

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.67:633.31/.37

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-314-331

Показатели формирования агрофитоценозов зернобобовых культур при применении стимулирующих биопрепаратов в условиях орошения

**Владимир Александрович Шадских¹, Вера Евгеньевна Кижаева²,
Виктория Олеговна Пешкова³**

^{1, 2, 3}Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация

¹shadskva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3848-8485>

²ave.61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5319-3112>

³peshkova_vk@mail.ru

Аннотация. Цель: изучение эффективности применения стимулирующих биопрепаратов для повышения продуктивности зернобобовых культур в орошаемых агроценозах Поволжья. **Материалы и методы.** Полевой опыт был заложен в 2021–2023 гг. в зернокаротном севообороте. На базе опытно-производственного хозяйства Волжского НИИ гидротехники и мелиорации были проведены исследования, посвященные применению при возделывании зернобобовых культур стимулирующих биопрепаратов: инокуляционный препарат, содержащий Мезорин 7 + Ризоторфин (фунгицид и азот-продуцирующие бактерии высокой концентрации); микроудобрения по фазам вегетации культур, содержащие микроэлементы и аминокислоты. Контрольным был вариант без использования стимулирующих биопрепаратов и микроудобрений. В опыте использовали следующие культуры: сою сорта Марина, горох лущильный сорта Альфа и бобы сорта Русские черные. **Результаты.** Выявлено, что при обработке семян перед севом биопрепаратом Мезорин 7 + Ризоторфин нарастание зеленой массы от фазы цветения до фазы полной спелости семян идет медленно: горох – 1005,3–1153,5 г/кв. м, соя – 2092,3–2997,3 г/кв. м, бобы – 3121,3–3324,3 г/кв. м. При обработке посевов микроудобрениями по вегетации к фазе начала бобообразования прирост надземной массы составляет: горох – 1668,5 г/кв. м, соя – 2772,3 г/кв. м, наибольшее значение выявлено у бобов (3140,5 г/кв. м). Выявлено положительное влияние стимулирующих биопрепаратов на продуктивность и качество зернобобовых культур при возделывании на орошаемых землях. Максимальная биологическая урожайность достигнута при применении комплекса микроудобрений в течение периода роста и развития растений сои – 3,83 т/га, гороха – 1,52 т/га, а наиболее перспективным является производство бобов с урожайностью 13,08 т/га. **Выводы.** Результаты изучения особенностей формирования и продуктивности агрофитоценоза зернобобовых культур подтвердили высокую эффективность применения стимулирующих биопрепаратов и микроудобрений для повышения урожая на орошении.

Ключевые слова: биопрепараты, зернобобовые, соя, бобы, горох, инокуляция семян, внесение микроудобрений

Для цитирования: Шадских В. А., Кижаева В. Е., Пешкова В. О. Показатели формирования агрофитоценозов зернобобовых культур при применении стимулирующих биопрепаратов в условиях орошения // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 314–331. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-314-331>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

The indicators of formation of agrophytocenoses of leguminous crops using stimulating biologics under irrigation

Vladimir A. Shadskikh¹, Vera E. Kizhaeva², Victoria O. Peshkova³

^{1, 2, 3}Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation

¹shadskva@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3848-8485>

²ave.61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5319-3112>

³peshkova_vk@mail.ru

Abstract. Purpose: to study the efficiency of using stimulating biologics on the productivity of leguminous crops in irrigated agrocenoses of the Volga region. **Materials and methods.** The field experience was laid in 2021–2023 on grain feed crop rotation. On the basis of the experimental production farm of the Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, studies were conducted on the use of stimulating biological preparations in the leguminous crop cultivation: an inoculation preparation containing Mesorin 7 + Rhizotorphin, which contains a fungicide + nitrogen-producing bacteria of high concentration; micro-fertilizers according to the phases of vegetation of leguminous crops, containing trace elements and amino acids. The control option was without the use of stimulating biologics and micronutrients. The following leguminous crops were used in the experiment: Marina soy varieties, Alpha peas and Russian black beans. **Results.** In the course of research, it was found that when seeds are treated before sowing with the biological preparation Mesorin 7 + Rhizotorphin, the growth of green mass from the flowering phase to the full ripeness phase of seeds is slow: peas – 1005.3–1153.5 g/m², soybeans – 2092.3–2997.3 g/m², beans – 3121.3–3324.3 g/m². When processing crops with micro fertilizers during the growing season to the phase of the beginning of bean formation, the increase in aboveground mass is: peas – 1668.5 g/m², soybeans – 2772.3 g/m², the highest value was found in beans 3140.5 g/m². The positive effect of stimulating biologics on the productivity and quality of leguminous crops when cultivated on irrigated lands was revealed. The maximum biological yield was achieved with the use of a set of micro fertilizers during the period of growth and development of soybean plants – 3.83 t/ha, peas – 1.52 t/ha, and the most promising is the production of beans with a yield of 13.08 t/ha. **Conclusions.** The results of studying the features of the formation and productivity of the agrophytocenosis of leguminous crops confirmed the high efficiency of the use of stimulating biological preparations and micro fertilizers to increase the yield on irrigation.

Keywords: biologics, grain legumes, soybeans, beans, peas, seed inoculation, micro-nutrient application

For citation: Shadskikh V. A., Kizhaeva V. E., Peshkova V. O. The indicators of formation of agrophytocenoses of leguminous crops using stimulating biologics under irrigation. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(4):314–331. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-314-331>.

Введение. В орошаемом земледелии в последние годы интерес для сельхозтоваропроизводителей представляют такие зернобобовые культуры, как соя, горох и бобы пищевые. Зернобобовые культуры являются не только

основным источником пищевого растительного белка, но и хорошими заменителями животного белка. Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства возрастает при использовании зернобобовых культур в качестве корма для скота и птицы, а при глубокой переработке зерна на продовольственные цели достигает максимума. Поэтому производство высококачественного зерна бобовых культур на промышленной основе является одной из стратегических задач в обеспечении приготовления круп, муки, кондитерских изделий, консервов, пищевых и кормовых концентратов. Из незрелых семян и плодов многих бобовых изготавливают овощные консервы. Масло из семян сои имеет как пищевое, так и техническое значение, а фермент уреазу (из белка зерна бобовых культур) применяют в медицине. Проблема возделывания зернобобовых культур на зерно является одной из наиболее сложных. Доля растительного белка, получаемого с посевов зернобобовых культур, в последние годы не превышает 3–5 %. При возделывании зернобобовых культур существенное влияние оказывают агроэкологические факторы, предшествующая культура, сорта и гидротермические условия произрастания, влияние которых успешно минимизируется при применении инокуляции семян перед севом, орошения, внесении ростостимулирующих биопрепаратов, микроудобрений [1–3].

При соблюдении особенностей технологии возделывания зернобобовые культуры способны давать значительные урожаи на большинстве типов почв, что в значительной степени обуславливает широкий ареал их распространения.

В опытах использовали зернобобовые культуры: сою сорта Марина, горох лущильный сорта Альфа и бобы сорта Русские черные, агрономические признаки, морфологические и производственные характеристики которых следующие.

Сорт сои Марина – среднеранний сорт (вегетационный период –

99 дней), засухоустойчивый. Включен в Госреестр по Нижневолжскому (8) региону в 2017 г. Растение детерминантного типа развития, средней высоты (110–120 см), полупрямостоячее, устойчивое к полеганию. Опушение главного стебля рыжевато-коричневое. Боковой листочек сложного листа заостренно-яйцевидный. Время начала цветения раннее, цветок белый. Семена среднего размера, удлинено-приплюснутые, желтые, блестящие, с изредка встречающейся пигментацией, рубчик светло-коричневый, слабо выраженный. Масса 1000 семян – 144 г. Высота прикрепления нижних бобов – 19,1–20,7 см. Основные достоинства сорта: немодифицированный сорт, высокоустойчивый к растрескиванию бобов при созревании. Содержание жира в абсолютно сухих семенах – 19,6–20,1 %. Содержание сырого протеина в семенах – 39,0–40,6 %. На чистых от сорняков полях, при внесении гербицидов предпочтителен рядовой посев. На засоренных полях возможен высеv ширококрядно с междурядьями 45, 60, 70 см. Норма высева при рядовом посеве (при орошении) – 0,7–0,75 млн шт./га, при ширококрядном (45 см) – 0,55–0,65 млн шт./га. Норма высева при посеве на богаре пропашными сеялками устанавливается в размере 400–500 тыс. шт./га (70–80 кг/га). При использовании зерновых сеялок норму высева необходимо увеличить на 30–35 %. Поражение вредителями и болезнями минимальное. Орошение проводится по схеме 70-80-70 % от наименьшей влагоемкости (НВ). Потенциальная урожайность семян в основных посевах до 3,5 т/га. Урожайность семян при стандартной влажности 2,8 т/га.

Горох луцильный сорта Альфа – полукарликовая культура высотой 50–55 см; бобы темно-зеленые, средняя длина – 8 см, ширина – 1,3 см, внутри содержится 5–9 семян; форма боба саблевидная или слегка изогнутая; мякоть зеленая, вкус сладковатый; сорт раннеспелый – после всходов до сбора урожая проходит в среднем 50 дней; от первого боба образуется до 10 узлов, в общей сложности – до 20; простой стебель с укороченными

междоузлиями; средняя урожайность – 0,5 кг/м². Преимущества у сорта Альфа: выращивание в открытом грунте; холодоустойчивость; стойкость к весенним заморозкам; раннее созревание; ровные размеры и окраска бобов; отсутствие необходимости в организации опор на грядке; устойчивость к фузариозу и аскохитозу; отличные вкусовые характеристики; универсальность плодов – можно употреблять в свежем виде, консервировать; культура эффективна в качестве сидерата. Норма высева при рядовом посеве (при орошении) – 1200 тыс. шт./га, при широкорядном – 600 тыс. шт./га.

Для успешного выращивания необходимы оптимальные условия, нейтральная кислотность почвы 6,5–7 рН. Заморозков культура не боится, поэтому посадку можно планировать на вторую декаду апреля, семена прорастают при 2–5 °С. Вегетационный период длится в среднем 45 дней, поэтому высев гороха возможно проводить до первой декады июля. Для получения гороха молочной спелости и на семена возможно провести посадку в два этапа с интервалом в 2 недели. Всходы появляются примерно через 1,5 недели, орошение необходимо проводить регулярно, культуре нужна влажная почва. Особенно важен полив во время фазы цветения гороха. До цветения достаточно поливать культуру 1 раз в 7 дней объемом 250 м³/га при схеме 70-80-70 % от НВ. В таком же режиме поливать культуру во время плодоношения, сколько бы оно ни занимало. Нельзя допускать пересыхания почвы, иначе цветоносы и завязи будут опадать.

Горох Альфа – сорт с отличными характеристиками и минимумом недостатков, при соблюдении технологических приемов при выращивании культуры он дает урожай более 3,0 т/га. Для конкретных почвенно-климатических условий Госсорткомиссия ежегодно публикует рекомендации по подбору сортов, допущенных к использованию в конкретных регионах Поволжья [4].

Сорт бобов Русские черные – среднеспелый холодостойкий сорт.

От всходов до готовности боба к употреблению в пищу 35–45 дней, 60–65 дней от посева до технической спелости, до созревания семян – 95–105 дней. Стебель растения ветвистый, высотой 60–100 см. Боб-лопатка длиной до 10 см содержит 4–5 зерен. Бобы мясистые, нежные, сочные, без пергаментного слоя в створках боба, в технической спелости зеленые, длиной 7–10 см. Зерна светло-зеленые, с высоким содержанием белка и сахара. Невызревшие семена – светлые, зрелые – темно-фиолетовые. Семена высевают во влажную почву на глубину 6–8 см ленточным способом с расстоянием между лентами 50–60 см и между рядами в ленте – 25–30 см. Расстояние между растениями в ряду – 3–5 см. Дальнейший уход за растениями заключается в рыхлении, регулярных подкормках, легких окучиваниях и поливе при поддержании влажности не ниже 70–80–70 % от НВ. Возможно проводить посев бобов в два срока с интервалом 15 дней для получения урожая разного применения, так же, как и гороха. Инокуляция и подкормки микроэлементами в течение вегетации положительно влияют на ускоренное формирование урожая зернобобовых культур и, соответственно, на элементы структуры урожая [5–7].

Главной причиной, сдерживающей распространение зернобобовых культур, является нестабильная по годам урожайность. В связи с этим возникает необходимость проведения исследований, посвященных разработке приемов повышения продуктивности сои, гороха, бобов на основе применения современных биостимуляторов, содержащих концентрированные штаммы азотобактерий, микроудобрения.

В опытах применяли следующие препараты:

- Мезорин 7 + Ризобакт – жидкий биопрепарат с азотпродуцирующими бактериями. Мезорин 7 содержит штамм ассоциативных азотофиксаторов фунгицидно-стимулирующего действия с функцией воздействия на патогенную микрофлору. Ризобакт – жидкий биопрепарат, содержащий

концентрированные азотофиксирующие бактерии на основе гамма-стерильного торфа. Инокуляцию семян зернобобовых культур бактериальными препаратами на основе концентрированных и высокоактивных штаммов ризобий провели перед севом, что становится обязательным приемом технологии их возделывания, это обеспечивает содержание сырого протеина в семенах на 2,0 % больше, чем без обработки семян [8–10];

- микроудобрения – комплекс микроэлементов, примененный по фазам вегетации зернобобовых культур. Микроудобрение молибден и марганец – в фазе всходов для снятия стресса после использования нитроаммофоски, по всходам надземной массы внесли бор, который сбалансировал питание зернобобовых микроэлементами, а также в течение вегетации применили жидкое органоминеральное удобрение цинк и кремний для продуктивности и качества зерна зернобобовых, а также предотвращения полегания культур. Применение подкормок с микроудобрениями ускоряет развитие растений в среднем на 3–6 дней, максимально обеспечивает сохранность зернобобовых культур к уборке [11, 12].

Цель исследований – оценить показатели формирования агрофитоценозов зернобобовых культур и определить структуру урожая с целью повышения продуктивности посевов за счет применения стимулирующих препаратов.

Материалы и методы. Постановка полевого опыта осуществлялась в 2021–2023 гг. в орошаемом севообороте опытно-производственного хозяйства «ВолжНИИГиМ». Агротехника зернобобовых культур на орошении общепринятая для Поволжского региона. Почвы опытного участка – темно-каштановые среднесуглинистые, уплотненные.

На экспериментальных делянках провели сплошной посев сеялкой точного высева в сцепке с трактором обычным рядовым способом на глубину 5–6 см: горох (1,2 млн шт./га) с междурядьем 15 см; соя (1,0 млн шт./га)

с междурядьем 15 см; бобы (0,5 млн шт./га) с междурядьем 70 см. Полевые наблюдения и лабораторные исследования проводили в соответствии с календарным планом по общепринятым методикам. В опытах принят оптимальный режим орошения для поддержания влажности почвы не ниже 70-80-70 % НВ, который дифференцировали исходя из уровня увлажнения корнеобитаемого слоя почвы по фазам развития зернобобовых культур по слоям промачивания – 0–30, 30–60 и 60–100 см. Для этого определяли влажность корнеобитаемого слоя почвы, и когда она приближалась к нижнему порогу, проводили очередной полив.

Определение влажности почвы проводили термостатно-весовым методом, когда из разных слоев почвы (0–0,1; 0,1–0,2; 0,2–0,3; 0,3–0,4; 0,4–0,5; 0,5–0,6; 0,6–0,7; 0,7–0,8; 0,8–0,9; 0,9–1 м) по фазам вегетации зернобобовых культур отбирались образцы почвы. Далее их взвешивали и сушили (6–8 ч) при температуре 105 °С до постоянного веса. Проводили расчет влажности каждого слоя почвы по формуле:

$$W = 100H\alpha\beta,$$

где W – влагозапасы в расчетном слое почвы, м³/га;

H – расчетный слой почвы, для которого определяются запасы влаги, м;

α – объемная масса этого слоя, т/м³;

β – средняя влажность почвы в расчетном слое, га.

Проводили вычисление среднеарифметических показателей влажности увлажняемого слоя почвы и сравнивали с рекомендуемым нижним порогом для зернобобовой культуры. Если они близки, то назначали очередной полив (допустимое отклонение $\pm 2-3$ %).

В первый период роста и развития сои, гороха и бобов (фазы: появление всходов – начало цветения) вегетационные поливы назначали при снижении влажности в слое почвы 40 см до 70 % НВ. Во второй период (начало цветения – бобообразование) предполивная влажность почвы

не должна была опускаться ниже 80 % от НВ в слое 0–60 см. В третий период (бобообразование – полная спелость семян) поливы назначали при снижении влажности до 70 %. Поливные нормы в начале и в конце вегетации сои умеренные: 250–350 м³/га, во второй период максимального водопотребления они увеличивались до 500–550 м³/га.

Расчеты доз внесения минеральных удобрений проводились по результатам агрохимического анализа почвы^{1, 2}.

Анализ структуры урожая сои, гороха, бобов проводили по пробным снопам, определяли вес растений с 1 м² по фазам вегетации (цветение, плодообразование, полная спелость), сухую и сырую массу, также вес семян с одного пробного снопа и 1000 зерен. Уборку проводили поделочно в фазе полной спелости при влажности 14 %. Повторность опыта трехкратная, общая площадь опыта – 648 м², площадь делянок – 36 м² (длина – 10 м, ширина – 3,6 м), размещение делянок систематическое.

При возделывании зернобобовых культур по разработанной технологии в ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» в 2021–2023 гг. до посева провели обработку экспериментальных участков почвенным гербицидом Гермес. Далее по вариантам опыта – обработка семян зернобобовых культур перед севом биопрепаратом Мезорин 7 + Ризобакт нормой расхода 300 г на 10 л воды и обработка по вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn [13, 14].

Результаты и обсуждение. Для характеристики почвенных условий опытного участка в ОПХ «ВолжНИИГиМ» весной до посева согласно методике отобрались образцы почв. Средние данные за период возделывания зернобобовых культур представлены в таблице 1.

¹ГОСТ 26488-85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. Введ. 1986-07-01. 4 с.

²ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. Введ. 1993-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1992. 8 с.

**Таблица 1 – Агрохимическая характеристика темно-каштановых почв
опытного участка ОПХ «ВолжНИИГиМ»**

**Table 1 – Agrochemical characteristics of dark chestnut soils of the
experimental section of the pilot production facilities of the Volga
Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation**

Вегетационный период	Гумус, %	N-NO ₃ , мг/100 г почвы	P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	K ₂ O, мг/100 г почвы
Начало вегетации	2,37	2,23	5,16	26,67
Налив семян, конец вегетации	2,34	2,37	5,05	25,03
Вынос за период вегетации	–0,03	+0,14	–0,11	–1,64

В начале периода вегетации зернобобовых культур почва содержала: гумуса – 2,37 %, доступного азота N-NO₃ – 2,23 мг/100 г почвы (средняя обеспеченность), подвижного фосфора P₂O₅ – 5,16 мг/100 г почвы (достаточная обеспеченность), обменный калий K₂O находился в почве в пределах 26,67 мг/100 г почвы (повышенная обеспеченность). В конце вегетации: гумуса – 2,34 %, N-NO₃ – 2,37 мг, P₂O₅ – 5,05 мг, K₂O – 25,03 мг. Вынос за период вегетации характеризуется как минимальный: гумус минус 0,03 %, выявлена прибавка доступного азота N-NO₃ +0,14 мг, уменьшился незначительно P₂O₅ – минус 0,11 мг и K₂O – минус 1,64 мг.

На посевах зернобобовых культур систематически велись наблюдения за влажностью почвы. Перед севом влажность почвы в пахотном слое составила 70 % НВ, в подпахотном – 75 % НВ, в метровом слое влажность почвы была на уровне 70 % НВ. По мере роста и развития растений в период ветвления влажность достигала 59 % НВ в расчетном слое почвы 0–50 см. Первый вегетационный полив на экспериментальном участке в ОПХ «ВолжНИИГиМ» проводили при фактической влажности почвы 59 % НВ, что и обусловило высокую поливную норму – 500 м³/га. В июне в фазе начала цветения влажность почвы опустилась значительно ниже рекомендованных значений.

В среднем за годы исследований при обработке микроудобрениями к фазе цветения у зернобобовых культур надземная масса накапливалась на

уровне: соя 2762,3 г/м², горох 1625,4 г/м², максимальное значение выявлено у бобов 3131,3 г/м². При обработке семян перед севом только биопрепаратом Мезорин 7 + Ризоторфин без внесения микроудобрений нарастание зеленой массы от фазы цветения до фазы полной спелости семян находилось в пределах: соя 2092,3–2997,3 г/м², горох 1005,3–1153,5 г/м², бобы 3121,5–3324,3 г/м² (таблица 2).

Таблица 2 – Надземная масса зернобобовых культур по фазам развития в зависимости от применения препаратов в среднем за 2021–2023 гг.

В г/м²

Table 2 – Top mass of leguminous crops in development phases depending on the use of biologics on average for 2021–2023

In g/m²

Культура	Вариант опыта	Цветение	Бобообра- зование	Полная спе- лость семян
Соя сорта Марина	Без обработки	1633,5	1733,3	2293,6
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	2092,3	2570,3	2997,3
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	2762,3	2772,3	3077,1
Горох сорта Альфа	Без обработки	726,3	861,1	904,7
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	1005,3	1011,3	1153,5
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	1625,4	1668,5	1673,5
Бобы сорта Русские черные	Без обработки	1931,1	1956,0	1985,2
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	3121,3	3196,6	3324,3
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	3131,3	3140,5	3444,3

На всех культурах зернобобовых, как с применением инкрустации семян биопрепаратом или внесением микроудобрений, так и без применения стимулирующих биопрепаратов, к фазе полной спелости семян нарастание надземной массы увеличивается. Лучшая прибавка к этой фазе достигается на культуре бобов в варианте обработки по фазам вегетации микроудобрениями (Si, Mo, B, Zn, Mn), где обеспечивается прибавка 1459,1 г/м² (в сравнении с контролем без внесения микроудобрений по вегетации).

Максимальная наземная масса в фазе полной спелости семян на варианте с микроудобрениями составляет на сое 3077,1 г/м², горохе 1673,5 г/м².

Наилучшие показатели накопления надземной массы посевов зернобобовых были в фазе полной спелости бобов. Если сравнивать эффект от примененных биопрепаратов (с учетом того, что каждая культура имеет свои биологические особенности), ощутимая прибавка по накоплению сухого вещества прослеживается у бобов в сравнении с соей и горохом (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика накопления сухого вещества посевами зернобобовых культур в зависимости от применения препаратов в среднем за 2021–2023 гг.

В г/м²

Table 3 – Dynamics of dry matter accumulation by leguminous crops depending on application of drugs, on average for 2021–2023

In g/m²

Культура	Вариант опыта	Цветение	Бобообра- зование	Полная спе- лость семян
Соя сорта Марина	Без обработки	980,1	1040,0	1376,2
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	1255,4	1542,2	1798,4
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	1657,4	1663,4	1846,3
Горох сорта Альфа	Без обработки	363,2	430,5	452,4
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	502,7	505,6	576,8
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	812,7	834,3	836,8
Бобы сорта Русские черные	Без обработки	1351,8	1369,2	1389,6
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	2185,0	2237,6	2327,0
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	2191,9	2198,4	2411,0

Наибольшее накопление сухого вещества было в фазе полной спелости у сои 1846,3 г/м², гороха 836,8 г/м², бобов 2411,0 г/м² при обработке посевов микроудобрениями. При обработке семян зернобобовых культур препаратом Мезорин 7 + Ризобакт также выявлено повышенное накопление сухого вещества в сравнении с контрольным вариантом: соя 1376,2/1798,4 г/м², горох 452,4/576,8 г/м², бобы 1389,6/2327,0 г/м², где в числителе контроль, в зна-

менатели показатели в фазе полной спелости. Таким образом, применение микроудобрений по фазам роста и развития растений существенно влияет на накопление надземной массы. Максимальное накопление обеспечивают посевы бобов на варианте с обработкой микроудобрением Mo + Mn после сева, в фазе ветвления – В, в фазе начала плодообразования – жидким органоминеральным удобрением Zn + Si.

Анализ показателей структуры урожая в среднем за годы исследований позволил выявить следующие особенности. Минимальное количество бобов на одном растении при обработке Мезорин 7 + Ризобакт у сорта сои Марина достигает 20,9 шт., а применение подкормок микроудобрениями существенно увеличивает количество бобов (22,2 шт.) (таблица 4).

Таблица 4 – Средние показатели структуры урожая зернобобовых культур в зависимости от применения препаратов в среднем за 2021–2023 гг.

Table 4 – Average indicators of the yield structure of leguminous crops depending on the use of biologics on average for 2021–2023

Культура	Вариант опыта	Количество бобов на одном растении, шт.	Количество семян в бобе, шт.	Масса 1000 семян, г
Соя сорта Марина	Без обработки	18,3	1,79	153,9
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	20,9	2,07	158,7
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	22,2	2,52	170,4
Горох сорта Альфа	Без обработки	10,1	5,05	139,2
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	12,3	6,75	207,1
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	12,5	6,88	238,6
Бобы сорта Русские черные	Без обработки	15,3	1,92	1242,3
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	16,2	2,59	1339,2
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mg, Mn	16,4	2,76	1428,7

Масса 1000 семян сои в среднем за три года составила 153,9 г без применения обработок и подкормок, при обработке препаратом Мезо-

рин 7 + Ризобакт – 158,7 г, наилучшие показатели были достигнуты при внесении микроудобрений по вегетации культуры – 170,4 г, что говорит о положительном влиянии биопрепаратов на зерно сои. Так же по массе 1000 семян при применении микроудобрений проявили себя горох – 238,6 г и бобы – 1428,7 г.

Три года применения микроудобрений позволяют повысить биологическую урожайность посевов зернобобовых культур (таблица 5).

Таблица 5 – Среднее значение биологической урожайности зернобобовых культур в зависимости от применения препаратов

В т/га

Table 5 – Average biological yield of leguminous crops depending on the biologics application

In t/ha

Культура	Вариант опыта	Биологическая урожайность			
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Соя сорта Марина	Без обработки	3,15	3,07	3,10	3,11
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	3,54	3,50	3,15	3,39
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	3,71	3,74	4,05	3,83
HCP ₀₅		0,83	0,54	1,05	1,13
Горох сорта Альфа	Без обработки	0,94	0,78	1,02	0,93
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	1,30	1,32	1,40	1,34
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	1,47	1,49	1,52	1,49
HCP ₀₅		0,51	0,43	0,95	0,96
Бобы сорта Русские черные	Без обработки	8,83	8,78	8,05	8,55
	Инкрустация семян Мезорин 7 + Ризобакт	11,30	12,09	12,38	11,92
	Обработка по фазам вегетации микроудобрениями Si, Mo, B, Zn, Mn	12,35	13,08	12,40	12,61
HCP ₀₅		0,68	0,72	0,83	1,21

Максимальный показатель биологической урожайности посевов сои за годы исследований составил 4,05 т/га при внесении микроудобрений по фазам вегетации культуры в 2023 г. Биологическая урожайность гороха была наибольшей в 2022 и 2023 гг. – 1,49 и 1,52 т/га, у бобов наилучший

урожай 13,08 т/га был получен в 2022 г. (при внесении микроудобрений по вегетации в агроценозах этих двух культур).

Инокуляция семян зернобобовых перед севом заметно повышает биологический урожай всех культур в сравнении с контрольными вариантами (в среднем на 27 %).

Выводы. Результаты изучения особенностей формирования и продуктивности агроценозов зернобобовых культур на примере сои сорта Марина, гороха луцильного сорта Альфа и бобов сорта Русские черные в полевых опытах подтвердили высокую эффективность применения инкрустации семян препаратом Мезорин 7 + Ризобакт и обработки микроудобрениями по фазам вегетации для повышения показателей урожая этих культур в условиях орошения.

Установлено, что использование комплексного препарата Мезорин 7 + Ризобакт при инокуляции семян зернобобовых перед севом усиливает процесс накопления надземной массы и, как следствие, повышается продуктивность зернобобовых культур, однако наиболее существенное влияние на накопление надземной массы и повышение урожайности семян оказывает применение микроудобрений, прибавка по средним данным за годы исследований показывает, что урожай зерна в сравнении с контролем по культурам составил: соя – 0,72 т/га, горох – 0,56 т/га, бобы – 4,06 т/га.

Список источников

1. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т. Зависимость урожайности сои от эколого-агрохимических факторов // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 3. С. 16–18. DOI: 10.31857/S2500-26272019316-18.
2. Саниев Р. Н., Васин В. Г., Кузнецова Е. С. Показатели формирования агрофитоценоза сои при применении стимулирующих препаратов // Зернобобовые и крупяные культуры. 2022. № 4(44). С. 84–89. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-84-89.
3. Шадских В. А., Кижаева В. Е. Эффективность освоения адаптивной ресурсосберегающей технологии сои в Саратовском Заволжье // Орошаемое земледелие. 2021. № 3(34). С. 23–26. DOI: 10.35809/2618-8279-2021-3-3.
4. Борисов Н. Горошина к горошине, рубль к рублю. Как сохранить урожай гороха и не потерять деньги // АгроФорум. 2021. № 7. С. 66–72.
5. Эффективность современных агротехнологических приемов возделывания

фасоли обыкновенной в условиях орошения в Астраханской области / Н. В. Тютюма, А. Н. Бондаренко, Г. С. Егорова, Н. В. Кузнецова // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 2. С. 186–197. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1362> (дата обращения: 01.09.2023). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-186-197.

6. Кормовые бобы в экологическом земледелии / К. Г. Магомедов, Т. М. Чапаев, А. Э. Амшонов, И. В. Хакулов, А. Б. Забаков // Перспективные инновационные проекты молодых ученых: материалы VIII Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2021. С. 169–172.

7. Response green bean plants growth, yield and nutritional status to foliar application of cytokinin under compost amendment / H. S. El-Batran, N. M. K. Hassan, M. A. A. Abdullah, H. A. Ibrahim // International Journal of Health Sciences. 2022. 6(S1). P. 8057–8064. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.6758>.

8. Бондаренко А. Н. Оценка экономической эффективности агротехнологических приемов биологизации при возделывании зернобобовых культур в условиях Северо-Западного Прикаспия // Вестник Курской ГСХА. 2018. № 5. С. 67–72. DOI: 10.18551/issn1997-0749.2018-05.

9. Оценка влияния инокуляции семян на урожайность сои в Орловской области / Е. В. Кирсанова, З. Р. Цуканова, А. Г. Васильчиков, Е. И. Чекалин // Вестник ОрелГАУ. 2017. № 4(64). С. 62–68.

10. Хамоков Х. А. Влияние инокуляции семян на элементы продуктивности посевов сои // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 5(61). С. 33–34.

11. Влияние удобрения минерального с микроэлементами нанокремний на продуктивность сои при орошении / В. А. Шадских, В. Е. Кизжаева, В. О. Пешкова, Д. Г. Кайбалиев, А. А. Мясников // Продовольственный рынок и технологии АПК. 2020. № 1(57). С. 42–43.

12. Влияние микроэлементов и микробиологических препаратов на урожайность и качество семян сои / И. М. Ханиева, А. Л. Бозиев, И. Х. Тлостанов, А. З. Кушхабиев // Международные научные исследования. 2017. № 3(32). С. 206–208.

13. Шадских В. А., Пешкова В. О., Рассказова О. Л. Инновационные агроприемы в ресурсосберегающей технологии возделывания сои на орошении // Вестник мелиоративной науки. 2020. № 2. С. 116–122.

14. Шадских В. А., Кизжаева В. Е., Пешкова В. О. Оценка биотехнологического метода повышения продуктивности сои на орошаемых землях // Орошаемое земледелие. 2019. № 4. С. 22–25. DOI: 10.35809/2618-8279-2019-4-4.

References

1. Sinegovskaya V.T., Naumchenko E.T., 2019. *Zavisimost' urozhaynosti soi ot ekologo-agrokhimicheskikh faktorov* [Dependence of soybean yield on ecologo-agrochemical factors]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* [Russian Agricultural Science], no. 3, pp. 16–18, DOI: 10.31857/S2500-26272019316-18. (In Russian).

2. Saniev R.N., Vasin V.G., Kuznetsova E.S., 2022. *Pokazateli formirovaniya agrofytotsenoza soi pri primenении stimuliruyushchikh preparatov* [Indicators of the formation of soybean agrophytocenosis when using stimulating drugs]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and Groat Crops], no. 4(44), pp. 84–89, DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-84-89. (In Russian).

3. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., 2021. *Effektivnost' osvoeniya adaptivnoy resursosberegayushchey tekhnologii soi v Saratovskom Zavolzh'e* [Efficiency of development of adaptive resource-saving soybean technology in Saratov Trans-Volga region]. *Oroshaemoe*

zemledelie [Irrigated Agriculture], no. 3(34), pp. 23-26, DOI: 10.35809/2618-8279-2021-3-3. (In Russian).

4. Borisov N., 2021. *Goroshina k goroshine, rubl' k rublyu. Kak sokhranit' urozhay gorokha i ne poteryat' den'gi* [Pea to pea, ruble to ruble. How to preserve the pea harvest and not lose money]. *AgroForum* [AgroForum], no. 7, pp. 66-72. (In Russian).

5. Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Egorova G.S., Kuznetsova N.V., 2023. Efficiency of modern agrotechnological methods of Haricot (common bean) cultivation under irrigation in Astrakhan region]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 2, pp. 186-197, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1362> [accessed 01.09.2023], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-186-197. (In Russian).

6. Magomedov K.G., Chapaev T.M., Amshokov A.E., Khakulov I.V., Zabakov A.B., 2021. *Kormovye boby v ekologicheskom zemledelii* [Forage beans in ecological farming]. *Perspektivnye innovatsionnye proekty molodykh uchenykh: materialy VIII Vserossiyskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Prospective Innovative Projects of Young Scientists: Proc. of the VIII All-Russian Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists], pp. 169-172. (In Russian).

7. El-Batran H.S., Hassan N.M.K., Abdullah M.A.A., Ibrahim H.A., 2022. Response green bean plants growth, yield and nutritional status to foliar application of cytokinin under compost amendment. *International Journal of Health Sciences*, vol. 6(S1), pp. 8057-8064. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS1.6758>.

8. Bondarenko A.N., 2018. *Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti agrotekhnologicheskikh priemov biologizatsii pri vozdeleyvanii zernobobovykh kul'tur v usloviyakh Severo-Zapadnogo Prikaspiya* [Assessment of the economic efficiency of agrotechnological methods of biologization in the cultivation of leguminous crops in the conditions of the North-Western Caspian Sea]. *Vestnik Kurskoy GSKHA* [Bull. of Kursk State Agricultural Academy], no. 5, pp. 67-72, DOI: 10.18551/issn1997-0749.2018-05. (In Russian).

9. Kirsanova E.V., Tsukanova Z.R., Vasilchikov A.G., Chekalin E.I., 2017. *Otsenka vliyaniya inokulyatsii semyan na urozhaynost' soi v Orlovskoy oblasti* [Assessment of the influence of seed inoculation on soybean yield in Oryol region]. *Vestnik OrelGAU* [Bulletin of OrelGAU], no. 4(64), pp. 62-68. (In Russian).

10. Khamokov Kh.A., 2016. *Vliyanie inokulyatsii semyan na elementy produktivnosti posevov soi* [Effect of seed inoculation on the elements of soybean crops productivity]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], no. 5(61), pp. 33-34. (In Russian).

11. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., Kaibaliyev D.G., Myasnikov A.A., 2020. *Vliyanie udobreniya mineral'nogo s mikroelementami nanokremniy na produktivnost' soi pri oroshenii* [The influence of mineral fertilizer with nanosilicon microelements on soybean productivity during irrigation]. *Prodovol'stvennyy rynek i tekhnologii APK* [Food Market and Agro-Industrial Complex Technologies], no. 1(57), pp. 42-43. (In Russian).

12. Khanieva I.M., Boziev A.L., Tlostanov I.Kh., Kushkhabiev A.Z., 2017. *Vliyanie mikroelementov i mikrobiologicheskikh preparatov na urozhaynost' i kachestvo semyan soi* [The influence of microelements and microbiological preparations on productivity and quality of soybean seeds]. *Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya* [International Scientific Research], no. 3(32), pp. 206-208. (In Russian).

13. Shadskikh V.A., Peshkova V.O., Rasskazova O.L., 2020. *Innovatsionnye agropriemy v resursosberegayushchey tekhnologii vozdeleyvaniya soi na oroshenii* [Innovative agricultural practices in resource-saving technology for irrigated soybean cultivation]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Bulletin of Reclamation Science], no. 2, pp. 116-122. (In Russian).

14. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E., Peshkova V.O., 2019. *Otsenka biotekhnolog-*

ichesкого metoda povysheniya produktivnosti soi na oroshaemykh zemlyakh [Evaluation of a biotechnological method for increasing soybean productivity on irrigated lands]. *Oroshaemoe zemledelie* [Irrigated Agriculture], no. 4, pp. 22-25, DOI: 10.35809/2618-8279-2019-4-4. (In Russian).

Информация об авторах

В. А. Шадских – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, shadskva@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0007-3848-8485>, SPIN-код: 9501-6019, AuthorID: 476506, ScopusID: 57224995135;

В. Е. Кижяева – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, ave.61@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5319-3112>, SPIN-код: 6754-5928, AuthorID: 507311, ScopusID 57224992060;

В. О. Пешкова – ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации, Энгельс, Российская Федерация, peshkova_vk@mail.ru, SPIN-код: 3613-4184, AuthorID: 843622.

Information about the authors

V. A. Shadskikh – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, shadskva@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0007-3848-8485>, SPIN-код: 9501-6019, AuthorID: 476506, ScopusID: 57224995135;

V. E. Kizhaeva – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, ave.61@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5319-3112>, SPIN-код: 6754-5928, AuthorID: 507311, ScopusID: 57224992060;

V. O. Peshkova – Leading Researcher, Candidate of Biological Sciences, Volga Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Engels, Russian Federation, peshkova_vk@mail.ru, SPIN-код: 3613-4184, AuthorID: 843622.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

*Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.*

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 18.07.2023; одобрена после рецензирования 28.09.2023;
принята к публикации 17.10.2023.
The article was submitted 18.07.2023; approved after reviewing 28.09.2023; accepted for
publication 17.10.2023.*