

Список литературы

мг/кг) областей. В Белгородской области высокое содержание подвижных форм калия (121-180 мг/кг) характерно для 36,1%, а очень высокое содержание (более 180 мг/кг) – для 11,0% обследованных почв. В Воронежской области эти показатели составляют 43,9 и 6,8% соответственно. Такие почвы в основном преобладают в степной зоне, расположенной на востоке и юго-востоке этих областей.

Таким образом, материалы агрохимического обследования свидетельствуют о достаточно стабильном содержании подвижных форм калия в пахотных почвах ЦЧО на современном этапе их использования. Тем не менее, для стабилизации калийного режима чернозёмов и обеспечения сбалансированного минерального питания сельскохозяйственных растений необходимо увеличить поступление этого элемента в агроландшафты до уровня, обеспечивающего интенсивность баланса не менее 80%.

П.А. Чекмарев, член-корреспондент РАСХН, директор департамента растениеводства, Министерство сельского хозяйства РФ

С.В. Лукин, доктор сельскохозяйственных наук, ФГУ центр агрохимической службы «Белгородский», e-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Ю.И. Сискевич, кандидат географических наук, ФГУ центр агрохимической службы «Липецкий»

Н.П. Юмашев, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГУ центр агрохимической службы «Тамбовский»

В.И. Корчагин, ФГУ центр агрохимической службы «Воронежский»

А.Н. Хижняков, ФГУ станция агрохимической службы «Курская»

Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. – М.: Колос, 1977. – 416 с.

Лукин С.В., Соловиченко В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №8 – С. 15-17.

Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. – М.: Колос, 1997. – 240 с.

Акулов П.Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность чернозёмов. – М.: Колос, 1992. – 223 с.

Медведев, В.В. Мониторинг почв Украины. – Харьков: ПФ «Антиква», 2002. – 428 с.

Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2005. – 292 с.

Прянишников Д.Н. Агрохимия. – М.: 1952. – 735 с.

Сискевич Ю.И., Никонова Г.Н. Мониторинг содержания калия в почвах Липецкой области // Агрохимический вестник. – 2006. – №6. – С. 2-4.

Минеев, В.Г. Агрохимия и экологические функции калия. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 331 с.

Плодородие чернозёмов России / под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 1998. – 688 с.

Прокошев В.В., Носов В.В. Уровень калийного питания – одно из условий устойчивого земледелия в Центральном Черноземье/ Теория и практика использования агрохимических средств в со-временном земледелии Центрально-Черноземных областей Рос-сии. – Белгород: Крестьянское дело, 2002. – С. 120-125.

Козлова О.Н., Соколова Т.А., Носов В.В., Балдина В.В. О содержании калия в различных вытяжках из черноземов и дерново-подзолистых почв разного гранулометрического и минералогического состава // Агрохимия. – 2003. – №10. – С. 13-21.

Лукин С.В., Васенев И.И., Цыгуткин А.С. Агроэкологическая оценка многолетней динамики содержания обменного калия в чернозёмах западной части ЦЧО // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №8. – С. 42-45.

Питание зерновых колосовых культур калием на каштановых почвах

В.Н. Багринцева

Ставрополье является одним из крупнейших зернопроизводящих регионов России. Особо остро проблема стабилизации урожайности зерновых культур в крае стоит в засушливых районах, где выращивается около 50% производимого в регионе зерна. Почвенно-климатические ресурсы засушливой части Ставрополья при отсутствии крайне неблагоприятных погодных явлений позволяют получать достаточно высокие урожаи зерновых культур. В неблагоприятные годы недостаточное количество осадков, неравномерное их распределение по периодам вегетации зерновых, почвенная засуха и суховеи вызывают снижение урожайности в 2 и более раз. Удобрения являются наиболее действенным способом повышения урожая зерна и улучшения его качества.

Важно отметить, что при оптимальном минеральном питании растений обеспечивается эффективное водопотребление.

В России в целом каштановые почвы занимают 11% пашни – четвертое место после черноземов, серых лесных и дерново-подзолистых почв (Сельское хозяйство России, 2010). В Ставропольском крае зона каштановых почв расположена в северо-восточной и восточной части региона. Каштановые почвы вместе с комплексующимися с ними солонцами и солончаками составляют 46% территории края (Антыков и Стоморов, 1970).

Восточная часть Ставрополья характеризуется наибольшим количеством осадков и неравномерным их распределением в течение года. Так, по данным Буден-

Почва	Водорастворимый (по Александрову)	Легкообменный (по Карпинскому)	Подвижный (по Мачигину)	Необменный	
				по Пчелкину	по Гедройцу
Чернозем карбонатный ¹	20	8	214	1260	4750
Каштановая ²	16	20	277	992	3800
Каштановая ³	40	60	345	700	3395
Светло-каштановая ³	80	96	600	863	3254

Примечание: 1 – Шпаковский район; 2 – Буденновский район; 3 – Левокумский район.

новской метеостанции, среднемноголетнее годовое количество осадков в районе ее расположения составляет 354 мм. Несмотря на общую тенденцию к увеличению годового количества осадков, наблюдается цикличность повторения лет с крайне недостаточными условиями увлажнения.

В табл. 1 приведены результаты определения содержания разных форм калия в каштановых почвах в сравнении с черноземом (Багринцева, 1993). В каштановой и светло-каштановой почвах водорастворимого и подвижного калия содержится больше, чем в черноземе. В них также выше степень подвижности калия или содержание так называемого «легкообменного» калия (извлекаемого из почвы раствором хлорида кальция). Например, в светло-каштановой почве по сравнению с черноземом содержание водорастворимого калия больше в 4 раза, легкообменного – в 12 раз, а подвижного – в 2.8 раза. Как известно, обеспеченность подвижным калием возрастает от темно-каштановых к светло-каштановым почвам. В то же время, менее доступных растениям – резервных форм калия в каштановых почвах меньше, чем в черноземе. Так, содержание необменных форм калия в светло-каштановой почве в 1.5 раза меньше, чем в черноземе.

Сравнение разных типов (подтипов) почв по последовательному вытеснению калия раствором карбоната аммония (1:20) показывает, что общее количество вытесненного калия в каштановой почве было в 1.6-1.9 раза больше, чем в черноземной (табл. 2). Однако из каштановой и светло-каштановой почв уже в первую вытяжку переходит 68-76% от всего вытесненного калия, а в черноземе в первом фильтрате обнаруживается значительно меньше калия от его общей суммы. Даже в десятую вытяжку из чернозема переходило 34 мг K₂O/кг почвы, а из каштановых и светло-каштановой почв весь подвижный калий был вытеснен на 6-ой – 8-ой процедуре. Таким образом, каштановые почвы не могут обеспечить быстрое восполнение подвижных форм калия за счет его

труднодоступных форм по сравнению с черноземом. Поэтому при близком отрицательном балансе калия его запасы в доступных формах в каштановых почвах могут уменьшаться быстрее, чем в черноземах (Черкасова, 1991).

Длительное время считалось, что на каштановых почвах озимая пшеница не испытывает потребности в дополнительном внесении калия с удобрениями ввиду того, что каштановые почвы имеют более высокое содержание подвижного калия по сравнению с черноземами (Челядинов и Стоморев, 1964). Поэтому изучению влияния калийных удобрений на рост, развитие, устойчивость озимой пшеницы к болезням, засухе, неблагоприятным условиям перезимовки, на величину и качество урожая в целом уделялось недостаточно внимания. В результате к тому моменту, когда наметилась тенденция к ухудшению калийного режима каштановых почв, экспериментальных данных по эффективности калийных удобрений не оказалось. Тем не менее, снижение содержания подвижного калия в каштановых почвах, уменьшение площади пашни с повышенной и высокой обеспеченностью этой формой калия и увеличение площади пашни со средней и низкой обеспеченностью заставили рекомендовать внесение калийных удобрений под озимую пшеницу для компенсации выноса этого элемента урожаем (Карандашов и Подколзин, 1987). Однако не подтвержденные экспериментальными данными о том, дают ли калийные удобрения какой-либо эффект, кроме поддержания запасов калия в почве на определенном уровне, эти предложения не нашли в то время поддержки у агрономов хозяйств.

На рис. 1 показано применение калийных удобрений и динамика содержания подвижного калия (по методу Мачигина) в каштановых почвах по данным нескольких туров агрохимического обследования (Подколзин, 2008). Внесение калия в рассматриваемой почвенно-климатической зоне имело место с 80-х и только до середины 90-х годов прошлого века.

Таблица 2. Результаты последовательного вытеснения калия из чернозема карбонатного и каштановых почв 1%-м раствором карбоната аммония

Почва	Содержание К в фильтратах, мг K ₂ O/кг почвы											1-й фильтрат в % от суммы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма	
Чернозем карбонатный	235	126	65	75	63	49	34	32	34	34	747	31
Каштановая	266	32	28	21	17	10	8	8	0	0	390	68
Каштановая	345	44	32	16	8	8	0	0	0	0	453	76
Светло-каштановая	606	98	49	28	12	8	0	0	0	0	801	76



Рис. 1. Применение калийных удобрений и средневзвешенное содержание подвижных форм калия для зоны светло-каштановых, каштановых и темно-каштановых почв Ставрополья

По усредненным данным, при внесении калийных удобрений под пшеницу после чистого пара каждые 3 кг K₂O/га повышают содержание подвижного калия в каштановых почвах на 1 мг K₂O/кг почвы. В последние годы калийные удобрения практически не применяются на каштановых почвах, и земледелие здесь ведется при отрицательном балансе калия, что уже негативно отразилось на содержании подвижного калия в почве. На основе результатов, полученных с помощью стандартного метода агрохимического обследования почв, можно сделать вывод о том, что плодородие почв по калию практически вернулось к исходному уровню 60-х годов, т.е. когда начинали активно применять калийные удобрения.

Опыты, проведенные лабораторией агрохимии Прикумского филиала (Прикумская опытно-селекционная станция) Ставропольского НИИСХ на каштановой почве с содержанием подвижного калия по Мачигину 250-300 мг K₂O/кг почвы (а это повышенный уровень), показали, что при правильном применении калийные удобрения дают существенные прибавки урожая и высокое качество зерна (Багринцева, 1996). Это, пожалуй, единственные фундаментальные исследования по питанию зерновых колосовых культур калием в данной почвенно-климатической зоне Ставрополья, результаты которых очень актуальны, особенно с учетом того, что плодородие почв по калию в последнее время стало снижаться. Основные опыты проводились для следующего севооборота: чистый пар – озимая пшеница – озимая пшеница – чистый пар – озимая пшеница – озимый ячмень. При этом фосфорные удобрения вносились только под первую озимую пшеницу по-

Таблица 3. Накопление абсолютно сухого вещества зерновыми культурами в севообороте, т/га (в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Фаза развития		
	Кущение	Колошение	Созревание
<i>1-я озимая пшеница (после чистого пара)</i>			
N ₆₀ P ₁₂₀	3.32	9.02	13.65
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	3.70	9.45	14.13
<i>2-я озимая пшеница</i>			
N ₆₀	1.77	6.50	7.87
N ₆₀ K ₆₀	2.43	7.45	8.67
<i>Озимый ячмень</i>			
N ₆₀	1.77	4.13	5.01
N ₆₀ K ₃₀	1.92	4.97	6.35

сле пара, т.е. 2 раза за севооборот. Следует отметить, что повторные посевы озимой пшеницы все-таки достаточно часто практикуются в хозяйствах в настоящее время.

Согласно полученным в опытах данным, у озимой пшеницы и озимого ячменя при удобрении калием наблюдалось увеличение вегетативной массы и массы сухого вещества (табл. 3). Влияние калийного удобрения четко проявлялось во все фазы развития озимой пшеницы. Относительные прибавки урожая сухого вещества за счет калийных удобрений у второй пшеницы после пара были выше, чем у первой, и это, вероятно, связано с тем, что вторая пшеница после пара хуже обеспечена калием. Так, максимум накопления сухого вещества у второй пшеницы обеспечивало внесение калия в дозе 60 кг K₂O/га, за счет которой прирост в фазе кущения составил 37%, в фазе колошения – 15%, и в фазе созревания – 10%.

Положительное влияние калия на формирование биомассы в посевах озимого ячменя также четко проявлялось в течение всей вегетации данной культуры (табл. 3), причем в разные по погодным условиям годы. В результате внесения только 30 кг K₂O/га прирост сухого вещества в посеве ячменя в фазу созревания составил 27%.

В данном опыте применение калийных удобрений положительно повлияло на структуру урожая озимой пшеницы – у первой культуры после пара повышалась общая и продуктивная кустистость, а, следовательно, количество стеблей и колосьев на 1 м² (табл. 4). Под влиянием внесенного калия несколько увеличивалась также масса соломы, колосьев и зерна с 1 м². В результате применения калийных удобрений особенно улучшались показатели продуктивности у озимой

Таблица 4. Структура урожая озимой пшеницы при внесении калийных удобрений (в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Число, шт./м ²			Кустистость		Масса, г/м ²		
	Растений	Стеблей	Колосьев	Общая	Продуктивная	Соломы	Колосьев	Зерна
<i>1-я озимая пшеница (после чистого пара)</i>								
N ₆₀ P ₁₂₀	263	607	541	2.3	2.1	1013	557	400
N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀	259	627	580	2.4	2.2	1043	579	411
<i>2-я озимая пшеница</i>								
N ₆₀	199	408	389	2.1	2.9	484	427	321
N ₆₀ K ₆₀	228	493	448	2.2	2.0	612	488	367

Таблица 5. Влияние калийных удобрений на урожай зерна зерновых культур в севообороте (в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Урожай зерна, т/га	Прибавка		Окупаемость 1 кг K_2O прибавкой урожая, кг/кг
		ц/га	%	
<i>1-я озимая пшеница (после чистого пара)</i>				
$N_{60}P_{120}$	4.23	-	-	-
$N_{60}P_{120}K_{60}$	4.49	0.26	6	4.3
<i>2-я озимая пшеница</i>				
N_{60}	2.93	-	-	-
$N_{60}K_{60}$	3.28	0.35	12	5.8
<i>Озимый ячмень</i>				
N_{60}	2.58	-	-	-
$N_{60}K_{30}$	2.93	0.35	14	11.7

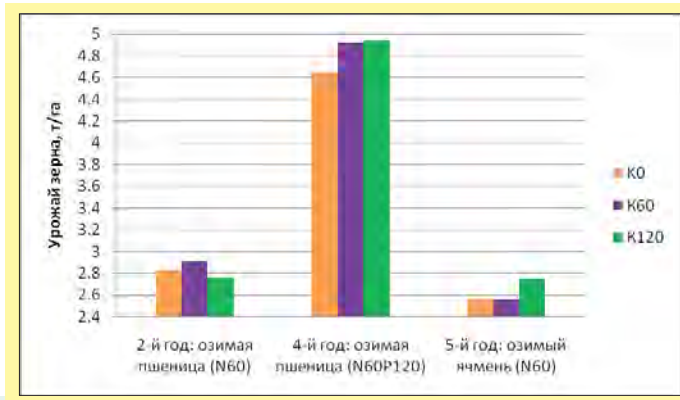


Рис. 2. Годы последствия калийных удобрений, внесенных в дозах 0, 60 и 120 кг K_2O /га под 1-ю озимую пшеницу после чистого пара (на фоне $N_{60}P_{120}$), на урожайность последующих культур севооборота

пшеницы, выращиваемой второй после чистого пара. При внесении калия число растений повысилось на 15%, стеблей – на 21%, и колосьев – на 15%. На варианте с полным минеральным питанием, где на фоне последствий фосфорных удобрений вносили азотные и калийные удобрения по 60 кг д.в./га, масса соломы выросла на 26%, колосьев – на 14% и зерна – тоже на 14 %.

Как следует из табл. 5, урожай зерна первой озимой пшеницы после чистого пара повысился на 0.26 т/га (или на 6%) за счет применения калийных удобрений в дозе 60 кг K_2O /га. На озимой пшенице, выращиваемой повторно, калий в той же дозе дал прибавку урожая зерна, равную 0.35 т/га (или 12%). Калийные удобрения давали более высокие относительные прибавки урожая у озимого ячменя – на 14%. С учетом такой хорошей отдачи от внесения небольшой дозы калия под ячмень агрономическая эффективность калийных удобрений (окупаемость 1 кг K_2O прибавкой урожая зерна) в данном случае была максимальной и составила 11.7 кг/кг. Согласно оценкам, в условиях 2011 г. порог условной окупаемости хлористого калия насыпью на озимой пшенице и ячмене (без учета затрат на доставку удобрений в хозяйство, их внесение в почву, а также уборку и доработку прибавки урожая) составил около 1.5 кг зерна на 1 кг K_2O . Проведенные наблюдения за последствием калийных удобрений показали, что они оказывают положительное влияние на урожайность зерновых культур не только в год внесения (рис. 2). Калийные удобрения, внесенные под первую озимую пшеницу после пара, несколько повышали урожай пшеницы, выращиваемой повторно. Проявлялось последствие калия на озимой пшенице и через четыре года после его внесения. За счет после-

действия калийных удобрений повышался и урожай озимого ячменя – через пять лет после внесения максимальной дозы калия (120 кг K_2O /га). Следовательно, при планировании системы удобрения в севооборотах стоит учитывать использование остаточного калия удобрений зерновыми культурами. В тоже время, чтобы не было миграции и накопления калия удобрений в профиле каштановых почв, доза вносимых калийных удобрений не должна превышать 60 кг K_2O /га, поскольку калий удобрений слабо фиксируется в верхних горизонтах каштановой почвы.

Калию принадлежит важная роль в формировании высококачественного зерна у озимой пшеницы на каштановых почвах (табл. 6). На первой пшенице после пара положительное влияние калия на полновесность зерна сильнее всего проявилось в год, когда наблюдалась почвенная и атмосферная засуха во время колошения и налива зерна. Внесение под пшеницу хлористого калия в дозе 60 кг K_2O /га повысило массу 1000 зерен – с 28.6 до 31.1 г, содержание клейковины – с 20.5 до 21.5% (а показания ИДК – с 36 до 46 ед.). Такие изменения качества озимой пшеницы под влиянием калийного удобрения доказывают положительную роль калия в улучшении использования растениями азота, накопленного в чистом пару.

При применении калия в составе полного минерального удобрения особенно существенно улучшается качество зерна второй озимой пшеницы после чистого пара (табл. 6). В повторном посеве озимая пшеница при внесении в почву только азота и фосфора (последствие фосфора) дает зерно с очень низкими показателями качества. Калийное же удобрение повышает стекловидность зерна и содержание в нем клейковины. Особенно значительно (на 6% – с 19.1% до 25.1%) содержание клейковины в зерне повысилось в год, который характеризовался достаточным увлажнением во время колошения и налива зерна. По содержанию клейковины зерно второй озимой пшеницы после чистого пара соответствовало ценному только при сбалансированном применении минеральных удобрений.

Таким образом, применение калийных удобрений позволяет получать существенные прибавки урожая зерна и улучшать его качество на каштановых почвах.

Таблица 6. Влияние калийных удобрений на качество зерна озимой пшеницы (в среднем за 3 года)

Вариант опыта	Натура, г/л	Стекловидность, %	Клейковина, %
<i>1-я озимая пшеница (после чистого пара)</i>			
$N_{60}P_{120}$	764	38	22.8
+ K_{60}	767	43	24.9
<i>2-я озимая пшеница</i>			
N_{60}	761	33	17.9
+ K_{60}	763	40	21.1

При этом для второй озимой пшеницы после пара калий более важен по сравнению с предшествующей первой пшеницей. Следует отметить, что даже при повышенном классе обеспеченности каштановых почв подвижным калием, определенным с помощью стандартного метода почвенного анализа, не гарантируется, что растения будут адекватно обеспечены калием и сформируют максимально возможный урожай. Возможно, что градации по обеспеченности каштановых почв подвижным калием нуждаются в пересмотре в сторону увеличения.

Багринцева В.Н. – заведующая отделом технологии возделывания кукурузы ВНИИ кукурузы (г. Пятигорск), доктор сельскохозяйственных наук; e-mail: 75.61.795@rambler.ru.

Литература

Антыков А.Я. и Стоморев А.Я. 1970. Почвы Ставропольского края и их плодородие. Ставрополь: Кн. изд-во. 413 с.

Эффективность калийного удобрения в агроэкосистемах на серых лесных почвах ополья Центральной России

В.И. Никитишен, В.И. Личко

Исследования, проведенные нами (Никитишен, 1984, 2002, 2003), а также результаты, полученные другими авторами (Гордецкая, 1976; Никитина, 1994; Яговенко, 1995; Окорков, 2001), свидетельствуют о том, что серые лесные почвы ополья гораздо лучше обеспечены калием по сравнению с азотом и фосфором. Прежде всего, это связано с более высоким валовым содержанием в них К, которое в почвах Мещовского ополья составляет 2.26% K_2O (Никитишен, 1984), в почвах Владимирского ополья и юга Подмосковья соответственно 2.18–2.44% и 2.28–2.64% (Алифанов, 1995).

Как известно (Прокошев, Дерюгин, 2000), валовое содержание калия в почвах зависит от минералогического состава почвы, и прежде всего от того, в какой доле в ней представлены калийсодержащие минералы группы полевых шпатов и слюд (10–12% K_2O) и продукты их выветривания. Наиболее обогащена калием илестая фракция почв, доля которой в верхних горизонтах составляет 14–17%, возрастая с глубиной до 24–32% (Алифанов, 1995; Окорков, 2001).

Высокое содержание в илестой фракции серых лесных почв гидрослюд мусковит-серицитового типа, смешано-слоистых образований слюда-сметитового и хлорит-сметитового типов, калиевых полевых шпатов обуславливают повышенные запасы в них валовых и подвижных форм калия. Как показали наши исследования в стационарных полевых опытах на Калужской опытной станции (Никитишен, 1984), обеспеченность серых лесных почв калием характеризовалась следующим содержанием усвояемых и потенциально

Сельское хозяйство России. 2010. Министерство сельского хозяйства РФ. Москва. 54 с.

Багринцева В.Н. 1993. Применение калийных удобрений под озимую пшеницу (рекомендации для Левокумского района Ставропольского края). Буденновск. 29 с.

Черкасова Л.П. 1991. Состояние калийного режима почвы и его изменение при систематическом использовании удобрений в севооборотах: Автореф. дис. ... канд. с.-х. н. Москва. 24 с.

Челядинов Г.И. и Стоморев А.Я. 1964. Ставропольский край. В кн.: Агрохимическая характеристика почв СССР (под ред. Соколова А.В.). М.: Наука. С. 144–174.

Карандашов Л.Г. и Подколзин А.И. 1987. Химизация сельского хозяйства на Ставрополье. Ставрополь. 69 с.

Подколзин А.И. 2008. Эволюция, воспроизводство плодородия почв и оптимизация применения удобрений в агроландшафтах Центрального Предкавказья: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Москва. 45 с.

Багринцева В.Н. 1996. Оптимизация возделывания зерновых культур в севооборотах Восточного Предкавказья: Дис. ... д-ра с.-х. наук. Ставрополь.

доступной форм этого элемента питания в пахотном слое (мг $K_2O/100$ г почвы): водорастворимый – 0.8–1.0, обменный – 8.0–10.0, необменный – 140–150. По мере увеличения доли илестой фракции с глубиной с 12–16% до 26–30% содержание водорастворимого калия понижалось до 0.2–0.3 мг $K_2O/100$ г почвы, а количество обменно- и необменно поглощенного калия увеличивалось вдвое – до 16.0–18.0 и 280–300 мг $K_2O/100$ г почвы. Таким образом, исходя из современных представлений в области калийного питания, согласно которым взаимодействие этих форм почвенного К определяет доступность его растениям (Никитишен, 1984; Минеев, 1999; Прокошев, Дерюгин, 2000), становится очевидным, насколько велики запасы этого биогенного элемента в серых лесных почвах ополья. Последнее, однако, не означает, что они не нуждаются в калийных удобрениях, о чем свидетельствуют результаты изучения их эффективности в полевых севооборотах, изложенные ниже.

Исследования проводили в многолетних стационарных полевых опытах на Экспериментальной полевой станции института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Почвы опытных участков – серые лесные, среднесуглинистые, характеризующиеся малым содержанием гумуса (2.1–2.2%), слабокислой реакцией среды (pH_{KCl} 5.3–5.4) и невысоким количеством обменного калия по Масловой (8–12 мг $K_2O/100$ г). Исходная обеспеченность подвижными фосфатами по Кирсанову в опытах составляла: 3–4 мг/100 г (поле 1) и 7–8 мг/100 г (поле 2). Чередование культур в 9-польном севообороте было