

удобрения повышает их плодородие, увеличивает продуктивность севооборота и качество получаемой продукции.

Литература

1. Чухнин Ю.А., Надеждина Н.В., Соколов В.А. [и др.]. Интенсивные технологии возделывания высокобелковых культур в центре Нечерноземья. – Л., 1989. – 64 с.
2. Демин А.Н., Кравцов А.Я., Ушакова Л.И. [и др.]. Прогнозирование продуктивности затрат корма и потребности в кормах КРС исходя из

новой энергетической системы оценки питательности кормов/ Под ред. проф. Б.М.Гута (Рекомендации). – Иваново: Ивановская городская типография. – 116 с.

3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. Станков, Н.З. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1964. – 280 с.

5. Костычев Н.А. Почвоведение. – М.: Сельхозиздат, 1940. – 280 с.

6. Сдобников С.С. Новое в теории и практике земледелия //Земледелие. – 2000. – № 2. – С-12-14.

INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZER APPLICATION METHODS ON SOIL PROPERTIES, YIELD AND QUALITY OF FODDER CROPS

I.G Meltsaev, S.T. Eshedullaev

Ivanovo Scientific and Research Institute of Agriculture – branch of "Upper Volga Federal agrarian scientific center", Centralnaya ul. 2, 153506 Bogorodskoye, Russia, e-mail: ivniicx@rambler.ru

The article presents the results of long-term field studies on the influence of different technologies of manure application on the fertility of grey forest soils of Vladimir opolye, yield and quality of fodder crops. It is established that under the manure applying under a longline plow on 25-27 cm in the studied soil increases the humus content of 11.9 t/ha from a reference value. This is associated with slower mineralization of organic matter in lower part of the arable when oxygen deficiency, activated mineralization linen fabric and increases the number of earthworms. Enhancing soil biological activity is due to improvement of soil physical properties, namely the formation of a larger amount of water stable aggregates, increasing porosity and moisture content, reduce the density. Deep processing is not only improved soil fertility but also increased the productivity of crops on average 0.4 t/ha compared to other treatments, increased yield of digestible protein and exchangeable energy by 0.48 GJ. Longline deep plowing with plow PYa-3-35 on 25-27 cm increased the content in dry mass, protein, carotene, sugars and ash and decreased the content of cellulose in comparison with the conventional processing at 20-22 cm and disc harrow machining on 15-17 cm. Under manure plowing with a longline plow the average yield in crop rotation amounted to 5.38 t/ha while under the technology of a conventional plow and disking, it was lower by 0.4 t/ha. In the variant of deep tillage, the protein content in the feed unit, taking into account byproducts, was 88.8 g, without byproducts – 103.8 g, while with conventional plowing it was 87.4 and 101.5 g and when treated with a disk harrow – 86.9 and 101.9 g/kg respectively.

Key words: organic fertilizer, method of cultivation, gray forest soil, fertility, fodder crops, legumes, yield, product quality, nutritional value.

УДК 631.445.24:631.433.3

ИЗМЕНЕНИЕ КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОНЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Д.В. Белослудцев, А.Н. Исупов, к.с.-х.н., А. С. Башков, д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, ул. Студенческая, 11, г. Ижевск, Удмуртская Республика, 426069

Email: dmitry.belosludtsev@yandex.ru

Установлено в длительном опыте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве в условиях Удмуртской Республики, что применение минеральных удобрений способствовало повышению содержания водорастворимого, обменного и необменного калия в почве, степени его подвижности, особенно в пахотном горизонте.

Ключевые слова: калийное состояние, дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая почва, известь, минеральные удобрения.

DOI: 10.25680/S19948603.2021.118.10

По уровню потребления основных питательных элементов большинством сельскохозяйственных культур калию принадлежит первое место. Тем не менее, изучению калийного состояния в профиле дерново-подзолистых почв уделяется незначительное внимание, а применение калийных удобрений находится на минимальном уровне. Обоснованием этого служит тот факт, что основные пахотные почвы содержат довольно высокие запасы валового калия, а его распределение по почвенному профилю, в отличие от азота и фосфора, достаточно равномерное.

Исследованиям изменений содержания форм калия по профилю почв при их сельскохозяйственном использовании посвящен ряд работ [6, 7, 11]. Часто отмечается связь между распределением калия удобрений

по почвенному профилю и гранулометрическим составом почв. Так, на легких почвах миграция калия наблюдается до 100 см, на среднесуглинистых – до 60, на тяжелосуглинистых – до 40 см [8, 11, 12]. Однако, данные о влиянии известкования и систематического применения минеральных удобрений на содержание различных форм калия по профилю дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы неоднозначны.

В связи с уменьшением площадей известкования и полным отказом от внесения калийных удобрений в условиях Удмуртской Республики можно прогнозировать снижение всех форм почвенного калия и истощение резерва необменно-фиксированного. Это приведет к значительному снижению оптимизации обеспечения

калийем сельскохозяйственных культур за счет не только пахотного, но и подпахотного слоев [2, 3, 9]. Изучение данного вопроса поможет более полно оценить влияние последствий извести и применения минеральных удобрений на калийное состояние дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

Анализ материалов о калийном состоянии почв показал, что, несмотря на значительный объем научной информации по данной проблематике, основное внимание исследований даже в длительных опытах обращалось на конечные, реже отдельные промежуточные, результаты проводимых экспериментов. В то же время недостаточно обобщены данные по динамике содержания различных форм калия в профиле почв [1, 4, 11]. В связи с этим представляет интерес изучение динамики изменения содержания калийного состояния почв как в удобренных, так и неудобренных вариантах длительных опытов, так как на практике содержание подвижного калия до настоящего времени служит основным агрохимическим показателем, определяющим необходимость применения калийсодержащих удобрений под сельскохозяйственные культуры [5, 8, 10, 13].

Цель наших исследований – изучить влияние систематического применения минеральных удобрений на фоне последствий известкования на калийное состояние дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

Методика. Для изучения трансформации почвенного калия при систематическом применении минеральных удобрений на фоне последствий известкования использовали многолетний полевой опыт, проводимый на опытном поле АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» Воткинского района Удмуртской Республики. Опыт заложен в 2004 г. для изучения оценки действия известковых мелиорантов на агрохимические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая на красно-буром тяжелом суглинке со следующими характеристиками: содержание органического вещества – 1,95 %, pH_{KCl} 4,4, Hg – ммоль/100 г почвы, S – 11,5 ммоль/100 г почвы, V – 72%, P_2O_5 – 107 мг/кг, K_2O – 112 мг/кг почвы. Севооборот опыта: 1 – однолетние травы; 2 – озимая рожь; 3 – ячмень; 4 – рапс; 5 – озимая тритикале; 6 – яровая пшеница; 7 – овёс.

Опыт двухфакторный заложен в четырехкратной повторности, фактор А – удобрения (без NPK, NPK). Дозы минеральных удобрений определены по зональным рекомендациям в зависимости от требований культур; удобрение вносили ежегодно перед посевом. Фактор В – известь, доза которой определена по гидролитической кислотности, внесена в 2004 г., поделаночно, согласно схеме опыта под обработку почвы.

Из полной схемы длительного опыта для исследований выбрали варианты, включающие различные сочетания известкового мелиоранта местного карьера (Алнашское месторождение), также ККС (карбонат кальция химического синтеза, Кирово-Чепецк) и минеральных удобрений, которые наиболее полно решали поставленные задачи. Размещение делянок рендомизированное, форма делянки прямоугольная, общая площадь делянки 39 м², учетная площадь 25,2 м².

Осенью 2017-2018 гг. со всех делянок опыта почвенным буром отобрали образцы почвы из различных слоев до глубины 80 см (0-20, 20-40, 40-60, 60-80 см). В этих образцах определяли содержание различных форм

калия в почве следующими методами: водорастворимый калий – по методике Александровой, легкообменный калий – в слабосолевой хлоркальциевой вытяжке (0,005 н. $CaCl_2$), подвижный калий – по методу Кирсанова (ГОСТ 26207 – 91), обменно-поглощенный калий – по методу Пчелкина (2 н. HCl).

Результаты и их обсуждение. Содержание в почве водорастворимого калия, которое можно условно принять как концентрацию этого элемента в почвенном растворе, в силу малых абсолютных величин менее всего подвержено изменениям (табл. 1).

1. Влияние длительного действия извести и минеральных удобрений на содержание водорастворимого калия, мг/кг

Удобрения (А)	Известковые мелиоранты (В)	Слой почвы, см			
		0-20	21-40	41-60	61-80
2017 г.					
Без NPK	Без извести (контроль)	14	11	16	11
	ККС	16	15	19	23
	Алнашская известь	18	16	18	23
NPK	Без извести (контроль)	15	19	17	15
	ККС	17	14	26	19
	Алнашская известь	19	18	21	19
HCP ₀₅ частных		4	3	3	3
Без NPK	Среднее по (А)	17	16	19	23
NPK		18	16	21	19
HCP ₀₅ (А)		1	4	4	2
Среднее по (В)	Без извести (контроль)	14	15	16	13
	ККС	16	14	20	21
	Алнашская известь	19	17	20	21
HCP ₀₅ (В)		3	2	2	2
2018 г.					
Без NPK	Без извести (контроль)	13	14	12	10
	ККС	17	16	14	19
	Алнашская известь	15	16	16	16
NPK	Без извести (контроль)	15	16	18	15
	ККС	16	17	16	16
	Алнашская известь	18	19	19	18
HCP ₀₅ частных		2	3	3	4
Без NPK	Среднее по (А)	16	16	15	18
NPK		17	18	18	17
HCP ₀₅ (А)		1	2	5	3
Среднее по (В)	Без извести (контроль)	14	14	15	13
	ККС	16	16	15	17
	Алнашская известь	17	17	18	17
HCP ₀₅ (В)		2	2	2	3

В вариантах с известкованием содержание водорастворимого калия в пахотном горизонте было достоверно выше показателей контрольного варианта до 4 мг/кг почвы, что наблюдалось и в последующий год. Количество водорастворимого калия по профилю почвы оставалось на уровне пахотного горизонта.

Применение азофоски в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ несколько повысило содержание водорастворимого калия. По отношению к варианту с известью его количество увеличилось до 2 мг/кг почвы. Очевидно, что сельскохозяйственные культуры за счет активной корневой системы стремились усваивать водорастворимый калий не только в пахотном, но и в подпахотном слоях почвы. Однако он усваивался неполностью.

Анализ содержания подвижного калия в почве многолетнего опыта показал, что существенное его повышение до 150-179 мг/кг происходило только в пахотном слое

почвы (табл. 2). Ниже по профилю накопление этой формы калия отсутствовало, его количество в сравнении с пахотным слоем было в 1,5-2,0 раза меньше.

2. Влияние длительного действия извести и минеральных удобрений на содержание подвижного калия, мг/кг

Удобрения (А)	Известковые мелиоранты (В)	Слой почвы, см			
		0-20	21-40	41-60	61-80
2017 г.					
Без NPK	Без извести (контроль)	153	90	76	90
	ККС	163	85	81	94
	Алнашская известь	158	70	80	101
NPK	Без извести (контроль)	167	88	70	83
	ККС	172	92	79	96
	Алнашская известь	179	93	83	92
НСР ₀₅ частных		7	9	7	22
Без NPK	Среднее по (А)	161	78	81	97
NPK		176	92	81	94
НСР ₀₅ (А)		6	8	9	8
Среднее по (В)	Без извести (контроль)	160	89	73	87
	ККС	167	88	80	95
	Алнашская известь	169	82	82	97
НСР ₀₅ (В)		5	6	5	10
2018 г.					
Без NPK	Без извести (контроль)	140	79	76	81
	ККС	151	86	79	87
	Алнашская известь	149	86	78	88
NPK	Без извести (контроль)	164	75	70	82
	ККС	168	85	69	85
	Алнашская известь	171	83	73	83
НСР ₀₅ частных		9	10	15	9
Без NPK	Среднее по (А)	150	86	79	87
NPK		170	84	71	84
НСР ₀₅ , (А)		10	6	5	10
Среднее по (В)	Без извести (контроль)	152	77	73	84
	ККС	160	85	74	86
	Алнашская известь	160	85	76	85
НСР ₀₅ (В)		6	7	11	7

Статистически существенное изменение (увеличение) подвижного калия отмечалось не только в вариантах с одним лишь известкованием (до 10 мг/кг), но и при использовании минеральных удобрений. Особенно это наблюдается в варианте с известью Алнашского месторождения. Содержание подвижного калия в 2017 г. в пахотном слое повысилось на 12 мг/кг. Действие карбоната кальция химического синтеза (ККС) было в пределах ошибки опыта. В 2018 г. наблюдается тенденция к увеличению данного показателя по отношению к контрольному варианту.

Накопление калия в подвижной форме в верхнем горизонте и отсутствие накопления в нижележащих слоях связано, вероятно, с резким падением с глубиной содержания гумуса (по слоям: 2,26 – 1,1 – 0,7 – 0,4 %), безусловно влияющим на емкость катионного обмена.

По мере увеличения содержания подвижного калия в слое почвы 0 – 20 и 21 – 40 см росла и степень его подвижности (табл. 3).

Установлена значительная неоднородность калийного состояния по профилю дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы.

Минимальными содержанием подвижного калия и степени его подвижности характеризовалась почва подпахотных горизонтов, особенно в слоях ниже 40 см. Их было ровно вдвое меньше, чем в гумусовом горизонте.

Содержание легкообменного калия по отношению к контрольному варианту (без использования извести и минеральных удобрений) мало изменялось, как в пахотном, так и в элювиальных горизонтах. Однако дли-

тельное действие Алнашской извести по фону минеральных удобрений способствовало увеличению степени подвижности калия на 12-21 % не только в слое 0-40 см, но и 41-60 см.

3. Влияние длительного действия извести и минеральных удобрений на степень подвижности калия, мг/л

Удобрения, (А)	Известковые мелiorанты (В)	Слой почвы, см			
		0-20	21-40	41-60	61-80
2017 г.					
Без NPK	Без извести (контроль)	16	14	8	8
	ККС	18	16	8	8
	Алнашская известь	18	18	8	9
NPK	Без извести (контроль)	18	16	8	9
	ККС	21	17	8	8
	Алнашская известь	20	19	10	9
HCP ₀₅ частных		3	3	1	1
Без NPK	Среднее по (А)	18	17	8	9
NPK		20	18	9	8
HCP ₀₅ (А)		2	1	1	1
Среднее по (В)	Без извести (контроль)	17	15	8	8
	ККС	19	16	8	8
	Алнашская известь	19	18	9	9
HCP ₀₅ (В)		2	2	1	1
2018 г.					
Без NPK	Без извести (контроль)	13	9	7	6
	ККС	14	14	7	7
	Алнашская известь	16	17	8	6
NPK	Без извести (контроль)	13	11	8	6
	ККС	15	15	8	7
	Алнашская известь	19	17	10	5
HCP ₀₅ частных		2	2	1	1
Без NPK	Среднее по (А)	15	15	8	6
NPK		17	16	9	6
HCP ₀₅ (А)		4	2	2	1
Среднее по (В)	Без извести (контроль)	13	10	7	6
	ККС	14	15	8	7
	Алнашская известь	17	17	9	5
HCP ₀₅ (В)		2	2	1	1

4. Влияние длительного действия извести и минеральных удобрений на содержание обменного калия, мг/кг

Удобрения (А)					
Известковые мелiorанты (В)		Слой почвы, см			
		0-20	21-40	41-60	61-80
2017 г.					
Без NPK	Без извести(контроль)	272	270	275	274
	ККС	289	279	282	280
	Алнашская известь	298	284	287	289
NPK	Без извести(контроль)	292	275	280	286
	ККС	304	282	290	296
	Алнашская известь	326	287	294	306
HCP ₀₅ частных		11	9	12	13
Без NPK	Среднее по (А)	294	281	284	284
NPK		315	285	292	301
HCP ₀₅ (А)		10	14	9	4
Среднее по (В)	Без извести(контроль)	282	273	277	280
	ККС	297	280	286	288
	Алнашская известь	312	286	290	297
HCP ₀₅ (В)		8	6	8	9
2018 г.					
Без NPK	Без извести(контроль)	289	282	285	288
	ККС	309	288	296	295
	Алнашская известь	310	291	304	307
NPK	Без извести(контроль)	302	285	287	297
	ККС	316	293	302	307
	Алнашская известь	335	294	307	312
HCP ₀₅ частных		14	8	11	11
Без NPK	Среднее по (А)	310	289	300	301
NPK		326	293	304	309
HCP ₀₅ (А)		9	4	4	3
Среднее по (В)	Без извести(контроль)	295	283	286	292
	ККС	313	290	299	301
	Алнашская известь	323	292	305	309
HCP ₀₅ (В)		10	6	8	8

Ближайшим резервом для питания растений является необменный калий, содержание которого в почве на фоне последствий извести было больше, чем на фоне без известкования. Значительное увеличение содержания этой формы калия в течение длительного действия известкования наблюдали не только в пахотном, но и в более глубоких слоях почвы, вплоть до 80 см (табл. 4). Причем последствие Алнашской извести действовало более успешно, чем ККС, и не только в пахотном слое, но и до 80 см. На фоне без минеральных удобрений ККС способствовал увеличению кислоторастворимого калия (по Пчелкину) в среднем на 11 мг/кг, а местная известняковая мука – на 17 мг/кг. Еще более интенсивно последствие местного мелиоранта обнаружено на фоне НРК, увеличение составило 20 мг/кг.

Кроме того, наблюдается вымывание необменного калия до 8% из элювиального горизонта в иллювиальный, где и происходило его накопление. В данном случае не было разницы использовались минеральные удобрения или нет.

Выводы. 1. Последствие извести на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве позволило повысить содержание водорастворимого калия на 27 %. Совместное действие минеральных удобрений на фоне известкования увеличили данный показатель до 37 %. Причем возрастание водорастворимого калия было по всем изучаемым слоям почвы. 2. Достоверное увеличение степени подвижности калия отмечено во всех изучаемых вариантах. В зависимости от варианта и года исследования его количество повышалось до 30 %, но наблюдалось это только в двух горизонтах – пахотном и подпахотном, в нижележащих слоях его было в 2 раза меньше. 3. Накопление содержания подвижного калия в дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве было только в пахотном горизонте. В нижележащих горизонтах его количество вдвое меньше. В пахотном горизонте от длительного действия извести содержание подвижного калия увеличилось до 7 %. Ежегодное использование минеральных удобрений в вариан-

тах с известкованием повысило количество подвижного калия до 22 % по отношению к контрольному варианту. 4. В вариантах с последствием извести на фоне минеральных удобрений повысилось содержание необменного калия (до 11 %) во всех изучаемых слоях почвы, особенно на делянках с внесенной известью (2004 г.) местного карьера.

Литература

1. Афанасьев, Р.А. Содержание подвижного калия в почвах при длительном применении удобрений / Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мёрзляя // Агрохимия. – 2013. – № 6. – С. 5 – 11.
2. Башков, А.С. Изучение влияния связи калийного состояния дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы с урожайностью сена однолетних трав при известковании и применении минеральных удобрений / Д.В. Белослудцев, А.Н. Исупов, А.С. Башков // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: материалы междунар. науч.-практ. конф. ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 14 – 17.
3. Безносков, А.И. Известкование почв Удмуртии: монография / А.И. Безносков. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2005. – 68 с.
4. Демин, В.А. Формы калийных соединений в дерново-подзолистой почве при длительном применении удобрений / В.А. Демин, А. Муса // Известия ТСХА. – 2002. – Вып. 4. – С. 41 – 50.
5. Лукин, С.М. Калийное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы и баланс калия при длительном применении удобрений // Агрохимия. – 2012. – № 12. – С. 5 – 14.
6. Минеев, В.Г. Агрохимические и экологические функции калия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 332 с.
7. Никитина, Л.В. Влияние длительного применения удобрений в зернопропашном севообороте на калийный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы // Агрохимия. – 2012. – №12. – С. 15 – 23.
8. Носов, В.В. Значение калийных удобрений для сохранения экологического равновесия // Плодородие. – 2002. – № 2. – С. 28 – 30.
9. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения / В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
10. Сычев, В.Г. Возможности совершенствования градаций содержания доступного калия // Агрохимический вестник. – 2000. – № 5. – С. 30 – 34.
11. Якименко, В.Н. Изменение содержания форм калия по профилю почвы при различном калийном балансе в агроценозах // Агрохимия. – 2007. – № 3. – С. 5 – 11.
12. Якименко, В.Н. Подвижность форм калия в почвах // Агрохимия. – 2005. – № 9. – С. 5 – 12.
13. De Nobili M., Vittori Antisari L., Sequi P. K-uptake from subsoil // proc. 22nd IPI Coll. Soligorsk, USSR, 1990. P. 133–144.

CHANGE OF POTASSIUM STATUS OF SOIL UNDER THE LONG-TERM APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS AND AFTEREFFECT OF LIMING

D.V. Belosludtsev, A.N. Isupov, A.S. Bashkov

FSBEI HE Izhevsk SAA, Studencheskaya ul. 11, 426069 Izhevsk, Russia, e-mail: dmitry.belosludtsev @yandex.ru

In a long-term experiment on sod-medium-podzolic medium-loam soil, it was found that the use of mineral fertilizers contributed to an increase in the content of water-soluble, exchangeable and non-exchangeable potassium in the soil and in the degree of its mobility, especially in topsoil.

Key words: potassium status, sod-medium-podzolic medium-loam soil, lime, mineral fertilizers.

УДК 631.421.32

ГУМУСООБРАЗОВАНИЕ В ПОЧВАХ АРИДНОЙ ЗОНЫ КАЗАХСТАНА (МЕТОДИКА РАСЧЁТА)

Ю.Г. Безбородов, д.т.н., РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

127550, г. Москва, ул. Тимирязевская 49, e-mail: ubezborodov@rgau-msha.ru

*Н.Н. Хожанов, к.с.-х.н, М.К. Масатбаев, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати
г.Тараз, Республика Казахстан*

Рассмотрены вопросы повышения плодородия в системе земледелия с учетом эколого-мелиоративного состояния орошаемых регионов и методы оптимизации моделей модернизации почвенного плодородия. Основываясь на многолетних (1984-2016 г.) полевых исследованиях за период в регионе южного Приаралья, установлены структу-