

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН БИОПРЕПАРАТАМИ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОБИОТУ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА

**В.С. Масленникова, Е.В. Шелихова, А.А. Круговых, С.С. Сметанникова, В.П. Цветкова, к.с.-х.н.,
И.М. Дубовский, д.б.н., ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
630039, ул. Добролюбова, 160, г. Новосибирск, Российская Федерация
E-mail: vera.cvetkova.23.05@mail.ru**

**Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-16-20031)
и Правительства Новосибирской области (№ р-4).**

В результате исследований, проведенных в 2022-2023 г. на базе УПХ «Сад Мичуринцев», установлено, что биопрепарат Фитоп 8.67¹ и бактериально-гуминовый комплекс АФГ оказывали ростостимулирующее действие на яровой рапс сорта Антарес. Установлено, что препарат Фитоп 8.67 способствовал увеличению биометрических показателей, таких как высота растений (в 1,2 раза) и количество листьев (в 1,4 раза), по сравнению с контролем. Под действием препаратов в листьях рапса увеличилась концентрация хлорофилла *a* в 1,2-1,5 раза. При этом при обработке семян рапса биопрепаратом Фитоп 8.67 и комплексом АФГ происходило увеличение активности полифенолоксидазы, что может свидетельствовать о фитоиммунологическом ответе клеток. Прибавка урожая за 2 года составила в среднем 7 % (Фитоп 8.67) и 11 % (АФГ). Опытные биопрепараты повысили микробиологическую активность почвы, увеличив численность минерализаторов, аммонификаторов, актиномицетов. Отдельно можно выделить гуминовый препарат АФГ, который стимулировал большинство групп микроорганизмов: число бактерий, усваивающих органический азот увеличилось в 3,8 раза; бактерий, усваивающих минеральный азот – в 3,5 раза, целлюлозоразрушающих бактерий – в 2,14 раза, азотфиксирующих бактерий – в 9,6 раза.

Ключевые слова: яровой рапс, Антарес, Фитоп 8.67, АФГ, биологизация, урожайность, ризосферная микробиота.

Для цитирования: Масленникова В.С., Шелихова Е.В., Круговых А.А., Сметанникова С.С., Цветкова В.П., Дубовский И.М. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами на почвенную микробиоту и продуктивность ярового рапса// Плодородие. – 2024. - №3. – С. 74-79. DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-74-79. EDN: QHNCQL.

Яровой рапс - одна из ведущих культур в производстве масличного сырья и биотоплива [1]. Почвенно-климатические условия Западной Сибири благоприятны для получения высоких урожаев ярового рапса. Согласно данным Росстата, в 2022 г. в Новосибирской области продолжились рост площадей под яровым рапсом и его валовой сбор [2].

Успешное выращивание высоких урожаев семян рапса определяется не только выбором районированных сортов, но и их защитой от сорной растительности, вредителей и болезней в сочетании с подкормками и удобрениями. При этом, яровой рапс из-за большого количества вредителей и высокого выноса элементов питания относится к культурам, которые нуждаются в химизации [3]. Поэтому поиск путей частичной или полной замены химических препаратов на биологические при возделывании ярового рапса является актуальной задачей современной сельскохозяйственной науки [4].

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. Микробиологическая активность почвы имеет

большое значение для поддержания устойчивости агроэкосистем [5]. Взаимодействия растений и микроорганизмов могут быть полезными или вредными в зависимости от их особенностей и способа взаимодействия с растениями [6, 7]. Активность почвенной микрофлоры в ризоплане растений во многом определяет доступность и обеспеченность растений биогенными элементами. Микроорганизмы, развивающиеся в корневой зоне, не только повышают количество минеральных элементов, но и стимулируют развитие растений за счет продукции физиологических активных веществ – витаминов и фитогормонов [8]. Рапс имеет разнообразный ризосферный микробиом, основными представителями которого являются Proteobacteria (25%), Actinobacteria (22,5%), Acidobacteria (16%) и Chloroflexi (13%) [9]. Микробиом играет важную роль в жизни растения: в поглощении питательных веществ, устойчивости к вредителям и другим стрессам, а также поддержании плодородия почвы [10, 11].

На продуктивность рапса также влияют качественный состав и количественное соотношение фотосинтетических пигментов [12]. Известно, что окислительный стресс, обусловленный накоплением активных форм кислорода (АФК), является одной из реакций растений

¹ Биопрепарат Фитоп 8.67 рекомендуется для опытного применения, пока ещё он не внесён в Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

при нарушении окислительно-восстановительного гомеостаза при различных стрессирующих воздействиях. Для защиты от него в растениях существует антиоксидантная система, состоящая из ферментов (супероксиддисмутаза, каталаза, пероксидазы и др.), которые участвуют в разрушении АФК [13-15]. Так, пероксидазы считаются одним из индикаторов стресса растений, поскольку их уровень значительно повышается после стрессовой стимуляции. Кроме того, пероксидазы выполняют различные функции в жизненном цикле растений, такие как метаболизм клеточной стенки, лигнификация, суберизация, метаболизм АФК, заживление ран, рост и созревание плодов, прорастание семян и т.д. [16].

В Новосибирской области есть успешный опыт применения биологических препаратов в технологии возделывания томата [17], моркови [18], лука [19], картофеля [20]. Однако, в литературе имеются ограниченные сведения о применении биопрепаратов при возделывании рапса и их влиянии на микробиоту почвы.

Цель наших исследований - дать оценку ростостимулирующему действию Фитоп 8.67 и АФГ на яровом рапсе и их влиянию на почвенную микробиоту.

Методика. Исследования проведены в 2022-2023 г. в УПХ «Сад Мичуринцев», расположенном в Новосибирской области.

Объектами исследования являлись: яровой рапс (*Brassica napus* L.) сорта Антарес (безруковый, низкоглюкозинолатный, среднеспелый; оригинатор – ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»), биопрепарат Фитоп 8.67 (на основе смеси штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* ВКПМ В-10642, *B. amyloliquefaciens* ВКПМ В-10643, *B. subtilis* ВКПМ В-10641), предоставленный ООО НПФ «Исследовательский центр» (Новосибирск, р.п. Кольцово), бактериально-гуминовый комплекс АФГ (споровая биомасса бактерий: *Bacillus subtilis* штамм ВКПМ В-10641, *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10642, *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10643, нормализованный безбалластный раствор калиевых и натриевых солей, природных гуминовых кислот, фульвовых кислот, микроэлементы (К, Са, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, В, Мо), предоставленный ООО «НПО АГРО-ФИТ» (г. Новосибирск) [21].

Схема опыта включала три варианта. Перед посевом семена рапса замачивали в течение 1 ч в 1 %-ной суспензии АФГ и Фитопа 8.67, контролем служили семена, замоченные в воде. Посев проведен 24.05.2022 и 01.06.2023 на опытном участке УПХ «Сад Мичуринцев».

Лабораторную всхожесть семян рапса определяли по ГОСТ 12038-84.

Полевые опыты проводили в трехкратной повторности на серой лесной тяжелосуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумуса 3,76 %, нитратного азота – 10,6 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 12,6 и обменного калия – 14,3 мг/100 г почвы, рН 5,72. Общая площадь делянки 35 м², учетная – 10 м², расположение – систематическое в один ярус. Норма высева семян 80-95 шт/м², глубина посева – 3,0-3,5 см. Предшественник – чёрный пар. Агротехника опыта включала зяблевую вспашку в конце сентября – начале октября, весновспашку, культивацию (15-20 см). Уход за посадками рапса состоял из внесения удобрения Кемира, прополки. Уборка проводили вручную.

Погодные условия во время проведения исследований значительно различались. В 2022 г. в мае осадков выпало всего 8 % нормы, месяц был засушливым. В мае, июле и августе стояла устойчивая воздушная засуха, однако в июне (на момент отбора почвенных образцов для анализа) осадков выпало на 5,4 мм больше среднегогодового значения (60 мм). 2023 г. характеризовался острым недостатком влаги в мае-июне. За вегетацию выпало лишь 242 мм осадков, что составило 71 % от среднегогодовой нормы.

В период вегетации проводили учеты морфометрических показателей: количества листьев и длины надземной части растений. Величину урожая оценивали по средним пробам с каждого варианта в каждой повторности.

Пробы для определения биохимических показателей отбирали у растений на 4-ю неделю после посева. Определение биохимических показателей проводили методом спектрофотометрии с помощью планшетного спектрофотометра Thermo Scientific Varioskan LUX, гомогенизировали с помощью гомогенизатора MagNA Lyser. Каротиноиды определяли при 440,5 нм, хлорофилл а – при 665, хлорофилл b – при 649 нм. Концентрации хлорофиллов а и b в вытяжке рассчитывали по формуле Вернона. Для определения концентрации каротиноидов (мг/л) в суммарной вытяжке пигментов использовали формулу Веттштейна [22]. Активность пероксидазы устанавливали методом, основанным на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении гваякола за определённый промежуток времени [23]. Активность полифенолоксидазы (ПФО) определяли методом, основанным на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении пирокатехина за определённый промежуток времени [24], белок в листьях – методом Бредфорда [25].

Отбор образцов почвы проводили через 4 нед после посева рапса (конец июня-начало июля). Общая проба каждого образца (массой 200-300 г) состояла из почвы (0-5 см), взятой из ризосферы 5 растений (по 5 повторностей). Численность микроорганизмов определяли методом почвенных разведений на твердых питательных средах. Бактерии, принимающие участие в ассимиляции органических форм азота, учитывали на мясопептонном агаре (МПА), актиномицеты и бактерии, использующие минеральный азот – на крахмалоаммиачном агаре (КАА); грибы – на подкисленной среде Чапека, целлюлозоразлагающие микроорганизмы – на среде Гетчинсона с фильтрами, численность дрожжей – на среде Ганзина, азотфиксирующих бактерий – на среде Эшби [26]. Одновременно проводили отбор почвенных образцов на влажность.

Масличность семян определяли специалисты Испытательной лаборатории Филиала ФГБУ «Россельхозцентра» по Новосибирской области экстракционным методом (ГОСТ 10857-64 п.5), влажность – в соответствии с ГОСТ 10856-96 (без предварительного подсушивания).

Статистическую обработку данных, полученных в полевых опытах, проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета прикладных компьютерных программ SNEDECOR для Windows [27]. Анализ биохимических данных и почвенной микробиоты проводили с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (two-way ANOVA) с использованием пакета прикладных компьютерных программ GraphPad PRISM 8.

Результаты и их обсуждение. *Ростостимулирующее действие препаратов в полевом опыте.* Предпосевная фитоэкспертиза показала, что всхожесть семян в 2022 г. составила 86,3 %, а в 2023 г. – 89,4 %. В течение вегетации проводили учеты морфометрических показателей растений (табл. 1). Инокуляция семян Фитопом 8.67 и АФГ существенно не влияла на количество листьев. В 3-ю декаду июня и 1-ую декаду июля статистические

достоверные данные получены только в 2023 г. в варианте с применением Фитоба 8.67: количество листьев увеличилось в 1,5 раза относительно контроля. При применении АФГ наблюдались плавный рост количества листьев в период с 30 июня до конца июля и **уменьшение** в период с 25 июля по 1 августа. Однако, статистически достоверная разница получена в 2023 г. во 2-ю и 3-ю декады июля.

1. Влияние биопрепаратов на морфометрические показатели рапса								
Вариант	3-я декада июня		1-я декада июля		2-я декада июля		3-я декада июля	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
<i>Длина надземной части, см</i>								
Контроль	18,2	17,0	26,3	23,3	55,6	74,5	68,0	87,5
Фитоп 8.67	24,9	14,7	35,5*	29,5*	64,2*	89,5*	79,3*	104,3*
АФГ	21,9	14,9	26,0	23,1	61,0*	73,6	78,4*	97,6*
НСР ₀₅ вариант = 2.314; НСР ₀₅ дата учета = 3.273; НСР ₀₅ взаимодействие = 6.546								
<i>Количество листьев (в среднем на каждой повторности), шт.</i>								
Контроль	4,3	4,0	4,4	4,3	5,3	8,2	5,5	9,1
Фитоп 8.67	4,4	4,0	5,2	6,4*	6,2	11,3*	7,0*	13,3*
АФГ	5,0	4,2	5,2	4,4	5,6	10,8*	6,1	12,2*
НСР ₀₅ вариант = 0.687; НСР ₀₅ дата учета = 0.972; НСР ₀₅ взаимодействие = 1.944								

*Достоверные различия на уровне $p \leq 0,05$ (здесь и в табл. 2-4).

При инокуляции семян рапса бактериально-гуминовым комплексом АФГ в 2022 г. наблюдалась тенденция к увеличению длины надземной части в 3-ю декаду июня и 1-ую декаду июля (рис. 1). Однако, далее растения рапса в опытном варианте были выше относительно контроля в среднем на 10 %. В 2023 г. лучшие результаты получены при обработке семян препаратом Фитоп 8.67.

В течение месяца после посева рапса преимущества в росте растений опытных вариантов не было, т.к. сказалась засуха в этот период. Затем (со 2-й декады июля) растения, семена которых были обработаны препаратом Фитоп 8.67, статистически достоверно превышали на 15-16,8 см контрольные образцы.



Рис. 1. Внешний вид рапса через 4 нед после посева (учет 20.06.2022)

Оценка действия биопрепаратов на продуктивность рапса. Одним из факторов формирования урожая являются морфометрические показатели генеративных органов. Применение биопрепарата и гуминового комплекса увеличивало длину стручков, количество семян в одном стручке и массу 1000 семян по сравнению с контролем (табл. 2).

В 2022 г. количество стручков на одном растении было больше в обоих опытных вариантах (АФГ и Фитопом 8.67) в 1,3 раза в сравнении с контролем. Более крупные стручки в варианте с применением Фитоба 8.67, мелкие – на контроле. Длина стручка больше в варианте с обработкой гуминовым комплексом АФГ, но статистически не достоверна. Количество семян в одном стручке отличалось от

контроля в 2022 г.: в обоих опытных вариантах оно было выше на 29 %. Масса 1000 семян в 2022 г. была больше в варианте с обработкой семян АФГ, а в засушливом 2023 г. лучшие результаты получены при применении Фитоба 8.67 (масса увеличилась на 5,2 %), что отразилось на более высокой урожайности. Применение препарата Фитоп 8.67 в 2022 г. позволило получить наибольшую прибавку к урожаю: +0,27 т/га. Так как в состав комплекса АФГ, помимо бактерий р. *Bacillus*, входят гуминовые вещества и, благодаря синергетическому эффекту, значительно повышается эффективность препарата. Так, в 2023 г. за счет большей длины стручка и количества семян в одном стручке в варианте с применением препарата АФГ получена урожайность на 1,5 ц/га больше, чем в контрольном варианте.

2. Действие биопрепаратов на основные элементы структуры урожая рапса

Вариант опыта	Год	Длина стручка, см	Число		Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
			стручков на 1 расчистку	семян в 1 стручке		
Контроль	2022	5,59	14,2	18,8	3,54	2,01
	2023	6,02	20,84	21,11	3,65	2,26
Фитоп 8.67	2022	5,69	18,9*	26,5*	3,44	2,28*
	2023	6,12	24,84*	21,93	3,85*	2,34
АФГ	2022	5,93*	19,0*	26,4*	4,0*	2,71*
	2023	6,25	20,59	22,5	3,46	2,41*
НСР ₀₅		2.4873	0.2924	1.6619	0.107	0.108

Влияние препаратов на биохимический состав рапса. Важной характеристикой фотосинтетического аппарата растений является состояние пигментного комплекса, поскольку от него зависят интенсивность фотосинтеза и продуктивность растений [28]. При обработке семян рапса Фитопом 8.67 отмечено увеличение концентрации хлорофилла а в 1,2-1,5 раза относительно контроля в оба года исследования ($p < 0,0001$) (табл. 3). В варианте с применением АФГ содержание хлорофилла а и б было выше, чем на контроле, однако концентрация каротиноидов статистически не различалась ($p = 0,39$).

3. Влияние биологических препаратов на биохимический состав листьев рапса

Вариант опыта	Год	Концентрация, мг/л			Пероксидаза	Полифенолоксидаза
		хлорофилла а (Ca)	хлорофилла б (Cb)	каротиноидов (Скар)		
Контроль	2022	13,73	9,37	7,88	2,19	4,60
	2023	12,12	5,42	6,35	0,72	4,93
Фитоп 8.67	2022	16,64*	9,82	8,33	2,11	5,97*
	2023	19,21*	5,17	5,89	0,57*	4,72
АФГ	2022	15,93*	9,17	8,24	2,16	9,48*
	2023	14,59*	7,03*	6,36	0,66	4,85

В 2022 г. высокая активность пероксидазы во всех вариантах была вызвана повреждением листьев рапса личинками капустной моли. Установлено, что в 2023 г. в контрольном варианте у растений рапса наблюдался окислительный стресс, выявленный по усилению активности пероксидазы ($p = 0,03$). При этом, предпосевная обработка семян препаратами приводила к снижению данного показателя, что свидетельствует об уменьшении скорости окислительных процессов. Для снижения негативного влияния окислительного стресса в растениях активируются антиоксидантные защитные системы, действие которых направлено на инактивацию АФК: ферментативные (пероксидаза, полифенолоксидаза, каталаза и др.) и неферментативные (каротиноиды, пролин и др.) системы защиты [29]. Увеличение активности полифенолоксидазы и тенденция к увеличению концентрации каротиноидов в опытных вариантах в 2022 г. может свидетельствовать о фитоиммунологическом ответе клеток. Известно, что такие повышения фермента в листьях растений стимулируют рост, повышают комплексную устойчивость растений и способствуют увеличению урожайности.

Действие препаратов на содержание масла в семенах. Общая масличность и влажность являются наиболее важными показателями при заготовке сырья для его дальнейшей переработки и хранения. Даже при высоком содержании масла в семенах приемка влажного сырья

нежелательна, так как эти партии не устойчивы при хранении и быстро приходят в полную негодность без дополнительной сушки, которая увеличивает стоимость 1 т сырья [20, 21]. Влажность семян в опытных вариантах была невысокой (6,0-6,1 %) и достоверно не отличалась от контроля (5,6 %). Под действием препаратов содержание масла в семенах находилось на среднем уровне сортовых особенностей (45,2 %). Очевидно, что бактериальные комплексы и гуматы действуют на рост и массу культуры, при этом не влияя на биохимические показатели семян.

Влияние препаратов на ризосферную микробиоту рапса. Анализ микрофлоры почвы опытных вариантов показал положительное влияние исследуемых бактериально-гуминовых комплексов (рис. 2, табл. 4). Опытные биопрепараты повысили микробиологическую активность почвы, увеличив численность большинства групп микроорганизмов. Отдельно можно выделить препарат АФГ, который стимулировал большинство групп микроорганизмов, а также при общей стимуляции оставил баланс без сдвигов в сторону одной группы. Это позволяет предположить, что препарат увеличивает как микробиологическую активность, так и биоразнообразие.

В исследуемой почве на 4-й неделе после посева рапса преобладали бактерии, использующие органические формы азота, меньше – микроорганизмы, использующие минеральные формы азота. На группу аммонифицирующих микроорганизмов значительно всего повлиял препарат АФГ, увеличив их количество в 1,5-7,2 раза относительно контроля. Группа целлюлозолитических бактерий также показала наибольшую отзывчивость на гуминовый препарат АФГ, в почве численность этих бактерий увеличилась в 1,4-2,7 раза. Скорее всего, АФГ существенно стимулировал микробиологическую активность почвы в период вегетации культуры, органическое вещество активно минерализовалось и к моменту анализа в почве проходили завершающие стадии минерализации, на что указывает большая численность целлюлозолитических бактерий в данном варианте.

Микроорганизмы, произрастающие на среде МПА, принимают участие в трансформации органических форм азота и вносят значительный вклад в иммобилизацию легкодоступного углерода. Повышение количества данных бактерий позитивно сказывается на развитии молодых растений и в итоге – на урожайности. Результаты исследования позволяют утверждать наличие изменений в активности бактерий, усваивающих органический азот под влиянием бактериально-гуминового комплекса АФГ: их численность по отношению к контролю увеличилась в 3,8 раза.

Почвенные дрожжи являются продуцентами различных физиологически активных веществ, способных стимулировать прорастание семян. На развитие дрожжей самое сильное влияние оказал препарат Фитоп 8.67, увеличив их численность в 2,2 раза.

Грибы играют важную роль в минерализации органического вещества почвы: они разрушают не только клетчатку, но и лигнин. Микроскопические грибы были представлены несколькими родами, среди которых доминируют *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, *Aspergillus*, единично встречались *Verticillium* и *Cladosporium*. Количество сапротрофных грибов статистически достоверно не отличалось от контроля при обработке семян Фитопом 8.67 и АФГ.

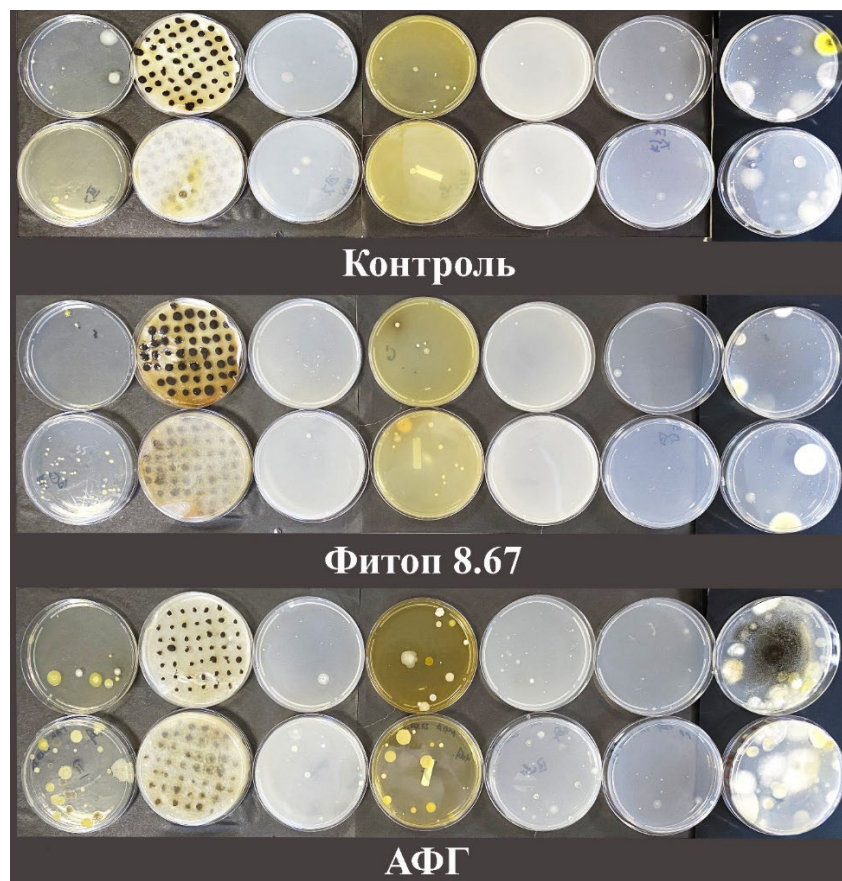


Рис. 2. Учет микроорганизмов в лабораторном опыте (2023 г.) на средах (слева направо): Ганзена, Гетчинсона, КАА, МПА, Эшби, Голодный агар, Чапека

4. Влияние препаратов на микробиоту почвы при выращивании рапса сорта Антарес

Показатель	Контроль		Фитоп 8.67		АФГ	
Год исследования	2022	2023	2022	2023	2022	2023
Влажность почвы, %	15,9	8,4	15,9	8,4	15,9	8,4
Численность сапротрофных почвенных грибов (среда Чапека), $\cdot 10^5$ КОЕ/1г абс.-сух. почвы	0,11	1,62	0,17	1,66	0,06	1,62
Численность бактерий, усваивающих органический азот (среда мясопептонный агар), $\cdot 10^5$ КОЕ/1г абс.-сух. почвы	1,09	0,87	1,10	1,18	4,14*	3,32*
Численность бактерий, усваивающих минеральный азот (среда крахмало-аммиачный агар), $\cdot 10^5$ КОЕ/1г абс.-сух. почвы	0,47	0,26	0,52	0,87*	0,71*	1,88*
Численность целлюлозоразрушающих бактерий (среда Гетчинсона), $\cdot 10^5$ КОЕ/1г абс.-сух. почвы	1,76	2,14	1,15	3,76*	2,38*	5,76*
Численность азотфиксирующих бактерий (среда Эшби), $\cdot 10^5$ КОЕ/1г абс.-сух. почвы	0,24	0,22	0,57	0,39	1,86*	2,58*
Численность дрожжей (среда Ганзина), $\cdot 10^5$ КОЕ/1г абс.-сух. почвы	0,52	0,96	0,53	2,14*	2,33*	1,62*

Заключение. Оба испытуемых препарата увеличили высоту растений и количество листьев. Росту урожайности в 2022 г. (в 1,3 раза по сравнению с контролем) способствовала обработка семян рапса гуминово-бактериальным комплексом препарата АФГ. В 2023 г. тенденция сохранилась и большему приросту урожая способствовал АФГ, увеличивая урожайность на 1,5 ц/га по сравнению с контролем. Применение препаратов не влияло на масличность семян рапса, однако под действием Фитопа 8.67 увеличилась концентрация хлорофилла а в 1,2-1,5 раза в листьях рапса. Содержание хлорофилла а и б в варианте с обработкой семян препаратом АФГ увеличивалось относительно контроля в среднем за 2 года на 18 %. При этом в опытных вариантах происходило увеличение активности полифенолоксидазы, что может свидетельствовать о фитоиммунологическом ответе

клеток. Все опытные биопрепараты повысили микробиологическую активность почвы, увеличив численность большинства групп микроорганизмов. Однако, лучшую стимуляцию всех групп микроорганизмов обеспечил гуминовый препарат АФГ.

Литература

1. Барыло Б.О., Рзаева В.В. Влияние элементов биологизации на урожайность ярового рапса // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 3-1(78). – С. 176-180. – DOI 10.24412/2500-1000-2023-3-1-176-180.
2. Посевные площади рапса в Новосибирской области. <https://www.zol.ru/n/3a569>
3. Низамов Р. М., Сулейманов С. Р. Эффективность применения биопрепаратов при возделывании ярового рапса на маслосемена в климатических условиях Предкамья в Республике Татарстан // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 1(12). – С. 38-45. – DOI 10.17022/3qx6-h410.

4. Елисеева Л.В., Нестерова О.П., Елисеев И.П. Формирование урожая фасоли при обработке семян регуляторами роста // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию высшего аграрного образования в Ивановской области. – Иваново: Ивановская ГСХА, 2018. – С. 102-105.
5. Seneviratne G., Kulasoorya S.A. Reinstating soil microbial diversity in agroecosystems: The need of the hour for sustainability and health // Agriculture, Ecosystems & Environment. – Vol. 164, – 2013. – P.181-182, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.002>.
6. Yadav A. N., Verma P., Singh B., et al. Plant growth promoting bacteria: biodiversity and multifunctional attributes for sustainable agriculture // Advances in Biotechnology and Microbiology. – 2017. – Vol. 5 (5). DOI: 10.19080/AIBM.2017.05.5556671
7. Zhang, Z., Chang, L., Liu, X. et al. Rapeseed Domestication Affects the Diversity of Rhizosphere Microbiota // Microorganisms. – 2023. – Vol. 11. – 724. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030724>
8. Звягинцев Д.Г., Добровольская Т.Г., Бабьева И.П. и др. Роль микроорганизмов в биогеоценологических функциях почв // Почвоведение. 1992. – № 6. – С. 63-77.
9. Floc'h J-B, Hamel C, Lupwayi N, et al. Bacterial Communities of the Canola Rhizosphere: Network Analysis Reveals a Core Bacterium Shaping Microbial Interactions // Front. Microbiol. – 2020. – Vol. 11:1587. doi: 10.3389/fmicb.2020.01587
10. Lay C-Y, Bell TH, Hamel C. et al. Canola root-associated microbiomes in the Canadian Prairies // Front Microbiol. – 2018. Vol. 9:1188.
11. Town J.R., Dumonceaux T., Tidemann B. et al. Crop rotation significantly influences the composition of soil, rhizosphere, and root microbiota in canola (*Brassica napus* L.) // Environmental Microbiome. – 2023. – Vol.18, 40 <https://doi.org/10.1186/s40793-023-00495-9>
12. Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г. и др. Влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы и ее урожайность // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 5(196). – С. 27-37. – DOI 10.32417/1997-4868-2020-196-5-27-37.
13. Thomashow M.F. Plant cold acclimation: freezing tolerance genes and regulatory mechanisms // Annu Rev Plant Physiol. – 1999. – V. 50. – P. 571-599.
14. Viswanathan C., Zhu J.K. Molecular Genetic Analysis of cold-regulated gene transcription // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. – 2002. – V. 357. – P. 877-886.
15. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений. – М.: Высшая школа, 2005. – 742 с.
16. Schopfer P. Hydroxyl radical-induced cell-wall loosening in vitro and in vivo: implications for the control of elongation growth // The Plant Journal. – 2001. – 28(6), 679-688.
17. Масленникова В. С., Цветкова В. П., Пастухова А. В. и др. Биологизация технологии выращивания тепличного томата в условиях Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3(64). – С. 36-43. – DOI 10.31677/2072-6724-2022-64-3-36-43.
18. Цветкова В. П., Масленникова В. С., Нестеренко В. А. Эффективность биопрепарата Фитоп 8.67 на моркови // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2(55). – С. 69-75. – DOI 10.31677/2072-6724-2020-55-2-69-75.
19. Цветкова В. П., Масленникова В. С. Биопрепарат для защиты и повышения урожайности лука // Картофель и овощи. – 2019. – № 1. – С. 22-24. – DOI 10.25630/PAV.2019.14.1.006.
20. Масленникова В. С., Цветкова В. П., Нестеренко В. А. Биологизация технологии возделывания картофеля в Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 4(69). – С. 48-57. – DOI 10.31677/2072-6724-2023-69-4-48-57.
21. Патент № 2729388 С1 Российская Федерация, МПК A01N 63/00, C12N 1/20. Полифункциональное средство для растений: № 2020112731: заявл. 31.03.2020: опубл. 06.08.2020 / Ю. А. Воронин.
22. Мякишева Е. П., Соколова Г.Г. Влияние качества света на содержание фотосинтетических пигментов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в культуре in vitro // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 3-2(83). – С. 46-49. doi: 10.14258/izvasu(2014)3.2-08
23. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др. - Л.: Агропромиздат, 1987. – С. 44-45.
24. Heng-Moss T., Novak F., Bose D., et al. Characterization of Oxidative Enzyme Changes in Buffalograsses Challenged by *Blissus occiduus* // Journal of economic entomology. – 2004. – №. 97. – P. 1086-1095. doi: 10.1603/0022-0493(2004)097[1 086:COECI]2.0.CO;2.
25. Bradford M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal Biochem. – 1976. – №. 72. – P. 248-254.
26. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. - М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
27. Сорокин О.Д. Пакет прикладных программ СНЕДЕКОР / Тез. докл. 3-й науч. конф. Российского общества почвоведов. Применение математических методов и ЭВМ в почвоведении, агрохимии и земледелии. – Барнаул. – 1992. – С. 97.
28. Lichtenthaler H., Babani F. Contents of photosynthetic pigments and ratios of chlorophyll a/b and chlorophylls to carotenoids (a+b) (x+c) in C4 plants as compared to C3 plants // Photosynthetica. – 2021. – Vol. 60. – Pp. 1-7. DOI: 10.32615/ps.2021.041.
29. Bose J., Rodrigo-Moreno A., Shabala S. ROS homeostasis in halophytes in the context of salinity stress tolerance // J. Exp. Bot. – 2014. – Vol. 65. – P. 1241. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert430>

INFLUENCE OF PREPLANT SEED TREATMENT WITH BIOPREPARATIONS ON SOIL MICROBIOTA AND PRODUCTIVITY OF SPRING RAPESEED

Maslennikova V.S., Scientist; Shelikhova E.V., postgraduate student; Krugovykh A.A., master's student; Smetannikova S.S., student; Tsvetkova V.P., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor; Dubovsky I.M., Doctor of Biological Sciences, Professor
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Novosibirsk State Agricultural University, 160 Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Novosibirsk, Russian Federation
E-mail: vera.cvetkova.23.05@mail.ru

As a result of research conducted in 2022-2023 on the basis of the farm "Sad Michurintsev", it was found that the biopreparation Fitop 8.67 and bacterial-humic complex AFG had a growth-stimulating effect on spring rape of Antares variety. It was found that the preparation Fitop 8.67 contributed to the increase in biometric indicators such as plant height (1,2 fold) and number of leaves (1,4 fold) compared to the control. Under the action of preparations in rape leaves the concentration of chlorophyll a increased 1.2-1.5 fold. At the same time, when rape seeds were treated with the biopreparation Fitop 8.67 and AFG complex, there was an increase in the activity of polyphenoxidase, which may indicate a phytoimmunologic cell response. Average yield increase 2 years amounted to 7 % (Fitop 8.67) and 11 % (AFG). Experimental biopreparations increased soil microbiological activity, increasing the number of mineralizers, ammonifiers, actinomycetes. The humic preparation AFG can be singled out separately, which stimulated most groups of microorganisms: the amount of bacteria assimilating organic nitrogen increased 3,8-fold, bacteria assimilating mineral nitrogen – 3,5-fold, cellulose-degrading bacteria – 2,14-fold, nitrogen-fixing bacteria – 9,6-fold.

Keywords: spring oilseed rape, Antares, Fitop 8.67, AFG, biologization, crop yield, rhizosphere microbiota.