

Рамидин Эфендиевич Казахмедов

Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал Северо-Кавказского ФНЦ садоводства, виноградарства, виноделия, Дербент, Республика Дагестан, Россия
kre_05@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕГЛАМЕНТОВ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ БРОККОЛИ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

Цель исследования – обобщить результаты лабораторных исследований роста и развития молодых растений брокколи и предложить технологические регламенты получения экологически безопасной продукции для здорового питания. Исследование проводилось в 2022–2024 гг. в лаборатории биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда, субтропических плодовых и овощных культур Дагестанской СОСВиО (филиал СКФНЦСВВ). Представлены технологические регламенты выращивания молодых растений брокколи, позволяющие получить экологически безопасную свежую продукцию с высоким содержанием БАВ онкопротекторного профилактического действия. Для получения молодых растений брокколи и использования в свежем виде следует использовать для проращивания на вермикулите раствор, содержащий НАС 0,05 мг/л + ЭАС 500 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1,0 г + Na_2SeO_3 20 мг/л – первые 0–5 сут (темнота 3 сут, слабое естественное освещение 2 сут, t 25 °С) и ЭАС 500 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1,0 г + Na_2SeO_3 20 мг/л – 6–10 сут (искусственное освещение 1500 лм / 6500К / 24 ч / t 22–25 °С). В результате достигаются морфологические показатели (длина гипокотыля, масса растений) превышающие контроль в 2 раза, отвечающие требованиям здорового питания и коммерциализации технологии. Для продления срока потребления свежей продукции здорового питания до 20 сут проростки могут быть обработаны путем опрыскивания листовой поверхности растворами 2 % $CaCl_2$, или 2,5 % $MgSO_4$, или салициловой кислоты 2 мг/л за 48 ч до срезки гипокотылей, упакованы в пищевую пленку и заложены на хранение при t = 6–7 °С, влажности 60–70 % и отсутствии освещения. Результаты работы могут быть также использованы при создании технологических регламентов и производстве функциональных продуктов питания, биологически активных добавок для профилактики онкологических заболеваний на специализированных предприятиях.

Ключевые слова: брокколи, онкологические заболевания, здоровое питание. ФПП, БАД, профилактика социально значимых заболеваний

Для цитирования: Казахмедов Р.Э. Оптимизация регламентов получения молодых растений брокколи для здорового питания // Вестник КрасГАУ. 2025. № 5. С. 275–289. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-275-289.

Благодарности: исследования проводились в рамках государственного задания Минобрнауки РФ № 489-2022-009.4.

Ramidin Efendievich Kazakhmedov

Dagestan Selection Experimental Station of Viticulture and Vegetable Growing – Branch of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Derbent, Republic of Dagestan, Russia
kre_05@mail.ru

REGULATIONS OPTIMIZATION TO OBTAIN YOUNG BROCCOLI PLANTS FOR A HEALTHY DIET

The aim of the study is to summarize the results of the laboratory research of the growth and development of young broccoli plants and to propose technological regulations for obtaining environmentally friendly products for healthy nutrition. The study was conducted in 2022–2024 in the laboratory of biotechnology, physiology and processed products of grapes, subtropical fruit and vegetable crops of the Dagestan SOSViO (branch of the NCFNTSSVV). Technological regulations for growing young broccoli plants are presented, allowing to obtain environmentally friendly fresh products with a high content of biologically active substances with an cancer protective prophylactic effect. To obtain young broccoli plants and use them fresh, a solution containing US 0.05 mg/l +EAC 500 mg/l + K_2SO_4 60 mg/l + KNO_3 1.0 g + Na_2SeO_3 20 mg/l should be used for germination on vermiculite – the first 0–5 days (darkness 3 days, light natural light for 2 days, $t + 25\text{ }^{\circ}C$) and EAC 500 mg/l + K_2SO_4 60 mg/l + KNO_3 1.0 g + Na_2SeO_3 20 mg/l – 6–10 days (artificial lighting 1500 lm / 6500K / 24 hours / $t + 22\text{--}25\text{ }^{\circ}C$). As a result, morphological parameters (hypocotyl length, plant weight) are achieved that are 2 times higher than the control ones, meeting the requirements of healthy nutrition and commercialization of the technology. To extend the shelf life of fresh healthy food products up to 20 days, sprouts can be treated by spraying the leaf surface with solutions of 2 % $CaCl_2$, or 2.5% $MgSO_4$, or salicylic acid 2 mg/l 48 hours before cutting hypocotyls, packed in cling film and stored at $t = 6\text{--}7\text{ }^{\circ}C$, humidity 60–70 % and no light. The results of the work can also be used in creating process regulations and producing functional food products, biologically active additives for the prevention of cancer at specialized enterprises.

Keywords: broccoli, oncological diseases, healthy nutrition, FPP, dietary supplements, prevention of socially significant diseases

For citation: Kazakhmedov RE. Regulations optimization to obtain young broccoli plants for a healthy diet. *Bulletin of KSAU*. 2025;(5):275-289. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-5-275-289.

Acknowledgments: the research was conducted within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the RF № 489-2022-009.4.

Введение. Рост числа онкологических заболеваний в настоящее время представляет серьезную проблему. Ежегодно в мире различными формами рака заболевают около 10 млн человек. Каждый день в РФ регистрируется более 1 600 новых онкологических больных. В структуре смертности в РФ онкология занимает второе место [1]. Важнейшим направлением в снижении смертности от онкологических заболеваний является ранняя их диагностика и профилактика. В связи с чем исследования, направленные на разработку способов профилактики онкологических заболеваний, являются актуальными.

Особое значение в профилактике онкологических заболеваний имеют вещества онкопротекторного действия растительного происхождения. Капуста брокколи (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) – однолетнее овощное растение семейства Капустные, разновидность капусты огородной. Брокколи отличается от других видов капусты повышенным содержанием питательных веществ, особенно специфическим вкусом и более высокой биологической активностью. По экспериментальным данным известно о высоком содержании белка, в состав кото-

рого входят антисклеротические вещества холин и метионин, а также такие незаменимые аминокислоты, как лизин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, треонин, фенилаланин; заменимые – тирозин, гистидин, аланин, аргинин, аспарагиновая кислота, глицин, глутаминовая кислота, пролин, серин. По количеству белка брокколи превосходит батат, картофель, кукурузу сахарную, спаржу, шпинат. Как известно, белок всех видов капусты содержит пуриновые вещества, которые, превращаясь в мочевую кислоту, могут откладываться в почках в виде конкрементов. В белке брокколи мало пуриновых веществ – почти в 4 раза меньше, чем у цветной капусты, что дает ей преимущество перед последней. По содержанию большинства незаменимых аминокислот в белке брокколи не уступает говядине, а по наличию изолейцина, лизина и триптофана – белку куриного яйца. Молодые листья брокколи по питательности приравниваются к шпинату и капусте листовой. Брокколи содержит много углеводов и богата сахарами.

Известно, что растения брокколи имеют очень высокое содержание особо ценных соединений антиоксидантного действия – сульфорафана и индол-3-карбинола, однако до сих пор

не ясно, какое из веществ в большей степени – лютеин, сульфорафан, индол-3-карбинол, изотиоцианат, или их комбинация в определенных количествах – защищает организм от возникновения рака. Множество лабораторных и клинических исследований подтверждают антиоксидантную активность растений брокколи благодаря высокому содержанию БАВ (глюкозинолаты), при этом, чем меньше возраст растений, тем выше медико-биологическая ценность растений и их онкопротекторные свойства. Селен и сульфорафан при их совместном применении в 13 раз более мощно влияют на гены, которые контролируют развитие рака, чем, если они применяются в отдельности (по данным *British Journal Carcinogenesis*).

Брокколи можно употреблять сырой, сваренной или приготовленной на пару, но наиболее полезна она в сыром виде. Термообработка уменьшает полезность брокколи, так как при нагревании разрушаются некоторые антиканцерогенные вещества. Эти вещества выделяются при пережевывании брокколи и участвуют в борьбе с раком двумя путями – детоксикацией канцерогенов и супрессией роста уже существующих злокачественных клеток. Употребление в пищу брокколи не приводит к нежелательным последствиям. Так как этот продукт питания богат клетчаткой, избыток брокколи в рационе может вызвать метеоризм. Содержание в диете продуктов, богатых клетчаткой, должно быть ограничено у людей с диареей и другой патологией толстого кишечника.

Фитонциды брокколи обладают фунгицидными и бактерицидными свойствами, то есть подавляют рост и развитие грибов, бактерий. Для брокколи характерно наличие в ее тканях значительного количества серосодержащих веществ – глюкозинолатов, составной частью которых являются разнообразные соединения, в том числе изотиоцианаты – горчичные масла, обуславливающие специфический вкус капусты, индолы, сульфорафан. В состав глюкозинолатов входят также прогойтрин и гойтрин; последний при недостатке йода повышает секреторную активность щитовидной железы, тем самым препятствуя развитию зобной болезни. Однако зобогенное вещество в капусте находится преимущественно в неактивной форме (прогойтрин) и превращается в активную – гойтрин под действием ферментов глюкозидазы и миросульфатазы, которые при тепловой обработке полностью инактивируются.

Особо следует выделить индол-3-карбинол (*Indole-3-Carbinol*), содержащийся в брокколи, который повышает эффективность работы систем детоксикации, что позволяет использовать его в качестве средства, замедляющего процессы старения. Индол-3-карбинол содержится в незначительных количествах в растениях родов *Arabidopsis*, *Brassica*, *Isatis*, *Reseda*, *Sinapis* и некоторых других. На его основе производится лекарственный препарат «Индинол форте» для лечения эстрогензависимых опухолей и ряд биологически активных добавок: индинол, индогрин, индол форте. Действующее вещество для этих препаратов получают двумя способами: путем дорогостоящего химического синтеза или из проростков брокколи. Наиболее оптимальным сырьем являются 8–12-дневные проростки. Наибольший антиоксидантный потенциал и наибольшее содержание общих фенольных соединений в растениях брокколи обнаружены в первые 2 недели (в частности, 8-дневные проростки).

Сообщается об изменении физиологических и биохимических обменов веществ, а также содержания в проростках брокколи глюкорафанина и сульфорафана, динамике сырой и сухой биомассы в зависимости от возраста (дней после прорастания). Содержание сульфорафана, которое значительно снизилось в течение первых суток прорастания, затем медленно увеличивалось и достигло высокого значения на 48 ч, а затем снова снижалось. Температура хранения влияет на качество и содержание биоактивных веществ, а рекомендуемая температура хранения – 5 °С. Кроме того, свежие крестоцветные сохраняют свои свойства в течение 14 дней. Источником индол-3-карбинола и эпигаллокатехин-3-галлата может послужить биологически активная добавка. Установлено, что проросшие семена брокколи действуют как профилактическое антиканцерогенное средство, препятствуя развитию раковых клеток. Это связано с максимальным накоплением глюкозинолатов, в частности сульфорафана (*Sulforaphane*), особенно в ранний период вегетации. Даже 150 г брокколи в день, в среднем 50 г, способны оказать существенное влияние на риск развития рака. Некоторые исследования свидетельствуют о том, что употребление небольшого количества молодой брокколи может снизить риск развития рака так же эффективно, как и значительно большее количество полностью созревшего растения [2–9].

Цель исследований – обобщить результаты лабораторных исследований роста и развития молодых растений брокколи и предложить технологические регламенты получения экологически безопасной продукции для здорового питания.

В рамках данной работы были выдвинуты гипотезы исследований. Известно, что проростки брокколи 5–10-дневного возраста обладают высокой медико-биологической ценностью в связи с высоким содержанием глюкозинолатов. Было предположено, что: а) чем выше масса проростков у одновозрастных растений, тем больше вероятность увеличения абсолютного содержания БАВ и повышения медико-биологической и технологической ценности сырья для получения функциональных продуктов питания и биологически активных добавок, а также свежей продукции для здорового питания; б) чем меньше биологический возраст проростков, т. е. чем они «ювенильнее», тем возможно сохране-

ние в них большего содержания БАВ даже при увеличении календарного возраста растений, что позволит повысить технологическую ценность и рентабельность производства сырья для получения ФПП и БАД и медико-биологическую ценность свежей продукции для здорового питания. Нами было установлено положительное действие на целевые показатели (высокий выход сухой массы, сохранение «ювенильности», снижение доли корней в массе проростков брокколи) при применении физиологически активных соединений. На основании литературных данных предполагаем, что комбинирование различных параметров светового режима при проращивании проростков на фоне ФАС, с введением минеральных факторов позволит значительно повысить содержание глюкозинолатов (сульфорафанов и индол-3-карбинола) в сырье (рис. 1). В соответствии с гипотезами и задачами исследований был заложен ряд лабораторных опытов.



Рис. 1. Основные факторы экзогенного воздействия на целевые показатели молодых растений брокколи
The main factors of exogenous impact on the targets of young broccoli plants

Объекты и методы. Исследования проводились на Дагестанской СОСВиО в 2022–2024 гг. с использованием лабораторных опытов и общепринятых методик исследований.

Объект исследований в данной работе – проростки брокколи сорта раннего срока созревания Тонус отечественной селекции возраста 10–20 сут. Изучалось влияние степени освещенности (темнота, естественное освещение, искусственный свет (фитолампы – синий спектр 6500 К/800–1500 лм; биколор – красный, длиной волны 630–660 нм и синий, длиной волны 420–460 нм, комбинированное освещение), серы (K_2SO_4), азота (KNO_3), селена (Na_2SeO_3) на раз-

витие молодых растений брокколи, а также кальция ($CaCl_2$), магния ($MgSO_4$), салициловой кислоты на сохранность гипокотилей брокколи на фоне оптимальных регламентов применения физиологически активных соединений (ауксинового – НАС 0,05–2,5 мг/л, трофического – ЭАС 50–500 мг/л действия) и технологических элементов (субстрат, композиция и концентрации ФАС, температура, влажность). Элементы учета – длина гипокотилей и корней, масса проростков (сырая, сухая), соотношение корни/гипокотиль, убыль массы гипокотилей. Растворы препаратов готовились перед закладкой каждого лабораторного опыта. В опытах для

приготовления растворов использовалась дистиллированная вода. В зависимости от цели опыта посев семян производили на вермикулит/перлит в среднем по 150–300 семян в каждый пластиковый контейнер, выдерживали при температуре 25 °С в термостате в течение 3–4 дней (отсутствие света!), затем ставили в

ящик со слабым освещением для вытягивания hypocotyle на 4 дня, затем в специальную камеру под искусственный свет фитолампы (6500 К, 1500 Лм, Биколор, $t = 20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 24 ч) и с экспозицией 7–20 дней (рис. 2). Варианты опытов представлены в таблицах 1–5.

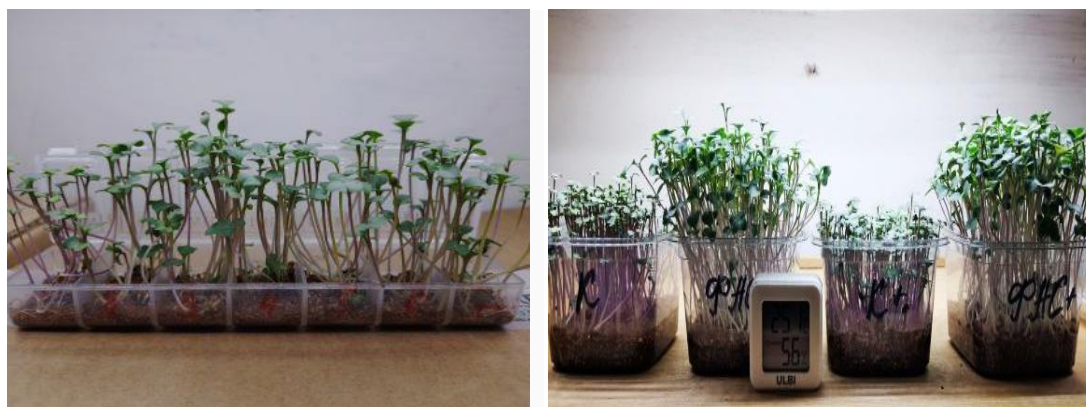


Рис. 2. Условия проведения исследований
Research conditions

Результаты и их обсуждение. В соответствии с Программой исследований ДСОСВиО на 2022–2026 гг. по получению экологически безопасного сырья для создания функциональных продуктов питания и биологически активных добавок из растений брокколи научно-исследовательская работа реализуется в нескольких этапах/направлениях и включает разработку:

- способов сохранения «ювенильности» и повышения выхода сырой/сухой массы молодых растений брокколи (2021–2023);
- методов увеличения массы, морфофизиологических показателей и содержания целевых БАВ в молодых растениях брокколи для здорового питания (2023–2024);
- модели управления развитием растений брокколи с целью повышения вегетативной массы и содержания БАВ онкопротекторного действия и методологии создания продуктов здорового питания, ФПП и БАД (2025–2026).

На первом этапе были установлены оптимальные технологические регламенты, направленные на сохранение «ювенильности», увеличение массы проростков и выхода сухой массы растений возрастом 15–20 сут. Однако возникают трудности в сохранении «ювенильности» молодых растений данного возраста, что сопряжено с уменьшением содержания ценных БАВ. Растворы ФАС применялись в ранее установленной нами оптимальной комбинации

(НАС 0,1 мг/л + ЭАС 50 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л), а также использовалась максимальная концентрация ЭАС – 1,0 г/л, установленная как допустимая ранее в опытах в той же комбинации компонентов: НАС – 0,1 мг/л; ЭАС – 1,0; K_2SO_4 – 60 мг/л. Был установлен прирост вегетативной массы молодых проростков по отношению к контрольному варианту с дистиллированной водой.

Использовали растворы KNO_3 в концентрации 1,0–5,0 г/л, установлена в опытах, как достаточная, минимальная концентрация KNO_3 с возможным физиологическим эффектом на увеличение вегетативной массы молодых проростков. Также были использованы другие минеральные компоненты, содержащие азот в другой форме (амидный и аммонийный) – мочевины $((\text{NH}_2)_2\text{CO})$, нитрат аммония (NH_4NO_3) в минимальных концентрациях (0,5 г/л). Однако положительный эффект не был обнаружен. Более того, их применение негативно сказывалось и на всхожести семян, и на росте молодых проростков – общая масса проростков значительно уступала вариантам с нитратом калия (KNO_3) в концентрации 1,0 г/л.

Исходя из экспериментальных данных, можно заключить, что нитратный азот усваивается намного лучше молодыми проростками брокколи сорта Тонус, чем амидный и аммонийный азот, и значительно влияет на прирост вегета-

тивной массы. По отношению к контрольному варианту (вода) масса проростков выше в среднем по вариантам введения KNO_3 в 2 раза.

Предполагаем, что при использовании KNO_3 в минимальной, но эффективной концентрации (1,0 г/л) нитраты не будут накапливаться в молодых проростках в связи с использованием искусственного света, так как они будут вовлекаться в метаболизм и использоваться для синтеза необходимых растению органических веществ, в основном белков, для построения вегетативной массы, что тем не менее требует экспериментальной проверки.

Установлена прямая связь вегетативной массы молодых проростков с искусственным освещением. При применении искусственного освещения масса проростков была больше по сравнению с выращиванием проростков при естественном освещении. Выявлено, что при повышении светового потока (с 800 до 1500 Лм) прирост вегетативной массы увеличивался. Ускорение роста вегетативной массы влияло на появление первого настоящего листа, что, воз-

можно, сопряжено с уменьшением содержания БАВ онкопротекторного действия (глюкозинолатов, предшественников сульфорафанов). Для сохранения «ювенильности» были использованы варианты в комбинации с ФАС: НАС 0,1 мг/л; ЭАС 50 мг/л; K_2SO_4 60 мг/л – и минеральными компонентами. По комплексу показателей наиболее эффективными оказались варианты: темнота (4 сут) / искусственный свет (24 ч) – НАС 0,1 мг/л + ЭАС 50 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1,0 г/л и темнота (4 сут) / искусственный свет (24 часа) – KH_2PO_4 500 г/л + $MgSO_4$ 500 мг/л + KNO_3 мг/л + $Ca(NO_3)_2$ 500 мг/л, в которых выход сухой массы составлял соответственно 445 и 455 % к контролю. Однако в аспекте изучаемой проблемы целесообразным следует признать комбинирование компонентов раствора и физических факторов с препаратом НАС, который способствует сохранению «ювенильного» состояния проростков брокколи и, соответственно, возможному более высокому содержанию целевых БАВ (табл. 1, 2).

Таблица 1

Влияние ФАС на развитие проростков брокколи сорта Тонус при естественном освещении (2023 г., возраст 20 сут)
Effect of PAS on the development of broccoli sprouts of the Tonus variety under natural light (2023, age 20 days)

Вариант	Гипокотиль (Г), мм	Корень (К), мм	К/Г	Масса 100 растений, г		Выход сухой массы из 100 растений, %
				сырая	сухая	
1	2	3	4	5	6	7
Естественное освещение Вода	52,1	28,7	0,551	4,925	0,275	100
Темнота Естественное освещение Вода (контроль)	86,3	54	0,626	6,925	0,35	127
Естественное освещение НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 50 мг/л K_2SO_4 – 60 мг/л (эталон)	79,8	41,3	0,518	6,625	0,35	127
Темнота Естественное освещение НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 50 мг/л K_2SO_4 – 60 мг/л	87,6	21,8	0,249	7,0	0,4	145

1	2	3	4	5	6	7
Естественное освещение НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 1,0 мг/л K ₂ SO ₄ – 60 мг/л	66,7	34,4	0,516	5,25	0,325	118
Темнота Естественное освещение НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 1,0 мг/л K ₂ SO ₄ – 60 мг/л	57,7	31,3	0,542	3,725	0,25	91
Естественное освещение KNO ₃ – 1,0 г/л	91,4	16,9	0,185	8,4	0,4	145
Темнота Естественное освещение KNO ₃ – 1,0 г/л	108,6	15,4	0,142	7,7	0,375	136
Темнота Естественное освещение НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 50 мг/л K ₂ SO ₄ – 60 мг/л KNO ₃ – 1,0 г/л	110,9	31,3	0,282	7,8	0,375	136

Таблица 2

**Влияние ФАС на развитие проростков брокколи сорта Тонус
при искусственном освещении (2023 г., возраст 20 сут)**
**Effect of PAS on the development of broccoli sprouts of the Tonus
variety under artificial lighting (2023, age 20 days)**

Вариант	Гипокотиль, мм	Корень, мм	К/Г	Масса 100 растений, г		Выход сухой массы 100 растений, %
				Сырая	Сухая	
1	2	3	4	5	6	7
Естественное освещение Вода (контроль)	52,1	28,7	0,551	4,925	0,275	100
Естественное освещение НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 50 мг/л K ₂ SO ₄ – 60 мг/л (эталон)	79,8	41,3	0,518	6,625	0,35	127
Темнота Искусственный свет Вода	86,1	36,7	0,426	6,225	0,775	282

1	2	3	4	5	6	7
Темнота Искусственный свет НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 50 мг/л K ₂ SO ₄ – 60 мг/л	73,5	36,7	0,499	6,1	0,725	264
Темнота Искусственный свет НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 50 мг/л K ₂ SO ₄ – 60 мг/л KNO ₃ – 1,0 г/л	99,9	34,8	0,348	12,725	1,225	445
Темнота Искусственный свет НАС – 0,1 мг/л ЭАС – 1,0 г/л K ₂ SO ₄ – 60 мг/л KNO ₃ – 1,0 г/л	89,2	29,3	0,328	9,05	1,15	418
Темнота Искусственный свет KNO ₃ – 1,0 г/л	96	21,5	0,224	9,25	1,025	373
Темнота Искусственный свет KH ₂ PO ₄ – 0,5 г/л MgSO ₄ – 0,5 г/л KNO ₃ – 0,5 г/л Ca(NO ₃) ₂ – 0,5 г/л	115,5	43,5	0,377	13,825	1,25	455

На втором этапе поставлена задача повысить массу проростков 10-дневного возраста и увеличить морфологические параметры молодых растений брокколи для решения проблемы обеспечения свежей продукцией (7–10-дневного возраста) для здорового питания. Главная цель исследований – получить высокую массу растений до появления зачатков первого настоящего листа. В этой связи актуально как повышение выхода сухой массы проростков (сырье для ФПП/БАД), так и увеличение морфологических и биохимических показателей молодых растений брокколи, предназначенных для потребления в свежем виде. Соответственно, будут решаться вопросы сохранности свежей продукции, регуляции интенсивности дыхания молодых растений и т. д. Целевыми показателями становятся не только повышение выхода сухой мас-

сы (важно при получении ФПП и БАД), но и сохранение ювенильности (возраст календарный 10–15 дней, возраст биологический – не более 7–10 дней); увеличение содержания глюкозинолатов; хозяйственно-технологическая сохранность молодых растений брокколи в свежем виде не менее 10 сут.

Ранее нами было установлено, что при получении сырья для создания функциональных продуктов питания и биологически активных добавок масса проростков брокколи значительно увеличивается при их экспозиции в первые 3–4 сут в темноте и при последующем искусственном освещении на фоне применения физиологически активных соединений, что также повышает выход сухой массы растений в 2,6–4,5 раза [10].

Однако дальнейшее проращивание в течение 20 сут, как отмечалось, для повышения массы растений вызывало преждевременное нежелательное появление зачатков первого настоящего листа, что сопряжено с уменьшением содержания БАВ онкопротекторного действия (глюкозинолатов, предшественников сульфорафанов) в связи с потерей «ювенильности» растений.

В этой связи целевыми показателями при разработке технологических элементов получения молодых растений брокколи для здорового питания становятся сохранение «ювенильности» растений (возраст календарный 10–15 сут, возраст биологический – не более 7–10 сут), более высокая доля гипокотилей в структуре растения (как резервуаров глюкозинолатов), высокая сырая масса, лучшее функциональное состояние и насыщенный зеленый цвет семядольных листьев проростков, сохранность мо-

лодых растений брокколи в свежем виде не менее 10 сут.

В результате проведения нами ряда опытов по изучению действия физиологически активных соединений как отдельно, так и совместно, было обнаружено, что их влияние различалось в зависимости от этапа воздействия на растения и способа применения препаратов – внесение в субстрат или опрыскивание. Более эффективным оказалось внесение в субстрат (вермикулит или перлит), однако сроки внесения не были уточнены.

В настоящем исследовании установлена целесообразность введения раствора физиологически активных соединений различного механизма действия (НАС 0,1 мг/л + ЭАС 50 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1000 мг/л) при посеве (0) в сравнении с более поздними сроками (на 3, 6-е дни) и контролем (К) (рис. 3).

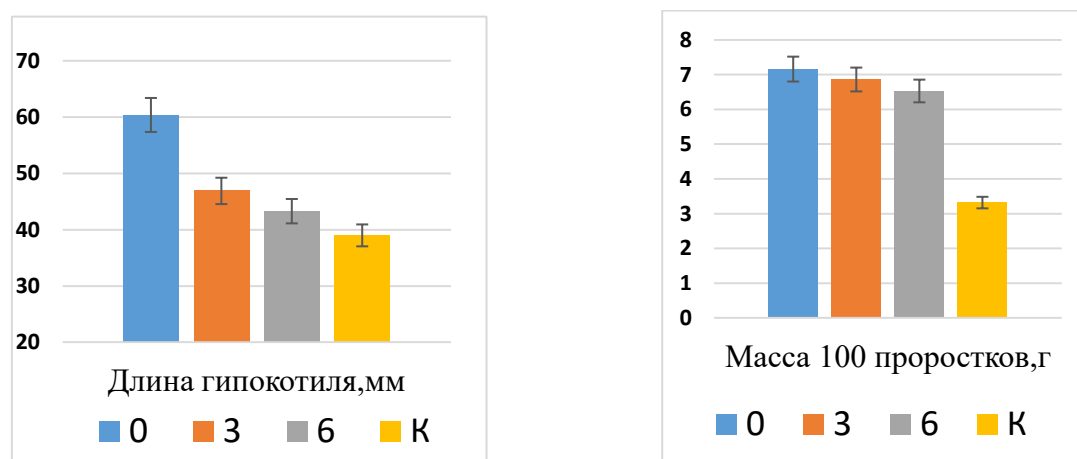


Рис. 3. Влияние срока внесения ФАС в субстрат на развитие проростков брокколи возраста 10 сут сорта Тонус (12.02–22.02.2024)

Effect of the time of PAS introduction into the substrate on the development of 10-day-old broccoli sprouts of the Tonus variety (12.02.–22.02.2024)

Физиологически активные соединения ауксинового (НАС 0,1 мг/л) и трофического действия (ЭАС) в высокой, но физиологически обоснованной дозе (500 мг/л) проявили при совместном применении слабовыраженный антагонизм. Исключение НАС из раствора для проращивания усиливает рост проростков, однако он сопряжен с потерей «ювенильности» растений (табл. 3).

Установлено, что реакция на обработку ФАС проростков брокколи различалась в зависимости от субстрата и режима освещения. Можно

сделать предварительный вывод, что технологические регламенты проращивания проростков брокколи будут различны – для повышения выхода сухого вещества целесообразно выращивание проростков на перлите при биколорном освещении, тогда как при получении молодых растений брокколи, предназначенных для здорового питания в свежем виде, целесообразно применение ФАС на вермикулите при освещении 1500 лм / 6500 К / 24 ч в течение 10 сут (табл. 4, 5).

Таблица 3

**Результаты влияния взаимодействия препаратов НАС и ЭАС
на развитие проростков брокколи, сорт Тонус (05.03–21.03.2024)**
**The results of the interaction of NAS and EAS preparations
on the development of broccoli seedlings, Tonus variety (05.03–21.03.2024)**

Препарат, мг/л	10 сут			15 сут		
	Масса 100 проростков, г	Длина гипо- котилия, мм	Сухая масса, %	Масса 100 проростков, мг	Длина гипо- котилия, мм	Сухая масса, %
НАС 0,1 + ЭАС 500 + K ₂ SO ₄ + KNO ₃	2900	15,3	12,91	5950	25,7	13,0
ЭАС 500 + K ₂ SO ₄ + KNO ₃	4675	26,3	12,83	13400	30,4	15,3

Таблица 4

Влияние субстрата, ФАС и режима освещения на развитие проростков брокколи, возраст 14 сут
Effect of substrate, PAS and lighting regime on the development of broccoli sprouts, aged 14 days

Препарат, мг/л	1500 лм/24 ч				Биколор/24 ч			
	Вермикулит		Перлит		Вермикулит		Перлит	
	Масса 100 про- ростков, г	Выход сух. вещ., %	Масса 100 про- ростков, г	Выход сух. вещ., %	Масса 100 пророст- ков, г	Выход сух. вещ., %	Масса 100 пророст- ков, г	Выход сух. вещ., %
НАС 0,1 + ЭАС 50 + K ₂ SO ₄ + KNO ₃	9,10	9,12	5,61	11,59	8,09	7,41	5,58	9,14
НАС 0,1 + ЭАС 500 + K ₂ SO ₄ + KNO ₃	7,36	8,69	3,69	12,19	6,12	7,35	3,81	10,24
ЭАС 500 + K ₂ SO ₄ + KNO ₃	10,84	9,23	5,09	14,15	9,87	7,90	5,53	11,93

Таблица 5

Выход сухой массы проростков брокколи сорта Тонус, 14 сут, перлит, 2024 г., %
Dry mass yield of sprouts of broccoli variety Tonus, 14 days, perlite, 2024, %

Вариант	1500 лм / 6500 К / 24 ч	Биколор / 24 ч
НАС 0,1+ЭАС 50+K ₂ SO ₄ 60+KNO ₃ 1000	9,12	9,14
НАС 0,1+ЭАС 500+K ₂ SO ₄ 60+KNO ₃ 1000	8,69	10,24
ЭАС 500+K ₂ SO ₄ 60+KNO ₃ 1000	9,23	11,23

Результаты ряда лабораторных опытов показали, что препараты различных групп проявляют синергизм при последовательном введении в субстрат/вермикулит. Оптимальные целевые показатели в аспекте изучаемой проблемы достигались при проращивании в первые 5 сут в определенных условиях (3 сут темнота + 2 сут слабое освещение) на растворе в соотношении бо-

лее низкой концентрации НАС (0,05 мг/л) и высокой концентрации ЭАС (500 мг/л), а 6–10-е сут – на растворе ЭАС 500 мг/л при полном отсутствии НАС на фоне K₂SO₄ – 60 мг/л и KNO₃ 1,0 г в течение всего периода проращивания (10 сут). Важно отметить, что присутствие НАС даже в низкой концентрации несколько ингибировало линейный рост гипокотилей, но в то же время отмечалась

лучшая закладка проводящей системы – ксилемных элементов (резервуаров глюкозинолатов), а также позволяет сохранить «ювенильность» проростков брокколи, что согласуется с нашими ранними исследованиями, в которых данный препарат ингибировал процессы перехода растений

капусты белокочанной к цветению [11]. В результате достигаются показатели по высоте (длина гипокотыля) и массе растений, превышающие контроль в 2 раза, отвечающие требованиям здорового питания и коммерциализации технологии (табл. 6, рис 3).

Таблица 6

Характеристика проростков брокколи сорта Тонус в оптимизированном варианте опыта, возраст 10 сут, 1500 лм/6500 К, $t = 22-28\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2024 г.
Characteristics of broccoli sprouts of the Tonus variety in an optimized version of the experiment, age 10 days, 1500 lm/6500 K, $t = 22-28\text{ }^{\circ}\text{C}$, 2024

Препарат, мг/л	Масса 100 проростков, г	Длина гипокотыля, мм
Вермикулит – НАС 0,05 + ЭАС 500 + K_2SO_4 60 + KNO_3 1 000	7520±376	91±5
Вермикулит – вода	3660±183	49±3



Рис. 4. Молодые растения брокколи сорта Тонус 10-дневного возраста в варианте опыта для достижения «ювенильности» и высокой массы растений: НАС 0,05 мг/л + ЭАС 500 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1,0 г – 0–5-е сут, ЭАС 500 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1,0 г – 6–10-е сут/вермикулит, 1500 лм/6500 К, $t = 22-28\text{ }^{\circ}\text{C}$

Young 10-day-old broccoli plants of the Tonus variety in an experimental variant to achieve “juvenility” and high plant weight: NAS 0.05 mg/l + EAS 500 mg/l + K_2SO_4 60 mg/l + KNO_3 1.0 g – 0–5 days, EAS 500 mg/l + K_2SO_4 60 mg/l + KNO_3 1.0 g – 6–10 days/vermiculite, 1500 lm/6500 K, $t = 22-28\text{ }^{\circ}\text{C}$

Учитывая неустойчивость глюкозинолатов к высокой температуре, представляет высокую актуальность применение молодых растений брокколи в питании. Известно, что 1 г сырых проростков брокколи (по нашим данным, 10–15 растений при массе одного проростка в опытном варианте до 100 мг) по медико-биологической ценности может быть приравнен к 100–500 г соцветий данного растения, выращенных в полевых условиях. Следует учитывать и экологическую безопасность проростков брокколи в сравнении с полевой продукцией, которая требует пестицидной нагрузки в той или иной степени, соответственно, может загрязняться остаточным содержанием средств защиты. Более

того, в наших ранних исследованиях было выявлено, что содержание тяжелых элементов в органах растений брокколи повышалось с увеличением возраста растений, при этом могло не превышать допустимые значения в пищевой продукции, тем не менее следует признать желательность их полного отсутствия в продукции, предназначенной для здорового питания и профилактики онкологических заболеваний.

Предварительные расчеты показали, что при использовании новых подходов к получению молодых растений брокколи для здорового питания возрастом 10 сут, с учетом всех материальных затрат (стоимость препаратов, электроэнергия, стоимость семян) при выходе мас-

сы растений 0,3–0,5 г/см² себестоимость 1 г составит 7–10 руб., тогда как стоимость эквивалентной массы соцветий взрослых растений брокколи в 1 г составляет не менее 30 руб., т. е. выше в 3 раза. Важен и другой факт, что содержание глюкозинолатов в молодых растениях брокколи в 10–100 раз (по различным источникам) выше, чем в соцветиях брокколи. Следовательно, усовершенствованная технология получения молодых растений брокколи имеет высокий уровень коммерциализации. Соответственно, необходимо решать вопросы продления срока сохранности молодых растений брокколи и технологических элементов обработки сырья для потребления в свежем виде и доведения до потребителя.

Для поиска способов эффективного хранения и продления срока сохранности молодых растений брокколи и разработки технологических элементов обработки сырья для потребления в свежем виде и доведения до потребителя актуальны исследования влияния различных факторов (температура, освещенность, ингибиторы дыхания и т. д.) на молодые растения брокколи.

Сообщается, что внекорневая подкормка салициловой кислотой и хлоридом кальция замедляет потерю хлорофилла и сохраняет качес-

тво брокколи при хранении. Общее содержание при этом фенолов, флавоноидов и антиоксидантная способность образцов, обработанных Са (2 %) + SA (0,01 %), были значительно выше, чем в контроле [12]. Однозначного вывода по влиянию селена на ценность сырья брокколи не выявлено: повышение содержания селена в проростках брокколи путем внесения минерального элемента (Na₂SeO₄ 30–50 мг/л) увеличивает антиоксидантную активность сырья из-за более высокого содержания селена, однако может сопровождаться снижением содержания глюкозинолатов [13] вследствие конкуренции с серой, в связи с чем нами использовалась низкая концентрация селена в опытном оптимизированном составе раствора для проращивания – 20 мг/л.

Установлено, что при хранении проростков брокколи в темноте при температуре 6–7 °С и влажности 60–70 %, растворы хлористого кальция (2 %, 20 г/л) и магния сульфата (2,5 %, 25 г/л) могут повысить сохранность проростков брокколи после срезки в процессе хранения, эффективность их применения зависит от способа и срока использования. Проростки брокколи в варианте применения ФАС не только имели массу выше в 2 раза, чем в контроле, но и лучше удерживали воду, меньше теряли массу (табл. 7).

Таблица 7

Убыль массы проростков брокколи при краткосрочном хранении (8 сут, темнота, t = 6–7 °С, влажность 60–70 %) после предварительного выдерживания 15 мин в растворах минеральных солей, 2024 г.

Weight loss of broccoli sprouts during short-term storage (8 days, darkness, t = 6–7 °С, humidity 60–70 %) after preliminary storage for 15 min in solutions of mineral salts, 2024

Вариант опыта	Гипокотиль, 10 сут		Масса гипокотилей, мг		Убыль массы	
	мг	мм	10.10.2024	18.10.2024	мг	%
Контроль + вода	33	47	2605	475	2130	81,8
Контроль + 2 % CaCl ₂	–		1845	345	1500	81,3
Контроль + 2,5 % MgSO ₄			2535	595	1940	76,5
Среднее по контролю						79,9
ФАС + вода	72	89	5715	3155	2560	44,8
ФАС + 2 % CaCl ₂	–		4555	1970	2585	56,8
ФАС + 2,5 % MgSO ₄			4190	2150	2040	48,7
Среднее по ФАС						50,1

Проростки брокколи сорта Тонус 10-дневного возраста, полученные в оптимизированном варианте опыта для здорового питания при проращивании на вермикулите и внесении раствора НАС 0,05 мг/л + ЭАС 500 мг/л + K₂SO₄ 60 мг/л + KNO₃ 1,0 г + Na₂SeO₃ 20 мг/л – первые 0–5 сут,

(темнота 3 сут, слабое естественное освещение 2 сут, t 25 °С) и ЭАС 500 мг/л + K₂SO₄ 60 мг/л + KNO₃ 1,0 г + Na₂SeO₃ 20 мг/л – 6–10 сут (искусственное освещение 1500 лм / 6500 К / 24 ч / t 22–25 °С) (рис. 5, а) были обработаны по листовой поверхности растворами 2 % CaCl₂, 2,5 % MgSO₄

и салициловой кислоты 2 мг/л за 48 ч до срезки гипокотилей, упакованы в пищевую пленку и заложены на хранение при $t = 6-7^{\circ}\text{C}$, влажности 60–70 % и отсутствии освещения. На 20-й день хранения установлено, что обработанные гипокотили брокколи сохранили все показатели качества свежей продукции, с небольшим преиму-

ществом раствора 2,5 % MgSO_4 (рис. 5, б), тогда как проростки брокколи, выращенные по оптимизированным регламентам, но без некорневой обработки перед срезкой, теряли тургор и внешний вид в связи с пожелтением семядольных листьев (рис. 5, в справа).



Рис. 5. Сохранность молодых растений брокколи сорта Тонус на 20-й день хранения
Preservation of young broccoli plants of the Tonus variety on the 20th day of storage

На основании результатов этапа исследований сформулированы новые подходы к решению проблемы. Известно, что глюкозинолаты – предшественники сульфорафанов. Теоретически можно предположить, что при повышении исходных компонентов биосинтеза глюкозинолатов, в частности серосодержащих аминокислот, можно повысить содержание глюкозинолатов, соответственно сульфорафанов в молодых проростках брокколи. Для этого возможно использование аминокислот, в основном метионина, триптофана и фенилаланина в необходимых концентрациях для биосинтеза глюкозинолатов. Также можно использовать минеральные компоненты в больших концентрациях, которые с большей вероятностью повысят биосинтез данных аминокислот и, опосредованно, глюкозинолатов. В частности, для повышения биосинтеза аминокислоты метионин можно использовать серосодержащие минеральные компоненты, например сульфат калия в большой концентрации. В качестве подтверждения этой гипотезы возможен количественный анализ аминокислот в высушенном сырье молодых проростков, а также количественный анализ серы в исходном сырье. Можно также предположить, что при повышенном содержании серосодержащих компонентов в питательном растворе возможно увеличение содержания серосодержащих органических компонентов в молодых проростках, однако концентрации компонентов не должны

проявлять фитотоксичность и вызывать гибель молодых растений брокколи.

Таким образом, учитывая трудоемкость и большие материальные затраты на биохимические исследования, при разработке технологических регламентов повышения содержания БАВ в исходном сырье для массовых анализов возможно использовать в качестве критериев эффективности способы воздействия различных факторов на целевые биохимические показатели – количественное содержание серы и ключевых аминокислот для синтеза глюкозинолатов, с последующим определением собственно глюкозинолатов, сульфорафанов и индол-3-карбинола в сырье и свежей продукции.

Заключение. Целесообразно введение растворов ФАС при посеве, а не в более поздние сроки. Исключение НАС из раствора для проращивания усиливает рост проростков, однако он сопряжен с потерей ювенильности растений.

Для получения молодых растений брокколи и использования в свежем виде следует использовать для проращивания на вермикулите раствор, содержащий НАС 0,05 мг/л + ЭАС 500 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1,0 г + Na_2SeO_3 20 мг/л – первые 0–5 сут (темнота 3 сут, слабое естественное освещение 2 сут, $t\ 25^{\circ}\text{C}$) и ЭАС 500 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л + KNO_3 1,0 г + Na_2SeO_3 20 мг/л – 6–10 сут (искусственное освещение 1500 лм / 6500 К / 24 ч / $t\ 22-25^{\circ}\text{C}$). В результате достигаются морфологические показатели (длина гипокотыля, масса растений), превышающие конт-

роль в 2 раза, отвечающие требованиям здорового питания и коммерциализации технологии

Для продления срока потребления свежей продукции здорового питания до 20 сут проростки могут быть обработаны путем опрыскивания листовой поверхности растворами 2 % CaCl_2 , или 2,5 % MgSO_4 , или салициловой кислоты 2 мг/л за 48 часов до срезки гипокотилей, упакованы в пищевую пленку и заложены на хранение при $t = 6-7^\circ\text{C}$, влажности 60–70 % и отсутствии освещения.

При использовании новых подходов к получению молодых растений брокколи для здорового питания возрастом 10 сут, с учетом всех материальных затрат (стоимость препаратов, электроэнергия, стоимость семян), при выходе массы растений 0,3–0,5 г/см² себестоимость составит 7–10 руб., тогда как стоимость эквивалентной по медико-биологической ценности массы соцветий брокколи в 1 г составляет не менее 30 руб., т. е. выше в 3 раза.

Список источников

1. Воропинова О.А., Германова Ю.И., Малкина Л.В. Состояние и динамика социально значимых заболеваний в регионах Северо-Кавказского федерального округа. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2014. Т. 9, № 1. С. 63–66. DOI: 10.14300/mnnc.2014.09018. EDN: SCEVSV.
2. Потапова Д.А., Рендюк Т.Д., Пуртова А.К., и др. Разработка способа получения сухого экстракта из капусты брокколи (*Brassica oleracea* L. var. *Italica Plenck*) // Известия ГГТУ. Медицина, Фармация. 2020. № 4. С. 258–261. EDN: TZTROO.
3. Avato P., Argentieri P. Brassicaceae: a rich source of health improving phytochemicals // Phytochemistry Reviews. 2015. Vol. 14, № 6. P. 1019–1033. DOI: 10.1007/s11101-015-9414-4. EDN: OHETBN.
4. Gu Y., Guo Q., Zhang L., et al. Physiological and Biochemical Metabolism of Germinating Broccoli Seeds and Sprouts // J. Agric. Food Chem. 2012. Vol. 60, № 1. P. 209–213. DOI: 10.1021/jf203599v.
5. Baenas N., Diego I-J., Moreno A., et al. Broccoli and radish sprouts are safe and rich in bioactive phytochemicals // Postharvest Biology and Technology 2017. Vol. 127. P. 60–67. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2017.01.010.
6. Okada M., Yamamoto A., Aizawa S., et al. HPLC Separation of Sulforaphane Enantiomers in Broccoli and Its Sprouts by Transformation into Diastereoisomers Using Derivatization with (S)-Leucine // J. Agric. Food Chem. 2017. Vol. 65, Is. 1. P. 244–250. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b04966.
7. Dzik D., Habza-Kowalska E., Gawlik-Dzik U., et al. Drying Kinetics, Grinding Characteristics, and Physicochemical Properties of Broccoli Sprouts // Processes. 2020. Vol. 8, № 1. P. 97. DOI: 10.3390/pr8010097. EDN: ZDXLAW.
8. Le T.N., Chiu C.H., Hsieh P.C. Bioactive Compounds and Bioactivities of *Brassica oleracea* L. var. *Italica* Sprouts and Microgreens: An Updated Overview from a Nutraceutical Perspective // Plants (Basel). 2020. Vol. 9 (8). P. 946. DOI: 10.3390/plants9080946.
9. Quizhpe J., Ayuso P., Rosell M.L.Á., et al. *Brassica oleracea* var *italica* and Their By-Products as Source of Bioactive Compounds and Food Applications in Bakery Products. // Foods. 2024. Vol. 13, № 21. P. 3513. DOI: 10.3390/foods13213513. EDN: AZQWWG.
10. Казахмедов Р.Э., Причко Т.Г., Дрофичева Н.В., и др. Технологические модели получения безопасного растительного сырья с повышенным содержанием биологически активных веществ для производства функциональных продуктов питания и биологически активных добавок // Вестник КрасГАУ. 2024. № 9 (210). С. 221–228. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-9-221-228. EDN: WJWERQ.
11. Казахмедов Р.Э., Магомедова М.А. Особенности генеративного развития сортов капусты белокочанной озимой в условиях юга России и его гормональная регуляция // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 38–40. DOI: 10.30850/vrsn/2018/4/38-40. EDN: XXGBHV.
12. Rastegar S., Shojaie A., Koy R.A.M., et al. Foliar application of salicylic acid and calcium chloride delays the loss of chlorophyll and preserves the quality of broccoli during storage // J. Food Biochem. 2022. Vol. 46. P. e14154. DOI: 10.1111/jfbc.14154.
13. Tian M., Yang Y., Ávila F.W., et al. Effects of Selenium Supplementation on Glucosinolate Biosynthesis in Broccoli // J. Agric. Food Chem. 2018. Vol. 66, Is. 30. P. 8036–8044. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b03396.

Reference

1. Voropinova OA, Germanova Yul, Malkina LV. status and dynamic of socially significant diseases in the regions of the North Caucasus Federal District. *Medical News of North Caucasus*. 2014;9(1):63-66. DOI: 10.14300/mnnc.2014.09018. (In Russ.). EDN: SCEVSV.
2. Potapova DA, Rendyuk TD, Purtova AK, et al. Razrabotka sposoba polucheniya suhogo ekstrakta iz kapusty brokkoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica* Plenck). *Izvestiya GGTU. Medicina, Farmaciya*. 2020;4:258-261. (In Russ.). EDN: TZTROO.
3. Avato P, Argentieri P. Brassicaceae: a rich source of health improving phytochemicals. *Phytochemistry Reviews*. 2015;14(6):1019-1033. DOI: 10.1007/s11101-015-9414-4. EDN: OHETBN.
4. Gu Y, Guo Q, Zhang L, et al. Physiological and Biochemical Metabolism of Germinating Broccoli Seeds and Sprouts. *J. Agric. Food Chem*. 2012;60(1):209-213. DOI: 10.1021/jf203599v.
5. Baenas N, Diego I-J, Moreno A, et al. Broccoli and radish sprouts are safe and rich in bioactive phytochemicals. *Postharvest Biology and Technology*. 2017;127:60-67. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2017.01.010.
6. Okada M, Yamamoto A, Aizawa S, et al. HPLC Separation of Sulforaphane Enantiomers in Broccoli and Its Sprouts by Transformation into Diastereoisomers Using Derivatization with (S)-Leucine. *J. Agric. Food Chem*. 2017;65(1):244-250. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b04966.
7. Dziki D, Habza-Kowalska E, Gawlik-Dziki U, et al. Drying Kinetics, Grinding Characteristics, and Physicochemical Properties of Broccoli Sprouts. *Processes*. 2020;8(1):97. DOI: 10.3390/pr8010097. EDN: ZDXLAW.
8. Le TN, Chiu CH, Hsieh PC. Bioactive Compounds and Bioactivities of *Brassica oleracea* L. var. *Italica* Sprouts and Microgreens: An Updated Overview from a Nutraceutical Perspective. *Plants (Basel)*. 2020;9(8):946. DOI: 10.3390/plants9080946.
9. Quizhpe J, Ayuso P, Rosell MLÁ, et al. *Brassica oleracea* var *italica* and Their By-Products as Source of Bioactive Compounds and Food Applications in Bakery Products. *Foods*. 2024;13(21):3513. DOI: 10.3390/foods13213513. EDN: AZQWWG.
10. Kazamedov RE, Prichko TG, Droficheva NV, et al. Technological models to obtain ecologically friendly plant raw materials with increased biologically active substances content for the functional food and biologically active additives production. *Bulletin of KSAU*. 2024;9:221-228. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-9-221-228. EDN: WJWERQ.
11. Kazakhmedov RE, Magomedova MA. Features of the winter white cabbage varieties generative developmen. *Vestnik of The Russian Agricultural Science*. 2018;4:38-40. (In Russ.). DOI: 10.30850/vrsn/2018/4/38-40. EDN: XXGBHV.
12. Rastegar S, Shojaie A, Koy RAM, et al. Foliar application of salicylic acid and calcium chloride delays the loss of chlorophyll and preserves the quality of broccoli during storage. *J. Food Biochem*. 2022;46:e14154. DOI: 10.1111/jfbc.14154. EDN: LVGHRB.
14. Tian M, Yang Y, Ávila FW, et al. Effects of Selenium Supplementation on Glucosinolate Biosynthesis in Broccoli. *J. Agric. Food Chem*. 2018;66(30):8036-8044. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b03396.

Статья принята к публикации 31.03.2025 / The article accepted for publication 31.03.2025.

Информация об авторах:

Рамидин Эфендиевич Казахмедов, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда, доктор биологических наук

Information about the authors:

Ramidin Efendievich Kazakhmedov, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Biotechnology, Physiology and Grape Processing Products, Doctor of Biological Sciences