

СОДЕРЖАНИЕ K_2O В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОДВИЖНЫМ КАЛИЕМ И ПРИМЕНЕНИЯ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

С.А. Шафран, д.с.-х.н., И.В. Ильюшенко, к.б.н.,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
агрохимии им. Д.Н. Прянишникова»
127550, Москва ул. Прянишникова, 31 а, shafran38@mail.ru

Работа выполнена по госзаданию № 0429-2021-0002

Представлена динамика содержания подвижного калия в пахине регионов с преобладанием дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны за 50-летний период. Начиная с 1991 г., применение калийсодержащих удобрений постоянно уменьшалось, вынос калия стал намного превышать его поступление в почву, что повлекло за собой снижение содержания подвижного калия. По состоянию на 1 января 2021 г. средневзвешенное содержание подвижного калия снизилось в 17 регионах Нечерноземной зоны, в которых площадь дерново-подзолистых почв составляет более 66% пахотной площади. Вследствие деградации почв по агрохимическим свойствам нормативная урожайность зерновых культур без внесения удобрений уменьшилась на 4,4-4,8 ц/га, или на 13-23%.

Рассмотрено влияние агрохимических свойств почв на вынос калия урожаями, снижающий его удельное содержание.

Ключевые слова: минеральные удобрения, содержание подвижного калия, вклад калийных удобрений, вынос калия, агрохимические свойства почвы.

Для цитирования: Шафран С.А., Ильюшенко И.В. Содержание K_2O в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным калием и применения калийных удобрений// Плодородие. – 2023. – №3. – С. 10-13.
DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.02.

Анализ применения удобрений за 50-летний период показал, что в период интенсивной химизации сельского хозяйства отмечено существенное повышение плодородия почв Нечерноземной зоны. Площади с очень низким содержанием подвижного калия заметно сократились. В наибольшей степени это коснулось регионов, в которых более двух третей пахотных площадей были расположены на дерново-подзолистых почвах. В этих субъектах федерации было внесено большое количество калия сверх выноса урожаями, благодаря чему получен положительный баланс этого элемента. В ряде регионов эта величина превысила в сумме за 25 лет 1000 кг/га, что позволило перевести большинство областей из среднеобеспеченных, а Брянскую из низкообеспеченных в повышено-обеспеченные подвижным калием. Калужская и Смоленская области трансформировались из категории низкообеспеченных в среднеобеспеченные. В целом по Нечерноземной зоне средневзвешенное содержание K_2O повысилось с 86 до 159 мг/кг [1].

Применение калийсодержащих удобрений, начиная с 1991 г., постоянно уменьшалось и к 2020 г. составило 2-3 кг/га. Вынос калия стал намного превышать его поступление в почву с удобрениями, что повлекло за собой снижение содержания подвижного калия. Средневзвешенное содержание подвижного калия (по состоянию на 1 января 2021 г.) снизилось в 17 регионах Нечерноземной зоны, где доля дерново-подзолистых почв составляет более 66% пахотной площади (табл. 1). Большинство из них перешло из повышено-обеспеченных в среднеобеспеченные. В таких областях, как Брянская, Владимирская, Ивановская, Костромская и Тверская отмечено заметное снижение степени обеспеченности пахотных почв подвижным калием. В регионах вследствие деградации почв по агрохимическим

свойствам нормативная урожайность зерновых культур без внесения удобрений снизилась на 4,4-4,8 ц/га, или на 13-23% [3].

1. Баланс калия и динамика его содержания в пахотных почвах субъектов федерации с преобладанием дерново-подзолистых почв

Республика, край, область	Доля дерново-подзолистых почв, %	Баланс калия, кг/га		Содержание K_2O в почвах, мг/кг		
		1971-1995 г.	1996-2020 г.	1971 г.	1996 г.	2021 г.
Брянская	66	1141	-646	71	140	94
Владимирская	66	1113	-668	93	128	97
Ивановская	95	775	-397	87	123	86
Калужская	66	522	-452	70	100	90
Костромская	99	520	-360	119	133	103
Московская	72	1447	-767	86	160	141
Смоленская	99	771	-353	79	118	93
Тверская	99	1137	-568	85	134	93
Ярославская	96	528	-500	96	99	94
Карельская	94	1904	-1187	60	172	144
Коми	89	1315	-614	146	126	112
Архангельская	89	1184	-393	128	135	134
Вологодская	98	1136	-583	113	126	113
Калининградская	90	1167	-714	140	202	178
Ленинградская	95	2230	-913	114	141	150
Новгородская	97	1081	-335	86	114	112
Псковская	99	1158	-400	97	123	111
Марий-Эл	99	717	-666	98	121	103
Удмуртская	82	490	-197	129	108	-
Кировская	86	322	-439	103	124	130
Пермский	82	298	-468	115	121	124

В данном случае приведена урожайность без внесения удобрений, а их применение будет способствовать еще более внушительной разнице в пользу Нечерно-

земной зоны. Результаты многочисленных полевых опытов свидетельствуют о том, что эффективность применения минеральных удобрений под зерновые культуры на дерново-подзолистых почвах значительно выше, чем на черноземах и каштановых почвах [7]. В первую очередь азотных удобрений, эффективность которых закономерно снижается при продвижении с севера на юг. Прибавка урожая зерна от внесения азота под озимую пшеницу на черноземах типичных, обыкновенных и карбонатных в 2-3 раза меньше по сравнению с дерново-подзолистыми почвами [2].

Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что калийные удобрения играют весьма значительную роль в повышении плодородия дерново-подзолистых почв и урожайности сельскохозяйственных культур. Вместе с тем, необходимо отметить, что за последние 25 лет вследствие крайне низкого уровня применения калийсодержащих удобрений в регионах Нечерноземной зоны заметно снизилось содержание подвижного калия в пахотных почвах [3]. Это не только влечет за собой снижение их продуктивности, но и негативно влияет на эффективность применения азотных удобрений. Поэтому необходимо принимать меры для повышения обеспеченности почв подвижным калием и прогнозировать скорость его снижения в зависимости от интенсивности применения калийсодержащих удобрений.

Цель исследований – определить содержание K_2O в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным калием и применения калийных удобрений.

Методика. В основу расчетов положены статистические данные о внесении минеральных удобрений, данные по распределению почвенных разновидностей и агрохимической характеристике почв Нечерноземной зоны. Проведена статистическая обработка материала методом корреляционно-регрессионного анализа.

Исходной информацией для математического моделирования послужили длительные полевые опыты ВНИИА, ДАОС и других научно-исследовательских учреждений, входящих в Географическую сеть опытов ВНИИА. Влияние изучаемых факторов на «сдвиг» содержания подвижного калия в почвах оценивали по коэффициентам корреляции и корреляционным отношениям; по коэффициентам детерминации и индексам детерминации определяли долю изменчивости выходной величины, которая обуславливается колебаниями изучаемых факторов.

Результаты опытов объединили в три выборки в зависимости от гранулометрического состава почв и уровня применения калийсодержащих удобрений. Диапазон колебаний содержания подвижного калия в почвах охватывал практически все классификационные группы, которые могут встретиться в условиях производства [4].

Результаты и их обсуждение. Корреляционный анализ показал, что связь между содержанием подвижного калия и затратами калийных удобрений на увеличение содержания K_2O в дерново-подзолистой почве носила линейный, а между затратами и величиной pH криволинейный характер. Установление тесноты связи между расходом калийных удобрений на увеличение содержания K_2O в почве и содержанием гумуса не имело смысла, поскольку его запас в выборке колебался незначительно. Все это послужило основанием для расчета величин затрат калийных удобрений на

увеличение содержания K_2O в почве только в зависимости от исходной степени обеспеченности почвы подвижным калием. Для этого были составлены соответствующие уравнения регрессии.

Расчеты выполняли согласно грациям, установленным для агрохимической службы при проведении массового обследования сельскохозяйственных угодий нашей страны. При этом расчеты по содержанию подвижного калия произведены для пяти классификационных групп: очень низкой, низкой, средней, повышенной и высокой степени обеспеченности, которые в дальнейшем были скорректированы, исходя из данных, полученных по уравнению регрессии [4].

Наибольшее внесение калийных удобрений отмечено при очень низкой обеспеченности данной почвы подвижным калием. При увеличении исходного содержания подвижного калия постепенно снижался расход калийных удобрений на увеличение удельного содержания K_2O . На почве, высокообеспеченной подвижным калием, затраты снижались в несколько раз по сравнению с почвой, низкообеспеченной калием.

Одной из проблем современного земледелия Нечерноземной зоны является превышение выноса калия урожаями над его поступлением в почву, что приводит к обеднению почв подвижными калием. Вместе с тем, исследований в длительных полевых опытах, в которых имеется возможность проследить влияние отрицательного баланса калия на скорость снижения содержания подвижного калия, крайне мало. Однако представленные в выборке данные позволили произвести необходимые расчеты и сделать определенные выводы.

Статистическая обработка материала показала, что исходная степень обеспеченности почв подвижным калием оказывает существенное воздействие на величину выноса K_2O , снижающее его удельное содержание.

Расчеты, выполненные по уравнениям регрессии, показали, что скорость снижения содержания подвижного калия в дерново-подзолистых почвах зависит от исходного содержания K_2O (см. табл.5). Чем выше содержание подвижного калия, тем быстрее происходит обеднение почвы этим питательным элементом. Для того, чтобы снизить содержание K_2O на 10 мг/кг почвы, или на 1 мг/100 г на почве с низкой обеспеченностью K_2O надо вынести более 200 кг/га калия урожаем, тогда как при высокой обеспеченности в 5 раз меньше.

Результаты корреляционного анализа показали, что связь между исходным содержанием подвижного калия и затратами калийных удобрений на увеличение удельного содержания K_2O в дерново-подзолистых почвах носила линейный характер. Это касалось почв независимо от их гранулометрического состава. Коэффициенты корреляции составили 0,47-0,51, что позволило рассчитать с помощью соответствующих уравнений регрессии искомые величины (табл. 2). На легкосуглинистых почвах в среднем по выборке расход калийсодержащих удобрений на увеличение содержания K_2O на 10 мг/кг составил 61 кг/га, на среднесуглинистых – 63 и тяжелосуглинистых – 84 кг/га. Эти данные были близки к ранее разработанным [8]. Следует обратить внимание на то, что представленная выборка состояла из 94 наблюдений, в которой не представлялось возможным учесть в расчетах величину pH и содержание гумуса, как это было выполнено по отношению к подвижному фосфору [4]. Поэтому в дальнейших исследованиях на это следует обратить внимание.

Выборка по опытам, в которых вынос калия урожаем превышал его поступление в почву с удобрениями, значительно превосходила упомянутую выше. Это позволило расширить подобные исследования.

2. Затраты калийных удобрений на увеличение содержания K_2O в дерново-подзолистых почвах, кг/га

Почвы	Затраты калийных удобрений, кг/га	Число наблюдений	Коэффициент корреляции
Легкосуглинистые	61	26	0,50
Среднесуглинистые	63	26	0,47
Тяжелосуглинистые	84	42	0,51

В первую очередь по всей выборке была установлена связь между возмещением выноса калия урожаем и снижением содержания K_2O в почвах. Результаты статистической обработки материала показали, что эта связь достоверна и характеризовалась средним коэффициентом корреляции (-0,56), с увеличением содержания подвижного калия снижалась величина выноса K_2O урожаем, уменьшающая его содержание в почве на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г. Для получения более точных результатов вся выборка была разбита на четыре группы, в зависимости от интенсивности возмещения выноса, начиная от нуля и заканчивая полным его возмещением. Теснота связи между содержанием гумуса и реакцией почвенной среды оказалась невысокой и составляла, соответственно, -0,18 и -0,12.

По каждой из этих групп были определены коэффициенты корреляции. Наиболее высокими они оказались в группах с нулевым и менее 50%-ным возмещением выноса (табл. 3). Представленные данные свидетельствуют о том, что теснота связи между изученными признаками оказалась высокой. Скорость снижения обеспеченности почв подвижным калием наиболее заметно проявилась при высоком и очень высоком содержании K_2O в почвах.

3. Содержание подвижного калия в дерново-подзолистых почвах при различной их обеспеченности K_2O , мг/кг

Исходное содержание K_2O в почве, мг/кг	Возмещение выноса			
	0 %	0-50 %	50-100 %	>100 %
21-80	-11	-10	-7	-1
81-120	-23	-24	-19	-18
121-170	-40	-37	-20	-24
171-250	-69	-66	-39	-41
>250	-120	-99	-79	-50
Коэффициент корреляции	-0,86	-0,74	-0,77	-0,87

Таким образом, используя полученные результаты исследований, был установлен вынос калия урожаем, снижающий содержание подвижного калия в дерново-подзолистых почвах на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г (табл. 4).

4. Вынос калия урожаем, снижающий содержание K_2O в дерново-подзолистых почвах на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г, кг/га

Исходное содержание K_2O в почве, мг/кг	Возмещение выноса			
	0 %	0-50 %	50-100 %	>100 %
21-80	209	40	13	18
81-120	172	23	12	14
121-170	141	19	10	7
171-250	111	15	7	6
>250	43	7	3	2

Наиболее высокий вынос, который снижает содержание подвижного калия на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г почвы

отмечен при низкой обеспеченности почвы K_2O . Этот показатель уменьшался по мере увеличения содержания подвижного калия в почвах. При высокой обеспеченности почвы K_2O величина выноса калия заметно снижалась. В варианте, где не применяли калийные удобрения переход почвы из низкой группы обеспеченности в высокую и очень высокую способствовал снижению выноса K_2O урожаем в 2 и более раз. Внесение удобрений в дозах, не компенсирующих вынос калия урожаем, позволило уменьшить также величины выноса калия, снижающие удельное содержание K_2O в почве. Это можно объяснить тем, что в длительных полевых опытах ощутимо менялся калийный режим почв, увеличивалось содержание водорастворимого, обменного и труднодоступного калия [5]. В связи с этим, при использовании растениями доступного калия его труднодоступные формы переходят в усвояемые.

Подобная закономерность установлена не только в общей выборке, но также при анализе результатов отдельных опытов [9]. Обращают на себя внимание результаты длительного полевого опыта, проведенного на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Республики Беларусь, в котором были созданы три уровня содержания подвижного калия – повышенный, высокий и очень высокий (табл. 5).

5. Баланс калия в длительных полевых опытах на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах и изменение его содержания в почве между циклами обследования (поле 1)

Внесено с удобрениями, всего, кг д.в./га		Вы-нос	Ба-ланс	Содержание K ₂ O в почве, мг/кг			Вынос калия урожаями, снижающий содержание K ₂ O в почвах на 10 мг/кг, или 1 кг/100 г, кг/га
		кг/га		исходное	конечное	изме-нения	
Фон 1							
0		555	-555	145	64	-81	69
0		526	-526	147	57	-90	58
0		555	-555	117	57	-60	93
480		777	-297	125	90	-35	85
480		834	-354	114	88	-26	136
Сред-нее значе-ние	-	649	-457	130	71	-58	88
Фон 2							
0		759	-759	277	107	-170	45
0		741	-741	292	90	-202	37
0		763	-763	271	88	-183	42
480		971	-970	254	126	-128	76
480		1010	-530	253	122	-131	40
Сред-нее значе-ние	-	849	-753	269	107	-163	48
Фон 3							
0		834	-834	405	146	-259	32
0		837	-837	353	156	-197	42
0		859	-859	399	126	-273	31
480		884	-404	323	165	-158	26
480		1008	-528	388	182	-206	26
Сред-нее значе-ние	-	884	-692	374	155	-219	31

На этих фонах в двух вариантах вносили калийные удобрения в одинаковой дозе – по 480 кг д.в./га за ротацию севооборота. По каждому варианту опыта были определены баланс калия за ротацию севооборота, исходное и конечное содержание K_2O , а также разница между

ними. Затем по формуле рассчитывают величину выноса калия урожаем, снижающую содержание K_2O в почве на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г.

Результаты свидетельствуют о том, что по мере увеличения содержания подвижного калия в почве снижалась величина выноса K_2O урожаями. При среднем содержании K_2O в почве фона 1 – 130 мг/кг вынос калия, снизивший удельное содержание в почве K_2O , составил 88 кг/га, на фоне 2 при содержании калия 269 мг/кг – на 48 и на фоне 3 при содержании 374 мг/кг – 31 кг/га (см. табл. 5).

Заключение. Результаты исследований показали, что влияние на снижение содержания подвижного калия оказывала исходная обеспеченность почв K_2O . Наиболее высокий вынос калия, который снижает его содержание на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г получен при низкой обеспеченности K_2O . Этот показатель уменьшался по мере увеличения его содержания в почвах. В выборке с положительным балансом калия получены величины затрат калийных удобрений на увеличение в почве K_2O , которые оказались близки к ранее разработанным.

Таким образом, полученные результаты представляют собой более совершенную нормативно-справочную информацию, которая может использоваться при научно обоснованном прогнозировании динамики содержания

K_2O на дерново-подзолистых почвах в зависимости от интенсивности применения калийсодержащих удобрений.

Литература

1. Шафран С.А., Ермаков А.А., Виноградова С.Б., Семенова А.И. Изменение плодородия почв Нечерноземной зоны за 50-летний период // Агрохимический вестник. – 2021. – №5. – С. 3-8.
2. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Научные основы и методика определения доз питательных веществ и прогнозирования экономической эффективности применения минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2020. – 152 с.
3. Шафран С.А. Научные основы и современные методы определения доз применения минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2022. – 236 с.
4. Шафран С.А., Кирпичников Н.А., Ермаков А.А., Семенова А.И. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах Нечерноземной зоны и его регулирование // Агрохимия. – 2021. – № 5. – С.14-20.
5. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. Практическое руководство. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
6. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. – М.: ЦИНАО, 2003. – 228 с.
7. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. – М.: ВНИИА, 2016. – 96 с.
8. Постников А.В., Шафран С.А. Временные нормативы затрат удобрений на проведение работ по комплексному агрохимическому окультуриванию полей. – М.: ВНИИПТИХИМ, 1982. – 10 с.
9. Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. Вып. II. Труды ВИАУ. – М., 1982.

INFLUENCE OF THE SUPPLY OF SOD-PODZOLIC SOILS WITH MOBILE POTASSIUM AND THE INTENSITY OF THE APPLICATION OF POTASSIUM FERTILIZERS ON THE DYNAMICS OF K_2O CONTENT

S.A. Shafran, I.V. Iyushenko

FGBNU "All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"

127434, Russia, Moscow, Pryanishnikova str., 31, shafran38@mail.ru

Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31a, Moscow, 127434, Russia

The work presents the dynamics of the content of mobile potassium in the arable land of regions with a predominance of sod-podzolic soils of the Non-Chernozem zone over a 50-year period. Since 1991, the use of potassium-containing fertilizers has constantly decreased, the removal of potassium has become much higher than its supply into the soil, which led to a decrease in the content of mobile potassium. As of January 1, 2021, the weighted average content of mobile potassium decreased in 17 regions of the Non-Black Earth Zone, in which the area of sod-podzolic soils accounts for more than 66% of the arable area. Due to soil degradation by agrochemical properties, the standard yield of grain crops without application of fertilizers decreased by 4.4-4.8 c/ha or by 13-23%. The impact of soil agrochemical properties on potassium removal by crops reducing its specific content is also considered.

УДК: 631.425.4:631.445.25:631.5(571.12)

DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.03

СОСТОЯНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

Н.В. Перфильев, д.с.-х.н., О.А. Вьюшина,

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра СО РАН, e-mail: vyushina63@mail.ru

625501, Россия, Тюменский район, п. Московский, ул. Бурлаки, 2, Тюмень, тел. 8(3452)764-344

Цель проведенных исследований в НИИСХ Северного Зауралья – филиале ТюмНЦ СО РАН – установить влияние длительного воздействия различных систем основной обработки на состояние водопрочной структуры темно-серой лесной почвы. В стационарном опыте в период 1988-2019 г. в зернопаровом севообороте: 1 – пар; 2 – озимая рожь; 3 – яровая пшеница; 4 – зернобобовые; 5 – яровой ячмень исследовали динамику изменения структурно-агрегатного состава водопрочной структуры почвы по отвальной, безотвальной, комбинированной, плоскорезной и поверхностной системам основной обработки. Установлено, что темно-серая лесная почва, обладая хорошими исходными показателями структуры, показала высокую устойчивость ее агрегатного состояния и водопрочности к длительному агротехническому воздействию при возделывании зерновых. За 6 ротаций зернопарового севооборота содержание водопрочных агрономически ценных агрегатов >5-0,25 мм увеличилось по изучаемым систе-