

## ВЛИЯНИЕ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОГО РАПСА, РЕДЬКИ МАСЛИЧНОЙ И ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ НА СЕМЕНА

А.Р. Цыганов, доктор с.-х. наук,  
А.С. Мастеров, кандидат с.-х. наук, Е.А. Плевко, аспирант  
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 25.02.2015 г.)

*В комплексе мероприятий по повышению урожайности и качества семян крестоцветных культур, наряду с макроэлементами, большое значение имеет применение микроэлементов и регуляторов роста. Несмотря на некоторую освещенность применения под крестоцветные культуры наиболее важных микроэлементов, многие вопросы требуют дальнейшего изучения. В работе представлены результаты исследований по влиянию микроудобрений на семенную продуктивность и экономическую эффективность возделывания горчицы белой, редьки масличной и рапса ярового.*

### Введение

Рапс яровой, горчица белая и редька масличная – ценные масличные и кормовые культуры. Известно, что корни полевых капустных культур, выделяя в почву богатые серой горчичные масла, способны разлагать недоступные другим растениям формы малорастворимых фосфатов. Таким образом, обладая повышенной растворяющей способностью корней, капустные могут переводить питательные вещества из неусвояемого состояния в усвояемую для других культур форму [5].

Ценность семян рапса, горчицы белой и редьки масличной определяется, прежде всего, содержанием в них жира. Побочный продукт переработки семян на масло – жмых (шрот) является прекрасным концентрированным кормом для животных и птиц. Семена содержат большое количество жиров и белков, на их долю приходится 60–78 % массы семян. Наряду с высоким содержанием жира, в семенах содержится высокий уровень макро- и микроэлементов, а также аминокислот. По химической природе растительные жиры представляют собой сложные эфиры трехатомного спирта – глицерина  $C_3H_3(OH)_3$  с различными жирными кислотами. Жиры, как и углеводы, состоят только из трех элементов: углерода, водорода и кислорода. В среднем в жирах содержится 75–79 % углерода, 11–13 – водорода и 10–12 % кислорода [1, 3, 4].

Исключение селекционным путем антипитательных веществ – эруковой кислоты в масле и глюкозинолатов в шроте (жмыхе) позволило использовать растительное масло рапса не только на технические, но и на пищевые цели, а его шрот – в качестве высокобелковой кормовой добавки в кормлении животных и даже птицы. Жмых (шрот) рапса, редьки и горчицы современных низкоглюкозинолатных сортов по кормовым достоинствам, аминокислотному и минеральному составу близок к соевому и льняному [2].

В современных экономических условиях редьку масличную и горчицу белую необходимо рассматривать как стратегические сидеральные растения, способные сохранить повсеместно снижающееся плодородие почвы. Этому способствует простота и относительная дешевизна технологии их возделывания, небольшой расход семян и их гарантированное производство в любом хозяйстве, быстрое наращивание большого количества биомассы.

Опытных данных по изучению видов, доз и соотношения макро- и микроудобрений в посевах редьки масличной и горчицы белой на семена недостаточно.

*The complex of measures to improve productivity and quality of seeds of cruciferous crops, along with the macroelements, great importance is the use of micronutrients and growth regulators. Despite some lighting applications under crucifers the most important microelements, many questions require further study. The paper presents the results of research on the influence of microfertilizers on seed productivity and economic efficiency of cultivation of white mustard, oil radish and spring rape.*

В Республике Беларусь этот вопрос пока еще слабо разработан. Постоянно изменяющийся ассортимент удобрений требует изучения и научного обоснования включения их в систему удобрения сельскохозяйственных культур, в том числе и в систему удобрения редьки, горчицы и рапса.

### Материал и методика исследований

Изучение влияния микроэлементов в хелатной форме, регуляторов роста, комплексных препаратов, содержащих микроэлементы в хелатной форме, проводили в 2012–2014 гг. в учебно-опытном севообороте кафедры земледелия на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Общая площадь делянки – 36 м<sup>2</sup>, учетная – 24,7 м<sup>2</sup>, повторность – четырехкратная. Методика закладки и проведения исследований общепринятая.

Почва опытного участка имела среднее содержание гумуса (1,6–1,8 %), повышенное содержание подвижных форм фосфора (154–170 мг/кг) и калия (270–280 мг/кг), среднее содержание кальция (1020–1036 мг/кг), повышенное содержание магния (194–212 мг/кг), среднее и высокое – бора (0,7–0,9 мг/кг), низкое – серы (4,8–5,0 мг/кг), меди (1,1–1,4 мг/кг), цинка (2,5–2,8 мг/кг) и марганца (20–22 мг/кг). Реакция почвы – нейтральная (рН 6,7–6,9).

Изучалась эффективность применения микроудобрений и регулятора роста на продуктивность горчицы белой, рапса ярового и редьки масличной по следующей схеме: 1 – контроль (без удобрений); 2 –  $N_{120}P_{40}K_{60}$  (фон); 3 – фон + Экосил (0,08 л/га); 4 – фон + Адоб-Мп (1,6 л/га); 5 – фон + Эколист Моно-Марганец (1 л/га); 6 – фон + Эколист Моно-Бор (1 л/га); 7 – фон + ЭлеГум-Бор (1 л/га); 8 – фон + Басфолиар 36 Экстра (10 л/га); 9 – фон + Адоб-Zn (1,6 л/га); 10 – фон + Адоб-Zn (0,8 л/га) + Адоб-Мп (0,8 л/га).

В опытах применяли удобрения: мочевины (46 % N), аммонизированный суперфосфат (33 %  $P_2O_5$ , 8 % N), хлористый калий (60 %  $K_2O$ ), Адоб-Zn (6,2 % Zn, 2,6 % N), Адоб-Мп (15,3 % Mn, 2,8 % Mg, 9,8 % N), ЭлеГум-Бор (150 г/л B, 10 г/л гуминовые вещества), Басфолиар 36 Экстра (36,3 % N, 4,3 % MgO, 1,34 % Mn, 0,27 % Cu, 0,03 % Fe, 0,03 % B, 0,013 % Zn, 0,01 % Mo), Эколист Моно-Бор (151 г/л B), Эколист Моно-Марганец (N – 42 г/л; S – 69,5 г/л; Mn – 158 г/л).

Экосил (тритерпеновые кислоты 50 г/л) – регулятор роста и индикатор иммунитета растений. Действующее

вещество – сумма тритерпеновых кислот. Препаративная форма – 5 % водная эмульсия тритерпеновых кислот, тягучая жидкость темно-зеленого цвета, негорючая, невзрывоопасная, нетоксичная для человека и животных. Производитель, регистрант в Беларуси и поставщик – УП «БелУниверсалПродукт». Препарат зарегистрирован в республике на 28 культурах.

Микроэлементы и регулятор роста вносили в фазе бутонизации ранцевым опрыскивателем с нормой расхода рабочей жидкости 200 л/га.

В исследованиях были использованы семена горчицы белой сорта Елена, редьки масличной – Сабина и рапса ярового – Гедемин.

### Результаты исследований и их обсуждение

Внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{40}K_{60}$  под рапс яровой, по сравнению с контрольным вариантом, увеличивало урожай семян на 7,6 ц/га (таблица 1). Прибавка урожая семян рапса от обработки растений регулятором роста Экосил на фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{40}K_{60}$  составила 10,4 ц/га к варианту без внесения удобрений.

Обработка растений рапса ярового в фазе бутонизации Эколист Моно-Марганец, Адоб-Zn, Адоб-Mn и совместное внесение Адоб-Mn и Адоб-Zn обеспечили при-

бавку урожая семян, по сравнению с фоном, в пределах 2,4–3,9 ц/га.

Из изучаемых микроудобрений наиболее эффективным было совместное внесение Эколист Моно-Бор, внесение ЭлеГум-Бор и Басфолиар 36 Экстра. В этих вариантах прибавка к фоновому варианту составила 5,3; 5,1 и 4,6 ц/га, соответственно.

Внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{40}K_{60}$  под горчицу белую, по сравнению с контрольным вариантом, увеличивало урожайность на 9,1 ц/га семян (таблица 2).

Прибавка урожая семян горчицы от обработки растений регулятором роста Экосил на фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{40}K_{60}$  составила 10,8 ц/га к контрольному варианту без внесения удобрений.

Обработка растений горчицы белой в фазе бутонизации Эколист Моно-Марганец, Адоб-Zn и Адоб-Mn обеспечила прибавку урожая семян, по сравнению с фоном, в пределах 2,7–3,1 ц/га.

Из изучаемых микроудобрений наиболее эффективным было внесение Эколист Моно-Бор, ЭлеГум-Бор, Басфолиар 36 Экстра и совместное внесение Адоб-Mn и Адоб-Zn. В этих вариантах прибавка к фону составила 4,4; 4,6; 4,1 и 4,6 ц/га, соответственно.

По сравнению с контрольным вариантом внесение минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{40}K_{60}$  под редьку

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений, микроудобрений и Экосила на урожайность ярового рапса

Вариант	Урожайность, ц/га семян				Прибавка, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK кг семян
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	к контролю	к фону	
1. Контроль (без удобрений)	16,9	11,4	11,6	13,3	–	–	–
2. $N_{120}P_{40}K_{60}$ (фон)	19,8	21,3	21,5	20,9	7,6	–	9,5
3. Фон + Экосил	21,8	23,3	25,9	23,7	10,4	2,8	10,8
4. Фон + Адоб-Mn	21,6	23,8	25,0	23,5	10,2	2,6	10,7
5. Фон + Эколист Моно-Марганец	21,3	24,3	25,1	23,6	10,3	2,7	10,7
6. Фон + Эколист Моно-Бор	22,0	26,3	30,3	26,2	12,9	5,3	11,9
7. Фон + ЭлеГум-Бор	22,1	25,4	30,6	26,0	12,7	5,1	11,8
8. Фон + Басфолиар 36 Экстра	21,7	25,1	29,8	25,5	12,2	4,6	11,6
9. Фон + Адоб-Zn	20,9	23,9	25,2	23,3	10,0	2,4	10,6
10. Фон + Адоб-Zn + Адоб-Mn	22,2	26,1	26,2	24,8	11,5	3,9	11,3
HCP <sub>05</sub>	1,1	1,5	1,3				

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений, микроудобрений и Экосила на урожайность горчицы белой

Вариант	Урожайность, ц/га семян				Прибавка, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK кг семян
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	к контролю	к фону	
1. Контроль (без удобрений)	10,3	8,9	9,3	9,5	–	–	–
2. $N_{120}P_{40}K_{60}$ (фон)	14,2	21,0	20,7	18,6	9,1	–	8,5
3. Фон + Экосил	15,1	22,0	23,9	20,3	10,8	1,7	9,2
4. Фон + Адоб-Mn	15,9	23,9	24,7	21,5	12,0	2,9	9,8
5. Фон + Эколист Моно-Марганец	15,5	24,1	25,5	21,7	12,2	3,1	9,9
6. Фон + Эколист Моно-Бор	16,3	25,6	27,0	23,0	13,5	4,4	10,4
7. Фон + ЭлеГум-Бор	15,9	26,1	27,7	23,2	13,7	4,6	10,6
8. Фон + Басфолиар 36 Экстра	15,6	24,3	28,2	22,7	13,2	4,1	10,3
9. Фон + Адоб-Zn	15,2	23,2	25,6	21,3	11,8	2,7	9,7
10. Фон + Адоб-Zn + Адоб-Mn	16,1	25,4	28,0	23,2	13,7	4,6	10,5
HCP <sub>05</sub>	0,9	1,1	1,0				

масличную увеличивало урожайность на 11,9 ц/га семян (таблица 3).

Прибавка урожая семян редьки от обработки растений регулятором роста Экосил на фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{40}K_{60}$  составила 12,9 ц/га к контрольному варианту без внесения удобрений.

Обработка растений редьки масличной в фазе бутонизации Эколист Моно-Марганец, Адоб-Zn и Адоб-Mn и совместное внесение Адоб-Mn и Адоб-Zn и Басфолиар 36 Экстра обеспечили прибавку урожая семян, по сравнению с фоном, в пределах 1,2–3,6 ц/га.

Из изучаемых микроудобрений наиболее эффектив-

**Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений, микроудобрений и Экосила на урожайность редьки масличной**

Вариант	Урожайность, ц/га семян				Прибавка, ц/га		Окупаемость 1 кг NPK кг семян
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	среднее	к контролю	к фону	
1. Контроль (без удобрений)	17,2	11,2	12,5	13,6	–	–	–
2. $N_{120}P_{40}K_{60}$ (фон)	23,8	25,3	27,3	25,5	11,9	–	11,6
3. Фон + Экосил	24,6	26,1	28,8	26,5	12,9	1,0	12,0
4. Фон + Адоб-Mn	25,3	26,3	28,6	26,7	13,1	1,2	12,1
5. Фон + Эколист Моно-Марганец	25,1	26,5	28,8	26,8	13,2	1,3	12,2
6. Фон + Эколист Моно-Бор	26,1	31,8	33,9	30,6	17,0	5,1	13,9
7. Фон + ЭлеГум-Бор	25,1	30,9	33,3	29,8	16,2	4,3	13,5
8. Фон + Басфолиар 36 Экстра	25,3	28,6	31,2	28,4	14,8	2,9	12,9
9. Фон + Адоб-Zn	25,1	26,4	29,1	26,9	13,3	1,4	12,2
10. Фон + Адоб-Zn + Адоб-Mn	25,9	29,6	32,0	29,1	15,5	3,6	13,2
HCP <sub>05</sub>	0,9	1,1	1,2				

**Таблица 4 – Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений и Экосила на яровом рапсе**

Вариант	Стоимость дополнительной продукции, тыс. руб./га	Всего дополни- тельных затрат, тыс. руб./га	Себестоимость 1 ц дополнитель- ной продукции, тыс. руб.	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Окупаемость дополни- тельных затрат, руб./руб.
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–
2. $N_{120}P_{40}K_{60}$ (фон)	2660,0	2096,9	275,9	563,1	1,27
3. Фон + Экосил	3640,0	2145,0	206,3	1495,0	1,70
4. Фон + Адоб-Mn	3570,0	2179,0	213,6	1391,0	1,64
5. Фон + Эколист Моно-Марганец	3605,0	2153,6	209,1	1451,4	1,67
6. Фон + Эколист Моно-Бор	4515,0	2167,9	168,1	2347,1	2,08
7. Фон + ЭлеГум-Бор	4445,0	2168,3	170,7	2276,7	2,05
8. Фон + Басфолиар 36 Экстра	4270,0	2438,2	199,9	1831,8	1,75
9. Фон + Адоб-Zn	3500,0	2168,4	216,8	1331,6	1,61
10. Фон + Адоб-Zn + Адоб-Mn	4025,0	2180,4	189,6	1844,6	1,85

**Таблица 5 – Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений и Экосила на горчице белой**

Вариант	Стоимость до- полнительной продукции, тыс. руб./га	Всего дополни- тельных затрат, тыс. руб./га	Себестоимость 1 ц дополнитель- ной продукции, тыс. руб.	Условный чи- стый доход, тыс. руб./га	Окупаемость дополни- тельных затрат, руб./руб.
2. $N_{120}P_{40}K_{60}$ (фон)	9000	2104,0	233,8	6896,0	4,28
3. Фон + Экосил	10700	2146,6	200,6	8553,4	4,98
4. Фон + Адоб-Mn	11900	2187,6	183,8	9712,4	5,44
5. Фон + Эколист Моно-Марганец	12100	2162,8	178,7	9937,2	5,59
6. Фон + Эколист Моно-Бор	13400	2170,4	162,0	11229,6	6,17
7. Фон + ЭлеГум-Бор	13600	2172,9	159,8	11427,1	6,26
8. Фон + Басфолиар 36 Экстра	13100	2442,8	186,5	10657,2	5,36
9. Фон + Адоб-Zn	11700	2177,1	186,1	9522,9	5,37
10. Фон + Адоб-Zn + Адоб-Mn	13600	2191,0	161,1	11409,0	6,21

Таблица 6 – Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений и Экосила на редьке масличной

Вариант	Стоимость дополнительной продукции, тыс. руб./га	Всего дополнительных затрат, тыс. руб./га	Себестоимость 1 ц дополнительной продукции, тыс. руб.	Условный чистый доход, тыс. руб./га	Окупаемость дополнительных затрат, руб./руб.
2. N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> (фон)	11900	2118,7	178,0	9781,3	5,62
3. Фон + Экосил	12900	2157,7	167,3	10742,3	5,98
4. Фон + Адоб-Мп	13100	2193,7	167,5	10906,3	5,97
5. Фон + Эколист Моно-Марганец	13200	2168,3	164,3	11031,7	6,09
6. Фон + Эколист Моно-Бор	17000	2188,6	128,7	14811,4	7,77
7. Фон + ЭлеГум-Бор	16200	2186,1	134,9	14013,9	7,41
8. Фон + Басфолиар 36 Экстра	14800	2451,4	165,6	12348,6	6,04
9. Фон + Адоб-Zn	13300	2185,2	164,3	11114,8	6,09
10. Фон + Адоб-Zn + Адоб-Мп	15500	2200,6	142,0	13299,4	7,04

ным было внесение Эколист Моно-Бор и ЭлеГум-Бор. В этих вариантах прибавка к фоновому варианту составила 5,1 и 4,3 ц/га, соответственно.

Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений и Экосила на яровом рапсе, редьке масличной и горчице белой приведена в таблицах 3, 4 и 5.

При закупочной цене на семена ярового рапса 3500,0 тыс. руб. за 1 т стоимость дополнительной продукции наибольшей была в вариантах с применением Эколист Моно-Бор, ЭлеГум-Бор, Адоб-Zn + Адоб-Мп и Басфолиар 36 Экстра. Дополнительные затраты колебались по вариантам опыта от 2 096,9 до 2 438,2 тыс. руб. Себестоимость дополнительной продукции была ниже в вариантах с внесением Эколист Моно-Бор и ЭлеГум-Бор. В этих вариантах получен наибольший по опыту условный чистый доход – 2347,1 и 2276,7 тыс. руб., соответственно.

Окупаемость дополнительных затрат отмечена по всем вариантам с применением макро- и микроудобрений и регулятора роста. Более высокой она была при применении Эколист Моно-Бор и ЭлеГум-Бор на фоне минеральных удобрений в дозе N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> и составила 2,08 и 2,05 руб. на 1 руб. затрат.

Закупочная цена на семена горчицы белой находилась на уровне 10000 тыс. руб. за 1 т. Стоимость дополнительной продукции колебалась в пределах 9000–13600 тыс. руб., а дополнительные затраты – в пределах 2104,0–2442,8 тыс. руб. на 1 га.

Наименьшая стоимость дополнительной продукции семян горчицы белой получена в варианте с применением ЭлеГум-Бор и Эколист Моно-Бор.

Условный чистый доход был выше в вариантах с внесением ЭлеГум-Бор и совместным применением Адоб-Zn + Адоб-Мп на фоне N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> – на 197,5–4531,1 и 179,4–4513,0 тыс. руб. больше, соответственно.

Окупаемость дополнительных затрат была высокой – от 4,28 до 6,26 руб./руб.

При закупочной цене на семена редьки масличной в 10000 тыс. руб. за 1 т, стоимость дополнительной продукции колебалась в вариантах с внесением макро- и микроудобрений и Экосила от 11900 до 17000 тыс. руб./га, а дополнительные затраты – в пределах 2118,7–2451,4 тыс. руб./га.

На редьке масличной окупаемость дополнительных затрат была выше при применении Эколист Моно-Бор (7,77 руб./руб.), ЭлеГум-Бор (7,41), Адоб-Zn + Адоб-Мп (7,04 руб./руб.).

### Выводы

1. На горчице белой прибавка урожая семян была выше на фоне минеральных удобрений в дозе

N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> при применении микроудобрений ЭлеГум-Бор (4,6 ц/га), Эколист Моно-Бор (4,4 ц/га), Басфолиар 36 Экстра (4,1 ц/га) и совместного внесения Адоб-Zn + Адоб-Мп (4,6 ц/га). На рапсе яровом более высокая прибавка получена в вариантах с применением Эколист Моно-Бор (5,3 ц/га), ЭлеГум-Бор (5,1 ц/га) и Басфолиар 36 Экстра (4,6 ц/га). При применении микроэлементов и регулятора роста на редьке масличной наибольшая прибавка урожая семян была при применении Эколист Моно-Бор (5,1 ц/га) и ЭлеГум-Бор (4,3 ц/га).

2. Все варианты с применением макро- и микроудобрений на рапсе яровом, горчице белой и редьке масличной показали высокую экономическую эффективность. Окупаемость дополнительных затрат была выше при применении на рапсе яровом ЭлеГум-Бор (2,05 руб./руб.) и Эколист Моно-Бор (2,08 руб./руб.). На горчице белой – в вариантах с некорневой обработкой растений в фазе бутонизации Адоб-Zn + Адоб-Мп (6,21 руб./руб.), ЭлеГум-Бор (6,26 руб./руб.) и Эколист Моно-Бор (6,17 руб./руб.). На редьке масличной окупаемость дополнительных затрат была выше при применении Адоб-Zn + Адоб-Мп (7,04 руб./руб.), ЭлеГум-Бор (7,41 руб./руб.) и Эколист Моно-Бор (7,77 руб./руб.).

3. При возделывании редьки масличной, горчицы белой и ярового рапса на семена высокую отзывчивость на применение макро- и микроудобрений показывают все культуры. Прибавки урожая семян от применения микроудобрений на фоне N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> получены от 1,0 до 5,1 ц/га. Экономический эффект выше при выращивании на семена редьки и горчицы, что в большей степени связано с высокой закупочной ценой на семена 1-ой репродукции. Так, дополнительная прибыль при применении макро- и микроудобрений на редьке получена больше по вариантам исследований на 2885,3–3384,3 тыс. руб./га по сравнению с горчицей и на 9218,2–12464,3 тыс. руб./га по сравнению с рапсом.

### Литература

1. Жолик, Г.А. Особенности формирования урожая семян ярового и озимого рапса в зависимости от элементов технологии и факторов среды: монография / Г.А. Жолик. – Горки : БГСХА, 2006. – 187 с.
2. Казанцев, В.П. Рапс, сурепица и редька масличная в Сибири / В.П. Казанцев. – Новосибирск, 2001. – 116 с.
3. Лукьяненко, Л.И. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и химический состав зеленой массы редьки масличной / Л.И. Лукьяненко, Д.И. Шуль, Г.И. Уфимцева / Корма и кормопроизводство. – Киев, 1987. – Вып. 24. – С. 28–30.
4. Мосин, Т.Д. Технология возделывания редьки масличной на корм в условиях лесостепи Приобья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Т.Д. Мосин. – Новосибирск, 1989. – 16 с.
5. Шейбе, А. Растениеводство / А. Шайбе. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958. – С. 357–359.