

УДК 631.811.123:633.16

## ДОСТУПНОСТЬ ЯЧМЕНЮ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ИЗ РАЗНЫХ ГОРИЗОНТОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Ю.Е. Малахова, В.В. Кидин, д.с.-х.н., РГАУ-МСХА

*Изучено использование ячменем азота, фосфора и калия из пахотного и подпахотного слоев дерново-подзолистой почвы. Установлено, что растения лучше потребляют элементы питания из пахотного, чем из подпахотного слоя почвы.*

*Ключевые слова: использование азота, фосфора и калия, ячмень, пахотный и подпахотный горизонты, сосуды Митчерлиха, коэффициент использования удобрений.*

Важнейший фактор, определяющий урожайность и качество продукции – оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур. Существенное влияние на рост и развитие растений, а также на эффективность удобрений оказывает наличие элементов минерального питания в начале вегетационного периода. Применение удобрений без учета содержания питательных веществ в корнеобитаемом слое почвы снижает эффективность применяемых удобрений и вызывает опасность загрязнения окружающей среды и сельскохозяйственной продукции нитратами.

Однако, в условиях резкого сокращения применения удобрений в России необходимо максимально учитывать все потенциальные возможности почв в обеспечении растений элементами минерального питания с целью рационального их использования.

Значительные запасы питательных элементов (в особенности фосфора и калия) сосредоточены в подпахотных горизонтах почв. Многие авторы указывают в своих работах, что растения большую часть питательных веществ поглощают из подпахотных горизонтов почв [1-3]. Но такое мнение разделяют далеко не все исследователи и практики. Так, агрохимическая служба страны оценивает почвы по обеспеченности их фосфором и калием только по их содержанию в пахотном слое. Элементы минерального питания подпахотных горизонтов не учитываются. Основная причина этого – высокая трудоемкость отбора проб.

Цель наших исследований – изучить размер использования ячменем элементов минерального питания из разных горизонтов дерново-подзолистой почвы. Сравнить доступность ячменю азота, фосфора и калия, внесенных в пахотный и подпахотный слои дерново-подзолистой почвы.

**Методика.** В РГАУ-МСХА были проведены вегетационные опыты. Вегетационные сосуды располагали в два уровня (ставили друг на друга), которые имитировали пахотный и подпахотный горизонты. У верхних сосудов Митчерлиха было вырезано дно, и они герметично соединялись с нижними сосудами. Для опыта использовали дерново-подзолистую суглинистую и супесчаную почвы. Было проведено два опыта – в 2010 и 2011 гг. В первом опыте пахотный и подпахотный горизонты представлены суглинистой дерново-подзолистой почвой, во втором – пахотный горизонт представлен суглинистой дерново-подзолистой почвой, подпахотный – супесчаной дерново-подзолистой почвой. Каждый из опытов состоял из восьми вариантов. Опыты заложены в 4-кратной повторности.

Агрономический анализ почвы пахотного и подпахотного горизонтов проводили общепринятыми методами перед закладкой опыта с ячменем.

В качестве фосфорных и калийных удобрений использовали смесь одно- и двухзамещенного фосфата калия ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$  и  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ) из расчета 307 мг на 1 кг почвы, или по 120  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{K}_2\text{O}$  мг на 1 кг почвы. Азот вносили в виде аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) в дозе 0,343 г (120 мг N) на 1 кг почвы.

Посев ячменя проводили в оптимальные для Московской области сроки.

В каждом сосуде после появления всходов ячменя оставляли до уборки по 25 растений. Удаленные при прореживании растения высушивали и использовали для последующего учета массы урожая. Уборку ячменя проводили в августе в фазе полной спелости зерна. Содержание общего азота в растениях определяли методом мокрого озоления по Кьельдалю, общего фосфора – по Е. Труогу и А. Майеру, калия – на планшетном фотометре.

Агрохимическая характеристика пахотного и подпахотного горизонтов почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,4$  и  $5,1$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5 - 205$  и  $180$  мг/кг,  $\text{K}_2\text{O} - 190$  и  $165$  мг/кг.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты опыта, где пахотный и подпахотный горизонты представлены суглинистой дерново-подзолистой почвой (опыт 1) и где пахотный горизонт представлен суглинистой дерново-подзолистой почвой, а подпахотный горизонт – супесчаной дерново-подзолистой почвой (опыт 2) приведены в таблице 1.

Полученные данные показывают четкую зависимость между величиной урожая ячменя и глубиной внесения удобрений. Так, наименьшая урожайность, как и предполагалось, получена на варианте без удобрений. Внесение фосфорного и калийного удобрений в дозе по 120 мг/кг почвы на разную глубину почвенного профиля увеличило выход зерна и соломы, причем незначительное увеличение урожая ячменя наблюдалось в варианте с внесением фосфорного и калийного удобрения в подпахотный горизонт. В вариантах с внесением NPK в разные горизонты почвы урожайность выше при их внесении в пахотный горизонт, что обусловливается, по видимому, наличием азота удобрений в начальный период роста ячменя, когда корневая система растений еще слабо развита и не может хорошо использовать азот почвы. Это подтверждают полученные данные урожайности в варианте при внесении азотного удобрения в пахотный горизонт, а фосфорного и калийного удобрений в подпахотный. Величина урожая в данном варианте приближается к варианту NP, где удобрения внесены в пахотный горизонт. В вариантах, где помимо азота, фосфора и калия применяли и микроэлементы, урожайность была выше, чем в аналогичных вариантах без их внесения. Так, в варианте NPK, внесенных в пахотный горизонт, урожайность соломы 18,3 г/сосуд, в варианте с микроэлементами по фону NPK – 19,9, при внесении удобрений в подпахотный горизонт, соответственно, 14,9 и 15,5 г/сосуд.

**1. Влияние глубины внесения удобрений на урожай ячменя и вынос элементов питания растениями (опыты 1, 2, 2010 г.)**

Вариант опыта, способ внесения удобрений	Масса урожая, г/сосуд			Вынос, мг/сосуд		
	зерно	солома	Σ	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений (контроль)	2,3/3,1	5,8/9,1	8,1/12,2	135/203	38/54	49/94
2. P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , внесено в пахотный слой	3,5/6,3	7,1/12,0	10,6/18,3	164/281	68/90	107/159
3. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , внесено в пахотный слой	9,4/8,6	18,3/23,0	27,7/31,6	586/700	118/136	246/304
4. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + микроэлементы, внесено в пахотный слой	9,6/10,2	19,9/24,8	29,5/35,0	602/785	117/160	277/398
5. P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , внесено в подпахотный слой	3,9/4,8	7,2/11,7	11,1/16,5	175/284	56/72	86/139
6. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , внесено в подпахотный слой	7,5/7,9	14,9/19,8	22,4/23,7	501/539	95/91	196/246
7. P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , внесено в подпахотный слой + N <sub>120</sub> в пахотный слой	8,7/9,9	16,9/21,2	25,6/31,1	574/682	94/118	214/328
8. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , внесено в подпахотный слой + микроэлементы	8,0/9,5	15,5/19,1	21,5/28,6	460/554	89/114	187/255
НСР <sub>05</sub>	0,36/0,33	0,74/0,67				

Примечание. В числителе – опыт 1, в знаменателе – опыт 2.

Общий вынос азота растениями колебался от 135 до 602 мг/сосуд. Наибольший вынос азота был в вариантах с внесением NPK в пахотный горизонт (586 мг/сосуд без внесения микроэлементов) и 602 мг/сосуд с внесением микроэлементов), а также в варианте с внесением фосфорного и калийного удобрений в подпахотный горизонт, а азотного удобрения в пахотный (574 мг/сосуд). Однако в варианте внесения NPK в подпахотный горизонт вынос азота также значителен (501 мг/сосуд). Наименьший вынос азота на контроле (135 мг/сосуд), в вариантах с внесением PK на разную глубину он примерно одинаков (164 мг/сосуд в пахотном горизонте и 175 мг/сосуд в подпахотном горизонте).

Общий вынос фосфора ячменем колебался от 38 до 118 мг/сосуд. Наибольший вынос фосфора был в вариантах с внесением NPK и NPK с микроудобрениями в пахотный слой (118 и 117 мг/сосуд соответственно). Меньший вынос фосфора растениями, однако, также значительный, наблюдался при внесении удобрений в подпахотный слой. Таким образом, полученные данные показывают, что растения в условиях вегетационного опыта используют фосфор подпахотных горизонтов слабее, чем пахотных.

Общий вынос калия ячменем колебался от 49 до 277 мг/сосуд. Растения хорошо усваивали обменный калий как пахотного, так и подпахотного горизонтов почвы.

Приведенные в таблице 1 результаты также показывают зависимость между урожаем ячменя и глубиной внесения удобрений. В данном опыте наименьший урожай зерна и соломы получен на контрольном варианте. Применение фосфорных и калийных удобрений при внесении в пахотный и подпахотный горизонты увеличивают выход зерна и соломы ячменя. Азотные удобрения, как и в первом опыте, благоприятно сказываются на росте растений, значительно повышая урожай. Так наибольший выход зерна и соломы наблюдался в вариантах с внесением азотного удобрения в пахотный горизонт и где N вносили в пахотный горизонт, а PK в подпахотный горизонт. Внесение азотного удобрения в подпахотный горизонт также увеличивало урожайность зерна и соломы ячменя. Применение микроэлементов усиливает эффективность азотного, фосфорного и калийного удобрений и соответственно увеличивает урожай растений. При внесении удобрений в пахотный и подпахотный горизонты урожайность растений выше в варианте NPK + микроэлементы.

Общий вынос азота растениями во втором опыте колебался от 203 до 785 мг/сосуд. В данном блоке наибольший вынос азота наблюдается также в вариантах с внесением азотного удобрения в пахотный горизонт (700 мг/сосуд в варианте без применения микроэлементов) и 785 мг/сосуд с применением микроэлементов). Значительный вынос азота отмечен также в варианте с внесением азотного удобрения в пахотный горизонт, а фосфорного и калийного в подпахотный (682 мг/сосуд). Внесение азотного удобрения в подпахотный горизонт увеличивает, хотя и не столь

существенно, вынос данного элемента. Без применения азотного удобрения вынос наименьший.

Общий вынос фосфора ячменем во втором опыте колебался от 54 до 160 мг/сосуд. Наибольший вынос фосфора наблюдался в вариантах с внесением удобрений в пахотный горизонт. Внесение фосфорных удобрений в подпахотный горизонт уменьшает вынос данного элемента. Полученные данные показывают, что растения используют фосфор подпахотных горизонтов слабее (как и в опыте 1), чем пахотных.

Общий вынос калия ячменем варьировал от 94 до 398 мг/сосуд. Наименьший вынос калий был на контроле, а наибольший – в вариантах с внесением азотного удобрения в пахотный горизонт, что, по-видимому, обусловлено развитием более мощной корневой системы у растений.

Таким образом, на основании полученных результатов можно заключить, что растения ячменя довольно хорошо используют азот и калий из подпахотных горизонтов почвы. Коэффициенты использования ячменем минерального азота из подпахотного горизонта составляют 31-36% в первом опыте и 28-30% во втором; коэффициенты использования ячменем калия из подпахотного горизонта колеблются от 4 до 18% в первом опыте и от 5 до 26% во втором. Использование фосфора ячменем из подпахотных горизонтов невелико (коэффициенты использования колеблются в пределах 3-6% в первом опыте, 2-7% во втором опыте).

Результаты опыта, проведенного в 2011 г., показаны в таблице 2. В таблице приведены данные, полученные в вариантах, где пахотный и подпахотный горизонты представлены суглинистой дерново-подзолистой почвой (опыт 3) и где пахотный горизонт представлен суглинистой дерново-подзолистой почвой, а подпахотный горизонт – супесчаной дерново-подзолистой почвой (опыт 4).

Результаты опыта, проведенного в 2011 г. полностью подтверждают экспериментальные данные опыта 2010 г.

**Выводы.** 1. Коэффициенты использования ячменем минерального азота из подпахотного горизонта колеблются в пределах 26-36% в первом опыте и 20-33% во втором; коэффициенты использования ячменем калия из подпахотного горизонта колеблются в пределах 1-11% в первом опыте и 6-11% во втором. 2. Использование фосфора ячменем из подпахотных горизонтов невелико. 3. Полученные результаты показывают, что ячмень дает большую урожайность на вариантах с использованием супесчаной почвы в качестве подпахотного горизонта (по-видимому, влияют лучшие физические свойства почвы, водно-воздушный режим, аэрация и др.). Урожайность растений ячменя в блоке с использованием суглинистой и супесчаной почвы выше на 20% урожайности в аналогичном блоке только с использованием одной суглинистой почвы. 4. Эффективность азотного удобрения, внесенного в пахотный горизонт, на 20-25% выше внесенного в подпахотный, фосфорного удобрения – на 20-25, калийного – на 25-30%.

**2. Влияние глубины внесения удобрений на урожай ячменя и вынос элементов питания из разных горизонтов почвы  
(опыты 3, 4, 2011 г.)**

Вариант опыта, способ внесения удобрений	Масса урожая, г/сосуд			Вынос, мг/сосуд		
	зерно	солома	Σ	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1. Без удобрений	3,0/3,4	5,7/7,6	8,7/11,0	82/220	38/46	60/32
2. P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , в пахотный слой	4,2/5,3	8,3/11,0	12,5/16,3	101/278	43/70	69/107
3. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , в пахотный слой	7,6/8,9	15,0/18,1	22,6/27,0	425/626	74/104	108/120
4. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> + микроэлементы, в пахотный слой	7,6/8,4	14,9/18,4	22,5/26,8	400/535	79/104	119/124
5. P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , в подпахотный слой	5,2/6,1	8,0/10,9	13,2/17,0	129/279	56/72	65/86
6. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , в подпахотный слой	6,9/8,2	14,1/15,9	21,0/24,1	365/459	73/92	158/101
7. P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , в подпахотный слой + N <sub>120</sub> в пахотный слой	7,1/8,3	14,9/16,3	22,0/24,6	411/530	89/104	146/112
8. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> , в подпахотный слой + микроэлементы	7,6/8,0	14,9/17,2	22,5/25,2	436/582	93/102	160/131
НСР <sub>05</sub>	0,38/0,33	0,70/0,74				

*Примечание.* В числителе-опыт 3, в знаменателе – опыт 4.

*Литература.*

1. Гуцина Е.О. Использование кормовой свеклой аммонийного и нитратного азота из разных слоев дерново-подзолистой почвы // Автореф. дис. канд. биол. наук. – М.: МСХА, 1999. 18 с. 2. Кидин В.В., Гуцина Е.О., Зенкина В.В. Потребление разных форм азота кормовой

свеклой и особенности его трансформации в почвенном профиле // Известия ТСХА, вып. 1. – с. 1-8. 3. Семенко Н.Н., Цыбулька Н.Н. Доступность растениям минеральных соединений азота подпахотных слоев дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и их роль в формировании урожая озимой ржи //Агрохимия. – 1995. – № 7.

**AVAILABILITY OF MINERAL NUTRIENTS FROM DIFFERENT HORIZONS OF SODDY-PODZOLIC SOIL TO BARLEY PLANTS**

*Yu.E. Malakhova, V.V. Kidin*

*Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences,  
ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia, E-mail: snt-nara@yandex.ru*

*The use of nutrients from different horizons of soddy-podzolic soil by barley plants was studied. It was found that the plants better utilized nutrients from the plow layer than those from the subsurface layer of soil.*

*Keywords: application of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers; plow and subsurface horizons; Mitscherlich vessel; A value.*