

## **ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ, МЕДНЫХ, МАРГАНЦЕВЫХ И ЦИНКОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ**

**М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, С. Г. Кудласевич, Л. Н. Гук**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Минеральное питание – одно из основных регулируемых факторов, используемых для целенаправленного управления ростом и развитием растений с целью создания высокого урожая хорошего качества [1, 2]. Для сбалансированного питания растений озимого ячменя в целях повышения урожайности и качества зерна особенно важен дифференцированный подход к применению макро- и микроудобрений с учетом обеспеченности почвы доступными формами элементов. При возделывании этой культуры по современным технологиям с ростом урожайности озимого ячменя увеличивается вынос элементов минерального питания, включая микроэлементы, усиливается подвижность питательных веществ, что приводит к необходимости изменения состава применяемых удобрений. В связи с вышеуказанным еще много нерешенных проблем, в частности, необходимо определение потребности растений в элементах минерального питания и разработки нормативов выноса макро- и микроэлементов, что позволит снизить затраты на минеральные удобрения при возделывании этой культуры. При этом важно определить влияние разных доз азотных, медных, марганцевых и цинковых удобрений на фоне внесения фосфорных и калийных удобрений на урожайность и качество зерна озимого ячменя. Общий вынос элементов минерального питания основной и побочной продукцией растений зависит не только от биологии растений, но от уровня получаемых урожаев и интенсивности применения агрохимических средств. Поэтому показатели выноса элементов достаточно динамичная величина, которая зависит не только от типа почв, но и от уровней получаемых урожаев и биологических особенностей культур [3–8].

Отметим, что для повышения эффективности азота, фосфора и калия в технологии возделывания озимого ячменя большое значение имеет внесение микроэлементов. Потребность растений в микроэлементах увеличивается с уменьшением кислотности почвы, при высоком содержании доступного фосфора и азота в почве, при внесении больших доз фосфорных и азотных удобрений. Эффективность микроудобрений также во многом зависит от содержания доступных форм микроэлементов в почве. По данным крупномасштабного обследования почв пашни Беларуси средневзвешенное содержание подвижной меди составляет 1,76 мг/кг, цинка – 2,99 мг/кг почвы, что свидетельствует об определенном недостатке этих микроэлементов для сельскохозяйственных культур [9–10]. Низкое содержание подвижных форм микроэлементов в почве зачастую является фактором, лимитирующим формирование урожая

сельскохозяйственных культур и качества продукции. Особенно это актуально для почв легкого гранулометрического состава, где потребность растений в микроэлементах и роль сбалансированности минерального питания возрастает в условиях интенсивных технологий, направленных на формирование высокопродуктивных посевов. Поэтому определение роли и места макро- и микроэлементов в минеральном питании озимого ячменя актуально и имеет практическую значимость.

Цель исследований – установить влияние разных доз и сроков применения азотных, медных, марганцевых и цинковых удобрений, на урожайность, качество и вынос элементов питания урожаем озимого ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования с озимым ячменем проводились в 2023–2024 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве в РУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района. Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы:  $pH_{KCl}$  – 5,9 гумус – 2,3 %,  $P_2O_5$  – 240,  $K_2O$  – 217, В – 0,3, Cu – 1,6, Zn – 2,8, Mn – 3,0, S – 3,3 мг/кг почвы. Опыт с ячменем (сорт Буслик) включает варианты с применением в некорневую подкормку возрастающих доз и сочетаний меди, марганца и цинка на двух уровнях азотного питания на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений.

*Схема опыта:*

- |   |   |
|---|---|
| 1. Вариант без удобрений                  | 6. Фон 1 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05} + Cu_{0,05}Mn_{0,05}$  |
| 2. $P_{75}K_{150}$ – фон                  | 7. $N_{120}P_{75}K_{150}$ – фон 2                     |
| 3. $N_{90}P_{75}K_{150}$ – фон 1          | 8. Фон 2 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}$                       |
| 4. Фон 1 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}$           | 9. Фон 2 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}Zn_{0,075}$             |
| 5. Фон 1 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}Zn_{0,075}$ | 10. Фон 2 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05} + Cu_{0,05}Mn_{0,05}$ |

*Дозы микроэлементов даны в кг/га д.в.*

Фосфорные и калийные удобрения под озимый ячмень внесены до посева с заделкой под культивацию в форме суперфосфата аммонизированного, хлористого калия. Азотные подкормки проведены в начале возобновления активной вегетации (КАС) и в стадию первого узла (карбамид). На первом уровне (фон 1) дробное внесение азота составило  $N_{50+40}$ , на втором уровне (фон 2) – в дозе  $N_{70+50}$ . Микроудобрения внесены в некорневую подкормку в стадии первого узла. В варианте 6,10 микроудобрения внесены двукратно: осенью (фаза кущения) и весной (в стадии первого узла). Микроудобрение МикроСтим-Медь Л, МикроСтим-Марганец и МикроСтим-Цинк вносили в некорневые подкормки озимого ячменя согласно схеме опыта. Расход рабочего раствора 200 л/га.

Общая площадь делянок 30 м<sup>2</sup>, повторность – 3-кратная. Предшественник – озимый рапс. Норма высева – 4,0 млн всхожих семян на 1 га.

Период исследований 2023–2024 гг. отличался от среднемноголетних значений по температурному режиму и влагообеспеченности. Весна 2023 г. оказалась засушливой и формирование урожайности ячменя проходило в условиях жаркой и сухой погоды. Гидротермический коэффициент в мае составил 0,2, при сред-

немноголетней норме 1,8, в июне – 0,8, при среднемноголетней норме 1,4 соответственно. При этом в июле количество выпавших осадков составило 153,6 % от среднемноголетнего показателя.

В вегетационный период 2024 г., растения озимого ячменя развивались в условиях избыточного увлажнения на фоне повышенных температур. ГТК в весенне-летний период вегетации озимого ячменя составил 2,4, при среднемноголетних показателях ГТК 1,8. Возобновление весенней вегетации 2024 г. происходило в условиях избыточного увлажнения. В апреле сумма осадков за месяц на 157,6 % превысила среднемноголетний показатель. Дальнейшее формирование урожайности ячменя проходило в условиях жаркой и умеренно влажной погоды. Гидротермический коэффициент в мае составил 1,4, при среднемноголетней норме 1,8, в июне – 1,5, при среднемноголетней норме 1,4 соответственно. В последний месяц вегетации (июль) сумма осадков составила 172,3 % от среднемноголетнего показателя, при отклонении температуры на 1,1 °С выше нормы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что на формирование урожайности и качества зерна озимого ячменя существенную роль оказывает применение азотных, медных, марганцевых и цинковых удобрений. Так, при возделывании озимого ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве внесение азотных удобрений на фоне  $P_{75}K_{150}$  повышало урожайность зерна на 47,3–58,2 %. Прибавка урожайности зерна от двукратной азотной подкормки в дозе  $N_{50+40}$  составила 17,0, в дозе  $N_{70+50}$  – 20,9 ц/га. С повышением дозы азотных удобрений с  $N_{90}$  до  $N_{120}$  урожайность зерна увеличилась на 3,9 ц/га (рис., табл. 1).

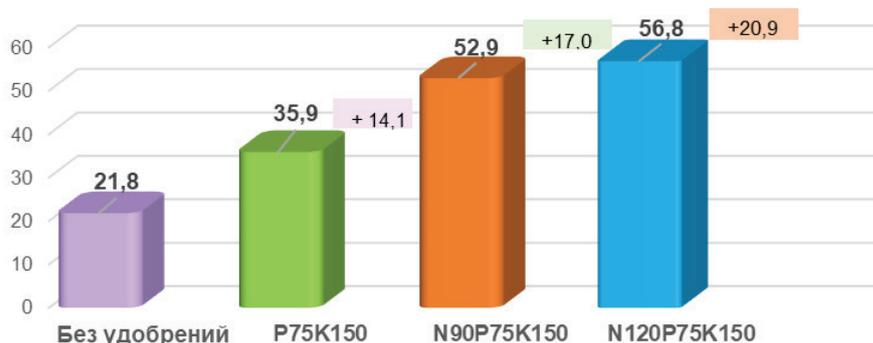


Рис. Влияние азотных удобрений на урожайность зерна озимого ячменя

Прибавка урожайности зерна от азотной подкормки составила 17,0 и 20,9 ц/га, при урожайности 52,9 и 56,8 ц/га. С увеличением дозы азотных удобрений с  $N_{90}$  до  $N_{120}$  урожайности зерна увеличилась на 3,9 ц/га.

Некорневые подкормки озимого ячменя микроудобрениями МикроСтим на фоне минерального питания  $N_{90}P_{75}K_{150}$  повышали урожайность зерна на 4,6–5,5 ц/га, или на 8,7–10,4 %. На фоне минерального питания  $N_{120}P_{75}K_{150}$ , наряду с повышением урожайности озимого ячменя, отмечается снижение эффективности некорневых подкормок микроэлементами на 6,7–7,4 %, что составляет 3,8–4,2 ц/га (табл. 1.)

Отмечается, что азотные удобрения увеличили содержания белка в зерне на 1,6–2,4 %, сбор белка – на 1,8–2,7 ц/га. При увеличении дозы азотных удобрений с  $N_{90}$  до  $N_{120}$  на фоне  $P_{75}K_{150}$ , содержание сырого белка в зерне ячменя повышалось на 0,8 %, сбор сырого белка с гектара на 0,9 ц. Внесение микроудобрений МикроСтим с содержанием меди, марганца и цинка повышало содержание белка в зерне на 0,2–0,9 %, сбор белка – на 0,4–1,1 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

## Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество озимого ячменя

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к фону 1,2, ц/га	(среднее 2023–2024 гг.)	
	2023 г.	2024 г.	средняя		белок, %	сбор белка, ц/га
1. Вариант без удобрений	18,0	25,6	21,8	–	7,2	1,4
2. $P_{75}K_{150}$ – Фон	33,4	38,4	35,9	–	9,0	2,8
3. $N_{90}P_{75}K_{150}$ – фон 1	48,7	57,1	52,9	–	10,6	4,6
4. Фон 1 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}$	52,5	63,2	57,8	4,9	11,5	5,7
5. Фон 1 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}Zn_{0,075}$	51,0	64,1	57,5	4,6	11,3	5,6
6. Фон 1 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05} + Cu_{0,05}Mn_{0,05}$	53,0	63,8	58,4	5,5	11,3	5,6
7. $N_{120}P_{75}K_{150}$ – фон 2	51,1	62,5	56,8	–	11,4	5,5
8. Фон 2 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}$	54,3	67,5	60,9	4,1	11,7	6,2
9. Фон 2 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05}Zn_{0,075}$	53,2	68,0	60,6	3,8	11,6	5,9
10. Фон 2 + $Cu_{0,05}Mn_{0,05} + Cu_{0,05}Mn_{0,05}$	55,1	67,0	61,0	4,2	11,7	6,2
$HCP_{05}$	1,8	2,4	2,3	–	–	0,63

Для формирования урожая зерна и соломы озимого ячменя в разной степени использовались питательные вещества. В зерне накапливается больше азота, а в соломе – калия, из микроэлементов в зерне больше цинка, в соломе марганца (табл. 2). В среднем за два года в контрольном варианте зерно и солома содержали в сухом веществе 1,25 % азота, 0,46 % фосфора, 0,49 % калия, 0,05 % кальция, 0,20 % магния, 0,13 % серы и 0,33 % азота, 0,07 % фосфора, 1,15 % калия, 0,17 % кальция, 0,23 % магния, 0,11 % серы соответственно (табл. 2).

На фоне внесения минеральных удобрений  $N_{120}P_{75}K_{150}$  содержание азота, фосфора и калия в зерне и соломе ячменя выше, чем на фоне  $N_{90}P_{75}K_{150}$ . Так, в вариантах с применением  $N_{90}P_{75}K_{150}$  и  $N_{120}P_{75}K_{150}$  в сравнении с вариантом без удобрений, содержание основных элементов питания в зерне ячменя возросло: азота – на 0,39 и 0,53 %, фосфора – на 0,12 и 0,17 %, калия – на 0,09 и 0,13 % соответственно. Повышение дозы вносимого азота с 90 кг/га до 120 кг/га увеличивала концентрацию элемента в растениях ячменя с 1,64 до 1,78 %. Содержание калия, кальция и магния в зерне озимого ячменя изменялось не значительно на всех исследуемых вариантах опыта.

Некорневые подкормки растений озимого ячменя медью, марганцем и цинком также повышали содержание микроэлементов в продукции в сравнении с фоновыми вариантами. В среднем за два года в фоновых вариантах зерно и солома содержали: 1,4–1,5 мг/кг меди, 10,4–10,7 мг/кг цинка, 8,3–8,8 мг/кг марганца и 1,4 мг/кг меди, 2,3 мг/кг цинка, 11,9–12,4 мг/кг марганца соответственно. Под влиянием

некорневых подкормок ячменя медью содержание элемента в зерне увеличивалось до 1,6–1,7 мг/кг, в соломе до 1,7–1,9 мг/кг сухой массы. Применение цинковых удобрений повышало содержание цинка в зерне до 10,8–11,8 мг/кг, в соломе – до 3,0–3,4 мг/кг сухой массы. Некорневое внесение марганца в подкормку ячменя способствовало увеличению его содержания в зерне до 9,0–9,5 мг/кг, в соломе – до 15,8–19,2 мг/кг сухой массы (табл. 2).

Таблица 2

Содержания макро- и микроэлементов в зерне и соломе озимого ячменя (среднее 2023–2024 гг.)

Варианты	N <sub>общ.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Cu	Zn	Mn
	% сухой массы						мг/кг сухой массы		
1. Вариант без удобрений	<u>1,25*</u> 0,33	<u>0,46</u> 0,07	<u>0,49</u> 1,15	<u>0,05</u> 0,17	<u>0,20</u> 0,23	<u>0,13</u> 0,11	<u>1,1</u> 1,0	<u>9,7</u> 2,2	<u>7,7</u> 11,1
2. P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> – Фон	<u>1,32</u> 0,43	<u>0,54</u> 0,10	<u>0,55</u> 1,41	<u>0,07</u> 0,18	<u>0,21</u> 0,24	<u>0,14</u> 0,11	<u>1,3</u> 1,7	<u>7,4</u> 2,2	<u>6,6</u> 11,1
3. N <sub>90</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> – фон 1	<u>1,64</u> 0,37	<u>0,58</u> 0,09	<u>0,58</u> 1,50	<u>0,07</u> 0,18	<u>0,22</u> 0,24	<u>0,20</u> 0,12	<u>1,4</u> 1,4	<u>10,4</u> 2,3	<u>8,3</u> 11,9
4. Фон 1 + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>	<u>1,80</u> 0,49	<u>0,60</u> 0,11	<u>0,60</u> 1,62	<u>0,08</u> 0,17	<u>0,22</u> 0,25	<u>0,16</u> 0,12	<u>1,7</u> 1,8	<u>11,8</u> 2,8	<u>9,5</u> 14,9
5. Фон 1 + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,075</sub>	<u>1,8</u> 0,54	<u>0,59</u> 0,10	<u>0,59</u> 1,57	<u>0,08</u> 0,19	<u>0,22</u> 0,26	<u>0,20</u> 0,12	<u>1,6</u> 1,4	<u>10,4</u> 3,0	<u>8,8</u> 19,2
6. Фон 1 + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> +Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>	<u>1,76</u> 0,54	<u>0,65</u> 0,11	<u>0,61</u> 1,56	<u>0,07</u> 0,20	<u>0,23</u> 0,26	<u>0,15</u> 0,13	<u>1,6</u> 1,5	<u>10,2</u> 2,6	<u>8,8</u> 12,3
7. N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> – фон 2	<u>1,78</u> 0,38	<u>0,63</u> 0,11	<u>0,62</u> 1,61	<u>0,07</u> 0,19	<u>0,23</u> 0,24	<u>0,17</u> 0,12	<u>1,5</u> 1,4	<u>10,7</u> 2,3	<u>8,8</u> 12,4
8. Фон 2 + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>	<u>1,83</u> 0,56	<u>0,65</u> 0,13	<u>0,61</u> 1,64	<u>0,07</u> 0,20	<u>0,23</u> 0,26	<u>0,16</u> 0,13	<u>1,7</u> 1,7	<u>10,1</u> 3,4	<u>8,6</u> 15,8
9. Фон 2 + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,075</sub>	<u>1,81</u> 0,42	<u>0,67</u> 0,12	<u>0,62</u> 1,59	<u>0,07</u> 0,19	<u>0,22</u> 0,26	<u>0,16</u> 0,14	<u>1,6</u> 1,9	<u>10,8</u> 2,9	<u>9,0</u> 13,1
10. Фон 2 + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> +Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>	<u>1,83</u> 0,43	<u>0,66</u> 0,12	<u>0,65</u> 1,66	<u>0,05</u> 0,20	<u>0,25</u> 0,24	<u>0,20</u> 0,12	<u>1,6</u> 1,7	<u>10,6</u> 2,4	<u>9,0</u> 13,3

\*содержание элементов: над чертой – в зерне, под чертой – в соломе.

При разработке системы удобрения большой значение имеет вынос элементов питания урожаем сельскохозяйственных культур. С повышением продуктивности посевов, а, следовательно, и отчуждения элементов питания урожаем, пропорционально возрастает необходимость применения удобрений с целью компенсации их дефицита в почве [9]. Исходя из экспериментальных данных урожайности зерна и соломы озимого ячменя, химического состава основной и побочной продукции, рассчитан общий и удельный вынос элементов питания озимым ячменем (табл. 3).

При оценке общего и удельного выноса установлено, что за период вегетации с урожаем озимого ячменя в большей мере отчуждается азот и калий и сравнительно меньше – фосфор, кальций, магний и сера. Из микроэлементов с урожаем ячменя больше выносятся марганца, меньше – цинка, а самое низкое значение характерно для меди. На фоне внесения минеральных удобрений N<sub>120</sub>P<sub>75</sub>K<sub>150</sub> вынос элементов питания выше, чем на фоне N<sub>90</sub>P<sub>75</sub>K<sub>150</sub>.

**Общий (кг, г/га) и удельный (нормативный) (кг, г/т) вынос элементов питания озимым ячменем на дерново-подзолистой супесчаной почве (среднее 2023–2024 гг.)**

Урожайность, ц/га		Вынос	N общ.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Cu	Zn	Mn
зерно	солома		кг						г		
Вариант – N <sub>90</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub>											
52,9	94,8	общий	104,1	33,6	146,0	17,5	29,1	18,7	17,5	65,6	132,5
		удельный	19,7	6,3	27,6	3,3	5,5	3,5	3,3	12,4	25,1
Вариант – N <sub>90</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>											
57,8	99,6	общий	130,5	39,0	164,7	18,2	31,9	18,0	23,5	82,1	171,9
		удельный	22,6	6,8	28,5	3,1	5,5	3,1	4,1	14,2	29,7
Вариант – N <sub>90</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,075</sub>											
57,5	97,8	общий	133,5	37,4	158,3	19,6	32,3	19,8	19,4	76,1	201,3
		удельный	23,2	6,5	27,5	3,4	5,6	3,4	3,4	13,2	35,0
Вариант – N <sub>90</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>											
58,4	99,8	общий	133,7	39,9	161,2	20,3	33,3	18,4	20,6	73,0	147,3
		удельный	22,9	6,8	27,6	3,5	5,7	3,2	3,5	12,5	25,2
Вариант – N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub>											
56,8	105,1	общий	120,6	40,0	172,3	20,2	32,4	18,9	19,7	72,6	152,5
		удельный	21,2	7,0	30,3	3,6	5,7	3,3	3,5	12,8	26,8
Вариант – N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>											
60,9	108,9	общий	147,1	43,8	182,7	22,0	35,8	20,3	24,5	84,0	189,6
		удельный	24,1	7,2	30,0	3,6	5,9	3,3	4,0	13,8	24,1
Вариант – N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> Zn <sub>0,075</sub>											
60,6	107,9	общий	132,5	43,2	176,6	20,9	35,0	21,0	25,6	82,6	165,6
		удельный	21,9	7,1	29,1	3,4	5,8	3,5	4,2	13,6	21,9
Вариант – N <sub>120</sub> P <sub>75</sub> K <sub>150</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub> + Cu <sub>0,05</sub> Mn <sub>0,05</sub>											
61,0	109,0	общий	135,4	45,1	186,7	20,9	35,1	21,5	24,0	77,6	169,0
		удельный	22,2	7,4	30,6	3,4	5,8	3,5	3,9	12,7	27,7
В среднем общий			128,9	39,6	166,0	19,8	32,8	19,3	21,5	76,6	165,8
В среднем удельный			22,2	6,9	28,9	3,4	5,7	3,4	3,7	13,2	28,5

Таким образом, при возделывании озимого ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве удельный вынос элементов питания в среднем составляет: 22,2 кг азота, 6,9 кг фосфора, 28,9 кг калия, 3,4 кг кальция, 5,7 кг магния, 3,4 кг серы, 28,5 г марганца, 13,2 г цинка и 3,7 г меди на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы.

## ВЫВОДЫ

1. При возделывании озимого ячменя на дерново-подзолистой супесчаной почве двукратная азотная подкормка в дозах N<sub>50+40</sub> и N<sub>70+50</sub>, на фоне внесения P<sub>75</sub>K<sub>150</sub> повышает урожайность зерна на 17,0 и 20,9 ц/га, содержание белка на 1,6 и 2,4 % при урожайности 52,9 и 56,8 ц/га соответственно. Эффективным приемом повышения

урожайности озимого ячменя является некорневая подкормка растений медными и марганцевыми удобрениями, обеспечивающая прибавки зерна 3,8–5,5 ц/га.

2. По содержанию в зерне озимого ячменя макроэлементы располагаются в порядке убывания:  $N > K > P > Mg > S > Ca$ , микроэлементы –  $Zn > Mn > Cu$ . В соломе озимого ячменя макроэлементы по степени снижения их содержания образуют следующий ряд  $K > N > Mg > Ca > S > P$ , микроэлементы –  $Mn > Zn > Cu$ . В зерне накапливается больше азота, фосфора и цинка, в соломе – калия и марганца. На фоне внесения минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{75}K_{150}$  содержание азота, фосфора, калия, цинка и марганца в зерне и соломе ячменя выше, чем на фоне –  $N_{90}P_{75}K_{150}$ .

3. На дерново-подзолистой супесчаной почве в среднем удельный вынос элементов питания озимым ячменем составляет: азота – 22,2 кг, фосфора – 6,9 кг, калия – 28,9 кг, кальция – 3,4 кг, магния – 5,7 кг, серы – 3,4 кг, марганца – 28,5 г, цинка – 13,2 г и меди – 3,7 г на 1 т зерна с соответствующим количеством соломы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научные системы ведения сельского хозяйства Республики Беларусь / В. Г. Гусаков, В. И. Бельский, И. И. Крупко [и др.]; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред) [и др.] / Нац. акад. наук Беларуси, М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск : Беларуская навука, 2020. – 683 с.
2. Ягодин, Б. А. Агрохимия: учебник / Б. А. Ягодин; под ред. Б.А. Ягодина. – М. : Колос, 2002. – 584 с.
3. Лапа, В. В. Продуктивность сельскохозяйственных культур и применение минеральных удобрений в Республике Беларусь / В. В. Лапа, Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1(64). – С. 7–14.
4. Озимый ячмень: основные элементы агротехники / А. А. Зубкович, Л. А. Булавина, Т. М. Булавина [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2018. – Приложение к № 4. – С. 23–26.
5. Булавина, Т. М. Совершенствование основных элементов технологии возделывания озимого ячменя / Т. М. Булавина // Земледелие и защита растений. – 2015. – № 2. – С. 68–72.
6. Озимый ячмень: сорт, удобрение, урожай: монография / А. С. Ерешко, В. Б. Хронок, Р. Г. Бершанский [и др.]. – зерноград : ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 134 с.
7. 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.
8. Нормативы возмещения выноса элементов питания для расчета доз удобрений под сельскохозяйственные культуры / В. В. Лапа, Н. Н. Семененко, М. В. Рак [и др.]. – Минск : Институт почвоведения и агрохимии, 2017. – 39 с.
9. Рак, М. В. Жидкие комплексные микроудобрения МикроСтим в технологии возделывания сельскохозяйственных культур / М. В. Рак // Земледелие и защита растений. – 2018. – Приложение к № 2(117). – С. 53–55.
10. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017–2020 гг.) / И. М. Богдевич, В. В. Лапа, М. В. Рак [и др.] ; под общ. ред. И. М. Богдевича ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Институт

**THE INFLUENCE OF NITROGEN, COPPER, MANGANESE AND ZINC  
FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF WINTER BARLEY  
AND THE REMOVAL OF NUTRIENTS ON SOD-PODZOLIC  
SANDY LOAM SOIL**

**M. V. Rak, E. N. Pukalova, S. G. Kudlasevich, L. N. Guk**

**Summary**

The article presents the results of research on the effect of nitrogen, copper, manganese and zinc fertilizers on the yield and quality of winter barley when cultivated on sod-podzolic sandy loam soil. The data of nutrients removing with the winter barley harvest are presented. It has been established that an effective method for increasing the yield of winter barley is foliar feeding of plants with copper and manganese against the background of the application of mineral fertilizers.

*Поступила 29.11.24*