liming on the change in the humus composition of soddy-podzolic soils depending on the chemical properties of soil humic acids] / L. G. Bakina, V. F. Drichko, Z. P. Nebolsina // *Agrokimiya [Agrochemistry]*. – 2012. – № 1. – P. 14–23. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17356543> (date of access: 20.03.2023).
11. Mukhamadyarov, F. F. Metodicheskoe posobie po opredeleniyu energozatrat pri proizvodstve prodovolstvennykh resursov i kormov dlya uslovij Severo-Vostoka evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii [Methodological guide on determination of energy consumption for the production of food resources and forage in the conditions of the North-East of the European part of the Russian Federation] / F. F. Mukhamadyarov, V. A. Figurin, V. P. Ashikhmin, S. L. Korobitsin, T. P. Kokurin [et al.]. – Kirov : Research Institute of Agriculture of the North-East, 1997. – 62 p.
12. Dymov, A. A. Postagrogenic development of Retisols in the middle taiga subzone of European Russia (Komi Republic). / A. A. Dymov, Yu. A. Dubrovskiy, V. V. Startsev // *Land Degradation & Development*. – 2018. – № 3. – P. 495–505. DOI: 10.1002/ldr.2881. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35456191>.
13. Dospikhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovanij) [Methodology of field experiment (with the principles of statistical processing of research results)] / B. A. Dospikhov. – Moscow : Agropromizdat, 1985. – 351 p.
14. Zolkina, E. I. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij na plodorodie derno-podzolistoj pochvy i produktivnosti kultur [The effect of long-term use of fertilizers on the fertility of soddy-podzolic soil and crop productivity] / E. I. Zolkina // *Plodorodie [Fertility]*. – 2019. – № 5. – P. 20–23. DOI: 10.25680/S19948603.2019.110.06. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41221407>.
15. Chebotarev, N. T. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya organicheskikh i mineralnykh udobrenij na produktivnost agrocenozov Evropejskogo Severo-Vostoka [The effect of long-term use of organic and mineral fertilizers on the productivity of agrocenoses of the European North-East] / N. T. Chebotarev, O. V. Brovarova // *Agrarnaya nauka [Agrarian Science]*. – 2022. – № 5. – P. 87–92. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-87-92. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48663277>.
16. Yamaltdinova, V. R. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya sistem udobrenij na agrokhimicheskie i biologicheskie pokazateli derno-podzolistoj pochvy srednego Preduralya [The effect of long-term use of fertilizer systems on agrochemical and biological indicators of soddy-podzolic soil of the middle Cis-Ural region] / V. R. Yamaltdinova, N. E. Zavyalova, M. G. Subbotina // *Permskij agrarnyj vestnik [Perm Agrarian Bulletin]*. – 2019. – № 3. – P. 95–102. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41584568>.
17. Merzlaya, G. E. Effekty posledestviya mineralnykh i organicheskikh udobrenij na derno-podzolistoj pochve [Aftereffects of mineral and organic fertilizers on soddy-podzolic soil] / G. E. Merzlaya // *Plodorodie [Fertility]*. – 2019. – № 1. – P. 15–17. DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.04. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37072819>.

### Благодарность (госзадание)

Работа выполнена в рамках государственного задания регистрационный номер НИОКТР 1021051101608-8-4.4.1 FUUU-2022-0052.

### Информация об авторах:

**Чеботарев Николай Тихонович** – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (167023, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27).

**Броварова Ольга Владиславовна** – кандидат химических наук, научный сотрудник Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (167023, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27; e-mail: olbrov@mail.ru).

### About the authors:

**Nikolai T. Chebotarev** – Doctor of Sciences (Agriculture), A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies FRC Komi SC UB RAS (Institute of Agrobiotechnologies named after A. V. Zhuravsky, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27 Rucheynaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167023 Russian Federation).

**Olga V. Brovarova** – Candidate of Sciences (Chemistry), A. V. Zhuravsky Institute of Agrobiotechnologies FRC Komi SC UB RAS (Institute of Agrobiotechnologies named after A. V. Zhuravsky, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27 Rucheynaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167023 Russian Federation; e-mail: olbrov@mail.ru).

### Для цитирования:

Чеботарев, Н. Т. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений в агроценозах Республики Коми / Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Сельскохозяйственные науки». – 2023. – № 7 (65). – С. 75–82.

### For citation:

Chebotarev, N. T. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya organicheskikh i mineralnykh udobrenij v agrocenozah Respubliki Komi [The effect of long-term use of organic and mineral fertilizers in the agrocenoses of the Komi Republic] / N. T. Chebotarev, O. V. Brovarova // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Agricultural Sciences". – 2023. – № 7 (65). – P. 75–82.

Дата поступления статьи: 06.09.2023

Прошла рецензирование: 27.09.2023

Принято решение о публикации: 06.10.2023

Received: 06.09.2023

Reviewed: 27.09.2023

Accepted: 06.10.2023