

In the first crop rotations flax was sown after predecessor barley for three consecutive years in the same field. The second crop rotations predecessor cultivated vetch-oat mixture cover with the cultivation of white mustard on green manure, fiber flax. predecessor barley with the biofungicide Sternifag and fiber flax. In the third crop rotations, after the predecessor of white mustard, white mustard was sown on green fodder for green fertilizer, fiber flax, the predecessor barley and fiber flax.

After the Vico-oat mixture and white mustard precursors, which were removed for green fodder (crop rotation 1 and 2), the use of green mass from the intermediate sowing of white mustard on fertilizer had an effect on increasing the yield of fiber flax and flax seeds by 21-28 % relative to the crop rotation, where siderate was not introduced. Adding a green mass of white mustard to the fertilizer in crop rotation 2 and biofungicide after harvesting barley had an effect on increasing the yield of flax seed by 1.2 quintal<sup>ha</sup> while maintaining its quality compared to the option where the biofungicide was not applied. The productivity of the second crop rotation with the complex use of intermediate sowing of white mustard and Sternifag biofungicide was higher on average by 13 C quintal.units<sup>ha</sup> compared to the crop rotation, where the flax was re-sown and for 5 quintal.units<sup>ha</sup> in comparison with cultivation without biofungicide Sternifag. In the third year of sowing flax on the same field (crop rotation N 1 there was a decrease in the yield of flax fiber by 0.3 – 0.8 quintal<sup>ha</sup>, including trepan – by 1.6 – 1.7 quintal<sup>ha</sup> compared to growing it in the second and third crop rotations.

Keywords: fiber flax (*Linum usitatissimum*); short rotation, white mustard (*Sinapis alba*), biofungicide, productivity.

УДК 631.416.4

## КАЛИЙФИКСИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ И СОСТАВ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ ПОСТАГРОГЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

<sup>1</sup>Т.В. Нечаева, к.б.н., [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru), 7(383)3639035

<sup>2</sup>С.Л. Добрянская, к.б.н., [slb85@bk.ru](mailto:slb85@bk.ru), 7(383)2673610

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,  
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 8/2.

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет,  
630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, д. 160

**Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН  
при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования  
Российской Федерации**

Объектом исследования был чернозем выщелоченный 30-летней залежи под многолетними травами в лесостепи Западной Сибири. Результаты лабораторного опыта показали, что внесенный с удобрениями калий в дозах 25 и 50 мг/100 г почвы (K<sub>25</sub> и K<sub>50</sub> соответственно) фиксировался не полностью. С увеличением дозы удобрений (K<sub>50</sub>) абсолютная величина фиксируемого калия значительно увеличивалась, однако фиксация элемента оставалась на уровне дозы K<sub>25</sub> и составила в среднем 38%. В конце опыта (150 сут) при дозе K<sub>25</sub> большая часть внесенного калия (79%) переходила в форму, не извлекаемую используемыми экстрагентами, в том числе 1 М HNO<sub>3</sub>. При дозе K<sub>50</sub> более половины калия удобрений обнаружено в необменной (29%), обменной (22%) и водорастворимой (4%) формах. В то же время значительная часть калия (45%) закрепилась на более высокоселективных позициях. Обменные катионы по содержанию в черноземе можно выстроить в следующий ряд: Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>.

Ключевые слова: фиксация калия, залежь, формы калия, емкость катионного обмена, кальций, магний, натрий, Западная Сибирь.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.07

Калий – незаменимый элемент минерального питания растений [1, 8, 11, 13-15, 22 и др.], поэтому для эффективного функционирования агроценозов необходимо учитывать не только азотное и фосфатное, но и калийное состояние почв. Способность ионов калия переходить из одной формы в другую, занимая различные по прочности связи позиции, относятся к двум противоположно направленным процессам – фиксации (адсорбции) и мобилизации (десорбции). Исследованию данных процессов посвящено значительное количество отечественных публикаций [4, 7-9, 13-15, 20-22 и др.], что, наряду с изучением содержания различных форм калия, создает фундамент для научно обоснованного регулирования почвенного плодородия в отношении этого элемента.

В настоящее время по разным источникам в России насчитывается около 30-40 млн га залежных земель, которые претерпевают значительные изменения в направлении, характере и скорости почвообразователь-

ных процессов [3, 6, 16-17, 24 и др.]. В последние годы часть залежных земель возвращается в пашню или используется под сенокосы, что требует проведения мониторинга для отслеживания изменений параметров почвенного плодородия, в том числе в отношении калия как одного из основных биогенных элементов.

Цель работы – оценить калийное состояние постагrogenного чернозема с учетом содержания различных форм калия, калийфиксирующей способности почвы и состава обменных катионов почвенного поглощающего комплекса (ППК).

Объектом исследований выбрана одна из наиболее распространенных и ценных в хозяйственном отношении почв лесостепи Западной Сибири – чернозем выщелоченный среднемогучный среднегумусный иловато-крупнопылеватый на лессовидном суглинке [5], что соответствует Luvic Chernozem по классификации почв WRB [25]. Чернозем выщелоченный (далее чернозем) сформирован на возвышенной хорошо дренированной

территории Приобского плато и расположен в учебно-опытном хозяйстве Новосибирского ГАУ «Практик» [2]. С начала XX столетия исследованный участок с черноземом относился к пахотному угодью (зернопарашной севооборот), а в последние 30 лет он представляет собой залежь под многолетними травами.

**Методика.** Изучение калийфиксирующей способности почвы проводили в условиях лабораторного опыта с внесением калийных удобрений. Для этого к навеске воздушно-сухой почвы однократно добавляли водный раствор хлористого калия в дозах 25 и 50 мг/100 г (варианты  $K_{25}$  и  $K_{50}$ ). Схемой опыта предусмотрен также вариант без удобрений ( $K_0$ ). Далее почву тщательно перемешивали и отбирали пробы через 1, 5, 15, 30 и 150 сут. Опыт проводили в режиме попеременного увлажнения до наименьшей влагоемкости и высушивания почвы при комнатной температуре. Повторность опыта двукратная, объем выборки ( $n$ ) с тремя вариантами за пять отборов составил:  $n = 30 (2 \times 3 \times 5)$ .

Агрохимические анализы выполняли общепринятыми методами [12], в том числе содержание гумуса в почве определили по Тюрину; pH водной суспензии ( $pH_{вод}$ ) – при соотношении почва / раствор 1 : 2,5; стандартную емкость катионного обмена (ЕКО) – по Бобко-Аскинази в модификации ЦИНАО; гранулометрический состав – по Качинскому. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии с помощью анализатора AAnalyst 400 (Perkin Elmer Inc., США) определили содержание основных катионов ППК ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) с расчетом на абсолютно сухую массу. Для этого использовали следующие экстрагенты: водорастворимая форма катионов –  $H_2O_{лист}$  при соотношении почва / раствор 1 : 5; обменная форма катионов – 1 М  $CH_3COONH_4$  (1 : 10); необменный калий – 1 М  $HNO_3$  с кипячением (1 : 10). Фиксированным считался калий, не переходящий в вытяжку 1 М раствора  $CH_3COONH_4$ .

Содержание обменного калия за весь период после внесения удобрений (1-150 сут) рассчитали вместе с водорастворимой формой (табл. 1, 2), так как более сильный экстрагент извлекает и калий, переходящий в относительно слабые вытяжки. В конце опыта (150 сут) в почве определили содержание калия в водорастворимой, обменной и необменной формах, для вычисления конкретной формы использовали метод разности (см. табл. 3). Этот же принцип применили при расчете содержания основных катионов ППК (см. табл. 4). Фиксацию калия рассчитали относительно варианта без удобрений ( $K_0$ ) как в абсолютных величинах (мг/кг), так и в % от внесенной дозы (процент фиксации).

Статистическую обработку провели с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007 и SNEDECOR V. 5.80. Анализ различия факторных средних выполнили дисперсионным методом с применением критерия Шеффе и расчетом НСР на уровне значимости  $\alpha = 0,01$  (строгий эксперимент).

**Результаты и их обсуждение.** В верхнем 10-сантиметровом слое чернозема, взятого для проведения лабораторного опыта по фиксации калия, содержание гумуса составило 4,9%, физической глины – 35%, что соответствует среднегумусным среднесуглинистым почвам [5]. Чернозем характеризовался нейтральной реакцией среды ( $pH_{вод}$  6,5), что создает благоприятные условия для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур и жизнедеятельности почвенной микрофлоры [12]. По значению ЕКО 39,8 смоль(экв)/кг

можно говорить о достаточно высокой поглощательной способности почвы. Обменные позиции в ППК чернозема заняты прежде всего кальцием (17,71 смоль(экв)/кг в сумме в водорастворимой и обменной формах) и далее магнием (3,43 смоль(экв)/кг), содержание калия было значительно ниже (0,57 смоль(экв)/кг).

Содержание водорастворимого калия в черноземе 15 мг/кг, обменного и необменного калия – 209 и 1421 мг/кг соответственно. По количеству калия в водорастворимой форме чернозем относится к среднеобеспеченным (10-30 мг/кг) [11, 15], в обменной форме – к высокообеспеченным (201-300 мг/кг) почвам [12, 18]. По грациям В.Н. Якименко [22, 23], разработанным для зональных почв лесостепи Западной Сибири с учетом их гранулометрического состава, обеспеченность чернозема обменным и необменным калием соответствует оптимальному уровню (201-250 и 1100-1800 мг/кг соответственно). В то же время насыщенность ЕКО обменным калием составила 1,44%, что соответствует неустойчивому уровню (1,0-1,4%) [22, 23]. Поэтому можно предположить, что часть калия удобрений будет, прежде всего, переходить в обменно-поглощенное состояние.

Результаты лабораторного опыта по изучению калийфиксирующей способности постагрогенного чернозема показали, что независимо от дозы удобрений внесимый калий не фиксировался полностью. При повышении дозы ( $K_{50}$ ) абсолютная величина фиксируемого калия значительно увеличивалась (в 1,9-3,0 раза), однако фиксация элемента оставалась на уровне дозы  $K_{25}$  и составила в среднем за опыт 38% (табл. 1).

Продолжительность взаимодействия чернозема с удобрениями влияла на калийфиксирующую способность: в течение первых 15 сут опыта фиксация калия варьировала в пределах 24-35%, через 1 мес она резко снизилась до 16%, а в последний отбор (150 сут) повысилась до 74-79%. Усиление калийфиксирующей способности связано, вероятно, с качественными изменениями, произошедшими с минеральной основой почвы при длительном периодическом намачивании и высушивании (агрегация коллоидов и т.д.) [14, 21, 22].

**1. Результаты по изучению калийфиксирующей способности почвы**

Доза внесе- ния калия, мг/100г	Период после внесения калийных удобрений, сут					В сред- нем (1-150)
	1	5	15	30	150	
	Содержание обменного калия, мг/кг*					
K <sub>0</sub>	204	192	168	180	190	187
K <sub>25</sub>	396	357	342	390	243	345
K <sub>50</sub>	526	527	492	601	319	493
Фиксация калия относительно варианта K <sub>0</sub> , мг/кг (% от дозы удобрений)						
K <sub>25</sub>	59 (24)	85 (34)	73 (30)	40 (16)	197 (79)	91 (37)
K <sub>50</sub>	179 (36)	165 (33)	177 (35)	79 (16)	371 (74)	194 (39)

\*Включая водорастворимую форму калия.

По результатам дисперсионного анализа данных опыта (табл. 2) установлено, что содержание обменного калия в черноземе существенно увеличивалось с повышением дозы калийных удобрений (фактор А): в среднем в 1,8 ( $K_{25}$ ) и 2,5 ( $K_{50}$ ) раза. Очевидно, что трансформация в почве калия удобрений зависит от содер-

жания природных носителей той или иной формы этого элемента, что в свою очередь определяется качественным составом минеральной основы почвы.

Если рассматривать влияние срока компостирования (фактор В) на содержание обменного калия в почве, то в течение первых 30 сут существенных изменений не выявлено. Однако при дальнейшем увеличении продолжительности опыта до 150 сут установлено снижение содержание обменного калия в почве, что говорит об увеличении фиксации калия со временем. По-видимому, определяющую роль здесь играет степень насыщенности калием почвенных обменных и необменных позиций.

## 2. Результаты дисперсионного анализа по содержанию обменного калия в почве лабораторного опыта, мг/кг

Вариант опыта	Объем выборки (n)	Среднее значение (M)	Стандартная ошибка (m)	Стандартное отклонение (s)	Действие факторов	
					Разница средних	Значима?
Доза калийных удобрений (фактор А)						
K <sub>0</sub>	10	187	4	14	Контроль	
K <sub>25</sub>	10	345	19	59	156	Да
K <sub>50</sub>	10	493	32	102	306	Да
Период после внесения удобрений, сут (фактор В)						
1	6	375	59	145	Контроль	
5	6	358	62	151	-17	Нет
15	6	334	59	145	-41	Нет
30	6	390	78	190	15	Нет
150	6	251	24	59	-124	Да
НСР <sub>01</sub> по фактору А составила 33,1; по фактору В – 53,0.						

НСР<sub>01</sub> по фактору А составила 33,1; по фактору В – 53,0.

В ранее проведенных исследованиях В.П. Серединой на автоморфных почвах Западной Сибири [15] выявлено, что дерново-подзолистая почва фиксировала до 26% внесенного калия, серая лесная почва – 32-35, чернозем выщелоченный – до 47%. В опытах В.Н. Якименко [21, 22] фиксация калия в серой и темно-серой лесных почвах составила 53-67%, в черноземе выщелоченном и дерново-подзолистой почве – 33-46%, при повышении дозы удобрений процент фиксации калия снижался. Следовательно, калийфиксирующая способность постагрогенного чернозема сопоставима с вышеприведенными результатами.

## 3. Содержание калия в почве через 150 сут после внесения удобрений

Вариант опыта	Форма калия, мг/кг				
	водорастворимая (K <sub>вод</sub> )		обменная (K <sub>обм</sub> )		необменная (K <sub>необм</sub> )
	Всего	Дополнительно**	Всего	Дополнительно**	Всего
K <sub>0</sub>	13	–	177	–	1626
K <sub>25</sub>	21	7 (3)	222	45 (18)	1626
K <sub>50</sub>	31*	18 (4)	288*	111 (22)	1771*

\*Показатели, статистически значимо отличающиеся от таковых в варианте K<sub>0</sub> при p<0,01.

\*\*Дополнительно рассчитано как в абсолютных величинах, так и в процентах от внесенной дозы (процент фиксации).

Установлено, что в конце опыта (150 сут) внесенный с удобрениями калий частично извлекался тремя экстрагентами и накапливался в определенных пропорциях между водорастворимой, обменной и необменной формами (табл. 3). Это зависит, вероятно, от качественного и количественного состава почвенных калийсодержащих компонентов и степени насыщенности ЕКО этим элементом. Так, при дозе K<sub>25</sub> внесенный калий накапливался в обменной (18%) и водорастворимой (3%) формах. Однако большая часть калия удобрений (79%) переходила в прочно связанное с минеральной основой

почвы состояние, не поддающееся извлечению используемыми экстрагентами (в том числе 1 М HNO<sub>3</sub>).

С увеличением дозы удобрений (K<sub>50</sub>) более половины внесенного калия обнаружено в необменной (29%), обменной (22%) и водорастворимой (4%) формах. В то же время 45% калия закрепилось на более высокоселективных почвенных позициях. Это говорит об определенной истощенности чернозема в отношении калия, произошедшей, вероятно, за годы интенсивного сельскохозяйственного использования участка до перевода в залежное состояние.

Если условно принять содержание водорастворимого, обменного и необменного калия в общей сумме за 100%, то значительная доля приходится на необменную форму (до 90%). При внесении удобрений отмечена тенденция к снижению доли необменного калия и увеличению доли обменного и водорастворимого калия. Например, в варианте без удобрений (K<sub>0</sub>) долевое распределение между K<sub>вод</sub> – K<sub>обм</sub> – K<sub>необм</sub> составило 0,7–9,3–90%, тогда как в вариантах с внесением удобрений – 1,1–11,9–87% (K<sub>25</sub>) и 1,1–13,5–85% (K<sub>50</sub>). То есть соотношение между формами калия в черноземе находится на условно стабильном уровне, сформировавшемся в процессе эволюции почвы. При нарушении данного равновесия трансформация форм калия будет идти в направлении восстановления первоначальных пропорций между ними, что отмечено и в других публикациях [7-8, 13-15, 19-23 и др.].

Внесение калийных удобрений способствовало повышению насыщенности ЕКО калием до оптимального уровня (1,56 и 2,05% в вариантах K<sub>25</sub> и K<sub>50</sub>) по сравнению с неустойчивым уровнем в варианте без удобрений (1,22%).

Основные обменные позиции в ППК заняты преимущественно кальцием (табл. 4), который является доминирующим катионом твердой фазы большинства почв. Так, доля кальция из общей суммы катионов (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) в варианте без удобрений (K<sub>0</sub>) составила в водорастворимой форме 67%, в обменной форме – 87%. Доля магния в водорастворимой и обменной формах была, соответственно, 20 и 11%, калия – 5 и 2%, натрия – 8 и менее 1%. В целом же обменные катионы по содержанию в почве можно выстроить в следующий ряд: Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > K<sup>+</sup> > Na<sup>+</sup>.

## 4. Содержание катионов в почве через 150 сут лабораторного опыта

Вариант опыта	Форма: водорастворимая / обменная, смоль(экв)/кг			
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
K <sub>0</sub>	0,45 / 22,99	0,13 / 3,00	0,03 / 0,45	0,05 / 0,04
K <sub>25</sub>	0,89 / 23,16	0,20 / 2,56	0,05 / 0,57	0,05 / 0,05
K <sub>50</sub>	0,95 / 27,20*	0,23 / 2,74	0,08 / 0,74*	0,07 / 0,05

\*Показатели, статистически значимо отличающиеся от таковых в варианте K<sub>0</sub> при p<0,01.

Через 150 сут после внесения калийных удобрений отмечена тенденция к повышению содержания не только водорастворимой формы калия (в 1,3 и 1,6 раза в вариантах K<sub>25</sub> и K<sub>50</sub>), но также кальция (в 2,0 и 2,1 раза) и магния (в 1,5 и 1,8 раза). При дозе K<sub>50</sub> установлено статистически значимое увеличение содержания обменной формы калия (в 1,6 раза) и кальция (1,2 раза). По-видимому, при достаточно высокой концентрации калия в почвенном растворе его катионы могут вытеснять катионы других элементов не только из интенсив-

но и экстенсивно обменных, но и из необменных сорбционных позиций.

Таким образом, при внесении калийных удобрений ионы калия «заполняют», прежде всего, высокоселективные почвенные позиции. Поэтому внесение небольших доз калийных удобрений на истощенных по калию почвах может быть мало или вовсе неэффективным, и только после определенной степени насыщения почвы калием будет наблюдаться положительный эффект от удобрений, что подчеркивают многие исследователи [7-11, 13, 14, 19-22 и др.].

**Выводы.** 1. Изучение калийфиксирующей способности чернозема выщелоченного 30-летней залежи с исходно оптимальным уровнем обеспеченности калием (в обменной и необменной формах) показало, что внесенный с удобрениями калий в дозах 25 и 50 мг/100 г ( $K_{25}$  и  $K_{50}$  соответственно) фиксировался не полностью. При дозе  $K_{50}$  абсолютная величина фиксируемого калия значительно увеличилась, однако фиксация элемента оставалась на уровне дозы  $K_{25}$  и составила в среднем за 5 мес лабораторного опыта 38%.

2. Продолжительность взаимодействия почвы с калийными удобрениями (1, 5, 15, 30 и 150 сут) влияла на калийфиксирующую способность: при более длительном сроке компостирования (150 сут) фиксация калия усиливалась. При внесении удобрений установлено повышение насыщенности ЕКО обменным калием от неустойчивого уровня в варианте без удобрений (1,22%) до оптимального уровня в удобренных вариантах ( $K_{25}$  и  $K_{50}$  – 1,56 и 2,05%).

3. Распределение калия удобрений идет по всем формам: увеличивается его содержание в водорастворимой, обменной и необменной формах. Однако при дозе  $K_{25}$  большая часть внесенного калия (79%) переходит в прочно связанное состояние, не извлекаемое используемыми в опыте экстрагентами. С увеличением дозы ( $K_{50}$ ) более половины калия удобрений обнаружено в необменной (29%), обменной (22%) и водорастворимой (4%) формах. В то же время значительная часть (45%) внесенного калия закрепились на более высокоселективных почвенных позициях.

4. Обменные катионы можно выстроить в следующий ряд по содержанию в черноземе выщелоченном:  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$ . Внесение калийных удобрений способствует повышению содержания кальция и магния в почвенном растворе.

#### Литература

1. Джин Е. Лестер, Джон Л. Джифон, Доналд Дж. Макус. Влияние калийного питания на качество фруктов и овощей: краткий обзор литературы // Питание растений. – 2012. – № 1. – С. 9-14.  
2. Добрянская С.Л. Сравнительная оценка изменения свойств чернозёма выщелоченного Новосибирского Приобья / Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции «Энтузиасты аграрной науки», посвященной 100-летию кафедры почвоведения Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина и 80-летию члена-корреспондента РАН Кудеярова В.Н. 2019. – С. 174-177.  
3. Ерёмин Д.И. Залежь как средство восстановления содержания и запасов гумуса старопашотных черноземов лесостепной зоны Зауралья // Плодородие. – 2014. – № 1 (76). – С. 24-26.

4. Забавская К.М. Фиксация калия различными почвами, выделенными из них механическими фракциями // Агрохимия. – 1974. – № 7. – С. 38-42.  
5. Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М., Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розов, В.А. Носин, Т.А. Фриев. – М.: Колос, 1977. – 224 с.  
6. Кузнецова И.В., Тихонравова П.И., Бондарев А.Г. Изменение свойств залежных серых лесных почв // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1142-1150.  
7. Медведева О.П. Фиксация чернозёмом калия удобрения в необменной форме и его доступность растениям // Агрохимия. – 1976. – № 7. – С. 51-58.  
8. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 332 с.  
9. Нечаева Т.В. Фиксация и десорбция калия смывными темно-серыми лесными почвами Предсалаирья / В сб. материалов Всероссийской научной конференции с международным участием I Ковалевские молодежные чтения «Почвы Сибири: прошлое, настоящее, будущее» / Под ред. К.С. Байкова. – Новосибирск: Окарина, 2011. – С. 131-133.  
10. Носко Б.С. Изменение калийного фонда чернозёмов при распашке многолетней залежи // Почвоведение. – 1999. – № 12. – С. 1474-1480.  
11. Ониани О.Г. Агрохимия калия. – М.: Наука, 1981. – 200 с.  
12. Практикум по агрохимии. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. ак. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.  
13. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.  
14. Пчелкин В.У. Почвенный калий и калийные удобрения. – М.: Колос, 1966. – 336 с.  
15. Середина В.П. Калий и почвообразование. – Томск: Изд-во ТГУ, 2012. – 354 с.  
16. Сорокина О.А., Токачук В.В., Рыбакова А.Н. Постагрогенная трансформация серых лесных почв залежей. – Красноярск: Краснояр. ГАУ, 2016. – 239 с.  
17. Степанцова Л.В., Красин В.Н., Гаврилов А.О. Влияние залежного состояния на физико-химические свойства и структуру чернозема выщелоченного севера Тамбовской области // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2014. – № 4 (4). – С. 7-13.  
18. Сычев В.Г. Возможности совершенствования градаций содержания «доступного» калия // Агрохимический вестник. – 2000. – № 5. – С. 30-34.  
19. Сычев В.Г., Никитина Л.В. Трансформация калия в почвах агроценозов без применения удобрений // Плодородие. – 2017. – № 6. – С. 5-8.  
20. Шаймухаметов М.Ш., Петрофанов В.Л. Влияние длительного применения удобрений на К-фиксирующую способность почв // Почвоведение. – 2008. – № 4. – С. 494-506.  
21. Якименко В.Н. Фиксация и десорбция калия некоторыми автоморфными почвами // Агрохимия. – 1995. – № 2. – С. 12-18.  
22. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – 231 с.  
23. Якименко В.Н. К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов // Плодородие. – 2009. – № 4. – С. 8-10.  
24. Якутина О.П., Нечаева Т.В. Постагрогенная трансформация смыво-намытых почв залежей на юге Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – № 4. – С. 61-66.  
25. IUSS Working Group WRB World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports № 106. – Rome: FAO, 2014. – 181 p.

## POTASSIUM FIXATION CAPACITY AND EXCHANGEABLE CATIONS' COMPOSITION IN A POSTAGROGENIC CHERNOZEM

<sup>1</sup>T.V. Nechaeva, <sup>2</sup>S.L. Dobryanskaya

<sup>1</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Acad. Lavrentiev Avenue 8/2, 630090, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Novosibirsk State Agrarian University, st. Dobrolyubova 160, 630039, Novosibirsk, Russia

Object of our study was abandoned more than 30 years ago area of leached chernozem under perennial herbs and grasses in the forest steppe of West Siberia. The experiment results showed that potassium added at the rates of 25 ( $K_{25}$ ) and 50 ( $K_{50}$ ) mg K/100 g soil was not fixed entirely. Increased added K variant ( $K_{50}$ ) resulted in the increased absolute amount of fixed K; however, its percentage (averaged 38%) was the same as for  $K_{25}$ . At the end of the experiment (150 days) most (79%) of the added K in  $K_{25}$  was not extractable by the used extragents, including 1M  $HNO_3$ . For  $K_{50}$  summarily more than half of the added K was found in the non-exchangeable (29%), exchangeable (22%) and water-soluble (4%) forms, while substantial K fraction (45%) was fixed by positions of higher selectivity. According to their content in the studied chernozem, exchangeable cations can be arranged as:  $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$ .

Keywords: potassium fixation, Luvic Chernozem, potassium forms, cation exchange capacity, calcium, magnesium, sodium, West Siberia.

УДК 634.1/8

## СИДЕРАТЫ В МЕЖДУРЯДЬЯХ МОЛОДОГО САДА

С.М. Хамурзаев, к.с.-х.н., ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет»,  
ФГБНУ «Чеченский НИИ сельского хозяйства»,  
А.А. Мадаев, И. М. Анасов, ФГБНУ «Чеченский НИИ сельского хозяйства»

[salman-x1959@mail.ru](mailto:salman-x1959@mail.ru)

Важную роль в повышении плодородия почвы играют сидеральные культуры для заделки на зеленое удобрение. Они способствуют равномерному распределению органического вещества по всему почвенному профилю. После заделки растительной массы и ее разложения часть органического вещества аккумулируется до образования окисленных форм минеральных соединений. При взаимодействии этих процессов улучшается эффективное и потенциальное плодородие почвы. Проведенные исследования показали, что в условиях паросидеральной системы содержания почвы внесенные весной удобрения сохраняют повышенный режим азотного питания не только в течение вегетационного периода, но и до следующей вегетации.

Ключевые слова: сидеральные культуры, плодородие почвы, корневые остатки, зеленая масса.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.08

В орошаемом саду, где плодовые насаждения обеспечены достаточным количеством влаги, очень важно сохранить в почве и пополнить органическое вещество, поскольку оно интенсивно минерализуется. В таких условиях черный пар необходимо сочетать с посевом многолетних трав с частым скашиванием травостоя и оставлением скошенной массы на месте [1, 2].

По существующим рекомендациям потребность сада в органических удобрениях составляет 20–40 т/га каждые 2–3 года и удовлетворить её только внесением навоза невозможно [3]. Поэтому решить проблему повышения почвенного плодородия можно за счет других видов органических удобрений в садах, в частности сидератов.

Цель исследований – выявить оптимальное действие сидератов в качестве удобрения в междурядьях молодого сада.

**Методика.** Опыты выполняли согласно программе и методике проведения исследований в садоводстве [4]. Влияние сидеральных культур и азотных удобрений на плодородие почвы и рост яблони изучали в течение 2017–2019 гг. в НПФ «Сады Чечни» Гудермесского района Чеченской Республики.

Схема опыта: 1 – черный пар без удобрений – контроль; 2 – навоз, 35 т/га раз в три года +  $N_{45}$ ; 3 – ячмень +  $N_{90}$ ; 4 – ячмень без удобрений; 5 – ячмень с горохом +  $N_{45}$ ; 6 – ячмень с горохом без удобрений; 7 – горох +  $N_{45}$ ; 8 – горох без удобрений.

Сидеральные культуры посеяны в междурядьях сада весной. После цветения и образования бобов их скашивали косилкой-измельчителем, затем массу заделывали в почву дисковыми бородами. Азотные удобрения вносили ежегодно поверхностно весной. В год посева и в годы последствия сидеральных культур удобрения вносили под первую весеннюю обработку почвы. Орошение участка – стационарное подкормное мелкодисперсное, методом дождевания с расходом воды 18–20 л/ч.

Опыты проводили на сортах яблони Голден Би и Гранни Смит (подвой ММ106, год посадки – 2014, площадь питания  $4 \times 3$  м<sup>2</sup>). Повторность трехкратная, по 50 учетных деревьев в варианте. Почва темно-каштановая легкого глинистого с оптимальным содержанием фосфора и калия.

**Результаты и их обсуждение.** Определение содержания минерального азота весной (март), до внесения удобрений, показало, что почва удобренных вариантов содержит больше азотных соединений, чем на контроле. Так, в среднем за три года сумма  $N-NO_2 + N-NH_4$  на контроле составила 6,2 мг/кг почвы (слой 0–100 см). В вариантах с разными сидеральными культурами без внесения удобрений запас азота составил от 7,2 до 8,9 мг/кг, с внесением  $N_{90}$  содержание его увеличилось на 7,3 мг/кг, а с внесением  $N_{45}$  – на 1,7–2,7 мг/кг. При июньском отборе почвенных образцов сумма минерального азота по сравнению с весенним сроком увеличилась в связи с повышением биологической активно-