

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ, БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА ДИНАМИКУ НАКОПЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ПРОСА

Т. Ф. ПЕРСИКОВА, Ю. В. КОГОТЬКО

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: kosmos.0072007@mail.ru, persikova52@rambler.ru

(Поступила в редакцию 07.07.2020)

В статье приводятся результаты трехлетних исследований с просом сортов Галинка и Дружба 2, в результате которых было установлено влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику накопления основных элементов питания в период вегетации их общих вынос и урожайность зерна. На сорте Галинка наибольшее содержание азота, фосфора и калия в сухой биомассе растений к фазе молочно-восковой спелости наблюдается при применении доз минеральных удобрений N₉₀P₆₀K₉₀, а у сорта Дружба 2 при данном уровне минерального питания отмечена наибольшая концентрация только фосфора и калия. Максимальная концентрация азота у сорта Дружба 2 к моменту молочно-восковой спелости наблюдается на фоне дробного внесения азотных удобрений в варианте N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀.

На мелкосемянном сорте проса Галинка наибольшая концентрация азота, фосфора и калия в период вегетации достигается в варианте, где на фоне минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀ применялась инкрустация семян хелатной формой меди. Данная система применения удобрений обеспечивает получение максимальной продуктивности зерна – 44,0 ц/га, при общем выносе урожая азота – 121,4 кг/га, фосфора – 53,1 и калия – 162,3 кг/га.

На крупносемянном сорте проса Дружба 2 наибольшая урожайность зерна (46,5 ц/га) обеспечивается при инкрустации семян хелатной формой меди на фоне минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀, при этом в данном варианте опыта к фазе молочно-восковой спелости наблюдается высокая концентрация фосфора и калия. Общий вынос элементов питания при данной системе применения удобрений по азоту составляет 118,6 кг/га, фосфору – 56,3 и калию – 173,3 кг/га.

Ключевые слова: просо, удобрение, регулятор роста, химический состав, урожайность.

The article presents results of three-year research into millet varieties Galinka and Druzhiba 2, which established the influence of macro-, micronutrient fertilizers, a bacterial preparation and a growth regulator on the dynamics of accumulation of basic nutrients during the growing season, their total removal and grain yield. In Galinka variety, the highest content of nitrogen, phosphorus, and potassium in the dry biomass of plants is observed by the milky-wax ripeness phase with the application of doses of mineral fertilizers of N₉₀P₆₀K₉₀, and in the Druzhiba 2 variety, at a given level of mineral nutrition, the highest concentration of only phosphorus and potassium was noted. The maximum nitrogen concentration in Druzhiba 2 variety by the time of milky-wax ripeness is observed against the background of fractional nitrogen fertilization in the N₆₀ + 30P₆₀K₉₀ variant.

In the small-seeded millet variety Galinka, the highest concentration of nitrogen, phosphorus and potassium during the growing season is achieved in the variant where, against the background of mineral nutrition N₉₀P₆₀K₉₀, the inlay of seeds with a chelated form of copper was applied. This fertilizer application system ensures maximum grain productivity – 4.40 t / ha, with a total yield of nitrogen – 121.4 kg / ha, phosphorus – 53.1 and potassium – 162.3 kg / ha.

In the large-seeded millet variety Druzhiba 2, the highest grain yield (4.65 t / ha) is ensured when the seeds are inlaid with a chelated form of copper against the background of mineral nutrition N₉₀P₆₀K₉₀, while in this variant of the experiment, a high concentration of phosphorus and potassium is observed by the phase of milky-wax ripeness. The total removal of nutrients with this system of fertilization for nitrogen is 118.6 kg / ha, phosphorus – 56.3 and potassium – 173.3 kg / ha.

Key words: millet, fertilizer, growth regulator, chemical composition, yield.

Введение

Научно обоснованная система применения удобрений позволяет реализовать максимальный потенциал продуктивности сельскохозяйственных культур, а также получить продукцию с высокими показателями качества [1]. Между тем системы применения удобрений должна опираться на биологические и физиологические особенности растений, почвенные условия, а также факторы внешней среды [2].

Процесс поглощения элементов питания определяется физиологией растения и зависит не только от жизнедеятельности корневой системы, но и всего растения в целом. В период роста и развития растений концентрация питательного раствора постоянно изменяется, поэтому для реализации максимальной продуктивности культуры на каждом этапе онтогенеза должны создаваться свои условия, составляющие единую «систему жизнеобеспечения» [3]. Количество и сочетание органических соединений, накапливаемых растениями, определяют в значительной степени концентрацию химических элементов в растениях, качество растениеводческой продукции и количество отчуждаемых элементов питания с урожаем [4].

Цель исследований – изучить влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику накопления основных элементов питания в период вегетации, общий вынос и урожайность зерна проса.

Основная часть

Полевые опыты проводили в 2009–2011 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» с мелкосемянным сортом проса Галинка и крупносемянным Дружба 2 на дерново-подзолистой легкосугли-

нистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м мореным суглинком. Агрохимические показатели почвы в годы проведения исследований были следующими: среднее содержание гумуса (1,65–1,71 %), повышенное содержание подвижных форм фосфора и калия (соответственно 239–248 мг/кг и 208–244 мг/кг), низкая обеспеченность медью (1,33–1,36 мг/кг) и цинком (2,92–3,01 мг/кг), рН_{KCl} варьировала от слабокислой – 5,98 до близкой к нейтральной – 6,00–6,11 [5].

Общая площадь делянки в опыте составила 30 м², учетная – 25 м², повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное. В качестве минеральных удобрений для основного внесения применялись карбамид, аммофос и хлористый калий. Для подкормки азотом в опыте использовался карбамид (в фазу кущения) [6].

Инкрустация семян проводилась микроудобрениями в форме простых солей: CuSO₄ · 5H₂O (23,4–24,9 % Cu) и ZnSO₄ · 7H₂O (21–23 % Zn) и хелатных форм: Cuprovetum, NaCuH(edta) · nH₂O (17 % Cu) и Zincovetum, NaZnH(edta) nH₂O (17 % Zn) в дозах 150 г/т элемента, а также регулятором роста Эпин в дозе 20 мг/т д.в. Для инокуляции семян применялся бактериальный препарат Ризобактерин в дозе 200 мл на гектарную норму семян.

Агротехника в опыте общепринятая, согласно отраслевому регламенту [7]. Уборка урожая проводилась прямым комбайнированием при помощи комбайна «Samro – 500». Урожай учитывали сплошным поделяночным способом. Данные урожайности переводились на 14%-ную влажность. Статистическую обработку данных проводили согласно методикам Б. А. Доспехова и М. Ф. Дембицкого [6, 8].

По результатам трехлетних наблюдений было установлено, что наибольшая концентрация основных макроэлементов у обоих изучаемых сортов наблюдалась в начальный период роста и развития, которая постепенно снижалась в процессе онтогенеза. Внесение различных доз минеральных удобрений влияло на динамику накопления азота фосфора и калия во время вегетации проса. У сорта Галинка в фазу кущения наибольшее содержание основных элементов питания наблюдалось в варианте N₉₀P₆₀K₉₀, которое по азоту составило 4,52 %, фосфору – 1,5 и калию 8,27 %, что соответственно на 1,0; 0,41 и 1,43 % превысило контрольный вариант опыта. Следует отметить, что тенденция более высокого накопления элементов питания при данном уровне минеральных удобрений сохранилась и в последующие стадии. Так, в фазу молочно-восковой спелости культуры концентрация азота в сухой биомассе растений превышала неудобренный вариант опыта на 0,58 %, фосфора – 0,36 и калия – 1,00%, и составила 1,70; 0,81 и 3,46 % соответственно.

Влияние инокуляции семян бактериальным удобрением Ризобактерин на химический состав растений проса сорта Галинка проявлялось в начальный период роста и только в отношении содержания азота. При применении данного бактериального препарата на фоне N₁₄P₆₀K₉₀ концентрация азота в стадию кущения составила 3,73 %, а в стадию выхода в трубку – 2,41 %, что соответственно на 0,11 и 0,09 % превысило фон минерального питания.

Среди вариантов опыта, где применялась обработка семян микроэлементами у сорта Галинка наибольшее содержание азота, фосфора и калия в период роста и развития растений наблюдалось на фоне минерального питания N₉₀P₆₀K₉₀. Так, применение хелатной формы меди в фазу кущения культуры увеличивало содержание азота по отношению к вышеуказанному фону на 0,17 %, фосфора – 0,07 и калия – 0,22 % и составило 4,69; 1,57 и 8,49 % соответственно. К фазе молочно-восковой спелости на данном варианте опыта отмечалось увеличение концентрации азота по отношению фону (N₉₀P₆₀K₉₀) на 0,13 %, фосфора – 0,03 и калия – 0,17 %, которая составила в этот период 1,83; 0,84 и 3,63 % соответственно. Такую концентрацию элементов питания можно считать оптимальной, так как данный вариант опыта обеспечивал получение наибольшей продуктивности зерна.

Следует также отметить, что повышение концентрации элементов питания в сухой биомассе растений проса происходило и при применении меди в форме простой соли.

Применение для инкрустации семян проса сорта Галинка регулятора роста Эпин совместно с медью и цинком в хелатной форме увеличивало содержание азота в период молочно-восковой спелости по отношению к фону минерального питания (N₆₀P₆₀K₉₀) на 0,16 %, фосфора – 0,10 и калия – 0,26 %, которое в итоге составило 1,65; 0,74 и 3,15 % соответственно.

На сорте Дружба 2 среди изучаемых уровней минерального питания наибольшее накопление азота, фосфора и калия наблюдалось при применении N₉₀P₆₀K₉₀, которое в фазу кущения культуры составило 4,38; 1,61 и 8,02 % соответственно, что являлось наибольшим значением в этот период среди вариантов опыта (табл. 1). К фазе молочно-восковой спелости в данном варианте опыта наблюдалась наибольшая концентрация фосфора – 0,97 % и калия – 3,75 %, которая соответственно на 0,29 и 1,0 % превысила контроль. Наибольшая концентрация азота на момент последнего учета (молочно-восковая спелость) наблюдалась в варианте, где на фосфорно-калийном фоне минерального питания P₆₀K₉₀ применялось дробное внесение азота: 60 кг/га в качестве основного удобрения и 30 кг/га для подкормки в фазу кущения культуры. В результате концентрация азота в эту фазу составила 1,31 %,

что на 0,5 % превысило контроль и 0,07 % вариант с разовым применением данной дозы азотных удобрений (N₉₀P₆₀K₉₀).

Таблица 1. Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на содержание основных элементов питания в растениях проса по фазам развития, % на сухое вещество (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант	Фазы развития растений											
	кущение			выход в трубку			выметывание			молочно-восковая спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Галинка												
1. Без удобрений (контроль)	3,52	1,09	6,84	2,07	0,75	4,97	1,61	0,64	3,41	1,12	0,45	2,46
2. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀	3,62	1,12	7,28	2,32	0,77	5,37	1,73	0,66	3,87	1,26	0,56	2,74
3. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	3,75	1,20	7,47	2,43	0,82	5,69	1,84	0,70	4,23	1,38	0,62	2,81
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	3,89	1,29	7,76	2,50	0,86	5,94	1,89	0,73	4,40	1,49	0,64	2,89
5. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	4,52	1,50	8,27	2,89	1,02	6,68	2,17	0,88	5,31	1,70	0,81	3,46
6. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,92	1,28	7,74	2,72	0,95	6,40	2,05	0,82	4,91	1,58	0,75	3,15
7. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	3,73	1,14	7,31	2,41	0,78	5,42	1,78	0,67	3,92	1,28	0,57	2,78
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	3,83	1,24	7,48	2,44	0,84	5,73	1,85	0,72	4,27	1,36	0,62	2,87
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	4,18	1,37	7,95	2,63	0,92	6,22	1,92	0,76	4,65	1,57	0,70	3,05
10. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	4,69	1,57	8,49	3,07	1,11	6,94	2,35	0,96	5,67	1,83	0,84	3,63
11. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	4,17	1,36	7,98	2,74	0,98	6,57	2,12	0,84	5,19	1,70	0,78	3,29
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	4,11	1,36	7,92	2,58	0,90	6,15	1,91	0,74	4,58	1,55	0,67	3,01
13. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	4,64	1,55	8,49	3,01	1,08	6,90	2,31	0,95	5,58	1,78	0,82	3,56
14. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	4,14	1,35	7,93	2,74	0,97	6,56	2,10	0,83	5,13	1,69	0,77	3,23
15. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	4,20	1,38	8,00	2,65	0,93	6,26	1,96	0,78	4,68	1,58	0,72	3,07
16. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	4,80	1,58	8,52	3,07	1,14	7,03	2,38	0,99	5,75	1,85	0,84	3,69
17. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	4,19	1,38	8,01	2,86	1,01	6,63	2,14	0,86	5,24	1,74	0,79	3,36
18. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	4,13	1,37	7,98	2,61	0,91	6,21	1,92	0,76	4,63	1,59	0,68	3,05
19. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	4,72	1,56	8,50	3,07	1,13	7,04	2,33	0,98	5,72	1,81	0,83	3,66
20. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	4,15	1,37	7,98	2,82	1,00	6,61	2,12	0,85	5,22	1,72	0,79	3,33
21. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)+Эпин	4,37	1,37	8,10	2,70	0,95	6,39	2,05	0,80	4,81	1,65	0,74	3,15
22. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O+Эпин	4,32	1,36	8,09	2,66	0,95	6,38	2,02	0,79	4,77	1,62	0,73	3,12
Сорт Дружба 2												
1. Без удобрений	3,44	1,16	7,00	1,56	0,93	5,57	1,09	0,82	3,76	0,81	0,68	2,48
2. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀	3,63	1,23	7,26	1,71	1,00	5,88	1,16	0,87	4,19	0,92	0,71	2,72
3. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	3,89	1,30	7,51	1,87	1,08	6,43	1,27	0,93	4,57	0,99	0,73	2,88
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	4,05	1,36	7,68	1,90	1,12	6,53	1,39	0,95	4,73	1,10	0,76	3,01
5. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	4,38	1,61	8,02	2,18	1,33	7,39	1,72	1,14	5,85	1,24	0,97	3,75
6. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	4,06	1,36	7,80	2,24	1,22	7,11	1,87	1,05	5,38	1,31	0,92	3,50
7. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	3,78	1,27	7,39	1,83	1,04	6,09	1,24	0,89	4,34	1,00	0,72	2,83
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	3,92	1,31	7,54	1,88	1,09	6,44	1,33	0,94	4,61	1,08	0,74	2,90
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	4,24	1,42	7,89	2,04	1,17	6,80	1,54	1,01	4,99	1,21	0,81	3,21
10. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	4,60	1,66	8,25	2,37	1,41	7,65	1,85	1,18	6,16	1,39	1,02	4,02
11. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	4,21	1,42	7,91	2,45	1,27	7,32	2,11	1,11	5,53	1,54	0,95	3,69
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	4,21	1,41	7,87	2,02	1,15	6,77	1,50	0,99	4,88	1,18	0,78	3,09
13. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	4,53	1,65	8,23	2,33	1,39	7,62	1,83	1,17	6,10	1,34	1,02	3,88
14. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	4,23	1,43	7,90	2,41	1,26	7,29	2,07	1,09	5,50	1,47	0,93	3,61
15. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	4,28	1,47	7,90	2,08	1,19	6,86	1,57	1,04	5,05	1,23	0,83	3,28
16. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	4,63	1,70	8,40	2,40	1,47	7,73	1,89	1,25	6,33	1,43	1,05	4,11
17. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	4,29	1,46	7,93	2,56	1,30	7,32	2,11	1,14	5,69	1,57	0,97	3,78
18. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	4,28	1,45	7,87	2,05	1,19	6,83	1,56	1,03	4,93	1,19	0,79	3,21
19. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	4,58	1,69	8,32	2,37	1,44	7,68	1,83	1,22	6,34	1,36	1,03	4,04
20. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	4,29	1,45	7,91	2,52	1,31	7,32	2,09	1,13	5,62	1,50	0,96	3,73
21. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)+Эпин	4,31	1,49	8,03	2,08	1,22	7,01	1,61	1,07	5,21	1,27	0,85	3,37
22. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O+Эпин	4,29	1,48	8,00	2,01	1,20	6,96	1,57	1,05	5,13	1,24	0,83	3,33
НСР ₀₅ фактора А (сорт)	0,032	0,008	0,038	0,022	0,006	0,030	0,017	0,005	0,027	0,018	0,006	0,022
НСР ₀₅ фактора Б (вариант)	0,106	0,026	0,125	0,072	0,021	0,100	0,057	0,018	0,088	0,060	0,020	0,074
НСР ₀₅ фактора АБ	0,151	0,036	0,176	0,102	0,030	0,141	0,081	0,025	0,125	0,085	0,029	0,105

Инокуляция семян проса сорта Дружба 2 бактериальным удобрением Ризобактерин оказывала влияние на химический состав растений в период вегетации, только на фоне минерального питания

N₁₄P₆₀K₉₀, где целенаправленно не применялись азотные удобрения. В результате применения Ризо-бактерина концентрация азота в фазу кушения культуры выросла по сравнению с фоном минерального питания на 0,15 %, фосфора – 0,4, калия – 0,13 % и составила 3,78; 1,30; 7,51 % соответственно. К фазе молочно-восковой спелости действие данного варианта опыта проявлялось только в отношении содержания азота и калия, содержание которых составило 1,00 % (+ 0,08 % к фону) и 2,83 % (+ 0,11 % к фону) соответственно.

Инкрустация семян проса сорта Дружба 2 микроэлементами в различных формах, также способствовала накоплению основных элементов питания в период вегетации. В лучшем по урожайности зерна варианте N₉₀P₆₀K₉₀+Cu (хелат.) в фазу кушения концентрация азота находилась на уровне 4,60 %, фосфора – 1,66 и калия 8,25 %, что соответственно на 0,22; 0,05 и 0,23 % превысило фон минерального питания (N₉₀P₆₀K₉₀). К фазе молочно-восковой спелости содержание азота в данном варианте опыта было на уровне 1,39 %, фосфора – 1,02 и калия - 4,02 %, что соответственно на 0,15; 0,05 и 0,27 % превысило фон минерального питания и на 0,58; 0,34 и 1,54 % контроль.

Применение при инкрустации семян проса сорта Дружба 2 микроэлементов в баковой смеси с регулятором роста Эпин на более низком фоне минерального питания N₆₀P₆₀K₉₀ повышало накопление основных элементов питания. Так, использование в данной инкрустационной смеси хелатных форм меди и цинка увеличивало к фазе молочно-восковой спелости содержание азота по отношению к фону минерального питания (N₆₀P₆₀K₉₀) с 1,10 до 1,27 %, фосфора с 0,76 до 0,85 и калия с 3,01 до 3,37 %.

Уровень применения минеральных удобрений во многом определяют вынос элементов питания урожаем. На сорте Галинка максимальная урожайность зерна (44,0 ц/га) была получена в варианте с применением доз минеральных удобрений N₉₀P₆₀K₉₀ и инкрустации семян хелатной формой меди, при этом общий вынос основных элементов питания составил по азоту 121,4 кг/га, фосфору – 53,1 и калию – 162,3 кг/га (табл. 2).

Таблица 2. Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на вынос основных элементов питания урожаем проса и зерновую продуктивность (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га		Общий вынос, кг/га					
	Галинка	Дружба 2	Галинка			Дружба 2		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Без удобрений (контроль)	22,9	26,8	51,0	20,6	57,4	57,5	23,8	63,0
2. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀	27,9	30,0	60,9	29,5	73,1	66,6	32,0	80,7
3. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	31,0	36,1	74,0	35,7	100,5	83,2	39,1	103,1
4. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	34,6	39,2	86,6	41,3	122,4	91,1	44,4	125,4
5. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	38,8	43,7	101,8	48,4	148,7	106,2	52,9	163,0
6. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	37,4	41,5	96,1	44,0	129,3	104,0	47,6	144,6
7. N ₁₄ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	28,3	32,1	65,5	31,8	87,5	71,9	35,5	84,6
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ +Ризобактерин	30,8	36,0	74,3	35,2	100,2	83,7	40,8	101,4
9. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	37,7	44,3	95,5	45,9	127,6	106,2	51,3	147,6
10. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	44,0	46,5	121,4	53,1	162,3	118,6	56,3	173,3
11. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu (хелат.)	40,7	43,4	108,7	47,7	157,2	112,3	49,4	164,5
12. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	36,4	42,3	93,1	44,6	118,9	100,6	48,2	137,6
13. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	42,0	44,7	114,3	52,1	160,8	110,9	55,2	162,7
14. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O	39,2	43,8	103,6	45,5	152,4	112,5	48,9	154,7
15. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	38,7	44,3	99,6	46,0	133,3	111,2	51,2	148,0
16. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	43,7	46,9	121,7	54,3	166,9	121,6	59,5	179,9
17. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)	42,3	45,9	113,2	49,2	144,9	121,4	56,2	168,7
18. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	39,0	41,3	99,3	44,1	124,2	100,6	48,1	142,0
19. N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O	43,1	44,2	117,0	51,9	155,9	110,9	55,7	171,4
20. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ ZnSO ₄ *7H ₂ O	40,5	43,0	107,4	47,1	154,6	111,6	51,4	154,0
21. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +Cu+Zn (хелат.)+ Эпин	39,9	43,4	103,0	45,8	133,8	109,2	51,0	147,7
22. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀ +CuSO ₄ *5H ₂ O+ZnSO ₄ *7H ₂ O+Эпин	39,1	42,2	101,0	48,1	138,1	103,8	51,4	140,8
НСР ₀₅ фактора А (сорт)	0,28		–					
НСР ₀₅ фактора Б (вариант)	0,94							
НСР ₀₅ фактора АБ	1,34							

Следует отметить, что вынос элементов питания в большей степени зависел от доз азотных удобрений. Так, в варианте N₁₄P₆₀K₉₀, где 14 кг/га азота поступали только за счет аммофоса, общий вынос основных элементов питания почти в два раза был ниже варианта N₉₀P₆₀K₉₀ и составил по азоту 60,9 кг/га, фосфору – 29,5 и калию – 73,1 кг/га при продуктивности зерна 27,9 ц/га.

На сорте Дружба 2 применение N₉₀P₆₀K₉₀+Cu (хелат) обеспечило получение урожайности зерна на уровне 46,5 ц/га, при этом общий вынос азота составил 118,6 кг/га, фосфора – 56,3 и калия – 173,3 кг/га (табл. 2). Применение дозы минеральных удобрений N₁₄P₆₀K₉₀ на данном сорте позволило

получить урожайность зерна 30,0 ц/га при общем выносе азота 66,6 кг/га, фосфора – 32,0 и калия – 80,7 кг/га.

Заключение

В результате проведенных исследований было установлено, что содержание элементов питания в растениях проса в период вегетации, а также их накопление в урожае зависит от уровня применения минеральных удобрений, инкрустации семян микроэлементами, регулятором роста и инокуляции бактериальным препаратом.

Изучаемые сорта проса при одинаковом уровне минерального питания имели различную концентрацию азота, фосфора и калия в период роста и развития. На сорте Галинка наибольшая концентрация азота, фосфора и калия в сухой биомассе растений к концу вегетации отмечалась при применении доз минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{90}$, а у сорта Дружба 2 при данном уровне больше накапливалось фосфора и калия. Наибольшая концентрация азота у сорта Дружба 2 к моменту молочно-восковой спелости отмечается на фоне дробного внесения азотных удобрений в варианте $N_{60+30}P_{60}K_{90}$.

Инкрустация семян проса медью в хелатной форме и в форме простой соли способствует повышению концентрации основных элементов питания в растениях проса в период вегетации, а также накоплению их урожаем. Высокая концентрация азота, фосфора и калия в период роста и развития на сорте Галинка наблюдается в варианте, где на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ применялась инкрустация семян хелатной формой меди. Данный вариант опыта обеспечивает получение максимальной продуктивности зерна – 44,0 ц/га, при общем выносе урожаем азота – 121,4 кг/га, фосфора – 53,1 и калия – 162,3 кг/га.

На сорте Дружба 2 наибольшая урожайность зерна (46,5 ц/га) также обеспечивается при инкрустации семян хелатной формой меди на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$, при этом в данном варианте опыта к концу вегетации в сухой биомассе растений наблюдается высокая концентрация фосфора и калия. Общий вынос элементов питания при данной системе применения удобрений по азоту составляет 118,6 кг/га, фосфору – 56,3 и калию – 173,3 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барбасов, Н. В. Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на продуктивность, вынос элементов питания и аминокислотный состав зерна ячменя кормового назначения // Вестник БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 116–121.
2. Радкевич, М. Л. Влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на урожайность и качество семян люпина узколистного / М. Л. Радкевич // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 5 (132). – С. 31–35.
3. Курганская, С. Д. Поступление элементов питания в растения рапса ярового в зависимости от основного внесения микроэлементов и серы / С. Д. Курганская, С. П. Кукреш // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений. Ч. 2. Материалы международной научно-практической конференции / Отв. ред. И. Р. Вильдфлуш. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. – С. 176–178.
4. Система применения удобрений : учебник / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 440. с.
5. Коготько, Ю. В. Влияние макро-, микроудобрений, регулятора роста и бактериального препарата на урожайность и качество зерна проса // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 2 (129). – С. 14–19.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. – Минск: Беларус. наука, 2012. – 460 с.
8. Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3 – С. 60–64.