ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ КАЛИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПРИ МНОГОЛЕТНЕМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА

А.Н. Елизаренкова, Т. Сальгадо Пачеко, Н.И. Кириков, М.Ю. Едрышева
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, г. Воронеж, e-mail: annakozh27@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается влияние многолетнего внесения минеральных и органических удобрений, а также периодического известкования на изменение содержания различных форм калия в черноземе, выщелоченном в звене севооборота чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла. Установлено, что внесение минеральных удобрений увеличивает содержание подвижных форм калия, а известкование почвы необменных.

Ключевые слова: минеральные и органические удобрений, известкование, формы калия, чернозем выщелоченный.

Исследованиями установлено, что калий в почве содержится в нескольких формах. Однако агрохимическая служба проводит оценку калийного состояния почв, определяя содержание только подвижной его формы, что не дает полной характеристики калийному режиму.

Например, по данным ГЦАС «Воронежский» по состоянию на 01.01.2017 г. средневзвешенное содержание калия в почвах Воронежской области составляло 124 мг/кг почвы. Это соответствует классу высокой обеспеченности почв калием. Причем по сравнению с первым туром агрохимического обследования (1964–1970 гг.) оно увеличилось на 9 мг/кг почвы. В то же время, если за период 1964–1970 гг. поступление калия в почву с минеральными и органическими удобрениями составляло 35 кг д.в./га, то на 01.01.2017 г. было внесено 18.5 кг д.в. калия на гектар [1, 2]. Таким образом, становится не понятным, за счет чего увеличилось содержание калия в почвах области. Поэтому для оценки калийного режима почвы и определения влияния агроприемов на этот показатель необходимо определять содержание и других форм калия в почве.

В связи с этим целью наших исследований являлось изучить влияние многолетнего внесения удобрений и мелиоранта в зернопаропропашном севообороте на содержание различных форм калия в черноземе выщелоченном.

Исследования проводились в 2018–2021 гг. в условиях многолетнего стационарного опыта, заложенного на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского ГАУ в 1986 г. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный малогумусный тяжелосуглинистый на покровных суглинках. В опыте освоен шестипольный севооборот с чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – вико-овсяная смесь на зеленый корм – озимая пшеница – ячмень. Для изучения влияния удобрений на динамику агрохимических свойств и урожайность сельскохозяйственных культур было выбрано звено севооборота: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла. В опыте возделывался сорт озимой пшеницы «Алая заря» и гибрид сахарной свеклы Global Seeds «Тройка».

Схема опыта включает 15 вариантов. Исследования проводились на 7 вариантах, представленных в таблице 1.

Повторность опыта четырехкратная, размещение повторений двухъярусное, делянок – систематическое шахматное. Общая площадь делянки 191,7 м².

В опыте применялись минеральные удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат двойной, хлористый калий. Они вносились вручную. Под озимую пшеницу минеральные удобрения внесены в поле чистого пара с последующей их заделкой плугом. Под сахарную свеклу – после уборки озимой пшеницы и также под вспашку.

В качестве фона в опыте использован полуперепревший навоз КРС (на соломенной подстилке), который внесен в поле чистого пара в конце пятой ротации севооборота под вспашку. По завершению пятой ротации севооборота (в 2018 г.) проведено известкование почвы. В качестве мелиоранта использовался дефекат Перелешинского сахарного завода (содержание влаги 35,2%, содержание CaCO₃ 77,7%). Доза мелиоранта рассчитывалась по полной гидrolитической кислотности.

Таблица 1. Схема опыта

Варианты опыта	Содержание вариантов	
	Озимая пшеница	Сахарная свекла
1. Контроль	Без удобрений	Без удобрений
2. Фон	40 т/га навоза*	40 т/га навоза
3. Фон + NPK	40 т/га навоза + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	40 т/га навоза + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀
5. Фон + 2NPK	40 т/га навоза + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	40 т/га навоза + N ₂₄₀ P ₂₄₀ K ₂₄₀
12. Фон + NPK + дефекат	40 т/га навоза + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + дефекат** (13,5 т/га)	40 т/га навоза + N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + дефекат (13,5 т/га)
13. Фон + дефекат	40 т/га навоза + дефекат (12,5 т/га)	40 т/га навоза + дефекат (12,5 т/га)
15. NPK + дефекат	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + дефекат (14,2 т/га)	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ + дефекат (14,2 т/га)

Примечание: 1* – озимая пшеница испытывала 1-ый год действия навоза, сахарная свекла – 2-ой год последействия; 2** – дефекат внесен в поле чистого пара, озимая пшеница и сахарная свекла испытывали второй и третий год его последействия, соответственно

Почвенные образцы отбирались ежегодно: с поля чистого пара – до внесения удобрений и мелиоранта; озимой пшеницы – весной в начале вегетации; сахарной свеклы – сразу после посева. Отбор образцов проводился с двух несмежных повторений в 7-ти кратной повторности, послонно, через каждые 20 см. Агрохимический анализ почвенных образцов осуществлялся общепринятыми методами.

Уборка и учет урожая озимой пшеницы проведены методом прямого комбайнирования комбайном SAMPO 70. Учетная площадь 70 м². Уборка и учет урожая сахарной свеклы осуществлялись вручную. Учетная площадь 25 м². Статистическая обработка опытных данных проведена методом однофакторного дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова с помощью программы Statistica [3, 4].

Растения поглощают калий из почвенного раствора. Источником калия в нём выступает, в первую очередь, легкообменная форма калия (таблица 2).

Таблица 2. Содержание легкообменной формы калия в черноземе выщелоченном, мг/кг, среднее в слое 0-40 см, 2018-2020 гг.

Варианты опыта	Сроки отбора образцов		
	1*	2	3
1. Контроль	2,7	3,2	3,5
2. Фон	2,7	5,2	4,8
3. Фон + NPK	3,6	7,9	9,6
5. Фон + 2NPK	4,1	10,5	13,1
12. Фон + NPK + дефекат	3,3	6,5	8,6
13. Фон + дефекат	2,6	4,8	5,0
15. NPK + дефекат	3,2	6,0	8,3

*: 1 – до внесения удобрений и мелиоранта (чистый пар); 2 – начало вегетации озимой пшеницы; 3 – начало вегетации сахарной свеклы

Как видно из данных таблицы, минимальным содержанием легкообменного калия было в поле чистого пара до внесения удобрений и мелиоранта (осень 2018 г.). При этом на контрольном и фоновом вариантах оно составляла минимальную в опыте величину – 2,7 мг/кг почвы. Внесение минеральных удобрений в одинарной дозе увеличивало содержание

легкообменного калия на 0,5-0,9 мг/кг почвы в зависимости от фона, а в двойной дозе на 1,4 мг/кг почвы по сравнению с контролем.

Влияние дефеката на содержание легкообменного калия в данный период не было ярко выраженным. Но, все же, на всех известкованных вариантах опыта содержание этой формы калия имело тенденцию к уменьшению по сравнению с вариантами без мелиоранта.

После внесения удобрений и мелиоранта в поле чистого пара, к началу вегетации озимой пшеницы, содержание легкообменной формы калия увеличивалось. Небольшое (на 0,5 мг/кг почвы) увеличение наблюдалось и на контроле. Вероятно, это связано с особенностями почвенно-климатических условий.

Наибольшее содержание легкообменного калия наблюдалось на варианте с двойной дозой минеральных удобрений, внесённой на фоне навоза – 10,5 мг/кг почвы. При внесении оптимальной дозы минеральных удобрений содержание легкообменного калия составляло 7,9 мг/кг почвы.

Нельзя не отметить тот факт, что на произвесткованных вариантах опыта (как и до внесения удобрений) содержание легкообменного калия было ниже, чем на вариантах без мелиоранта.

К началу вегетации сахарной свеклы содержание легкообменного калия на удобренных вариантах опыта было выше, чем под озимой пшеницей. Связано это, главным образом, с большей дозой минеральных удобрений, вносимых под сахарную свеклу. Закономерности изменения содержания этой формы калия по вариантам опыта были схожими с ранее описанными под озимой пшеницей.

Ближайшим источником пополнению легкообменной формы калия служит обменная. Часто эту форму отождествляют с подвижным калием. Однако многочисленными исследованиями установлено, что подвижный калий включает в себя только часть обменной формы, содержание которой бывает в 2-3 раза выше.

Результаты наших исследований (таблица 3) говорят о том, что по содержанию обменного калия, определяемого по методу Масловой, почва во все периоды исследований и на всех вариантах опыта относилась к высокому классу обеспеченности. Высокое содержание обменного калия является типичным для черноземных почв.

Таблица 3. Содержание обменной формы калия в черноземе выщелоченном, мг/кг, среднее в слое 0-40 см, 2018-2020 гг. (по Масловой)

Варианты опыта	Сроки отбора образцов		
	1*	2	3
1. Контроль	332	310	313
2. Фон	412	427	430
3. Фон + NPK	414	420	426
5. Фон + 2NPK	448	469	501
12. Фон + NPK + дефекат	416	390	423
13. Фон + дефекат	403	371	379
15. NPK + дефекат	401	382	411
*: 1 – до внесения удобрений и мелиоранта (чистый пар); 2 – начало вегетации озимой пшеницы; 3 – начало вегетации сахарной свеклы			

Содержание обменного калия в чистом пару увеличивалось с увеличением дозы удобрений. Последствие известкования не уменьшало его содержание в почве.

К началу вегетации озимой пшеницы и сахарной свеклы закономерности изменения содержания обменного калия по вариантам опыта изменились. Это было связано с внесённым в поле чистого пара мелиорантом. На всех известкованных вариантах опыта содержание обменного калия было ниже, чем при отсутствии мелиоранта.

Содержание необменного легкогидролизуемого калия (таблица 4) и трудногидролизуемого (таблица 5), наоборот наибольшие значения принимало на произвесткованных вариантах опыта.

Вероятно, это связано с тем, что при известковании наиболее подвижные позиции в ППК занимают ионы кальция, а ионы калия располагаются на более прочных необменных позициях.

Стоит отметить, что совместное внесением минеральных и органических удобрений на фоне мелиоранта несколько уменьшало накопление калия в необменной форме по сравнению с совместным использованием только минеральных удобрений и дефеката.

Таблица 4. Содержание необменной легкогидролизуемой формы калия в черноземе выщелоченном, мг/кг, среднее в слое 0-40 см, 2018-2020 гг. (по Пчелкину)

Варианты опыта	Сроки отбора образцов		
	1*	2	3
1. Контроль	273	284	280
2. Фон	294	314	310
3. Фон + NPK	249	291	303
5. Фон + 2NPK	251	303	329
12. Фон + NPK + дефекат	305	360	381
13. Фон + дефекат	304	334	337
15. NPK + дефекат	309	382	380
*: 1 – до внесения удобрений и мелиоранта (чистый пар); 2 – начало вегетации озимой пшеницы; 3 – начало вегетации сахарной свеклы			

Таблица 5. Содержание необменной трудногидролизуемой формы калия в черноземе выщелоченном, мг/кг, среднее в слое 0-40 см, 2018-2020 гг. (по Гедройцу)

Варианты опыта	Сроки отбора образцов		
	1*	2	3
1. Контроль	3540	3500	3490
2. Фон	3849	3855	3850
3. Фон + NPK	3785	3790	3799
5. Фон + 2NPK	3650	3640	3629
12. Фон + NPK + дефекат	3966	4061	4100
13. Фон + дефекат	3664	3750	3801
15. NPK + дефекат	3740	3820	3897
*: 1 – до внесения удобрений и мелиоранта (чистый пар); 2 – начало вегетации озимой пшеницы; 3 – начало вегетации сахарной свеклы			

На варианте с внесением двойной дозы удобрений наблюдалось повышение содержания необменного легкогидролизуемого калия (на 52 и 26 мг/кг почвы, соответственно, под озимой пшеницей и сахарной свеклой), но содержание трудногидролизуемого необменного при этом уменьшалось (на 10 и 11 мг/кг почвы).

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать выводы о том, что наибольшее содержание легкообменной и обменной форм калия наблюдалось при внесении 2NPK на фоне последействия навоза. Минимальное содержание калия обнаруживалось при совместном последействии навоза и дефеката без внесения минеральных удобрений. Среди форм калия наименьшую долю от общего его содержания имела легкодоступная – от 0,2% до 0,7% перед посевом сахарной свеклы и от 0,1 до 0,4% перед ее уборкой. Содержание легкодоступной формы калия сильно зависело от доз применяемых удобрений и снижалось под влиянием последействия известкования чернозема выщелоченного. Внесение минеральных удобрений в различных дозах и на различных фонах увеличивало содержание обменного калия в почве. Содержание необменного легкогидролизуемого калия и трудногидролизуемого наибольшие значения принимало на произвесткованных вариантах опыта. Совместное внесением минеральных и органических удобрений на фоне мелиоранта несколько уменьшало накопление калия в необменной форме по сравнению с совместным использованием только минеральных удобрений и дефеката. На варианте с внесением двойной дозы удобрений наблюдалось повышение содержания

необменного легкогидролизуемого калия (на 52 и 26 мг/кг почвы, соответственно, под озимой пшеницей и сахарной свеклой), но содержание трудногидролизуемого необменного при этом уменьшалось (на 10 и 11 мг/кг почвы).

Библиографический список

1. Корчагин В.И., Кошелев Ю.А., Мязин Н.Г. Мониторинг агрохимических показателей плодородия почв и урожайность основных сельскохозяйственных культур воронежской области // Плодородие. 2016. № 3 (90). С. 10-13.
2. Минакова О.А., Александрова Л.В., Подвигина Т.Н. [и др.] Продуктивность звена зерносвекловичного севооборота при длительном применении удобрений (1936–2017 гг.) // Агрохимия. 2020. № 1. С. 43-49.
3. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Амелянчик О.А [и др.] Практикум по агрохимии М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.