

9. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.

THE EFFECT OF MICRONUTRIENTS ON THE ACCUMULATION OF COPPER, MANGANESE AND ZINC IN WINTER WHEAT PLANTS ON SOD-PODZOLIC HIGHLY CULTIVATED LIGHT LOAMY SOIL

M. V. Rak, N. S. Guzova

Summary

In a field experiment on sod-podzolic, highly cultivated, light loamy soil, the effect of foliar fertilizing of winter wheat with ADOBE micronutrients on the accumulation of trace elements in plants by growth and development phases at different levels of mineral nutrition was established. It has been established that foliar fertilizing with ADOBE micro-fertilizers has a positive effect on the accumulation of trace elements in plants and structural parts of winter wheat.

Поступила 14.05.2022

УДК 631.81.095.337:633.853.494:631.445
[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-192-200](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-192-200)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО РАПСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ВЫСОКООКУЛЬТУРЕННОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, Н. С. Гузова, Л. Н. Гук

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

В продовольственном балансе Республики Беларусь рапс занимает второе место по значимости после зерна. Рапс в условиях Беларуси – это хороший предшественник для зерновых, дешевое диетическое растительное масло, белковый концентрат для балансирования рационов животных. В семенах рапса содержится 40–46 % жира, 22–27 % протеина в пересчете на сухое вещество. При выращивании рапса можно получить 10–15 ц/га растительного масла и 3–8 ц/га высокобелкового шрота [1].

По данным многочисленных исследований, проведенных в разных странах, существенное положительное влияние на урожайность рапса, содержание жира и белка в семенах оказывает применение микроудобрений. Рапс относится к растениям, требующим для своего роста и развития относительно много бора. Бор увеличивает ветвление и количество цветков, накопление масел в семенах, число стручков и количество семян в них, использование растениями азота.

Наряду с бором важную роль в формировании урожая рапса играет марганец, который влияет на образование стручков и накопление жиров в семенах, повышает стрессоустойчивость к засухе и холоду. Цинк и медь необходимы для повышения жизнестойкости растений и устойчивости к полеганию, оплодотворения и образования стручков [2–14].

Недостаточное содержание подвижных форм микроэлементов в почве зачастую является фактором, лимитирующим формирование урожая сельскохозяйственных культур и качества продукции. Особенно это актуально для высоко окультуренных почв, которые отличаются оптимальной кислотностью, высоким содержанием гумуса, фосфора и калия. Так, площади пахотных почв республики с рН более 6,0 составляют 40,6 %, с повышенным и высоким содержанием гумуса – 61,0 %, фосфора – 56,2 %, калия – 49,2 % [15]. На таких почвах потребность растений в микроэлементах и роль сбалансированности минерального питания возрастает в условиях интенсивных технологий, направленных на формирование высокопродуктивных посевов.

Вместе с тем в современных условиях особенно актуальной становится проблема повышения эффективности удобрений, которые наряду с обеспечением прибавки урожая должны способствовать сохранению почвенного плодородия и иметь высокую экономическую окупаемость. Поэтому большое значение имеет оптимизация минерального питания озимого рапса путем подбора вида и дозы микроудобрений с учетом конкретных почвенно-агрохимических условий, которые будут эффективны и с экономической точки зрения.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению эффективности применения микроудобрений при возделывании озимого рапса проводили на опытном поле в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой высокоокультуренной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка: рН – 6,6, гумус – 2,25 %, P_2O_5 – 766, K_2O – 411, В – 0,68, Cu – 2,2, Zn – 4,4, Mn обм. – 2,0 мг/кг почвы.

Полевой опыт с озимым рапсом (сорт Оникс) включает 18 вариантов с применением в некорневую подкормку возрастающих доз и сочетаний бора, меди, цинка и марганца на фоне внесения минеральных удобрений. Фоновые удобрения $P_{54}K_{72}$ внесены под предпосевную культивацию в форме аммонизированного суперфосфата и хлористого калия. Азотные удобрения (карбамид) вносили в подкормку: 1-я – весной в начале активной вегетации (N_{108}), 2-я – в фазу стеблевания (N_{92}). Микроэлементы внесены в некорневую подкормку в виде жидких микроудобрений МикроСтим: МикроСтим-Медь Л (содержание меди – 78 г/л), МикроСтим-Цинк (содержание цинка – 80 г/л), МикроСтим-Бор (содержание бора – 150 г/л), МикроСтим-Марганец (содержание марганца – 50 г/л). Микроудобрения вносили в 3 срока: осенью в фазу 4–6 листьев, весной в начале стеблевания и в фазе бутонизации. Расход рабочего раствора – 200 л/га. Общая площадь делянок – 19 м², повторность – 3-кратная. Предшественник – ячмень. Посев рапса проводили в 3 декаде августа, норма высева семян – 6 кг/га.

Закладка и проведение опыта, а также сопутствующие учеты и наблюдения в течение вегетации культуры проведены по методике полевого опыта.

При возделывании озимого рапса применялась интегрированная система защиты растений от сорняков, болезней, вредителей.

Агрохимические показатели пахотного слоя определяли по общепринятым методикам: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), содержание гумуса – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), обменный марганец – из вытяжки 1,0 М KCl на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar ICE 3000 (ГОСТ 26486-85), подвижный цинк и медь – на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar ICE 3000 (ГОСТ 28268-89). В зерне и соломе озимой пшеницы определяли содержание меди, марганца и цинка на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar ICE 3000.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что при возделывании озимого рапса на высококультурной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, отмечается повышение урожайности семян озимого рапса при улучшении условий минерального питания и некорневых подкормок растений микроудобрениями (табл. 1).

Таблица 1

Влияние микроудобрений МикроСтим на урожайность семян озимого рапса, ц/га

Варианты	2020 г.	2021 г.	Средняя	Прибавка к фону
1. Вариант без удобрений	18,3	12,0	15,2	–
2. $N_{200}P_{54}K_{72}$ – фон	29,1	21,6	25,4	–
3. Фон + $B_{0,15}$	33,5	25,0	29,3	3,9
4. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}$	31,0	25,4	28,2	2,8
5. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}$	31,3	24,3	27,8	2,4
6. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,05}$	34,1	24,2	29,2	3,8
7. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,10}$	31,7	25,5	28,6	3,2
8. Фон + $B_{0,15}Zn_{0,035}$	32,0	26,8	29,4	4,0
9. Фон + $B_{0,15}Zn_{0,070}$	33,1	24,5	28,8	3,4
10. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}$	35,1	26,0	30,6	5,2
11. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}Mn_{0,10}$	33,0	22,7	27,9	2,5
12. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}Zn_{0,035}$	34,2	24,4	29,3	3,9
13. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}Zn_{0,070}$	33,3	24,1	28,7	3,3
14. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,05}Zn_{0,035}$	31,6	23,0	27,3	1,9
15. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,10}Zn_{0,070}$	30,5	22,2	26,4	1,0
16. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}Zn_{0,035}$	29,9	23,5	26,7	1,3
17. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}Mn_{0,10}Zn_{0,070}$	30,2	23,3	26,8	1,4
18. Фон + $B_{0,20}$	34,1	25,6	29,9	4,5
НСР ₀₅	2,09	2,16	1,90	–

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

Так, в варианте без удобрений урожайность семян рапса составила 15,2 ц/га, в варианте с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{200}P_{54}K_{72}$ – 25,4 ц/га. Некорневые подкормки микроэлементами увеличивали урожайность семян озимого рапса до 26,4–30,6 ц/га в зависимости от вида и дозы микроудобрения. Рапс относится к растениям, требующим для своего роста и развития относительно много бора. Данные урожайности семян озимого рапса, представленные в таблице 1, свидетельствуют о высокой отзывчивости этой культуры к внесению бора. Подкормка бором увеличивала урожайность семян в среднем на 15,3 %. Так, в условиях 2020 г. 3-кратная некорневая подкормка бором в период вегетации в дозе 0,15 кг/га д. в. обеспечила урожайность семян 33,5 ц/га, в 2021 г. – 25,0 ц/га. В среднем за два года прибавка урожая семян рапса при некорневых подкормках бором в дозе 0,15 кг/га д. в. составила 3,9 ц/га. При увеличении дозы бора до 0,20 кг/га д. в. прибавка урожайности семян повышалась до 4,5 ц/га. Отмечается положительное влияние марганца, меди и цинка на урожайность семян озимого рапса. Эффективность внесения данных микроэлементов на фоне некорневой подкормки бором в дозе 0,15 кг/га д. в. зависела от дозы и сочетаний их внесения. На фоне применения бора в дозе 0,15 кг/га д. в. наиболее высокие прибавки урожайности семян рапса отмечены при более низких дозах внесения следующих сочетаний микроэлементов: $B_{0,15}+Zn_{0,035}$ (прибавка 4,0 ц/га), $B_{0,15}+Cu_{0,025}Zn_{0,035}$ (прибавка 3,9 ц/га), $B_{0,15}+Mn_{0,05}$ (прибавка 3,8 ц/га). Наиболее эффективно совместное применение в некорневую подкормку рапса бора, меди и марганца в низкой дозе ($B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}$). В этом варианте прибавка урожайности семян рапса составила 5,2 ц/га (20,5 %) в сравнении с фоновым вариантом.

Ценность семян рапса определяется, прежде всего, содержанием масла, которое широко используется в пищевой промышленности. Масличность семян рапса в варианте с внесением минеральных удобрений в дозе $N_{200}P_{54}K_{72}$ составила 45,6 %, применение в некорневую подкормку микроудобрений обеспечило получение масличности на уровне 46,2–47,3 % (табл. 2).

При внесении борных микроудобрений в дозах $B_{0,15}$ и $B_{0,20}$ кг/га д. в. масличность семян составила 46,5 и 46,7 % соответственно. На фоне некорневой подкормки бором в дозе $B_{0,15}$ кг/га д. в. дополнительное внесение меди и марганца (в вариантах 10, 11) позволило максимально увеличить содержание масла в семенах рапса (на 1,6–1,7 %). Комплексная оценка продуктивности рапса выражается показателем сбора масла с единицы площади. Полученные расчеты показали, что за счет минеральных удобрений в фоновом варианте в дозе $N_{200}P_{54}K_{72}$ выход масла составил 11,5 ц/га. Некорневая подкормка микроудобрениями увеличила выход масла на 0,7 ц/га (6,0 %) – 2,8 ц/га (24,4 %) в сравнении с фоновым вариантом. Максимальный выход масла (14,3 ц/га) отмечается в варианте совместного внесения бора, меди и марганца в дозах $B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}$ (табл. 2). Не менее ценным продуктом производства маслосемян рапса является кормовой белок (шрот и жмых). В среднем за два года исследований, содержание сырого белка в семенах рапса в варианте с внесением минеральных удобрений составило 22,7 %, при внесении микроудобрений – 21,3–24,6 %. Выход сырого белка в большей степени зависел от урожайности семян озимого рапса. Микроудобрения повышали выход белка на 0,2–1,2 ц/га. Высокий выход белка (7,0 ц/га) отмечается в варианте с внесением микроудобрений в дозах $B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}$.

**Влияние микроудобрений на показатели качества семян озимого рапса
(среднее за 2020–2021 гг.)**

Варианты	Урожайность, ц/га	Масличность, %	Выход масла, ц/га	Сырой белок, %	Выход сырого белка, ц/га
1. Вариант без удобрений	15,2	44,5	6,7	20,9	3,2
2. N ₂₀₀ P ₅₄ K ₇₂ – фон	25,4	45,6	11,5	22,7	5,8
3. Фон + B _{0,15}	29,3	46,5	13,6	22,8	6,7
4. Фон + B _{0,15} Cu _{0,025}	28,2	46,2	13,0	22,6	6,4
5. Фон + B _{0,15} Cu _{0,05}	27,8	46,5	12,9	24,6	6,8
6. Фон + B _{0,15} Mn _{0,05}	29,2	46,8	13,6	23,0	6,7
7. Фон + B _{0,15} Mn _{0,10}	28,6	46,4	13,3	23,0	6,6
8. Фон + B _{0,15} Zn _{0,035}	29,4	46,8	13,8	23,3	6,9
9. Фон + B _{0,15} Zn _{0,070}	28,8	46,4	13,4	22,2	6,4
10. Фон + B _{0,15} Cu _{0,025} Mn _{0,05}	30,6	47,2	14,3	23,0	7,0
11. Фон + B _{0,15} Cu _{0,05} Mn _{0,10}	27,9	47,3	13,2	24,0	6,7
12. Фон + B _{0,15} Cu _{0,025} Zn _{0,035}	29,3	46,7	13,7	23,1	6,8
13. Фон + B _{0,15} Cu _{0,05} Zn _{0,070}	28,7	46,7	13,4	23,4	6,7
14. Фон + B _{0,15} Mn _{0,05} Zn _{0,035}	27,3	46,5	12,7	23,7	6,5
15. Фон + B _{0,15} Mn _{0,10} Zn _{0,070}	26,4	46,3	12,2	22,6	6,0
16. Фон + B _{0,15} Cu _{0,025} Mn _{0,05} Zn _{0,035}	26,7	47,1	12,6	21,3	5,7
17. Фон + B _{0,15} Cu _{0,05} Mn _{0,10} Zn _{0,070}	26,8	46,8	12,5	22,6	6,1
18. Фон + B _{0,20}	29,9	46,7	13,9	23,0	6,9
НСР ₀₅	1,90	1,13	–	–	0,57

При разработке научных основ рационального и экологически безопасного применения микроудобрений под рапс важна эколого-агрохимическая оценка состояния микроэлементного состава семян в зависимости от доз и сроков их применения. Некорневые подкормки растений озимого рапса микроудобрениями не оказали существенного влияния на накопление микроэлементов в семенах в сравнении с фоновым вариантом (табл. 3). Микроэлементы по величине накопления в семенах рапса располагались в следующем убывающем порядке: Zn>Mn>B>Cu. Содержание меди в семенах рапса составило 2,9–3,5, бора – 7,1–8,6, марганца – 19,6–21,5, цинка – 20,4–27,1 мг/кг сухой массы. По существующим нормативам потребность микроэлементов в кормах для животных составляет: меди – 5,0–7,0 мг/кг, цинка – 20,0–50,0 мг/кг, марганца – на уровне 60 мг/кг сухого вещества корма [20]. Аккумуляция данных микроэлементов в семенах рапса не достигала нижней границы установленных нормативов, за исключением цинка.

Для более объективной оценки полученных результатов проведен их экономический анализ. Оценка экономической эффективности некорневых

подкормок в период вегетации озимого рапса жидкими микроудобрениями МикроСтим проведена с учетом полученные в полевом опыте прибавок урожайности, нормативных данных затрат и цен на текущий год (табл. 4). Расчет экспериментальных данных показал, что все микроудобрения, вносимые под озимый рапс, были эффективны. Эффективность микроудобрений МикроСтим в некорневые подкормки озимого рапса зависела от доз и сочетаний микроэлементов. Уровень рентабельности от применения микроэлементов по вариантам опыта составил 117–241 %. Достаточно высокая окупаемость приема отмечается при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Бор. Повышение дозы бора с $B_{0,15}$ до $B_{0,20}$, увеличивало чистый доход с 97,5 до 113,5 при рентабельности 234 и 241 % соответственно. Наиболее экономически оправданным было совместное внесение микроудобрений МикроСтим, содержащих бор, медь и марганец. На фоне внесения минеральных удобрений в дозах $N_{200}P_{54}K_{72}$ 3-кратная некорневая подкормка микроудобрениями МикроСтим-Бор, МикроСтим-Медь, МикроСтим-Марганец в дозах $B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}$ обеспечивала чистый доход 128,2 USD/га при рентабельности 223 %.

Таблица 3

Влияние микроудобрений на содержание микроэлементов в семенах озимого рапса (среднее за 2020–2021 гг.)

Варианты	Бор	Медь	Марганец	Цинк
	мг/кг сухой массы			
1. Вариант без удобрений	7,1	2,9	19,7	20,4
2. $N_{200}P_{54}K_{72}$ – фон	7,8	3,1	20,9	24,4
3. Фон + $B_{0,15}$	7,9	–	–	–
4. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}$	7,6	2,9	–	–
5. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}$	7,7	2,9	–	–
6. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,05}$	7,7	–	21,1	–
7. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,10}$	7,7	–	19,6	–
8. Фон + $B_{0,15}Zn_{0,035}$	7,7	–	–	25,4
9. Фон + $B_{0,15}Zn_{0,070}$	8,3	–	–	27,1
10. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}$	8,0	3,0	19,7	–
11. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}Mn_{0,10}$	8,0	3,0	21,5	–
12. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}Zn_{0,035}$	7,9	3,0	–	24,6
13. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}Zn_{0,070}$	8,3	3,4	–	25,7
14. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,05}Zn_{0,035}$	8,4	–	20,3	22,9
15. Фон + $B_{0,15}Mn_{0,10}Zn_{0,070}$	8,6	–	20,5	24,0
16. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}Zn_{0,035}$	8,1	3,5	20,0	24,2
17. Фон + $B_{0,15}Cu_{0,05}Mn_{0,10}Zn_{0,070}$	8,0	3,0	20,7	24,1
18. Фон + $B_{0,20}$	8,0	–	–	–

Экономическая эффективность некорневой подкормки озимого рапса микроудобрениями МикроСтим на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве (среднее за 2020–2021 гг.)

Варианты	Прибавка урожая семян, ц/га	Стоимость прибавки	Общие затраты*	Условно чистый доход	Рентабельность, %
N ₂₀₀ P ₅₄ K ₇₂ – фон	–	–	–	–	–
Фон + В _{0,15}	3,9	139,2	41,7	97,5	234
Фон + В _{0,15} Cu _{0,025}	2,8	99,9	38,8	61,1	158
Фон + В _{0,15} Cu _{0,05}	2,4	85,6	39,4	46,2	117
Фон + В _{0,15} Mn _{0,05}	3,8	135,6	47,8	87,8	184
Фон + В _{0,15} Mn _{0,10}	3,2	114,2	51,4	62,8	122
Фон + В _{0,15} Zn _{0,035}	4,0	142,8	45,6	97,2	213
Фон + В _{0,15} Zn _{0,070}	3,4	121,4	46,0	75,4	164
Фон + В _{0,15} Cu _{0,025} Mn _{0,05}	5,2	185,6	57,4	128,2	223
Фон + В _{0,15} Cu _{0,05} Mn _{0,10}	2,5	89,2	38,1	51,1	134
Фон + В _{0,15} Cu _{0,025} Zn _{0,035}	3,9	139,2	47,7	91,5	192
Фон + В _{0,15} Cu _{0,05} Zn _{0,070}	3,3	117,8	50,7	67,1	132
Фон + В _{0,20}	4,5	160,6	47,1	113,5	241

* Общие затраты: стоимость микроудобрений; затраты на внесение микроудобрений; затраты на уборку, доработку и реализацию прибавки урожая, полученного за счет применения микроудобрений.

ВЫВОДЫ

1. При возделывании озимого рапса на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве наиболее эффективным приемом является комплексное внесение в некорневую подкормку бора, меди и марганца в дозах В_{0,15}Cu_{0,025}Mn_{0,05}, обеспечивающим повышение урожайности семян на 5,2 ц/га, масличности – на 1,6 % при рентабельности 223 %.

2. Накопление микроэлементов в семенах рапса располагается в следующем убывающем порядке: Zn>Mn>B>Cu. Содержание меди в семенах рапса составило 2,9–3,5, бора – 7,1–8,6, марганца – 19,6–21,5, цинка – 20,4–27,1 мг/кг сухой массы. Внесение микроудобрений в некорневую подкормку озимого рапса не оказало существенного влияния на накопление микроэлементов в семенах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пиллюк, Я. Э. Научные основы селекции и технологии возделывания рапса в Беларуси: дис...д-ра. с.-х. наук: 06.01.09 / Пиллюк Я. Э. – Жодино, 2021. – 83 л.
2. Булавин, Л. А. Агроэкономическая эффективность применения

микроэлементов в посевах озимого и ярового рапса / Л. А. Булавин // Вестник БГСХА. – 2012. – № 4. – С. 37–41.

3. Агрономическая эффективность применения удобрения Интермаг Титан в посевах озимого рапса / А. К. Золотарь [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. научн. статей по материалам XIX Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 25 марта, 7 апреля, 3 июня 2016 г.) / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно: ГГАУ, 2016. – С. 51–52.

4. Эффективность применения новых органоминеральных удобрений в посевах озимого рапса / В. А. Телеш [и др.] // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. научн. статей по материалам XIX Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 25 марта, 7 апреля, 3 июня 2016 г.) / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно: ГГАУ, 2016. – С. 124–126.

5. Юргель, С. И. Изучение баковых смесей перспективных удобрений на посевах озимого рапса / С. И. Юргель, Т. Г. Синевич, М. С. Тризна // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. научн. статей по материалам XIX Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 25 марта, 7 апреля, 3 июня 2016 г.) / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно: ГГАУ, 2016. – С. 159–161.

6. Габбасов, И. И. Удобрительно-стимулирующие составы и биопрепараты в производстве рапсового масличного сырья на серых лесных почвах Республики Татарстан: дис...канд. с.-х. наук: 06.01.04 / И. И. Габбасов; КГАУ. – Казань, 2019. – 156 с.

7. Рапс и сурепица: (выращивание, уборка, использование) / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаар. – 2-е изд, пер. и расш. – М., 2007. – 319 с.

8. Шаганов, И. А. Рапсовое поле Беларуси: практ. рук. по освоению интенсивной технологии возделывания озимого рапса на маслосемена / И. А. Шаганов. – Минск: Равноденствие, 2008. – 70 с.

9. Растениеводство: учебное пособие / К. В. Коледа [и др.]; под ред. К. В. Коледы, А. А. Дудука – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 480 с.

10. Агрохимические аспекты возделывания озимого рапса / Ф. Н. Леонов [и др.] // Земляробства и ахова раслін. – 2009. – № 5 – С. 15–21.

11. Сафиоллин, Ф. Н. Рапс в лесостепи Поволжья / Ф. Н. Сафиоллин. – Казань: Изд-во Казанс. гос. ун-та, 2008. – 408 с.

12. Aekman R. G. Chemical Composition of Rapeseed Oil. In: High and low erucic acid rapeseed oils (Eds. J. Kramer et al.), Academic Press Toronto, 2003 – P. 85–129.

13. Гайфуллин, Р. Р. Влияние некорневой подкормки микроудобрениями на формирование урожайности семян ярового рапса / Р. Р. Гайфуллин, А. М. Хайруллин // Живые и биокосные системы. – 2014. – № 8. – С. 18–22.

14. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2011. – 293 с.

15. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.

16. Косолапов, В. М. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа: монография / В. М. Косолапов, В. А. Чуйков, Х. К. Худякова. – М.: ООО «Угрешская типография», 2019. – 272 с.

THE EFFECTIVENESS OF MICRO FERTILIZERS IN THE CULTIVATION OF WINTER RAPESEED ON SOD-PODZOLIC HIGHLY CULTIVATED LIGHT LOAMY SOIL

M. V. Rak, E. N. Pukalova, N. S. Guzova, L. N. Guk

Summary

The article presents the results of research on the effectiveness of the use of liquid micro-fertilizers MicroStim in the cultivation of winter rapeseed on sod-podzolic highly cultivated light loamy soil. It has been established that foliar top dressing of plants with various brands of micronutrients MicroStim increases the yield and oil content of winter rape seeds and is an economically justified technique.

Поступила 25.03.2022

УДК 632.15: 579.64

[https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-200-212](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-200-212)

СКРИНИНГ СПОСОБНОСТИ КАЛИЙМОБИЛИЗУЮЩИХ РИЗОБАКТЕРИЙ МЕТАБОЛИЗИРОВАТЬ ГЕРБИЦИД ГЛИФОСАТ

Н. А. Михайловская, Т. Б. Барашенко, Т. В. Погирницкая, С. В. Дюсова

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Фосфорорганические соединения, содержащие углерод-фосфорную С–Р связь, относятся к опасным загрязнителям. Органофосфаты входят в состав гербицидов, инсектицидов, антибиотиков. По объемам применения лидируют гербициды. Наиболее широко применяется глифосат (N-фосфонометилглицин) – не-селективный гербицид системного действия, который служит основой множества препаратов под разными коммерческими названиями.

Эффективность и невысокая стоимость глифосата, а также создание устойчивых к гербициду трансгенных сортов важнейших сельскохозяйственных культур способствовали его глобальному применению [1, 2, 3]. Глифосат активно используется в сельскохозяйственных посевах, в лесном хозяйстве, на городских территориях, в садоводстве, для очистки водоемов, что привело к практически повсеместному присутствию гербицида и его остатков в окружающей среде. По литературным данным остаточные количества ГФ и его основного метаболита практически повсеместно обнаруживаются в почве [2–5, 9–11], в воде [2, 5–8], в воздухе [2, 3], продукции растениеводства [3, 12–14].

Основным аргументом в пользу безопасности глифосата (ГФ) считалось быстрое снижение его концентрации в почве после применения. Однако известно,