

АГРОНОМИЯ

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научная статья
УДК 581.1;57.04
doi: 10.28983/asj.y2025i2pp4-11

Эффективность влияния мелафена и циркона на накопление питательных веществ в разных сортах капусты кейл

Есраа Алмуграби, Антонина Анатольевна Мостякова, Ольга Арнольдовна Тимофеева
Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия
e-mail: esraaalmgrabe@gmail.com

Аннотация. Нами изучено влияние регуляторов роста мелафен и циркон на фитохимический состав (витамин С, сахар, белок) в разных сортах капусты кейл (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). В качестве объекта исследований выбрали 4 сорта капусты кейл: 2 сорта зеленой – Оливер и Изумруд и 2 красной – Рубин и Розмари. Перед посадкой семена каждого сорта в течение суток выдерживали в чашках Петри с регуляторами мелафен ($10,0 \cdot 10^{-8}$ г/л), циркон (0,1 г/л) и дистиллированной водой. Отбор листьев для анализа проводили через 30 дней после посадки и высушивали их в сушильном шкафу при 60 °С. Результаты показали, что у сорта Оливер самое высокое содержание витамина С и сахара, самое высокое содержание белка у сорта Розмари. Исследуемые регуляторы роста значительно улучшали качество и увеличивали содержание витамина С, сахара и белка у разных сортов капусты кейл. Мелафен повышал содержание витамина С и белка у всех изученных сортов, а также содержание сахара у всех сортов, кроме сорта Розмари. Циркон стимулировал накопление витамина С только у сорта Розмари, сахара у сорта Изумруд и Розмари, белков у всех изученных сортов. Циркон оказывал наибольшее воздействие на сорта Изумруд и Розмари, в то время как мелафен оказывал наибольшее воздействие на сорт Рубин.

Ключевые слова: капуста кейл, витамин С, белки, сахар, мелафен, циркон

Для цитирования: Алмуграби Е., Мостякова А. А., Тимофеева О. А. Эффективность влияния мелафена и циркона на накопление питательных веществ в разных сортах капусты кейл // Аграрный научный журнал. 2025. № 2. С. 4–11. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2025i2pp4-11>.

AGRONOMY

Original article

Effectiveness of the influence of melafen and zircon on the accumulation of nutrients in different varieties of kale cabbage

Esraa Almugrabi, Antonina A. Mostyakova, Olga A. Timofeeva
Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia
e-mail: esraaalmgrabe@gmail.com

Abstract. We studied the effect of the growth regulators melafen and zircon on the phytochemical composition (vitamin C, sugar and protein) in different varieties of kale cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*). Four varieties of kale cabbage were chosen as the object of research, two green varieties – Oliver and Emerald and two red varieties – Ruby and Rosemary. Before planting, the seeds of each variety were soaked in Petri dishes for 24 hours with regulators melafen ($10,0 \cdot 10^{-8}$ g/l), zircon (0.1 g/l) and distilled water. Leaves were selected for analysis after 30 days of planting and dried in an oven at 60 °C. The results showed that the Oliver variety had the highest amount of vitamin C and sugar, and the Rosemary variety had the highest amount of protein. The studied growth regulators significantly improved the quality and increased the content of vitamin C, sugar and protein in different varieties of kale cabbage. Melafen increased vitamin C and protein content in all varieties studied,



while it increased sugar content in all varieties except Rosemary. However, zircon stimulated the accumulation of vitamin C only in the Rosemary variety, sugar in the Emerald and Rosemary varieties, and proteins in all studied varieties. Zircon had the greatest effect in the two cultivars Emerald and Rosemary, while melafen had the greatest effect in the cultivar Ruby.

Keywords: kale cabbage, vitamin C, proteins, sugar, melafen, zircon

For citation: Almugrabi E., Mostyakova A. A., Timofeeva O. A. Effectiveness of the influence of melafen and zircon on the accumulation of nutrients in different varieties of kale cabbage. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2025;(2):4–11. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2025i2pp4-11>.

Введение. Человечество всегда было заинтересовано в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшении качества питания и увеличении содержания полезных для здоровья соединений в овощах и фруктах. Одним из подходов, позволяющим решить эти проблемы, является применение регуляторов роста. Чаще всего регуляторы роста используют для ускорения созревания плодов, улучшения их вкусовых качеств, активации корнеобразования, а также для повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды и вредителям [1, 5, 7, 8]. На сегодняшний день существует огромное количество природных и синтетических регуляторов роста. Однако изучение и поиск лучших из них продолжается до сих пор. Большая часть исследований посвящена изучению влияния регуляторов роста на урожайность сельскохозяйственных культур, при этом работ, связанных с исследованием влияния регуляторов роста на содержание фитохимических веществ в растениях, совсем немного.

Капуста кейл принадлежит к семейству *Brassicaceae*. Она имеет множество разновидностей, которые в основном различаются по цветовым оттенкам, размеру и типу листьев [22, 28]. Капуста кейл (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) богата первичными и вторичными метаболитами [1, 15, 25, 28, 29], которые оказывают благотворное влияние на организм человека [18, 25, 28]. Показано, что содержание минералов, витаминов, сахара и белков в капусте кейл выше, чем в других культурных растениях семейства крестоцветных [28]. Согласно базе данных Министерства сельского хозяйства США, в 100 г сырой капусты содержится 2,90 г белка, 4,40 г углеводов и 1,49 г липидов. Кроме того, в ней содержится больше железа (1,60 мг/100 г), чем в мясе, в 2–3 раза больше кальция (254,00 мг/100 г), чем в молоке, в 3–4 раза больше фолиевой кислоты (241 мкг/100 г), чем в яйцах, и в 2 раза больше витамина С (93,40 мг/100 г), чем в апельсинах [25].

Капуста кейл широко используется в овощеводстве и садоводстве, что обеспечивает большую генетическую изменчивость, которая может быть результатом внутрипопуляционной изменчивости, вызванной перекрестным опылением растений, а также межпопуляционной изменчивости за счет выбора фермера и адаптации к местным экологическим условиям, что приводит к увеличению сортов кейл в мире [24]. В последние десятилетия морфологические, агрономические, генетические и фитохимические характеристики местных сортов кейл рассматриваются и исследуются во многих странах [14, 16, 20, 25, 28].

Цель настоящей работы – изучение изменений в содержании важных метаболических веществ – белков и углеводов, витамина С в листьях разных сортов капусты кейл при воздействии мелафена и циркона.

Материалы и методы. Исследование и закладку вегетационного опыта проводили с 10 августа по 10 декабря 2023 г. в лаборатории кафедры ботаники и физиологии растений Казанского (Приволжского) федерального университета. В качестве объекта исследований выбрали 4 сорта капусты кейл (*B. oleracea* var. *acephala*): 2 сорта зеленой – Оливер и Изумруд и 2 красной – Рубин и Розмари. Перед посадкой семена каждого сорта в течение суток выдерживали в чашках Петри с дистиллированной водой, с регуляторами мелафен (меламиновая соль бис(оксиметил)фосфиновой кислоты $10,0 \cdot 10^{-8}$ г/л), циркон (препарат на основе гидроксикоричных кислот растительного происхождения 0,1 г/л). Далее семена проращивали в течение 7 дней в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге. Для каждого варианта взяли 3 горшка по 3 растения в каждом. Отобрали 9 образцов для каждого сорта в 3 вариантах.

Растения выращивали в лабораторных условиях: фотопериод 16 ч, температура воздуха 25 ± 2 °C, относительная влажность воздуха 70 %, освещение 3000 люкс. Все горшки (диаметр 15 см) заполняли 500 г сухой супесчаной почвы, растения высаживали на глубине 1,5–2,0 см, влажность почвы перед поливами составила 35 %. Кислотность почвы нейтраль-





ная ($pH = 6,9$). Содержание органического вещества (гумуса) составило 1,96 %, азота нитратного – 35,5 мг/кг, азота аммиачного – 11,3 мг/кг, подвижного фосфора – 584,0 мг/кг, обменного кальция – 13,25 ммоль/100 г и обменного магния – 1,50 ммоль/100 г.

Листья отбирали через 30 дней после посадки, высушивали их в сушильном шкафу при 60 °С и далее использовали для анализов.

Содержание витамина С определяли как сумму аскорбиновой кислоты (АА) и дегидроаскорбиновой кислоты (ДНАА) с использованием спектрофотометрического метода [9]. Содержание сахаров определяли антроновым методом [10], содержание белка определяли по методу Lowry [26].

Эксперименты проводили в трех биологических повторностях. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программы Microsoft Excel. Достоверность различий определяли по критерию Манна-Уитни при $P \leq 0,05$.

Результаты исследований. По содержанию сухого вещества в листьях выделили сорт Рубин (26,5 %), наименьший показатель зафиксировали у сорта Розмари (15,1 %). У сорта Изумруд только циркон повышал содержание сухого вещества на 38,4 %, в то время как у сорта Розмари циркон и мелафен повышали показатель на 26,4 % и 38,4 % соответственно. Также мелафен увеличивал содержание сухого вещества у сорта Оливер на 45,3 %, у сорта Рубин на 7,2 % по сравнению с контролем (таблица 1).

Таблица 1 – Сухое вещество в разных сортах капусты кейл, %

Table 1 – Dry matter in different varieties of kale cabbage, %

Опыт	Сорт капусты кейл			
	Изумруд	Оливер	Рубин	Розмари
Контроль	22,1±0,010с	24,7±0,007b	26,5±0,019a	15,1±0,009d
Мелафен	20,9±0,015с	35,9±0,006a*	28,4±0,021b*	20,9±0,0007с*
Циркон	30,6±0,006a*	21,8±0,010b	20,1±0,001с	19,1±0,006d*

* статистически значимые различия между регуляторами и контролем при $p < 0,05$

Значения представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение ($n = 3$). Одинаковыми буквами обозначили отсутствие статистически значимых различий между сортами при $p < 0,05$.

Капуста кейл богата фенольными соединениями, каротиноидами, макро и микроэлементами, а также витаминами А, В₁, В₂, В₆, С, Е, К [28]. Витамины являются важными метаболитами растений, защищающими клетки от активных форм кислорода [30]. Витамин С защищает зеленые пигменты от окисления и способствует росту растений. Доказано, что витамин С выступает как антиоксидант, помогающий растениям противостоять засухе, воздействию озона и активного ультрафиолетового излучения [21, 30]. Исследования показали, что из контрольных растений самое высокое содержание витамина С у сорта Оливер (2,1 мг/г сух. массы). Мелафен по сравнению с контролем увеличивал содержание аскорбиновой кислоты во всех сортах: на 87,5 % в сорте Изумруд, на 121,7 % в сорте Оливер, на 168,4 % в сорте Розмари и на 225,0 % в сорте Рубин. Циркон увеличивал содержание аскорбиновой кислоты только у сорта Розмари – на 221,0 % по сравнению с контролем (таблица 2).

Значения представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение ($n = 3$). Одинаковыми буквами обозначили отсутствие статистически значимых различий между сортами при $p < 0,05$.

Таблица 2 – Содержание витамина С в разных сортах капусты кейл, мг/г сух. массы

Table 2 – Content of vitamin C in different varieties of kale cabbage, mg/g of dry weight

Опыт	Сорт капусты кейл			
	Изумруд	Оливер	Рубин	Розмари
Контроль	1,60±0,13с	2,30±0,21a	1,60±0,13с	1,90±0,15b
Мелафен	3,00±0,34b*	5,10±0,26a*	5,20±0,15a*	5,10±0,36a*
Циркон	1,80±0,11с	2,60±0,24b	2,00±0,31с	6,10±0,18a*

* статистически значимые различия между регуляторами и контролем при $p < 0,05$



В ходе исследования выяснили, что из контрольных растений самое высокое содержание сахара у сорта Оливер (92,3 мг/г сух. массы) (таблица 3). Наибольшее воздействие на содержание сахара мелафен оказал у сортов Изумруд, Оливер и Рубин, в то время как циркон увеличил содержание сахара у сортов Изумруд и Розмари.

Таблица 3 – Содержание сахара в разных сортах капусты кейл, (мг/г сух. массы)

Table 3 – Content of sugar in different varieties of cabbage kale, (mg/g of dry weight)

Опыт	Сорт капусты кейл			
	Изумруд	Оливер	Рубин	Розмари
Контроль	79,2±2,3b	92,3±4,5a	74,1±2,5c	72,9±2,4c
Мелафен	110,4±3,5a*	112,4±3,3a*	105,4±2,7b*	65,4±4,1c
Циркон	93,1±6,5a*	93,8±4,2a	67,7±4,4c	83,2±5,6b*

* статистически значимые различия между регуляторами и контролем при $p<0,05$

Значения представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение ($n = 3$). Одинаковыми буквами обозначили отсутствие статистически значимых различий между сортами при $p<0,05$.

У сорта Изумруд циркон повышал содержание сахара на 17,5 %, мелафен – на 38,8 %. Также мелафен повышал содержание сахара на 21,3 % у сорта Оливер и на 41,7 % у сорта Рубин по сравнению с контролем. Сорт Розмари показал самую низкую чувствительность на действие регуляторов роста: мы наблюдали повышение содержания сахара только в ответ на обработку цирконом и всего на 14,1 % по сравнению с контролем (см. таблицу 3).

Белки являются важнейшими химическими соединениями, без которых жизнедеятельность организма была бы невозможной. Капуста кейл, в отличие от других представителей семейства *Brassicaceae*, богата белками, содержащими в своем составе большое количество незаменимых аминокислот [28]. В ходе исследования выяснили, что у контрольных растений сорта Розмари было самое высокое содержание белка (155,4 мг/г сух. массы). Исследуемые регуляторы роста стимулировали накопление белка у всех сортов (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание белков в разных сортах капусты кейл, (мг/г сух. массы)

Table 4 – Content of protein in different varieties of cabbage kale, (mg/g of dry weight)

Опыт	Сорт капусты кейл			
	Изумруд	Оливер	Рубин	Розмари
Контроль	105,4±3,5b	108,5±4,8b	90,1±4,2c	155,4±6,2a
Мелафен	115,8±2,4d*	140,2±5,3c*	158,8±2,5b*	184,1±1,5a*
Циркон	220,2±3,6b*	158,6±6,5c*	152,6±2,9c*	225,4±3,2a*

* статистически значимые различия между регуляторами и контролем при $p<0,05$

Значения представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение ($n = 3$). Одинаковыми буквами обозначили отсутствие статистически значимых различий между сортами при $p<0,05$.

Следует отметить, что циркон увеличил содержание белков в большей степени, чем мелафен. Например, циркон увеличил содержание белков у сорта Розмари на 45,0 % по сравнению с контролем, а мелафен – всего на 11,8 %; у сорта Оливер: циркон на 45,6 %, мелафен на 29,2 %; у сорта Изумруд: циркон на 108,7 %, мелафен на 10,0 % соответственно. У сорта Рубин, напротив, наблюдали максимальное содержание белков при воздействии регулятора мелафен, где увеличение составило 76,4 % (см. таблицу 4), в то время как при воздействии циркона содержание белков увеличилось на 69,5 %.

Наше исследование показало, что существуют сортовые особенности как в содержании исследуемых веществ, так и в эффективности воздействия регуляторов роста растений. Обнаружили, что содержание первичных и вторичных метаболитов может изменяться под воздействием различных факторов, включая сорт, стадию развития, сезон сбора урожая, условия окружающей среды и обработку (гормонами и удобрениями) [1, 17, 19, 22, 25, 27]. В текущем исследовании дока-

зано, что у сорта Оливер было самое высокое содержание витамина С в контрольных растениях. Мелафен оказал положительное воздействие на содержание витамина С у всех сортов, особенно у сорта Рубин, где содержание витамина увеличилось на 225,0 % по сравнению с контролем. Однако циркон оказал положительное воздействие на содержание витамина С только у сорта Розмари (см. таблицу 2).

Данные о влиянии фиторегуляторов на содержание витамина С в растениях весьма противоречивы. Некоторые исследования показали, что обработка капусты кейл такими соединениями, как метилжасмонат и брассинолид не оказали значительного влияния на содержание аскорбиновой кислоты [1, 19]. В то же время салициловая кислота, гибберсиб и новосил снижали содержание исследуемого соединения [1, 19]. Такие противоречивые данные могут быть также связаны с фазой развития растений, взятых для анализа. В предыдущих исследованиях показано, что мелафен повышал содержание витамина С в овощных культурах, таких как картофель, томат, редис и столовая свекла [2]. В других исследованиях показано, что опрыскивание растений циркона повышает содержание аскорбиновой кислоты в плодах *Capsicum annuum* [6].

Капуста кейл очень богата сахарами [1, 22, 28]. Глюкоза и фруктоза являются основными растворимыми сахарами в капусте кейл [23]. Более высокий уровень сахаров при обработке регуляторами роста улучшает ее питательные и вкусовые качества [1, 19]. В ходе исследования обнаружили, что кейл может быть важным пищевым источником сахаров, особенно сорт Оливер. Изученные регуляторы роста повлияли на содержание сахаров в исследуемых сортах (см. таблицу 3). Мелафен стимулировал накопление сахаров у всех изученных сортов, кроме сорта Розмари. Циркон увеличивал данный показатель у сортов Изумруд и Розмари по сравнению с контролем. Мелафен оказал наибольшее воздействие на содержание сахара и витамина С у сорта Рубин (повышение содержания сахара на 41,7 % по сравнению с контролем). Исследования доказывают, что мелафен [2, 12] и циркон [3] повышали содержание общего сахара на овощных и фруктовых культурах. Известно, что содержание сахаров в растениях зависит от активности ферментов гидролиза крахмала и условий окружающей среды. Исследуемые препараты усиливают активность α и β -амилаз, способствуя расщеплению крахмала до олиго- и моносахаров [3, 4, 11–13].

Кейл считается хорошим источником белков и пищевых волокон, содержит в своем составе высокое количество незаменимых аминокислот [22, 23]. В ходе исследования выяснили, что наибольшее содержание белка в контрольных условиях наблюдается у сорта Розмари (см. таблицу 4). Под действием регуляторов роста содержание белков увеличилось в каждом сорте, особенно под влиянием циркона (см. таблицу 3). Циркон в большей степени повышал содержание белка у сорта Изумруд (на 108,0 % по сравнению с контролем), а мелафен – у сорта Рубин (на 76,4 %). Ранее было обнаружено, что циркон увеличивает содержание азота в озимой пшенице [17].

Заключение. В исследовании установили, что изученные фиторегуляторы увеличивали содержание витамина С, сахара и белков у разных сортов капусты кейл в разной степени. Мелафен повышал содержание витамина С, белка и сахаров практически у всех изученных сортов (кроме сорта Розмари). В то же время циркон стимулировал накопление витамина С только у сорта Розмари, сахара – у сорта Изумруд и Розмари, а белка – у всех изученных сортов. Циркон оказывал наибольший эффект у сортов Изумруд и Розмари, в то время как мелафен проявил наибольший эффект у сорта Рубин. Можно сказать, что сорт Рубин более чувствителен к мелафену, в то время как Изумруд и Розмари – более чувствительны к циркону. Мы предположили, что во всех изученных сортах капусты кейл в большей степени циркон активировал пути синтеза азотсодержащих метаболитов, например, белков, а мелафен стимулировал пути синтеза углеродсодержащих метаболитов таких как сахар и витамин С, особенно у сорта Рубин.

В результате наших исследований установлено, что изученные сорта *Brassica oleracea* L. var. *acephala* характеризуются высоким содержанием витамина С, сахаров и белков. У сорта Оливер самое высокое количество витамина С по сравнению с другими изученными сортами, у сорта Розмари самое высокое количество белка (можно рекомендовать вегетарианцам как богатый источник белка).



Проведенные исследования показали возможность улучшения вкусовых и питательных свойств капусты кейл с помощью мелафена и циркона. Обнаружили сортоспецифическое влияние этих фиторегуляторов на содержание питательных веществ в разных сортах капусты кейл. При этом мелафен способствует повышению количества углеродсодержащих метаболитов (витамин С и сахар), а циркон усиливает синтез азотсодержащих метаболитов (белки).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмуграби Е. Фитохимический состав и антиоксидантный статус *Brassica Oleraceae* L. при действии природных и синтетических регуляторов роста растений: дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2021. 170 с.
2. Барчукова А. Я., Тосунов Я. К., Фаттахов С. Г. Эффективность применения препарата (Мелафен) на овощных культурах // Материалы докладов участников VI совещания-семинара «Анапа-2010» (Перспективы использования новых форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур). Москва, 2010. С. 15–19.
3. Воробьев В. Ф., Лисина А. В. Влияние «циркона» на формирование ежегодного плодоношения и физиолого-биохимические показатели плодов яблони при хранении // Современные технологии хранения и переработки продукции. 2018. Т. 54. С. 283–287. DOI 10.31676/2073-4948-2018-54-283-287.
4. Гамзаева Р. С. Влияние фиторегуляторов эпин и циркон на амилолитическую активность и содержание редуцирующих сахаров в прорастающих зернах пивоваренного ячменя // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 44. С. 27–32.
5. Князева Т. В. Регуляторы роста растений в Краснодарском крае. Краснодар: ЭДВИ, 2013. 128 с.
6. Меньщикова Я. В., Лушникова Т. А. Влияние препарата «циркон» и сульфата калия на физиологические процессы *capsicum annuum* L. (Solanaceae) сорта Калифорнийское чудо // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2019. Т. 29. С. 31–39.
7. Рябчинская Т. А., Зимица Т. В. Средства, регулирующие рост и развитие растений, в агротехнологиях современного растениеводства // Агрохимия. 2017. № 12. С. 62–92.
8. Савельев А. С., Смолин Н. В., Синьков А. А. Влияние регулятора роста на продуктивность озимой ржи и устойчивость растений к биотическому и абиотическому стрессорам // Агро XXI. 2009. № 10. С. 19–20.
9. Соколовский В. В., Лебедева Л. В., Лиэлуп Т. Б. О методе отдельного определения АК, ДАК и дикетоглуконовой кислот (ДКГК) в биологических тканях // Лабораторное дело. 1974. № 3. С. 57–63.
10. Тимофеева О. А. Практикум по физиологии и биохимии растений. Казань, 1998. 24 с.
11. Фаттахов С. Г., Кузнецов В. В., Загоскина Н. В. Мелафен: механизмы действия и области применения. Казань: «Печать-Сервис XXI век». 2014. 408 с.
12. Чепко С. С., Долгова Л. Н., Положенцев В. П. Влияние регулятора роста Мелафен на продуктивность зерновых культур // Матер. Всерос. семинара-совещания (Состояние исследований и перспективы применения регуляторов роста растений нового поколения. Мелафен в сельском хозяйстве и биотехнологии). Казань, 2006. С. 165–168.
13. Шаповал О. А., Можарова И. П., Мухина М. Т. Влияние регуляторов роста растений нового поколения на рост и продуктивность растений сои // Плодородие. 2015. № 5. С. 32–34.
14. Analysis of Effects of Kale Juice Consumption Among Subjects with Potential Metabolic Syndrome: A Prospective Single-Arm Clinical Study / T. Ide et al. // Cardiology Hypertension. 2016. No. 2. P. 25–38. DOI. 10.14302/issn.2329-9487.jhc-16-1244.
15. Anteh J. D., Timofeeva O. A., Mostyakova A. A. Assessment of mineral nutrient impact on metabolites accumulation in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. No. 13(3). P. 208–224. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-3-208-224.
16. Antiproliferative Effects of Fresh and Thermal Processed Green and Red Cultivars of Curly Kale (*Brassica Oleracea* L. Convar. *acephala* Var. *Sabellica*) / H. Olsen et al. // Agricultural and Food Chemistry. 2012. No. 60. P. 7375–7383. DOI.org/10.1021/jf300875f.
17. Application of New-Generation Growth Regulators and Topdressing Nitrogen Fertilizers Increases Improver Winter Wheat Yield and Grain Quality in South Russia / Y. Pleskachiov et al. // Agriculture. 2022. Vol. 12. P. 1310. DOI.org/10.3390/agriculture120913100.
18. Cytotoxicity of Selenium-Enriched Chinese Kale (*Brassica oleracea* var. *alboglabra* L.) Seedlings Against Caco-2, MCF-7 and HepG2 Cancer Cells / V. Luang-In et al. // Pharmacognosy. 2020. No. 12. P. 674–681. DOI:10.5530/pj.2020.12.99.
19. Effects of plant hormones on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale / B. Sun et al. // Food Research International. 2012. Vol. 48. P. 359–366.





20. Gastroprotective Activity of Hydroalcoholic Extract Obtained from the Leaves of *Brassica Oleracea* Var. *Acephala* DC in Different Animal Models / M. Lemos et al. // *Ethnopharmacology*. 2011. No. 138. P. 503–507. DOI: 10.1016/j.jep.2011.09.046.

21. Khan T. A., Mazid M., Mohammad F. Potential of Ascorbic acid against oxidative burst in plants under biotic stress: a review // *Industrial Research & Technology*. 2012. Vol. 2(2). P. 72–80.

22. Light influence in the nutritional composition of *Brassica oleracea* sprouts / A. P. Vale et al. // *Food Chemistry*. 2015. Vol. 178. P. 292–300.

23. Mineral micronutrient and prebiotic carbohydrate profiles of USA-grown kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) / D. Thavarajah et al. // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016. No. 52. P. 9–15.

24. Morphological characterization of kale populations from northwestern Spain / M. E. Cartea et al. // *Euphytica*. 2002. Vol. 129. P. 25–32.

25. Ortega-Hernández E., Antunes-Ricardo M., Jacobo-Velázquez D. A. Improving the Health-Benefits of Kales (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala* DC) through the Application of Controlled Abiotic Stresses: A Review // *Plants*. 2021. Vol. 30. P. 26–29. DOI: 10.3390/plants10122629.

26. Protein measurement with Folin phenol reagent / O. H. Lowry et al. // *Biological Chemistry*. 1951. Vol. 193(1). P. 265–275.

27. Saini R. K., Keum Y. S. Significance of Genetic, Environmental, and Pre- and Postharvest Factors Affecting Carotenoid Contents in Crops: A Review // *Agricultural and Food Chemistry*. 2018. No. 66. 5310–5324. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b01613.

28. Šamec D., Urlić B., Salopek-Sondi B. Kale (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) as a superfood: review of the scientific evidence behind the statement // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018. № 59. P. 2411–2422. DOI: 10.1080/10408398.2018.1454400.

29. Therapeutic Effects of Phytochemicals of *Brassicaceae* for Management of Obesity / A. Kuerban et al. // *Pharmaceutical Research International*. 2017. No. 19. P. 1–11. DOI: 10.9734/JPRI/2017/37617.

30. Wolucka B. A., Goossens A., Inze' D. Methyl jasmonate stimulates the de novo biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions // *Experimental Botany*. 2005. Vol. 56. P. 2527–2538.

REFERENCES

1. Almugrabi E. Phytochemical composition and antioxidant status of *Brassica Oleraceae* L. under the action of natural and synthetic plant growth regulators: Biol. Ph.D. diss. Kazan, 2021. 170 p. (In Russ.).

2. Barchukova A. Ya., Tosunov Y. K., Fattakhov S. G. Efficiency of using the preparation (Melafen) on vegetable crops. *Materials of the Reports of the Participants of the VI Anapa-2010 Meeting-Seminar* (Promising use of new forms of fertilizers, protective agents and plant growth regulators in agricultural technologies of agricultural crops). Moscow, 2010:15–19. (In Russ.).

3. Vorobiev V. F., Lisina A. V. The influence of “zircon” on the formation of annual fruiting and physiological and biochemical parameters of apple fruits during storage. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2018;(54):283–287. (In Russ.). DOI: 10.31676/2073-4948-2018-54-283-287.

4. Gamzaeva R. S. Influence of phyto regulators epin and zircon on amylolytic activity and the content of reducing sugars in germinating grains of malting barley. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2016;(44):27–32. (In Russ.).

5. Knyazeva T. V. Plant growth regulators in the Krasnodar region. Krasnodar: EDVI, 2013. 128 p. (In Russ.).

6. Menshchikova Ya. V., Lushnikova T.A. Effect of “zircon” and potassium sulfate on the physiological processes of *Capsicum annuum* L. (*Solanaceae*) cultivar “Californian miracle”. *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2019;(29):31–39. (In Russ.).

7. Ryabchinskaya T. A., Zimina T. V. Means regulating the growth and development of plants in agricultural technologies of modern crop production. *Agrochemistry*. 2017;(12):62–92. (In Russ.).

8. Savelyev A. S., Smolin N. V., Sinkov A. A. The influence of a growth regulator on the productivity of winter rye and plant resistance to biotic and abiotic stressors. *Agro XXI*. 2009;(10):19–20. (In Russ.).

9. Sokolovsky V. V., Lebedeva L. V., Lielup T. B. On the method of separate determination of AA, DAA and diketogulonic acids (DKGA) in biological tissues. *Laboratory Work*. 1974;(3):57–63. (In Russ.).

10. Timofeeva O. A. Workshop on physiology and biochemistry of plants. Kazan, 1998. 24 p. (In Russ.).

11. Fattakhov S. G., Kuznetsov V. V., Zagorskina N. V. Melafen: mechanisms of action and areas of application. Kazan, 2014. 408 p. (In Russ.).

12. Chepko S. S., Dolgova L. N., Polozhentsev V. P. The influence of the growth regulator Melafen on the productivity of grain crops. *Materials of All-Russian Seminar-Meeting* (State of research and prospects for the use of new generation plant growth regulators. Melafen in agriculture and biotechnology). Kazan, 2006:165–168. (In Russ.).

13. Shapoval O. A., Mozharova I. P., Mukhina M. T. The influence of new generation plant growth regulators on the growth and productivity of soybean plants. *Plodородie*. 2015;(5):32–34. (In Russ.).
14. Analysis of Effects of Kale Juice Consumption Among Subjects with Potential Metabolic Syndrome: A Prospective Single-Arm Clinical Study / T. Ide, A. Suzuki, M. Kurokawa, N. Minagawa, H. Inuzuka, G. Ichien. *Cardiology Hypertension*. 2016;(2):25–38. DOI: 10.14302/issn.2329-9487.jhc-16-1244.
15. Anteh J. D., Timofeeva O. A., Mostyakova A. A. Assessment of mineral nutrient impact on metabolites accumulation in kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021;13(3):208–224. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-3-208-224.
16. Antiproliferative Effects of Fresh and Thermal Processed Green and Red Cultivars of Curly Kale (*Brassica Oleracea* L. Convar. *acephala* Var. *Sabellica*) / H. Olsen, S. Grimmer, K. Aaby, S. Saha, G. I. A. Borge. *Agricultural and Food Chemistry*. 2012;(60):7375–7383. DOI: 10.1021/jf300875f.
17. Application of New-Generation Growth Regulators and Topdressing Nitrogen Fertilizers Increases Improver Winter Wheat Yield and Grain Quality in South Russia / Y. Pleskachiov, S. Voronov, S. Kurbanov, F. S. Saquee, M. Zargar. *Agriculture*. 2022;(12):1310. DOI: 10.3390/agriculture120913100.
18. Cytotoxicity of Selenium-Enriched Chinese Kale (*Brassica Oleracea* var. *Alboglabra* L.) Seedlings Against Caco-2, MCF-7 and HepG2 Cancer Cells / V. Luang-In, W. Saengha, B. Buranrat, A. Chantiratikul, N. Ma. *Pharmacognosy*. 2020;(12):674–681. DOI:10.5530/pj.2020.12.99.
19. Effects of plant hormones on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale / B. Sun, H. Yan, F. Zhang, Q. Wang. *Food Research International*. 2012;(48):359–366.
20. Gastroprotective Activity of Hydroalcoholic Extract Obtained from the Leaves of *Brassica Oleracea* Var. *Acephala* DC in Different Animal Models / M. Lemos, J. R. Santin, L. C. K. Júnior, R. Niero, S. F. de Andrade. *Ethnopharmacology*. 2011;(138):503–507. DOI: 10.1016/j.jep.2011.09.046.
21. Khan T. A., Mazid M., Mohammad F. Potential of Ascorbic acid against oxidative burst in plants under biotic stress: a review. *Industrial Research & Technology*. 2012;2(2):72–80.
22. Light influence in the nutritional composition of *Brassica oleracea* sprouts / A. P. Vale, J. Santos, N. V. Brito, V. Peixoto, E. Rosa Carvalho, E. Rosa, M. Beatriz, P. P. Oliveira. *Food Chemistry*. 2015;(178):292–300.
23. Mineral micronutrient and prebiotic carbohydrate profiles of USA-grown kale (*Brassica oleracea* L. Var. *acephala*) / D. Thavarajah, P. Thavarajah, A. Abare, S. Basnagala, C. Lacher, P. Smith, G. F. Combs. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016;(52):9–15.
24. Morphological characterization of kale populations from northwestern Spain / M. E. Cartea, A. Picoaga, P. Soengas, A. Ordas. *Euphytica*. 2002;(129):25–32.
25. Ortega-Hernández E., Antunes-Ricardo M., Jacobo-Velázquez D. A. Improving the Health-Benefits of Kales (*Brassica oleracea* L. Var. *Acephala* DC) through the Application of Controlled Abiotic Stresses: A Review. *Plants*. 2021;(30):26–29. DOI: 10.3390/plants10122629.
26. Protein measurement with Folin phenol reagent / O. H. Lowry, N. J. Rosebrough, A. L. Farr, R. J. Randall. *Biological Chemistry*. 1951;193(1):265–275.
27. Saini R. K., Keum Y. S. Significance of Genetic, Environmental, and Pre- and Postharvest Factors Affecting Carotenoid Contents in Crops: A Review. *Agricultural and Food Chemistry*. 2018;(66):5310–5324. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b01613.
28. Šamec D., Urlić B., Salopek-Sondi B. Kale (*Brassica oleracea* var. *Acephala*) as a superfood: review of the scientific evidence behind the statement. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018;(59):2411–2422. DOI: 10.1080/10408398.2018.1454400.
29. Therapeutic Effects of Phytochemicals of *Brassicaceae* for Management of Obesity / A. Kuerban, S. S. Yaghmoor, Y. Q. Almulaiky, Y. A. Mohamed, S. S. I. Razvi, M. N. Hasan, S. S. Moselhy, A. B. Al-Ghafari, H. M. Alsufiani, T. A. Kumosani. *Pharmaceutical Research International*. 2017;(19):1–11. DOI: 10.9734/JPRI/2017/37617.
30. Wolucka B. A., Goossens A., Inze D. Methyl jasmonate stimulates the de novo biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions. *Experimental Botany*. 2005;(56):2527–2538.

Статья поступила в редакцию 28.03.2024; одобрена после рецензирования 29.04.2024; принята к публикации 08.05.2024.
The article was submitted 28.03.2024; approved after reviewing 29.04.2024; accepted for publication 08.05.2024.

