

**ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И БАКТЕРИАЛЬНЫХ
ПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ВЫНОС
ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ УРОЖАЕМ ПРОСА**

Ю. В. КОГОТЬКО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Беларусь, 213407, e-mail: kosmos.0072007@mail.ru

(Поступила в редакцию 06.04.2018)

Просо – это ценная продовольственная и кормовая культура, хорошо реагирующая на улучшение технологии возделывания, в том числе и на удобрения. В данной статье представлены трехлетние результаты полевых опытов по изучению сортовой отзывчивости проса на различные уровни минерального питания, микроэлементы, регуляторы, роста и бактериальные удобрения. В результате проведенных исследований были выявлены закономерности накопления элементов питания различными по биологическим особенностям сортами проса Галинка и Дружба 2. Применение различных фонов минерального питания и инкрустации семян главным образом влияло на накопление азота в зерне и соломе проса обоих сортов. На мелкосеянном сорте Галинка наибольшее накопление этого элемента было отмечено на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$, а на крупносеянном сорте Дружба 2 на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$. Также было установлено влияние минерального питания и инкрустации семян на урожайность зерна проса и вынос элементов питания. Максимальная урожайность зерна и показатели выноса элементов питания проса обоих сортов были отмечены на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ и применения при инкрустации семян хелатных форм меди и цинка. На мелкосеянном сорте Галинка урожайность зерна составила 44,0 ц/га, а на крупносеянном сорте Дружба 2 – 46,9 ц/га. Также в этом варианте отмечен один из самых высоких коэффициентов использования азота из удобрений, который на сорте Галинка составил 67,5 % и на сорте Дружба 2 – 69,1 %.

Ключевые слова: просо, минеральные удобрения, микроудобрения, регуляторы роста, бактериальные препараты, урожайность, химический состав.

Millet is a valuable food and fodder crop, which reacts well to the improvement of cultivation technology, including fertilizers. This article presents three-year results of field experiments on the study of varietal responsiveness of millet to various levels of mineral nutrition, microelements, growth regulators, and bacterial fertilizers. As a result of the studies, regularities in the accumulation of nutrients with different millet varieties, Galinka and Druzhba 2, have been revealed. The use of various backgrounds of mineral nutrition and seed incrustation mainly influenced the accumulation of nitrogen in grain and straw of millet of both varieties. In the small-seeded variety of Galinka, the greatest accumulation of this element was noted against the backdrop of mineral nutrition $N_{90}P_{60}K_{90}$, and in the large-seed variety Druzhba 2 – against the background of $N_{60+30}P_{60}K_{90}$. Also, the effect of mineral nutrition and seed incrustation on the yield of millet grain and the removal of nutrients was established. The maximum yield of grain and the parameters of removal of millet nutrients of both varieties were noted against the background of mineral nutrition of $N_{90}P_{60}K_{90}$ and application of chelate forms of copper and zinc in the encrustation of seeds. In the small-seeded variety of Galinka, the yield of grain was 4.40 t / ha, and in the large-seed variety Druzhba 2 – 4.69 t / ha. Also in this variant, one of the highest fertilizer nitrogen utilization rates was found, which was 67.5% for the Galinka variety and 69.1% for the Druzhba 2 variety.

Key words: millet, mineral fertilizers, micro-fertilizers, growth regulators, bacterial preparations, productivity, chemical composition.

Введение

Интенсификация земледелия в настоящее время базируется на совершенствовании элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Одним из важнейших таких элементов является система применения удобрений, совершенствуя которую можно существенно повысить урожайность и качество сельскохозяйственных растений, а также обеспечить устойчивое воспроизводство плодородия почвы [1].

Индивидуальный подход при разработке системы применения удобрений в конкретных почвенно-климатических условиях, является главной задачей современной агрохимии. При решении данной задачи, прежде всего, необходимо учитывать содержание подвижных форм макро- и микроэлементов в почве, её микробиологическую активность, биологические особенности и сортовые отличия культуры, а также использовать новые формы макро- и микроудобрений, бактериальных препаратов, регуляторов роста, которые отличаются более высокой эффективностью действия на урожайность и качество продукции [2,3,4].

Целью наших исследований было изучение сортовой отзывчивости проса на различные уровни минерального питания, микроэлементы, регуляторы роста и бактериальные удобрения при возделывании на зерно в условиях северо-востока Беларуси.

Основная часть

Исследования проводились в 2009–2011 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднекультуренная временно-избыточно увлажненная легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м мореным суглинком. Содержание гумуса среднее – 1,65–1,71 %, повышенное содержание подвижного фосфора – 239–248 мг/кг и калия – 208–244 мг/кг, низкая обеспеченность медью – 1,33–1,36 мг/кг и цинком – 2,92–3,01 мг/кг, реакция почвенного раствора слабокислая – pH_{KCl} 5,98 и близкая к нейтральной – pH_{KCl} 6,00–6,11. В качестве объекта исследований использовали два сорта проса, относящихся к разным разновидностям и различающихся по крупности зерна: Галинка (мелкосемянный), Дружба 2 (крупносемянный). Сорт Галинка относится к виду *Panicum miliaceum* L., разновидность *ssp. subflavum*. Метёлка раскидистая, серо-фиолетовая, подушечки слабо окрашены антоцианом. Зерно среднее, яйцевидное, кремовое. Вегетационный период – 70–110 суток. Высота растений 115–125 см. К осыпанию и полеганию среднеустойчив. Масса 1000 зерен составляет от 5,8 до 7,0 грамм. Сорт универсального использования, отнесённый к ценным сортам, пригодным для производства крупы. Сорт Дружба 2 относится к виду *Panicum miliaceum* L., разновидность *ssp. subcoccineum*. Метёлка развесистая, слабо окрашенная антоцианом, подушечки слабо окрашены. Зерно крупное, округлое, красное. Вегетационный период – 65–85 суток. Высота растений до 140 см. К осыпанию среднеустойчив, к полеганию устойчив. Масса 1000 семян составляет от 7,5 до 10,2 г. Сорт пригоден для возделывания, как на минеральных, так и на торфяных почвах. Рекомендуются на пищевые и зернофуражные цели [6].

Согласно схеме опыта, для основного внесения в почву применялись минеральные удобрения в виде карбамида, аммофоса и хлористого калия. В варианте с дробным внесением азота подкормку проводили в фазу кущения карбамидом в дозе 30 кг/га д.в. Для инкрустации семян использовали микроэлементы в виде солей: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (23,4–24,9 % Cu) и $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (21–23 % Zn), а также хелатных форм: Cuprovetum, $NaCuH(edta) \cdot nH_2O$ (17 % Cu) и Zincovetum, $NaZnH(edta) \cdot nH_2O$ (17 % Zn) в дозах 150 г/т д.в. Также для предпосевной обработки семян использовался регулятор роста Эпин в дозе 20 мг/т д.в. и бактериальное удобрение Ризобактерин в дозе 200 мл на гектарную норму семян. В качестве протравителя семян в опыте использовался Кинто Дуо в дозе 2 л/т. Для борьбы с сорняками в фазу кущения проса применяли гербицид Секатор турбо в дозе 0,1 л/га.

Общая площадь делянки в опыте была 30 м², учетная – 25 м², повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. Агротехника опыта общепринятая, согласно отраслевому регламенту [5]. Норма высева семян – 4,5 млн/га всхожих семян. Предшественник – овес.

Учёт урожая производился сплошным поделяночным способом (зерноуборочный комбайн «Сампо – 500»). Данные урожайности пересчитывались на 14 %- влажность.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2009–2011 гг.) проведения исследований различались как по температурному режиму, так и по количеству выпавших осадков, что во многом отразилось на величине урожая и показателях его качества, но при этом повысило достоверность полученных результатов. Погодные условия 2009 г. характеризовались температурным режимом близким к среднемноголетнему значению и обильным выпадением осадков, превышающих норму. Следует отметить, что выпадение осадков было неравномерным как по декадам месяца, так и в целом в течение вегетации проса. В результате, расчет ГТК по методике Г. Т. Селянинова [2] показал, что в мае этот показатель составил 1,5, июне – 2,4; июле – 1,8 и августе – 1,4. Вегетационный период проса в 2010 г. сопровождался засушливыми погодными условиями, при этом превышение среднемноголетней температуры и дефицит осадков наблюдались по всем месяцам вплоть до уборки. Значение ГТК в этом году по месяцам составил: в мае – 1,8; июне – 1,0; июле – 0,6 и августе 1,6. В 2011 г. на начальный период роста и развития проса (июнь) пришлась теплая погода с небольшим дефицитом осадков, что способствовало более быстрым и дружным всходам культуры. Однако в дальнейшем на фоне нарастающих температур количество осадков увеличилось, превысив среднемноголетнее значение. В результате ГТК по месяцам составил: в мае – 1,3; июне – 1,1; июле – 2,2 и августе – 1,9. В опытах задавались различные режимы питания проса, которые, как показали исследования, влияли на накопление основных элементов питания в урожае. Так, в зерне и соломе проса от внесения минеральных удобрений больше всего зависело содержание азота, которое на сорте Галинка увеличивалось относительно варианта без применения удобрений на 0,07–0,26 % и 0,05–0,13 % соответственно. Наибольшее содержание данного элемента отмечено на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$, которое было на уровне 1,90 % в зерне и 0,80 % в соломе (табл. 1).

Следует отметить, что инкрустация семян проса микроэлементами способствовала увеличению содержания азота как в зерне, так и в соломе по сравнению с фоновыми вариантами. Так, на сорте Галинка обработка семян микроудобрениями, содержащими медь и цинк, способствовала повышению содержания азота в зерне на 0,04–0,07 %, в соломе на 0,02–0,08 %.

Таблица 1. Влияние макро-, микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста на содержание основных элементов питания в зерне и соломе проса (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант опыта (фактор Б)	Зерно, % в сухом веществе					Солома, % в сухом веществе				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Сорт Галинка (фактор А)										
1. Без удобрений	1,64	0,64	0,25	0,02	0,22	0,67	0,28	1,84	0,26	0,36
2. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀	1,66	0,71	0,30	0,02	0,23	0,69	0,39	2,13	0,27	0,38
3. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	1,71	0,72	0,29	0,03	0,23	0,72	0,41	2,31	0,28	0,38
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	1,81	0,72	0,29	0,03	0,23	0,74	0,45	2,55	0,28	0,39
5. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	1,90	0,76	0,31	0,03	0,23	0,80	0,47	2,84	0,28	0,38
6. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	1,89	0,72	0,29	0,03	0,24	0,77	0,45	2,58	0,28	0,40
7. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀ +Риз.	1,71	0,72	0,31	0,02	0,23	0,69	0,41	2,28	0,27	0,38
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ +Риз.	1,72	0,73	0,28	0,02	0,22	0,73	0,40	2,37	0,26	0,38
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат.)	1,85	0,77	0,28	0,02	0,22	0,76	0,45	2,53	0,27	0,38
10. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат.)	1,96	0,76	0,30	0,02	0,23	0,87	0,45	2,76	0,26	0,38
11. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат.)	1,93	0,74	0,30	0,02	0,24	0,82	0,43	2,88	0,27	0,40
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O	1,85	0,77	0,30	0,02	0,23	0,77	0,46	2,42	0,27	0,39
13. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O	1,94	0,75	0,29	0,02	0,24	0,84	0,48	2,80	0,26	0,40
14. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O	1,92	0,77	0,31	0,03	0,24	0,81	0,41	2,91	0,28	0,40
15. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.)	1,88	0,72	0,29	0,02	0,23	0,77	0,46	2,55	0,27	0,38
16. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.)	1,97	0,76	0,29	0,02	0,22	0,88	0,47	2,86	0,27	0,38
17. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.)	1,88	0,72	0,29	0,02	0,23	0,86	0,44	2,56	0,27	0,39
18. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O	1,85	0,72	0,28	0,03	0,23	0,77	0,41	2,36	0,28	0,38
19. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O	1,94	0,75	0,30	0,02	0,23	0,85	0,45	2,68	0,27	0,39
20. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O	1,91	0,77	0,30	0,03	0,23	0,82	0,40	2,84	0,28	0,40
21. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.) + Эпин	1,90	0,74	0,29	0,02	0,23	0,80	0,43	2,61	0,27	0,39
22. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O + Эпин	1,89	0,77	0,30	0,02	0,24	0,79	0,46	2,67	0,27	0,39
Сорт Дружба 2 (фактор А)										
1. Без удобрений	1,63	0,66	0,25	0,02	0,23	0,70	0,31	1,98	0,27	0,39
2. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀	1,68	0,72	0,28	0,02	0,23	0,72	0,41	2,25	0,28	0,40
3. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	1,74	0,71	0,28	0,03	0,24	0,76	0,44	2,43	0,28	0,41
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	1,75	0,74	0,29	0,03	0,25	0,76	0,47	2,76	0,28	0,42
5. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	1,83	0,76	0,29	0,03	0,24	0,80	0,52	3,25	0,29	0,42
6. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	1,89	0,74	0,28	0,03	0,24	0,82	0,47	3,01	0,30	0,42
7. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀ +Риз.	1,73	0,73	0,28	0,02	0,23	0,70	0,45	2,21	0,27	0,40
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ +Риз.	1,78	0,75	0,28	0,02	0,24	0,74	0,46	2,38	0,27	0,41
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат.)	1,82	0,74	0,28	0,03	0,24	0,79	0,49	2,94	0,30	0,41
10. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат.)	1,90	0,76	0,30	0,03	0,24	0,85	0,53	3,23	0,29	0,42
11. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu (хелат.)	1,94	0,77	0,28	0,03	0,24	0,87	0,45	3,31	0,29	0,41
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O	1,80	0,77	0,30	0,03	0,25	0,78	0,44	2,79	0,29	0,42
13. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O	1,86	0,78	0,30	0,03	0,24	0,82	0,52	3,14	0,29	0,41
14. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O	1,91	0,74	0,28	0,03	0,23	0,88	0,45	3,08	0,28	0,40
15. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.)	1,92	0,74	0,30	0,03	0,24	0,81	0,49	2,92	0,30	0,41
16. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.)	1,93	0,78	0,30	0,03	0,24	0,87	0,56	3,34	0,29	0,41
17. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.)	1,95	0,76	0,29	0,03	0,23	0,91	0,54	3,20	0,30	0,40
18. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O	1,85	0,77	0,30	0,03	0,24	0,79	0,48	2,97	0,29	0,41
19. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O	1,87	0,79	0,31	0,03	0,24	0,85	0,54	3,37	0,30	0,41
20. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O	1,92	0,78	0,29	0,03	0,25	0,88	0,49	3,10	0,30	0,42
21. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.) + Эпин	1,91	0,76	0,31	0,03	0,24	0,83	0,50	2,99	0,29	0,41
22. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O + Эпин	1,88	0,77	0,30	0,03	0,24	0,80	0,53	2,93	0,29	0,41
НСП ₀₅ (фактор А)	0,01	0,01	0,01	0,001	0,003	0,01	0,01	0,05	0,01	0,005
НСП ₀₅ (фактор Б)	0,03	0,02	0,02	0,002	0,01	0,02	0,04	0,16	0,02	0,02
НСП ₀₅ (фактор АБ)	0,04	0,03	0,02	0,002	0,01	0,03	0,05	0,23	0,02	0,02

Самое высокое содержание азота в зерне и соломе наблюдалось при введении в инкрустационный состав хелатных форм меди и цинка на фоне минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀, которое составило 1,97 % и 0,88 % соответственно. В опытах также изучалось действие регулятора роста Эпин при обработке семян на химический состав продукции. В результате было выявлено увеличение

содержания азота на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ при совместном его применении в предпосевной обработке семян с микроэлементами. Содержание азота в зерне и соломе в этом варианте выросло по сравнению с фоном на 0,08–0,09 % и 0,05–0,06 % соответственно. Применение бактериального препарата Ризобактерин при обработке семян проса сорта Галинка на фоне $N_{14}P_{60}K_{90}$ повышало содержание азота в зерне с 1,66 до 1,71 %, а при внесении его на фоне $N_{45}P_{60}K_{90}$ изменения содержания азота не отмечалось. Определение содержания фосфора и калия в зерне и соломе проса показало, что на содержание данных элементов оказывало влияние азотное питание. Однако следует отметить, что устойчивой тенденции между вариантами, где вносились азотные удобрения, не наблюдалось. Так, содержание фосфора в зерне колебалось от 0,71 до 0,77 %, в соломе от 0,39 до 0,48 %, а содержание калия 0,28–0,31 % и 2,13–2,91 % соответственно.

Также было установлено, что на различных фонах минерального питания накопление кальция и магния в урожае проса сорта Галинка, не изменялось и находилось на уровне 0,02–0,03 % и 0,26–0,28 % в зерне и 0,26–0,28 % и 0,36–0,40 % в соломе соответственно.

Химический анализ урожая проса сорта Дружба 2 показал, что содержание азота в нем увеличивалось при увеличении доз азотных удобрений. В результате относительно контрольного варианта рост составил 0,11–0,32 %. Максимальное содержание данного элемента было отмечено на фоне минерального питания $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, которое составило 1,89 % в зерне и 0,82 % в соломе. Применение микроэлементов при инкрустации семян способствовало дальнейшему увеличению содержания азота, как в основной, так и в побочной продукции. Так, максимальное содержание этого элемента наблюдалось в вариантах с применением хелатной формы меди при обработке семян на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, содержание азота при этом колебалось от 1,94 % до 1,95 % в зерне и от 0,87 % до 0,91 % в соломе. Введение регулятора роста Эпин при инкрустации семян в баковую смесь с микроэлементами на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$ также способствовало увеличению содержания азота в зерне и соломе по сравнению с фоновым вариантом. Более сильное действие оказало применение регулятора роста в баковой смеси с хелатными формами микроэлементов, где содержание азота в зерне составило 1,91 % и в соломе 0,83%, что выше фонового варианта на 0,16 % и 0,07 % соответственно.

Влияние бактериального препарата Ризобактерин на содержание азота в урожае проса сорта Дружба 2 было отмечено только на фоне $N_{14}P_{60}K_{90}$, которое увеличивало данный показатель на 0,05 % только в основной продукции. Накопление фосфора и калия в зерне и соломе проса сорта Дружба 2, главным образом, зависело от применения фосфорных и калийных удобрений. Так, допосевное внесение $N_{14}P_{60}K_{90}$ способствовало повышению содержания фосфора и калия по отношению к контролю в зерне на 0,06 % и 0,03 %, в соломе на 0,1 %, и 0,27 % соответственно.

Также следует отметить, что на накопление фосфора и калия в урожае проса влияло азотное питание, однако устойчивая тенденция среди вариантов наблюдалась только по содержанию калия в соломе. Наибольшее накопление этого элемента в соломе отмечено на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$, которое колебалось от 3,25 до 3,37 %. При этом повышение содержания калия в соломе от применения N_{90} по сравнению с фоном составило 1,00–1,52 %. Как показали наши исследования, применение различных фонов минерального питания на сорте Дружба 2 не оказало существенного влияния на содержание кальция и магния, как в зерне, так и в соломе проса. В зерне накопление кальция было на уровне 0,02–0,03 %, магния – 0,23–0,25 %, а в соломе 0,27–0,30 % и 0,39–0,42 % соответственно. Для определения нужд растений в элементах питания нами определялся вынос элементов питания. Как показали исследования, на уровень данного показателя оказывали влияние урожайность проса и содержание элементов питания в основной и побочной продукции. Применение различных фонов минерального питания изменяло потребление элементов питания в урожае более чем на 50 % по сравнению с вариантом без применения удобрений. Больше всего растениями проса выносилось калия, меньше азота и ещё меньше фосфора.

На сорте Галинка наибольший общий вынос элементов питания был отмечен в вариантах на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$. Так, самым высоким этот показатель был в варианте с применением хелатных форм меди и цинка, который составил по азоту 121,7 кг/га, по фосфору 54,3 кг/га, калию 166,9 кг/га, кальцию 15,5 кг/га и магнию 29,1 кг/га. Также на вышеуказанном фоне минерального питания высокие показатели общего выноса были в вариантах с применением только хелата меди и меди совместно с цинком в виде солей (табл. 2).

В результате исследований было установлено, что при повышении доз азотных удобрений с 45 до 90 кг/га происходило увеличение накопления элементов питания в урожае проса. Однако в варианте с дробным внесением дозы азота 90 кг/га общий вынос был ниже по сравнению с однократным внесением. Следует отметить также, что применение микроэлементов при инкрустации семян проса на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ в целом способствовало повышению общего выноса азота на 12,5–19,9 кг/га, фосфора – 3,5–5,9 кг/га, калия – 7,2–18,2 кг/га, кальция – 0,7–1,2 кг/га и магния – 2,9–4,0 кг/га. Удельный вынос элементов питания в среднем за три года существенно изменялся только

по азоту и калию. В варианте с наиболее высокой урожайностью зерна ($N_{90}P_{60}K_{90} + Cu$ (хелат.)) данный показатель составил: по азоту 27,7 кг/т, фосфору – 12,1 кг/т, калию – 37,0 кг/т, кальцию – 3,5 кг/т и магнию – 6,7 кг/т.

При этом коэффициент использования азота из удобрений в этом варианте был получен на уровне 67,2 %, что на 21,8 % выше по сравнению с фоновым вариантом.

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений, бактериальных препаратов и регуляторов роста на вынос элементов питания урожаем проса (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант опыта (фактор Б)	Урожайность зерна, ц/га	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос 1 т основной и побочной продукции, кг					КНУ (N)*, %
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Сорт Галинка (фактор А)												
1. Без удобрений	22,9	51,0	20,6	57,4	7,7	14,6	22,4	9,0	25,0	3,4	6,4	–
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$	27,9	60,9	29,5	73,1	8,9	17,3	22,2	10,6	27,0	3,3	6,3	–
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	31,0	74,0	35,7	100,5	11,8	21,5	24,0	11,5	32,6	3,8	6,9	29,0
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	34,6	86,6	41,3	122,4	13,4	24,4	25,0	11,9	35,2	3,9	7,0	42,8
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	38,8	101,8	48,4	148,7	14,3	26,2	26,3	12,4	38,0	3,7	6,7	45,4
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	37,4	96,1	44,0	129,3	13,6	26,4	25,8	11,8	34,6	3,6	7,0	39,0
7. $N_{14}P_{60}K_{90}+Риз.$	28,3	65,5	31,8	87,5	10,0	18,9	23,3	11,2	31,1	3,5	6,7	–
8. $N_{45}P_{60}K_{90}+Риз.$	30,8	74,3	35,2	100,2	11,1	21,1	24,2	11,4	32,6	3,6	6,8	29,6
9. $N_{60}P_{60}K_{90}+ Cu$ (хелат.)	37,7	95,5	45,9	127,6	13,5	25,1	25,3	12,2	33,8	3,6	6,7	57,6
10. $N_{90}P_{60}K_{90}+ Cu$ (хелат.)	44,0	121,4	53,1	162,3	15,3	29,3	27,7	12,1	37,0	3,5	6,7	67,2
11. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ Cu$ (хелат.)	40,7	108,7	47,7	157,2	14,6	28,7	26,8	11,7	38,4	3,6	7,0	53,0
12. $N_{60}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O$	36,4	93,1	44,6	118,9	13,1	25,2	25,6	12,3	32,6	3,6	6,9	53,6
13. $N_{90}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O$	42,0	114,3	52,1	160,8	15,0	30,2	27,4	12,5	38,5	3,6	7,2	59,3
14. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O$	39,2	103,6	45,5	152,4	14,8	27,7	26,6	11,6	38,8	3,8	7,0	47,4
15. $N_{60}P_{60}K_{90}+ Cu + Zn$ (хелат.)	38,7	99,6	46,0	133,3	13,9	26,0	25,8	11,9	34,3	3,6	6,7	64,4
16. $N_{90}P_{60}K_{90}+ Cu + Zn$ (хелат.)	43,7	121,7	54,3	166,9	15,5	29,1	27,9	12,4	38,1	3,5	6,7	67,5
17. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ Cu + Zn$ (хелат.)	42,3	113,2	49,2	144,9	15,1	29,0	26,9	11,7	34,4	3,6	6,9	58,1
18. $N_{60}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O + ZnSO_4*7H_2O$	39,0	99,3	44,1	124,2	14,5	26,3	25,5	11,3	31,9	3,7	6,8	63,9
19. $N_{90}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O + ZnSO_4*7H_2O$	43,1	117,0	51,9	155,9	15,2	29,3	27,3	12,1	36,0	3,5	6,8	62,3
20. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O + ZnSO_4*7H_2O$	40,5	107,4	47,1	154,6	15,3	28,0	26,6	11,6	38,0	3,8	6,9	51,6
21. $N_{60}P_{60}K_{90}+ Cu + Zn$ (хелат.) + Эпин	39,9	103,0	45,8	133,8	13,8	26,7	25,8	11,5	33,5	3,4	6,7	70,0
22. $N_{60}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O + ZnSO_4*7H_2O + Эпин$	39,1	101,0	48,1	138,1	13,6	26,6	25,9	12,2	35,3	3,5	6,8	66,7
Сорт Дружба 2 (фактор А)												
1. Без удобрений	26,8	57,5	23,8	63,0	8,2	16,4	21,6	9,0	23,4	3,1	6,2	–
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$	30,0	66,6	32,0	80,7	9,5	18,7	22,3	10,7	26,8	3,2	6,3	–
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	36,1	83,2	39,1	103,1	11,6	23,1	23,3	10,9	28,6	3,3	6,5	34,4
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	39,2	91,1	44,4	125,4	12,7	25,9	23,5	11,4	32,4	3,3	6,7	43,9
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	43,7	106,2	52,9	163,0	14,5	28,3	24,5	12,2	37,7	3,4	6,6	46,4
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	41,5	104,0	47,6	144,6	14,2	27,3	25,2	11,6	35,1	3,5	6,7	40,8
7. $N_{14}P_{60}K_{90}+Риз.$	32,1	71,9	35,5	84,6	9,9	20,3	22,5	11,1	26,2	3,1	6,4	–
8. $N_{45}P_{60}K_{90}+Риз.$	36,0	83,7	40,8	101,4	11,3	23,2	23,5	11,4	28,2	3,2	6,6	32,6
9. $N_{60}P_{60}K_{90}+ Cu$ (хелат.)	44,3	106,2	51,3	147,6	15,1	28,2	24,2	11,7	33,7	3,5	6,6	62,6
10. $N_{90}P_{60}K_{90}+ Cu$ (хелат.)	46,5	118,6	56,3	173,3	15,3	30,4	25,7	12,3	37,7	3,3	6,7	65,7
11. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ Cu$ (хелат.)	43,4	112,3	49,4	164,5	14,4	27,5	26,2	11,5	38,0	3,4	6,5	54,7
12. $N_{60}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O$	42,3	100,6	48,2	137,6	14,1	28,1	24,0	11,5	33,0	3,4	6,8	51,9
13. $N_{90}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O$	44,7	110,9	55,2	162,7	15,0	28,6	25,0	12,4	36,7	3,4	6,5	51,5
14. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O$	43,8	112,5	48,9	154,7	14,1	27,5	26,1	11,3	36,0	3,3	6,4	47,8
15. $N_{60}P_{60}K_{90}+ Cu + Zn$ (хелат.)	44,3	111,2	51,2	148,0	14,8	28,2	25,3	11,6	34,0	3,4	6,4	68,8
16. $N_{90}P_{60}K_{90}+ Cu + Zn$ (хелат.)	46,9	121,6	59,5	179,9	15,7	30,1	26,1	12,9	38,9	3,4	6,6	69,1
17. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ Cu + Zn$ (хелат.)	45,9	121,4	56,2	168,7	15,6	28,5	26,7	12,4	37,1	3,5	6,3	64,7
18. $N_{60}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O + ZnSO_4*7H_2O$	41,3	100,6	48,1	142,0	13,9	26,3	24,6	11,8	34,9	3,4	6,5	63,7
19. $N_{90}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O + ZnSO_4*7H_2O$	44,2	110,9	55,7	171,4	15,0	28,8	25,4	12,7	39,1	3,5	6,6	56,0
20. $N_{60+30}P_{60}K_{90}+ CuSO_4*5H_2O + ZnSO_4*7H_2O$	43,0	111,6	51,4	154,0	14,9	28,5	26,2	12,1	36,3	3,5	6,7	53,0

21. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + Cu + Zn (хелат.) + Эпин	43,4	109,2	51,0	147,7	14,4	27,6	25,4	11,9	34,8	3,4	6,5	69,5
22. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ + CuSO ₄ *5H ₂ O + ZnSO ₄ *7H ₂ O + Эпин	42,2	103,8	51,4	140,8	14,0	26,6	24,9	12,2	34,0	3,4	6,5	65,5
НСР ₀₅ для урожайности: фактор А - 0,28; фактор Б - 0,94; фактор АБ - 1,34												

* – коэффициент использования азота из удобрений.

Дополнительное введение в инкрустационный состав регулятора роста, а также применение бактериального препарата не оказывали существенного влияния на показатели общего и удельного выносов элементов питания. Однако следует отметить, что в варианте с применением регулятора роста эпин совместно с хелатными формами меди и цинка на фоне N₆₀P₆₀K₉₀ был получен самый высокий коэффициент использования азота из удобрений, который составил 70 %.

Наиболее оптимальным по продуктивности вариантом на мелкосемянном сорте Галинка был вариант на фоне применения минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀ и инкрустации семян хелатной формой меди, где была получена урожайность зерна – 44,0 ц/га.

Расчет общего и удельного выносов на сорте Дружба 2 показал, что на величину этих показателей, также как и у предыдущего сорта, главным образом оказывало азотное питание. Так, наибольший удельный вынос с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции по азоту, фосфору и калию был в варианте N₉₀P₆₀K₉₀+ Cu + Zn (хелат.), который составил 26,1; 12,9 и 38,9 кг соответственно. Также на этом варианте были отмечены самый высокий коэффициент использования азота из удобрений (69,1 %) и урожайность зерна (46,9 ц/га).

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что инкрустация семян проса микроэлементами, регуляторами роста и бактериальными препаратами способствует увеличению накопления основных элементов питания урожаем проса, а также влияет на зерновую продуктивность этой культуры.

Применение различных фонов минерального питания главным образом влияло на накопление азота в зерне и соломе проса обоих сортов. На мелкосемянном сорте Галинка наибольшее накопление этого элемента было отмечено на фоне минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀, а на крупносемянном сорте Дружба 2 на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀.

Расчет показателей общего и удельного выноса показал, что наибольшие показатели на обоих сортах были получены на фоне минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀ и применения инкрустации семян хелатными формами меди и цинка. Также в этом варианте отмечен один из самых высоких коэффициентов использования азота из удобрений, который на сорте Галинка составил 67,5 % и на сорте Дружба 2 – 69,1 %.

Максимальная урожайность зерна проса обоих сортов была также отмечена на фоне минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀ и применения при инкрустации семян хелатных форм микроэлементов, которая на мелкосемянном сорте Галинка составила 44,0 ц/га, а на крупносемянном сорте Дружба 2 – 46,9 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В. В. Интенсивность баланса элементов питания и продуктивность полевых севооборотов на дерново-подзолистых легкосуглинистой и супесчаной почвах / В. В. Лапа, В. Н. Босак, Н. Н. Ивахненко // Почвоведение и агрохимия. – Минск, 2007. – №1(38). – С. 7–21.
2. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапа. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 390 с.
3. Агрохимия: учебник / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 704 с.
4. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения новых форм микроудобрений и регуляторов роста в звене севооборота / О. И. Мишура, И. В. Глатанкова // Земледелие и защита растений. – 2013. – №1(86). – С. 24–27.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В. Г. Гусаков и [др.]. – Минск: Беларус. наука, 2012. – 460 с.
6. Куделко, В. Н. Оптимизация приемов возделывания проса посевного (*Panicum miliaceum* L.) в условиях центральной части Беларуси: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 / В. Н. Куделко. – Жодино, 2012. – С. 34–35.