

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-98-105>
УДК: 635.632:631.811.98(470.31)

А.Э. Маркарова¹, М.Ю. Маркарова¹,
С.М. Надежкин^{1,2*}

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный центр овощеводства" (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² УОПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова 141592, Россия, Московская область, г.о. Солнечногорск, дер. Чашниково

*Автор для переписки: nadegs@yandex.ru

Вклад авторов: Маркарова А.Э.: проведение полевых исследований, выполнение биохимических анализов, статистическая обработка данных. Маркарова М.Ю.: проведение полевых исследований, изготовление биостимулятора МБК-БИС, подготовка черновика текста статьи. Надежкин С.М.: научное и методическое руководство, работа над рукописью и редактирование статьи

Конфликт интересов. Надежкин С.М. является членом редакционной коллегии журнала «Овощи России» с 2008 года, но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляют.

Для цитирования: Маркарова А.Э., Маркарова М.Ю., Надежкин С.М. Эффективность использования биостимуляторов на капусте белокачанной в Нечерноземной зоне Российской Федерации. *Овощи России*. 2024;(6):98-105. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-98-105>

Поступила в редакцию: 29.10.2024

Принята к печати: 15.11.2024

Опубликована: 29.11.2024

Anna E. Markarova¹, Maria Yu. Markarova¹,
Sergey M. Nadezhkin^{1,2*}

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVС) 14, Selektsionnaya str., VNIISOK, Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russia

² UOPEC MSU named after M.V. Lomonosov village Chashnikovo, o. Solnechnogorsk, Moscow region, 141592, Russia

*Corresponding Author: nadegs@yandex.ru

Authors' Contribution: Markarova A.E.: conducting field studies, performing biochemical analyses, statistical data processing. Markarova M.Yu.: conducting field studies, manufacturing the MBK-BIS biostimulator, preparing the article text. Nadezhkin S.M.: scientific and methodological guidance, working on the manuscript and editing the article.

Conflict of interest. Nadezhkin S.M. has been a member of the editorial board of the Journal "Vegetable crops of Russia" since 2008, but had nothing to do with the decision to publish this manuscript. The manuscript passed the journal's peer review procedure. The authors declare no other conflicts of interest.

For citation: Markarova A.E., Markarova M.Yu., Nadezhkin S.M. The influence of biostimulations on the yield and quality of *Brassica oleracea* hybrids in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. *Vegetable crops of Russia*. 2024;(6):98-105. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2024-6-98-105>

Received: 29.10.2024

Accepted for publication: 15.11.2024

Published: 29.11.2024

Эффективность использования биостимуляторов на капусте белокачанной в Нечерноземной зоне Российской Федерации

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Необходим поиск методов получения экологически безопасной продукции и снижения пестицидной нагрузки на агробиоценозы. Биостимуляторы способны влиять на увеличение урожайности овощных культур и улучшение их качества, что подтверждается многочисленными исследованиями. Стимулирующие эффекты зависят от совокупности различных биотических и абиотических факторов. Целью исследования была оценка влияния биостимуляторов на показатели урожайности и качества капусты белокачанной в условиях Центрально-Нечерноземной зоны на тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах.

Методика. Полевой опыт проведен в условиях Нечерноземной зоны РФ на дерново-подзолистой почве в 2019-2021 годах. В опыте с двумя гибридами капусты белокачанной F₁ Зарница (среднеспелый) и F₁ Мечта (позднеспелый) изучены биостимуляторы Агрофил и МБК-БИС для замачивания семян, рассады и фоллиарной обработки. В качестве контроля рассматривали варианты без удобрения (абсолютный контроль) и фон N₉₀P₁₂₀K₁₅₀.

Результаты. Влияние минеральных удобрений на обоих гибридах характеризовалось увеличением массы кочанов на 11,7 и 23,5% соответственно. При обработке семян масса кочанов возрастала на 15-18% к фону. Дополнительная обработка стимуляторами для замачивания рассады в Агрофиле и фоллиарной обработки препаратом МБК-БИС увеличивала массу кочанов в сравнении с фоном у гибрида F₁ Зарница на 21,4 и 23,3%, F₁ Мечта – на 21,4 и 25,4%. Вклад биостимуляторов на урожайность использованных гибридов капусты более выражен на позднеспелом гибриде, что напрямую зависит от количества осадков за период вегетации. Изученные биостимуляторы способствуют увеличению содержания витамина С, клетчатки, суммы сахаров в кочанах капусты.

Заключение. Биостимуляторы МБК-БИС и Агрофил эффективны для увеличения урожайности и улучшения биохимического состава изученных гибридов капусты белокачанной в условиях Нечерноземной зоны России.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

капуста белокачанная, гибрид, биостимуляторы, Агрофил, урожайность, товарность, биохимический состав

The influence of biostimulations on the yield and quality of *Brassica oleracea* hybrids in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation

ABSTRACT

Relevance. It is necessary to search for methods for obtaining environmentally friendly products and reducing the pesticide load on agrobiocenoses. Biostimulants can influence the increase in the yield of vegetable crops and improve their quality, which is confirmed by numerous studies. Stimulating effects depend on a combination of various biotic and abiotic factors. The aim of the study was to assess the effect of biostimulants on the yield and quality of *Brassica Oleracea* in the conditions of the Central Non-Chernozem zone on heavy loamy sod-podzolic soils.

Methodology. A field experiment was carried out in the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation on sod-podzolic soil in 2019-2021. In an experiment with two hybrids of *Brassica Oleracea*: F₁ Zarnitsa (mid-early) and F₁ Mechta (late-ripening), biostimulants Agrofil and MBK-BIS were studied for soaking seeds, seedlings and foliar treatment. The control variants were without fertilizer (absolute control) and the N₉₀P₁₂₀K₁₅₀ background.

Results. The effect of mineral fertilizers on both hybrids was characterized by an increase in the weight of heads of cabbage by 11.7 and 23.5%, respectively. When treating seeds, the weight of heads of cabbage increased by 15-18% compared to the background. Additional treatment with stimulants for soaking seedlings in Agrofil and foliar treatment with the MBK-BIS preparation increased the weight of heads of cabbage in comparison with the background in the F₁ Zarnitsa hybrid by 21.4 and 23.3%, F₁ Mechta – by 21.4 and 25.4%. The contribution of biostimulants to the yield of the used cabbage hybrids is more pronounced in the late-ripening hybrid, which directly depends on the amount of precipitation during the growing season. The studied biostimulants contribute to an increase in the content of vitamin C, fiber, and the amount of sugars in cabbage heads.

Conclusion. Biostimulants MBK-BIS and Agrofil are effective for increasing the yield and improving the biochemical composition of the studied *Brassica oleracea* hybrids in the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia.

KEYWORDS:

Brassica oleracea, hybrid, biostimulants, Agrofil, productivity, marketability, biochemical composition



Введение

Биостимуляторы – препараты преимущественно природного происхождения, применяемые в ультра- и малых дозах для модификации физиологических и биохимических процессов растений с целью более полной реализации генетического потенциала их продуктивности посредством изменения гормонального статуса, активации метаболических процессов, стимуляции роста, развития и усиления способности противостоять негативному действию стрессовых факторов различной природы [1, 2].

Интерес к биологическим препаратам на основе природных штаммов микроорганизмов, способных вырабатывать различные ростостимулирующие вещества, возрастает в связи с необходимостью минимизации рисков поступления в окружающую среду и накопления пестицидов и других опасных веществ за счет частичной или полной замены химикатов на экологически безопасные агрохимикаты [3].

К микробиологическим относятся те биопрепараты, в составе которых содержатся живые клетки микроорганизмов и их метаболиты. Это могут быть препараты на основе бактерий, микроскопических грибов, комбинированные препараты, а так же препараты, содержащие помимо живых культур, продукты их жизнедеятельности [4].

Использование микробных препаратов в сельском хозяйстве значительно возросло за последние десятилетия. Биоудобрения – это биологические продукты, содержащие живые микроорганизмы, которые при нанесении на семена, поверхность растений или почвы способствуют росту таких механизмов, как увеличение поступления питательных веществ, увеличение биомассы корня или площади корня, а также увеличение способность растений поглощать питательные вещества [5].

При разработке и использовании микробных инокулянтов необходимо учитывать несколько факторов. Например, вид и сорт растения иногда могут быть определяющим фактором в получении результата от использования биоудобрений. Корневые выделения растений поддерживают активность инокулированных микроорганизмов и активизируют образование ими биологически активных веществ [6].

Воспроизводимость эффектов микробных инокулянтов необходима для испытаний в различных типах почв и условиях окружающей среды. Инокулированные микроорганизмы должны выжить в выбранном составе и продемонстрировать желаемую активность после инокуляции. При использовании в традиционном сельском хозяйстве микроорганизмы также должны быть совместимы с агрохимикатами, традиционно используемыми на той или иной культуре [7].

Так, фосфатмобилизующие микроорганизмы способны увеличивать доступность фосфора для растений, ферментативно гидролизуют органические формы фосфатов, количество которых в почвах иногда достаточно большая, что может значительно улучшать фосфорное питание инокулированных растений. Микробные метаболиты активно растворяют минералофосфаты, привлекая их с неактивной части почвы к обмену веществ в растениях [8].

Обработка семян ризосферными диазотрофами способна увеличивать биомассу корней, повышать поступление в корневую систему элементов питания и стимулировать прорастание семян вследствие продуцирования биологически активных веществ, таких как витаминов, ауксинов, гиббереллинов и ингибирования развития патогенной микрофлоры. Так, бактерии рода *Pseudomonas* sp. характеризуются высоким производством гормонов, способствующих более полному развитию корневой системы вследствие действия специфических метаболитов [1]. На культурных растениях была показана эффективность использования микробных биопрепаратов комплексного действия, созданных на основе внеклеточных ростостимулирующих ризобактерий, способных образовывать с ними ассоциативный симбиоз и являющихся стимуляторами увеличения корневой массы [9]. Эффективность биопрепаратов Агрофил на основе бактерий *Agrobacterium radiobacter*, и Флавобактерин на основе симбиотрофных бактерий *Flavobacterium* sp. показана для улучшения укоренения черенков фикуса [10].

В аридных условиях Астраханской области была показана эффективность некорневой обработки гибрида белокочанной капусты F₁ Агрессор и сорта Зимовка препаратом Новосил [11, 12]. Препарат Силк наилучшим образом увеличивал урожайность белокочанной капусты в условиях Кабардино-Балкарии [13].

В условиях центральной Нечерноземной зоны было выявлено положительное влияние препаратов Циркон и Эпин на фоне расчетных доз минеральных удобрений на приживаемость (до 93%) и урожайность (до 90-93 т/га) капусты белокочанной, при обработке ими капусты после высадки рассады [14]. В условиях Нечерноземья на среднесуглинистых аллювиально-луговых почвах Московской области показано положительное влияние препаратов «Завязь» и «Оберег» на урожайность и качество голландского гибрида капусты белокочанной F₁ Дискавер [15]. Испытание в качестве стимулятора роста Эстрасол на аллювиально-луговых среднесуглинистых почвах Нечерноземной зоны РФ не показало заметного влияния на урожайность капусты белокочанной F₁ Континент, а подкормки растений во время вегетации минеральными удобрениями увеличили урожайность на 10-12% [16].

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Красноярского края применение полифункционального биологического препарата Микробиовит (МБВ) [17], путем внесения в почву и опрыскивания растений свеклы и капусты, оказался высокоэффективным для этих овощных культур. Прибавка урожайности в опыте с МБВ для свеклы составила 56% или 23,6 т/га, для капусты – 36% или 17,6 т/га по сравнению с контролем. Применение МБВ было эквивалентно дозе азотных удобрений N50-70 и способствовало экономии минерального азота [17].

Таким образом, рынок биостимуляторов на основе природных микроорганизмов очень обширный, их использование в овощеводстве оправдано хорошими показателями в отношении повышения урожайности и качества овощей. Но для получения устойчивого эффекта в разных природных зонах необходимо испытание препаратов на конкретных культурах. Но при выращивании овощей открытого грунта роль минераль-

ного питания очень важна. Наличие элементов минерального питания в доступной для растений форме является основой для получения высоких урожаев [18].

Целью исследования была оценка влияния биостимуляторов на показатели урожайности и качества капусты белокочанной среднераннего и позднеспелого гибридов в условиях Центрально-Нечерноземной зоны на тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах.

Условия, объекты и методы исследований

Полевые исследования проводились на опытном поле ФГБНУ ФНЦО, Московская область, Одинцовский р-н, пос. ВНИИССОК в период с 2019 по 2021 годы. Почвы дерново-подзолистые тяжелосуглинистые, характеризуется низким содержанием гумуса, очень высоким подвижного фосфора и высоким- подвижного калия.

Погодные условия 2019-2021 годов

Данные по погодным условиям были получены на метеостанции ФГБНУФНЦО. Температура воздуха отличалась как от среднесезонной, так и по годам. Максимальные значения были отмечены в 2021 году, практически в течение всего периода вегетации (рис.1).

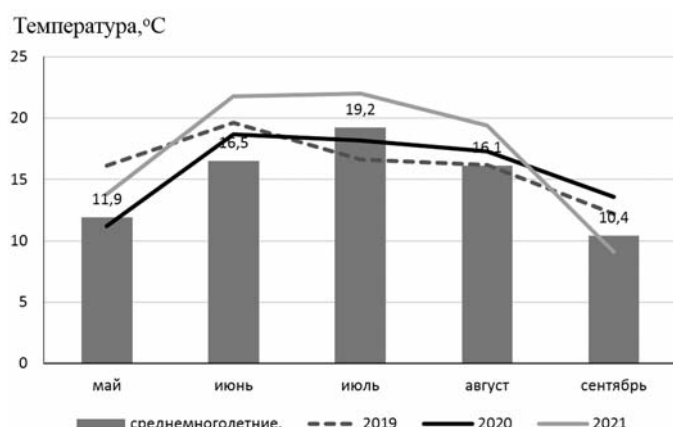


Рис. 1. Температура воздуха в период с 2019 по 2021 годы
Fig. 1. Air temperature in the period from 2019 to 2021

Для этого же года отмечено минимальное количество осадков (рис.2). 2020 год отличался аномальными значениями выпавших за вегетацию осадков и близкой к среднесезонным значениям температурой. В 2019 году были отмечены температурные значения близкие и ниже среднесезонных, и особенно низкие значения были характерны для середины лета (рис. 1) и ниже среднесезонных показателями осадков, что во многом негативно отражалось на росте большинства овощных культур, и, в частности, капусты.

Объекты исследований

Гибриды капусты белокочанной F₁ Зарница (среднеранний) и F₁ Мечта (позднеспелый) выведены в ФГБНУ ФНЦО.

F₁ Зарница – среднеранний гибрид. Розетка листьев приподнятая. Лист среднего размера, зеленый со слабым восковым налетом, пузырчатый, слабоволнистый по краю. Кочан округлый, частично покрытый, на разрезе беловатый. Наружная кочерыга и внутренняя кочерыги средней длины. Масса кочана – 0,8-1,8 кг, плот-

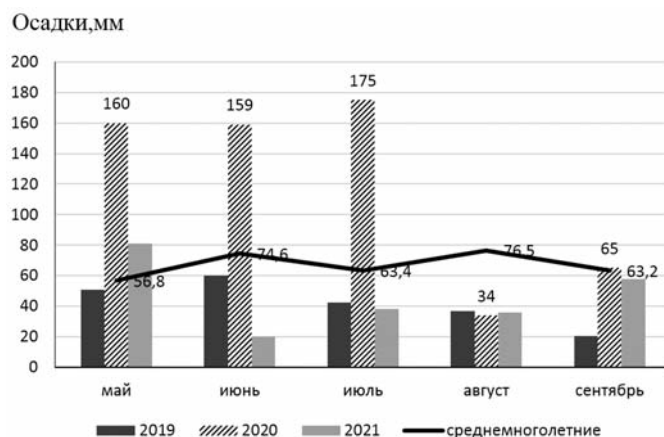


Рис.2. Количество осадков вегетационного периода 2019 по 2021 годы
Fig. 2. Amount of precipitation during the growing season 2019-2021

ность – 4,5 балла. Вкус хороший и отличный. Товарная урожайность – 50-70 т/га.

F₁ Мечта – позднеспелый гибрид, для потребления в пищу с декабря по май. Кочан плотный, сочный, с высоким содержанием сахаров и витамина С. Хранение без ухудшения качества в течение 7 месяцев при температуре не выше 1°С. Масса кочана – 2-3 кг, урожайность 70-80 т/га, товарность высокая [19].

Описание биопрепаратов

В опытах испытывали разработанный в ФНЦО экспериментальный консорциум МБК-БИС, как биостимулятор.

МБК-БИС разработан на основе двух штаммов почвенных микроорганизмов: коринеформных бактерий *Rhodococcus equi* и почвенных дрожжей *Rhodotorula glutinis*. Испытуемые микроорганизмы способны вырабатывать физиологически-активные вещества, в первую очередь накапливают в культуральной жидкости в процессе роста аминокислоты, которые, как известно [20], способны оказывать на растения стимулирующий и антистрессовый эффект. Наиболее продуктивно происходит выработка аминокислот в присутствии дрожжей рода *Rhodotorula*. Только *Rhodotorula* вырабатывает пролин. Бактерии рода *Rhodococcus* более интенсивно выделяют в среду валин. Обе культуры накапливают в значительном количестве аспаргиновую и глутаминовую кислоты, аланин, валин и лизин.

МБК-БИС готовили методом глубинной ферментации на полусинтетических жидких питательных средах, где в качестве единственного источника углерода выступала сахароза. Биомассу каждого штамма нарабатывали отдельно в условиях интенсивной аэрации. Титр живых клеток в рабочем растворе МБК-БИС составлял 1,5-1,8X10⁷. Соотношение численности *Rhodococcus*: *Rhodotorula* соответственно (%) 70:30. Для получения рабочего раствора четырехсуточные препараты объединяли и разводили водой в 100 раз.

В качестве эталона для сравнения испытывали биопрепарат Агрофил (ВНИСХМБ) [21], на основе *Agrobacterium radiobacter*, на торфоносителе. Расход препарата для замачивания семян и замачивания рассады – в соответствии с рекомендациями разработчика.

Агротехника

Рассаду капусты готовили путем посева семян в кассеты, куда предварительно набивали увлажненный торф Агробалт. Использованы кассеты 8Х8 ячеек. Подготовка рассады проводилась в теплице с конца апреля по начало июня. Высадка рассады капусты проводилась вручную.

Перед высадкой рассады в поле проводилась весенняя перепахка почвы, боронование. Фон минерального питания интенсивный ($N_{90}P_{120}K_{150}$), кроме абсолютного контроля (без удобрения), основан на данных анализа агрохимических свойств почв и выноса NPK с урожаем основной и побочной продукции, и предусматривает получение плановой урожайности капусты белокочанной среднеранней – 50-70 т/га, среднепоздней 70-80 т/га. Схема посадки капусты – 0,7х0,4. Густота стояния 28,0-30,0 тыс. растений/га. Вариантов по каждому гибриду – 6, повторность трехкратная.

Схема двухфакторного опыта (6х2)х3: со следующими факторами и грациями.

Фактор А – варианты опыта: 1. Контроль абсолютный, без удобрения; 2. Контроль 2- Фон $N_{90}P_{120}K_{150}$; 3. Фон + Агрофил (замачивание семян); 4. Фон + Агрофил (замачивание семян) + замачивание рассады; 5. Фон + БИС (замачивание семян); 6. Фон + БИС (замачивание семян) + фолиарная обработка.

Фактор В – гибриды капусты белокочанной: 1- F_1 Зарница, 2 - F_1 Мечта.

Замачивание семян капусты в препарате Агрофил (вар. 3, 4) проводили на 2-3 часа перед высадкой в кассеты, обработку рассады (вар. 4) вели путем намачивания корневой системы готовой к высадке рассады, непосредственно в день высадки.

Замачивание семян в МБК-БИС с титром живых клеток $1,5-1,8 \times 10^7$ КОЕ/1 мл (вар. 5, 6) проводили на 20-30 минут перед высадкой семян в кассеты. Фолиарную обработку капусты МБК-БИС (вар. 6) осуществляли путем их опрыскивания рабочими растворами с использованием ручного опрыскивателя. Норма обработки – 8-10 мл рабочего раствора препарата на 1 растение.

Методы исследований

Анализ биохимического состава капусты проводили по общепринятым методикам: содержание сухого вещества – термогравиметрически (ГОСТ 31640-2012; нитратного азота – потенциометрически (ГОСТ 34570-2019), содержание аскорбиновой кислоты определяли методом визуального титрования в 6% трихлоруксусной кислоте 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия (реактив Тилманса), суммарного содержания водорастворимых антиоксидантов – по методу Максимова и др., стандартом являлась аскорбиновая кислота (АК) [22].

Статистическую обработку результатов опытов проводили методом дисперсионного анализа с применением MS Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Масса и размер кочана являются определяющими показателями, формирующими товарную урожайность капусты. Масса кочана определяется как генетическими особенностями гибрида, так и условиями агротехники. Как правило, раннеспелые сорта и гибриды капусты белокочанной имеют меньшую массу кочана в сравнении со среднеспелыми и позднеспелыми, что обусловлено меньшей продолжительностью периода вегетации. Оценка этого показателя в опыте показала, что гибрид F_1 Зарница отличается более рыхлой структурой и меньшей массой по сравнению со среднепоздним гибридом F_1 Мечта. Влияние минерального удобрения (вар. 2) на обоих гибридах (F_1 Зарница и F_1 Мечта) характеризовалось увеличением массы кочанов на 11,7 и 23,5% соответственно (табл.1). После обработки семян масса кочанов возрастала еще на 15-18% от контроля по фону (вар. 3 и 5). Дополнительная обработка стимуляторами в виде замачивания рассады в Агрофиле (вар. 4) и фолиарной обработки препаратом МБК-БИС (вар. 6) увеличивала массу кочанов в сравнении с фоном $N_{90}P_{120}K_{150}$ соответственно на гибриде F_1 Зарница на 21,4 и 23,3%, на гибриде F_1 Мечта – на 21,4 и 25,4%. Замачивание рассады капусты в препарате Агрофил обеспечивало формирование большего коли-

Таблица 1. Масса одного кочана капусты, кг (2019-2021 годы)
Table 1. Weight of one head of cabbage, kg (2019-2021)

Вариант	2019 год	2020 год	2021 год	Среднее по варианту	Отклонение от контроля	
					кг	%
F ₁ Зарница						
1	1,59	1,65	1,65	1,63		
2	1,75	1,78	1,93	1,82	0,19	11,7
3	1,98	2,05	2,15	2,06	0,43	26,4
4	2,14	2,18	2,19	2,17	0,54	33,1
5	2,21	2,23	2,26	2,23	0,60	37,0
6	2,18	2,20	2,22	2,20	0,57	35,0
Среднее по гибриду	1,98	2,02	2,07	2,02		
HCP ₀₅	0,11	0,10	0,13			
F ₁ Мечта						
1	1,84	1,79	2,05	1,89		
2	2,22	2,16	2,62	2,33	0,44	23,5
3	2,85	2,25	2,85	2,65	0,76	40,2
4	3,10	2,44	3,24	2,93	1,04	54,9
5	3,02	2,37	3,37	2,92	1,03	54,5
6	3,08	2,38	3,55	3,00	1,11	58,9
Среднее по гибриду	2,69	2,23	2,95	2,62		
HCP ₀₅	0,14	0,13	0,18			

чества более длинных корешков капусты на ранних этапах развития, что в общем согласуется с данным аналогичных исследований с данным препаратом [10].

Наибольшая масса кочанов была отмечена в 2021 году по обоим гибридам, но показатели товарности зависели во многом от погодного фактора. Для среднераннего гибрида F₁ Зарница наилучшим по погодным условиям был 2020 год с максимумом осадков в июле-августе, неблагоприятным 2021 год с минимумом осадков в этот же период, то есть во время налива кочанов (табл. 2). Для среднепозднего гибрида F₁ Мечта благоприятным оказался 2020 г с осадками в августе-сентябре, неблагоприятным – 2019 г, когда период набора массы кочанов совпал с минимумом осадков. Кроме этого, для обоих гибридов обработка биостимуляторами (замачивание семян с обработкой по вариантам рассады Агрофиллом и фолиарно МБК БИС) оказала более значимый совокупный по годам положительный эффект на товарность, чем просто замачивание семян (табл.2).

Общая урожайность в среднем для гибрида капусты белокочанной среднеранней F₁ Зарница за три года наблюдений составила 42,6-62,5 т/га (табл. 3), при этом разница по вариантам обработки биостимуляторами была не значительной, но в сравнении с контрольными вариантами существенной. Замачивание семян в препарате Агрофил способствовало увеличению общей урожайности на 12 т/га от абсолютного контроля и на 6,7 от варианта удобрения по фону N₉₀P₁₂₀K₁₅₀, в препарате МБК-БИС – 16 и 10,6 т/га соответственно. Фолиарная обработка при этом немного снижала эффект после замачивания семян при использовании МБК-БИС, и, скорее всего, роль здесь сыграл

погодный фактор, а именно – недостаток осадков в августе, когда листовая подкормка оказывалась неэффективной. Наибольшая урожайность по вариантам отмечена в 2020 и 2021 годах.

Для гибрида капусты белокочанной среднепоздней F₁ Мечта показатели общей урожайности несколько отличались и составили в среднем за три года 53,0-84,1 т/га (табл. 3). Крайне низкие показатели по данному гибриду были характерны для погодных условий 2019 года, и, очевидно это также было связано с недостатком осадков в августе и сентябре (рис.2). Прибавка урожая от внесения удобрений составила за 3 года в среднем 12,2 т/га, замачивание семян в препарате Агрофил от контроля по фону удобрения увеличивало общий урожай на 8,9 т/га, в МБК-БИС – на 16,4 т/га. При дополнительной обработке Агрофилом рост урожайности гибрида F₁ Мечта составил 16,6 т/га от фона удобрения, при фолиарной обработке МБК-БИС – 18,8 т/га. Таким образом, вклад биостимуляторов в показатели урожайности испытанных гибридов капусты более выражен был на позднеспелом гибриде.

Качество и биохимический состав капусты белокочанной имеет важнейшее значение в сбалансированном питании, поскольку капуста содержит огромный комплекс полезных веществ и элементов [23, 24]. В этой связи влияние агробιοтехнологий на свойства капусты белокочанной должно учитываться при подборе стимуляторов и регуляторов роста.

В исследованиях Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН совместное использование бактериальных препаратов азотобактерина, фосфобактерина и кремнебактерина способствовало росту урожайности капусты белокочанной сорта

Таблица 2. Товарность кочанов капусты белокочанной, %
Table 2. Marketability of Brassica Oleracea, %

Варианты	2019 год	2020 год	2021 год	Среднее	отклонение от абс. контроля, %	отклонение от фона НРК, %
F₁ Зарница						
1	69,0	75,0	65,0	69,7		
2	76,0	81,0	74,0	77,0	7,3	
3	88,0	95,0	77,0	86,7	17,0	9,7
4	91,0	96,0	79,0	88,7	19,0	11,7
5	87,0	94,0	75,0	85,3	15,6	8,3
6	93,0	96,0	80,0	89,7	20,0	12,7
Среднее по гибриду	84,0	89,5	75,0	82,8	13,1	5,8
F₁ Мечта						
1	71,0	85,0	81,0	79,0		
2	75,0	89,0	85,0	83,0	4,0	
3	82,0	95,0	91,0	89,3	10,3	6,3
4	86,0	96,0	93,0	91,7	12,7	8,7
5	84,0	96,0	92,0	90,7	11,7	7,7
6	88,0	99,0	93,0	93,3	14,3	10,3

Таблица 3. Общая урожайность капусты, т/га, среднее за 2019-2021 годы
Table 3. Total cabbage yield, t/ha, average for 2019-2021

Фактор А - варианты НСР ₀₅ - 4,3	Фактор В - гибриды, НСР ₀₅ - 3,4		Среднее по двум гибридам	Отклонение от контроля	
	Ф ₁ Зарница	Ф ₁ Мечта		т/га	%
1	45,6	53,0	49,3		
2	51,0	65,3	58,2	8,9	18,0
3	57,7	74,2	66,0	16,7	33,9
4	60,8	81,9	71,4	22,1	44,8
5	62,5	81,8	72,2	22,9	46,4
6	61,6	84,1	72,8	23,5	47,7
Среднее по гибридам	56,5	73,4			
НСР ₀₅ : частных различий - 6,1, взаимодействия АВ - 4,1					

Подарок и моркови столовой сорта Рамоса на 52,4-57,8% и снижению содержания нитратов в продукции в 1,2 раза [25].

В модельных опытах в УрФУ с капустой белокочанной при использовании бактериального биоудобрения как отдельно, так и совместно с медью существенно (в среднем на 33%) повышалось накопление в листьях таких низкомолекулярных антиоксидантов, как каротиноиды, свободный пролин и растворимые фенольные соединения, включая флавоноиды, что, вероятно, способствует повышению устойчивости растений [26].

Оценка биохимического состава капусты показала (табл.4), что в целом биостимуляторы способствуют увеличению содержания витамина С, моно- и суммы

сахаров, клетчатки. Замачивание семян в МБК-БИС наиболее заметно способствовало увеличению суммы сахаров в кочанах обоих гибридов, клетчатки и моносахаров у гибрида Ф₁ Мечта, моно- и суммы сахаров у Ф₁ Зарница.

Комплексное использование стимуляторов (замачивание семян и обработка вегетативных органов) наиболее эффективно для увеличения концентрации в кочанах витамина С и клетчатки в раннеспелом гибриде, сухого вещества в позднеспелом. Наибольшие показатели по содержанию сухого вещества были характерны для варианта «Абсолютный контроль» – без удобрений).

Применение биостимуляторов не способствует увеличению в кочанах нитратов.

Таблица 4. Биохимический состав капусты белокочанной (среднее за три года)
Table 4. Biochemical composition of Brassica Oleracea (average for three years)

Вариант	Витамин С, мг%	Клетчатка	Моносахара	Сумма сахаров	Сухое вещество	Нитраты мг/100 г
		%				
F ₁ Зарница						
1	18,3	5,77	3,92	4,12	8,58	132*
2	19,4	5,54	4,13	4,17	8,48	150
3	22,2	5,60	4,25	4,50	8,39	138
4	25,8	5,95	4,16	4,42	8,22	162
5	25,6	5,88	4,79	4,69	8,46	146
6	26,4	6,21	4,39	4,56	8,10	152
НСР ₀₅	1,2	0,21	0,29	0,31	F _ф <F ₀₅	11
F ₁ Мечта						
1	18,9	7,43	4,56	5,06	9,87	132**
2	20,1	7,46	4,89	5,31	9,91	140
3	25,1	8,05	5,65	6,80	9,85	137
4	27,9	8,00	5,74	7,15	9,71	124
5	27,0	8,08	5,84	7,30	9,68	126
6	26,9	7,65	5,50	6,93	10,2	142
НСР ₀₅	1.3	0.22	0.26	0.33	F _ф <F ₀₅	12

*ПДК нитратов для ранней капусты - 900 мг/кг

**ПДК нитратов для поздней капусты - 500 мг/кг

Заключение

В условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации замачивание рассады капусты в препарате Агрофил способствует более интенсивному развитию корневой системы капусты, а замачивание семян – увеличению общей урожайности на 12 т/га от абсолютного контроля и на 6,7 от фона N90P120K150. Замачивание семян капусты в препарате МБК-БИС обеспечивает прибавку урожая на 16 т/га относительно абсолютного контроля и на 10,6 т/га – от фона N90P120K150. При обработке рассады Агрофилом прирост урожайности гибрида F₁ Мечта

составил 16,6 т/га от фона удобрений, при фолиарной обработке МБК-БИС – 18,8 т/га. Вклад биостимуляторов в показатели урожайности испытанных гибридов капусты более выражен на позднеспелом гибриде, что напрямую зависит от количества осадков. Изученные биостимуляторы способствуют увеличению содержания витамина С, моно- и суммы сахаров, клетчатки. Замачивание семян в МБК-БИС наиболее заметно способствует увеличению суммы сахаров в кочанах обоих гибридов, клетчатки и моносахаров у гибрида F₁ Мечта, моно- и суммы сахаров у F₁ Зарница.

• Литература

1. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: Издательство ВНИИА. 2005. 302 с.
2. Яхин О.И., Лубянов А.А., Яхин И.А. Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения. *Агрохимия*. 2016;(6):72-94. <https://elibrary.ru/whgkjp>
3. Нугманова Т.А. Использование биопрепаратов для растениеводства. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*. 2017;(144(1)):211-214. <https://elibrary.ru/zekrcd>
4. Круглов Ю.В., Кандыбин Н.В., Лаптев Г.Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве: Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. Москва: Россельхозакадемия, 2005. 153 с. ISBN 5-85941-231-2. <https://elibrary.ru/qkxueb>
5. Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 2003;(255):571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
6. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. 2014;383(1-2):3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
7. Bashan Y., De-Bashan L.E., Prabhu S.R., Hernandez J.-P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology-formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil*. 2014;378(1-2):1-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>
8. Чайковская Л.А., Овсиенко О.Л. Фосфатмобилизующие микроорганизмы: 1. Биоразнообразие, влияние на минеральное питание растений и продуктивность. *Таврический вестник аграрной науки*. 2021;4(28):159-182. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182> <https://elibrary.ru/nbzfen>
9. Gray E.J., Smith D.L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signalling processes. *Soil BiolBiochem*. 2005;(37):395–412. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>
10. Пухальский Я.В., Лоскутов С.И., Воропаева Е.В., Рудько В.Н., Лактионов Ю.В. Эффективность применения биопрепаратов Агрофила и Флавобактерина при укоренении черенков представителей рода Ficus L. *Известия Оренбургского аграрного университета*. 2019;6(80):131-135. <https://elibrary.ru/ovhkdl>
11. Бондаренко А.Н., Петров Е.Н. Результаты применения ростостимулирующих препаратов нового поколения при возделывании ряда сортов капусты белокочанной. *Аграрный научный журнал*. 2023;(5):4-9. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp4-9> <https://elibrary.ru/rgnocl>
12. Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Применение современных ростостимулирующих препаратов при возделывании капусты белокочанной позднего срока созревания. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2022;2(66):81-87. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-02-09> <https://elibrary.ru/focykp>
13. Шибзухов З.С., Шугушхов А.А. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании капусты белокочанной. Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования, с. Соленое Займище, 28 февраля 2017 года. Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, 2017. С. 662-664. <https://elibrary.ru/zannqh>
14. Борисов В.А., Гусаков Ф.А. Влияние активных веществ и бактериальных препаратов на формирование урожайности капусты. *Картофель и овощи*. 2005;(7):13-14. <https://elibrary.ru/yqoigt>
15. Алексеева К.Л., Берназ Н.И., Разин О.А. Эффективность совместного применения регуляторов роста «Оберег» и «Завязь» на капусте белокочанной. *Овощи России*. 2015;(2):94-98. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-94-98> <https://elibrary.ru/ucccpn>
16. Васючков И.Ю., Борисов В.А., Костенко Г.А., Успенская О.Н., Коломиец А.А. Эффективность применения удобрений при возделывании капусты белокочанной F₁ Континент. *Картофель и овощи*. 2020;(1):15-18. <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.50.79.006> <https://elibrary.ru/yuucpr>
17. Михеева Г.А., Сомова Л.А. Влияние полифункционального биопрепарата на продуктивность овощных культур. *Агрохимия*. 2013;(5):66-72. <https://elibrary.ru/qixoiz>
18. Борисов В.А. Система удобрения овощных культур. М.: Росинформагротех. 2016. 392 с.
19. Характеристики сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, впервые включенных в 2016 г. в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М.: ФГБНУ "Росинформагротех". 2016. 432 с.
20. Ибрагимова С.С., Горелова В.В., Кочетов А.В., Шумный В.К. Роль различных метаболитов в формировании стрессоустойчивости растений. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина*. 2010;8(3):98. <https://elibrary.ru/mtxowt>
21. Кожемяков А.П., Тимофеева С.В., Попова Т.А. Разработка и перспективы использования биопрепаратов комплексного действия. *Защита и карантин растений*. 2008;(2):42-43. <https://elibrary.ru/lpwouh>
22. Голубкина Н.А., Кекина Е.Г., Молчанова А.В., Антошкина М.С., Надежкин С.М., Солдатенко А.В. Антиоксиданты растений и методы их определения. М., 2020. 181 с. <https://elibrary.ru/vtgigm>
23. Chase E., Susan A. Cabbage Stump. *Journal of Education*. 2019;(42):158–159. <https://www.jstor.org/stable/44042205>
24. Perugachi-Diaz Yu., Tomczak J.M., Bhulai S. Deep learning for white cabbage seedling prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;(184):106059. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106059>
25. Соколова М.Г., Акимова Г.П., Хуснидинов Ш.К. Эффективность применения биопрепаратов ассоциативных бактерий на различных овощных культурах. *Агрохимия*. 2009;(7):54-59. <https://elibrary.ru/kptiph>
26. Малева М.Г., Борисова Г.Г., Трипти Кумар А., Собенин А.В.

Влияние биоудобрения на биомассу и содержание низкомолекулярных антиоксидантов у *Brassica oleracea* при биофортификации медью. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2023;(84):130-142. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2023-84-130-142>
<https://elibrary.ru/kzhmcbv>

• References

- Zavalin A.A. Biological products, fertilizers and crops. M.: Publishing house VNIIA. 2005. 302 p. (in Russ.)
- Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A. The physiological activity and efficiency of 72 application of biostimulants. *Agrohimia*. 2016;(6):72-94. (in Russ.) <https://elibrary.ru/whgkjp>
- Nugmanova T.A. The use of biological products for plant growing BIOINNOVO. *Plant Biology and Horticulture: theory, innovation*. 2017;(144(1)):211-214. (in Russ.) <https://elibrary.ru/zekrc1>
- Kruglov Yu.V., Kandybin N.V., Laptev G.Yu. Biopreparations in Agriculture: Methodology and Practice of Using Microorganisms in Plant Growing and Forage Production. Moscow: Russian Agricultural Academy, 2005. 153 p. ISBN 5-85941-231-2. <https://elibrary.ru/qkxeub> (in Russ.)
- Vessey J.K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 2003;(255):571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. 2014;383(1-2):3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Bashan Y., De-Bashan L.E., Prabhu S.R., Hernandez J.-P. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology-formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil*. 2014;378(1-2):1-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>
- Chaikovskaya L.A., Ovsienko O.L. Phosphate-mobilizing microorganisms: biodiversity, influence on plants mineral nutrition and productivity. *Taurida herald of the agrarian sciences*. 2021;4(28):159-182. (in Russ.) <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-4-28-159-182>
<https://elibrary.ru/nbzfne>
- Gray E.J., Smith D.L. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signalling processes. *Soil BiolBiochem*. 2005;(37):395-412. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>
- Pukhalsky YA.V., Loskutov S.I., Voropaeva E.V., Rudko V.N., Laktionov Yu.V. Efficiency of application the Agrofili and Flavobacterin biopreparations for the rooting of Ficus L. cuttings. *Bulletin of the Orenburg Agrarian University*. 2019;6(80):131-135. <https://elibrary.ru/ovhkdl> (in Russ.)
- Bondarenko A.N., Petrov E.N. The results of the application of growth-stimulating preparations of a new generation in the cultivation of a number of green cabbage varieties. *The agrarian scientific journal*. 2023;(5):4-9. (in Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i5pp4-9> <https://elibrary.ru/rgnocl>
- Tyutyuma N.V., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. The use of modern growth-stimulating drugs in the cultivation of white cabbage of late ripening. *Proceedings of lower volga agro-university complex: science and higher education*. 2022;2(66):81-87. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-02-09> <https://elibrary.ru/focykp> (in Russ.)
- Shibzuekhov Z.S., Shugushkhov A.A. Efficiency of growth regulators in the cultivation of white cabbage. Current ecological state of the natural environment and scientific and practical aspects of rational nature management, Solenoe Zaimishche village, February 28, 2017. Caspian Research Institute of Arid Agriculture, 2017. P. 662-664. <https://elibrary.ru/zannqh> (in Russ.)
- Borisov V.A., Gusakov F.A. Influence of active substances and bacterial preparations on the formation of cabbage yield. *Potato and vegetables*. 2005;(7):13-14. (in Russ.) <https://elibrary.ru/yqoigt>
- Alekseeva K.L., Bernaz N.I., Razin O.A. Efficiency of combined application of growth regulators «Obereg» and «Zavyazy» for white head cabbage. *Vegetable crops of Russia*. 2015;(2):94-98. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-2-94-98> <https://elibrary.ru/ucccpn>
- Vasyuchkov I.Ju., Borisov V.A., Kostenko G.A., Uspenskaya O.N., Kolomiets A.A. Efficiency of application of fertilizers in the cultivation of cabbage F₁ Kontinent. *Potato and vegetables*. 2020;(1):15-18. (in Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2020.50.79.006>
<https://elibrary.ru/yuucpr>
- Mikheeva G.A., Somova L.A. Effect of polyfunctional biopreparation on the productivity of vegetable crops. *Agrohimia*. 2013;(5):66-72. <https://elibrary.ru/qixoiz>
- Borisov V.A. The system of fertilizers of vegetable cultures. Moscow: Rosinformagrotech. 2016. 392 p. (in Russ.)
- Characteristics of varieties and hybrids agricultural crops, first included in 2016 in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotech". 2016. 432 p. (in Russ.)
- Ibragimova S.S., Gorelova V.V., Kochetov A.V., Shumny V.K. Role of plant metabolites in mechanisms of stress tolerance. *Vestnik NSU. Series: biology and clinical medicine*. 2010;8(3):98. (in Russ.) <https://elibrary.ru/mtxowt>
- Kozhemyakov A.P., Timofeeva S.V., Popova T.A. Development and prospects of using complex biopreparations actions. *Plant protection and quarantine*. 2008;(2):42-43. (in Russ.) <https://elibrary.ru/lpwouh>
- Golubkina N.A., Kekina E.G., Molchanova A.V., Antoshkina M.S., Nadezhkin S.M., Soldatenko A.V. Plant antioxidants and methods for their determination. M., 2020. 181 p. (in Russ.) <https://elibrary.ru/vtgigm>
- Chase E., Susan A. Cabbage Stump. *Journal of Education*. 2019;(42):158-159. <https://www.jstor.org/stable/44042205>
- Perugachi-Diaz Yu., Tomczak J.M., Bhulai S. Deep learning for white cabbage seedling prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2021;(184):106059. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106059>
- Sokolova M.G., Akimova G.P., Khusnidinov Sh.K. Efficiency of using biopreparations of associative bacteria on various vegetable crops. *Agrohimia*. 2009;(7):54-59. (in Russ.) <https://elibrary.ru/kptiph>
- Maleva M.G., Borisova G.G., Tripti, Kumar A., Sobenin A.V. Effect of the biofertilizer on biomass and content of low molecular weight antioxidants in *Brassica oleracea* within copper biofortification. *Subtropical and ornamental horticulture*. 2023;(84):130-142. (in Russ.) <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2023-84-130-142>
<https://elibrary.ru/kzhmcbv>

Об авторах:

Анна Эдуардовна Маркарова – младший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0001-5131-8180>, SPIN-код: 9158-3957

Мария Юрьевна Маркарова – кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-7951-2222>,
SPIN-код: 9808-8712, myriam@mail.ru

Сергей Михайлович Надежкин – доктор биологических наук,
зав. отделом,
<https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>,
SPIN-код: 1564-1159, автор для переписки, nadegs@yandex.ru

About the Authors:

Anna E. Markarova – Junior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0001-5131-8180>,
SPIN-code: 9158-3957

Maria Yu. Markarova – Cand. Sci. (Biology),
Leading Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-7951-2222>,
SPIN-code: 9808-8712, myriam@mail.ru

Sergey M. Nadezhkin – Dr. Sci. (Biology),
Head Department,
<https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>,
SPIN-code: 1564-1159, Corresponding Author, nadegs@yandex.ru