

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ БРОККОЛИ

Казахмедов Р.Э.¹, д-р биол. наук, Причко Т.Г.², д-р с.-х. наук, Ханмагомедов Э.Э.¹

¹Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Дербент)

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства и виноделия» (Краснодар)

Реферат. В статье представлены результаты лабораторных исследований по изучению влияния физических факторов (режимы освещения, температура, субстрат/вермикулит) и физиологически активных соединений на особенности роста и развития молодых растений брокколи, полученные в рамках исследований 2022 года по Плану НИР станции на 2022-2026 годы. Установлены эффективные регламенты и условия проращивания семян брокколи, которые позволяют достичь выхода сухой массы молодых растений до 20 %, что выше в 2 раза, в сравнении с применением только физиологически активных соединений. Необходимо исследование на следующем этапе работы содержания БАВ, в том числе сульфорафанов и индол-3-карбинола в сырье, полученном при использовании новых регламентов применения ФАС, субстрата, режимов освещения.

Ключевая слова: брокколи, сульфорафаны, фитолампы, физиологически активные соединения (ФАС), гипокотиль, вермикулит.

Summary. The article presents the results of laboratory studies on the influence of physical factors (lighting modes, temperature, substrate/vermiculite) and physiologically active compounds on the growth and development of young broccoli plants obtained as part of the research of 2022 according to the Research Plan of the Station for 2022-2026. Effective regulations and conditions for the germination of broccoli seeds have been established, which make it possible to achieve a dry mass yield of young plants up to 20 %, which is 2 times higher, in comparison with the use of only physiologically active compounds. It is necessary to study at the next stage of the work the content of BAS, including sulforaphane and indole-3-carbinol in the raw materials obtained using the new regulations for the use of FAS, substrate, lighting modes.

Key words: broccoli, sulforaphane, phytolamps, physiologically active compounds (FAS), hypocotyl, vermiculite.

Введение. Рост числа онкологических заболеваний в настоящее время представляет серьезную проблему в мире. Ежегодно в мире различными формами рака заболевают около 14 млн человек. Каждый день в РФ регистрируется 1 600 новых онкологических больных. В структуре смертности в РФ онкология занимает второе место. Важнейшим направлением в снижении смертности от онкологических заболеваний является ранняя их диагностика и профилактика и следует признать, что исследования, направленные на разработку способов получения ФПП и БАД, предназначенных для профилактики онкологических заболеваний, являются актуальными. Особое значение в профилактике онкологических заболеваний имеют вещества онкопротекторного действия, которые содержатся в растениях брокколи – сульфорафаны и индол-3-карбинол [1-10].

Исследования проводятся в рамках государственного задания станции по теме № 0498-2022-0009.04 «Разработать технологии получения ФПП и БАД из растений брокколи, вторичных продуктов переработки винограда и томата с высоким содержанием БАВ и экологической безопасностью для профилактики социально значимых заболеваний» и направлены на повышение содержания соединений антиоксидантного действия в семенах винограда (ресвератрол), в выжимках томата (ликопин), проростках брокколи (сульфарафаны) и получение сырья без применения пестицидов, ориентированного на производство ФПП и БАД для профилактики онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний.

Цель данной работы – изучить влияние различных режимов обеззараживания семян, освещения, температуры, минерального питания, вермикулита на развитие проростков брокколи при проращивании на растворах физиологически активных соединений.

Гипотеза работы. Ранее нами было установлено положительное действие на целевые показатели (выход сухой массы проростков, сохранение ювенильности, снижение доли корней в массе проростков брокколи) растворов ФАС [11, 12]. На основании литературных данных [13-32], предполагаем, что комбинирование субстрата, различных параметров светового режима при проращивании проростков на фоне ФАС с введением минеральных элементов (сера) позволит значительно повысить содержание сульфарафанов и индол-3-карбинола в сырье.

Методический подход. На фоне применения оптимальных композиций ФАС изучается влияние степени освещенности (темнота, естественное освещение, синий спектр 6500К/800лк, комбинированное освещение) и серы (K_2SO_4), селена (Na_2SeO_3) при различных способах внесения (корневая зона, листовая поверхность) на развитие растений брокколи возраста 10-40 дней.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились в лаборатории биотехнологии, физиологии и продуктов переработки винограда, овощных и субтропических плодовых культур ДСОСВиО филиала СКФНЦСВВ

Объект исследований – проростки растений брокколи (*Brassica oleracea* l. var. *italica* plenc) сорта раннего срока созревания Тонус отечественной селекции. Изучались:

- ряд антисептических средств и составов при подборе оптимального раствора для обеззараживания семян брокколи (хлоргексидин, уксусная кислота, белизна, перекись водорода, надуксусная кислота), который обеспечивал бы необходимый антисептический эффект без влияния на показатели всхожести и дальнейшего развития проростков;

- влияние степени освещенности (темнота, естественное освещение, синий спектр (6500К/800лк), комбинированное освещение) и серы (K_2SO_4) на развитие растений брокколи возраста 10-20 суток на фоне применения оптимальных композиций физиологически активных соединений: НАС в концентрации 0,1 мг/л; ЭАС – 50 мг/л; сульфат калия – 60 мг/л;

- возможность использования вермикулита (стерилизация при 90 °С в течение 2 часов) в качестве субстрата для проращивания семян и получения сырья.

Элементы учета – длина гипокотилей и корней, масса проростков (сырая, сухая), соотношение корни/гипокотиль. Растворы препаратов готовились перед закладкой каждого лабораторного опыта. В опытах для приготовления растворов использовалась вода дистиллированная. Варианты опытов представлены в таблицах.

Обсуждение результатов. Важным фактором получения качественной целевой продукции (проростков) брокколи становится степень чистоты семенного материала, и, соответственно, актуален поиск оптимального антисептического препарата или состава, предотвращающего ухудшение условий развития молодых растений брокколи в связи с распространением какой-либо инфекции, особенно, при проращивании более 15 суток.

В предварительном лабораторном опыте в текущем году изучалась эффективность различных антисептиков в обеззараживании семян брокколи, а также всхожесть и развитие проростков после их применения при различных режимах освещения. Изучались 4 варианта обеззараживания семян на фоне трех режимов освещения при температуре 22-25 °С: 1. Естественное освещение – рассеянный дневной свет 16 часов/8 часов темнота 2. Темнота, 24 часа 3. Комбинированное освещение – 23 часа темнота /1 час искусственный синий свет, 6500К/800лк в специальной камере. *Обеззараживание семян*: 1. Хлоргексидин: семена выдерживали 30 мин. в хлоргексидине, затем промывали водой; (X). 2. Белизна: семена выдерживали 4 мин. в растворе белизны (1:4), затем промывали в проточной воде; (Б). 3. Уксусная кислота: семена выдерживали в растворе уксусной кислоты 9 % разведенной в соотношении 1:10 (0,9 %) с каплей моющего средства (АОС), затем промывали водой; (У), 4. Надуксусная кислота (9 % уксусная кислота+3 % перекись водорода, 5:1; рабочий раствор 200 мл /литр, экспозиция 5 мин, промывание). После обеззараживания семена проращивались на 5 мл дистиллированной воды в чашках Петри в соответствующих условиях опыта трёх вариантах светового режима.

Важно отметить, что в решении вопроса достижения целевых показателей в рамках исследований, необходимо учитывать важность подбора обеззараживающего агента. Однако на данном этапе также стояла задача изучить влияние режима освещения на развитие проростков и выход сухой массы, независимо от антисептического агента, применяемого для обеззараживания семян. Установлено, что выход сухой массы проростков брокколи выше при обеззараживании хлоргексидином, независимо от светового режима, при этом, соотношение корень/гипокотиль в данных вариантах наименьшее. Наибольший выход сухой массы на одинаковом фоне обеззараживания семян хлоргексидином отмечен при комбинированном освещении (табл. 1). В то же время, в данном варианте жизнеспособность растений была низкой, что не позволяет выращивать проростки более длительный срок (более 15 суток). С другой стороны, следует отметить, что наиболее эффективным для обеззараживания семян при проращивании более 15 суток оказалось действие надуксусной кислоты, которая дольше позволяла контролировать развитие грибной инфекции без отрицательного влияния на развитие молодых растений брокколи.

Таблица 1 – Влияние светового режима и обеззараживания семян хлоргексидином на развитие проростков брокколи сорта Тонус, 2022 г.

Вариант	Длина, мм		К/Г	Масса 20 проростков, г		Выход сухой массы, %
	Гипокотиль (Г)	Корень (К)		Сырая	Сухая	
Естественное освещение	20,5	2,25	0,11	0,77	0,061	7,9
Темнота	35,8	3,2	0,09	0,63	0,052	8,2
23 ч темнота 1 час 500К/800лк.	16,7	2,1	0,12	0,76	0,080	10,5

В связи с тем, что на выход сухой массы большее влияние оказывает режим освещения, независимо от антисептического состава, обеззараживание семян в дальнейшем проводилось в растворе на основе уксусной кислоты и перекиси водорода (надуксусная кислота).

По нашим наблюдениям, вода не может являться оптимальным субстратом для получения проростков возрастом более 15-20 дней, в том числе, из-за необходимости более тщательного контроля за влагообеспеченностью растений и сложностью обеспечения постоянного оптимального водно-воздушного режима. Изучалась возможность использования вермикулита в качестве субстрата для проращивания семян брокколи.

Известно, что около 28 % производимого вермикулита используется в сельском хозяйстве с целью улучшения свойств как легких (песчаных), так и тяжелых (глинистых) почв, его даже называют «агрономической» горной породой. Агровермикулит в 2-3 раза увеличивает объём содержащихся в почве воздуха и влаги, препятствует развитию плесени, грибков и размножению вредителей. Благодаря пористости, а также наличию свободных и слабосвязанных радикалов, кальция, магния, калия, алюминия, железа, кремния агровермикулит является идеальной средой в гидропонике, широко используется в декоративном и лекарственном растениеводстве, выращивании посадочного материала, черенковании декоративных и лекарственных растений, аэрировании вязких и плотных грунтов, а также как теплоизолятор корневой системы от вымерзания.

Выявлено более благоприятное влияние вермикулита на всхожесть семян, влагообеспеченность растений и выход сухой массы растений. В наиболее оптимальном режиме освещения – комбинирование темноты и искусственного освещения 6500К/800лк, выход сухой массы повышался в сравнении с естественным освещением на 25 %, с темнотой – на 62 %. На вермикулите также достигается лучшее, более низкое соотношение корень/гипокотиль.

Следовательно, вермикулит следует признать более целесообразным субстратом для проращивания семян брокколи. При этом, установлено, что посев семян необходимо проводить по поверхности вермикулита, не заглубляя семена даже на 2-3 мм (табл. 2; рис. 2).

Таблица 2 – Влияние субстрата и режима освещения на развитие проростков брокколи сорта Тонус (16 суток, 15.08.22 г.-31.08.22 г.)

Вариант		Длина, мм		К/Г	Всхожесть семян, %	Выход сухой массы, %
		Г	К			
Естественное освещение	вода	31,3	16,2	1,94	61,2	4,31
	вермикулит	42,9	43,7	0,98	80,4	4,77
Темнота	вода	57,6	10,5	5,48	66,1	4,11
	вермикулит	49,7	29,1	1,71	80,4	3,69
18 часов темнота	вода	-	-	-	0	-
	вермикулит	39,3	34,8	1,13	71,4	5,98



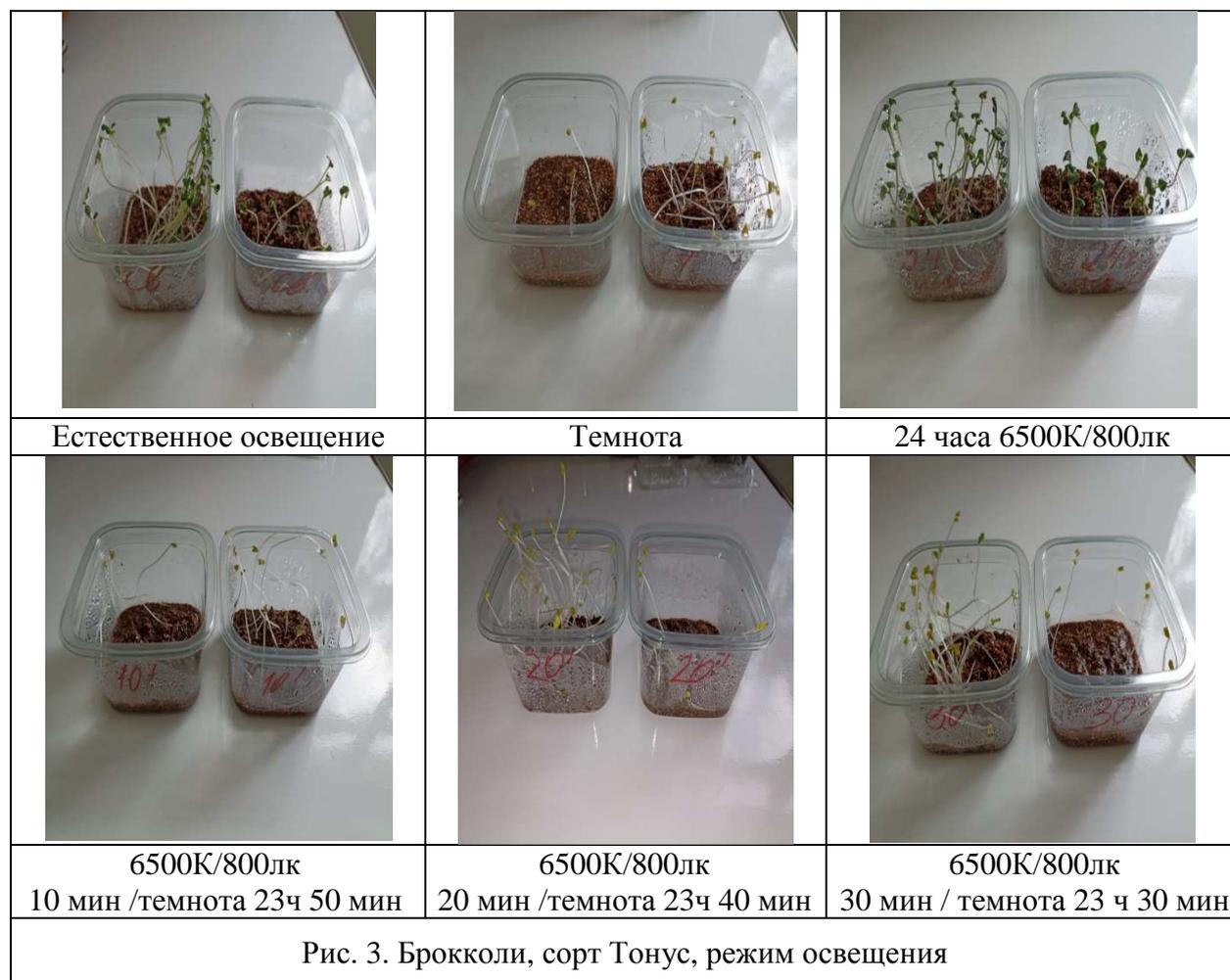
Рис. 2. Брокколи, сорт Тонус, субстрат/режим освещения

В отдельном опыте изучалось влияние кратковременного ежедневного освещения проростков брокколи светом синего спектра 6500К/800лк при проращивании на стерильном вермикулите. Установлено, целевые показатели у 2-х недельных проростков – повышение массы проростка (до 35 %) и низкое соотношение К/Г отмечались при экспозиции синего

света 6500К/800лк в течение 10 суток по 20-30 минут в сутки. Данный факт следует признать положительным, так как по литературным данным известно, что синий свет повышает содержание сульфорафанов и индол-3-карбинола в молодых растениях брокколи. Круглосуточное освещение растений брокколи светом синего спектра 6500К/800лк повышало выход сухой массы растений на 26 %, в сравнении с проращиванием при круглосуточной темноте (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние режимов освещения на развитие проростков брокколи сорта Тонус (вермикулит, 15 суток), 06.09.22-21.09.22

Вариант	Длина, мм		К/Г	Масса проростка, мг	Выход сухой массы	
	Г	К			%	% к эталону
Ест. освещение	52,0	28,0	0,53	51	4,80	95
Темнота (эталон)	59,6	24,3	0,40	48	5,05	100
10 мин. 6500К, 800лк /темнота	69,8	20,8	0,30	50	4,75	96
20 мин. 6500К, 800лк /темнота	77,7	25,7	0,33	61	4,18	83
30 мин. 6500К, 800лк /темнота	77,0	25,6	0,33	65	4,82	95
24 ч 6500К, 800лк	36,7	20,5	0,56	45	6,38	126



По результатам вышеизложенных опытов было дополнительно изучено действие физиологически активных соединений (ранее показавших эффективность) на фоне выявленных оптимальных регламентов проращивания семян (обеззараживания семян, субстрата/вермикулита, режимов освещения, внесения NPK) на развитие проростков растений брокколи.

Установлено, что введение NPK (2 г/л) в раствор при проращивании на 7 сутки от посева снижало эффективность действия ФАС во всех вариантах опыта. Возможно, это вызвано действием примесей в составе нитроаммофоски, в связи с чем вопрос дополнительного обеспечения молодых растений макро- и микроэлементами требует дальнейших исследований, в том числе с использованием химически чистых соединений азота, фосфора и калия (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние ФАС на развитие проростков брокколи возраста 20 суток, (субстрат-вермикулит; режим освещения 25 мин 6500К, 800лк/темнота)

Вариант опыта	Длина, мм		К/Г	Масса 50 проростков			
	Г	К		Сырая		Сухая	
				г	%	г	%
Вода	62,35	45,28	0,73	2,05	100	0,125	100
Вода + NPK	73,59	42,96	0,58	2,14	104	0,130	104
K ₂ SO ₄	62,38	30,75	0,49	2,44	119	0,150	120
K ₂ SO ₄ + NPK	70,17	31,78	0,45	2,28	111	0,125	100
НАС	54,44	34,18	0,63	1,88	92	0,132	106
НАС + NPK	60,71	26,40	0,43	2,37	116	0,130	104
ЭАС	70,69	49,98	0,71	2,86	140	0,175	140
ЭАС + NPK	74,71	46,69	0,62	2,51	122	0,135	108
ЭАС + НАС	69,21	28,79	0,42	2,61	127	0,125	100
ЭАС + НАС + NPK	59,90	22,17	0,37	1,95	95	0,134	107
K ₂ SO ₄ + ЭАС + НАС	72,70	33,60	0,46	2,58	126	0,180	144
K ₂ SO ₄ + ЭАС + НАС + NPK	67,61	21,42	0,32	2,43	119	0,130	104

Оптимальные и эффективные варианты отдельного и совместного применения ФАС представлены в таблице 5. На фоне кратковременного освещения проростков (25 мин, 6500К/800лк) в течение 10 суток от посева наибольшую эффективность показали ЭАС 50 мг/л и K₂SO₄ 60 мг/л, действие которых сохранялось высоко эффективным при совместном применении с НАС 0,1 мг/л – сырая и сухая массы проростков повышались, соответственно, на 19-40 и 20-44 %, в сравнении с контролем – вариантом проращивания семян на среде вермикулит/вода (табл. 5). При этом также достигался целевой показатель – низкое соотношение корень/гипокотиль. Важно отметить, что необходимость и целесообразность включения в раствор для проращивания препарата НАС обусловлена, по результатам наших более ранних исследований, его способностью сохранять ювенильность молодых растений брокколи, снижать долю корней в массе проростка и увеличить количество проводящих элементов в гипокотиле, что предполагает повышение медико-биологической ценности молодых растений брокколи.

Одновременно было исследовано влияние ФАС в прогнозируемом оптимальном соотношении при двух наиболее благоприятных режимах освещения на развитие проростков

брокколи. Установлено, что круглосуточное освещение молодых растений брокколи при проращивании на вермикулите и растворе НАС 0,1 + ЭАС 50 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л позволяет достичь выхода сухой массы молодых растений до 20 % (табл. 6).

Таблица 5 – Развитие проростков брокколи при проращивании на растворах ФАС (субстрат вермикулит) (27.09.22-18.10.22)

Вариант опыта		Длина, мм		К/Г	Масса 50 проростков, г			
		Г	К		сырая	%	сухая	%
25 мин- 800Лк 6500К /темнота	Вода	62,35	45,28	0,73	2,05	100	0,125	100
	K_2SO_4 60 мг/л	62,38	30,75	0,49	2,44	119	0,150	120
	НАС 0,1 мг/л	54,44	34,18	0,63	1,88	92	0,132	106
	ЭАС 50 мг/л	70,69	49,98	0,71	2,86	140	0,175	140
	ЭАС + K_2SO_4 + НАС	72,70	33,60	0,46	2,58	126	0,180	144

Таблица 6 – Влияние режима освещения и ФАС на развитие 20 дневных проростков брокколи сорта Тонус, 2022

Режим освещения 6500К/800лк	Субстрат, среда	Длина, мм		К/Г	Масса 50 проростков, г		Выход сухой массы, %
		Г	К		сырая	сухая	
24 часа /20 суток	Вермикулит, ЭАС 50 мг/л+	18,9	47,6	2,52	2,36	0,47	19,92
25 мин/10 суток	K_2SO_4 60 мг/л + НАС 0,1 мг/л	72,7	33,6	0,46	2,58	0,18	6,10

Выводы. Сочетание физических и физиологических факторов воздействия на ранних этапах формирования растений брокколи позволяет изменить их морфофизиологические показатели и способствует достижению целевых показателей наших исследований – повышение выхода сухой массы проростков и снижение доли корней в морфологической структуре растения, что повысит медико-биологическую ценность сырья для производства функциональных продуктов питания.

Выявлено более благоприятное влияние вермикулита на всхожесть семян, влагообеспеченность растений и выход сухой массы растений брокколи в сравнении с использованием для проращивания воды. Установлено, что посев семян необходимо проводить по поверхности вермикулита, не заглубляя семена даже на 2-3 мм. На фоне кратковременного освещения проростков (25 мин, 6500К/800лк) в течение 10 суток от посева наибольшую эффективность показали ЭАС 50 мг/л и K_2SO_4 60 мг/л, действие которых сохранялось высокоэффективным при совместном применении с НАС 0,1 мг/л – сырая и сухая массы проростков повышались, соответственно, на 19-40 и 20-44 %, в сравнении с контролем – вариантом проращивания семян на среде вермикулит/вода. Наиболее эффективное влияние на развитие проростков брокколи для достижения целевых морфофизиологических и технологических показателей оказало круглосуточное освещение 6500К/800лк молодых растений брокколи при проращивании на вермикулите и растворе НАС 0,1 + ЭАС 50 мг/л + K_2SO_4 60 мг/л и температуре 22-25 °С, которое позволяет достичь выхода сухой массы молодых растений до 20 %, что в 2 раза выше показателя, достигаемого при ранее выявленных регламентах использования ФАС в наших исследованиях. Необходимо исследование на следующем этапе работы содержания БАВ, в том числе сульфорафанов и индол-3-карбинола в сырье, полученном при использовании новых регламентов применения ФАС, субстрата, режимов освещения.

Литература

1. Zhang Y.A, Talalay P., Cho C-G. Posner major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: Isolation and elucidation of structure // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1992. № 6. P. 2399-2403.
2. Чочиева А.Р., Болиева Л.З. Изучение химиопрофилактической активности порошка брокколи на возникновение опухолей молочной железы, индуцированных у крыс мнм // Вестник новых медицинских технологий. 2010. № 3. С. 173.
3. Cornblatt B-S., L. Ye, A-T. Dinkova-Kostova, M. Erb, J.W. Fahey, N.K. Singh, A Chen, T. Stierer, E. Garrett-Mayer, P. Argani, N.E. Davidson, P. Talalay, T.W. Kensler, K. Visvanathan. Preclinical and clinical evaluation of sulforaphane for chemoprevention in the breast // Carcinogenesis. 2007. Jul; 28(7). P. 1485-1490.
4. Трусов Н.В., Гусева Г.В., Аксенов И.В., Авреньева Л.И., Кравченко Л.В., Тутельян В.А. Эффекты комбинированного действия ресвератрола и индол-3-карбинола // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2010. Т. 149. № 2. С. 174-179;
5. Avato P., Argentieri P. Cite as Brassicaceae: a rich source of health improving phytochemicals // Phytochemistry Reviews. 2015. Volume 14. Issue 6. P. 1019-1033.
6. Кисличенко В.С., Владимирова И.Н., Капуста брокколи — *Brassica oleracea* L. var. italica Plenck. Аналитический обзор // Провизор. 2007. № 11.
7. Ахметова М.Р., Федоров Н.И., Иванов С.П., Хафизова Р.Р. *Erucastrumar moracioides* (brassicaceae) – новый источник сырья для производства медицинских препаратов на основе индол-3-карбинола // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. №1(3). С. 715-717
8. BaenasN., Moreno A.D., Carcia-Viguera C. Selecting sprout of Brassicaceae for optimum phytochemical composition // Journal of agricultural and food chemistry. 2012. № 60. P. 11409-11420.
9. Gu Y. Guo Q., Zhang L., Chen Z., Han Y., Gu Z. Physiological and Biochemical Metabolism of Germinating Broccoli Seeds and Sprouts Y. Gu // Agric. Food Chem. 2012. 60 (1). P. 209-213;
10. Baenas N.,Diego I-J., Moreno A., García-Viguerac Paula, Periago M. Broccoli and radish sprouts are safe and rich in bioactive phytochemicals // Postharvest Biology and Technology Volume 127. 2017. P. 60-67.
11. Казахмедов Р.Э. Влияние физиологически активных соединений на ранние этапы развития растений брокколи // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 4 (44). С. 97-107.
12. Казахмедов Р.Э., Причко Т.Г. Гормональная регуляция развития растений брокколи: гипотезы, первые результаты, перспективы // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 3 (51). С. 62-66.
13. Xingang L Guanli Meng, Weina L, Daidi Fan Xiao Wang, Cesar A. Espinoza-Pinochet, Sulforaphane and its antioxidative effects in broccoli seeds and sprouts of different cultivars // Food Chemistry Volume 316, 30 June 2020, 126216.
14. Dunja Šamec, IvaPavlović, Ivana Radojčić Redovniković, Branka Salopek-Sondi. Comparative analysis of phytochemicals and activity of endogenous enzymes associated with their stability, bioavailability and food quality in five Brassicaceae sprouts // Food Chemistry Volume 269, 15 December 2018, Pages 96-102.
15. Alka Ashok Singh, Maheshkumar Prakash Patil, Min-Jae Kang, Irvine Niyonizigiye, Gun-Do Kim. Biomedical application of Indole-3-carbinol: A mini-review // Phytochemistry Letters Volume 41. February 2021. Pages 49-54.
16. Александрова Е.А., Рашевская И.В. Свойства сульфорафана // Актуальные проблемы науки, образования, экологии, медицины и спорта. 2019. С. 22-27. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42538431>
17. Зеленков В.Н., Латушкин В.В., Иванова М.И., Лапин А.А., Разин О.А., Гаврилов С.В., Верник П.А. Влияние освещения на проращивание семян капусты китайской и брокколи, и антиоксидантную активность микрозелени в закрытой системе синерготрона ИСР 1.01. // Овощи России. № 6(50) 2019. С. 146-150. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41499119>

18. Казахмедов Р.Э., Магомедова М.А., Воробьева Т. Н., Причко Т.Г. Экологическая безопасность сырья для получения функциональных пищевых продуктов и ее гормональная регуляция // Хранение и переработка сельхозсырья. № 3. 2021. С. 176-187. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48003111>
19. Потапова Д.А., Рендюк Т.Д., Пуртова А.К., Янулис В. Разработка способа получения сухого экстракта из капусты брокколи (*Brassica oleracea* l. Var. Italica plenck) // Известия ГГТУ. Медицина, Фармация. № 4. 2020. С. 258-261. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44584087>
20. Потапова Д.А., Рендюк Т.Д., Даргаева Т.Д. Капуста брокколи (*Brassica oleracea* l. Var. Italica plenck) как источник ценных лекарственных соединений // Молодые ученые и фармация XXI века. 2015. С. 329-333. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26281755>
21. Потапова Д.А., Рендюк Т.Д., Даргаева Т.Д., Потанина О.Г. Изучение анатомо-диагностических признаков капусты брокколи (*Brassica oleracea* l. Var. Italica plenck) // Вопросы обеспечения качества лекарственных средств. № 4 (14). 2016. С. 12-18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28173735>
22. Потапова Д.А., Рендюк Т.Д. Изучение количественного содержания индол-3-карбинола в капусте брокколи (*Brassica oleracea* l. Var. Italica plenck) различного способа консервации // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений. 2019. С. 240-246. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39185566>
23. Старцев С.В., Поляков А.В., Введенский В.В. Влияние концентрации регуляторов роста в культуре цветоложа капусты брокколи (*Brassica oleracea* L. var. Italica) // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: агрономия и животноводство. № 2. 2013. С. 20-26. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19024809>
24. Gao M., He R., Shi R., Li Y., Song S. Combination of selenium and uva radiation affects growth and phytochemicals of broccoli microgreens // Molecules. T. 26. № 15. 2021. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47020711>
25. Gao M., He R., Shi R., Zhang Y., Song S., Su W., Liu H. Differential effects of low light intensity on broccoli microgreens growth and phytochemicals // Agronomy. T: 11. № 3. 2021. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46850381>
26. Jin X., Van Straten G., Van Boxtel A.J.B., Van Der Sman R.G.M., Boom R.M. Energy efficient drying strategies to retain nutritional components in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) // Journal of food engineering. T. 123. 2014. P. 172-178. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22166114>
27. 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. T. 9. № 8. 2020. С. 1-23. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45407349>
28. Lemonnier-Le Penhuizic C., Chatelet C., Kloareg B., Potin P. Carrageenan oligosaccharides enhance stress-induced microspore embryogenesis in brassica oleracea var. Italica // Plant science. T: 160. № 2001. С. 1211-1220. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=604952>
29. Pannico A., El-Nakhel C., Giordano M., De Pascale S. Selenium biofortification impacts the nutritive value, polyphenolic content, and bioactive constitution of variable microgreens genotypes // Antioxidants. T. 9. № 4. 2020. P. 272. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43568731>
30. Pérez-Balibrea S., Moreno D.A., García-Viguera C. Glucosinolates in broccoli sprouts (*Brassica oleracea* L. var. Italica) as conditioned by sulphate supply during germination // Journal of food science. T. 75. № 8. 2010. С. C673-C677. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17185034>
31. Steindal A.L.H., Mølmann J., Johansen T.J., Bengtsson G.B. Influence of day length and temperature on the content of health-related compounds in broccoli (*Brassica oleracea* l. Var. Italica) // Journal of agricultural and food chemistry. T. 61. № 45. 2013. С. 10779-10786. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22119579>
32. Wang J., Yu H., Zhao Z., Sheng X., Shen Y., Gu H. Natural variation of glucosinolates and their breakdown products in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. Italica) seeds // Journal of agricultural and food chemistry. T: 67. № 45. 2019. –С: 12528-12537. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42252915>