

Recommended in anthropogenno-transformed peat soils under spring wheat fractional application of nitrogen fertilizer rate of 120 kg/ha in combination with copper-containing fertilizers and plant growth regulators, which provides an average grain yield of 42.8 q/ha.

*Поступила 17.04.14*

УДК 633.16:631.82:631.445.2

## **ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЯЧМЕНОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**А.И. Щетко, А.Р. Рыбак**

*Гродненский зональный институт растениеводства, г. Щучин, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ячмень – одна из важнейших продовольственных, кормовых и технических культур. Его зерно используют для приготовления круп, в пивоваренном производстве и как корм для крупного рогатого скота, свиней, птицы. В 2013 г. в Гродненской области ячмень, возделываемый на площади 96,0 тыс. га, обеспечил урожайность 40,1 ц/га.

Получение высоких и устойчивых урожаев ячменя тесно связано с потреблением питательных веществ. Из зерновых культур он наиболее требователен к элементам питания. При этом очень важно, чтобы растения были обеспечены в полной мере доступными элементами с самого начала их развития [1, 2].

Минеральные удобрения имеют решающее значение среди мероприятий, направленных на повышение урожайности. Кроме урожайности, они могут повысить или снизить показатели качества зерна. Сложившаяся экономическая ситуация требует неординарного подхода ко многим современным проблемам агропромышленного комплекса. Возможность увеличения сборов зерна ячменя за счет современных технологий, к числу которых относится и научно обоснованное применение удобрений – задача актуальная и перспективная [3].

Цель исследований – оценка эффективности применения удобрений при возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве.

### **МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследования по изучению влияния различных систем применения удобрений на продуктивность ячменя проводили в длительном стационарном опыте на опытном поле РУП «Гродненский зональный институт растениеводства

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

НАН Беларуси» на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя:  $pH_{KCl}$  4,98–6,30, содержание гумуса – 0,98–1,99%,  $P_2O_5$  – 156–440,  $K_2O$  – 75–289 мг/кг почвы.

Зернотравяно-пропашной севооборот включал два поля со следующим чередованием культур: яровая пшеница – озимая тритикале – картофель – ячмень – клевер луговой. Общая площадь делянки – 75 м<sup>2</sup>, учетная – 50 м<sup>2</sup>, повторность вариантов в опыте – четырехкратная. Азотные удобрения под ячмень применяли в один прием:  $N_{80}$  – под предпосевную культивацию, в два приема:  $N_{60}$  – под культивацию,  $N_{60}$  – в фазе 2–3 листьев, в три приема:  $N_{60}$  – под культивацию,  $N_{30}$  – в фазе 2–3 листьев,  $N_{30}$  – в фазе флагового листа. В 15 варианте дозу удобрений рассчитывали с учетом содержания доступного азота в почве. Фосфорные и калийные удобрения под ячмень внесены перед посевом в дозе  $P_{30-60}K_{90-120}$ .

Ячмень возделывали по общепринятой для республики технологии [3]. Норма высева семян 4,5 млн/га. В опыте применяли интегрированную систему защиты от сорной растительности и болезней. Сплошную обработку гербицидом гербитокс (1,0 л/га) осуществляли в фазу кущения ячменя (ст. 21–28), фунгицидом титул 390 (0,26 л/га) – в фазу начала выхода в трубку (ст. 31–32). Учет урожая зерна – сплошной поделяночный, комбайном «WINTERSTEIGER».

Анализ растительных образцов выполнен в соответствии с общепринятыми методиками. Азот и фосфор определяли после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пероксида водорода фотоколориметрическим методом, калий – методом пламенной фотометрии.

Объект исследований – среднепоздний сорт ячменя польской селекции Атол. Вегетационный период на 2–4 дня длиннее, чем у стандарта. Устойчивость к полеганию на уровне стандарта, более устойчив к засухе. Масса 1000 семян – 42,7–50,7 г, натура составляет 650–710 г/л. Содержание белка – 10,4–14,9%, крахмала в зерне – 59,2%, экстрактивность – 79,8%, пленчатость – 7,8%.

Из хлебных злаков ячмень наиболее засухоустойчивая культура. Однако из-за слабого развития корневой системы весеннюю засуху он переносит хуже. Появление дружных всходов весной может быть при условии, если высеянные семена впитывают в себя влаги не менее 50% от их веса. Ее недостаток в этот период ведет к запаздыванию всходов и их изреживанию. Много влаги ячмень расходует в фазе кущения и особенно во время выхода в трубку до колошения. Ее недостаток в этот период отрицательно сказывается на развитии растений [4].

Метеорологические условия в годы исследований различались, что сказалось на величине урожая и наступлении фаз развития культуры. В мае 2010 г. температура воздуха была выше средней многолетней на 1,7 °С. Месяц характеризовался неравномерным выпадением осадков. Для июня была характерна температура выше среднемноголетнего значения на 1,3 °С, количество осадков – в пределах нормы. Июль и август отличались повышенными температурами воздуха и избыточным количеством осадков.

Апрель и май 2013 г. были влажными и теплыми. Июнь характеризовался повышенной температурой воздуха (на 3,6 °С выше средней многолетней) и избыточным количеством осадков (на 67,9 мм больше нормы) при неравномерном их выпадении. Недостаточное количество осадков отмечалось в июле месяце (70% от среднемноголетней нормы). Август был сухим и теплым.

Следовательно, можно заключить, что метеорологические условия оказывали определенное влияние на рост и развитие растений культуры, а также на эффективность применяемых удобрений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено влияние применения минеральных удобрений на урожайность ячменя (табл. 1). Продуктивность культуры по вариантам опыта в среднем за два года составила 15,0–43,8 ц/га. В контрольном варианте (без применения удобрений) получено 15,0 ц/га зерна при содержании белка 9,4%. На фоне последействия 75 т/га органических удобрений урожайность ячменя составила 23,1 ц/га (содержание белка 10,2%), что на 8,1 ц/га выше, чем в контроле. Внесение только азотных и калийных удобрений позволило получить 22,1 ц/га зерна, при этом прибавка составила 7,1 ц/га. Использование полного минерального удобрения  $N_{80}P_{30}K_{90}$  привело к существенному росту продуктивности ячменя (на 15,5 ц/га) по отношению к варианту, где удобрения не применялись.

В вариантах, где минеральные удобрения  $N_{80}P_{30}K_{90}$  вносили на фоне последействия различных доз органических удобрений, получено 35,2–38,6 ц/га зерна. Прибавка урожая за счет последействия 25 т/га солоमистого навоза, внесенного под предшествующую культуру (картофель), составила 4,7 ц/га, 50 т/га – 6,9 и 75 т/га – 8,1 ц/га. Увеличение дозы азотных удобрений с  $N_{80}$  до  $N_{120}$  (удобрения вносили в два и три приема) на фоне  $P_{30-60}K_{120}$  и последействия 50 т/га навоза обеспечили урожайность ячменя на уровне 39,2–43,8 ц/га.

Максимальная продуктивность ячменя 43,8 ц/га при содержании белка 12,0% получена в варианте, где на фоне последействия 50 т/га навоза и применения  $P_{30}K_{120}$  азотные удобрения вносили в два приема:  $N_{60}$  – под культивацию,  $N_{60}$  – в фазе 2–3 листьев.

При оценке эффективности применения минеральных удобрений при возделывании ячменя важное значение имеет химический состав основной и побочной продукции, поскольку внесенные удобрения оказывают значительное влияние на поступление элементов минерального питания в растения, чем определяют как уровень урожайности, так и качество получаемой продукции [5].

В среднем за два года исследований, в контрольном варианте без внесения удобрений содержание азота в зерне ячменя составило 1,72%, фосфора – 1,06%, калия – 0,76%, в соломе – 0,78, 0,35 и 1,9% соответственно (табл. 2). При внесении различных доз минеральных удобрений содержание азота в зерне варьировало от 2,02 до 2,31%, в соломе – от 0,66 до 0,98%; фосфора – от 1,01 до 1,07% в зерне и от 0,32 до 0,60% в соломе; калия – от 0,76 до 0,82% и от 2,03 до 4,02% соответственно.

На основании данных по химическому составу основной и побочной продукции ячменя был определен общий вынос элементов минерального питания (табл. 3).

В варианте без удобрений получен наименьший вынос по азоту – 27 кг/га. При внесении азотных удобрений в дозе  $N_{80}$  на фоне  $K_{90}$  и  $P_{30}K_{90}$  вынос азота составил 46–64 кг/га. Применение  $N_{80}P_{30}K_{90}$  на фоне последействия различных доз органических удобрений привело к увеличению общего выноса азота до

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

76–80 кг/га. На фоне последействия 75 т/га солоमистого навоза КРС этот показатель составил 48 кг/га. Увеличение дозы азота с  $N_{80}$  до  $N_{100}$  способствовало повышению общего выноса до 82–86 кг/га и с  $N_{100}$  до  $N_{120}$  – до 85–92 кг/га. Максимальный размер общего выноса азота 93 кг/га получен в варианте, где азотные удобрения применяли в два срока ( $N_{60}$  – под культивацию,  $N_{60}$  – в фазе 2–3 листьев) на фоне последействия 50 т/га навоза и  $P_{60}K_{120}$ .

Таблица 1

### Влияние удобрений на урожайность зерна ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве (2010, 2013 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к контролю, ц/га	Содержание белка, %	Оплата удобрений зерном, кг
	2010 г.	2013 г.	среднее			
Без удобрений	12,9	17,1	15,0	–	9,4	–
$N_{80}K_{90}$	20,9	23,2	22,1	7,1	11,0	4,2
$N_{80}P_{30}K_{90}$	35,9	25,1	30,5	15,5	11,2	7,8
$N_{80}P_{30}K_{90}^*$	37,7	32,7	35,2	20,2	11,3	10,1
$N_{80}P_{30}K_{90}^{**}$	40,1	34,7	37,4	22,4	11,4	11,2
$N_{80}P_{30}K_{90}^{***}$	41,7	35,5	38,6	23,6	11,4	11,8
Последействие 75 т навоза	22,0	24,2	23,1	8,1	10,2	1,4
$N_{80}K_{90}^{**}$	34,1	30,3	32,2	17,2	11,1	10,1
$N_{100}P_{30}K_{90}^{**}$	39,1	36,7	37,9	22,9	11,6	10,4
$N_{100}P_{30}K_{120}^{**}$	40,2	37,2	38,7	23,7	11,5	9,5
$N_{60+60}K_{120}^{**}$	38,2	40,2	39,2	24,2	12,0	10,1
$N_{60+60}P_{30}K_{120}^{**}$	43,1	44,5	43,8	28,8	12,0	10,7
$N_{60+60}P_{60}K_{120}^{**}$	40,5	44,9	42,7	27,7	11,9	9,2
$N_{60+30+30}P_{60}K_{120}^{**}$	41,0	43,6	42,3	27,3	11,9	9,1
$N_{40+30+30}P_{60}K_{120}^{**}$	40,5	43,1	41,8	26,8	11,8	11,2
$HCP_{05}$	2,7	2,5	1,8			

Примечания:

1. На фоне последействия 25 т/га навоза.
2. На фоне последействия 50 т/га навоза.
3. На фоне последействия 75 т/га навоза.

**Влияние удобрений на содержание основных элементов питания  
в зерне и соломе ячменя (среднее за 2010, 2013 гг.)**

Вариант	Зерно, % в сухом веществе			Солома, % в сухом веществе		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без удобрений	1,72	1,06	0,76	0,78	0,35	1,90
N <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	2,23	1,01	0,79	0,75	0,42	2,03
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	2,26	1,03	0,76	0,87	0,32	2,89
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> *	2,23	1,03	0,76	0,98	0,48	3,79
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> **	2,22	1,06	0,76	0,86	0,51	3,44
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> ***	2,23	1,03	0,79	0,78	0,60	3,35
Последствие 75 т навоза	2,02	1,03	0,82	0,74	0,40	2,98
N <sub>80</sub> K <sub>90</sub> **	2,12	1,02	0,82	0,74	0,46	3,67
N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> **	2,31	1,06	0,82	0,74	0,38	3,27
N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub> **	2,31	1,03	0,76	0,91	0,57	4,01
N <sub>60+60</sub> K <sub>120</sub> **	2,26	1,06	0,79	0,73	0,38	3,78
N <sub>60+60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub> **	2,15	1,03	0,76	0,69	0,37	3,90
N <sub>60+60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> **	2,12	1,07	0,77	0,82	0,46	4,02
N <sub>60+30+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> **	2,27	1,07	0,76	0,69	0,35	3,56
N <sub>40+30+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> **	2,26	1,06	0,79	0,66	0,40	3,18
НСР	0,13	0,09	0,06	0,10	0,04	0,45

Примечания:

1. На фоне последствия 25 т/га навоза.
2. На фоне последствия 50 т/га навоза.
3. На фоне последствия 75 т/га навоза.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3

Общий вынос элементов питания ячменем (среднее за 2010, 2013 гг.)

Вариант	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос, кг/т		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без удобрений	27	14	25	18,0	9,4	16,7
N <sub>80</sub> K <sub>90</sub>	46	20	42	20,8	9,0	19,0
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	64	26	62	21,0	8,5	28,0
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> *	76	34	80	21,6	9,6	22,7
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> **	79	36	84	21,1	9,6	22,4
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> ***	80	38	86	20,7	9,8	22,3
Последствие 75 т навоза	48	22	50	20,8	9,5	21,6
N <sub>80</sub> K <sub>90</sub> **	66	31	74	20,5	9,6	23,0
N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub> **	82	34	82	21,6	9,0	21,6
N <sub>100</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub> **	86	37	95	22,3	9,6	24,5
N <sub>60+60</sub> K <sub>120</sub> **	85	35	93	21,7	8,9	23,7
N <sub>60+60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub> **	90	38	100	20,5	8,7	22,8
N <sub>60+60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> **	93	41	111	21,8	9,6	25,6
N <sub>60+30+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> **	92	39	101	21,8	9,2	23,9
N <sub>40+30+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> **	88	38	88	21,0	9,1	21,0

Примечания:

1. На фоне последствия 25 т/га навоза.
2. На фоне последствия 50 т/га навоза.
3. На фоне последствия 75 т/га навоза.

Самый низкий общий вынос фосфора получен в варианте без применения удобрений, при внесении N<sub>80</sub>K<sub>90</sub> и на фоне последствия 75 т/га органических удобрений – 14–22 кг/га. Выноса фосфора 26–38 кг/га – при внесении N<sub>80</sub>P<sub>30</sub>K<sub>90</sub> и N<sub>80</sub>P<sub>30</sub>K<sub>90</sub> на фоне различных доз органических удобрений. В вариантах, где вносили N<sub>80</sub>K<sub>90</sub> и N<sub>60+60</sub>K<sub>120</sub> на фоне 50 т/га навоза, общий вынос фосфора составил 31 и 35 кг/га соответственно. Использование N<sub>60+60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>150</sub>

на фоне последействия 50 т/га навоза обеспечило максимальный общий вынос фосфора – 41 кг/га.

Общий вынос калия ячменем в варианте без удобрений составил 25 кг/га. Применение  $N_{80}P_{30}K_{90}$  и  $N_{80}P_{30}K_{90}$  на фоне последействия различных доз органических удобрений обеспечило общий вынос калия 62–86 кг/га. Дальнейшее увеличение общего выноса до 95–111 кг/га отмечено при внесении калийных удобрений в дозе  $K_{120}$ . Максимальный общий вынос калия 111 кг/га получен в варианте  $N_{60+60}$  на фоне  $P_{60}K_{120}$  и последействия 50 т/га органических удобрений, где применяли азотные удобрения в два срока.

Следует отметить, что общий вынос элементов питания зависит не только от уровня получаемой урожайности, но и от ряда других факторов, которые оказывают влияние на формирование урожайности культуры, таких как погодные условия периода вегетации, дозы применяемых удобрений и др., что ограничивает использование этого показателя в агрохимической практике. В этом отношении более стабильным показателем является удельный вынос элементов питания, определяемый как вынос в расчете на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции. В исследованиях удельный вынос азота изменялся в пределах 18,0–22,3 кг, фосфора – 8,5–9,8 кг, калия – 16,7–28,0 кг с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции.

## ВЫВОДЫ

При возделывании ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве оптимальной системой удобрения является применение  $N_{60+60}P_{30}K_{120}$  (азотные удобрения вносили в два приема:  $N_{60}$  – под культивацию,  $N_{60}$  – в фазе 2–3 листьев) на фоне последействия 50 т/га органических удобрений. Данная система удобрения обеспечила максимальную в опыте урожайность зерна 43,8 ц/га при содержании белка 12,0%. Удельный вынос основных элементов питания составил: азот – 20,5 кг/т, фосфор – 8,7 кг/т, калий – 22,8 кг/т.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков, И.И. Ячмень в интенсивном земледелии / И.И. Беляков. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 176 с.
2. Зерновые культуры / Д. Шпаар [и др.] – Минск: ФУАинформ, 2000. – 421 с.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2005. – 460 с.
4. Осин, А.Е. Ячмень – высокоурожайная культура / А.Е. Осин. – Минск: Ураджай, 1983. – 79 с.
5. Шпока, Е.И. Влияние комплексного применения макро- и микроудобрений на урожайность и вынос элементов питания ячменем при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / Е.И. Шпока // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 128–134.

## INFLUENCE OF FERTILIZER USE ON PRODUCTIVITY AND REMOVAL OF NUTRIENTS BY BARLEY CULTIVATED ON SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL

A.I. Shchetko, A.R. Rybak

### Summary

Optimum fertilizer system of barley cultivated on sod-podzolic loamy sand soil is the application of  $N_{60+60}P_{30}K_{120}$  (nitrogen fertilizers were applied in two steps:  $N_{60}$  – cultivation  $N_{60}$  – in the phase of 2–3 leaves) on the background of the aftereffects of 50 t/ha of organic fertilizers. This fertilizer system has provided the maximum grain yield to 43.8 c/ha at the protein content of 12.0%. Specific removal of the main nutrients has formed: nitrogen – 20,5 kg/t, phosphorus – 8,7 kg/t, potassium – 22,8 kg/t.

*Поступила 13.02.14*

УДК 633.15:631.8:631.445.2

## АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КУКУРУЗЫ ПО СОЛОМЕ ЯЧМЕНЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Т.М. Серая, Е.Н. Богатырева, Е.Г. Мезенцева, Т.М. Кирдун,  
О.М. Бирюкова, Ю.А. Белявская

*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза является культурой разностороннего использования, ее широко возделывают во всех странах для производства кормов и продуктов питания [1–3]. Благодаря высокой урожайности, кормовым достоинствам и технологичности возделывания посевные площади кукурузы в мире за последние полвека возросли в 1,6 раза при увеличении урожайности в 3 раза, валового сбора зерна – в 4,8 раза [4]. В Республике Беларусь посевы кукурузы с 2003 г. увеличились в 2,3 раза, достигнув в 2013 г. более 1,0 млн га, из которых 198,4 тыс. га убрано на зерно, а 846,6 тыс. га – на силос.

Кукуруза весьма требовательна к условиям произрастания, потребляя элементы питания до наступления восковой спелости зерна [5]. Поэтому при складывающихся социально-экономических условиях хозяйствования агропромышленного комплекса республики для реализации высокого потенциала продуктивности кукурузы и эффективной окупаемости вкладываемых в нее средств необходимо дальнейшее усовершенствование системы удобрения этой