

## ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНОГО КАЛИЯ В ПОЧВАХ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ЗАТРАТЫ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЕЕ ФОРМИРОВАНИЕ

© 2023 г. С. А. Шафран

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова  
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

\*E-mail: shafran38@mail.ru

Поступила в редакцию 22.12.2022 г.

После доработки 12.01.2023 г.

Принята к публикации 25.01.2023 г.

Показано влияние содержания подвижного калия в различных почвах на урожайность зерновых культур и эффективность применения под них калийных удобрений. Результаты исследования показали, что повышение содержания подвижного калия в изученных почвах способствует увеличению урожайности зерновых культур и при этом снижается эффект от внесения калийных удобрений. Несмотря на это суммарная урожайность, полученная за счет повышения калийного уровня почв и прибавки урожайности от внесения калийных удобрений, намного превышала все варианты доз калия на почвах низкообеспеченных  $K_2O$ . Прирост урожайности от внесения калийных удобрений составлял в зависимости от культуры 29–46%, тогда как суммарная урожайность возрастала в 2 с лишним раза. При этом снижались затраты калийных удобрений на формирование урожайности зерновых культур. Расход калия удобрений на получение 1 т зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах при внесении  $K_{30-60}$  снижался с 19–36 до 10–19 кг/т, на серых лесных почвах – с 12–23 до 10–20 кг/т, яровой пшеницы – с 25–47 до 15–31 кг/т на серых лесных почвах и с 23–43 до 15–30 кг/т – на черноземах выщелоченных.

**Ключевые слова:** подвижный калий, зерновые культуры, урожайность, дозы калия, прибавка урожая, затраты калийных удобрений.

**DOI:** 10.31857/S0002188123040117, **EDN:** DJJYLI

### ВВЕДЕНИЕ

Анализ материалов Географической сети опытов с удобрениями, агрохимической службы и литературных источников показал, что, несмотря на большое количество проведенных опытов, все-таки крайне мало данных, характеризующих эффективность применения калийных удобрений на зерновых культурах в зависимости от степени обеспеченности почв подвижным калием. Исследования носили локальный характер и не охватывали всего многообразия природно-климатических условий страны, что затрудняет их использование при организации наиболее эффективного применения калийных удобрений. В обычных полевых опытах трудно выделить эффект от увеличения содержания подвижного калия в почве при прочих равных условиях. В свое время делались попытки создать различные уровни содержания  $K_2O$  в почве путем создания искусственных калийных фонов по примеру фосфатных, но эта попытка не увенчалась успехом.

В настоящее время в связи с разработкой ВНИИА региональных нормативов окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур такая возможность представилась [1]. Эти нормативы разработаны для основных зерновых культур, которые возделывают в нашей стране. Показатели эффективности азотных, фосфорных и калийных удобрений дифференцированы по типам и подтипам почв и их агрохимическим свойствам.

Цель работы – оценка влияния содержания подвижного калия в почвах на урожайность зерновых культур и эффективность применения под них калийных удобрений.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В упомянутых нормативах отражено влияние содержания подвижного калия в почвах на фоне различной их обеспеченности минеральным (нитратным) азотом и подвижным фосфором. На дерново-подзолистых и серых лесных почвах была учтена также реакция почвенной среды, по-

**Таблица 1.** Влияние содержания подвижного калия в дерново-подзолистых почвах на урожайность зерновых культур при внесении калийных удобрений, ц/га

Содержание в почве $K_2O$ , мг/кг	Урожайность, ц/га					
	Дозы калия, кг/га					
	0	30	45	60	90	120
Озимая пшеница						
≤80	13.3	15.9	16.3	16.6	17.0	17.2
81–120	23.5	24.4	24.5	24.6	24.8	24.8
121–170	31.0	31.4	31.5	31.5	31.5	31.5
Озимая рожь						
≤80	8.9	11.8	12.2	12.4	12.8	13.0
81–120	15.8	16.8	16.9	17.0	17.2	17.2
121–170	20.8	21.2	21.3	21.3	21.4	21.4
Ячмень яровой						
≤80	17.2	21.2	21.6	22.0	22.5	22.7
81–120	21.9	23.3	23.4	23.5	23.7	23.8
>120	22.9	23.1	23.2	23.3	23.3	23.6
Овес						
≤80	9.6	12.6	12.9	13.2	13.5	13.6
81–120	17.1	18.1	18.2	18.3	18.4	18.5
121–170	21.8	22.2	22.3	22.3	22.3	22.4
>170	22.5	22.7	22.7	22.7	22.7	22.7

скольку величина рН оказывала существенное влияние на урожайность культур и эффективность удобрений. Для того чтобы определить прирост урожая вследствие увеличения содержания подвижного калия в почве, от урожайности культуры, полученный в вариантах со средним и повышенным содержанием  $K_2O$ , вычитали величину урожайности, относящейся к варианту с низкой обеспеченностью этим питательным веществом. Для того, чтобы выделить более отчетливо разницу во влиянии содержания подвижного калия в почве на урожайность культур, наряду с иллюстрацией абсолютных величин (ц/га) показана относительная, выраженная в %. При этом за 100% принимали урожайность, полученную при низкой обеспеченности почв подвижным калием, т.е. <80 мг/кг, а для яровой пшеницы, возделываемой на серых лесных почвах и черноземах выщелоченных, — при очень низком содержании  $K_2O$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что повышение содержания подвижного калия в дерново-подзолистых почвах, с одной стороны, ведет к увеличению урожайности зерновых культур, с другой, снижает эффект от внесения калийных

**Таблица 2.** Прирост урожайности зерновых культур от увеличения содержания подвижного калия в дерново-подзолистых почвах, %

Содержание в почве $K_2O$ , мг/кг	Урожайность, ц/га					
	Дозы калия, кг/га					
	0	30	45	60	90	120
Озимая пшеница						
≤80	100	120	123	125	128	129
81–120	177	183	184	185	186	186
121–170	233	236	236	237	237	237
Озимая рожь						
≤80	100	133	137	139	144	146
81–120	177	188	190	191	193	193
121–170	233	238	239	239	235	235
Ячмень яровой						
≤80	100	123	126	128	131	132
81–120	127	135	136	137	138	138
>120	133	134	135	135	135	136
Овес						
≤80	100	131	134	138	—	—
81–120	178	189	190	191	—	—
121–170	227	231	232	232	—	—
>170	234	236	236	236	—	—

удобрений. Несмотря на это суммарная урожайность, полученная за счет повышения калийного уровня почв и прибавки урожайности от внесения калийных намного превышала не только контрольный вариант, но и варианты с применением калийных удобрений (табл. 1).

Наряду с этим, исследования показали, что озимая пшеница оказалась более отзывчива на увеличение содержания подвижного калия в почве. Переход почв из низкой группы по содержанию  $K_2O$  в повышенную позволил повысить урожайность этой культуры в 2.3 раза и довести ее до 31 ц/га без внесения удобрений. Урожайность других культур на почве, в которой содержание  $K_2O$  находилось в пределах 121–170 мг/кг, составила 21–23 ц/га, что также значительно больше по сравнению с урожайностью, полученной на почве, содержащей подвижного калия <80 мг/кг. Приведенные данные свидетельствовали о том, что зерновые культуры по которым были проведены исследования, оказались более отзывчивыми на увеличение урожайности при повышении калийного уровня дерново-подзолистых почв по сравнению с внесением калийных удобрений даже в вариантах с низкой обеспеченностью  $K_2O$ , где прирост урожайности варьировал от 123 до 236% в зависимости от доз и культур (табл. 2).

**Таблица 3.** Влияние содержания подвижного калия в различных почвах на эффективность применения калийных удобрений под озимую пшеницу

Содержание K <sub>2</sub> O в почве, мг/кг	Урожайность без удобрений, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га				
		Дозы калия, ц/га				
		30	45	60	90	120
Дерново-подзолистые почвы						
≤80	13.3	2.6	3.0	3.3	3.7	3.9
81–120	23.5	0.9	1.0	1.1	1.3	1.3
121–170	31.0	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
Серые лесные почвы						
≤80	23.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.1
81–120	28.8	1.9	2.1	2.3	2.5	2.5
121–170	28.9	1.3	1.5	1.6	1.8	1.8
Черноземы выщелоченные						
81–120	23.5	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8
121–170	29.9	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7
Черноземы обыкновенные						
81–120	20.5	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
>120	26.1	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5

**Таблица 4.** Влияние содержания подвижного калия в различных почвах на эффективность применения калийных удобрений под озимую рожь

Содержание K <sub>2</sub> O в почве, мг/кг	Урожайность без удобрений, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га				
		Дозы калия, ц/га				
		30	45	60	90	120
Дерново-подзолистые почвы						
≤80	8.9	2.9	3.3	3.5	3.9	4.1
81–120	15.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4
>120	20.8	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
Серые лесные почвы						
≤80	8.6	3.8	4.2	4.6	5.1	5.3
81–120	15.4	1.3	1.4	1.5	1.8	1.8
>120	20.2	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7
Черноземы выщелоченные						
81–120	15.9	1.6	1.9	2.0	2.3	2.3
>120	20.9	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8

При повышении содержания подвижного калия прибавка урожая зерна резко снижалась и составляла 0.4–1.9 ц/га (табл. 1). Все это позволило сделать вывод о том, что для получения стабильной урожайности зерновых культур в зоне распространения дерново-подзолистых почв необходимо поддерживать содержание подвижного калия в почве на уровне повышенной обеспеченности, т.е. 120–170 мг/кг.

Наряду с изучением отзывчивости различных зерновых культур на содержание подвижного калия в одном из типов почв на их урожайность, немалый интерес представляют исследования, на-

правленные на выявление влияния этих же факторов в почвах различного генезиса. Такие данные представила возможность получить для озимых пшеницы и ржи, а также яровой пшеницы и ячменя.

Данные, полученные для озимой пшеницы, свидетельствовали о том, что эта культура хорошо отзывалась на увеличение содержания K<sub>2</sub>O в дерново-подзолистых почвах при низкой их обеспеченности подвижным калием. Прирост урожайности в данном случае составил 17.7 ц/га, тогда как на серых лесных почвах – только 5.9 ц/га. Это

**Таблица 5.** Влияние содержания подвижного калия в различных почвах на эффективность применения калийных удобрений под яровую пшеницу

Содержание K <sub>2</sub> O в почве, мг/кг	Урожайность без удобрений, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га				
		Дозы калия, ц/га				
		30	45	60	90	120
Приволжский округ						
Серые лесные почвы						
≤40	8.2	3.8	4.2	4.6	5.1	5.2
41–80	14.6	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8
81–120	18.6	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7
>120	19.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
Черноземы оподзоленные и выщелоченные						
≤40	8.5	4.7	5.2	5.6	6.1	6.3
41–80	15.2	1.6	1.8	1.9	2.1	2.1
81–120	19.3	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9
>120	20.0	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
Сибирский округ						
Серые лесные почвы						
≤40	8.6	2.4	2.7	2.9	3.2	3.3
41–80	15.4	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1
81–120	19.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
>120	20.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
Черноземы выщелоченные						
41–80	14.4	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5
81–120	18.4	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8
>120	19.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

можно объяснить тем, что на последних почвах урожайность озимой пшеницы намного превышала сбор зерна, полученного в варианте с низкой обеспеченностью K<sub>2</sub>O по сравнению с дерново-подзолистыми почвами. Этим же можно объяснить и получение более низкой прибавки урожайности от калийных удобрений на серых лесных почвах по сравнению с дерново-подзолистыми. На черноземных почвах прирост урожайности был невысоким, поскольку в изученной выборке отсутствовали опыты, в которых исследования проводили на почвах с низким содержанием K<sub>2</sub>O.

Аналогичные результаты получены для озимой ржи, урожайность которой также повышалась при увеличении содержания подвижного калия в почвах. В отличие от озимой пшеницы большой разницы в эффективности применения калийных удобрений между дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами не выявлено. Можно отметить только незначительное превышение прибавки урожайности от внесения калийных удобрений на серых лесных почвах по сравнению с дерново-подзолистыми. На черноземах выщелоченных действие калия было невысоким, т.к. в выборке не было данных опытов,

проведенных на почвах с низким содержанием K<sub>2</sub>O (табл. 4).

В опытах с яровой пшеницей выявлена та же закономерность, что и с озимыми культурами, несмотря на то что эксперименты с ними были проведены в регионах, заметно различавшихся природно-климатическими условиями. С увеличением содержания подвижного калия повышалась урожайность яровой пшеницы. Переход почв с очень низкой обеспеченностью подвижным калием в повышенную способствовал удвоению урожайности яровой пшеницы независимо от типов почв и регионов возделывания (табл. 5).

В связи с тем что в выборке для яровой пшеницы имелись опыты, в которых содержание подвижного калия относилось к очень низкой группе обеспеченности, появилась возможность установить высокий эффект от калийных удобрений для регионов средней части Приволжья и Сибири, хотя до этого считали, что внесение калийных удобрений под яровую пшеницу малоэффективно.

Окупаемость калийных удобрений прибавкой урожайности яровой пшеницы на почвах Приволжского округа с очень низким содержанием K<sub>2</sub>O варьировала в зависимости от дозы от 4.4 до 15.6, в Сибири – от 2.7 до 8.0 кг/кг.

**Таблица 6.** Влияние содержания подвижного калия в различных почвах на эффективность применения калийных удобрений под ячмень яровой

Содержание К <sub>2</sub> О в почве, мг/кг	Урожайность без удобрений, ц/га	Прибавка урожайности, ц/га				
		Дозы калия, ц/га				
		30	45	60	90	120
Дерново-подзолистые почвы						
≤80	17.2	4.0	4.4	4.8	5.3	5.5
81–120	21.9	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9
>120	22.6	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8
Серые лесные почвы						
≤80	18.6	3.1	3.5	3.8	4.2	4.4
81–120	23.7	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5
>120	24.5	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
Черноземы оподзоленные и выщелоченные						
≤80	19.5	3.4	3.8	4.2	4.6	4.8
81–120	24.8	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7
>120	25.6	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7

Яровой ячмень считается более требовательной культурой к условиям калийного питания, поскольку у него более короткий период потребления питательных веществ по сравнению с другими зерновыми культурами. Ячмень с каждой тонной урожая выносит в среднем на 23% калия больше, чем яровая пшеница и на 14% больше, чем озимая рожь.

Из всех изученных культур ячмень лучше всех отзывался на внесение калия. При низкой обеспеченности почв К<sub>2</sub>О прибавка урожая от калийных удобрений составляла на дерново-подзолистых почвах в зависимости от доз 3.8–5.5 ц/га, на серых лесных почвах – 3.1–4.4 ц/га, а окупаемость соответственно 4.6–13.3 и 3.7–10.3 кг/кг. В связи с тем, что в выборке черноземов оподзоленных и выщелоченных имелись данные опытов, в которых почва характеризовалась низким содержанием подвижного калия, представилась возможность выявить эффективность применения калийных удобрений под яровой ячмень. Согласно полученным данным, действие калийных удобрений оказалось достаточно высоким и даже несколько превышало показатели, полученные на серых лесных почвах. На почвах, в которых содержание К<sub>2</sub>О было больше 120 мг/кг, прибавка урожайности приближалась к нулевой отметке (табл. 6).

Среди многочисленных методов установления доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры особое место занимает нормативный, который базируется на обобщении большого количества экспериментальных данных. К таковым относятся региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур [1]. Используя эти дан-

ные, были установлены величины затрат калийных удобрений на формирование 1 т урожайности основных зерновых культур в зависимости от содержания в почвах подвижного калия и доз калийных удобрений. Расчеты выполняли по методике, изложенной ранее, для получения аналогичных данных для азотных удобрений [2].

Результаты исследования показали, что величина затрат калийных удобрений на формирование урожайности зерновых культур зависит от 2-х основополагающих факторов. Это содержание подвижного калия в почвах и дозы калийных удобрений. Закономерность такова: с увеличением обеспеченности почв К<sub>2</sub>О снижаются удельные затраты на применение калийных удобрений. Это относится ко всем зерновым культурам, для которых проводили исследование. Наряду с этим отмечено, что наиболее заметно снижались затраты калийных удобрений в тех случаях, когда диапазон варьирования содержания подвижного калия был наиболее высоким. Например, в опытах с озимой пшеницей на дерново-подзолистых почвах содержание К<sub>2</sub>О менялось в пределах 3-х классификационных групп, т.е. от низкой до повышенной. При этом разница в затратах на формирование 1 т урожая этой культуры уменьшалась почти в 2 раза (табл. 7).

В аналогичных условиях затраты калийных удобрений на формирование урожайности озимой ржи снижались в 1.5–1.7 раза, что объясняется биологическими особенностями культур. Вместе с тем общая закономерность сохранялась.

Серые лесные почвы в опытах характеризовались подобными закономерностями в отношении степени их обеспеченности подвижным калием. Тем не менее, затраты калийных удобрений на

**Таблица 7.** Затраты калийных удобрений на формирование урожайности озимых зерновых культур, кг/т

Содержание K <sub>2</sub> O в почве, мг/кг	Дозы калия, кг/га				
	30	45	60	90	120
Озимая пшеница					
Центральный округ					
Дерново-подзолистые почвы					
≤80	19	28	36	53	70
81–120	12	18	24	36	48
121–170	10	14	19	29	38
Центральный и Поволжский округа					
Серые лесные почвы					
≤80	12	18	23	35	46
81–120	10	15	19	29	38
121–170	10	15	20	29	39
Центральный округ					
Черноземы выщелоченные и оподзоленные					
81–120	12	18	24	36	47
121–170	10	15	20	29	39
Черноземы обыкновенные					
81–120	14	21	27	41	54
>120	11	17	23	34	45
Озимая рожь					
Центральный округ					
Дерново-подзолистые почвы					
≤80	25	37	48	70	92
81–120	18	27	36	52	70
>120	14	21	29	42	56
Центральный и Приволжский округа					
Серые лесные почвы					
≤80	24	35	45	66	86
81–120	18	27	36	52	70
>120	15	22	29	43	57
Приволжский округ					
Черноземы выщелоченные					
81–120	17	25	34	49	65
>120	14	21	28	41	55

формирование урожайности изученных культур несколько отличались от данных, полученных на дерново-подзолистых почвах. Наиболее существенно такая разница касалась озимой пшеницы, урожайность которой на серой лесной почве при низком содержании K<sub>2</sub>O заметно превышала сбор зерна при такой же обеспеченности калием на дерново-подзолистых почвах. Озимая рожь практически также отзывалась на внесение калийных удобрений на серых лесных почвах, как и на дерново-подзолистых, поскольку их затраты на формирование 1 т урожая на обоих почвах мало отличались друг от друга.

**Таблица 8.** Затраты калийных удобрений на формирование урожайности яровой пшеницы в зависимости от содержания подвижного калия в почве, кг/т

Содержание K <sub>2</sub> O в почве, мг/кг	Дозы калия, кг/га				
	30	45	60	90	120
Приволжский округ					
Серые лесные почвы					
≤40	25	36	47	68	90
41–80	20	28	37	55	73
81–120	16	23	31	47	62
>120	15	23	31	46	62
Черноземы выщелоченные					
≤40	23	33	43	62	81
41–80	18	26	35	52	69
81–120	15	23	30	45	59
>120	15	22	30	44	59
Уральский округ					
Серые лесные почвы					
81–120	15	22	3	44	59
>120	14	22	29	43	57
Черноземы выщелоченные					
≤80	20	29	36	57	75
81–120	17	26	34	51	68
<120	17	26	34	51	68
Сибирский округ					
Серые лесные почвы					
≤40	27	40	52	76	101
41–80	19	28	37	55	73
81–120	15	23	30	45	60
>120	15	22	29	44	59
Черноземы выщелоченные					
≤80	19	27	36	54	71
81–120	16	24	31	47	63
<120	16	23	31	47	62

В опытах, проведенных на черноземах выщелоченных большой вариации содержания подвижного калия не выявлено. Вместе с тем установлено, что затраты на формирование 1 т урожайности были значительно меньше по сравнению с дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами.

Как уже отмечали, ряд опытов с яровой пшеницей был проведен на почвах с очень низким содержанием подвижного калия не только в европейской части страны, но и в азиатской. Такие исследования были проведены в основном на серых лесных почвах и черноземах выщелоченных. Несмотря на различные природно-климатические условия регионов общая закономерность

**Таблица 9.** Затраты калийных удобрений на формирование урожайности ярового ячменя в зависимости от содержания подвижного калия в почве, кг/т

Содержание K <sub>2</sub> O в почве, мг/кг	Дозы калия, кг/га				
	30	45	60	90	120
Центральный и Северо-Западный округа					
Дерново-подзолистые почвы					
≤80	14	21	27	—	—
81–120	13	19	26	—	—
<120	13	19	26	—	—
Центральный округ					
Серые лесные почвы					
≤80	14	20	27	39	52
81–120	12	18	24	36	48
<120	12	18	24	36	48
Черноземы выщелоченные					
≤80	13	19	25	37	49
81–120	12	17	23	34	45
<120	11	17	23	34	46
Приволжский округ					
Дерново-подзолистые почвы					
≤120	12	18	24	36	48
>120	12	18	24	36	49
Черноземы выщелоченные					
≤120	15	22	29	44	59
>120	13	19	26	38	51
Уральский округ					
Черноземы выщелоченные					
≤120	13	19	25	38	50
>120	11	17	23	34	46

влияния содержания подвижного калия на затраты калийных удобрений в формировании урожайности яровой пшеницы сохранилась, т.е. с увеличением обеспеченности почв K<sub>2</sub>O снижался расход калия удобрений на создание 1 т урожая. Наибольшие затраты установлены на почвах с очень низким содержанием подвижного калия. Это относится как к серым лесным почвам, так и черноземам выщелоченным. Большой разницы между типами почв, относящихся к различным регионам не отмечено. Например, расход калийных удобрений на формирование урожайности 1 т яровой пшеницы на серых лесных почвах Приволжского округа при внесении K30–60 составил 25–47 кг на полях с очень низким уровнем обеспеченности K<sub>2</sub>O, а в Сибирском округе при таких же условиях – 27–53 кг (табл. 8). При повышенной обеспеченности подвижным калием эти вели-

**Таблица 10.** Затраты калийных удобрений на формирование урожайности овса в зависимости от содержания подвижного калия в почве, кг/т

Содержание K <sub>2</sub> O в почве, мг/кг	Дозы калия, кг/га				
	30	45	60	90	120
Северо-Западный и Центральный округа					
Дерново-подзолистые почвы					
≤80	24	35	45	67	88
81–120	17	25	33	49	65
121–170	14	20	27	40	54
<170	13	20	26	40	53
Приволжский округ					
Серые лесные почвы					
≤40	16	23	31	46	61
81–120	15	22	30	43	59
Уральский округ					
Черноземы выщелоченные					
150–180	15	22	29	43	57
>180	14	22	29	43	58

чины составили соответственно 15–31 и 15–29 кг/т. На черноземах выщелоченных были получены близкие результаты. В опытах, относящихся к Уральскому округу, представилась возможность оценить меньший диапазон варьирования содержания подвижного калия в почвах, но тем не менее полученные данные позволили иметь представление о расходе калийных удобрений на формирование урожайности яровой пшеницы в этом регионе. Больших расхождений в этих величинах, относящихся к одним и тем же группам обеспеченности, по сравнению с соседними регионами не обнаружено.

В опытах с ячменем яровым изменения величины расхода калийных удобрений на формирование его урожайности менялись в меньшей степени по сравнению с рассмотренными выше культурами (табл. 9), что было вызвано иными биологическими особенностями данной культуры. Ячмень, как уже отмечали выше, лучше потребляет почвенный калий по сравнению с другими зерновыми культурами.

В отличие от ячменя затраты калийных удобрений на формирование 1 т овса на дерново-подзолистых почвах с низким содержанием подвижного калия в дозах K30–60 составляли 24–45 кг/га, что было больше на 1/3 по сравнению с ячменем (табл. 10).

## ВЫВОДЫ

1. Результаты исследования показали, что повышение содержания подвижного калия в почвах способствует, с одной стороны, увеличению урожайности зерновых культур, с другой, снижает эффект от внесения калийных удобрений. Подобная закономерность отмечена для всех изученных почв и культур. При этом суммарная урожайность, полученная за счет повышения обеспеченности почв калием, и прибавки урожая от внесения калийных удобрений намного превышала сбор зерна при всех дозах внесения  $K_2O$  в вариантах почв с низким содержанием подвижного калия. Прирост урожайности зерновых культур при переходе почв из группы, низко обеспеченной  $K_2O$ , в повышенную группу значительно превышал прибавку урожайности от внесения калийных удобрений. При содержании подвижного калия в дерново-подзолистых почвах  $<80$  мг/кг прибавка урожая озимой пшеницы от внесения калийных удобрений составляла 2.6–3.9 ц/га, на серых лесных почвах – 1.3–1.8 ц/га. Урожайность при этом возрастала от внесения калийных удобрений на 20–46%, а за счет повышения калийного уровня почв – в 2 с лишним раза.

2. Зерновые культуры по разному отзывались на повышение содержания подвижного калия в почвах. При трансформации дерново-подзолистых почв из низкой группы по содержанию  $K_2O$  в повышенную происходило увеличение урожайности озимой пшеницы в 2.3 раза, что позволило повысить ее до 31 ц/га без внесения удобрений, тогда как урожайность других зерновых культур в таких же условиях составляла 21–23 ц/га.

3. При повышении содержания подвижного калия в почвах прибавка урожая зерна резко снижалась и составляла 0.4–1.8 ц/га. Это позволило сделать вывод о том, что для получения стабильной урожайности зерновых культур необходимо поддерживать содержание подвижного калия на уровне повышенной обеспеченности, т.е. 120–170 мг/кг.

4. Установлено, что яровая пшеница хорошо отзывалась на внесение калийных удобрений на почвах очень низкой обеспеченности подвижным калием. На серых лесных почвах средней части Приволжья прибавка урожая составила 3.8–5.2 ц/га при окупаемости 4.4–15.6 кг/кг, на черноземах выщелоченных и оподзоленных – соответственно 4.7–6.3 ц/га и 5.3–15.6 кг/кг.

5. Повышение содержания подвижного калия в почвах способствовало снижению затрат калийных удобрений на формирование 1 т урожайности зерновых культур. При внесении  $K_{30-60}$  затраты удобрений на производство 1 т зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах снижались с 19–36 до 10–19 кг/т, на серых лесных почвах – с 12–23 до 10–20 кг/т, яровой пшеницы – с 25–47 до 15–31 кг/т на серых лесных почвах и с 23–43 до 15–30 кг/т на черноземах выщелоченных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. М.: ВНИИА, 2016. 96 с.
2. Шафран С.А. Затраты азотных удобрений на формирование урожайности зерновых культур в зависимости от агрохимической окультуренности почв // Агрохимия. 2022. № 5. С. 38–46.

## Effect of Mobile Potassium Content in Soils on Grain Crop Yields and Potash Fertilizer Costs on Its Formation

S. A. Shafran

*All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov  
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127550, Russia*

*E-mail: shafran38@mail.ru*

The influence of the content of mobile potassium in various soils on the yield of grain crops and the effectiveness of the use of potash fertilizers for them is shown. The results of the study showed that an increase in the content of mobile potassium in the studied soils contributes to an increase in the yield of grain crops and at the same time reduces the effect of potash fertilizers. Despite this, the total yield obtained due to an increase in the potash level of soils and an increase in yield from the application of potash fertilizers far exceeded all variants of potassium doses on soils with low  $K_2O$ . The increase in yield from the application of potash fertilizers was 29–46%, depending on the crop, while the total yield increased by more than 2 times. At the same time, the costs of potash fertilizers for the formation of grain yields decreased. The consumption of potassium fertilizers for obtaining 1 ton of winter wheat grain on sod-podzolic soils when applying  $K_{30-60}$  decreased from 19–36 to 10–19 kg/t, on gray forest soils – from 12–23 to 10–20 kg/t, spring wheat – from 25–47 to 15–31 kg/t on gray forest soils and from 23–43 to 15–30 kg/t – on leached chernozems.

*Key words:* mobile potassium, grain crops, yield, potassium doses, yield increase, potash fertilizer costs.