

4. *Subba Rao R.B., Dart P.J.* Nitrogen fixation associated with sorghum and millet // Associative N₂-fixation. Boca Raton: CRC Press, 1981. – V. 1. – P. 169–177.
5. *Zavalin A.A.* Biopreparaty, udobrenija i urozhaj. – M.: Izd-vo VNIIA, 2005. – 302 s.
6. *Markin V.I.* Karboksimetilirovanie rastitel'nogo syr'ja: teorija i praktika. – Barnaul: Izd-vo AGU, 2010. – 167 s.
7. Issledovanie vlijanie karboksimetilirovannogo rastitel'nogo syr'ja na aktivnost' prorastanija jarovoj mjagkoj pshenicy / *E.V. Kaljuta, M.I. Mal'cev, V.I. Markin* [i dr.] // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2013. – № 3. – S. 249–253.
8. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
9. *Tepper E.Z., Shil'nikova V.K., Pereverzeva G.I.* Praktikum po mikrobiologii: ucheb. posobie dlja vuzov / pod red. V.K. Shil'nikovoj. – M.: Drofa, 2004. – 256 s.
10. *Demidenko G.A.* Vlijanie jekologicheskikh faktorov na formirovanie posevnyh kachestv soi v Krasnojarskoj lesostepi // Vestn. KrasGAU. – 2015. – № 3. – S. 64–68.
11. *Vedrov N.G., Dmitriev V.E., Halipskij A.N.* Sibirskoe rastenievodstvo. – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 2002. – 216 s.
12. *Churakov A.A., Halipskij A.N., Vedrov N.G.* Vlijanie mikrobiologicheskikh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo soi v Krasnojarskoj lesostepi // Uspehi sovremennoj nauki. – 2015. – № 2. – S. 71–74.

УДК 633.853.494. «321»:631.559:631.847.21(571.15)

В.С. Курсакова, О.В. Афанасьева

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА В СТЕПНОЙ ЗОНЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

V.S. Kursakova, O.V. Afanasyeva

THE INFLUENCE OF PREPARATIONS RIZOSFERE BACTERIA ON PRODUCTIVITY OF SUMMER COLZA IN THE STEPPE ZONE OF ALTAI REGION

В.С. Курсакова – д-р с.-х. наук, доц., зав. каф. ботаники, физиологии растений и кормопроизводства Алтайского государственного аграрного университета, г. Барнаул. E-mail: kursakova46@mail.ru

О.В. Афанасьева – асп. каф. ботаники, физиологии растений и кормопроизводства Алтайского государственного аграрного университета, г. Барнаул. E-mail: kursakova46@mail.ru

V.S. Kursakova – Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of Botany, Plant Physiology and Feed Production, Altai State Agrarian University, Barnaul. E-mail: kursakova46@mail.ru

O.V. Afanasyeva – Post-Graduate Student, Chair of Botany, Plant Physiology and Feed Production, Altai State Agrarian University, Barnaul. E-mail: kursakova46@mail.ru

В опыте изучали влияние препаратов азотфиксирующих бактерий на урожайность семян ярового рапса сорта АНИИЗиС 2 на разных фонах минеральных удобрений. Использовали биопрепараты: Ризоагрин, Мизорин, Био-Вайс. Исследования проводили на черноземе выщелоченном в зоне умереннозасушливой колочной степи Алтайского края. Изучение влияния биопрепаратов на формирование урожайности семян ярового рапса на различных фонах минерального питания в условиях умереннозасушливой колочной степи Алтайского

края показало значительную эффективность их применения. Препараты увеличивали показатели элементов структуры урожая, фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность. Урожайность семян на контроле составила 1,67–1,85 т/га. Применение препаратов как в чистом виде, так и на фонах минеральных удобрений увеличивало урожайность семян на 15–36 % от абсолютного контроля. Более высокая урожайность сформировалась при норме высева 2 млн шт/га по всем вариантам и фонам. Прибавки от препа-

ратов в чистом виде составили 15–24 %, на фонах NPK – 26–36 %. Более существенными они были на фоне N₃₀P₆₀K₆₀. Поэтому увеличение дозы азота до 60 кг/га приводит к увеличению затрат на производство продукции и является экономически необоснованным. С увеличением нормы высева прибавки урожайности семян уменьшаются, что связано с увеличением густоты стояния растений и уменьшением количества стручков и семян в стручках.

Ключевые слова: ризосферные бактерии, биопрепараты, инокуляция, урожайность, рапс яровой, норма высева, фотосинтетический потенциал, минеральные удобрения.

In the experiment we studied the effect of drugs containing nitrogen-fixing bacteria on yield of spring rape seed varieties ANIIZIS 2 different backgrounds fertilizers. Biological products were used: Rizoagrin, Mizorin, BioVays; studies were conducted on leached chernozom in the zone of moderately arid forested steppe of Altai region. The study of the biologics impact on the formation of seed yield of spring rape in different backgrounds mineral nutrition in a moderately dry forested steppe of the Altai region has shown significant efficacy of their application. Drugs increase elements of yield structure, photosynthetic activity of crops and yields. The yield of seeds in control was 1.67–1.85 t / hectare. While using drugs both in pure form and in the backgrounds of fertilizers, seed yield increased by 15–36 % of the absolute control. Higher yield was formed at a rate of 2.0 million pieces of seeding 1 hectare for all options and backgrounds. The increase of drugs in its pure form amounted to 15–24 %, for backgrounds NPK was 26–36 %. More important is that they were on the background N₃₀P₆₀K₆₀. Therefore, increasing doses of nitrogen to 60 kg / hectare would increase production costs and is economically unreasonable. With an increase in seeding rate the increases of productivity of seeds reduce, due to the increase in plant population and a decrease in the number of pods and seeds per pod.

Keywords: rhizosphere bacteria, biologics, inoculation, yield, spring rape, seeding rate, photosynthetic potential, mineral fertilizers.

Введение. Рапс яровой – ценная масличная и кормовая культура, которая является важным резервом решения проблем растительного масла и кормового белка. Семена рапса содержат 42–48 % масла, 22–25 % протеина, хорошо сбалансированного по незаменимым аминокислотам. Продукты переработки (жмыхи и шроты) характеризуются высоким содержанием белка (до 40 %). Наряду с этим рапс – ценный источник зеленой массы на корм и сидераты.

Особый интерес в последние годы вызывает использование рапса в качестве источника возобновляемой энергии. На фоне сокращения запасов традиционного топливного сырья – это реальная перспектива превращения возделывания рапса в одну из самых рентабельных отраслей мирового сельскохозяйственного производства [1].

Использование минеральных удобрений для увеличения урожайности ярового рапса не всегда дает положительные результаты в зависимости от условий года. Кроме того, они являются дорогостоящими и могут применяться не во всех хозяйствах. Поэтому современное земледелие требует новых концептуальных подходов к решению проблемы регулирования питания растений. Есть возможность кардинально изменить ситуацию при использовании наукоемких, ресурсосберегающих, экологически чистых технологий, которые соответствуют основным требованиям к построению систем земледелия – высокой экономической эффективности и экологической безопасности.

В связи с этим в настоящее время весьма перспективным является внедрение в практику развития агропроизводства экологически безопасных методов подкормки и питания растений. Одной из таких современных технологий можно считать применение бактериальных удобрений на основе ризосферных бактерий для улучшения микробиоценоза почвы и повышения количества и качества сельхозпродукции. Данная технология является экологически чистой на всех стадиях производства и на стадии готовой продукции, а также имеет высокую рентабельность.

В последние годы довольно активно исследуются стимулирующие рост растений ризобактерии [2–4]. Современная микробиология на практике доказала, что с помощью новых технологий,

в частности эффективных микроорганизмов (ЭМ), можно с успехом управлять почвенным плодородием, продуктивностью и качеством агропродукции. Применение бактериальных удобрений, с одной стороны, дает новые подходы к решению биологических проблем, с другой – приносит ощутимый экономический эффект [5, 6].

Цель исследований: изучение влияния препаратов азотфиксирующих ризосферных бактерий на урожайность семян ярового рапса в условиях умеренно засушливой колочной степи Алтайского края.

Объекты, условия и методы исследований. Полевой опыт был проведен в 2014 г. на опытном поле учебного хозяйства АГАУ «Пригородное». Климат зоны отличается континентальностью, с резкой изменчивостью погоды как по сезонам, так и по годам. Погодные условия вегетационного периода 2014 г. отличались недостатком тепла и влаги в начале вегетации, ГТК за май – июнь составил 1,34–0,41. Июль и август были достаточно увлажненными на фоне высоких температур, ГТК равнялся 1,78 и 1,52 соответственно.

Почвы опытного участка представлены черноземом выщелоченным среднегумусным, рН – близкий к нейтральному, достаточно обеспеченным подвижным фосфором и калием и недостаточно азотом, что является типичным для Приобской зоны.

Исследования проводили в мелкоделяночном опыте на площадках 2 м² в трехкратной повторности, расположение делянок – рендомизированное. Объектом исследований служил сорт ярового рапса АНИИЗиС 2, рекомендованный для возделывания в Алтайском крае. В опыте применяли биопрепараты: Ризогрин (*Agrobacterium radiobacter*, штамм 204), Мизорин (*Artrobacter mysorens*, штамм 7), в составе которых содержатся ризосферные азотфиксирующие бактерии, а также БиоВайс (*Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium var. phosphaticum*, *Bacillus mucilaginosus*), содержащий азотфиксирующие, фосфолитические и силикатные бактерии. Микроорганизмы в составе препаратов обеспечивают растения молекулярным азотом, защищают от различных заболеваний, помогают всасывать воду, поглощать фосфор, кремний и другие питательные вещества из почвы.

Схема опыта включала варианты монопрепаратов на различных фонах минеральных удобрений (фон без удобрений – контроль; фон 1 – N₃₀P₆₀K₆₀ и фон 2 – N₆₀P₆₀K₆₀) при разной норме высева семян (2,0; 2,5 и 3,0 млн шт. всхожих семян на 1 гектар). Семена инокулировали препаратами непосредственно перед посевом. Учет урожая и структурный анализ проводили в период полной зрелости семян в трех повторностях по методике Госсортоиспытания [7]. Показатели фотосинтетической деятельности определяли в период вегетации растений по методике А.А. Ничипорович [8]. Математическая обработка экспериментальных данных проведена с применением дисперсионного анализа [9].

Результаты исследований. На элементы структуры урожая ярового рапса биопрепараты оказали положительное влияние как на контрольных вариантах без удобрений, так и на фонах минеральных удобрений при всех нормах высева (табл. 1). Отмечена четкая тенденция увеличения высоты растений при применении биопрепаратов. Наиболее высокорослые растения сформировались при норме высева 2 млн шт/га на фонах N₃₀P₆₀K₆₀ и N₆₀P₆₀K₆₀ с применением препаратов БиоВайс – 96,8 см и Ризоагрин – 98,5 см.

Количество стручков на одном растении также было большим при использовании препаратов. На фонах минеральных удобрений по сравнению с неудобренным фоном отмечено увеличение стручков в среднем от 37 до 125 шт/раст. Наибольшее увеличение количества стручков наблюдалось на препаратах БиоВайс и Ризоагрин с нормой высева 2,0 млн шт/га – 169–186 шт. С увеличением нормы высева количество стручков закономерно уменьшалось на всех фонах удобрений. На длину стручков препараты практически не оказывали влияния на всех вариантах опыта. Увеличение длины по сравнению с контролем было незначительным, всего 0,1–0,8 см. Количество семян в одном стручке увеличивалось под действием всех препаратов, на фоне без удобрений – от 4 до 5 шт., более высокое количество семян сформировалось при норме высева 2,0 млн шт/га. На фонах минеральных удобрений количество семян в одном стручке оставалось таким же, как и на контрольном фоне.

Элементы структуры урожая ярового рапса

Вариант опыта	Норма высева, млн шт/га											
	2,0				2,5				3,0			
	Высота растений, см	Кол-во стручков на 1 растении, шт.	Длина стручков, см	Кол-во семян в 1 стручке, шт.	Высота растений, см	Кол-во стручков на 1 растении, шт.	Длина стручков, см	Кол-во семян в 1 стручке, шт.	Высота растений, см	Кол-во стручков на 1 растении, шт.	Длина стручков, см	Кол-во семян в 1 стручке, шт.
Без минеральных удобрений												
Контроль	80,0	98,0	5,3	25,0	79,5	95,0	5,3	23,0	80,2	61,0	4,9	22,0
БиоВайс	95,8	150,0	6,1	30,0	85,2	135,0	6,1	27,0	85,3	123,0	5,9	26,0
Ризогрин	93,8	145,0	5,5	29,0	86,7	139,0	5,4	27,0	83,5	136,0	5,0	26,0
Мизорин	88,8	107,0	5,4	29,0	84,5	101,0	5,4	27,0	76,5	98,0	5,1	26,0
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон 1												
Контроль (фон 1)	87,7	124,0	5,5	28,0	89,0	117,0	5,5	26,0	89,5	118,0	5,4	24,0
БиоВайс	96,8	186,0	6,2	31,0	92,0	181,0	5,9	28,0	87,5	174,0	5,7	27,0
Ризогрин	91,2	169,0	5,9	30,0	91,1	176,0	5,6	28,0	85,9	166,0	5,5	27,0
Мизорин	95,3	143,0	5,9	30,0	92,3	132,0	5,7	28,0	90,7	110,0	5,6	27,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон 2												
Контроль (фон 2)	83,2	113,0	5,7	27,0	83,8	107,0	5,4	26,0	95,5	93,0	5,1	24,0
БиоВайс	94,3	185,0	6,0	30,0	92,6	178,0	5,9	28,0	92,5	176,0	5,7	27,0
Ризогрин	98,5	170,0	6,0	30,0	90,5	164,0	5,9	28,0	89,3	164,0	5,7	27,0
Мизорин	93,3	158,0	5,9	30,0	93,1	156,0	5,8	28,0	83,9	155,0	5,6	27,0

Основой формирования урожая любой сельскохозяйственной культуры является фотосинтетическая деятельность в посевах. По данным А.А. Ничипорович (1968), в продуктивных посевах фотосинтетический потенциал (ФСП) за 100 дней должен составлять не менее 2 млн м² дней на гектар. В наших исследованиях инокуляция семян биопрепаратами значительно увеличивала фотосинтетический потенциал посевов ярового рапса (табл. 2). Если на контроле величина ФСП составила 1,76–2,24 млн м² дней/га, то при использовании препаратов ФСП увеличивается до 2,32–4,19 млн м² дней/га. Максимальный ФСП сформировался по препаратам ризоагрин и мизорин при норме высева 3,0 млн шт/га, так как на этой норме высева количество растений ярового рапса на 1 м² было наибольшим.

На фонах минеральных удобрений ФСП был еще более высоким и составил 2,80–5,25 млн м² дней/га на всех фонах удобрений. Причем при норме высева 2,5 и 3,0 млн шт/га более высокие величины ФСП сформировались на обоих фонах минеральных удобрений, а при норме высева 2,0 млн шт/га – лучшим был фон N₃₀P₆₀K₆₀.

Основным показателем, характеризующим хозяйственную ценность сортов в конкретных условиях, является урожайность. Увеличение фотосинтетической деятельности листового аппарата способствовало формированию более высокой урожайности семян ярового рапса (табл. 3).

Таблица 2

Фотосинтетический потенциал ярового рапса, млнм²дней/га

Вариант опыта	Норма высева, млн шт/га		
	2,0	2,5	3,0
Без минеральных удобрений			
Контроль	1,76	1,92	2,24
БиоВайс	2,32	2,63	3,96
Ризогрин	2,79	3,35	4,07
Мизорин	2,82	2,93	4,19
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон 1			
Контроль	2,27	3,21	4,29
БиоВайс	2,80	4,35	5,23
Ризогрин	3,39	4,53	5,08
Мизорин	3,72	4,96	5,25
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон 2			
Контроль	2,23	2,48	4,36
БиоВайс	4,01	4,19	5,21
Ризогрин	4,44	4,92	5,09
Мизорин	3,49	4,77	4,14

Таблица 3

Урожайность семян ярового рапса, т/га

Вариант опыта	Норма высева, млн шт/га					
	2,0		2,5		3,0	
	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, %	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, %	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, %
Без минеральных удобрений						
Контроль (абсолютный)	1,85	-	1,77	-	1,67	-
БиоВайс	2,39	23,0	2,30	23,0	2,17	23,0
Ризогрин	2,42	24,0	2,35	25,0	2,24	25,0
Мизорин	2,17	15,0	2,11	16,0	2,07	19,0
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон 1						
Контроль	2,54	27,0	2,38	26,0	2,08	27,0
БиоВайс	2,89	36,0	2,81	37,0	2,60	36,0
Ризогрин	2,85	34,0	2,59	32,0	2,38	30,0
Мизорин	2,87	35,0	2,54	30,0	2,35	29,0
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон 2						
Контроль	2,48	25,0	2,32	24,0	2,27	26,0
БиоВайс	2,76	33,0	2,63	33,0	2,36	29,0
Ризогрин	2,63	30,0	2,48	29,0	2,31	28,0
Мизорин	2,80	34,0	2,68	34,0	2,35	29,0

Примечание: НСР₀₅ – 0,20.

Урожайность семян на контроле составила 1,67–1,85 т/га и уменьшалась с увеличением нормы высева. Применение препаратов как в чистом виде, так и на фонах минеральных удобрений, увеличивало урожайность семян на 15–36 % от абсолютного контроля. Более высокая урожайность сформировалась при норме высева 2,0 млн шт/га по всем вариантам и фонам. Прибавки от препаратов без применения удобрений составили 15–24 %. БиоВайс и ризоагрин обеспечили одинаковый эффект, несколько меньшим он был на мизорине. На фонах минеральных удобрений эффективность препаратов повышается (и более существенно) на фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$, где прибавки составили 30–36 % к контролю. На фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ прирост урожайности был меньшим по сравнению с фоном $N_{30}P_{60}K_{60}$. При норме высева 2,0 млн шт/га прирост составил 30–33 %. С увеличением нормы высева прибавки урожайности семян уменьшаются до 26–29 %, что связано с увеличением густоты стояния растений, затемнением их в посевах и снижением эффективности фотосинтеза.

Выводы. Изучение влияния биопрепаратов на формирование урожайности семян ярового рапса на различных фонах минерального питания в условиях умеренно засушливой колочной степи Алтайского края показало значительную эффективность их применения:

1. Препараты азотфиксирующих бактерий увеличивали показатели элементов структуры урожая, фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность.

2. Применение препаратов, как в чистом виде, так и на фонах минеральных удобрений, увеличивало урожайность семян на 15–36 % от абсолютного контроля. Более высокая урожайность сформировалась при норме высева 2,0 млн шт/га по всем вариантам и фонам. Прибавки от препаратов в чистом виде составили 15–24%, на фонах НРК – 26–36 %. Более существенными они были на фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$.

Литература

1. Кузнецова Р.Я. Рапс. – Л.: Колос, 1975. – 235 с.
2. Кацы Е.И. Молекулярная генетика ассоциативного взаимодействия бактерий и растений. – М.: Наука. – 2007. – 86 с.
3. Наплекова Н.Н., Нерсесян М.С. Бак-Сиб – микробиологические препараты нового поколения, ЭМ-Биотехнология природного земледелия. – Новосибирск, 2005. – 32 с.

4. Vissey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizerch // Plant and Soil. 2003. – V. 225. – P. 571–586.
5. Вайшля О.Б., Ведерникова А.А., Бондаренко А.П. Микробиологические аспекты гипергенеза. – Томск, 2007. – 255 с.
6. Биологические активаторы плодородия почв / О.Б. Вайшля, А.А. Ведерникова, А.И. Кин [и др.]// Наука и инновации XXI века: мат-лы VI науч. конф. – Сургут: Изд-во СурГУ, 2006. – С. 175–176.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. – М., 1989. – Вып. 2. – 194 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Ничипорович А.А. Методика определения фотосинтетической деятельности растений. – М.: Агропромиздат, 1968. – 350 с.

Literatura

1. Kuznecova R.Ja. Raps. – L.: Kolos, 1975. – 235 s.
2. Kacy E.I. Molekuljarnaja genetika asociativnogo vzaimodejstviya bakterij i rastenij. – M.: Nauka, 2007. – 86 s.
3. Napleкова N.N., Nersesjan M.S. Bak-Sib – mikrobiologicheskie preparaty novogo pokolenija, JeM-Biotehnologija prirodnoho zemledelija. – Novosibirsk, 2005. – 32 s.
4. Vissey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizerch // Plant and Soil. 2003. – V. 225. – P. 571–586.
5. Vajshlja O.B., Vedernikova A.A., Bondarenko A.P. Mikrobiologicheskie aspekty gipergeneza. – Tomsk, 2007. – 255 s.
6. Biologicheskie aktivatory plodorodija pochv / O.B. Vajshlja, A.A. Vedernikova, A.I. Kin [i dr.] // Nauka i innovacii XXI veka: mat-ly VI nauch. konf. – Surgut: Izd-vo SurGU, 2006. – S. 175–176.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozejajstvennyh kul'tur. – M., 1989. – Vyp. 2. – 194 s.
8. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 s.
9. Nichiporovich A.A. Metodika opredelenija fotosinteticheskoj dejatel'nosti rastenij. – M.: Agropromizdat, 1968. – 350 s.