

слоя в вариантах с органоминеральной системой удобрения в среднем по почвенно-эрозионной катене была на 0,06–0,11 г/см³ ниже по сравнению с минеральной системой удобрения.

3. Существует сильная корреляционная связь между плотностью почвы и содержанием в ней гумуса – коэффициент корреляции равен 0,78. При содержании в почве гумуса на уровне 1,0–1,2 % плотность почвы превышает допустимые значения, а при содержании гумуса на уровне 1,9–2,0 % и выше соответствует оптимуму.

4. Установлена тесная зависимость урожайности зерна озимой пшеницы ($r = 0,93$) и овса ($r = 0,75$), а также семян ярового рапса ($r = 0,92$) от плотности пахотного слоя почв. Урожайность озимой пшеницы, овса и ярового рапса при оптимальных и близких к оптимальному значениях плотности почвы составляет соответственно 50–53 ц/га, 40–47 и 23–25 ц/га. Увеличение плотности до допустимых значений приводит к недобору урожая озимой пшеница на 11–19 %, овса – на 20–29, ярового рапса – на 12–21 %.

Литература

1. Сорочкин, В. М. Структура почв как фактор их плодородия в интенсивных системах земледелия / В. М. Сорочкин // Агропочвоведение и плодородие почв: тез. док. Всесоюз. науч. конф. – Ленинград, 1986. – Ч. 2. – С. 22–23.
2. Influence of organic and synthetic fertilizers on soil physical properties / S. S. Malik [et al.] // Intern. J. of Current Microbiology a. Appl. Scienc-es. – 2014. – Vol. 3, № 8. – P. 802–810.
3. Медведев, В. В. Изменчивость оптимальной плотности почв и ее причины / В. В. Медведев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 20–30.
4. Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под общей редакцией В. В. Лапа, А. Ф. Черныша. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 170 с.
5. Афанасьев, Н. И. Основные проблемы физики дерново-подзолистых почв БССР и пути их решения / Н. И. Афанасьев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 128–138.
6. Иванов, А. Изучение влияния плотности почвы на ее плодородие и количество недоступной влаги в ней / А. Иванов, К. Стойнев // Сб. тр. по агрономической физике. – 1967. – Вып. 14. – С. 24–30.
7. Жилко, В. В. Особенности применения удобрений на эродированных почвах / В. В. Жилко, О. В. Чистик, К. И. Довбан // Аналит. обзор. – Минск, 1990. – 36 с.
8. Кочетов, И. С. Эродированные почвы Центрального Нечерноземья и их интенсивное использование / И. С. Кочетов. – М., 1988. – 147 с.
9. Трегубов, П. С. Плодородие почв, подверженных водной эрозии, и пути его повышения / П. С. Трегубов, В. И. Шурикова. – М.: Колос, 1981. – 60 с.
10. Jonston, A. E. Soil fertility and soil organic matter / A. E. Jonston // Advances of Soil Organic Matter Research: The Impact on Agriculture and the Environment. – Cambridge, 1992. – P. 299–314.
11. Мельников, С. П. Изменение физических условий плодородия дерново-подзолистых суглинистых почв в агроценозах / С. П. Мельников, Д. В. Чернов // Тез. докл. II съезда об-ва почвоведов. – СПб., 1996. – Кн. 1. – С. 97–98.
12. Николаевич, Г. И. Влияние системы применения удобрений на изменение агрофизических свойств почвы / Г. И. Николаевич // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 2000. – Вып. 31. – С. 83–92.
13. Fertilizer Recommendations / ReferenceBook 209. HMSO. – London, 1988. – 186 p.
14. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
14. Юхновец, А. В. Влияние основной обработки на физические свойства, биологическую активность и противозерозионную стойкость дерново-подзолистых почв на моренных суглинках: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.03 / А. В. Юхновец. – Минск, 2004. – 20 с.
16. Современное состояние агрофизических свойств почв Белорусского Поозерья / А. Ф. Черныш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 2 (53). – С. 19–28.
17. Современное агрофизическое состояние почв центральной почвенно-экологической провинции / А. Ф. Черныш [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1 (56). – С. 15–25.
18. Цырибко, В. Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе / В. Б. Цырибко // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1 (56). – С. 36–44.
19. Кузнецова, И. В. Об оптимальной плотности почв / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 43–54.
20. Кирюшин, В. И. Экологические основы земледелия / В. И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
21. Бондарев, А. Г. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения / А. Г. Бондарев // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С. 31–37.
22. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
23. Долгов, С. И. О критериях оптимального сложения пахотного слоя почвы / С. И. Долгов, И. В. Кузнецова, С. А. Модина // Проблемы обработки почвы: док. Междунар. совещ., Варна. – София: Изд-во Болгарской АН, 1970. – С. 31–142.

УДК 631.8:631.559:633.171

Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику роста и накопление сухого вещества растениями проса различных сортов

Т. Ф. Персикова, доктор с.-х. наук, Ю. В. Козотько, соискатель
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 17.07.2020 г.)

В статье приведены результаты исследований о влиянии макро-, микроудобрений, бактериального препарата

The article presents the results of studies on the effect of macro-, micro-fertilizers, a bacterial preparation and plant

та и регулятора роста растений на динамику линейного роста и накопления сухого вещества растениями проса различных сортов, а также на урожайность зерна и окупаемость удобрений.

В результате было установлено, что в условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв северо-востока Беларуси наиболее оптимальные показатели линейного роста, накопления сухой биомассы и урожайности зерна проса сортов Галинка и Дружба 2 были получены при применении уровня минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ и инкрустации семян хелатной формой меди.

Введение

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства Республики Беларусь должно основываться на совершенствовании технологии возделывания сельскохозяйственных культур с учетом почвенно-климатических, агротехнических и других условий конкретного региона [1]. Потепление климата привело к все более частому проявлению сильных засух, которые значительно снижают урожайность многих сельскохозяйственных культур, а то и вовсе делают её получение невозможным [2]. Для того чтобы снизить риски, связанные с постоянно меняющимися погодными условиями, необходимо постоянно совершенствовать структуру посевных площадей, включая в севооборот засухоустойчивые и жаростойкие культуры, которые могут также использоваться и в качестве страховых.

Одной из таких культур является просо, возделывание которого имеет как продовольственное, так и кормовое значение. Поздние сроки сева и короткий период вегетации даже при возделывании на зерно (45–55 дней от кущения до налива зерна) делают её мобильной с агротехнической точки зрения и позволяют использовать как страховую культуру [2, 3].

В последние годы в Республике Беларусь просо возделывается на площади около 10–15 тыс. га, однако для удовлетворения собственных потребностей необходимо 50–60 тыс. га. Кроме того, средняя урожайность зерна достигает 13–15 ц/га, что реализует продуктивность современных сортов только на 25 % [4, 5].

Низкая зерновая продуктивность проса во многом связана с агротехническими условиями возделывания, важнейшим из которых для данной культуры является питательный режим. Одной из особенностей питания проса, отличающего его от ранних яровых зерновых, является более поздний период усиленного поглощения элементов питания, который совпадает с наиболее теплым временем года, когда в почве активно протекают процессы мобилизации элементов питания [3]. Также следует отметить, что до кущения рост и развитие надземных органов и корней у проса походит медленнее, чем у яровых зерновых, поэтому поглощение элементов питания в этот период сильно зависит от воздействия абиотических факторов. В связи с этим уже с самого начала возникает необходимость создавать оптимальные условия для перехода от состояния покоя семян к вегетации растений [3, 6].

Целью исследований являлось изучение сортовой отзывчивости проса на различные уровни минерального питания, обработку семян микроэлементами, бактериальным препаратом и регулятором роста при выращивании на зерно в условиях северо-востока Беларуси.

growth regulator on the dynamics of linear growth and dry matter accumulation by millet plants of various varieties, as well as on grain yield and fertilizer payback.

As a result, it was found that in conditions of soddy-podzolic light loamy soils of northeastern Belarus, the most optimal indicators of linear growth, dry biomass accumulation, and grain yield of millet Galinka and Druzhba 2 varieties were obtained using the mineral nutrition level $N_{90}P_{60}K_{90}$ and inlaid seeds with a chelated copper form.

Методика и условия проведения исследований

Исследования с просом сортов Галинка и Дружба 2 проводили в 2009–2011 гг. на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднеокультуренная временно-избыточно увлажненная легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины около 1 м моренным суглинком. По годам исследований в почве было среднее содержание гумуса (1,65–1,71 %), подвижных форм фосфора и калия повышенное – 239–248 и 208–244 мг/кг соответственно, низкая обеспеченность медью – 1,33–1,36 мг/кг и цинком – 2,92–3,01 мг/кг почвы, реакция почвенного раствора слабокислая – рН_{KCl} 5,98 и близкая к нейтральной – 6,00–6,11 [2].

В качестве минеральных удобрений в опыте использовали карбамид, аммофос и хлористый калий. Минеральные удобрения применяли в основном внесение под культивацию. В варианте с дробным внесением азота ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) подкормку проводили карбамидом в фазе кущения культуры в дозе 30 кг/га д. в.

Микроудобрения, регулятор роста и бактериальный препарат применяли при инкрустации и инокуляции семян. Из микроудобрений для инкрустации семян использовались соли: $CuSO_4 \times 5H_2O$ (23,4–24,9 % Cu) и $ZnSO_4 \times 7H_2O$ (21–23 % Zn), а также хелатные формы: Cuprovetum, $NaCuH(edta) \times nH_2O$ (17 % Cu) и Zincovetum, $NaZnH(edta) \times nH_2O$ (17 % Zn) в дозах 150 г/т д. в. элемента. В качестве регулятора роста для инкрустации семян применяли Эпин в дозе 20 мг/т д. в. Инокуляцию семян проводили бактериальным удобрением Ризобактерин в дозе 200 мл на гектарную норму семян [7].

Общая площадь делянки в опыте была 30 м², учетная – 25 м², повторность – четырехкратная, расположение делянок – рендомизированное. Агротехника опыта – общепринятая, согласно отраслевому регламенту. Урожай учитывали сплошным поделяночным способом. Данные урожайности пересчитывали на 14%-ную влажность [7].

Погодные условия в годы проведения исследований (2009–2011 гг.) различались, что оказало влияние на урожай зерна проса. Расчет ГТК по методике Селянинова Г. Т. показал, что средний его показатель за вегетационный период в 2009 г. составил 1,8, в 2010 г. – 1,3 и в 2011 г. – 1,6 [7].

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ линейного роста проса изучаемых сортов показал, что применение удобрений оказывало сильное влияние на его динамику. На сорте Галинка среди изучаемых доз минеральных удобрений более динамично по всем фазам роста развивались растения на

фоне применения $N_{90}P_{60}K_{90}$. Так, в фазе кущения культуры высота растений в этом варианте увеличилась по сравнению с контролем на 7,7 см и составила 32,0 см, а к фазе молочно-восковой спелости прирост составил уже 48,6 см, при этом высота фиксировалась на уровне 146,1 см (таблица 1).

Дробное применение азота (60 + 30 кг/га) на вышеуказанном фосфорно-калийном фоне на момент последнего учета высоты растений существенной разницы по сравнению с разовым внесением не показало (147,1 см).

Инкрустация семян проса микроэлементами уже в начальных фазах усиливала ростовые процессы растений проса. Так, на сорте Галинка в фазе кущения более выровненными и высокими были растения в вариантах, где на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ проводилась инкрустация семян медью как в хелатной форме, так и в виде простой соли. Высота растений в данном случае возрастала по сравнению с контролем на 11,3–12,0 см и составила 35,6–36,3 см. Влияние инкрустации семян медью в различных формах на ростовые процессы проса сорта Галинка было отмечено и на последующих этапах органогенеза. Это позволило на фонах минерального

питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ сформировать высоту растений на уровне 150,2–152,1 и 151,1–152,2 см соответственно (+50,7–54,7 см к контролю и +4,1–6,1 см к фону). При этом существенной разницы в высоте растений как между фонами минерального питания, так и формами микроэлемента не наблюдалось.

Анализ динамики линейного роста крупносемянного сорта Дружба 2 показал, что наибольшая высота растений среди изучаемых доз минеральных удобрений наблюдалась при применении $N_{90}P_{60}K_{90}$, которая на момент молочно-восковой спелости составляла 129,6 см, при этом контроль уступал в росте данному варианту опыта 43,2 см (таблица 1).

Инокуляция семян бактериальным удобрением Ризобактерин на фоне $N_{14}P_{60}K_{90}$ оказывала влияние на динамику роста растений проса вышеуказанного сорта, начиная с начальных фаз роста и развития. Так, в фазе кущения высота растений в данном варианте превысила фон на 2,2 см и контроль – на 5,9 см, а к фазе молочно-восковой спелости культуры этот прирост увеличился до 7,8 и 18,3 см соответственно, при этом высота растений на момент последнего учета сформировалась на уровне 104,7 см.

Таблица 1 – Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику роста растений проса сортов Галинка и Дружба 2 (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант	Высота растений, см							
	кущение		выход в трубку		выметывание		молочно-восковая спелость	
	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2
1. Без удобрений (контроль)	24,3	23,0	57,1	55,4	79,6	74,5	97,5	86,4
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$	27,5	26,7	62,4	62,7	91,1	82,5	115,2	96,9
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	29,5	29,3	71,6	71,0	103,1	90,3	129,6	106,4
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	30,3	29,4	77,1	72,8	108,0	94,5	134,6	114,6
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	32,0	31,6	83,0	83,6	116,8	109,3	146,1	129,6
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	30,6	29,4	81,6	79,7	118,9	105,4	147,9	123,5
7. $N_{14}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	27,7	28,9	61,7	65,3	89,9	87,6	115,3	104,7
8. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	29,5	28,9	72,6	70,9	102,5	94,1	129,0	109,4
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	34,6	32,0	85,9	76,1	115,8	102,3	138,6	119,9
10. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	36,3	34,8	88,8	89,0	123,9	115,9	152,1	134,7
11. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	34,8	32,1	87,8	82,0	124,4	107,7	152,2	127,9
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	33,5	30,5	83,6	73,7	113,5	98,1	136,3	117,3
13. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	35,6	33,5	88,3	86,2	121,2	114,2	150,2	133,9
14. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	33,9	31,3	87,7	80,3	122,3	108,6	151,1	127,3
15. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	34,4	32,3	84,9	77,5	115,7	102,4	140,8	121,8
16. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	36,0	35,3	90,2	90,6	124,5	118,9	152,8	137,0
17. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	33,9	32,4	87,3	82,8	126,8	111,6	154,9	132,1
18. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	33,6	31,5	85,9	74,7	114,7	98,4	140,0	118,8
19. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	35,7	34,3	88,7	88,4	122,1	117,7	151,8	134,2
20. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	34,3	32,1	87,8	81,3	123,7	109,3	152,4	128,5
21. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.) + Эпин	34,8	33,1	87,1	81,4	115,4	107,5	142,3	124,9
22. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$ + Эпин	33,7	32,1	85,9	78,8	114,8	103,5	140,4	121,7
НСР ₀₅ фактора А (сорт)	0,28		0,35		0,40		0,47	
НСР ₀₅ фактора Б (вариант)	0,93		1,17		1,31		1,55	
НСР ₀₅ фактора АБ	1,31		1,65		1,85		2,19	

Инкрустация семян микроэлементами как в хелатной форме, так и в виде простых солей также оказывала дополнительное влияние на линейный рост растений проса крупносемянного сорта Дружба 2. В результате наибольшая высота растений (137,0 см) в фазе молочно-восковой спелости культуры была зафиксирована в варианте с применением хелатных форм меди и цинка на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$, при этом прирост к фону составил 7,4 см, а к контролю – 50,6 см.

Устойчивое влияние регулятора роста Эпин на линейный рост растений проса наблюдалось только на крупносемянном сорте Дружба 2, при этом его действие начинало прослеживаться только с фазы выхода в трубку с наибольшим приростом высоты (5,1 см) в период выметывания метелок. Так, в варианте, где регулятор роста Эпин применялся совместно с хелатными формами меди и цинка на фоне $N_{60}P_{60}K_{90}$, высота растений в фазе молочно-восковой спелости составила 124,9 см, что превысило фоновый вариант на 3,1 см и контроль – на 38,5 см.

На сорте Галинка среди изучаемых доз минерального питания наибольшее накопление сухой биомассы на 100 растений наблюдалось в варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$, где

ее количество превысило контроль без применения удобрений на 51,3 % и составило 718,3 г. Также следует отметить, что на данном сорте в варианте с дробным внесением вышеуказанной дозы азота (60+30 кг/га) накопление сухого вещества практически не отличалось (701,3 г) (таблица 2).

Инкрустация семян медью в хелатной форме, а также баковой смесью меди и цинка в хелатной форме и в виде простых солей на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ обеспечила наибольшее накопление сухого вещества (801,5–816,9 г), прирост которого по отношению к фону составил 10,4–12,1 % и по отношению к контролю – 56,3–57,2 %.

Влияние регулятора роста Эпин на накопление сухой биомассы растений мелкосемянного сорта Галинка прослеживалось только при использовании его в баковой смеси с хелатными формами меди и цинка, в результате чего содержание сухого вещества по отношению к фону без регулятора увеличилось на 4,3 %, а в целом по отношению к контролю – на 52,9 % и составило 743,3 г.

Анализируя накопление сухой биомассы растениями проса крупносемянного сорта Дружба 2, следует отметить, что наибольшее ее значение наблюдалось при применении доз минеральных удобрений $N_{90}P_{60}K_{90}$,

Таблица 2 – Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на динамику накопления сухого вещества растениями проса сортов Галинка и Дружба 2 (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант	Масса 100 сухих растений, г							
	кущение		выход в трубку		выметывание		молочно-восковая спелость	
	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2
1. Без удобрений (контроль)	34,1	29,8	170,7	159,7	260,3	250,1	349,9	388,7
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$	40,2	31,8	225,3	185,9	339,8	280,2	478,5	474,9
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	41,3	36,2	261,8	219,9	431,1	381,7	582,5	641,0
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	42,1	36,8	270,6	227,6	479,5	426,6	643,3	690,1
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	43,2	38,4	284,8	261,3	529,8	501,0	718,3	776,2
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	41,9	36,2	280,5	234,0	517,0	478,4	701,3	728,2
7. $N_{14}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	39,7	33,6	223,0	199,4	323,6	296,2	473,0	517,6
8. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	41,1	36,3	266,2	214,8	441,2	387,2	572,4	635,4
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	46,2	41,0	283,5	260,5	512,7	512,4	698,9	778,0
10. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	48,7	42,4	299,0	278,3	575,6	522,5	811,8	811,2
11. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	47,7	41,7	292,1	257,1	548,0	497,5	757,4	771,0
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	46,3	40,6	283,3	248,5	489,6	471,4	676,1	737,0
13. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	48,0	42,2	297,3	278,4	567,6	524,7	779,8	800,0
14. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	47,8	41,2	291,5	258,3	533,5	515,1	730,8	761,1
15. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	47,9	41,5	284,5	262,1	520,5	507,2	711,5	774,8
16. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	48,5	42,5	308,6	289,7	588,1	545,1	816,9	824,2
17. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	46,8	42,2	294,7	268,9	565,3	527,3	785,0	810,1
18. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	48,5	40,4	283,3	244,2	514,6	462,2	718,2	727,3
19. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	48,0	42,3	299,4	279,5	563,3	516,7	801,5	783,9
20. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	47,1	40,7	295,7	255,0	546,4	508,7	767,3	755,1
21. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.) + Эпин	47,9	44,3	287,8	266,3	531,0	522,1	743,3	775,5
22. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$ + Эпин	48,1	41,8	283,2	259,9	534,9	507,9	733,1	753,3
НСР ₀₅ фактора А (сорт)	0,38		1,38		2,81		4,20	
НСР ₀₅ фактора Б (вариант)	1,25		4,59		9,31		13,94	
НСР ₀₅ фактора АБ	1,77		6,49		13,17		19,71	

которое в фазе молочно-восковой спелости составило 776,2 г, что на 49,9 % превысило контрольный вариант опыта (таблица 2).

Инокуляция семян проса крупносемянного сорта Дружба 2 бактериальным препаратом Ризобактерин на фоне $N_{14}P_{60}K_{90}$ повышала содержание сухого вещества, которое на момент молочно-восковой спелости культуры превышало фон минерального питания на 8,3 %, контрольный вариант опыта – на 24,9 % и составляло 517,6 г.

Наибольшее накопление сухого вещества в опыте с вышеуказанным сортом было отмечено в вариантах, где применялась инкрустация семян микроэлементами. Так, на фоне минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ применение меди в хелатной форме и в виде простой соли одинаково обеспечило повышение содержания сухого вещества, которое в фазе молочно-восковой спелости выросло по отношению к фону на 3,0–4,3 %, по отношению к контролю – на 51,4–52,1 % и составило 800,0–811,2 г. Применение на вышеуказанном фоне минерального питания хелатных форм меди и цинка обеспечило содержание сухого вещества на уровне 824,2 г, что позволило повысить этот показатель по отношению к фону минерального питания на 5,8 %, а по отношению к варианту без применения удобрений – на 52,8 %.

Дополнительное введение в инкрустационный состав с медью и цинком регулятора роста Эпин на крупносемянном сорте проса Дружба 2 значительно оказывало влияние на накопление сухого вещества только в фазе выметывания культуры.

Среди изучаемых доз минеральных удобрений наибольшая продуктивность проса мелкосемянного сорта Галинка отмечалась при применении $N_{90}P_{60}K_{90}$, которая составила 38,8 ц/га зерна (прибавка к контролю – 15,9 ц/га).

Применение обработки семян хелатной формой меди на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ на данном сорте обеспечило повышение урожайности до уровня 44,0 ц/га, а прибавки от применения удобрений – 21,1 ц/га. Инкрустация семян медью в форме простой соли также увеличивала урожайность, однако по эффективности уступала хелатной форме (таблица 3).

Дополнительное введение в инкрустационный состав цинка как в хелатной форме, так и в виде соли оказывало влияние на повышение урожайности сорта Галинка только на фоне минерального питания $N_{60}P_{60}K_{90}$, при этом урожайность составляла 38,7–39,0 ц/га зерна (прибавка к контролю – 15,8–16,1 ц/га).

Совместное использование меди и цинка в хелатной форме с регулятором роста Эпин на фоне минерального

Таблица 3 – Влияние макро-, микроудобрений, бактериального препарата и регулятора роста на урожайность зерна проса сортов Галинка и Дружба 2 (среднее за 2009–2011 гг.)

Вариант	Урожайность, ц/га		Прибавка к контролю, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK кг зерна	
	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2	Галинка	Дружба 2
1. Без удобрений (контроль)	22,9	26,8	-	-	-	-
2. $N_{14}P_{60}K_{90}$	27,9	30,0	5,0	3,2	3,1	2,0
3. $N_{45}P_{60}K_{90}$	31,0	36,1	8,1	9,3	4,1	4,8
4. $N_{60}P_{60}K_{90}$	34,6	39,2	11,7	12,5	5,6	5,9
5. $N_{90}P_{60}K_{90}$	38,8	43,7	15,9	16,9	6,6	7,0
6. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$	37,4	41,5	14,5	14,7	6,1	6,1
7. $N_{14}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	28,3	32,1	5,4	5,3	3,3	3,2
8. $N_{45}P_{60}K_{90}$ + Ризобактерин	30,8	36,0	8,0	9,2	4,1	4,7
9. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	37,7	44,3	14,9	17,5	7,1	8,3
10. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	44,0	46,5	21,1	19,7	8,8	8,2
11. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + Cu (хелат.)	40,7	43,4	17,9	16,6	7,4	6,9
12. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	36,4	42,3	13,5	15,5	6,4	7,4
13. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	42,0	44,7	19,1	18,0	8,0	7,5
14. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$	39,2	43,8	16,3	17,0	6,8	7,1
15. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	38,7	44,3	15,8	17,6	7,5	8,4
16. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	43,7	46,9	20,9	20,1	8,7	8,4
17. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.)	42,3	45,9	19,4	19,2	8,1	8,0
18. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	39,0	41,3	16,1	14,5	7,7	6,9
19. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	43,1	44,2	20,2	17,4	8,4	7,2
20. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$	40,5	43,0	17,7	16,2	7,4	6,8
21. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + Cu + Zn (хелат.) + Эпин	39,9	43,4	17,1	16,6	8,1	7,9
22. $N_{60}P_{60}K_{90}$ + $CuSO_4 \times 5H_2O$ + $ZnSO_4 \times 7H_2O$ + Эпин	39,1	42,2	16,3	15,5	7,7	7,4
НСР ₀₅ фактора А (сорт)	0,28					
НСР ₀₅ фактора Б (вариант)	0,94				-	
НСР ₀₅ фактора АБ	1,34					

питания $N_{60}P_{60}K_{90}$ оказывало влияние на урожайность только сорта Галинка, которая составила 39,9 ц/га зерна, при этом была получена прибавка к контролю на уровне 17,1 ц/га.

У крупносемянного сорта проса Дружба 2 оптимальным уровнем минерального питания также оказался $N_{90}P_{60}K_{90}$, который обеспечил получение урожайности на уровне 43,7 ц/га (прибавка к контролю – 16,9 ц/га) при окупаемости 1 кг NPK 7 кг зерна (таблица 3).

Использование на данном сорте инкрустации семян хелатной формой меди позволило повысить урожайность до уровня 46,5 ц/га, при этом прибавка к контролю составила 19,7 ц/га, а окупаемость 1 кг NPK – 8,2 кг зерна.

Инокуляция семян проса сорта Дружба 2 бактериальным препаратом Ризобактерин на фоне $N_{14}P_{60}K_{90}$ позволила повысить урожайность до 32,1 ц/га, при этом прибавка к фону была получена на уровне 2,1 ц/га, а к контрольному варианту опыта – 5,3 ц/га. Окупаемость 1 кг NPK в данном варианте составила 3,2 кг.

Заключение

1. Оптимальным уровнем минерального питания в условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв северо-востока Беларуси для возделывания мелкосемянного сорта проса Галинка, а также крупносемянного Дружба 2 является $N_{90}P_{60}K_{90}$, применение которого обеспечит получение урожая зерна на уровне 38,8 и 43,7 ц/га соответственно. Прибавка к контролю от его применения у сорта Галинка составляет 15,9 ц/га, а у сорта Дружба 2 – 16,9 ц/га.

2. Инкрустация семян хелатной формой меди на фоне $N_{90}P_{60}K_{90}$ увеличивала урожайность сорта Галинка до уровня 44,0 ц/га зерна (+5,2 ц/га к фону и +21,1 ц/га к контролю) и сорта Дружба 2 – 46,5 ц/га (+2,8 ц/га к фону и +19,7 ц/га к контролю).

3. Наибольшее влияние на динамику линейного роста мелкосемянного сорта Галинка оказывали два уровня минерального питания: $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, а на

крупносемянном Дружба 2 более выраженный эффект отмечен только на фоне применения $N_{90}P_{60}K_{90}$. Дополнительное стимулирование ростовых процессов проса обоих сортов обеспечивалось при использовании на вышеуказанных фонах минерального питания инкрустации семян медью и цинком.

4. Наибольшее накопление сухой биомассы растений на сорте Галинка и на сорте Дружба 2 наблюдалось при применении уровня минерального питания $N_{90}P_{60}K_{90}$ и инкрустации семян хелатной формой меди. Применение данной системы удобрений обеспечивает повышение накопления сухого вещества по отношению к контролю в фазе молочно-восковой спелости на 56,9 % у сорта Галинка и на 52,1 % – у сорта Дружба 2.

Литература

1. Зими́на, М. В. Экономическая эффективность применения удобрений и регуляторов роста в посевах подсолнечника / М. В. Зими́на, М. С. Бриле́в // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 2 (129). – С. 25–27.
2. Бакай, В. П. Результаты изучения коллекции проса по основным элементам продуктивности растений / В. П. Бакай, В. Н. Куделко // Земледелие и селекция в Беларуси: сборник научных трудов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – № 52. – С. 288–294.
3. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
4. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 392 с.
5. Сафроновская, Г. М. Урожайность и качество проса на кислой и деградированной торфяной почве в зависимости от доз и форм известковых мелиорантов / Г. М. Сафроновская, Г. В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1 (52). – С. 292–295.
6. Якута, О. Н. Эффективность возделывания проса посевного с помощью Экосила / О. Н. Якута // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 7. – С. 71–73.
7. Коготько, Ю. В. Влияние макро-, микроудобрений, регулятора роста и бактериального препарата на урожайность и качество зерна проса / Ю. В. Коготько // Земледелие и защита растений. – 2020. – № 2 (129). – С. 14–19.

УДК 631.8:633.11«321»

Содержание и вынос элементов питания урожая яровой пшеницы в зависимости от сорта, применяемых удобрений, регуляторов роста и биопрепарата

Е. И. Коготько, соискатель, И. Р. Вильдфлуш, доктор с.-х. наук
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 29.07.2020 г.)

В статье приводятся данные трехлетних исследований по системе удобрения яровой пшеницы сортов Сабина и Тома. Отражены особенности накопления элементов питания, данные по их выносу и коэффициенты использования элементов в зависимости от сорта и применяемых удобрений. Показана высокая эффективность применения жидкого азотного удобрения КАС совместно с одно- и многокомпонентными микроудобрениями,

The article presents the data of three-year research on the fertilization system of spring wheat varieties Sabina and Tom. The features of the accumulation of nutrients, data on their removal and the utilization rates of elements, depending on the variety and applied fertilizers, are reflected. The high efficiency of the application of liquid nitrogen fertilizer UAN in conjunction with single and multicomponent micronutrient fertilizers, complex liquid fertilizers and growth regulators