

**КАЛИЙ В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ**

**Л.В. Никитина, к.б.н., М.В. Беличенко, к.б.н.,  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии  
имени Д.Н. Прянишникова»  
127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.31а, E-mail: [kalinik@bk.ru](mailto:kalinik@bk.ru)**

*Показана активная роль калия в метаболизме растений. Благоприятное развитие агроценозов при недостаточном поступлении калия с удобрениями приводит к регулярному выносу значительного количества  $K_2O$  из верхнего пахотного слоя. При этом урожай формируется благодаря извлечению необменных форм калия, прочно связанных с минеральной частью. В данном случае интенсивность мобилизации необменного калия составляла от 80 до 99% его общего выноса. Применение калийных удобрений – эффективный приём для роста урожайности сельскохозяйственных культур и повышения качества продукции на почвах как слабообеспеченных калием, так и с высоким его содержанием.*

*Ключевые слова:* длительные опыты, калий обменный, калий необменный, эффективность калийных удобрений, дозы калийных удобрений, сахарная свекла, соя, кукуруза, картофель.

Для цитирования: Никитина Л.В., Беличенко М.В. Калий в питании растений и эффективность калийных удобрений // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 5-8. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.01.

Основой для оценки действия систем удобрения, севооборотов и различных приёмов земледелия на плодородие почв и продуктивность сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях является информация длительных полевых опытов Географической сети опытов с удобрениями, ценность которых пропорциональна их длительности. Только в длительных опытах осуществляется постоянное, контролируемое во времени и пространстве воздействие агрохимических, агрономических и природных факторов на изменение питательных режимов и свойств почв в различных природно-климатических зонах.

С внедрением и развитием интенсивных технологий одним из основных звеньев при возделывании сельскохозяйственных культур является внесение калийных удобрений. Анализ информации проводимых в настоящее время длительных полевых опытов показывает, что исследованиям процессов взаимодействия калия почв и удобрений и перехода его в растения практически не уделяют внимания или изучают гораздо меньше тех же процессов для азота и фосфора.

Калий прямо и опосредованно участвует во всех важнейших этапах роста и развития растений сельскохозяйственного назначения. Особенно важно иметь достаточное количество этого элемента на ранних стадиях развития растений при делении клеток в молодых органах и тканях. Недостаток калия замедляет деление клеток и тормозит накопление вегетативной массы. Для калия в растениях свойственна высокая мобильность. Он может перераспределяться из старых листьев в молодые [1, 2] и таким образом использоваться повторно.

Известно, что процессы транспирации и дыхания осуществляются через устьица. Калий, регулируя их движение, контролирует водный баланс растения, что повышает устойчивость к засухе. При достаточной обеспеченности растений калием происходит лучшее развитие корневой системы, что позволяет ей проникать в более глубокие слои почвы и использовать из них влагу [1].

Внесение калийных удобрений повышает зимостойкость озимых культур. Накопленные к осени в узле кушения сахара не только понижают температуру замерзания клеточного сока и воды в протоплазме клеток, но и являются энергетическим материалом для дыхания растений при перезимовке [3].

Калий повышает устойчивость злаковых культур к полеганию, что связано с увеличением толщины стенок соломины за счёт более высокого содержания лигнина в стенках клеток склеренхимы и паренхимы [2].

Калий повышает устойчивость растений к различным болезням и повреждению вредителями, особенно на фоне избыточного азотного питания, как в течение вегетации, так и в послепосевной период. Связано это с тем, что соли калия оказывают угнетающее действие на развитие и размножение вредителей и патогенных микроорганизмов. При внесении калийных удобрений в растительных клетках не происходит накопления низкомолекулярных растворимых органических соединений, являющихся благоприятной питательной средой для развития болезнетворных микроорганизмов и вредителей. Так, внесение хлористого калия в дозах 120-240 кг  $K_2O$ /га на 48% снижало распространение стеблевых гнилей кукурузы [1].

Важные свойства калия – иммобилизация радионуклидов и значительное снижение их содержания в растениях. Основным агрохимическим приемом для ограничения поступления  $^{137}Cs$  в растения из почв радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий является применение калийных удобрений. Высокие дозы калия, применённые на дерново-подзолистых супесчаных почвах в средней степени, обеспеченных обменным калием, увеличивали подвижность  $K_2O_{обм.}$ , при этом поступление в сельскохозяйственные культуры  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  снизилось до 40-70% [4].

Калий – один из важнейших и незаменимых элементов питания растений также, как азот и фосфор. Вынос калия урожаем зависит от вида сельскохозяйственной

культуры (табл. 1) и иногда превосходит вынос фосфора и даже азота.

**1. Примерный вынос калия разными культурами [5]**

Культура	Урожайность основной продукции, т/га	Вынос $K_2O$ с урожаем, кг/га	Соотношение $N: P_2O_5: K_2O$
Зерновые (злаки)	2,5-3,5	60-90	1:0,4:0,8
Картофель	20-30	150-300	1:0,3:1,4
Сахарная свёкла	40-50	250-400	1:0,3:1,5
Кукуруза (зелёная масса)	50-70	180-250	1:0,3:1,2
Капуста	50-70	220-320	1:0,4:1,4

В современных условиях при низком уровне внесения калийных удобрений, а в большинстве случаев их отсутствии, возделывание сортов и гибридов растений интенсивного типа привело к обеднению и истощению запасов доступных соединений калия в пахотных почвах земледельческих регионов России. В дерново-подзолистых почвах европейской части России, согласно данным длительных полевых опытов, содержание обменного калия уменьшилось на 25-35% от исходного уровня. Оно достигло минимального значения, обусловленного гранулометрическим составом, и соответствует уровню калийного истощения почв [6].

Ежегодный вынос калия с урожаем, особенно калиелюбивых культур, не восполняется поступлением удобрений, а обеспечивается, в основном, за счёт дополнительного использования элемента из потенциальных запасов почвы, и непоправимого падения плодородия почв в отношении калия пока не отмечено. Объясняется это тем, что содержание подвижного калия в почве восполняется из пулов необменных форм элемента, которые прочно связаны с минеральным скелетом почвы.

Длительные полевые опыты с удобрениями показали высокий вынос калия в интенсивных севооборотах на почвах разного типа. В дерново-подзолистых почвах в зернопропашных и зернокармликовых севооборотах отчуждение калия составило от 580 до 1210 кг/га, в серых лесных – до 470, в черноземах и светло-каштановых почвах от 840 до 1560 кг  $K_2O$ /га. По результатам исследований установлено, что ежегодный вынос калия из пула необменных форм на разных почвах следующий: в дерново-подзолистых и серых лесных почвах до 60 кг/га, в высокообеспеченных калием чернозёмах мобилизуется до 95 кг/га, в светло-каштановых почвах мобилизация прочно-связанного калия достигает 144 кг  $K_2O$ /га, что составляет до 98% общего его выноса с урожаем [7]. В длительных опытах на более влажных луговых и дерново-луговых почвах получены схожие результаты – в общем выносе элемента необменный калий здесь составил до 100%, а в Сибири на выщелоченных чернозёмах этот показатель на контроле был 30 кг/га, или 91% [8]. Усвоение калия из необменных форм со временем резко снижается, особенно на почвах лёгкого гранулометрического состава [9].

Таким образом, выращивание сельскохозяйственной продукции приводит к интенсивному выносу значительных объёмов калия из пахотного горизонта почвы.

Важно отметить, что запасы калия в пахотных горизонтах минеральных почв значительны и зависят от их разновидности. Однако применение калийных удобрений дает положительные результаты и на хорошо обеспеченных этим элементом почвах. Особенно реагируют на внесение повышенных доз калийных удобрений требовательные к этому элементу кормовые и овощные

культуры: картофель, кукуруза, сахарная и кормовая свёкла. Применение калийных удобрений в этом случае компенсирует интенсивный вынос элемента из почвы и предотвращает падение её плодородия, повышает урожай культуры и качество продукции.

Сахарная свёкла является одной из наиболее рентабельных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Центрально-Чернозёмном регионе, где наибольшие площади занимают чернозёмы, характеризующиеся высокой обеспеченностью калием. Так, в опытах, проводимых на выщелоченном чернозёме с содержанием обменного калия 249-269 мг/кг почвы по Масловой, что соответствует высокому уровню, отмечен положительный эффект возрастающих доз калийного удобрения, внесённого под сахарную свёклу. Наибольший урожай свёклы – 62,6 т/га и максимальный сбор сахара 9,7 т/га обеспечила доза  $K_2O$  – 140 кг д.в./га, достоверная прибавка, обусловленная внесением калия – 9,2 т/га, что составляет 17,4% всего урожая (табл. 2).

**2. Урожайность сахарной свёклы и сбор сахара в опытах, т/га [10]**

Показатель	Тёмно-серая лесная почва		Выщелоченный чернозём	
	Урожайность корнеплодов	Сбор сахара	Урожайность корнеплодов	Сбор сахара
Урожайность в варианте NP	56,9	8,9	66,2	9,8
Максимальная урожайность в вариантах NPK	69,3	11,4	80,4	12,3
Прибавка от калия при максимальной урожайности	12,4	2,5	14,2	2,5
HCP <sub>05</sub>	1,2		9,6	

В производственном опыте на тёмно-серой лесной почве с высоким содержанием  $K_2O_{обм.}$  с повышением дозы калийного удобрения возрастал урожай сахарной свёклы. Применение 280 кг  $K_2O$ /га обеспечило наибольший урожай и сбор сахара. Эта доза калия обеспечила прибавку выхода сахара 28% к фону NP.

Использование невысоких доз калия (60-90 кг/га) в посевах ячменя в длительном опыте, проводимом на супесчаной почве со средним содержанием  $K_2O_{обм.}$  по Масловой 160 мг/кг почвы, показало невысокую эффективность калийных удобрений. Прибавка урожая ячменя относительно фона  $N_{60}P_{60}$  составила 4,9-7,2 ц/га, или 20,5-27,5%. Окупаемость хлористого калия в посевах ячменя по двум дозам равна 8,2 кг зерна на 1 кг  $K_2O$  при внесении 60 кг  $K_2O$ /га и 8,0 кг зерна при дозе  $K_{90}$ , т.е. была практически равной и невысокой [11].

В производстве зерновых в России основную роль играет озимая пшеница. Эта культура требовательна к уровню плодородия почв и весьма отзывчива на применение калийных удобрений [12].

Важно отметить, что картофель также требователен к обеспечению почв калием, и внесение калийных удобрений значительно повышает его урожайность. Результаты проведения длительного опыта в Пермском крае на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, среднеобеспеченной калием – 160 мг/кг, показали, что применение 150 кг/га KCl на фоне  $N_{150}P_{150}$  дало прибавку урожая картофеля 6,9 т/га [13].

Лён-долгунец тоже хорошо отзывается на внесение калийных удобрений. На среднеобеспеченных калием дерново-подзолистых почвах внесение 90 кг/га KCl на фоне  $N_{30}P_{40}$  повышало урожай льноволокна до 35%. В

засушливые годы калий играет особо большую роль в формировании урожайности льна-долгунца и на его долю приходилось 29-37% прибавки урожая [14].

Для современного земледелия в России характерно возрастание территорий, занятых под возделывание сои. Высокое содержание растительного белка и масла в этой культуре определяет всё большее её использование в рационе людей и животных. Наиболее активное потребление культурой калия наблюдается в период формирования и налива бобов. В опытах на чернозёмах с повышенным содержанием подвижного калия в ЦЧР установлено, что внесение 90 кг  $K_2O$ /га обеспечивает получение максимальной прибавки урожая в размере 0,12 т/га. Окупаемость калийных удобрений прибавкой урожая составила 1,3 кг семян сои/кг  $K_2O$ . При этом качество зерна сои не ухудшилось, содержание белка и жира осталось на прежнем уровне [17].

На современном этапе ведения сельского хозяйства основными требованиями к внесению удобрений являются максимальное повышение их окупаемости и эффективное использование достигнутого почвенного плодородия.

Окупаемость калийных удобрений определяет прибавка урожая, которая зависит от обеспеченности почв калием и дозы удобрения.

По результатам трехлетних исследований внесения калийных удобрений под сахарную свеклу (Липецкая, Воронежская обл.), кукурузу на зерно (Воронежская, Белгородская обл.) установлено, что применение их на повышенном и высоком фоне обеспеченности калием почв Центрально-Чернозёмной зоны было агрономически эффективным. Так, в опытах с сахарной свёклой, проведенных на почвах ЦЧР с высокой обеспеченностью обменным калием (245-270 мг/кг почвы по Масловой) максимальную окупаемость калийных удобрений прибавкой урожая свеклы обеспечило внесение 70 кг/га калия на фоне азотных и фосфорных удобрений (рис.).

Повышение доз калия до 280 кг/га не обеспечило экономически эффективный результат [15].

В опытных посевах кукурузы на зерно, проводимых в Белгородской области на выщелоченном чернозёме с повышенной обеспеченностью калием (202 мг/кг почвы по Масловой), максимальную урожайность – 9,4 т/га обеспечило внесение 280 кг  $K_2O$ /га. Относительно фона с внесением азотных и фосфорных удобрений максимальная прибавка урожая зерна от калийных удобрений составила 25%, или 1,9 т/га. Окупаемость 1 кг калийных удобрений прибавкой урожая зерна кукурузы равна 6,7 кг [16].

В Воронежской области на выщелоченном чернозёме внесение калийных удобрений под кукурузу на зерно обеспечило рост урожая на 15% и сохранение его качества. Доза 120 кг  $K_2O$ /га дала наибольшую урожайность зерна – 3,6 т/га, прибавка урожая от калия составила 0,5 т/га, а окупаемость 1 кг калийного удобрения – 4 кг зерна кукурузы [16].

**Заключение.** Калий является исключительно важным элементом минерального питания растений среди других макроэлементов и занимает ведущие позиции по величине выноса из почвы с урожаями сельскохозяйственных культур. Обобщённые данные Географической сети опытов с удобрениями и Агрохимической службы показывают, что применение калийных удобрений является эффективным приёмом, способствующим формированию количественных и качественных показателей

урожая сельскохозяйственных культур на почвах не только с невысокой степенью обеспеченности обменным калием, но и с высоким его содержанием.

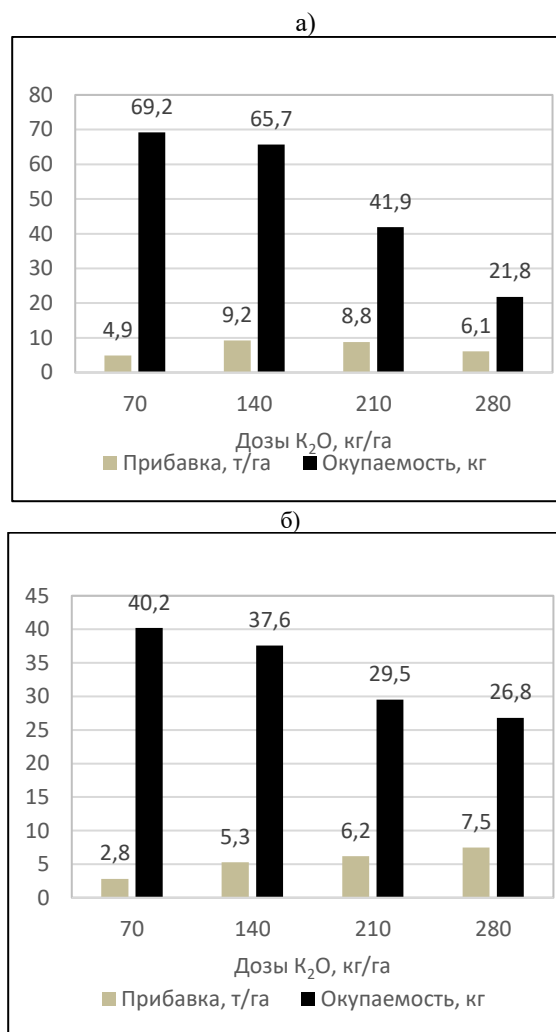


Рис. Прибавка урожая сахарной свеклы и окупаемость калийных удобрений на выщелоченном чернозёме (а) и тёмно-серой лесной почве (б) (в среднем за 3 года)

#### Литература

1. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения: Практич. рук-во. – М.: Ледум, 2000. 184 с.
2. Баршадская С.И., Дерка Ф.И. Калийное питание и продуктивность сельскохозяйственных культур на чернозёме обыкновенном Западного Предкавказья// «Эффективность калийных удобрений», Сб. материалов Международного института питания растений. -2016. – С. 17-19.
3. Карманенко Н.М. Зимостойкость, минеральное питание и продуктивность озимой пшеницы. – М.: ВНИИА, 2011. – 500 с.
4. Пуятин Ю.В. Влияние калийных удобрений и обеспеченности почв подвижным калием на накопление  $^{137}Cs$  зернофуражными культурами//Почвоведение и агрохимия. – 2021. -№2. – С. 100-107.
5. Прокошев В.В. Место и значение калия в агроэкосистеме// Росс. хим. журнал. – 2005. – Т. XLIX. – №3. – С. 35-43.
6. Никитина Л.В. Исследования калийного режима разных типов почв в длительных опытах Геосети // Агрохимия. – 2018.- №1. – С.39-51.
7. Сычев В.Г., Никитина Л.В. Трансформация калия в почвах агроценозов без применения удобрений//Плодородие. -2017. – №6. – С. 5-7.
8. Воронкова Н.А., Храмов И.Ф. Влияние длительного применения минеральных удобрений и соломы в севообороте на калийный режим чернозёма выщелоченного//Фундаментальные исследования. – 2015. – №2. – Ч. 2. – С. 307-312.
9. Лукин С.М. Калийное состояние дерново-подзолистой супесчаной почвы и баланс калия при длительном применении удобрений//Агрохимия. – 2012. – №12. – С. 5-14.
10. Никитина Л.В., Романенков В.А., Иванова С.Е. Оценка обеспеченности почв Центрально-Чернозёмного региона калием при различной

интенсивности применения калийных удобрений//Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – №3. – С. 16-21.

11. Лукин С.М., Марчук Е.В., Золкина Е.И., Климкина Ю.М. Продуктивность зернопропашного севооборота при длительном применении различных систем удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве // Агрохимия. – 2018. – № 2. – С. 71-78.

12. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы/Под ред. В.Ф. Федоренко, А.А. Завалина, Н.З. Милащенко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 395 с.

13. Лейних П.А. Влияние минеральных удобрений на калийный режим в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве опытного поля ГНУ «Пермский НИИСХ» Россельхозакадемии//Пермский аграрный вестник. – 2013. – №2. – С. 25-29.

14. Налиухин А.Н., Веденеева Н.В. Калийный режим дерново-подзолистых почв льноводческих районов Вологодской области и эффективность калийных удобрений в посевах льна-долгунца//Агрохимия. – 2012. – №12. – С. 24-30.

15. Никитина Л.В., Романенков В.А., Иванова С.Е. Обеспеченность выщелоченного чернозёма калием и калийное питание сахарной свёклы// Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – №4. – С. 3-7.

16. Иванова С.Е., Романенков В.А., Никитина Л.В. Первые результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению калийных удобрений в России// Вестник Международного института питания растений. -2016. № – С. 63-66.

17. Иванова С.Е., Лукин С.В. Совершенствование минерального питания сои в Белгородской области//Питание растений. -2018. -№4. – С. 2-4.

## POTASSIUM IN PLANT NUTRITION AND EFFECTIVENESS OF POTASSIUM FERTILIZERS

*L.V. Nikitina* *ved.N.S., Candidate of Biological Sciences, M.V. Belichenko* *ved.N.S., Candidate of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 31a, E-mail kalinik@bk.ru*

*The active role of potassium in plant metabolism has been demonstrated. The functioning of agrocenoses in conditions of a deficient potassium balance is based on the systematic alienation of large quantities of K<sub>2</sub>O from the upper arable layer and the formation of the crop largely occurs due to other non-exchangeable forms of potassium, more firmly associated with the mineral part of the soil, while the intensity of mobilization of non-exchangeable potassium was 80-99% from the total removal of potassium. The application of potassium fertilizers, both on soils poorly supplied with potassium and on soils with a high content of potassium, is an effective method, because contributes to increased crop yields and improved product quality.*

*Key words: long-term experiments, exchangeable potassium, non-exchangeable potassium, effectiveness of potassium fertilizers, doses of potassium fertilizers, sugar beets, soybeans, corn, potatoes.*

УДК: 631.212633

DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.02

## КАЛИЙ В СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*В.Г. Сычев<sup>1</sup>, акад. РАН, В.В. Лапа<sup>2</sup>, акад. НАН Беларуси, А.Р. Цыганов<sup>3</sup>, акад. НАН Беларуси, А.А. Цыганова<sup>4</sup>, к.с.-х.н., Т.Г. Синевич<sup>5</sup>, к.с.-х.н.*

<sup>1</sup> *ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н. Прянишникова, 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 31А*

<sup>2</sup> *Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, г. Минск*

<sup>3</sup> *УО Белорусский государственный технологический университет им. С.М. Кирова*

<sup>4</sup> *Белорусский национальный технический университет*

<sup>5</sup> *УО Гродненский государственный аграрный университет*

*Приведена динамика подвижного калия в пахотных почвах Республики Беларусь за период с 1966 по 2020 г. Установлено, что за указанный период содержание подвижного калия возросло с 67 мг/кг почвы в 1970 г. до 207 мг/кг почвы в 2020 г. Положительная динамика калия в пахотных почвах обусловлена использованием калийных и органических удобрений, а также постоянным применением органических удобрений. При возделывании сельскохозяйственных культур на загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС радионуклидами землями вносят дополнительные дозы (от 20 до 60 кг д.в./га) калийных удобрений для снижения перехода цезия-137 в растениеводческую продукцию. В системе применения калийных удобрений под сельскохозяйственные культуры на пахотных почвах необходимо улучшить соотношение между фосфором и калием, что возможно при переходе на более широкое использование комплексных форм минеральных удобрений.*

*Ключевые слова: калий, система удобрения, агрохимическое обследование, элементы питания растений, пахотные почвы.*

Для цитирования: Сычев В.Г., Лапа В.В., Цыганов А.Р., Цыганова А.А., Синевич Т.Г. Калий в системе удобрения сельскохозяйственных культур в республике Беларусь. // Плодородие. – 2023. – №6. – С. 8-11. DOI: 10.25680/S19948603.2023.135.02.

Применение калийных удобрений в системе удобрения сельскохозяйственных культур – важный фактор их урожайности и повышения плодородия почв Республики Беларусь. Дерново-подзолистые почвы, преобладающие в структуре пахотных земель Республики Беларусь, изначально характеризовались низким содержанием подвижного калия. В период первого тура

агрохимического обследования, совмещенного с почвенным обследованием 1966-1970 г., содержание подвижного калия в пахотных почвах составляло 67 мг/кг почвы, а почвы с низким (менее 140 мг/кг почвы) содержанием калия занимали 88,0% пашни (рис. 1, 2). В этот период в расчете на 1 га пахотных почв применяли только 42 кг д.в. калийных удобрений (рис. 3).