

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЯМИ ЯЧМЕНЯ И ОВСА ФОСФОРА И КАЛИЯ ИЗ ПОДПАХОТНЫХ ГОРИЗОНТОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

К.Ю. Бельдяева, РГАУ-МСХА

Согласно данным по урожайности ячменя и овса в условиях вегетационных опытов, установлены практически одинаковая доступность этим растениям калия и существенные различия в доступности фосфора пахотных и подпахотных горизонтов дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности.

Ключевые слова: калий, фосфор, овес, ячмень, подпахотные горизонты, дерново-подзолистая почва.

В последние годы применение удобрений в России резко сократилось. Особенно это касается фосфорных удобрений, так как баланс фосфора в земледелии страны складывается с превышением его выноса урожаями культур над поступлением в почву. В сложившихся условиях необходимо учитывать все потенциальные возможности почв снабжать растения элементами питания.

Значительные запасы питательных элементов сосредоточены не только в пахотных, но и в подпахотных горизонтах почв. Так как в процессе роста и развития корневая система растений уходит глубоко в почвенные горизонты [7], то с возрастом, как считает Н.З. Станков [10], у растений превалирует поглощение зольных элементов из глубоких слоев почвы и в общем выносе этот источник остается основным. Но существует и противоположная точка зрения относительно роли подпахотных горизонтов в питании растений. Так, например, Д.Н. Прянишников [8] считал, что при изучении «усвояемого» калия, понимая под последним физиологическую усвояемость и физиологическую доступность калия на сильнооподзоленных почвах, можно ограничиться исследованием только пахотного горизонта. Работы А.Т. Кирсанова [5] свидетельствуют о том, что растения лучше используют питательные элементы из пахотного горизонта, чем из иллювиального, даже при том, что в горизонте В содержание их было больше. По-видимому, поэтому сложилось мнение о несущественной роли подпахотных горизонтов в снабжении растений фосфором и калием. И в настоящее время оценка почв по обеспеченности растений этими элементами ведется агрохимической службой страны в основном только по их содержанию в пахотном слое, не учитывая резервы подпахотных горизонтов [6]. Из-за существующих противоречий в оценке вклада в урожай сельскохозяйственных растений элементов питания из подпахотных горизонтов, этот вопрос на протяжении долгих лет волнует многих ученых [2, 3, 6, 9], в том числе из РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева [4].

Методика. Исследования проводили в условиях вегетационных опытов 2010 – 2011 гг. Объекты исследования - почвенные горизонты $A_{\text{пах}}$, A_1A_2 , В дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности, отобранные на территории Долгопрудной агрохимической опытной станции (Московская обл.) и зерновые культуры – ячмень и овес. В каждый год закладывали по два опыта: основной (опыт № 1) и модельный.

В основном опыте сосуды набивали почвенными горизонтами $A_{\text{пах}}$, A_1A_2 , В согласно схеме опыта по 5,5 кг почвы на сосуд. Доступность фосфора почвы изучали по фону НК, калия – NP, для сравнения использовали вариант NPK (дозы NPK по 0,1 г на 1 кг почвы).

В модельном опыте был смоделирован пахотный горизонт в виде речного песка, тщательно отмытого от ила. Субстрат вегетационных сосудов состоял из двух слоёв: внизу – представляющие основной интерес подпахотные горизонты A_1A_2 и иллювиальный горизонт В дерново-подзолистой почвы (ДП-1 или ДП-2) по 2,5 кг на сосуд, сверху – горизонт из песка по 3 кг на сосуд. Слои разделялись между собой пластиковой сеткой и марлей. В почву вносили, согласно схеме опыта, основное удобрение из расчета 0,1 г NP/0,1 г НК на 1 кг почвы. В песок перед посевом семян была внесена полная питательная смесь с одним ограничением: исследуемый элемент (калий или фосфор) вносили в небольшом, строго дозированном количестве (11 мг/кг, т.е. 60 мг на сосуд), достаточном для развития растений исключительно в начальный период роста. На основании исследований в аналогичных условиях сделано заключение о том, что растения, развивающиеся в песке, в начальный период роста испытывают нехватку фосфора по варианту НК, и не могут изначально сформировать хорошо развитую корневую систему, чего в естественных условиях пахотного горизонта не происходит, поэтому результаты в этом варианте были заниженными [1]. В связи с этим в данной работе учли этот недостаток и внесли исследуемые элементы в стартовых дозах.

Почвенные горизонты, использованной в 2010 г. слабоокультуренной дерново-подзолистой почвы (ДП-1), характеризовались сильноокислой реакцией среды (pH_{KCl} 3,8-4,1), низким содержанием подвижных форм фосфора по Кирсанову (45-50 мг/кг почвы) и калия (50-88 мг/кг почвы); Нг 3,5-4,7 мг-экв/100 г почвы.

В 2011 г. была использована среднеоккультуренная дерново-подзолистая почва (ДП-2), которая характеризовалась среднекислой реакцией среды пахотного горизонта (pH_{KCl} 3,8-4,6); средним содержанием подвижных форм фосфора по Кирсанову (58-106 мг/кг почвы) и калия (73-90 мг/кг почвы); Нг 3,7-4,4 мг-экв/100 г почвы.

Учёт урожая проводили в фазе молочной спелости зерна.

Результаты и их обсуждение. Данные по урожайности ячменя и овса опыта № 1 представлены в таблице 1.

На пахотном горизонте в варианте НРК урожайность ячменя была максимальной и составила 11,3 г/сосуд. На горизонте A_1A_2 этого же варианта урожайность ячменя снизилась до 8,6 г/сосуд, что на 20 % ниже, чем на пахотном горизонте. На подпахотном горизонте В варианта НРК урожайность снизилась на 30 % от пахотного и составила 7,5 г/сосуд.

Как видно из результатов, представленных в таблице 1, растения развивались по фону НРК хуже на подпахотных горизонтах, чем на пахотном, несмотря на вносимые удобрения. С глубиной кислотность почвы повышалась, что, скорее всего, сказалось на росте и развитии растений.

При низком содержании подвижного фосфора в почве и очень сильноокислой реакции среды урожай растений резко снижался в варианте НК без внесения фосфорных удобрений. На пахотном горизонте в варианте НК урожайность ячменя составила 4,4 г/сосуд, что на 60 % меньше, чем в варианте НРК. На подпахотных горизонтах A_1A_2 и В на фоне НК также наблюдалось снижение урожайности ячменя на 20 % от пахотного и составило 3,6 г/сосуд. Урожайность овса на пахотном горизонте по фону НК снизилась на 50 % от пахотного и была равна 3,3 г/сосуд. В таких условиях растения очень слабо использовали подвижный фосфор, как из пахотного, так и из подпахотных горизонтов.

Следует отметить, что на горизонте В варианта НК урожайность овса несколько (на 9 %) увеличилась по сравнению с пахотным. Это связано, возможно, со способностью растений овса развивать мощную корневую систему, которая хорошо усваивает подвижные фосфаты даже из подпахотных горизонтов почвы.

Урожайность растений овса по фону НР незначительно снижалась по сравнению с НРК, что свидетельствует о достаточной обеспеченности растений овса калием как пахотного, так и подпахотных горизонтов исследуемой почвы. В отличие от овса, в урожайности ячменя по фону НР наблюдаются существенные различия. На подпахотных горизонтах урожай сухой массы ячменя в горизонте A_1A_2 снизился на 20 % от пахотного и составил 7,9 г/сосуд, в горизонте В - на 30 % от пахотного и составил 7,3 г/сосуд. Это, по всей вероятности, свидетельствует об отрицательном влиянии повышенной кислотности подпахотных горизонтов на доступность растениям ячменя подвижных соединений калия.

В таблице 1 представлены также результаты урожайности овса на среднеоккультуренной дерново-подзолистой почве 2011 г. Максимальный урожай сухой массы овса отмечен на горизонте $A_{пах}$ по варианту НРК - 13,1 г/сосуд. Урожай овса незначительно снижается по фону НР и резко уменьшается по фону НК. Но всё же, согласно полученным данным, урожайность овса на среднеоккультуренной почве практически в 2 раза выше, чем на слабооккультуренной.

Рассмотрим полученные данные урожайности растений модельного опыта (табл. 2).

2. Учет сухой биомассы растений (модельный опыт)

1. Учет сухой биомассы растений (опыт № 1)

Горизонт почвы	Вариант внесения удобрений	2010 г.		2010 г.		2011 г.	
		Ячмень (ДП-1)		Овес (ДП-1)		Овес (ДП-2)	
		средняя масса, г/сосуд	% к $A_{пах}$	средняя масса, г/сосуд	% к $A_{пах}$	средняя масса, г/сосуд	% к $A_{пах}$
$A_{пах}$	НРК	11,3	100	7,2	100	13,1	100
	НР	10,4	100	7,0	100	12,7	100
	НК	4,4	100	3,3	100	6,5	100
A_1A_2	НРК	8,6	76,1	6,9	95,8	11,2	85,5
	НР	7,9	76,0	6,4	91,4	9,1	71,7
	НК	3,6	81,8	2,8	84,8	3,4	52,3
В	НРК	7,5	66,4	6,9	95,8	12,5	95,4
	НР	7,3	70,2	6,6	93,8	9,6	75,6
	НК	3,6	81,8	3,6	109,1	4,5	69,2
НСП ₀₅		0,55		0,69		1,73	

Примечание. ДП-1 – слабооккультуренная дерново-подзолистая почва, ДП-2 – среднеоккультуренная дерново-подзолистая почва.

Максимальная урожайность овса, как и ячменя, была на пахотном горизонте по фону НРК – 7,2 г/сосуд. На подпахотных горизонтах A_1A_2 и В этого же фона урожайность овса составила 6,9 г/сосуд, что на 4 % ниже, чем на пахотном. Эта разница незначительна и свидетельствует о невысокой требовательности овса к условиям произрастания.

Горизонт почвы	Вариант внесения удобрений	2010 г.	2010 г.	2011 г.
		Ячмень (ДП-1)	Овес (ДП-1)	Овес (ДП-2)
		средняя масса, г/сосуд		

Контроль (песок)		8,6	6,0	4,3
A ₁ A ₂ +песок	Стартовая доза фосфора	6,1	4,0	6,6
	Стартовая доза калия	9,8	8,4	7,8
В +песок	Стартовая доза фосфора	9,7	6,9	9,5
	Стартовая доза калия	9,2	10,5	9,5
НСР ₀₅		0,51	1,19	2,45

Урожайность ячменя в контрольном варианте с песком была 8,6 г/сосуд. В подпахотных горизонтах она увеличивалась до 9,2-9,8 г/сосуд, причем различия по вариантам с внесением стартовых доз фосфора или калия незначительны. Следует отметить, что урожайность растений ячменя на подпахотных горизонтах модельного опыта была выше, чем на тех же горизонтах опыта № 1. Таким образом, на развитии растений в начальные периоды роста положительно сказывалось внесение фосфорных и калийных удобрений даже в незначительных дозах. В отличие от опыта № 1 в модельном опыте в контакт с подпахотными горизонтами вступала корневая система развитых растений с высокой усвояющей способностью. В связи с этим растения не испытывали недостатка в калии и фосфоре и активно поглощали подвижные соединения этих элементов из почвы.

Урожайность овса в контрольном варианте 2010 г. была 6,0 г/сосуд. На подпахотных горизонтах урожай сухой массы овса резко возрастал в варианте с внесением в песок калия в стартовой дозе. Таким образом, недостаток калия из удобрений не сказывался на росте и развитии растений. Растения хорошо использовали подвижный калий почвы.

Совсем иная картина сложилась в вариантах с внесением стартовой дозы фосфора. Несмотря на то, что фосфор в песок вносили в стартовой дозе, урожай овса в этих вариантах был низким. В горизонте В урожайность овса несколько возросла по сравнению с контрольным с 6,0 до 6,9 г/сосуд, что по всей вероятности является результатом увеличения содержания подвижного фосфора в этом горизонте до 88 мг/кг.

Результаты модельного опыта 2011 г. приведены в таблице 2. Урожайность овса в контрольном варианте модельного опыта 2011 г. составила 4,3 г/сосуд, что на 2,3 г/сосуд меньше, чем в 2010 г. На подпахотных горизонтах урожайность была выше, чем на контроле. В горизонте A₁A₂ в варианте с внесением стартовой дозы фосфора она увеличилась на 2,3 г/сосуд по сравнению с контролем и на 2,6 г/сосуд по сравнению с тем же вариантом 2010 г. Это свидетельствует о лучшей обеспеченности растений овса подвижными формами фосфора среднеоккультуренной дерново-подзолистой почвы по сравнению со слабооккультуренной. На горизонте A₁A₂ с внесением стартовой дозы калия прибавка урожая овса была существенной и составила 3,5 г/сосуд, по сравнению с

контрольным, на горизонте В урожайность была максимальной - 9,5 г/сосуд.

Таким образом, можно сделать следующее заключение: внесение фосфорных удобрений даже в небольших стартовых дозах в начальные периоды вегетации благоприятно влияет на развитие корневой системы растений, положительно сказывается на способности растений усваивать подвижные соединения фосфора и калия не только пахотного, но и подпахотных горизонтов дерново-подзолистой почвы.

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Внесение в начальный период роста в особенности фосфорных и в меньшей степени калийных удобрений даже в незначительных дозах увеличивало продуктивность ячменя и овса. Таким образом, если растения обеспечены фосфором с начального периода их развития, то они смогут сформировать мощную корневую систему, которая будет обладать высокой усвояющей способностью, и сможет активно извлекать подвижный фосфор и калий даже из глубоких слоев почвы.

2. В проведенных исследованиях урожайность овса на подпахотных горизонтах среднеоккультуренной почвы практически в 2 раза выше, чем на слабооккультуренной. Таким образом, степень окультуренности почвы положительно влияет на доступность растениям подвижных форм фосфора и калия не только пахотных, но и подпахотных горизонтов.

Литература

1. Бабакишиева Е.А. Поглощение минеральных солей корнями подсолнечника и люпина из подпахотных слоев почвы // Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук. – М., 1969. – 22 с. 2. Батура И.Н. Фосфатно-калийный режим и минералогический состав дерново-подзолистых почв разного уровня окультуренности // Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. – М., 2006. – 22 с. 3. Ганжа Б.А. Профильное изучение плодородия подзолистых почв // Труды почвенного института им. В.В. Докучаева. Т.18. – М.-Л., 1938. – С. 139-148. 4. Гусева Ю.Е. Использование растениями ячменя элементов питания из разных слоев дерново-подзолистой почвы // Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук. – М., 2012. – 20 с. 5. Кирсанов А.Т. По вопросам фосфатных и калийных удобрений и известкования. – Л., 1936. – 223 с. 6. Кобзаренко В.И. Ресурсы фосфора и калия темно-серых лесных и дерново-подзолистых почв и возможности их мобилизации // Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д. б. наук. – М., 1998. – 47 с. 7. Модестов А.П. Правда о корнях. – М.: Сельхозиздат, 1932. – 80 с. 8. Прянишников Д.Н. Калийные удобрения. – Л., 1938. – 236 с. 9. Соколов А.В. Агрохимия фосфора. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 150 с. 10. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. – М.: Колос, 1964. – 280 с.

UTILIZATION OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM FROM DIFFERENT HORIZONS OF SODDY-PODZOLIC SOILS BY BARLEY AND OAT PLANTS

K.Yu. Beldyaeva, Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences

ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia, E-mail: bkler@yandex.ru

According to the data on the yields of barley and oat grain in pot experiments, almost similar availability of exchangeable potassium to these plants and significant differences in the availability of available phosphorus in the plow and subsurface horizons of soddy-podzolic soils with different degrees of cultivation were revealed.

Keywords: potassium, phosphorus, barley, oat, subsurface horizons, soddy-podzolic soil.