

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН РАПСА ЯРОВОГО

И. М. НАУМОВИЧ, Я. Э. ПИЛЮК, В. М. БЕЛЯВСКИЙ, Е. П. РЕШЕТНИК

РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160, e-mail: mts-izis@tut.by

(Поступила в редакцию 20.01.2020)

Одним из перспективных приемов оптимизации возделывания рапса ярового является применение микробных препаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов, что прекрасно отвечает изменению глобальной концепции развития сельского хозяйства от интенсивного к устойчивому, экологически ориентированному. В этой связи актуальными являются оценка и отбор наиболее эффективных микробных препаратов, способов, норм расхода и сроков их внесения, и разработка на этой основе технологии повышения продуктивности рапса ярового.

В статье приведены результаты изучения влияния инокуляции семян препаратами на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов на параметры растений, урожайность и качество маслосемян рапса ярового. Установлено, что инокуляция семян данной культуры препаратами «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж с нормой расхода 4,0 л/т способствовала увеличению числа стручков на растении на 16,6, 25,2 и 29,9 %, числа семян в стручке – на 13,6, 17,2 и 17,2 %, массы 1000 семян – на 2,7 % по сравнению с вариантом без обработки изучаемыми препаратами. При их применении в среднем за три года исследований урожайность маслосемян составила 33,6; 34,0 и 35,0 ц/га, превысив контрольный вариант по этому показателю на 2,9; 3,3 и 4,3 ц/га или 9,3; 10,6 и 14,1 % соответственно. При инокуляции семян рапса ярового изучаемыми препаратами наблюдалась тенденция к повышению содержания масла в семенах по сравнению с контрольным вариантом на 0,7–1,8 %, содержание глюкозинолатов при этом находилось на одном уровне.

Ключевые слова: микробный препарат, инокуляция, рапс яровой, урожайность, качество.

One of the promising methods for optimizing the cultivation of spring rape is the use of microbial preparations based on nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microorganisms, which perfectly corresponds to a change in the global concept of agricultural development from intensive to sustainable, environmentally oriented. In this regard, the assessment and selection of the most effective microbial preparations, methods, application rates and the timing of their application, and the development on this basis of technology to increase the productivity of spring rape are relevant.

The article presents results of research into the influence of seed inoculation with preparations based on nitrogen-fixing and phosphate-mobilizing microorganisms on plant parameters, yield and quality of spring rape oilseeds. It was established that inoculation of the seeds of this crop with preparations AgroMik, L, Bactopin, L and Gordebak, L with a consumption rate of 4.0 l / t contributed to an increase in the number of pods per plant by 16.6, 25.2 and 29.9%, the number of seeds in the pod – by 13.6, 17.2 and 17.2 %, the weight of 1000 seeds – by 2.7 % compared with the variant without treatment with the studied preparations. When preparations were applied, on average over three years of research, oilseeds yielded 3.36; 3.40 and 3.50 t / ha exceeding the control variant for this indicator by 2.9; 3.3 and 4.3 kg / ha or 9.3; 10.6 and 14.1 %, respectively. When inoculating spring rape seeds with the studied preparations, the tendency to increase the oil content in the seeds was observed in comparison with the control variant by 0.7–1.8 %, while the content of glucosinolates was at the same level.

Key words: microbial preparation, inoculation, spring rape, productivity, quality.

Введение

В почвенно-климатических условиях Беларуси рапс является основной масличной культурой [1]. Из-за нехватки подходящих почв под более продуктивный озимый рапс, расширяются посевные площади под рапсом яровым. Современные отечественные сорта данной культуры обладают высоким потенциалом урожайности – 50 ц/га и более, однако в условиях производства он реализуется лишь на 30–50 %.

Для раскрытия потенциала рапса ярового требуется обоснованный подход к технологии его возделывания, позволяющий эффективнее использовать материальные и почвенно-климатической ресурсы, т. к. рапс очень требователен к удобрению почвы. Одним из перспективных приемов оптимизации возделывания данной культуры является применение микробных препаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов, что помимо вышеназванной причины прекрасно отвечает изменению глобальной концепции развития сельского хозяйства от интенсивного к устойчивому, экологически ориентированному. Путем рационального использования симбиотрофных и ассоциативных азотфиксирующих бактерий в развитых странах мира сокращают на 25–40 % потребление минеральных азотных удобрений на 1/3 посевных площадей зерновых и зернобобовых культур [2]. Показатель азотфиксации при ассоциативных взаимоотношениях небобовых культур в целом меньше, чем при симбиозе у бобовых и составляют 20–40 % их потребности в азоте, однако по данным М. М. Умарова [3], у некоторых культур размеры азотфиксации достигают до 600 кг/га азота.

Вторым по значимости элементом питания для растений является фосфор, валовые запасы которого в почвах достигают 10–20 т/га [4]. Из фосфорных удобрений используется лишь 25 % фосфора, а в результате микробиологической фосфатмобилизации из труднорастворимых фосфатов освобождает-

ся от 10 до 40 % P_2O_5 [5]. Кроме того, известно, что повышение концентрации водорастворимых фосфатов, усиливает активность азотфиксации: недостаток фосфора лимитирует образование АТФ, вследствие чего азот воздуха фиксируется слабо [6].

В связи с вышеизложенным, актуальным и является оценка и отбор наиболее эффективных микробных препаратов, способов, норм расхода и сроков их внесения, и разработка на этой основе технологии повышения продуктивности рапса ярового.

Основная часть

Исследования проводились в 2017–2019 гг. в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» Смолевичского района Минской области на среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7–0,8 метров моренным суглинком. Мощность пахотного горизонта 20–22 см. Содержание гумуса – 2,07–2,23 %, P_2O_5 – 225–244 мг, K_2O – 186–205 мг/кг почвы, pH – 6,03–6,14.

В качестве объектов исследований использовали сорт рапса ярового Герцог с целью изучения влияния инокуляции семян микробными препаратами на урожайность и качество. Изучались три микробных препарата – «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж.

Препарат микробный «АгроМик», Ж создан на основе ассоциативного азотфиксирующего штамма *Rhizobium rhizogenes* БИМ В-486Д и фосфатмобилизующего штамма *Pseudomonas lini* БИМ В-485Д смешанных в соотношении 1:1 и 1,0% инокулюма арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) рода *Glomus*.

Препарат микробный «Бактопин», Ж создан на основе совместно культивируемых бактерий ассоциативного диазотрофа *Rahnella aquatilis* БИМ В-704Д и гетеротрофного ростстимулирующего фосфатмобилизующего микроорганизма *Pseudomonas putida* БИМ В-702Д в соотношении, близком к равновесному (бактериальная составляющая), и 1,0 % инокулюма арбускулярно-микоризных грибов (АМГ) рода *Glomus* (микотрофная составляющая).

Препарат биологический «Гордебак», Ж получен путем совместного глубинного культивирования ассоциативного азотфиксирующего микроорганизма *Enterobacter* sp. В-402Д и фосфатмобилизующего микроорганизма *Enterobacter* sp. В-409Д.

Обработка семян препаратами в норме 2,0 и 4,0 л/т проводилась непосредственно перед посевом рапса ярового. Учетная площадь делянки 10 м², повторность 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Срок сева рапса ярового – через неделю после прогревания почвы до 5°C на глубину 10 см. Норма высева – 1,5 млн всхожих семян на гектар. Предшественник – зерновые культуры.

Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 80 кг/га д.в. и калийные (хлористый калий) – 120 кг/га д.в. осенью под вспашку. Азотные удобрения (карбамид) вносили весной в предпосевную культивацию из расчета 150 кг/га д.в. Технология возделывания культуры за исключением изучаемого элемента проводилась в соответствии с отраслевым регламентом возделывания рапса ярового [7].

Учет урожайности маслосемян проводили методом сплошного обмолота комбайном «Неге» поделочно с пересчетом на 9 % влажность. Перед уборкой на каждом варианте отбирали сноповый образец для определения элементов структуры урожая (число стручков на центральной кисти, боковых побегах и растении в целом, число семян в стручке) и показателей архитектоники растений (число ветвей 1-го и 2-го порядка, высота растения, высота ветвления, диаметр корневой шейки). Масса 1000 семян определялась из высушенных и очищенных образцов. Содержание масла и белка определяли на инфракрасном анализаторе NIRS 5000, глюкозинолатов – на КФК-3 с использованием палладиевого реактива. Статистическую обработку данных проводили дисперсионным методом [8] с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel и Statistika.

Метеорологические условия в период проведения исследований отличались от среднесуточных показателей как по количеству атмосферных осадков, так и среднесуточной температуре воздуха, что позволило более объективно оценить действие микробных препаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов при инокуляции семян рапса ярового.

Одним из эффективных и технологичных защитно-стимулирующих способов повышения продуктивности растений является предпосевная обработка семян. Нами изучена сравнительная эффективность инокуляции семян рапса ярового препаратами «АгроМик» Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж.

Анализ пробных снопов, отобранных перед уборкой рапса ярового, показал, что инокуляция семян препаратом «Гордебак», Ж оказала стимулирующее действие на элементы архитектоники растений как с нормой расхода 2,0, так и 4,0 л/т. В среднем за три года исследований при его применении число ветвей первого порядка увеличилось на 11,1–22,2 %, второго порядка – на 30,3–45,5 %, диаметр корневой шейки – на 12,5 % в сравнении с вариантом без применения препаратов. Инокуляция семян

рапса ярового микробными препаратами «Бактопин», Ж и «АгроМик», Ж способствовала увеличению вышеназванных элементов только при норме расхода 4,0 л/т на 24,4 и 13,3; 39,4 и 30,3; 12,5 % соответственно. Кроме того, при внесении изучаемых препаратов отмечалась тенденция к снижению высоты ветвления растений рапса ярового (табл. 1).

Таблица 1. Влияние микробных препаратов при инокуляции семян на элементы архитектуры растений рапса ярового, 2017–2019 гг.

Вариант	Норма расхода л/т	Число ветвей, шт.		Высота растений, см	Высота ветвления, см	Диаметр корневой шейки, см
		1-го порядка	2-го порядка			
Вариант без применения препарата- контроль		4,5	3,3	116,2	43,0	0,8
«АгроМик», Ж	2,0	4,4	3,2	115,6	38,1	0,8
«АгроМик», Ж	4,0	5,1	4,3	114,5	38,7	0,9
«Бактопин», Ж	2,0	4,6	3,5	115,9	38,6	0,8
«Бактопин», Ж	4,0	5,6	4,6	122,3	36,8	0,9
«Гордебак», Ж	2,0	5,0	4,3	117,9	36,4	0,9
«Гордебак», Ж	4,0	5,5	4,8	119,1	33,3	0,9

В среднем за три года исследований инокуляция семян рапса ярового препаратами «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж с нормой расхода 4,0 л/т способствовала увеличению числа стручков на растении на 16,6, 25,2 и 29,9 %, на боковых ветвях – на 20,1, 30,3 и 34,3 % по сравнению с вариантом без обработки изучаемыми препаратами. Число семян в стручке при этом возросло на 13,6, 17,2 и 17,2 %, масса 1000 семян увеличилась на 2,7 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние инокуляции семян микробными препаратами на структуру урожая рапса ярового, 2017–2019 гг.

Вариант	Норма расхода, л/т	Число стручков, шт.			Число семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г
		на центральной кисти	на боковых ветвях	Всего на растении		
Вариант без применения препарата- контроль		23,9	84,2	108,1	19,8	3,7
«АгроМик», Ж	2,0	22,5	93,0	115,5	21,0	3,7
«АгроМик», Ж	4,0	24,9	101,1	126,0	22,5	3,8
«Бактопин», Ж	2,0	25,1	98,0	123,1	22,3	3,7
«Бактопин», Ж	4,0	25,6	109,7	135,3	23,2	3,8
«Гордебак», Ж	2,0	21,2	110,4	131,6	22,6	3,8
«Гордебак», Ж	4,0	27,3	113,1	140,4	23,2	3,8

Использование препаратов «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж с нормой расхода 2,0 л/т также оказывало стимулирующее действие на параметры структуры урожая растений рапса ярового. Так, при их применении число стручков на растении в сравнении с контрольным вариантом увеличилось на 13,9 и 21,7 %, число семян в стручке – на 12,6 и 14,1 % соответственно.

В 2017–2019 гг. в опыте по изучению влияния инокуляции семян рапса ярового препаратами «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж (4,0 л/т) на его рост и развитие установлена высокая хозяйственная эффективность. В среднем за три года при применении препарата «АгроМик», Ж урожайность маслосемян составила при норме расхода 2,0 л/т 32,7 ц/га, 4,0 л/т – 33,6 ц/га и превысила контрольный вариант на 2,0 и 2,9 ц/га, или 6,6 и 9,3 %. На варианте с инокуляцией семян препаратом «Бактопин», Ж (2,0–4,0 л/т) получена урожайность 33,5–34,0 ц/га, что выше варианта без применения микробных препаратов на 2,8–3,3 ц/га или 9,1–10,6 %. Наибольшую прибавку обеспечило использование препарата «Гордебак», Ж (2,0–4,0 л/т) – 3,3–4,3 ц/га, что составляет 10,6–14,1 % (табл. 3).

Таблица 3. Влияние микробных препаратов при инокуляции семян на урожайность рапса ярового, 2017–2019 гг.

Вариант	Норма расхода, л/т	Урожайность, ц/га				Прибавка к варианту без применения препаратов	
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	ц/га	%
Вариант без применения препаратов - контроль	–	18,3	38,8	35,1	30,7	–	–
«АгроМик», Ж	2,0	21,0	40,6	36,6	32,7	2,0	6,6
«АгроМик», Ж	4,0	22,6	41,1	37,0	33,6	2,9	9,3
«Бактопин», Ж	2,0	21,7	41,3	37,5	33,5	2,8	9,1
«Бактопин», Ж	4,0	24,0	40,7	37,2	34,0	3,3	10,6
«Гордебак», Ж	2,0	22,1	41,7	38,1	34,0	3,3	10,6
«Гордебак», Ж	4,0	24,2	42,2	38,7	35,0	4,3	14,1
НСР, 05		2,3	2,5	1,97		–	–

В Беларуси рапс является основной масличной и ценной белковой культурой. Жмых и шрот, получаемые при отжиме масла, используются в животноводстве для балансирования рационов по бел-

ку. Содержание жира в маслосеменах рапса должно составлять не менее 40 % (СТБ 1398-2003), уровень белка в продукции не нормируется [9].

Лабораторный анализ маслосемян рапса ярового показал, что при инокуляции семян данной культуры препаратами «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж (2,0-4,0 л/т) наблюдалась тенденция к повышению содержания масла в семенах по сравнению с контрольным вариантом на 0,3–0,8 абсолютных процента или на 0,7–1,8 % (в относительном выражении), содержание глюкозинолатов при этом находилось на одном уровне.

Заключение

1. Применение препаратов азотфиксирующе-фосфатмобилизующего действия оказало положительное влияние на элементы структуры урожая культуры. Инокуляция семян рапса ярового препаратами «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж с нормой расхода 4,0 л/т способствовала увеличению числа стручков на растении на 16,6, 25,2 и 29,9 %, числа семян в стручке – на 13,6, 17,2 и 17,2 %, массы 1000 семян – на 2,7 % по сравнению с вариантом без обработки изучаемыми препаратами.

2. Установлена высокая хозяйственная эффективность инокуляции семян рапса ярового препаратами «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж с нормой расхода 4,0 л/т. При их применении в среднем за три года исследований урожайность маслосемян составила 33,6; 34,0 и 35,0 ц/га, превысив контрольный вариант по этому показателю на 2,9; 3,3 и 4,3 ц/га или 9,3; 10,6 и 14,1 % соответственно.

3. При инокуляции семян рапса ярового препаратами «АгроМик», Ж, «Бактопин», Ж и «Гордебак», Ж (2,0–4,0 л/т) наблюдалась тенденция к повышению содержания масла в семенах по сравнению с контрольным вариантом на 0,7–1,8 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пилюк, Я. Э. Рапс в Беларуси: (биология, селекция и технология возделывания) / Я. Э. Пилюк – Минск.: Бизнесофсет, 2007. – С. 5.

2. 10-й Международный конгресс по азотфиксации. С.-Петербург, 28 мая – 3 июня, 1995 // Микробиол. ж. – 1996. – 58, №3. – С. 108–111.

3. Суховицкая, Л. А. Свойства фосфатрастворяющих микроорганизмов, выделенных из спрелелей / Л. А. Суховицкая, Н. И. Мильто // Вестн АН Беларуси Серия біялапчных навук. – 1992. – №1. – С. 52–55.

4. Гизбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гизбург. – М.: Наука. – 1981. – 284 с.

5. Хмелинин, И. Н. Фосфор в подзолистых почвах и процессы трансформации его соединений / И. Н. Хмелинин. – Л.: Наука, Ленингр. отд, 1984. – 150 с.

6. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В. П. Патика, І. А. Тихонович, І. Д. Філіп'єв та ін. – Київ: Урожай, 1993. – 176 с.

7. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. Разраб.: Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 380–396.

8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов / 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

9. Наумович, И. М. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество маслосемян ярового рапса / И. М. Наумович, Я. Э. Пилюк // Технологии и приемы производства экологически безопасной продукции растениеводства в Беларуси: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 10-летию со дня создания науч.-практ. центра Нац. акад. наук Беларуси по земледелию, Жодино, 14–15 апр. 2016 г. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; [редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 107–110.