

АГРОНОМИЯ

Научная статья

УДК 633.85:631:524.6

doi: 10.28983/asj.y2023i11pp114-121

Влияние фолиарной обработки микроудобрениями на продуктивность горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья

Татьяна Яковлевна Прахова¹, Нурмарат Равилевич Таишев²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза, Россия

e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния листовых обработок микроудобрениями на продуктивность горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Объектом исследований служили два районированных сорта Люция и Радуга. Опыт проводили в 2020–2022 гг. на полях Пензенского НИИСХ, который заключался в фолиарном применении микроудобрений на посевах горчицы. Метеорологические условия в годы исследований отличались контрастностью. Гидротермический коэффициент варьировал от 0,72 до 1,40. Результаты полевых опытов подтверждают сортовую реакцию горчицы белой на применение микроэлементных удобрений. Наиболее эффективными на сорте Люция являются микроудобрения Изагри Вита и Агроверм. Их применение позволило получить наибольшую урожайность семян 1,61 и 1,63 т/га и достоверную прибавку относительно контрольного варианта 0,15 и 0,17 т/га. Сорт Радуга сформировал наибольшую урожайность семян (1,61 т/га) при фолиарной обработке посевов препаратами Агроверм и БлекДжек. Кроме того, использование препарата БлекДжек способствовало получению наибольшего количества масла в семенах обоих сортов – 29,72 % (Люция) и 29,31 % (Радуга). Максимальное содержание протеина в семенах горчицы 36,59 и 37,17 % отмечено на варианте с обработкой Гумат +7, что превысило контроль на 1,40 и 1,23 %. На вариантах с обработкой Мегамиксом и Гуматом +7 сформировались наиболее крупные семена, масса 1000 семян составила 6,50 г (Люция) и 6,54 г (Радуга). Листовые подкормки горчицы микроудобрениями также оказали влияние на жирнокислотный состав маслосемян. Применение Цитовита снижает концентрацию олеиновой кислоты до 33,9 % и повышает содержание эруковой кислоты до 30,1 % у сорта Люция. У сорта Радуга применение Изагри Вита и Гумат +7 способствовало увеличению эруковой кислоты на 1,0–1,1 %, использование БлекДжека увеличивает содержание олеиновой кислоты до 60,2 %. Обработка растений Агровермом приводит к снижению количества линолевой кислоты до 8,7 и 9,9 % в зависимости от сорта.

Ключевые слова: горчица белая; фолиарная обработка; микроудобрения; урожайность; масличность; масса 1000 семян; жирнокислотный состав.

Для цитирования: Прахова Т. Я., Таишев Н. Р. Влияние фолиарной обработки микроудобрениями на продуктивность горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 114–121. [http: 10.28983/asj.y2023i11pp114-121](http://10.28983/asj.y2023i11pp114-121).

AGRONOMY

Original article

Influence of foliar treatment with microfertilizers on the productivity of white mustard in forest-steppe conditions of the Middle Volga region

Tatyana Ya. Prakhova¹, Nurmarat R. Taishev²

¹FSBSI «Federal Research Center for Bast Fiber Crops», Tver, Russia

²FSBEE HE «Penza State Agrarian University», Penza, Russia

e-mail: prakhova.tanya@yandex.ru

Annotation. The article presents the results of studying the effect of foliar treatments with microfertilizers on the productivity of white mustard in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. The object of research was two zoned varieties Lutsiya and Raduga. The experiment was carried out in 2020–2022 on the fields of the Penza Research Institute of Agriculture, which consisted in the foliar application of microfertilizers on mustard crops. Meteorological conditions during the years of research differed in contrast. The hydrothermal coefficient varied from 0.72 to 1.40. The results of field experiments confirm the varietal response of white mustard to the use of microelement fertilizers. The most effective microfertilizers for the Lutsiya variety are Izagri Vita



and Agroverm. Their use made it possible to obtain the highest seed yield of 1.61 and 1.63 t/ha and a significant increase relative to the control variant by 0.15–0.17 t/ha. Variety Raduga formed the highest seed yield (1.61 t/ha) with foliar treatment of crops with Agroverm and BlackJack. In addition, the use of the BlackJack preparation contributed to obtaining the largest amount of oil in the seeds of both varieties – 29.72 % (Lutsiya variety) and 29.31 % (Raduga variety). The maximum protein content in mustard seeds, 36.59 and 37.17 %, was noted in the variant with Humate + 7 treatment, which exceeded the control by 1.40 and 1.23 %. On the variants treated with Megamix and Humate +7, the largest seeds were formed, the weight of 1000 of which was 6.50 (Lutsiya) and 6.54 g (Raduga). In addition, foliar feeding of mustard with microfertilizers also influenced the fatty acid composition of oilseeds. The use of Cytovit reduces the concentration of oleic acid to 33.9 % and increases the content of erucic acid to 30.1 % in the Lutsiya variety. In the Raduga variety, the use of Izagri Vita and Gumat + 7 contributed to an increase in erucic acid by 1.0–1.1 %, the use of BlackJack increases the content of oleic acid to 60.2 %. Treatment of plants with Agroverm leads to a decrease in the amount of linoleic acid to 8.7 and 9.9 %, depending on the variety.

Keywords: white mustard; foliar treatment; microfertilizers; productivity; oil content; weight of 1000 seeds; fatty acid composition.

For citation: Prakhova T. Ya., Taishev N. R. Influence of foliar treatment with microfertilizers on the productivity of white mustard in forest-steppe conditions of the Middle Volga region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(11):114–121. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i11ppl14-121](http://10.28983/asj.y2023i11ppl14-121).

Введение. Горчица белая (*Sinapis alba*) – перспективная сельскохозяйственная культура, имеющая широкий спектр применения. Ее выращивают в основном для получения семян, которые используют для производства пищевого и технического масла [6, 13]. Вторичное сырье – горчичный порошок [9]. Горчица является высокобелковым зеленым кормом [2, 5]. Также это сидеральная культура, играющая большую роль в воспроизводстве плодородия почвы [2, 8]. Кроме того, горчица – пряно ароматическая, лекарственная и медоносная культура [6, 7].

В последние годы интерес к горчице возрос благодаря ее способности адаптироваться к различным неблагоприятным условиям произрастания [2, 12]. При выращивании данной культуры в благоприятных условиях и на высоком агрофоне потенциальная продуктивность ее достигает более 2,0 т/га [7, 10]. Однако климатические особенности регионов, несоблюдение приемов технологии возделывания, низкая эффективность минерального питания не позволяют в полной мере реализоваться урожайным свойствам этой культуры.

В настоящее время для увеличения продуктивности культурных растений и их устойчивости к абиотическим и биотическим патогенным факторам все активнее используются инновационные подходы, базирующиеся на биологически ориентированных системах. Одно из важнейших направлений – применение микроэлементных удобрений в различные фазы роста и развития культур [3, 11]. Сейчас на рынке существует большое разнообразие таких биопрепаратов, как для обработки семян, так и для листовых подкормок вегетирующих растений [3, 12]. Современные препараты отличаются высокой эффективностью и экологической безопасностью, способствуют росту продуктивности агрокультур, повышают устойчивость растений к окружающим факторам среды за счет активации процессов жизнедеятельности и мобилизации их потенциальных ресурсов [3, 11].

Вопрос эффективности применения микроудобрений и регуляторов роста на горчице вызывает интерес, как у российских, так и зарубежных ученых. Имеются данные, свидетельствующие о том, что применение микроэлементных препаратов способствует повышению урожайности данной культуры [3, 12], масличности семян [1, 10] и элементов структуры урожая [6, 12]. Согласно исследованиям К.В. Наумцевой, некорневые подкормки биопрепаратами наряду с увеличением урожая стимулируют рост горчицы, сокращают продолжительность фенологических стадий развития, ускоряют созревание культуры [5], а также повышают адаптацию растений к неблагоприятным условиям окружающей среды [12].

Однако механизм действия большинства современных микроэлементных удобрений на продуктивность горчицы в конкретных почвенно-климатических условиях остается недостаточно изученным. Поэтому наряду с соблюдением всех агротехнических приемов модернизация элементов технологии возделывания горчицы на основе применения микроудобрений является перспективным и актуальным направлением.





Цель исследований – изучение влияния фолиарного применения микроудобрений на урожайность и масличность семян горчицы белой в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Методика исследований. Исследования проводили в 2020–2022 гг. на полях обособленного подразделения Пензенский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК. Объектом исследований служили два районированных сорта горчицы белой Люция и Радуга. Опыт заключался в проведении некорневой подкормки посевов горчицы микроудобрениями. Схема полевого опыта включала в себя фактор А (сорта) и фактор Б (микроудобрения): 1 – контроль (вариант без обработки), 2 – Цитовит, 3 – БлекДжек, 4 – Агроверм, 5 – Изагри Вита, 6 – Гумат +7, 7 – Мегамикс. Обработку проводили ранцевым опрыскивателем в фазу 4–5 настоящих листьев из расчета 1,0 л/га.

Гумат + 7 и Изагри Вита – органоминеральные удобрения, содержащие комплекс микроэлементов в хелатной форме. Мегамикс и Цитовит – жидкие минеральные удобрения на основе микро- и макроэлементов. Агроверм – органическое гуминовое биоудобрение, изготовленное на основе вермикомпоста. БлекДжек – это природный органический биостимулятор нового поколения на основе гумина, гуминовых, ульминовых и фульвокислот.

Посев горчицы проводили в оптимально ранний срок (1-я декада мая) рядовым способом, норма высева – 2,5 млн всхожих семян на 1 га. Предшественник – чистый пар. Площадь деланки – 10 м², повторность опыта 4-кратная. Посев проводили селекционной сеялкой СН-16, уборку – комбайном Сампо-130.

Закладку опыта, все наблюдения, учет урожая и анализы проводили согласно методике проведения агротехнических опытов с масличными культурами [4]. Определение масличности осуществляли методом Сокслета, содержание жирных кислот – методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.1». Протеин определяли в лаборатории агротехнологий Пензенского НИИСХ методом Кьельдаля (ГОСТ 13496.4-93), массу 1000 семян – по ГОСТ 10842-89, натуру – по ГОСТ 10840-64.

Пензенский НИИСХ находится на территории Пензенской области, которая относится к зоне лесостепи Среднего Поволжья и характеризуется умеренно континентальным климатом. Метеорологические условия в годы исследований отличались контрастностью, как по температурному режиму, так и по влагообеспеченности (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические показатели периода вегетации горчицы

Год	Фаза развития			
	посев – всходы	всходы – цветение	цветение – спелость	всходы – спелость
Среднесуточная температура, °С				
2020	14,5	14,4	19,9	17,0
2021	18,0	18,4	23,1	21,0
2022	10,6	13,2	18,6	16,5
Осадки, мм				
2020	21,4	49,4	49,9	99,3
2021	1,4	19,9	105,4	125,3
2022	7,0	47,7	140,2	187,9
ГТК				
2020	1,73	1,24	0,51	0,72
2021	0,11	0,35	1,14	0,84
2022	1,12	1,21	1,48	1,40

В период вегетации горчицы 2020 г. отмечали дефицит влаги (ГТК 0,72), сумма выпавших осадков составила всего 99,3 мм, при среднесуточной температуре 17,0 °С. При этом периоды от посева до всходов и от всходов до цветения культуры характеризовались обильным увлажнением, ГТК составил 1,73 и 1,24 соответственно. Фаза цветение – спелость протекала в засушливых условиях при ГТК 0,51.



В 2021 г., наоборот, первые две фазы развития культуры отличались засушливыми условиями, гидротермический коэффициент равнялся 0,11 и 0,35. Количество выпавших за данные фенофазы осадков составило всего 1,4 и 19,9 мм, при среднесуточных температурах 18,0 и 18,4 °С. Фаза от цветения до спелости протекала в условиях умеренного увлажнения (ГТК 1,14). Вегетационный период в целом был более благоприятным для развития культуры и характеризовался как умеренно засушливый, ГТК составлял 0,84.

Погодные условия в 2022 г. резко отличались по водному режиму. Уровень выпадения осадков был выше и составил 187,9 мм на фоне предыдущих лет 125,3 и 99,3 мм. В первоначальный период развития растений (в фазу посев – всходы) количество осадков составило 7,0 мм, при температуре воздуха 10,6 °С. Начиная со второй половины мая, дожди разной интенсивности выпадали практически каждый день, что привело к избыточному увлажнению в период от всходов до созревания горчицы, гидротермический коэффициент составил 1,40.

Такие погодные условия позволили в полной мере показать значимость листовой подкормки посевов горчицы.

Результаты исследований. При фоллиарной обработке растений микроудобрениями наблюдали тенденцию увеличения продуктивности маслосемян горчицы. В среднем за 2020–2022 гг. урожайность сорта Люция составила 1,46–1,63 т/га, сорта Радуга – 1,43–1,61 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность сортов горчицы в зависимости от применения микроудобрений

Сорт	Вариант обработки	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля, ±	
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	т/га	%
Люция	Контроль	1,52	1,40	1,45	1,46	–	–
	Цитовит	1,52	1,49	1,57	1,53	0,07	4,8
	БлекДжек	1,68	1,42	1,51	1,54	0,08	5,5
	Агроверм	1,65	1,53	1,72	1,63	0,17	11,6
	Изагри Вита	1,57	1,55	1,70	1,61	0,15	10,3
	Гумат + 7	1,48	1,49	1,48	1,48	0,02	1,4
	Мегамикс	1,61	1,50	1,53	1,55	0,09	6,2
Радуга	Контроль	1,49	1,41	1,38	1,43	–	–
	Цитовит	1,56	1,32	1,52	1,47	0,04	2,8
	БлекДжек	1,59	1,54	1,70	1,61	0,18	12,6
	Агроверм	1,63	1,58	1,62	1,61	0,18	12,6
	Изагри Вита	1,59	1,51	1,48	1,53	0,10	7,0
	Гумат +7	1,50	1,40	1,63	1,51	0,08	5,6
	Мегамикс	1,67	1,54	1,43	1,55	0,12	8,4
НСР ₀₅ по фактору А					0,07		
НСР ₀₅ по фактору В					0,10		
НСР ₀₅ по фактору АВ					0,09		

Наиболее эффективным на сорте Люция было применение удобрений Изагри Вита и Агроверм, листовая обработка которыми способствовала получению наибольшего урожая 1,61 и 1,63 т/га соответственно. Прибавка урожайности здесь была существенной – 0,15 и 0,17 т/га, или 10,3 и 11,6 % относительно варианта без обработки, при НСР – 0,10 т/га.

Сорт Радуга был наиболее отзывчивым на некорневую подкормку препаратами Агроверм и БлекДжек, увеличение продуктивности семян при их использовании составило 0,18 т/га по отношению к контрольному варианту. Урожайность в среднем за три года достигала уровня



1,61 т/га. Применение Изагри Вита также способствовало не существенной, но достоверной прибавке урожая на 0,10 т/га, что в пределах наименьшей существенной разницы 0,10 т/га.

При обработке растений сорта Люция Гуматом + 7, сорта Радуга – Цитовитом отмечали статистически незначимое увеличение урожайности семян на 0,02 и 0,04 т/га.

Наибольший эффект от применения удобрения отмечали в 2022 г., горчица сформировала наиболее высокую урожайность по сортам: Люция – 1,48–1,72 т/га, Радуга – 1,43–1,69 т/га, при 1,45 и 1,38 т/га соответственно в варианте без удобрений. В 2022 г., в условиях избыточного увлажнения (ГТК 1,40), максимальный эффект наблюдали у сорта Люция при использовании Агроверма, у сорта Радуга – при обработке биопрепаратом БлекДжек. Урожайность семян составила 1,72 и 1,70 т/га соответственно. В условиях 2021 г. (ГТК 0,84) наибольшую продуктивность (1,55 и 1,58 т/га) отмечали у Люции при фоллиарной обработке микроудобрением Изагри Вита, у Радуги – при подкормке Агровермом. В засушливом 2020 г. (ГТК 0,72) при применении листовой обработки наиболее эффективными были БлекДжек (на сорте Люция) и Мегамикс (на сорте Радуга), которые способствовали формированию урожая на уровне 1,68 и 1,67 т/га.

Исследования качественных показателей семян горчицы показали, что применение листовой подкормки микроудобрениями практически не влияет на процесс маслонакопления.

Содержание масла в семенах сорта Люция было на уровне 28,10–28,92 %, увеличение относительно варианта без обработок составило всего 0,06–0,88 %, при наименьшей существенной разнице 1,95 %. Максимального значения (29,72 %) показатель масличности достигал в варианте с обработкой препаратом БлекДжек, который несущественно превышал данные контроля, всего на 1,68 % (табл. 3).

Таблица 3

Качественные показатели семян сортов горчицы в зависимости от микроудобрений (2020–2022 гг.)

Вариант		Масличность, %	Содержание протеина, %	Масса 1000 семян, г	Натура, г/л
Люция	Контроль	28,04	35,19	6,22	699,6
	Цитовит	28,10	35,10	6,12	701,9
	БлекДжек	29,72	35,84	6,25	694,1
	Агроверм	28,72	36,05	6,35	706,2
	Изагри Вита	28,32	35,08	6,45	717,4
	Гумат + 7	28,48	36,59	6,21	706,6
	Мегамикс	28,92	34,46	6,50	707,7
	НСР	1,95	1,14	0,14	2,36
Радуга	Контроль	27,71	35,94	6,22	706,9
	Цитовит	27,23	33,59	6,31	701,8
	БлекДжек	29,31	35,35	6,02	707,4
	Агроверм	27,36	36,70	6,40	722,1
	Изагри Вита	28,56	34,97	6,47	703,7
	Гумат + 7	27,47	37,17	6,54	713,1
	Мегамикс	27,68	35,70	6,24	711,9
	НСР	1,71	1,09	0,16	2,29

Применение микроудобрений на сорте Радуга привело к некоторому несущественному снижению уровня масла в семенах до 27,23–27,68 % по сравнению с контрольным вариантом (27,71 %). Исключение составили варианты с использованием Изагри Вита и БлекДжек, где отмечали статистически незначимое увеличение масличности семян – на 0,85 и 1,60 % при НСР₀₅ 1,71 %. Однако данные биоудобрения способствовали получению наибольшего количества масла 28,56 и 29,31 % соответственно.



Применение микроудобрений Цитовит, Изагри Вита и Мегамикс на обоих сортах снижает количество протеина соответственно до 33,59–35,10 %, 34,97–35,08 % и 34,46–35,70 % при 35,19 и 35,94 % в вариантах без обработки. Наиболее существенное увеличение содержания протеина в семенах горчицы отмечали на варианте с обработкой Гумат + 7, как у сорта Люция, так и у сорта Радуга. Накопление белка здесь составило 36,59 и 37,17 % соответственно, что превысило контроль на 1,40 и 1,23 %.

Наиболее крупные семена у сорта Люция сформировались на варианте с листовой обработкой препаратами Изагри Вита и Мегамикс. Масса 1000 семян здесь составила 6,45 и 6,50 г. У сорта Радуга наибольшую массу 1000 семян (6,47 и 6,54 г) отмечали на посевах, обработанных Изагри Вита и Гуматом + 7, где увеличение крупности семян составило 0,25 и 0,32 г по сравнению с контролем.

Использование на горчице Агроверма несущественно увеличивало крупность семян. Масса 1000 семян у сорта Люция на данном варианте составила 6,35 г, у сорта Радуга – 6,40 г, которая превышала контроль на 0,13 и 0,18 г, что в пределах наименьшей существенной разницы.

Еще один важный показатель качества семян – натура, которая имеет определенное агрономическое значение и косвенно характеризует выполненность и выравненность семян. В нашем опыте натура семян сортов горчицы была достаточно высокой и варьировала от 694,1 до 717,4 г/л у сорта Люция и от 701,8 до 722,1 г/л – у сорта Радуга. У Люции максимальный показатель натуры семян отмечали на вариантах с использованием препаратов Изагри Вита (717,4 г/л) и Мегамикс (707,7 г/л). Наибольшего значения данный показатель у сорта Радуга достигал на вариантах с применением Агроверма (722,1 г/л) и Гумата + 7 (713,1 г/л). Это говорит о том, что семена на данных вариантах более выполненные, с хорошо развитым эндоспермом, в них закончены все процессы синтеза веществ, и они имеют большое технологическое значение.

Листовые подкормки горчицы микроудобрениями оказали влияние и на жирнокислотный состав маслосемян. Следует отметить, что применение изучаемых препаратов вызвало небольшую изменчивость содержания олеиновой кислоты в масле семян сорта Люция, концентрация ее снижалась до 33,9 % на фоне Цитовита и увеличивалась до 35,8 % при использовании биоудобрения БлекДжек. На остальных вариантах, в том числе и на контроле, ее количество составило 34,1–34,9 % (табл. 4).

Таблица 4

**Содержание основных жирных кислот в маслосеменах сортов горчицы,
в зависимости от применения микроудобрений (2020–2022 гг.)**

Вариант	Олеиновая		Линолевая		Линоленовая		Эруковая		Насыщенные	
	Люция	Радуга	Люция	Радуга	Люция	Радуга	Люция	Радуга	Люция	Радуга
Контроль	34,1	57,5	9,2	10,2	10,0	10,8	29,1	9,4	2,9	3,9
Цитовит	33,9	53,8	10,0	10,5	9,7	11,1	30,1	9,5	2,7	3,7
БлекДжек	35,8	60,2	10,4	10,6	10,1	9,5	26,7	9,5	2,9	3,7
Агроверм	34,9	59,2	8,7	9,9	10,4	9,9	27,7	9,3	2,8	3,5
Изагри Вита	34,7	56,8	9,6	10,8	10,3	9,6	28,0	10,4	2,9	3,7
Гумат +7	34,4	57,0	9,8	10,3	10,1	9,6	28,7	10,5	2,7	3,7
Мегамикс	34,1	55,1	10,1	10,1	10,4	10,3	27,8	9,3	3,0	3,5

У сорта Радуга наблюдалось большее варьирование олеиновой кислоты в зависимости от использования микроудобрений. Ее содержание было минимальным (53,8 %) на варианте с Цитовитом и максимальным (60,2 %) – на варианте с БлекДжеком при 57,5 % в варианте без обработки.



Применение микроудобрений способствовало снижению эруковой кислоты у сорта Люция до 26,7–28,7 % относительно 29,1 % в контроле. Исключение составил вариант с обработкой Цитовитом, где было отмечено, наоборот, повышение концентрации эруковой кислоты до 30,1 %. У сорта Радуга количество эруковой кислоты не изменилось, было практически на одном уровне с контролем (9,3–9,5 %), кроме вариантов с использованием препаратов Изагри Вита и Гумат + 7. Применение данных препаратов способствовало увеличению эруковой кислоты до 10,4 и 10,5 %.

Обработка растений Агровермом приводила к снижению количества линолевой кислоты до 8,7 % у сорта Люция и до 9,9 % – у сорта Радуга, против 9,2 и 10,2 % соответственно в контрольном варианте.

Применение Цитовита максимально увеличивало количество линоленовой кислоты до 11,1 % у сорта Радуга, а у сорта Люция при использовании данного препарата концентрация ее снижалась до 9,7 % относительно других вариантов, где уровень линоленовой кислоты варьировал от 10,0 до 10,4 % (у Люции) и от 9,5 до 10,8 % (у Радуги).

Содержание насыщенных кислот в маслосеменах сортов горчицы существенно не менялось (2,7–3,0 и 3,5–3,9 %) в зависимости от сорта. Таким образом, при использовании микроудобрений можно в той или иной степени регулировать состав жирных кислот в маслосеменах горчицы белой.

Заключение. Результаты полевых опытов подтверждают сортовую реакцию горчицы белой на применение микроэлементных удобрений в качестве листовой обработки. Наиболее эффективными на сорте Люция являются Изагри Вита и Агроверм, применение которых позволило получить наибольшую достоверную прибавку урожая горчицы на 0,15–0,17 т/га относительно контрольного варианта. Наибольшая урожайность семян сорта Радуга была получена при фоллиарной обработки посевов препаратами Агроверм и БлекДжек, которая в среднем за три года достигала 1,61 т/га.

Использование препарата БлекДжек способствовало получению наибольшего количества масла в семенах как у сорта Люция, так и у сорта Радуга. Масличность достигала 29,72 и 29,31 % соответственно.

Обработка Гуматом + 7 привела к наиболее существенному увеличению накопления протеина в семенах горчицы обоих сортов до 36,59 и 37,17 %. На вариантах с обработкой Мегамиксом и Гуматом + 7 сформировались более крупные семена. Масса 1000 семян составила 6,50 г (сорт Люция) и 6,54 г (сорт Радуга). Кроме того, листовые подкормки горчицы микроудобрениями оказывали влияние и на жирнокислотный состав маслосемян. Применение изучаемых препаратов приводило к снижению или повышению концентрации жирных кислот в зависимости от сорта.

Таким образом, применение фоллиарной обработки микроудобрениями горчицы белой является эффективным приемом повышения продуктивности культуры в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2022-0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробейков Г. А., Лебедев В. Н., Ураев Г. А. Сравнительная оценка влияния биопрепаратов и минеральных удобрений на рост и продуктивность горчицы сарептской (*Brassica Juncea Czern.*) // Пермский аграрный вестник. 2022. № 1(37). С. 14–21.
2. Гущина В. А., Лыкова А. С. Продуктивность горчицы белой в лесостепной зоне Среднего Поволжья // Молочнохозяйственный вестник. 2022. № 3(47). С. 55–67.
3. Мастеров А. С., Романцевич Д. И., Журавский А. С. Влияние регуляторов роста на эффективность возделывания горчицы белой на семена // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2. С. 98–101.
4. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: ВНИИМК, 2007. 113 с.
5. Наумцева К. В. Некорневые подкормки в агроценозах горчицы белой в условиях Нечерноземной зоны России // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2021. Т.13. № 3. С. 62–67.

6. Панасюга А. П., Саскевич П. А., Кажарский В. Р. Влияние морфорегуляторов на продуктивность горчицы белой // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 33–37.

7. Mustard as Medicinal Plant: Sources, Botanical Features, Genetics and Applications / S. A. Bukhari et al. // Sch Bull. 2021. № 7(5). P. 123–129.

8. Damian F., Jelea S. G., Lacatusu R., Mihali C. The treatment of soil polluted with heavy metals using the *Sinapis alba* L. and organo zeolitic amendment // Carpathian journal of earth and environmental sciences. 2019. Vol. 14. No. 2. P. 409–422.

9. Hosseinvand A., Sorkhinejad A. Evaluation of Mustard powder as natural ingredient to reduce antimicrobial levels and physicochemical properties in beef Madridge // J. Food Technol. 2019. No. 4(1). P. 171–176.

10. Hubenko L., Lyubchich O. The impact of fertilizers on the productivity of white mustard // The Scientific Journal Grain Crops. 2020. No. 4. P. 289–295.

11. Timoshkin O. A., Prakhova T. Ya., Druzhinin V. G. Influence of growth regulators on the quality of safflower seeds in the conditions of the Middle Volga // Volga Region Farmland. 2021. № 2(10). P. 53–56.

12. Vinogradov D. V., Naumtseva K. V., Lupova E. I. Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 341. P. 012204.

13. Yesilyurt M. K., Arslan M., Eryilmaz T. Application of response surface methodology for the optimization of biodiesel production from yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil // International journal of green energy. 2019. Vol. 16. No. 1. P. 60–71.

REFERENCES

1. Vorobeikov G. A., Lebedev V. N., Uraev G. A. Comparative assessment of the effect of biological products and mineral fertilizers on the growth and productivity of Sarepta mustard (*Brassica Juncea Czern.*). *Perm agrarian vestnik*. 2022;1(37):14–21. (In Russ.).

2. Gushchina V. A., Lykova A. S. Productivity of white mustard in the forest-steppe zone of the Middle Volga. *Dairy Bulletin*. 2022;3(47):55–67. (In Russ.).

3. Masterov A. S., Romantsevich D. I., Zhuravsky A. S. Influence of growth regulators on the efficiency of cultivation of white mustard for seeds. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2021;2:98–101. (In Russ.).

4. Methodology for conducting field and agrotechnical experiments with oilseeds. Krasnodar: VNIIMK; 2007. 113 p. (In Russ.).

5. Naumtseva K. V. Foliar top dressing in agrocenoses of white mustard in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia. *Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*. 2021;3(13):62–67. (In Russ.).

6. Panasyuga A. P., Saskevich P. A., Kazharsky V. R. Influence of morphoregulators on the productivity of white mustard. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2017;1:33–37. (In Russ.).

7. Mustard as Medicinal Plant: Sources, Botanical Features, Genetics and Applications / S. A. Bukhari et al. *Sch Bull*. 2021;7(5):123–129.

8. Damian F., Jelea S. G., Lacatusu R., Mihali C. The treatment of soil polluted with heavy metals using the *Sinapis alba* L. and organo zeolitic amendment. *Carpathian journal of earth and environmental sciences*. 2019;2(14):409–422.

9. Hosseinvand A., Sorkhinejad A. Evaluation of Mustard powder as natural ingredient to reduce antimicrobial levels and physicochemical properties in beef Madridge. *J. Food Technol*. 2019;4(1):171–176.

10. Hubenko L., Lyubchich O. The impact of fertilizers on the productivity of white mustard. *The Scientific Journal Grain Crops*. 2020;4:289–295.

11. Timoshkin O. A., Prakhova T. Ya., Druzhinin V. G. Influence of growth regulators on the quality of safflower seeds in the conditions of the Middle Volga. *Volga Region Farmland*. 2021;2(10):53–56.

12. Vinogradov D. V., Naumtseva K. V., Lupova E. I. Use of biological fertilizers in white mustard crops in the non-Chernozem zone of Russia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019;341:012204.

13. Yesilyurt M. K., Arslan M., Eryilmaz T. Application of response surface methodology for the optimization of biodiesel production from yellow mustard (*Sinapis alba* L.) seed oil. *International journal of green energy*. 2019;1(16):60–71.

Статья поступила в редакцию 16.03.2023; одобрена после рецензирования 22.03.2023; принята к публикации 31.03.2023.
The article was 16.03.2023; approved after 22.03.2023; accepted for publication 31.03.2023.

