

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-78-83>
УДК 635.342:631.816.12 (470.31)

С.М. Надежкин^{1,2*}, М.Ю. Маркарова¹,
М.С. Антошкина¹, А.В. Молчанова¹,
И.Е. Осокин³, О.А. Разин⁴, А.Э. Маркарова¹

¹ Федеральное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, пос. ВНИИССОК, ул. Селекционная, 14

² Учебно-опытный почвенно-экологический центр МГУ имени М.В. Ломоносова (УО ПЭЦ МГУ имени М.В. Ломоносова) 141592, Россия, Московская область, г.о. Солнечногорск, дер. Чашниково

³ Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Тверской области Россия, г. Тверь, ул. Озерная, 9

⁴ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» 141055, Россия, Московская обл., г. Лобня, ул. Научный городок

*Автор для переписки: nadegs@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов: Все авторы участвовали в анализе материалов, написании текста статьи и формировании выводов.

Для цитирования: Надежкин С.М., Маркарова М.Ю., Антошкина М.С., Молчанова А.В., Осокин И.Е., Разин О.А., Маркарова А.Э. Эффективность некорневых подкормок при выращивании капусты белокачанной в Нечерноземной зоне. *Овощи России*. 2023;(6):78-83. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-78-83>

Поступила в редакцию: 07.11.2023

Принята к печати: 27.11.2023

Опубликована: 04.12.2023

Sergey M. Nadezhkin^{1,2*},
Maria Yu. Markarova¹, Marina S. Antoshkina¹,
Anna V. Molchanova¹, Ivan E. Osokin³,
Oleg A. Razin⁴, Anna E. Markarova¹

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

² Educational and experimental soil-ecological center of Lomonosov Moscow State University village Chashnikovo, Solnechnogorsk district, Moscow region, Russia, 141592

³ The branch of the Federal State Budgetary Institution "Rosselkhoztsentr" in the Tver region st. Ozerneya, 9, Tver, Russia

⁴ Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology st. Nauchny gorodok, Lobnya, Moscow region, 141055, Russia

*Corresponding Author: nadegs@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

Authors' Contribution: All authors participated in the analysis of materials, writing the text of the article and forming conclusions.

For citation: Nadezhkin S.M., Markarova M.Yu., Antoshkina M.S., Molchanova A.V., Osokin I.E., Razin O.A., Markarova A.E. The effectiveness of non-root fertilizers during cultivation white cabbage in the Non-Chernozem zone. *Vegetable crops of Russia*. 2023;(6):78-83. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-6-78-83>

Received: 07.11.2023

Accepted for publication: 27.11.2023

Published: 04.12.2023

Эффективность некорневых подкормок при выращивании капусты белокачанной в Нечерноземной зоне



Резюме

Актуальность. Листовая подкормка при выращивании овощей обусловлена ее положительным влиянием на показатели качества и урожайности. Применение микроудобрений для некорневой подкормки позволяет оптимизировать усвоение питательных веществ растениями, что может не только снизить экономические затраты, но и регулировать накопление биологически-активных веществ. Выявление оптимальной системы подкормок для разных сортов и гибридов овощей особенно актуально в зонах рискованного земледелия, где главным фактором, регулирующим показатели урожайности, является погодный.

Материал и методы. Цель работы – провести сравнительную оценку эффективности листовых подкормок капусты белокачанной сорта Зимовка 1474 различными агрохимикатами. В полевом опыте в течение трех лет (2018-2020) изучали действие микроудобрений, гумата, хелатов и биостимулятора на урожайность, биохимический и микроэлементный состав капусты белокачанной сорта Зимовка 1434 (оригинатор ФГБНУ ФНЦО).

Результаты. Показано, что на биометрические характеристики капусты наилучшим образом влияет некорневая подкормка микроудобрением Акварин и биостимулятором БИС-65, на общую и товарную урожайность – микроудобрение в хелатной форме Хелатон. Наибольшее накопление сухого вещества, сахаров, витамина С было характерно для вариантов с применением биопрепарата БИС-65 и хелатных удобрений (Тиатон, Хелатон). Хелатные удобрения способствовали также увеличению накопления в кочанах таких элементов, как калий, кальций, железо, цинк и марганец.

Ключевые слова: микроудобрения, хелаты, биостимуляторы, урожайность, биохимические показатели

The effectiveness of non-root fertilizers during cultivation white cabbage in the Non-Chernozem zone

Abstract

Relevance. Foliar feeding when growing vegetables is due to its positive effect on quality and yield indicators. The use of microfertilizers for foliar feeding allows optimizing the absorption of nutrients by plants, which can not only reduce economic costs, but also regulate the accumulation of biologically active substances. Identifying the optimal fertilizing system for different varieties and hybrids of vegetables is especially important in risky farming areas, where the main factor regulating yield indicators is weather.

Methodology. The purpose of the work is to conduct a comparative assessment of the effectiveness of foliar feeding of the white cabbage variety Zimovka 1474 different agrochemicals. In a field experiment for three years (2018-2020), the effect of microfertilizers, humate, chelates and a biostimulator on the yield, biochemical and microelement composition of white cabbage variety Zimovka 1434 was studied.

Results. It has been shown that the biometric characteristics of cabbage are best influenced by foliar fertilization with microfertilizer Aquarin and the biostimulator BIS-65, and the total and marketable yield is influenced by microfertilizer in chelate form Helaton. The greatest accumulation of dry matter, sugars, and vitamin C was typical for variants using the biological product BIS-65 and chelated fertilizers (Tiaton, Helaton). Chelated fertilizers also contributed to an increase in the accumulation of elements such as potassium, calcium, iron, zinc and manganese in cabbage heads.

Keywords: microfertilizers, chelates, biostimulators, productivity, biochemical parameters

Введение

В настоящее время проблема повышения биодоступности элементов питания для растений является одной из ключевых в растениеводстве. При определенных условиях листья растений по усваивающей способности значительно превосходят корневую систему. Элементы питания после попадания на листовую поверхность способны поглощаться за несколько часов, в то время как при корневом питании этот процесс протекает значительно дольше. Листьями растений может потребляться более 90 % микроэлементов, нанесенных на их поверхность, а корневая система способна извлечь около 3 % доступных форм микроэлементов из почвы. Несмотря на низкие дозы, проведение некорневых подкормок микроудобрениями позволяет оперативно регулировать минеральное питание растений [1].

Обработка растений по листу микроэлементами в сочетании с регуляторами роста способствует активизации гормональной системы растений, повышается устойчивость к абиотическим факторам окружающей среды, раскрывается генетический потенциал сельскохозяйственных культур, улучшается фосфорный, углеводный обмен, повышается продуктивность фотосинтеза, что, в совокупности способствует повышению урожайности и качества продукции растениеводства [2]. Фолиарная обработка может усиливать метаболические процессы за счет увеличения фотосинтетической активности культур, прямого усвоения ряда микроудобрений и микроэлементов непосредственно поверхностью листьев [3]. Применение комплексных препаратов на основе микроэлементов и регуляторов роста, несомненно, представляет значительный научно-практический интерес.

Считается доказанным, что для нормального роста и развития микроэлементы должны вводиться в растения в активной форме. К наиболее перспективным биологически активным соединениям относятся комплексоны металлов, которые также называют хелатами. Действие их состоит в том, что они активизируют деятельность ферментов, воздействуют на биохимические процессы, происходящие в клетках, стимулируют рост и развитие растений [4, 5].

При изучении влияния некорневой подкормки комплексными удобрениями гибридов капусты белокочанной в условиях Центрального Нечерноземья России (Тверская область) установлено, что их применение экономически выгодно. Наиболее выгодно возделывание капусты белокочанной при применении некорневой подкормки препаратом Акварин 5, которая повышала условно чистый доход на 145,5-166,9 тыс. руб./га за счет роста урожайности на 9,5-10,6 т/га [6].

В условиях центральной части Курганской области наиболее существенное влияние на формирование кочанов и продуктивность капусты оказывала обработка «Акварином 5» в дозе 1 кг/га и 2 кг/га. В этих вариантах масса кочана составила 3,6 и 3,1 кг, а товарная урожайность, соответственно, 62,5 т/га и 56,7 т/га [7].

В Ленинградской области двукратная некорневая обработка Аквадон-Микро способствовала более эффективному использованию минеральных удобрений, что позволяло снизить дозу их внесения на 25-50% без ущерба для урожая. Применение удобрения приводило к существенному увеличению урожайности капусты по сравнению с контрольным вариантом. Наибольший урожай капусты был получен при применении удобрения Аквадон-Микро в дозе 3 л/га, величина которого составила 803,2 ц/га, что на 194,0 ц/га, или 31,8% выше контроля. Двукратная внекорневая обработка капусты микроэлементным удобрением в дозе 1,5 л/га была менее эффективной и позволила получить только 706,0 ц/га, или 15,9% [8].

В полевых опытах на орошаемых террасовых темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья изучено влияние хелатных удобрений на продуктивность основных овощных культур. Прибавка урожая от Реасила микро гидромикс составила: 35,8% плодов огурца,

28,3% корнеплодов свеклы столовой, 22,6% плодов томата, 20,9% кочанов капусты белокочанной поздней, 9,1% лука репчатого, 6,8% корнеплодов моркови столовой. Наибольшая урожайность капусты белокочанной поздней формировалась при использовании 1 л/га Реасила микро гидромикс после высадки рассады и 1 л/га одного из хелатных микроудобрений (реасил Mg или реасил Mn) в начале завязывания кочанов [9].

Ранее в наших исследованиях изучение применения гуминовых удобрений (гуматы калия и натрия – энергена) показало, что наибольшая их эффективность проявляется при выращивании разновидностей капусты – белокочанной, цветной и брокколи. В среднем по трем сортам капусты белокочанной наибольшую прибавку продуктивности к фону (N60P90K90) обеспечивало использование энергена – рост урожайности составлял 14-18%. Меньшая эффективность была характерна для гумата калия, а наименьшая – для гумата натрия (9-13%) [10].

Использование регуляторов роста Новосип и Циркон при выращивании капусты белокочанной на черноземе выщелоченном в условиях Западной Сибири способствовало улучшению биохимического состава капусты белокочанной сорта Слава, увеличению содержания в кочанах сухого вещества, витамина С, сахаров [11].

Ростстимулирующие свойства некоторых микроорганизмов объясняют их способностью к синтезу ряда физиологически-активных веществ, что позволяет применять их или их продуценты при листовых подкормках овощных культур [12, 13, 14]. Так, эффективность биостимуляторов, на основе бактерий и дрожжей, продуцирующих аминокислоты, была показана на гибридах капусты белокочанной F1 Зарница и F1 Мечта на дерново-подзолистой почве в Нечерноземной зоне в Подмосковье [15].

Цель работы – провести сравнительную оценку эффективности листовых подкормок капусты белокочанной сорта Зимовка 1474 различными агрохимикатами.

Условия и методы проведения исследований

Все исследования проведены на опытном поле ФГБНУ ФНЦО. Почвы опытного поля дерново-подзолистые тяжелосуглинистые. Агрохимическая характеристика пахотного (0-20 см) слоя почвы перед высадкой рассады: содержание гумуса по Тюрину – 1,62%, реакция среды pH_{KCl} 6,1, гидролитическая кислотность 1,32 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований 19,2 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями 93,6%, содержание подвижного фосфора в среднем 472 мг/кг почвы, обменного калия 167 мг/кг почвы, минерального азота 9 мг/кг.

Погодные условия

В период 2018-2020 годов погодные условия отличались как от среднееголетних, так и по годам (рис. 1, 2). Температура воздуха за все месяцы вегетации 2018 года была немного выше среднееголетних значений, особенно в мае и сентябре на 4,1 и 3,8°C соответственно, при этом максимум наблюдался в июле – 19,9°C. В июне-августе 2018 г., количество выпавших осадков составило 179 мм, что на 35,5 меньше (214,5 мм) среднееголетних значений. Наиболее негативное влияние на вегетационный период 2018 года оказал август, где наряду с повышенной температурой отмечалось более чем двукратное снижение выпавших осадков.

Погодные условия 2019 года характеризовались повышенными среднемесячными температурами (за исключением июля) относительно многолетних, а также значительно сниженным количеством осадков – на 37% относительно среднееголетних значений по периоду.

Температура воздуха за вегетацию в 2020 году составила в среднем +15,8°C, что на 1,0°C выше среднееголетних данных. При этом большое влияние на рост и развитие капустных культур оказа-

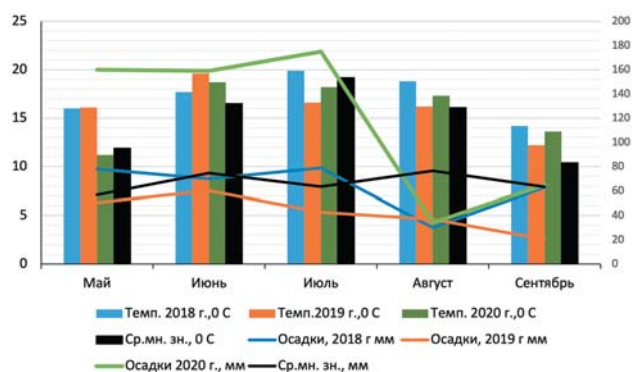


Рис. 1. Температура воздуха и количество осадков за вегетационный период 2018-2020 годов
Fig. 1. Air temperature and precipitation for the growing season 2018-2020

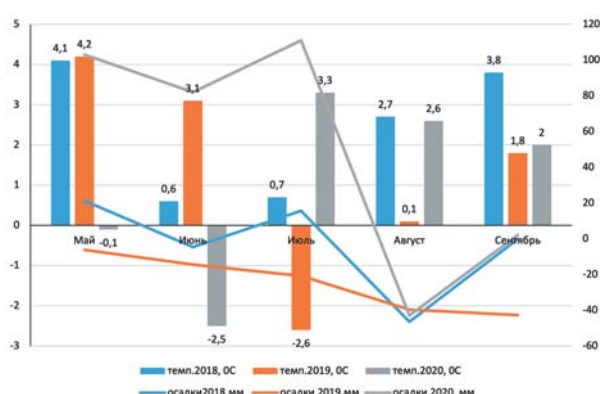


Рис. 2. Отклонение от среднеемноголетних значений температуры и количества осадков (2018-2020 годы)
Fig. 2. Deviation from the long-term average values of temperature and precipitation (2018-2020)

ло значительное количество осадков в период с мая по июль – 494 мм, что в 2,5 выше среднеемноголетних значений (+296 мм). В августе количество осадков было в 2 раза меньше среднеемноголетних значений, что в сочетании с более высокой температурой затормозило набор вегетативной массы капусты.

Объекты исследования

Капуста белокачанная сорт Зимовка 1474. Сорт позднеспелый, от всходов до технической спелости – 130-150 дней. Высадка рассады в грунт в возрасте 40-45 дней, в фазе пяти-шести настоящих листьев. Кочаны округло-плоские, очень плотные, массой 2,0-3,6 кг. Урожайность – 50-60 т/га. Отличается высокой лежкостью при зимнем хранении. Товарность за 6 месяцев хранения – 80-90%. При благоприятных условиях кочаны сохраняются до июня. По мере хранения вкусовые качества кочанов улучшаются. Используется в свежем виде во второй половине зимы.

Исследовано влияние на показатели роста и качество капусты белокачанной сорта Зимовка 1474 следующих агрохимикатов:

Акварин овощной – удобрение с оптимальным набором макро- и микроэлементов для питания растений через полив и листовые подкормки. Микроэлементы в его составе содержатся в виде сложных органических солей – хелатов. Состав: N (%): 19, P₂O₅(%): 6, K₂O (%): 20, MgO (%): 1.5, S (%): 1.4. Микроэлементы: Fe (ДТПА) – 0,054; Zn (ЭДТА) – 0,014; Cu (ЭДТА) – 0,01; Mn (ЭДТА) – 0,042; Mo – 0,004; B – 0,02

Гумат Экорост – жидкость на основе гуминовых кислот, pH нейтральный(6,5-7,5), содержание действующего вещества (гуминовых кислот) – 70 г/л.

Хелатон Экстра: комплексное водорастворимое удобрение, состав: Fe – 0,58%; Mn – 0,77%; Co – 0,57%; Mo – 0,58%; Cu – 0,53%; Zn – 0,58%; B – 0,16%; аммиачный азот – 3,78%.

Тиатон представляет собой органо-минеральное удобрение, включающее в состав 4% S в органической форме.

Экспериментальный микробный комплекс (МБК) БИС-65 разработан на основе природных почвенных коринеформных бактерий рода *Rhodococcus* и дрожжей *Rhodotorula*, способных вырабатывать физиологически-активные вещества и оказывать на растения стимулирующий рост, иммуномодулирующий и антистрессовый эффект.

Биохимические анализы проведены в лабораторно-аналитическом отделе ФГБНУ ФНЦО. Анализ проводили по общепринятым методикам: содержание сухого вещества – термogravиметрически; нитратного азота – потенциометрически), содержание аскорбиновой кислоты определяли методом визуального титрования в 6% трихлоруксусной кислоте 2,6-дихлорфенол индофенолятом натрия (реактив Тилманса). Определение содержания сахаров проводили цианидным методом [16]. Статистическую обработку результатов опытов проводили методом однофакторного дисперсионного анализа с применением MS Excel.

Схема опыта: 1. Фон N90P90K120 (контроль), 2. Фон + БИС-65, 3. Фон + Акварин 0,6%, 4. Фон + Гумат ТорЭкс, 0,6%, 5. Фон + Хелатон. Повторность опыта трехкратная. Количество учетных растений в повторностях 12-14 шт.

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. Схема посадки в поле 70Х50 см. Густота стояния 28,0 тыс./га. Обработку испытуемыми регуляторами роста и препаратами осуществляли foliarно с применением пневматического ручного опрыскивателя. Периодичность обработки – через 2 и 4 недели после высадки растений в поле.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка влияния листовых обработок проведена по показателям урожайности, биохимическому и микроэлементному составу капусты.

Учет массы кочанов показал, что в среднем за три года исследований максимальный прирост был после обработки растений препаратами Акварин и Хелатон, где при массе 2,99 и 3,10 кг соответственно прибавка к контролю составила 15 и 19% (рис.3). Самое слабое из изученных регуляторов роста влияние оказал гуминовый препарат Экорост, где масса кочана в среднем была 2,76 кг (прибавка к контролю 6%).

Максимальная товарная урожайность отмечена для вариантов обработок препаратами МБК БИС (73 т/га, или 16% от контроля),

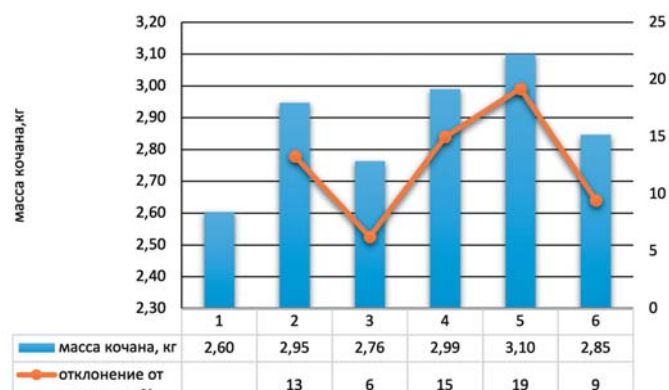


Рис. 3. Влияние foliarной обработки регуляторами роста на массу кочана, среднее за 3 года (1. Контроль. 2. БИС-65. 3. Экорост. 4. Акварин. 5. Хелатон. 6. Тиатон)
Fig.3. The effect of foliar treatment with growth regulators on the weight of the head, average for 3 years (1. Control; 2. BIS-65; 3. Ecorost; 4. Aquarin; 5. Helaton; 6. Tiaton)

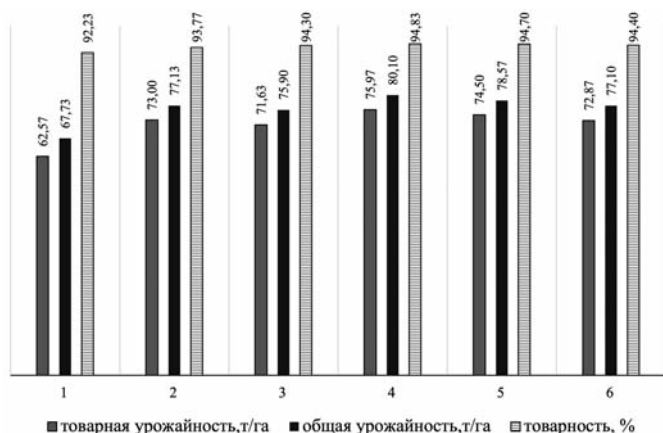


Рис. 4. Влияние обработок на показатели урожайности капусты белокочанной сорт Зимовка 1474, среднее за 3 года (1. Контроль. 2. БИС-65. 3. Экорост. 4. Акварин. 5. Хелатон. 6. Тиатон)
Fig. 4. The influence of treatments on the yield indicators of white cabbage variety Zimovka 1474, average for 3 years (1. Control. 2. BIS-65. 3. Ecorost. 4. Aquarin. 5. Helaton. 6. Tiaton)

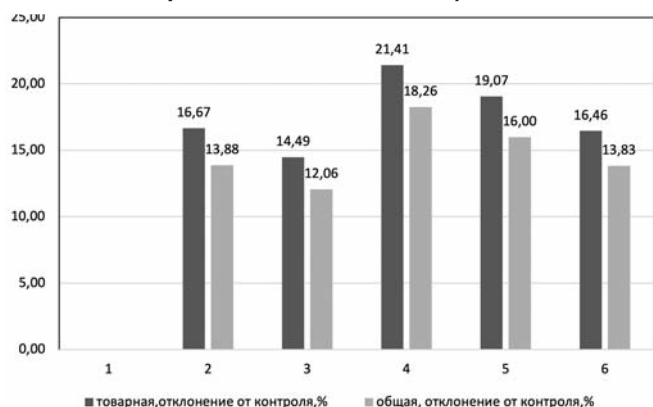


Рис. 5. Влияние обработок на прибавку товарной и общей продукции капусты белокочанной сорт Зимовка 1474, среднее за 3 года (1. Контроль. 2. БИС-65. 3. Экорост. 4. Акварин. 5. Хелатон. 6. Тиатон)
Fig. 5. The influence of treatments on the increase in marketable and total production of white cabbage variety Zimovka 1474, average for 3 years (1. Control. 2. BIS-65. 3. Ecorost. 4. Aquarin. 5. Helaton. 6. Tiaton)

Хелатон (74,5 т/га или 19% от контроля) и Акварин – наибольшая прибавка (75,97 т/га или 21,4%) (рис.4, 5). Показатели общего урожая капусты несколько отличались от товарного урожая. Наибольшие показатели отмечены после обработки капусты препаратом Акварин – 80,1 т/га (+18,26% от контроля), далее по убывающей влияли препараты Хелатон (78,57 т/га), Тиатон и БИС-65 (77,1 т/га), Экорост (75,9 т/га).

В различных почвенно-климатических условиях России ранее была установлена высокая эффективность использования хелатных комплексных удобрений [6-10]. В опытах на серой лесной почве использование биопрепарата азотобактерин способствовало росту урожайности капусты сорта Подарок с 42 до 64 т/га, или на 52,4% [14].

Товарность в целом была высокой во всех вариантах: 92% на контроле и около 94% на вариантах с foliarными обработками (рис. 4). Самая высокая отмечена после обработки капусты Акварином (94,83%).

По годам максимальной товарной урожайностью капусты отличался 2018 год, где даже на контроле значения были до 70 т/га (табл. 1). При обработке Хелатоном товарной капусты собрали 83,6 т/га, МБК БИС – 81,8, Тиатон – 81,2 и Акварином – 80 т/га. Самой низкой урожайностью характеризовался 2020 год – 55 т/га на контроле. В этом же году с наибольшей товарной урожайностью был вариант при обработке капусты Акварином. Другими словами погодные условия влияют на эффективность испытанных агрохимикатов – при достаточном количестве осадков более эффективными оказываются биостимулятор МБК БИС и хелатные удобрения Хелатон и Тиатон, при недостатке осадков в период налива кочана (в августе и сентябре), как в 2020 году – наиболее эффективно применение Акварина.

Оценка биохимического состава капусты по годам показала, что погодные условия оказывали влияние на накопление сухого веще-

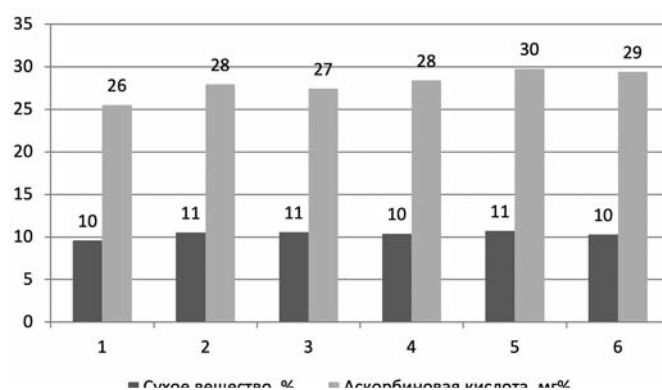


Рис. 6. Влияние обработок на содержание сухого вещества (%) и витамина С (мг%) в кочанах капусты белокочанной сорта Зимовка 1474, среднее за 3 года (1. Контроль. 2. БИС-65. 3. Экорост. 4. Акварин. 5. Хелатон. 6. Тиатон)
Fig. 6. Effect of treatments on the content of dry matter (%) and vitamin C (mg%) in heads of white cabbage variety Zimovka 1474, average for 3 years (1. Control. 2. BIS-65. 3. Ecorost. 4. Aquarin. 5. Helaton. 6. Tiaton)

Таблица 1. Урожайность капусты белокочанной за период 2018-2020 годов
Table 1. White cabbage yield for the period 2018-2020

Варианты	Товарная урожайность, т/га				Общая урожайность, т/га			
	2018	2019	2020	среднее за 3 года	2018	2019	2020	среднее за 3 года
Контроль	70,3	62,3	55,1	62,57	74,4	67,5	61,3	67,73
МБК БИС	81,8	71,3	65,9	73,00	85	75,9	70,5	77,13
Гумат Экорост	79,5	70,1	65,3	71,63	83,1	74,7	69,9	75,90
Акварин	80,0	72,6	75,3	75,97	83,4	77,1	79,8	80,10
Хелатон	83,6	71,7	68,2	74,50	86,6	76	73,1	78,57
Тиатон	81,2	70,7	66,7	72,87	84,1	75,1	72,1	77,10
НСР ₀₅	4,2	3,2	4,1		4,4	3,5	4,2	

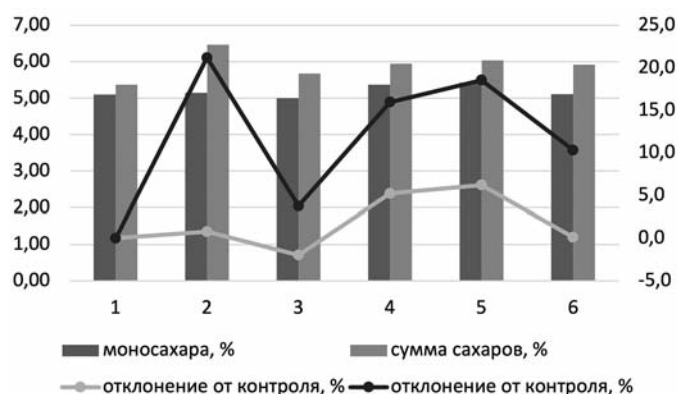


Рис. 7. Влияние обработок на накопление сахаров (%) в кочанах капусты белокочанной сорта Зимовка 1474, среднее за 3 года (1. Контроль. 2. БИС-65. 3. Экорост. 4. Акварин. 5. Хелатон. 6. Тиатон)
Fig. 7. The effect of treatments on the accumulation of sugars (%) in heads of white cabbage variety Zimovka 1474, average for 3 years (1. Control. 2. BIS-65. 3. Ecorost. 4. Aquarin. 5. Helaton. 6. Tiaton)

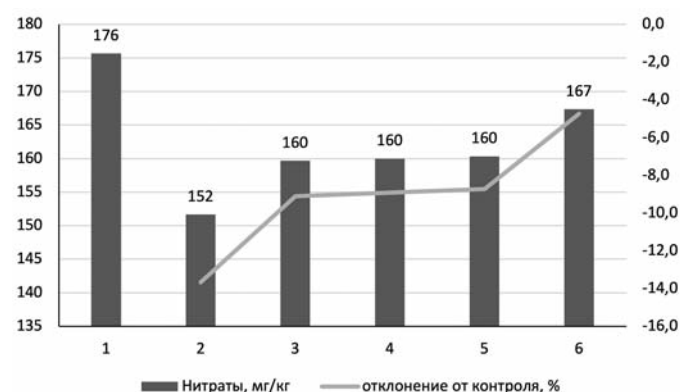


Рис. 8. Влияние обработок на накопление нитратов (мг/кг) в кочанах капусты белокочанной сорта Зимовка 1474, среднее за 3 года (1. Контроль. 2. БИС-65. 3. Экорост. 4. Акварин. 5. Хелатон. 6. Тиатон)
Fig. 8. The effect of treatments on the accumulation of nitrates (mg/kg) in heads of white cabbage variety Zimovka 1474, average for 3 years (1. Control. 2. BIS-65. 3. Ecorost. 4. Aquarin. 5. Chelaton. 6. Tiaton)

ства, сахаров, витамина С и нитратов в кочанах. Наибольшие показатели по накоплению сухого вещества отмечены для условий 2019 года; значительный разброс по вариантам содержания моносахаров характерен для условий 2019 и 2020 годов, по сумме сахаров – 2020 год, в этом же году было отмечено максимальное накопление витамина С. Самое большое количество нитратов отмечено в 2018 году. С учетом того, что 2018 год отличался наиболее сухим и жарким летом повышение концентрации нитратов было закономерным. Самое большое количество осадков выпало летом 2020 года, температурный режим был умеренно теплым. На этом фоне отмечен и рост содержания витамина С по всем вариантам, в том числе и в контрольном.

Сравнение трехлетних данных по влиянию разных препаратов на биохимический состав капусты показало, что применение всех агрохимикатов повышало содержание сухого вещества и аскорбиновой кислоты во всех вариантах, относительно контроля (рис. 6). Для наибольшего увеличения концентрации сухого вещества благоприятны обработки препаратами Хелатон (+11,7% относительно контроля), Экорост и БИС-65 (+10,0 и 9,7% соответственно). Содержание витамина С наибольшее было при обработке Хелатоном и Тиатоном, незначительно – Акварином и МБК-БИС. Увеличение по аскорбиновой кислоте от 9,42 до 13,4 относительных процента.

Сумма сахаров также увеличивалась относительно контроля во всех вариантах с листовыми подкормками, но наибольшее отмечены после обработки капусты МБК-БИС (6,47%, что на 20% выше конт-

рольных значений) и хелатоном (6,13% – на 12,3% выше контроля).

Накопление нитратов при использовании изучаемых агрохимикатов снижалось относительно контроля и сильнее всего после обработки растений МБК БИС (рис. 8). Превышения ПДК по нитратам для капусты не выявлено ни в одном из вариантов.

Анализ элементного состава кочанов капусты белокочанной позволил выявить, что использование микроэлементов в активной форме способствовало большему накоплению отдельных элементов. Наибольшие изменения характерны для серы – под влиянием Тиатона его количество увеличивалось с 5081 до 8050 мг/кг сухого вещества, или на 58,4% в сравнении с контролем (табл. 2). Содержание калия и магния под влиянием изучаемых приемов изменялось незначительно, а кальция – возрастало при использовании Тиатона и особенно Хелатона. Содержание железа также возрастало с 21,8 до 23,9-31,2 мг/кг сухого вещества в зависимости от применяемых видов микроудобрений. Наибольший прирост данного микроэлемента (на 43,1%) под влиянием Тиатона на наш взгляд обусловлен тем, что ферменты, в состав которых входит сера, способствуют большему усвоению Fe из почвы.

Что касается остальных микроэлементов, то можно отметить повышение содержания цинка и меди под влиянием всех изучаемых препаратов.

Закключение

Изучение действия микроудобрений, гумата, хелатов и биостимулятора на урожайность, биохимический и микроэлементный состав капусты белокочанной сорта Зимовка 1434 за три года показало, что на биометрические характеристики капусты наилучшим образом влияет некорневая подкормка микроудобрением Акварин и биостимулятором БИС-65, на общую и товарную урожайность – микроудобрение в хелатной форме Хелатон. Погодные условия оказывают влияние на эффективность испытанных агрохимикатов – при достаточном количестве осадков более эффективными оказываются биостимулятор МБК БИС и хелатные удобрения Хелатон и Тиатон, при недостатке осадков в период налива кочана (в августе и сентябре), как в 2020 году, наиболее эффективно применение для листовой подкормки Акварина.

Наибольшее накопление сухого вещества, сахаров, витамина С было характерно для вариантов с применением биопрепарата БИС-65 и хелатных удобрений (Тиатон, Хелатон). Хелатные удобрения способствовали увеличению накопления в кочанах таких элементов, как калий, кальций, железо, цинк и марганец.

Таблица 2. Содержание химических элементов в кочанах капусты сорта Зимовка 1474, мг/кг сухого вещества (среднее за три года)
Table 2. Content of chemical elements in heads of cabbage variety Zimovka 1474, mg/kg of dry matter (average for three years)

Элемент	Варианты			
	Контроль	Акварин	Хелатон	Тиатон
K	19829	19495	20440	20265
Ca	3723	3867	5435	4927
Mg	1340	1177	1348	1331
S	5081	4772	5202	8050
Fe	21,8	23,9	25,3	31,2
Zn	9,05	10,1	9,93	10,1
Mn	10,5	12,5	15,2	14,6
Cu	1,60	1,83	1,70	1,71
Mo	0,51	0,45	0,77	0,47
Co	0,16	0,10	0,12	0,16
Cd	0,00	0,00	0,01	0,02

• Литература

1. Минеев В.Г., Сычев В.Г., Гамзиков Г.П. и др. Агрохимия: учебник. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
2. Russell A.E., Laird D.A., Mallarino A.P. Nitrogen Fertilization and Cropping System Impacts on Soil Quality in Midwestern Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*. 2006;(1):249-255. DOI 10.2136/sssaj2005.0058
3. Вознесенская Т.Ю., Вережкина Т.М. Влияние инновационных форм удобрений на нарастание листового аппарата и его фотосинтетическую деятельность. *Плодородие*. 2018;6(105):9-12. DOI 10.25680/S19948603.2018.105.03. EDN PJSVZL.
4. Матевосян Г.Л., Шишов А.Д. Регуляция роста и продуктивности основных овощных культур и картофеля: монография. Федеральное агентство по образованию, Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. Великий Новгород: Новгородский гос. ун-т, 2007. 138 с.
5. Haydon M.J., Cobbett C.S. Transporters of ligands for essential metal ions in plants. *New Phytol*. 2007;174(3):499-506. DOI:10.1111/j.1469-8137.2007.02051.x
6. Дроздова И.А., Фаринюк Ю.Т., Павлов М.Н. Экономическая эффективность возделывания капусты белокачанной при использовании различных комплексных удобрений в условиях Верхневолжья. *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2023;8(102):150-154. DOI 10.33938/238-150. EDN VFIUFU.
7. Иванюшин Е.А., Хачукаев Р.С. Эффективность использования водорастворимых удобрений при выращивании овощных культур в условиях Курганской области. *Вестник Курганской ГСХА*. 2012;1(1):21-24. EDN PYJKNN.
8. Осипов А.И., Шкрабак Е.С. Влияние некорневого питания на урожай и качество овощных культур. *Известия Санкт-Петербургского ГАУ*. 2018;(51):35-41. EDN XUEGHB.
9. Пронько Н.А., Корсаков К.В., Пронько В.В., Степанченко Д.А. Применение хелатных удобрений на орошаемых овощных культурах в Саратовском Заволжье. *Аграрный научный журнал*. 2021;(5):41-45. DOI 10.28983/asj.y2021i5pp41-45. EDN LVZZNZ.
10. Пивоваров В.Ф., Надежкин С.М. Основные пути совершенствования систем удобрения в овощеводстве. *Плодородие*. 2016;5(92):16-18. EDN WWRVXJ.
11. Галеев Р.Р., Езепчу Л.Н. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество капусты белокачанной в разных природных зонах западной Сибири. *Вестник Алтайского государственного университета*. 2011;5(79):9-13. EDN NQUCIP.
12. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ПАХН, 2005. 301 с.
13. Соколова М.Г., Акимова Г.П., Вайшла О. Б. Влияние на растения фитогормонов, синтезируемых ризосферными бактериями. *Прикладная биохимия и микробиология*, 2011;47(3):302-307. EDN NWDAXD.
14. Соколова М.Г., Акимова Г.П., Хуснидинов Ш.К. Эффективность применения биопрепаратов ассоциативных бактерий на различных овощных культурах. *Агрохимия*. 2009;(7):54-59. EDN KPTIPH.
15. Маркарова А.Э., Маркарова М.Ю., Разин О.А., Надежкин С.М. Совершенствование элементов технологии выращивания капусты белокачанной в Нечерноземной зоне России. *Известия ФНЦО*. 2021;(3-4):84-88. DOI 10.18619/2658-4832-2021-3-4-84-88. EDN VEWVDP.
16. 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.: ФГБНУ ФНЦО, 2018. 181 с. ISBN 978-5-901695-76-0. EDN VLNAUJ.

• References

1. Mineev V.G., Sychev V.G., Gamzikov G.P. and others. *Agrochemistry*. M., 2017. 854 p. (In Russ.)
2. Russell A.E., Laird D.A., Mallarino A.P. Nitrogen Fertilization and Cropping System Impacts on Soil Quality in Midwestern Mollisols. *Soil Science Society of America Journal*. 2006;(1):249-255. DOI 10.2136/sssaj2005.0058
3. Voznesenskaya T.Yu., Vervovkina T.M. Influence of innovative forms of fertilizers on growth of leaf apparatus and its photosynthetic activity. *Plodородие*. 2018;6(105):9-12. DOI 10.25680/S19948603.2018.105.03. EDN PJSVZL. (In Russ.)
4. Matevosyan G.L., Shishov A.D. Regulation of growth and productivity of main vegetable crops and potatoes: monograph. Novgorod, 2007. 138 p. (In Russ.)
5. Haydon M.J., Cobbett C.S. Transporters of ligands for essential metal ions in plants. *New Phytol*. 2007;174(3):499-506. DOI:10.1111/j.1469-8137.2007.02051.x
6. Drozdov I.A., Farinyuk Yu.T., Pavlov M.N. Economic efficiency of white cabbage cultivation when using various complex fertilizers in the conditions of the Upper Volga Region. *Economics, labor, management in agriculture*. 2023;8(102):150-154. DOI 10.33938/238-150. EDN VFIUFU. (In Russ.)
7. Ivanushin E.A., Hachukaev R.S. Efficient use of water-soluble fertilizers for growing vegetables in the Kurgan region. *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2012;1(1):21-24. EDN PYJKNN. (In Russ.)
8. Osipov A.I., Shkrabak E.S. The influence of foliar nutrition on the yield and quality of vegetable crops. *Izvesniya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2018;(51):35-41. EDN XUEGHB. (In Russ.)
9. Pron'ko N.A., Korsakov C.V., Pron'ko V.V., Stepanchenko D.A. Application of chelated fertilizers on irrigated vegetable crops in the Saratov Zavolzhye. *The agrarian scientific journal*. 2021;(5):41-45. DOI 10.28983/asj.y2021i5pp41-45. EDN LVZZNZ. (In Russ.)
10. Nadezhkin S.M., Pivovarov V.F. Main methods of improving fertilization systems in vegetable breeding. *Plodородие*. 2016;5(92):16-18. EDN WWRVXJ. (In Russ.)
11. Galeev R.R., Ezepechu L.N.) The influence of growth regulators on the yield and quality of white cabbage in different natural zones of Western Siberia. *Bulletin of Altai State University*, 2011;5(79):9-13. EDN NQUCIP. (In Russ.)
12. Zavalin A.A. Biological products, fertilizers and crops. M.: RASHN, 2005. 301 p. (In Russ.)
13. Sokolova M.G., Akimova G.P., Vaishlya O.B. Effect of phytohormones synthesized by rhizosphere bacteria on plants. *Applied biochemistry and microbiology*. 2011;47(3):302-307. EDN NWDAXD. (In Russ.)
14. Sokolova M.G., Akimova G.P., Khusnidinov Sh.K. Efficiency of using biological products of associative bacteria on various vegetable crops. *Agrohimia*. 2009;(7):54-59. EDN KPTIPH. (In Russ.)
15. Markarova A.E., Markarova M.Yu., Razin O.A., Nadezhkin S.M. The white cabbage cultivation technology elements improvement in the Russia Non-Chernozem zone. *News of FSVC*. 2021;(3-4):84-88. DOI 10.18619/2658-4832-2021-3-4-84-88. EDN VEWVDP. (In Russ.)
16. 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.: FGBNU FNTSO, 2018. 181 p. ISBN 978-5-901695-76-0. EDN VLNAUJ. (In Russ.)

Об авторах:

Сергей Михайлович Надежкин – доктор биол. наук, профессор, зав. Лабораторно-аналитическим отделом, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, автор для переписки, nadegs@yandex.ru
Мария Юрьевна Маркарова – канд. биол. наук, в.н.с., <https://orcid.org/00000-0002-7951-2222>, myriam@mail.ru
Марина Сергеевна Антошкина – канд. с.-х. наук, с.н.с., <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>, limont@mail.ru
Анна Владимировна Молчанова – канд. с.-х. наук, с.н.с., <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, vovka.ks@rambler.ru
Иван Евгеньевич Осокин – руководитель филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Тверской области, ivoc@yandex.ru
Олег Анатольевич Разин – кандидат с.-х. наук, и.о. директора, <https://orcid.org/0000-0002-4844-938X>, oleg.rasin@gmail.com
Анна Эдуардовна Маркарова – м.н.с., <https://orcid.org/0000-0001-5131-8180> doctorviss@gmail.com

About the Authors:

Sergey M. Nadezhkin – Dr. Sci. (Biology), Professor, Head. Laboratory and Analytical Department, <https://orcid.org/0000-0001-5786-3454>, Correspondence Author, nadegs@yandex.ru
Maria Yu. Markarova – Cand. Sci. (Biology), Senior Researcher, <https://orcid.org/00000-0002-7951-2222>, myriam@mail.ru
Marina S. Antoshkina – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5510-4873>, limont@mail.ru
Anna V. Molchanova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-7795-7463>, vovka.ks@rambler.ru
Ivan E. Osokin – Head of the branch of the Federal State Budgetary Institution "Rosselkhozcentr" in the Tver region, ivoc@yandex.ru
Oleg A. Razin – Cand. Sci. (Agriculture), Acting Director, <https://orcid.org/0000-0002-4844-938X>, oleg.rasin@gmail.com
Anna E. Markarova – Junior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-5131-8180> doctorviss@gmail.com