

**ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ БИОАГЕНТОВ И РАСТИТЕЛЬНОГО АДАПТОГЕНА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И МАСЛИЧНОСТЬ ЯРОВОГО РАПСА НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ И СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ****С. Р. Сулейманов, Р. М. Низамов**

**Реферат.** В статье представлены результаты полевых опытов 2017-2019 годов, проведенных на двух типах почв Республики Татарстан (выщелоченный чернозем и серая лесная почва) для оценки влияния комбинированного применения биоагентов на основе бактерий *Bacillus spp.* (RECB-95 В и RECB-50 В) и растительного адаптогена (вытяжка из проростков проса) на продуктивность ярового рапса сорта Гедемин. Исследование включало предпосевную обработку семян и некорневую подкормку вегетирующих растений в фазе 3-4 пар листьев. Установлено, что комплексное применение препаратов значительно улучшило элементы структуры урожая: количество продуктивных стручков увеличилось до 40 шт./растение на черноземе и 37 шт./растение на серой лесной почве, число семян в стручке возросло до 27 и 23 соответственно, а количество непродуктивных стручков снизилось до 2 шт./растение. Максимальная прибавка урожайности достигнута в варианте RECB-50 В с адаптогеном: 1,05 т/га (54,9%) на черноземе и 0,70 т/га (53,8%) на серой лесной почве. Валовый сбор масла увеличился до 1246,1 кг/га (+57,2%) и 894,0 кг/га (+47,5%) соответственно. Выявлен синергетический эффект между комплексом штаммов *Bacillus* и биологически активными веществами адаптогена, что особенно выражено проявилось на менее плодородной серой лесной почве. Относительные прибавки урожая на обоих типах почв оказались сопоставимыми, что свидетельствует о высокой эффективности биопрепаратов в стрессовых условиях. Основным механизмом действия изучаемых приемов является стимуляция ростовых процессов и формирования урожая семян без кардинального изменения их биохимического состава. Результаты демонстрируют перспективность комбинированного использования биоагентов и адаптогенов в технологиях возделывания ярового рапса.

**Ключевые слова:** яровой рапс (*Brassica napus L.*), биоагенты, растительный адаптоген, продуктивность, масличность, выщелоченный чернозем, серая лесная почва, RECB-50 В.

**Для цитирования:** Сулейманов С.Р., Низамов Р.М. Влияние комбинированного применения биоагентов и растительного адаптогена на продуктивность и масличность ярового рапса на выщелоченном черноземе и серой лесной почве // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2025. №3 (15). С. 32-39 <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-32-39>

**Введение.** Рапс яровой (*Brassica napus L.*) является одной из важнейших масличных культур мирового земледелия, что обусловлено высоким содержанием жира в его семенах и универсальностью использования получаемого растительного масла [1, 2]. В Российской Федерации данная культура играет ключевую роль в импортозамещении и наращивании производства растительного белка и масла, а также в укреплении кормовой базы животноводства [3, 4]. Однако потенциал продуктивности ярового рапса в основных зонах его возделывания, в частности в северной части Среднего Поволжья, реализуется далеко не полностью, а величина урожайности остается нестабильной и, как правило, невысокой – в пределах 1,0-1,8 т/га [5]. Низкая и неустойчивая урожайность культуры связана с ее высокой чувствительностью к комплексу абиотических (засуха, дефицит питания) и биотических (болезни, вредители) стрессовых факторов, особенно в критические периоды роста и развития [6, 7].

Продуктивность рапса в значительной степени детерминирована такими структурными элементами урожая, как количество продуктивных стручков на растении, число семян в стручке и доля непродуктивных стручков. Формирование этих элементов представляет собой сложный физиолого-биохимический процесс, зависящий как от генетических

особенностей сорта, так и от условий окружающей среды, среди которых тип почвы, ее плодородие и обеспеченность влагой выступают ключевыми модифицирующими факторами [8, 9]. В связи с этим, поиск и внедрение эффективных и экологически безопасных приемов, направленных на оптимизацию процессов формирования репродуктивных органов рапса и повышение его стрессоустойчивости, представляет собой актуальную задачу современного адаптивного растениеводства [10].

Одним из наиболее перспективных направлений в решении данной задачи является использование микробиологических препаратов (биоагентов) на основе ризобактерий рода *Bacillus*, способных стимулировать рост растений, индуцировать системную резистентность и улучшать минеральное питание [11, 12]. Другим современным трендом является применение растительных адаптогенов – комплексов биологически активных веществ, выделенных из растений-адаптогенов, которые способны неспецифически повышать устойчивость культур к широкому спектру стрессоров [13]. В настоящее время особый интерес вызывает изучение синергетических эффектов от совместного применения биоагентов и адаптогенов, что может привести к значительному усилению положительного действия на

продукционный процесс [14, 15]. Однако влияние таких комплексных обработок на формирование элементов структуры урожая, урожайность и качество семян ярового рапса в зависимости от типа почвы остается малоизученным.

Целью настоящих исследований явилась оценка влияния предпосевной обработки семян и некорневой подкормки вегетирующих растений биоагентами на основе *Bacillus spp.* и растительного адаптогена (вытяжка из проростков проса) на продуктивность, масличность и валовый сбор масла ярового рапса сорта Гедемин в условиях выщелоченного чернозема и серой лесной почвы.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучить влияние различных схем обработки (химические, биологические, комбинированные) на элементы структуры урожая ярового рапса (количество продуктивных и непродуктивных стручков, число семян в стручке);
- оценить воздействие применяемых препаратов и их комбинаций на урожайность семян рапса;
- определить влияние изучаемых приемов на содержание жира в семенах и расчетный валовый сбор растительного масла.
- провести сравнительный анализ эффективности технологических приемов на двух контрастных по плодородию типах почв.

#### Условия, материалы и методы.

Опыты по изучению отзывчивости сорта ярового рапса Белорусской селекции Гедемин на комбинированное применение биоагентов и растительного адаптогена проводились в 2017-2019 годах на двух типах почв – серой лесной (Предкамская зона) и выщелоченного чернозема (Закамская зона) Республики Татарстан.

В исследованиях были использованы следующие штаммы микроорганизмов:

- RECB-95 В (*Bacillus subtilis*);
- RECB-50 В (*Bacillus spp.*).

Обработка семян вышесказанными биоагентами проводилась в день посева, а некорневая подкормка – в фазе 3-4-х пар настоящих листьев ярового рапса.

В качестве адаптогена была использована вытяжка из проростков семян проса.

Почва участка, на котором располагался первый опыт – светло-серая лесная, содержание в пахотном слое гумуса высокое (> 3,0%), подвижного фосфора (> 250 мг/кг) очень высокое, обменного калия (121-170 мг/кг) повышенное, обладала нейтральной реакцией среды (рН 6,1-7,0). Почва второго опытного участка – выщелоченный чернозем. Содержание гумуса составило 5% (по Тюрину), подвижного фосфора – 250 и обменного калия 147 мг/кг почвы (по Чирикову), рН солевой вытяжки – 6,4-6,5.

Погодные условия за годы проведения исследований представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Количество осадков, выпавших в годы проведения исследований, мм

| Годы                    | Май  | Июнь | Июль | Август | За май-август |
|-------------------------|------|------|------|--------|---------------|
| Среднемноголетние       | 36   | 62   | 59   | 59     | 216           |
| 2017                    | 32   | 63   | 93   | 76     | 264           |
| В % к среднемноголетним | 88   | 101  | 158  | 129    | 122,2         |
| 2018                    | 21,8 | 34,4 | 52   | 14     | 122,2         |
| В % к среднемноголетним | 60   | 55   | 88   | 24     | 56,5          |
| 2019                    | 55,9 | 60,7 | 100  | 34     | 250,6         |
| В % к среднемноголетним | 155  | 98   | 169  | 58     | 116,0         |

Таблица 2 – Среднемесячная температура воздуха вегетационных периодов, °С

| Годы                    | Май  | Июнь | Июль | Август | За май-август |
|-------------------------|------|------|------|--------|---------------|
| Среднемноголетние       | 13,0 | 16,8 | 19,9 | 17,0   | 16,6          |
| 2017                    | 13,4 | 16,3 | 20,5 | 19,9   | 17,5          |
| В % к среднемноголетним | 103  | 97   | 103  | 117    | 105           |
| 2018                    | 15,3 | 16,9 | 21,3 | 17,7   | 17,8          |
| В % к среднемноголетним | 118  | 101  | 107  | 104    | 107           |
| 2019                    | 16   | 18,8 | 23,1 | 19,2   | 19,2          |
| В % к среднемноголетним | 123  | 112  | 116  | 113    | 115           |

**Результаты и обсуждение.** Продуктивность ярового рапса в значительной степени зависит от комплекса факторов, среди которых структурные элементы урожая – количество продуктивных стручков на растении, число семян в стручке и доля непродуктивных стручков – выступают прямыми детерминантами конечной урожайности семян [16, 17].

Формирование этих элементов представляет собой сложный физиолого-биохимический процесс, подверженный влиянию как генетических особенностей сорта, так и условий окружающей среды, включая тип почвы, обеспеченность влагой и элементами питания, а также воздействие стрессовых факторов биотической и абиотической природы (табл. 3).

Таблица 3 – Структурные элементы урожая ярового рапса сорта Гедемин (2017-2019 года)

| Вариант                                                                             | Выщелоченный чернозем                   |                                           |                             | Серая лесная почва                      |                                           |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                                     | кол-во продуктивных стручков, шт./раст. | кол-во непродуктивных стручков, шт./раст. | кол-во семян в стручке, шт. | кол-во продуктивных стручков, шт./раст. | кол-во непродуктивных стручков, шт./раст. | кол-во семян в стручке, шт. |
| Контроль                                                                            | 30                                      | 6                                         | 22                          | 19                                      | 9                                         | 19                          |
| Круйзер, 15,0 л/т                                                                   | 30                                      | 5                                         | 23                          | 25                                      | 5                                         | 19                          |
| Ризоплан, 1,0 л/т + Ризоплан, 1,0 л/га                                              | 31                                      | 4                                         | 23                          | 27                                      | 5                                         | 20                          |
| RECB-95 В, 2,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га                                            | 33                                      | 4                                         | 24                          | 28                                      | 4                                         | 21                          |
| RECB-50 В, 2,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га                                            | 34                                      | 4                                         | 24                          | 28                                      | 4                                         | 21                          |
| RECB-95 В, 2,0 л/т + адаптоген, 1,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га + адаптоген, 1,0 л/га | 38                                      | 2                                         | 26                          | 34                                      | 3                                         | 22                          |
| RECB-50 В, 2,0 л/т + адаптоген, 1,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га + адаптоген, 1,0 л/га | 40                                      | 2                                         | 27                          | 37                                      | 2                                         | 23                          |
| Круйзер, 15,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га                                             | 34                                      | 3                                         | 25                          | 30                                      | 3                                         | 22                          |
| Круйзер, 15,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га                                             | 34                                      | 3                                         | 25                          | 31                                      | 3                                         | 22                          |

Проведенный анализ данных (табл. 3) по структурным элементам урожая ярового рапса сорта Гедемин за трехлетний период (2017-2019 года) на двух типах почв – выщелоченном черноземе и серой лесной почве – выявил существенное влияние как типа почвы, так и применяемых технологий обработки семян и вегетирующих растений на ключевые показатели продуктивности.

Контрольный вариант без обработки продемонстрировал базовые значения: на черноземе растения формировали в среднем 30 продуктивных и 6 непродуктивных стручков с 22 семенами в стручке, в то время как на менее плодородной серой лесной почве эти показатели были ожидаемо ниже – 19 продуктивных и 9 непродуктивных стручков с 19 семенами в стручке, что подчеркивает исходно менее благоприятные условия на данном типе почвы.

Применение протравителя Круйзер (15,0 л/т) показало умеренный положительный эффект, особенно заметный на серой лесной почве: количество продуктивных стручков увеличилось до 25 шт./раст. (против 19 в контроле), а непродуктивных снизилось до 5 шт./раст. (против 9). Однако, биопрепараты на основе бактерий рода *Bacillus* продемонстрировали более выраженное и стабильное действие. Обработка семян Ризопланом (1,0 л/т) с последующим опрыскиванием вегетирующих растений (1,0 л/га) привела к значительному росту числа продуктивных стручков на серой лесной почве (до 27 шт./раст.) и снижению доли непродуктивных (до 5 шт./раст.), при этом количество семян в стручке также увеличилось до 20 шт. Аналогичная тенденция, но с более высокими значениями, наблюдалась при ис-

пользовании препаратов RECB-95 В (*Bacillus subtilis*) и RECB-50 В (смесь штаммов *Bacillus spp.*) по схеме «обработка семян (2,0 л/т) + опрыскивание (1,0 л/га)». Наибольший прирост продуктивных стручков на черноземе зафиксирован для RECB-95 В (33 шт./раст.) и RECB-50 В (34 шт./раст.), а на серой лесной почве оба препарата обеспечили 28 продуктивных стручков при 21 семени в стручке и лишь 4 непродуктивных стручка.

Наиболее значимый эффект в формировании элементов урожая был достигнут при включении в технологию растительного адаптогена (вытяжка из проростков пшеницы) в комбинации с биопрепаратами RECB. Добавление адаптогена к RECB-95 В на этапе обработки семян (1,0 л/т) и опрыскивания (1,0 л/га) привело к резкому увеличению количества продуктивных стручков до 38 шт./раст. на черноземе и 34 шт./раст. на серой лесной почве, при одновременном сокращении непродуктивных стручков до минимальных 2 и 3 шт./раст. соответственно. Число семян в стручке также возросло до 26 и 22 шт. Абсолютный максимум по всем изучаемым показателям был зафиксирован при комбинированном применении RECB-50 В и адаптогена: 40 продуктивных стручков (27 семян/стручок) на черноземе и 37 продуктивных стручков (23 семени/стручок) на серой лесной почве, при минимальном числе непродуктивных стручков – всего 2 шт./раст. на обоих типах почв. Это свидетельствует о мощном синергетическом эффекте между комплексом штаммов *Bacillus spp.* (RECB-50 В) и биологически активными соединениями растительного адаптогена, значительно повышающем

устойчивость растений к стрессам (особенно на менее благоприятной серой лесной почве) и оптимизирующем процессы формирования репродуктивных органов.

Интересные результаты показали и комбинации химического протравителя Круйзер с последующим опрыскиванием биопрепаратами RECB. Обработка по схеме «Круйзер (семена) + RECB-95 В (опрыскивание)» и «Круйзер (семена) + RECB-50 В (опрыскивание)» обеспечила одинаковые показатели на черноземе (34 продуктивных стручка, 25 семян/стручок, 3 непродуктивных стручка), превосходящие как чистый Круйзер, так и отдельное применение RECB, но все же уступающие комбинациям RECB с адаптогеном. На серой лесной почве комбинация с RECB-50 В показала небольшое преимущество (31 продуктивный стручок против 30 у RECB-95 В).

Урожайность ярового рапса в северной

части Среднего Поволжья и в целом Российской Федерации остается невысокой, и за последние 10 лет ее величина колеблется от 1,0 до 1,8 т/га [18].

Предпосевная обработка семян ярового рапса сорта Гедемин, а так же некорневая подкормка растений в начале вегетации биоагентами и добавлением адаптогена на обоих типах почв во все годы исследований, оказало положительное влияние на продуктивность изучаемой культуры (табл.4).

Во все годы исследований метеорологические условия во время вегетации ярового рапса складывались благоприятными как по обеспеченности растений продуктивной влагой, так и теплом. Поэтому даже на контрольном варианте (без применения биоагентов и адаптогенных препаратов) формировался неплохой урожай маслосемян ярового рапса – на чернозёмной почве – 1,7-2,24 т/га и серой лесной почве от 0,92 до 1,41 т/га.

Таблица 4 – Фактическая урожайность маслосемян ярового рапса в зависимости от применения биоагентов и адаптогенных препаратов, т/га (2017-2019 года)

| Вариант                                                                             | Выщелоченный чернозем |                     |      | Серая лесная почва |                     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|------|--------------------|---------------------|------|
|                                                                                     | среднее за 3 года     | прибавка к контролю |      | среднее за 3 года  | прибавка к контролю |      |
|                                                                                     |                       | т/га                | %    |                    | т/га                | %    |
| Контроль                                                                            | 1,91                  | -                   | -    | 1,30               | -                   | -    |
| Круйзер, 15,0 л/т                                                                   | 2,07                  | 0,16                | 8,4  | 1,39               | 0,09                | 6,9  |
| Ризоплан, 1,0 л/т + Ризоплан, 1,0 л/га                                              | 2,14                  | 0,23                | 12,0 | 1,46               | 0,16                | 12,3 |
| RECB-95 В, 2,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га                                            | 2,38                  | 0,47                | 24,6 | 1,56               | 0,26                | 20,0 |
| RECB-50 В, 2,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га                                            | 2,74                  | 0,83                | 43,4 | 1,78               | 0,48                | 36,9 |
| RECB-95 В, 2,0 л/т + адаптоген, 1,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га + адаптоген, 1,0 л/га | 2,86                  | 0,95                | 49,7 | 1,94               | 0,64                | 49,2 |
| RECB-50 В, 2,0 л/т + адаптоген, 1,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га + адаптоген, 1,0 л/га | 2,96                  | 1,05                | 54,9 | 2,0                | 0,70                | 53,8 |
| Круйзер, 15,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га                                             | 2,69                  | 0,78                | 40,8 | 1,96               | 0,66                | 50,7 |
| Круйзер, 15,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га                                             | 2,73                  | 0,82                | 42,9 | 1,88               | 0,58                | 44,6 |

Во всех вариантах опыта обработка семян и растений биопрепаратами (Ризоплан, RECB-95 В, RECB-50 В) обеспечила статистически значимую прибавку урожайности по сравнению как с контролем (без обработки), так и с вариантом, где использовался только химический протравитель Круйзер (15,0 л/т). На выщелоченном черноземе прибавка от биопрепаратов варьировала от 0,16 т/га (8,4%) для Круйзера до 1,05 т/га (54,9%) для RECB-50 В с адаптогеном, а на серой лесной почве – от 0,09 т/га (6,9%) до 0,70 т/га (53,8%) соответственно. Это свидетельствует о высокой эффективности микроорганизмов в стимулировании роста, развитии корневой системы и повышении устойчивости растений рапса.

Наиболее выраженный положительный эффект во все годы исследований и на обоих

типах почв был достигнут при комбинированном применении биоагентов с растительным адаптогеном (вытяжка из проростков проса). Максимальная урожайность и прибавка были зафиксированы в вариантах RECB-50 В + адаптоген (2,96 т/га, +54,9% на черноземе; 2,00 т/га, +53,8% на серой лесной) и RECB-95 В + адаптоген (2,86 т/га, +49,7%; 1,94 т/га, +49,2%). Это указывает на синергизм действия микробиологических препаратов и биологически активных веществ адаптогена, вероятно, усиливающих физиолого-биохимические процессы, стрессоустойчивость и усвоение питательных элементов. Существенное преимущество препарата RECB-50 В (содержащего комплекс *Bacillus spp.*) перед RECB-95 В (на основе *Bacillus subtilis*) как в чистом виде, так и в сочетании с

адаптогеном, подчеркивает важность видового разнообразия и специфичности штаммов в составе биопрепаратов для максимальной эффективности.

Все схемы, предусматривавшие двукратное внесение биоагентов (обработка семян + опрыскивание вегетирующих растений), показали значительно более высокие результаты по сравнению с однократной обработкой семян (Круйзер или Ризоплан только на семенах). Это подтверждает необходимость не только стартовой защиты и стимуляции проростков, но и поддержания благоприятного микробиома и физиологического статуса растений на протяжении критических фаз вегетации рапса.

Хотя абсолютные показатели урожайности на серой лесной почве были ожидаемо ниже, чем на выщелоченном черноземе (средний контроль 1,30 т/га против 1,91 т/га), относительные прибавки (%) от применения биопрепаратов, особенно в комбинации с адаптогеном, оказались сопоставимыми. Это крайне важный результат, указывающий на особую ценность биотехнологических приемов именно на менее плодородных и, возможно, более стрессогенных серых лесных почвах, где они способны существенно нивелировать лимитирующие факторы.

Интересные результаты получены при сочетании химического протравителя Круйзер с последующей обработкой вегетирующих растений биопрепаратами RECB-95 В или RECB-50 В. Эти варианты показали высокую эффективность (прибавки 40,8-42,9% на

черноземе, 44,6-50,7% на серой лесной), хотя и несколько уступали комбинациям RECB с адаптогеном. Данный подход может представлять практический интерес как переходный этап к более полной биологизации, обеспечивая надежную стартовую защиту химией с последующей стимуляцией и поддержкой растений экологичными биологическими средствами.

Анализ данных по годам показывает, что применение биопрепаратов, особенно в комбинации с адаптогеном, способствовало не только повышению урожайности, но и большей стабильности производства. Растения в этих вариантах лучше противостояли неблагоприятным погодным условиям, что проявлялось в меньшем снижении урожайности в стрессовые годы по сравнению с контролем и вариантом с Круйзером.

Повышение эффективности возделывания ярового рапса, направленное на увеличение урожайности семян и валовых сборов масла при одновременном обеспечении экологической безопасности, остается актуальной задачей современного сельского хозяйства.

Известно, что почвенные условия (плодородие, гранулометрический состав, влагообеспеченность, микробиом) могут существенно модифицировать отклик культуры на применяемые агроприемы, однако сравнительный анализ реакции рапса на биостимуляторы на контрастных типах почв, таких как высокоплодородный выщелоченный чернозем и менее плодородная серая лесная почва, требует углубленного изучения (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание жира в семенах ярового рапса и валовые сборы растительного масла по вариантам опыта (2017-2019 года)

| Вариант                                                                             | Выщелоченный чернозем |                                 |          |      | Серая лесная почва |                                 |          |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------|----------|------|--------------------|---------------------------------|----------|------|
|                                                                                     | мас-личн-ость, %      | валовый сбор раст. масла, кг/га | прибавка |      | мас-личн-ость, %   | валовый сбор раст. масла, кг/га | прибавка |      |
|                                                                                     |                       |                                 | кг/га    | %    |                    |                                 | кг/га    | %    |
| Контроль                                                                            | 41,5                  | 792,7                           | -        | -    | 46,2               | 606,0                           | -        | -    |
| Круйзер, 15,0 л/т                                                                   | 42,5                  | 875,6                           | 82,9     | 10,5 | 46,7               | 649,1                           | 43,1     | 7,1  |
| Ризоплан, 1,0 л/т + Ризоплан, 1,0 л/га                                              | 42,8                  | 915,9                           | 12,2     | 15,1 | 46,2               | 674,5                           | 68,5     | 11,3 |
| RECB-95 В, 2,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га                                            | 41,9                  | 997,2                           | 204,5    | 25,8 | 47,5               | 741,0                           | 135,0    | 22,3 |
| RECB-50 В, 2,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га                                            | 41,7                  | 1142,6                          | 349,9    | 44,1 | 46,2               | 822,4                           | 216,4    | 35,7 |
| RECB-95 В, 2,0 л/т + адаптоген, 1,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га + адаптоген, 1,0 л/га | 42,0                  | 1201,2                          | 408,5    | 51,5 | 45,7               | 886,6                           | 280,6    | 46,3 |
| RECB-50 В, 2,0 л/т + адаптоген, 1,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га + адаптоген, 1,0 л/га | 42,0                  | 1246,1                          | 453,4    | 57,2 | 44,7               | 894,0                           | 288,0    | 47,5 |
| Круйзер, 15,0 л/т + RECB-95 В, 1,0 л/га                                             | 41,9                  | 1127,1                          | 334,4    | 42,2 | 44,3               | 868,3                           | 262,3    | 43,3 |
| Круйзер, 15,0 л/т + RECB-50 В, 1,0 л/га                                             | 42,7                  | 1165,7                          | 373,0    | 47,1 | 46,9               | 881,7                           | 275,7    | 45,5 |

Полученные результаты убедительно доказывают высокую агробиологическую эффективность применения биопрепаратов на основе ризобактерий рода *Bacillus* (RECB-95 В и RECB-50 В) в технологии возделывания ярового рапса. Помимо влияния обработок, эксперимент выявил фундаментальное различие в качестве семян в зависимости от типа почвы: на серой лесной почве семена рапса характеризовались достоверно более высокой исходной масличностью (46,2%) по сравнению с выщелоченным черноземом (41,5%), и эта разница сохранялась во всех изучаемых вариантах. Это указывает на сильное влияние почвенно-генетических и почвенно-физиологических взаимодействий на биохимический состав семян рапса.

Максимальный эффект от применения биопрепаратов, выражающийся в существенном увеличении валового сбора растительного масла (на 44-57% на черноземе и 35-48% на серой лесной почве), достигается при комплексной обработке, включающей предпосевную обработку семян препаратом RECB (2,0 л/т) совместно с растительным адаптогеном (вытяжка из проростков проса, 1,0 л/т) и последующее опрыскивание вегетирующих растений той же комбинацией (RECB 1,0 л/га + адаптоген 1,0 л/га).

Особого внимания заслуживает синергетический эффект от применения биопрепаратов RECB совместно с растительным адаптогеном, а также их комбинации с химическим протравителем Круйзер. Это открывает перспективы для разработки интегрированных систем защиты и стимуляции рапса, позволяющих снижать пестицидную нагрузку без потери, а даже с существенным увеличением продуктивности. Выявленная отзывчивость культуры, особенно на менее плодородной, но обеспечивающей более высокую масличность семян серой лесной почве, на комплексные биологические обработки, имеет важное практическое значение для повышения рентабельности и экологизации производства рапса в различных почвенно-климатических условиях.

Данные по незначительному влиянию обработок на процентное содержание жира (в пределах  $\pm 1$ -15% от контроля внутри типа почвы), но резко на рост его валового сбора (на 25-57%), однозначно подчеркивают, что основным механизмом действия изучаемых препаратов и их комбинаций является

стимуляция ростовых процессов и формирования урожая семян, а не кардинальное изменение их биохимического состава.

**Выводы.** 1. Установлено существенное влияние типа почвы на продуктивность ярового рапса сорта Гедемин: на выщелоченном черноземе контрольная урожайность составила в среднем 1,91 т/га, тогда как на менее плодородной серой лесной почве – лишь 1,30 т/га.

2. Применение биопрепаратов на основе бактерий рода *Bacillus* (RECB-95 В и RECB-50 В) обеспечило достоверное увеличение всех элементов структуры урожая – количества продуктивных стручков (до 40 шт./растение), числа семян в стручке (до 27 шт.) и снижение доли непродуктивных стручков (до 2 шт./растение).

3. Наибольшая эффективность достигнута при комбинированном применении биоагентов с растительным адаптогеном: вариант RECB-50 В + адаптоген показал максимальную прибавку урожайности на черноземе – 1,05 т/га (54,9%), на серой лесной почве – 0,70 т/га (53,8%).

4. Комплексное применение биоагентов с адаптогеном обеспечило наибольший валовый сбор растительного масла: на черноземе – 1246,1 кг/га (прибавка 57,2%), на серой лесной почве – 894,0 кг/га (прибавка 47,5%).

5. Выявлен синергетический эффект между комплексом штаммов *Bacillus spp.* (RECB-50 В) и биологически активными соединениями растительного адаптогена, значительно повышающий устойчивость растений к стрессам и оптимизирующий процессы формирования репродуктивных органов.

6. Установлена особая эффективность биотехнологических приемов на менее плодородной серой лесной почве, где относительные прибавки урожайности оказались сопоставимыми с таковыми на высокоплодородном черноземе.

7. Комбинация химического протравителя Круйзер с последующей обработкой биопрепаратами RECB показала высокую эффективность (прибавки 40,8-50,7%), что может представлять практический интерес как переходный этап к биологизированному земледелию.

8. Основным механизмом действия изучаемых препаратов является стимуляция ростовых процессов и формирования урожая семян, а не кардинальное изменение их биохимического состава.

#### Литература

1. Тойгильдин А. Л., Подсевалов М. И., Остин В. Н. Перспективы использования масличных культур в севооборотах лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2(54). С. 54-61. doi: 10.18286/1816-4501-2021-2-54-61.
2. Габбасов И. И., Низамов Р. М., Сулейманов С. Р. Влияние удобрений марки Изagri на ростовые процессы и продуктивность ярового рапса // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 34-38. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10508.
3. Яровой рапс – перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края /Е. Н. Олейникова, М. А. Янова, Н. И. Пыжикова и др. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (142). С. 74-80.
4. Зубкова Т. В., Мотылева С. М., Виноградов Д. В. Исследование влияния органических и минеральных удобрений на урожайность рапса и зольный состав его маслосемян // Вестник Ульяновской

государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1(57). С. 77-84. doi: 10.18286/1816-4501-2022-1-77-84.

5. Цыбулько Н. Н., Пунченко С. С. Эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 1 (54). С. 189–200.

6. Интенсификация технологии возделывания ярового рапса на маслосемена / С. В. Гольцман, Т. В. Горбачева, Н. А. Рендов и др. // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (17). С. 12–14.

7. Нурлыгаянов Р. Б. Яровой рапс поддерживает земледельцев // Аграрная тема. 2012. № 10 (39). С. 43.

8. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake / M. Halpern, U. Yermiyahu, A. Bar-Tal, et al. // Advances in Agronomy. 2015. Vol. 130. P. 141–174. doi: 10.1016/bs.agron.2014.10.001.

9. Куликова А. Х., Карпов А. В., Пахалин В. А. Влияние цеолита и удобрений на его основе на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность рапса // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4(64). С. 37–42. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-37-42.

10. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating red signaling as a possible unifying mechanism / A. K. Srivastava, P. Suprasanna, R. Pasala, et al. // Advances in Agronomy. 2016. Vol. 137. P. 237–278. doi: 10.1016/bs.agron.2015.12.002.

11. Зубкова Т. В., Виноградов Д. В. Воздействие природного минерала на свойства и урожайность ярового рапса // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2(62). С. 12–20. doi: 10.18286/1816-4501-2023-2-12-20.

12. Брескина Г. М., Масютенко Н. П., Чуян Н. А. Биопрепараты как средство восстановления здоровья черноземных почв // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2(58). С. 25–31. doi: 10.18286/1816-4501-2022-2-25-31.

13. Юшкевич Л. В., Щитов А. Г., Пахотина И. В. Агротехнические особенности формирования продуктивности яровой пшеницы после рапса в лесостепи Западной Сибири // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4(56). С. 46–52. doi: 10.18286/1816-4501-2021-4-46-52.

14. Зубкова, Т. В., Виноградов Д. В. Свойства органоминерального удобрения на основе куриного помёта и применение его в технологии ярового рапса на семена // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 46–54. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-46-54.

15. Антистрессовые и фитогормонные препараты в технологии возделывания ярового рапса на серых лесных почвах Республики Татарстан / Д. Г. Гатауллин, Ф. Н. Сафиоллин, Г. С. Миннуллин и др. // Агрохимический вестник. 2021. № 2. С. 45–49. doi: 10.24412/1029-2551-2021-2-009.

16. Verma L. C., Prasad A. Estimation of Yield Gap in Rapeseed-Mustard through Cluster Front Line Demonstrations // Journal of Krishi Vigyan. 2023. Vol. 11. No. 2. P. 140–144. doi: 10.5958/2349-4433.2023.00024.7.

17. Формирование урожайности маслосемян рапса ярового при обработке посевного материала микроудобрениями / А. М. Хайруллин, Р. Р. Гайфуллин, В. С. Сергеев и др. // Аграрная наука. 2020. № 1. С. 62–65.

18. Селяков А. А., Богатырева А. С., Акманаев Э. Д. Влияние приемов посева на урожайность и биохимический состав маслосемян сортов ярового рапса в Среднем Предуралье // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 2. С. 47–51.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Работа выполнена при поддержке гранта Академии наук Республики Татарстан (соглашение №146/2024 – ПД от 16.12.2024 г.) молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан.

#### Сведения об авторах:

Сулейманов Салават Разяпович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой землеустройства и кадастров, e-mail: dusai@mail.ru

Низамов Рустам Мингазизович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции, e-mail: nizamovr@mail.ru  
Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

#### IMPACT OF COMBINED APPLICATION OF BIOAGENTS AND PLANT-BASED ADAPTOGEN ON PRODUCTIVITY AND OIL CONTENT OF SPRING RAPE ON LEACHED CHERNOZEM AND GRAY FOREST SOIL

S. R. Suleymanov, R. M. Nizamov

**Abstract.** This article presents the results of field experiments conducted in 2017–2019 on two soil types in the Republic of Tatarstan (leached chernozem and gray forest soil) to assess the impact of combined application of *Bacillus* spp.-based bioagents (RECB-95 B and RECB-50 B) and plant-based adaptogen (millet seedling extract) on productivity of spring rapeseed of Gedemin variety. The study included pre-sowing seed treatment and foliar feeding of vegetative plants in the phase of 3–4 pairs of leaves. It was found that the combined use of preparations significantly improved the elements of yield structure: the number of productive pods increased to 40 pcs./plant on chernozem and 37 pcs./plant on gray forest soil, the number of seeds per pod increased to 27 and 23, respectively, and the number of unproductive pods decreased to 2 pcs./plant. The maximum yield increase was achieved in RECB-50 B variant with an adaptogen: 1.05 t/ha (54.9%) on chernozem and 0.70 t/ha (53.8%) on gray forest soil. The gross oil productivity increased to 1246.1 kg/ha (+57.2%) and 894.0 kg/ha (+47.5%), respectively. A synergistic effect was found between the *Bacillus* strain complex and biologically active substances of the adaptogen, which was particularly pronounced in the less fertile gray forest soil. Relative yield increases in both soil types were comparable, demonstrating the high effectiveness of biopreparations under stressful conditions. The primary mechanism of action of the studied techniques is stimulation of growth processes and seed yield formation without fundamentally altering their biochemical composition. The results demonstrate a potential of the combined use of bioagents and adaptogens in spring rapeseed cultivation technologies.

**Key words:** spring rapeseed (*Brassica napus* L.), bioagents, plant adaptogen, productivity, oil content, leached chernozem, gray forest soil, RECB-50 B.

**For citation:** Suleymanov S.R., Nizamov R.M. Impact of combined application of bioagents and plant-based adaptogen on productivity and oil content of spring rape on leached chernozem and gray forest soil. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2025; 3 (15). 32-39 p. <http://dx.doi.org/10.12737/2782-490X-2025-4-3-32-39>

# References

1. Toygildin AL, Podsevalov MI, Ostin VN. [Prospects for the use of oilseed crops in crop rotations of forest-steppe zone of Volga region]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 2(54). 54-61 p. doi: 10.18286/1816-4501-2021-2-54-61.
2. Gabbasov II, Nizamov RM, Suleymanov SR. [Influence of Izagri brand fertilizers on growth processes and productivity of spring rape]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2019; Vol.33. 5. 34-38 p. doi: 10.24411/0235-2451-2019-10508.
3. Oleynikova EN, Yanova MA, Pyzhikova NI. [Spring rape is a promising crop for the development of agro-industrial complex of Krasnoyarsk Krai]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; 1(142). 74-80 p.
4. Zubkova TV, Motyleva SM, Vinogradov DV. [Study of the influence of organic and mineral fertilizers on rapeseed yield and ash composition of its oilseeds]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2022; 1(57). 77-84 p. doi: 10.18286/1816-4501-2022-1-77-84.
5. Tsybulko NN, Puchenko SS. [Efficiency of applying differentiated doses of mineral fertilizers for spring rape on sod-podzolic light loamy soils with varying degrees of erosion]. *Pochvovedenie i agrokhimiya*. 2015; 1 (54). 189-200 p.
6. Goltzman SV, Gorbacheva TV, Rendov NA. [Intensification of spring rapeseed cultivation technology for oilseeds]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015; 1 (17). 12-14 p.
7. Nurlygayanova RB. [Spring rape supports farmers]. *Agrarnaya tema*. 2012; 10 (39). 43 p.
8. Halpern M, Yermiyahu U, Bar-Tal A. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*. 2015; Vol.130. 141-174 p. doi: 10.1016/bs.agron.2014.10.001.p.
9. Kulikova AKh, Karpov AV, Pakhalin VA. [Effect of zeolite and fertilizers based on it on the nutrient regime of leached chernozem and rapeseed yield]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2023; 4 (64). 37-42 p. doi: 10.18286/1816-4501-2023-4-37-42.
10. Srivastava AK, Suprasanna P, Pasala R. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating red signaling as a possible unifying mechanism. *Advances in Agronomy*. 2016; Vol.137. 237-278 p. doi: 10.1016/bs.agron.2015.12.002.
11. Zubkova TV, Vinogradov DV. [Effect of natural mineral on properties and yield of spring rape]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2023; 2(62). 12-20 p. doi: 10.18286/1816-4501-2023-2-12-20.
12. Breskina GM, Masyutenko NP, Chuyan NA. [Biopreparations as a means of restoring the health of chernozem soils]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2022; 2(58). 25-31 p. DOI 10.18286/1816-4501-2022-2-25-31.
13. Yushkevich LV, Shchitov AG, Pakhotina IV. [Agrotechnical features of the formation of spring wheat productivity after rapeseed in the forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 4(56). 46-52 p. doi: 10.18286/1816-4501-2021-4-46-52.
14. Zubkova TV, Vinogradov DV. [Properties of organomineral fertilizer based on chicken manure and its application in spring rapeseed technology for seeds]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 1(53). 46-54 p. doi: 10.18286/1816-4501-2021-1-46-54.
15. Gataullin DG, Safiollin FN, Minnullin GS. [Anti-stress and phytohormone preparations in the technology of spring rapeseed cultivation on gray forest soils of the Republic of Tatarstan]. *Agrokhimicheskiy vestnik*. 2021; 2. 45-49 p. doi: 10.24412/1029-2551-2021-2-009.
16. Verma LC, Prasad A. Estimation of yield gap in rapeseed-mustard through cluster front line demonstrations. *Journal of Krishi Vigyan*. 2023; Vol.11. 2. 140-144 p. doi: 10.5958/2349-4433.2023.00024.7.
17. Khayrullin AM., Gayfullin RR, Sergeev VS. [Formation of spring rapeseed oilseeds yield when treating the seed material with microfertilizers]. *Agrarnaya nauka*. 2020; 1. 62- 65 p.
18. Selyakov AA, Bogatyreva AS, Akmanaev ED. [Influence of sowing methods on yield and biochemical composition of oilseeds of spring rape varieties in Middle Urals]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019; Vol.14. 2. 47-51 p.

# Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest. This work was supported by a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan (agreement No. 146/2024 – PD dated December 16, 2024) for young candidates of science (postdoctoral students) to defend their doctoral dissertations, conduct research and perform work functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan.

# Authors:

Suleymanov Salavat Razyapovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Head of Land Management and Cadastre Department, e-mail: [dusai@mail.ru](mailto:dusai@mail.ru)

Nizamov Rustam Mingazizovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of General Agriculture, Plant Protection and Breeding, e-mail: [nizamovr@mail.ru](mailto:nizamovr@mail.ru)  
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.