



Чобану Анастасия

Анастасия Чобану в 2016 году окончила Белгородский аграрный университет им.В. Я. Горина (г. Белгород) и получила диплом бакалавра по направлению «Агрохимия и агропочвоведение». Обучалась на кафедре агрохимии, агропочвоведения и экологии. За время обучения была премирована повышенными академическими стипендиями за успехи в учебной и научной деятельности. Научно-исследовательская работа Анастасии связана с влиянием минеральной, органоминеральной и органической систем удобрений на биологические показатели плодородия почвы. Тема выпускной квалификационной работы, представленной на конкурс: «Влияние системы удобрения на биологические показатели плодородия почвы». Исследования были выполнены в полевых опытах, проводимых аграрным университетом. Анастасия – автор и соавтор 5-ти публикаций по вышеуказанным тематикам. Ее цель – продолжение обучения в магистратуре аграрного университета и дальнейшее участие в научно-исследовательской работе в выбранном направлении.

Последствие калийных удобрений на картофеле в Западной Сибири

В.Н. Якименко и В.В. Носов

В стационарном полевом опыте на серой лесной почве показано, что последствие калийных удобрений на картофеле наблюдается в течение 2-5 лет в зависимости от ранее внесенных в почву доз калия. В период последствия абсолютное снижение содержания обменных и необменных форм калия в почве значительно превышало его вынос урожаем.

Изучение действия и последствия калийных удобрений проводилось в различных почвенно-климатических условиях России. Так, исследования, проведенные на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, показали, что калий переходит в разряд первого минимума через 8-10 лет после прекращения внесения удобрений (Прокошев, 2002). Почвенные резервы калия, накопленные в хорошо окультуренных дерново-подзолистых почвах за счет длительного внесения калийных удобрений, позволяли получать высокие урожаи культур в течение 3-х ротаций полевого севооборота или 18-ти лет после прекращения применения калийных удобрений (Иванов и др., 2009).

Согласно результатам исследований, проведенных на серых лесных почвах (Никитишен и др., 2000), доступность калия, ранее внесенного с удобрениями и поглощенного почвой, не уступает его прямому действию. Прибавка урожайности зерновых культур в 1-й год последствие калия на черноземных почвах составила 4-33% (Иванова и др., 2015). На каштановых почвах последствие калийных удобрений, внесенных в высокой дозе, сохранялось в течение 5-ти лет (Багринцева, 2011).

Учитывая продолжающееся истощение почвенного плодородия по калию, наиболее сильно прогрессирующее в Сибирском регионе, оптимизация калийного питания сельскохозяйственных культур представляется важным направлением исследований. Цель работы – изучение калийного состояния серой лесной среднесуглинистой почвы при прекращении внесения калийных удобрений и оценка их последствия на урожайность картофеля в стационарном полевом опыте, заложенном в 1988 г. на целинной почве. Опыт расположен на научном стационаре ИПА СО РАН в лесостепной зоне юга Западной Сибири. В первые годы выращивали овощные культуры в севообороте, а с 2000 г. – картофель в монокультуре. Данные по плодородию почвы, а также дозы удобрений под различные овощные культуры и картофель и их урожайность опубликованы ранее (Якименко, 2003; 2006; Якименко и Носов, 2012). Дозы минеральных удобрений под картофель в последние годы составляли: азота – 100 кг/га, фосфора

Таблица 1. Влияние последствия калийных удобрений на содержание легкообменного калия в почве (мг K_2O /кг почвы).

Вариант опыта	2008	2009	2010	2011	2012
K_0	5	3	5	4	5
K_{30}	5	4	5	5	5
K_{60}	8	6	6	5	5
K_{90}	12	8	7	6	5
K_{120}	25	15	16	12	9
K_{150}	32	25	22	17	10
НСР _{0.05}	12	15	13	14	15

Примечание: во всех вариантах вносилось только 100 кг N/га и 60 кг P_2O_5 /га (указанные дозы калия применялись в предыдущие годы).

– 60 кг P₂O₅/га, калия – 30, 60, 90, 120 и 150 кг K₂O/га. С 2008 г. на части площади опыта калийные удобрения в вариантах NPK вносить перестали. Мониторинг содержания обменного калия после уборки картофеля проводился с использованием вытяжки 1 М CH₃COONH₄ (1:10), легкообменного – в вытяжке 0.0025 М CaCl₂ (1:2), необменного – в вытяжке 1 М HNO₃ (1:10).

Содержание легкообменного калия, ввиду малых абсолютных величин, нечасто применяется для характеристики калийного состояния пахотных почв. Однако имеющиеся данные свидетельствуют о его хороших диагностических возможностях, поскольку он наиболее чувствителен к истощению почвы по калию и, кроме того, мало зависит от гранулометрического состава почв (Носов и др., 1997; Якименко, 2003). Показано, что в почвах разного гранулометрического состава критическое содержание легкообменного калия, когда растения начинают испытывать потребность во внесении калийных удобрений, составляет 10 мг K₂O/кг почвы (Якименко, 2003). В то же время, повышение содержания легкообменного калия в почве более 30 мг K₂O/кг может сопровождаться нежелательными последствиями: значительным увеличением непродуктивного выноса элемента выращиваемыми культурами и возможным вымыванием калия за пределы корнеобитаемого слоя.

В течение периода последействия калийных удобрений содержание легкообменного калия в почве довольно быстро снизилось до уровня, отражающего условия недостаточного калийного питания растений (табл. 1). Это наблюдалось уже в 1-й год при предшествующем внесении до 60 кг K₂O/га, и на 2-й год – при более высоком уровне созданного плодородия по калию. В вариантах, где ранее вносилось 120-150 кг K₂O/га, содержание легкообменной формы калия в почве снизилось до дефицитного уровня только на 5-й год.

С самого начала исследований в 1988 г. в варианте без внесения калийных удобрений (K₀) содержание обменного калия в почве снизилось в течение первых 4-5 лет до стабильного уровня – со 120 до 80 мг K₂O/кг (Якименко, 2003), на котором и оставалось всё последующее время, включая рассматриваемые в данной работе годы исследований (2008-12 гг.) (табл. 2). Этот минимальный уровень обменного калия в почве, очевидно, составляют катионы, интрамицеллярно поглощенные ППК (Якименко, 2015).

Таблица 2. Влияние последействия калийных удобрений на содержание обменного калия в почве (мг K₂O/кг почвы).

Вариант опыта	2008	2009	2010	2011	2012
K ₀	80	79	79	81	78
K ₃₀	100	83	89	80	72
K ₆₀	124	90	92	83	72
K ₉₀	145	103	97	95	90
K ₁₂₀	263	161	153	117	100
K ₁₅₀	355	228	181	142	117
HCP _{0.05}	71	65	67	63	63

Селективность данных обменных позиций к калию, по-видимому, очень высокая, поэтому выращивание сельскохозяйственных культур не приводит к их истощению.

Минимальный уровень обменного калия в конкретной почве определяется ее емкостью катионного обмена (ЕКО). Для зональных почв Западной Сибири он составляет 0.8-0.9% от ЕКО в суглинистых разновидностях и 1.0-1.2 – в супесчаных (Якименко, 2003). Важно подчеркнуть, что при мониторинге калийного состояния пахотных почв подобная стабильность содержания обменного калия часто ошибочно оценивается как благополучная ситуация, хотя в действительности стабилизация произошла на минимальном уровне. При этом многие культуры, а особенно К-любивые (картофель, овощные культуры и др.), испытывают недостаток калия.

После прекращения внесения калийных удобрений содержание обменного калия в почве закономерно снижалось (табл. 2). В вариантах с длительным предшествующим внесением невысоких доз калия (30-60 кг K₂O/га) оно снизилось до минимального уровня или приблизилось к нему уже на 2-й год. В варианте, где ранее вносилась более высокая доза калия (90 кг/га), это произошло на 4-5-й годы последействия. При исходном высоком содержании обменного калия в почве, сформированном при предшествующем бездефицитном калийном балансе (внесение 120-150 кг K₂O/га), масштабы его снижения в течение периода последействия были особенно заметны. Через 5 лет после прекращения внесения калийных удобрений уровень обменного калия в почве этих вариантов снизился в 2.5-3.5 раза, а наиболее значительное падение произошло за первые 2 года.

Данные о содержании в почве необменного калия позволяют оценить ближайшие резервы пополнения обменной формы этого элемента. Считается, что необменный калий – это калий, находящийся в межпакетном пространстве трехслойных глинистых минералов. В почве фонового варианта (K₀) содержание необменного калия стабилизировалось, несмотря на продолжавшийся ежегодный вынос калия урожаем (табл. 3). Следовательно, для данной формы калия также имеется минимальный уровень. При этом соотношение между обменными и необменными формами калия приближается к показателям целинной почвы.

Таблица 3. Влияние последействия калийных удобрений на содержание необменного калия в почве (мг K₂O/кг почвы).

Вариант опыта	2008	2009	2010	2011	2012
K ₀	950	900	92	900	920
K ₃₀	1050	930	910	900	910
K ₆₀	1160	1080	1000	990	920
K ₉₀	1270	1210	1140	1070	950
K ₁₂₀	1390	1320	1300	1250	1200
K ₁₅₀	1670	1570	1420	1330	1250
HCP _{0.05}	150	140	160	150	140

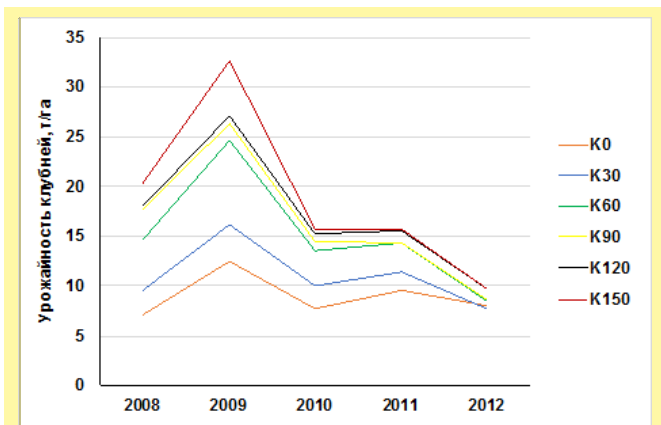


Рис. 1. Последствие калийных удобрений на урожайность клубней картофеля (т/га).

Прекращение внесения калийных удобрений привело к заметному снижению содержания обменного калия в почве. Его падение было наиболее значительным в вариантах с предшествующим внесением высоких доз калия (120-150 кг/га) – на 300-600 мг/кг почвы (от уровня 2007 г.) за рассматриваемые годы последствия. Калий, накопленный почвой в обменной и необменной форме в течение 2-х десятилетий и существенно превышающий естественный, целинный уровень, по-видимому, хорошо доступен растениям.

Относительное постоянство в течение длительного времени содержания в почве изученных форм калия при сильном дефиците калийного баланса предполагает заметное участие в питании растений и в поддержании складывающегося равновесия между формами калия более труднодоступных форм, не извлекаемых использованной кислотной вытяжкой. Этот приход обеспечивается, видимо, за счет калия первичных почвенных минералов (слюды, полевых шпатов). Слюдистые минералы составляют основу почвенной фракции физической глины (<0.01 мм), содержание которой и определяет, в целом, калийный статус почв (Якименко, 2003).

Урожайность картофеля в значительной степени зависела от погодных условий (рис. 1). В 2008, 2010 и, особенно, 2012 г. лето было засушливым, а 2009 и 2011 гг. отличались хорошей тепло- и влагообеспеченностью. Картофель – культура со слаборазвитой корневой системой и относительно непродолжительным периодом максимального потребления элементов питания, и ее продуктивность закономерно реагировала на изменения калийного состояния почвы. В 2008-11 гг. урожайность картофеля в вариантах с последствием калия была существенно выше, чем в варианте, где он никогда не вносился (K0). Однако в 2012 г. урожайность клубней во всех вариантах практически сравнялась. Отметим, что в 2012 г. урожайность в вариантах с последствием составила примерно 60-65% от таковой при продолжающемся ежегодном внесении калийных удобрений (Якименко, 2015). Таким образом, можно полагать, что последствие различных доз калийных удобрений завершилось на 5-й год исследований.

Таблица 4. Баланс калия (K_2O) при последствии калийных удобрений в сумме за 5 лет: 2008-12 гг.

Вариант опыта	Вынос, кг/га	Баланс	
		кг/га	мг/кг почвы
K_0	135	-135	-68
K_{30}	176	-176	-88
K_{60}	263	-263	-132
K_{90}	318	-318	-159
K_{120}	360	-360	-180
K_{150}	477	-477	-239

Возможно, в вариантах с предшествующим внесением максимальных доз калийных удобрений и бездефицитным балансом калия последствие ощущалось бы и еще некоторое непродолжительное время, но только в благоприятный по тепло- и влагообеспеченности год. В засушливые годы наблюдаемая обеспеченность почвы калием уже является недостаточной, а последний год опыта (2012 г.) был как раз самым засушливым.

Исходя из поступления калия с удобрениями (0 кг K_2O /га) и его выноса основной и побочной продукцией картофеля, был рассчитан баланс калия (табл. 4). В фоновом варианте (K0), где калийные удобрения ранее не применялись, картофель поглощал из почвы в среднем 27 кг K_2O /га в год, что было явно недостаточно для полноценного питания растений. Вынос элемента в вариантах с предшествующим внесением калийных удобрений был прямо пропорционален созданному уровню плодородия почвы по калию. Его вынос ожидаемо возрастал в вариантах с последствием максимально высоких доз. Соответственно, здесь складывался наиболее отрицательный баланс калия, и за рассматриваемые годы была практически нивелирована исходная большая разница в калийном состоянии почвы между изученными вариантами.

Установлено, что независимо от складывающегося в агроценозе калийного баланса, основные изменения содержания изученных форм калия в почве отмечаются в пахотном слое 0-20 см (Якименко, 2007). В этой связи, баланс калия был также выражен в мг/кг почвы пахотного слоя (плотность – 1.0 г/см³) (табл. 4). При этом масштабы истощения изученных форм калия в почве в вариантах с последствием калийных удобрений были значительно больше в сравнении с величиной отрицательного баланса калия, выраженного в мг/кг почвы. Следовательно, вынос калия урожаем не объясняет всех причин существенного падения содержания изученных форм калия в почве. Предполагается протекание в почве процессов фиксации ранее внесенного калия, который, скорее всего, не извлекается использованной кислотной вытяжкой.

Таким образом, изучение последствия калия, накопленного в почве за предшествующий длительный период внесения возрастающих доз калийных удобрений, показало, что его длительность закономерно зависит от созданного уровня плодородия почвы. Достигнутая за 2 десятилетия высокая обеспе-



Вид опытных делянок с картофелем.

ченность почвы всеми формами калия сравнительно быстро (за 4-5 лет) снижается до уровня, практически характерного для целинной почвы.

Якименко В.Н. – заведующий лабораторией агрохимии Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск), доктор биологических наук; e-mail: yakimen-ko@issa.nsc.ru.

Носов В.В. – региональный директор по Югу и Востоку России Международного института питания растений, кандидат биологических наук; e-mail: vnosov@ipni.net.

Литература

Прокошев В.В. О необходимости применения калийных удобрений // *Плодородие*. 2002. № 1. С. 18–20.

Иванов А.И., Иванов И.А., Воробьев В.А., Лямцева Е.Г. Изменение калийного состояния хорошо окультуренной почвы при применении калий-дефицитной системы удобрения // *Агрохимия*. 2009. № 4. С. 21-26.

Никитишен В.И., Дмитракова Л.К., Личко В.И. Роль почвы и удобрения в обеспечении калийного питания культур севооборота // *Агрохимия*. 2000. № 12. С. 30-35.

Иванова С.Е., Романенков В.А., Никитина Л.В. Результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению калийных удобрений в России в 2014. Питание растений. *Вестник Международного института питания растений*. 2015. № 4. С. 2-4.

Багринцева В.Н. Питание зерновых колосовых культур калием на каштановых почвах. Питание растений. *Вестник Международного института питания растений*. 2011. № 3. С. 6-10.

Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 231 с.

Якименко В.Н. Влияние баланса калия в агроценозе на продуктивность культур и калийное состояние почвы // *Агрохимия*. 2006. № 5. с. 3-9.

Якименко В.Н., Носов В.В. Эффективность применения калийных удобрений в Западной Сибири. Питание растений. *Вестник Международного института питания растений*. 2012. № 1. С. 2-5.

Якименко В.Н. 2015. Действие и последствие калийных удобрений в полевом опыте на серой лесной почве // *Агрохимия*. № 4. С. 3-12

Носов В.В., Соколова Т.А., Прокошев В.В., Исаенко М.А. Изменение некоторых показателей калийного состояния дерново-подзолистых почв под влиянием применения калийных удобрений в длительных полевых опытах // *Агрохимия*. 1997. № 5. С. 13-19

Якименко В.Н. Изменение содержания форм калия по профилю почвы при различном калийном балансе в агроценозах // *Агрохимия*. 2007. № 3. с. 5-11.

Crop Nutrient Deficiency Photo Contest — 2016

Победители конкурса фотографий

«Признаки недостатка элементов питания у сельскохозяйственных культур» в 2016 г.

Международный институт питания растений в очередной раз рад представить победителей конкурса фотографий «Признаки недостатка элементов питания у сельскохозяйственных культур». По всем четырем категориям в 2016 г. были получены отличные примеры, иллюстрирующие недостаток элементов питания у растений.

Мы выражаем благодарность всем участникам, приславшим свои фотографии на конкурс. Победители конкурса, помимо денежного вознаграждения, получают также USB-флеш-накопитель с последней версией нашей фотоколлекции, содержащей сотни снимков. Полную информацию о данной фотоколлекции можно получить, перейдя по ссылке: <http://ipni.info/nutrientimagecollection>. Приглашаем всех участников конкурса регулярно посещать раздел нашего сайта, посвященный данному мероприятию, где уже можно ознакомиться с условиями подачи заявок в 2017 г.: <http://www.ipni.net/photocontest>. Желаем удачи!

