

## **CROP ROTATION PRODUCTIVITY AND NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM BALANCE IN CROPPING ON SOD-PODZOLIC SANDY LOAM AND LOAMY SOIL**

**V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, O.G. Kulesh**

### *Summary*

It was revealed that average annual grain-grass rotation productivity on sod-podzolic loamy soil during lower phosphorus fertilization at 70 kg/ha and potassium fertilization at 20 kg/ha on 8,2–12,8 h of f.u./ha was higher than at the sod-podzolic sandy loam. Total nutrients removal with yields has increased with increasing of fertilizer doses; potassium removal was the most significant, then nitrogen, phosphorus, calcium were in descending order; it was observed at all experiment variants the depletion of mobile forms of potassium on sod-podzolic soil in the 18–80 mg/kg and 27–48 mg/kg on sandy loam soil; humus content varied in both soil variants within experimental error.

*Поступила 22.04.15*

УДК 631.416.4:631.582:631.8

## **БАЛАНС КАЛИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОПОДЗОЛЕННОМ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОМ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ**

**Г.Н. Господаренко, О.В. Никитина, Ю.И. Кривда**  
*Уманский национальный университет садоводства,  
г. Умань, Украина*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Проблема баланса калия в земледелии очень важна и до конца не разработана. Обычно ученые предлагают полную компенсацию удобрениями выноса калия урожаем. Однако в этом, в большинстве случаев, нет никакой необходимости. Прежде всего, расчеты, выполненные на основе средних коэффициентов, как правило, не совпадают с данными по выносу в конкретных условиях, особенно на культурах с высоким выносом калия за счет ботвы (свекла сахарная), листо-стеблевой массы (кукуруза) и соломы зерновых. Значительная часть калия растительных остатков к моменту уборки урожая остается на поле, причем с существенными различиями в зависимости от погодных условий [1].

Изменение содержания подвижных форм калия в почвах находятся в определенной зависимости от состояния их баланса [2, 3, 4].

По мнению Д.Н. Прянишникова, допустимая интенсивность баланса калия должна составлять не менее 80% [5]. На черноземах типичных, выщелоченных и оподзоленных с повышенным и высоким содержанием подвижных соединений

калия – 80–180 мг/кг (по методу Чирикова), в районах неустойчивого увлажнения возвращение калия должно быть 40–60% от выноса урожаем культур севооборота [6].

Изучение баланса питательных веществ в земледелии позволяет определить избыток или недостаток отдельных элементов питания растений для формирования урожая. Проведение таких исследований в динамике позволяет разработать предложения для планового регулирования баланса на конкретных природно-административных территориях [2].

При составлении рациональной системы удобрения одной из задач является достижение положительного баланса питательных веществ. В этом аспекте особую ценность имеют данные, полученные в длительных стационарных опытах с различными уровнями удобрения в которых учитываются статьи баланса и особенности круговорота биофильных элементов. Эти данные являются одной из главных составляющих теории применения удобрений и необходимы для прогнозирования плодородия почвы.

## МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная часть работы выполнена на опытном поле учебно–научно–производственного отдела Уманского национального университета садоводства в условиях длительного (с 1964 г.) стационарного опыта кафедры агрохимии и почвоведения, основой которого является 10–польный полевой севооборот, развернутый во времени и пространстве. В севообороте применяется минеральная с внесением на 1 га севооборотной площади  $N_{45}P_{45}K_{45}$ ;  $N_{90}P_{90}K_{90}$  и  $N_{135}P_{135}K_{135}$ , органическая (Навоз 9 т; 13,5 т, 18 т) и органо–минеральная (Навоз 4,5 т +  $N_{22}P_{34}K_{18}$ ; Навоз 9 т +  $N_{45}P_{68}K_{36}$ ; Навоз 13,5 т +  $N_{68}P_{101}K_{54}$ ) системы удобрения. В I и II ротациях севооборота по минеральной, органической и органо–минеральной системам удобрения в вариантах опыта  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , Навоз 18 т и Навоз 9 т +  $N_{45}P_{68}K_{36}$  насыщенность 1 га площади севооборота была  $N_{135}P_{135}K_{135}$ , Навоз 13,5 т, Навоз 6,8 т +  $N_{101}P_{118}K_{95}$  соответственно. Разница этих вариантов с третьим уровнем удобрения была в разных нормах удобрений, которые вносились под отдельные культуры.

Почва опытных участков – чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый на лесе. На закладке опыта имел следующие показатели: содержание гумуса (по методу Тюрина) – 3,31%, азота легкогидролизованных соединений (по методу Тюрина–Кононовой) – 48 мг/кг, подвижных фосфатов (по методу Трюга) – 150 мг/кг, обменных соединений калия (по методу Бровкиной) – 90 мг/кг,  $pH_{KCl}$  – 6,2, гидролитическая кислотность – 2,5 смоль/кг, степень насыщенности основаниями – 95%.

Содержимое общих форм калия в одной навеске растительного материала определяли после мокрого озоления на пламенном фотометре.

Для упрощения балансовых расчетов было сокращено количество сопоставимых и равных статей как в части поступления, так и в части выноса калия. Считали, что суммарное количество калия, поступающего из атмосферы и с семенами, соответствует их потери от эрозии и вымывания. В связи с такими упрощениями в приходной части баланса оставили только статью внесения с удобрениями, а в расходной – вынос товарной и нетоварной частями урожая (хозяйственный вынос) [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показали, что баланс и его интенсивность (ИБ) во всех ротациях складывался неравномерно и в значительной степени зависел от уровня поступления его с удобрениями и выносом с урожаем.

Как видно из данных табл. 1, вынос калия в первой ротации на участках без удобрений составляло 84 кг/га в год. На удобряемых участках он был выше и превышал показатель на 16–32 кг/га в год. Чем меньше поступало калия с удобрениями, тем больше был его дефицит. Баланс был бездефицитным только при внесении двойной и тройной нормы удобрений при минеральной и органо-минеральной системе удобрения (интенсивность баланса была 117–121%). Так, при минеральной системе вынос этого элемента при применении двойной и тройной дозах удобрений превышал его потребление на 23 и 24 кг/га в год, при органо-минеральной – 23 и 19 кг/га соответственно.

Таблица 1

**Динамика баланса калия в почве полевого севооборота при различном удобрении, кг  $K_2O$ /га за год**

Статья баланса	Вариант опыта									
	Без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$	$N_{90}P_{90}K_{90}$	$N_{135}P_{135}K_{135}$	Навоз 9 т	Навоз 13,5 т	Навоз 18 т	Навоз 4,5 т + $N_{22}P_{34}K_{18}$	Навоз 9 т + $N_{45}P_{68}K_{36}$	Навоз 13,5 т + $N_{68}P_{101}K_{54}$
I ротация										
Поступление	–	45	135	135	54	81	81	45	135	135
Вынос	84	102	112	111	100	107	109	107	113	116
Баланс	–84	–57	23	24	–46	–26	–28	–62	23	19
ИБ, %	–	44	121	121	54	76	74	42	120	117
II ротация										
Поступление	–	45	135	135	54	81	81	45	135	135
Вынос	82	102	119	122	99	112	115	110	124	128
Баланс	–82	–57	16	13	–45	–31	–34	–65	11	7
ИБ, %	–	44	114	111	55	73	71	41	109	106
III ротация										
Поступление	–	45	90	135	54	81	108	45	90	135
Вынос	82,4	109	131	144	106	122	134	114	134	150
Баланс	–82	–64	–41	–9	–52	–41	–26	–69	–44	–15
ИБ, %	–	41	69	94	51	66	81	40	67	90
IV ротация										
Поступление	–	45	90	135	54	81	108	45	90	135
Вынос	90	119	143	159	115	134	147	125	149	169
Баланс	–90	–74	–53	–24	–61	–53	–39	–80	–59	–34
ИБ, %	–	38	63	85	47	61	74	36	60	80
V ротация										
Поступление	–	45	90	135	54	81	108	45	90	135
Вынос	88	121	147	162	118	135	145	128	153	169

Статья баланса	Вариант опыта									
	Без удобрений	N <sub>45</sub> P <sub>46</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>	Навоз 9 т	Навоз 13,5 т	Навоз 18 т	Навоз 4,5 т + N <sub>22</sub> P <sub>34</sub> K <sub>18</sub>	Навоз 9 т + N <sub>45</sub> P <sub>66</sub> K <sub>36</sub>	Навоз 13,5 т + N <sub>66</sub> P <sub>101</sub> K <sub>54</sub>
Баланс	-88	-76	-57	-27	-64	-54	-37	-83	-63	-34
ИБ, %	-	37	61	84	46	60	74	35	59	80
1965–2014 гг.										
Поступление	-	45	90	135	54	81	97	45	108	135
Вынос	85	110	130	139	107	122	130	117	135	146
Баланс	-85	-66	-40	-4	-53	-41	-33	-72	-27	-11
ИБ, %	-	41	69	97	50	66	75	39	80	92

Во второй ротации вынос калия культурами севооборота в варианте без применения удобрений составлял 82 кг/га в год. Одинарные нормы минеральных удобрений компенсировали вынос калия на 44%, тогда как двойные и тройные – создавали положительный баланс с интенсивностью 114 и 111% соответственно. Применение только органических удобрений из расчета 9 т/га площади севооборота обеспечило дефицит калия на уровне 45 кг/га в год, а компенсация выноса находилась на уровне 55%. При внесении навоза в 1,5 раза больше дефицит калия уменьшился на 18%, а при внесении 18 т/га навоза – на 16%. По органо-минеральной системе удобрения двойная и тройная нормы удобрений создавали положительный баланс калия в севообороте, интенсивность которого составляла 109 и 106% соответственно.

В связи с изменениями, внесенными в систему удобрения в 1984 г. в применении удобрений под отдельные культуры севооборота, в соответствии к требованиям интенсивных технологий, баланс калия в третьей ротации несколько отличался от данных за первую и вторую. С 1985 года дефицит калия стал больше, что связано с увеличением урожайности культур севооборота. Удобрения не обеспечивали положительный баланс калия в третьей ротации. Интенсивность баланса при внесении одинарных норм удобрений составляла 40–51% и лишь применение двойных и тройных норм обеспечило его на уровне 66–94%.

В четвертой ротации вынос калия культурами севооборота в варианте без применения удобрений составлял 90 кг/га в год. Применение удобрений также не обеспечило его положительного баланса. В вариантах с внесением одинарных норм удобрений интенсивность баланса находилась в пределах 36–47%, двойных – 60–63%, тройных – 74–85%.

В пятой ротации полученные данные мало отличались от результатов за третью и четвертую ротации. Так, вынос калия в варианте без применения удобрений составил 88 кг/га в год. Дефицит калия при внесении одинарных норм удобрений составил 64–83 кг/га в год, двойных – 54–63, тройных – 27–37 кг/га в год, а наибольшую интенсивность баланса обеспечило внесение тройных норм при минеральной и органо-минеральной системах удобрения 84 и 80% соответственно.

Проведенные расчеты баланса калия за пять ротаций севооборота позволили суммировать его в зависимости от систем и уровней удобрения за 50-летний период. Так, вынос калия культурами полевого севооборота на участках без удобрений составил 4250 кг/га. При внесении одинарных норм удобрений вынос возрос в 1,3 раза, а тройных – в 1,5 раза. При этом баланс был отрицательный. Интенсивность баланса калия в зависимости от норм вносимых удобрений находилась в пределах: по минеральной системе от 41 до 97%, органической – от 50 до 75% и органо-минеральной – от 39 до 92%.

Поскольку вегетативные органы растений характеризуются большим содержанием калия, чем репродуктивные, то оставление нетоварной части урожая на поле значительно уменьшают дефицит калия. Анализ данных баланса калия при условии оставления нетоварной части на поле показал, что интенсивность баланса существенно возрастает (табл. 2). Так, баланс в варианте без применения удобрений составил 37 кг/га, что больше чем вдвое превышает аналогичный показатель при изъятии нетоварной части урожая с поля. Внесение калийных удобрений в норме 45 кг/га д. в. в год обеспечивало компенсацию калия на 94%. При увеличении нормы удобрений вдвое складывался положительный его баланс с интенсивностью больше на 61% относительно варианта с внесением одинарных норм удобрений и на 86% относительно аналогичного показателя при изъятии нетоварной части урожая. При внесении калия с минеральными удобрениями в количестве 135 кг/га в год, возвращение его в почву превысил вынос на 71 кг/га в год, интенсивность баланса при этом составила 211%.

Таблица 2

**Баланс калия в почве полевого севооборота при различном удобрении при условии оставления нетоварной части урожая на поле (1965–2014 гг.), кг K<sub>2</sub>O/га за год**

Статья баланса	Вариант опыта			
	Без удобрений	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	N <sub>135</sub> P <sub>135</sub> K <sub>135</sub>
Поступление	–	45	90	135
Вынос	37	48	58	64
Баланс	–37	–3	32	71
Интенсивность баланса, %	–	94	155	211

## ВЫВОДЫ

Сравнивая данные табл. 1 и 2, видно, что нетоварной частью урожая на участках без удобрений за год в среднем изымается 48 кг K<sub>2</sub>O /га, или 56% от его хозяйственного выноса. В варианте опыта N<sub>135</sub>P<sub>135</sub>K<sub>135</sub> эта часть почти не изменяется (54%). Это говорит о том, что при условии оставления нетоварной части урожая на поле на удобрение баланс калия в почве можно значительно улучшить, а норму внесения калийных удобрений в севообороте уменьшить вдвое.

Баланс калия в почве определялся уровнем применения удобрений и выносом калия культурами севооборота, особенно нетоварной частью урожая. Применение

калийных удобрений в норме 45–135 кг/га д. в. в течение 50 лет не обеспечило положительного баланса калия в почве. В полевом севообороте на черноземе оподзоленном Правобережной Лесостепи допустимый дефицит баланса калия с интенсивностью 40–80% обеспечивает внесение 45–90 кг  $K_2O$ /га площади севооборота. В случае оставления нетоварной части урожая на поле норма калийных удобрений не должна превышать 45 кг/га д. в.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокошев, В.В. Освещение проблемы калия в журнале «Агрохимия» / В.В. Прокошев // Агрохимия. – 2004. – № 1. – С. 18–24.
2. Кулаковская, Т.Н. Оптимальное содержание подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве / Т.Н. Кулаковская // Доклад ВАСХНИЛ. – 1979. – № 11. – С. 18–20.
3. Носко, Б.С. Калійні добрива в землеробстві України / Б.С. Носко, В.В. Прокошев. – М.: Міжнародний інститут калію, 1999. – 55 с.
4. Сычев, В.В. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв европейской части России / В.В. Сычев. – М., 2000. – 188 с.
5. Прянишников, Д.Н. Агрохимия. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – М.: Изд. Академия наук СССР, 1952. – Т. 3 – 634 с.
6. Господаренко, Г.М. Агрохімія: підручник / Г.М. Господаренко. – К.: Аграрна освіта. – С. 254–256.

### BALANCE OF POTASSIUM IN THE SOIL OF A FIELD ROTATION WITH LONG-TERM USE OF FERTILIZERS

G.M. Gospodarenko, A.V. Nikitina, Yu.I. Krivda

#### *Summary*

This article considers the influence of different fertilization rates and fertilization systems in field 10-pole rotation of grain-beet type on the balance of potassium and its intensity.

It is found that the balance of potassium in the soil is determined by the level of fertilizer application and removal of potassium by rotation crops, especially by non-market part of the harvest. Under the condition of leaving non-market harvest in the field for fertilizing, balance of potassium in the soil can be significantly improved and the application rate of potassium fertilizers in crop rotation can be reduced by half.

*Поступила 29.12.15*