

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-146-150>
УДК (635.345+635.356):631.531:631.544

**Зеленков В.Н.^{1,2,3}, Латушкин В.В.¹,
Иванова М.И.³, Лапин А.А.⁴,
Разин О.А.⁵, Гаврилов С.В.¹,
Верник П.А.¹**

¹ Автономная некоммерческая организация
«Институт стратегий развития»
107031, Россия, Москва, пер. Столешников, д. 11

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»
117216, Россия, г. Москва, ул. Грина, д. 7
E-mail: zelenkov-raen@mail.ru

³ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)
140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Веряя, стр. 500
E-mail: ivanova_170@mail.ru

⁴ ФГБОУ ВО «Казанский энергетический университет»
20066, Россия, г. Казань, ул. Красносельская, 51

⁵ ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»
43072, Россия, Московская обл., Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: 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*. 2019;(6):146-150.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-146-150>

Поступила в редакцию: 06.07.2019
Принята к печати: 14.11.2019
Опубликована: 25.11.2019

**Valeriy N. Zelenkov^{1,2,3},
Vyacheslav V. Latushkin¹,
Maria I. Ivanova³, Anatoly A. Lapin⁴,
Oleg A. Razin⁵, Sergey V. Gavrillov¹,
Peter A. Vernik¹**

¹ INPO "Institute for Development Strategies"
11 Stoleshnikov Lane, Moscow, Russia, 107031

² FSBSI "All-Russian Scientific Research Institute of medicinal and aromatic plants"
7 Grin str., Moscow, Russia, 117216

³ All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing – the branch of FSBSI "Federal Scientific Vegetable Center"
500 Vereya village, Ramenskoe district, Moscow region, Russia, 140153
E-mail: ivanova_170@mail.ru

⁴ FSBEI HSE "Kazan University of Energy"
5 Krasnoselskaya str., Kazan, Russia, 120066

⁵ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
14, Selektsionnaya str., VNIISOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

For citation: Zelenkov V.N., Latushkin V.V., Ivanova M.I., Lapin A.A., Razin O.A., Gavrillov S.V., Vernik P.A. The influence of lighting on the seeds germination of chinese cabbage and broccoli and antioxidant activity of microgreens in the closed system of the synergotron ISR 1.01. *Vegetable crops of Russia*. 2019;(6):146-150. (In Russ.)
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-146-150>

Received: 06.07.2019
Accepted for publication: 14.11.2019
Accepted: 25.11.2019

Влияние освещения на проращивание семян капусты китайской и брокколи и антиоксидантную активность микрозелени в закрытой системе синерготрона ИСР 1.01



РЕЗЮМЕ

Актуальность. При выращивании растений в искусственных условиях (закрытые агроэкосистемы) требуется четкое регулирование факторов роста растений, начиная с первых этапов онтогенеза. Одним из важных параметров является наличие или отсутствие света в период проращивания семян. Для большинства разновидностей капусты стандартным методом является проращивание в темноте, однако для свежесобранных семян (в состоянии покоя) необходимо воздействие света. По литературным данным, механизмы воздействия света на проращивание семян носят комплексный, неоднозначный характер и вопрос нуждается в детальном исследовании.

Методы. Целью работы являлось изучение проращивания семян брокколи (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) и капусты китайской (*Brassica rapa* var. *chinensis*) с учетом светового фактора и одновременным анализом антиоксидантной активности как маркера изменения метаболических процессов.

Результаты. Выявлено существенное повышение антиоксидантной активности микрозелени при проращивании в темноте в сравнении с проращиванием на свету (у брокколи – в 5,5 раз, у капусты китайской – в 4,8 раза). После перемещения микрозелени на свет, различия между световым и темновым вариантами практически исчезали. После проращивания на свету антиоксидантная активность микрозелени в сравнении с исходной (сухих семян) снижалась в 3-3,5 раза, в то время как в темноте – наоборот, увеличивалась в 1,5-1,6 раза. При этом конечные результаты проращивания (энергия проращивания и всхожесть семян) практически не различались по вариантам. При темновом проращивании высота микрозелени больше (за счет этиолирования и вытягивания при отсутствии света), однако в дальнейшем различия по вариантам сглаживаются. Биомасса микрозелени на свету на 4-е сутки после посева семян у брокколи – выше на 9,1%, у капусты китайской – на 10,5%. У капусты китайской различия сохранялись до завершения эксперимента (на 18-е сутки от посева семян), у брокколи – сглаживались. Сравнение двух разновидностей капусты показало, что брокколи в замкнутой системе синерготрона формирует значительно большую надземную биомассу, чем капуста китайская (на 4-е сутки после посева – на 37%, на 18-е сутки – на 75,4% в темновом варианте).

Ключевые слова: проращивание семян, микрозелень, брокколи, капуста китайская, световое воздействие, синерготрон, закрытые агроэкосистемы, антиоксидантная активность.

The influence of lighting on the seeds germination of chinese cabbage and broccoli and antioxidant activity of microgreens in the closed system of the synergotron ISR 1.01

ABSTRACT

Relevance. Growing plants in artificial conditions (closed agroecosystems) requires precise regulation of plant growth factors, starting from the first stages of ontogenesis. One of the parameters is the presence or absence of light in the period of seed germination. For most types of cabbage the standard method is germination in the dark, but for freshly harvested seeds (at rest) light exposure is necessary. According to the literature, the mechanisms of the effect of light on seed germination are complex and ambiguous, so the issue needs detailed research.

Methods. Therefore, the purpose of this work was to study the germination of seeds of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck) and Chinese cabbage (*Brassica rapa* var. *chinensis*), taking into account the light factor and the simultaneous analysis of antioxidant activity as a marker of changes in metabolic processes.

Results. The experiment has revealed a significant increase in the antioxidant activity of the microgreens during germination in the dark compared to germination in the light (in broccoli by 5.5 times, in Chinese cabbage by 4.8 times). Later on, after the seedlings are moved to the light, the differences between the light and dark versions practically disappear. After germination in the light, the antioxidant activity of microgreens in comparison with the original (dry seeds) decreased by 3-3.5 times, while in the dark – on the contrary, increased by 1.5-1.6 times. The final results of germination (germination energy and seed germination) practically do not differ in the versions. In the case of dark germination, the height of microgreens is greater (due to etiolation and stretching in the absence of light), however, later on, the differences in the versions are smoothed out. The biomass of microgreens in the version of light germination on the 4th day after sowing seeds in broccoli is by 9.1% higher, in Chinese cabbage – by 10.5%. In case of Chinese cabbage, differences remained until the end of the experiment (on the 18th day from sowing seeds), in case of broccoli they were smoothed out. Comparison of two kinds of cabbage has shown that broccoli in the closed system of the synergotron forms a much higher aboveground biomass than Chinese cabbage (on the 4th day after sowing – by 37%, on the 18th day – by 75.4% in the dark version).

Keywords: seed germination, microgreens, broccoli, Chinese cabbage, light exposure, synergotron, closed agroecosystems, antioxidant activity.

Введение

Выращивание растений в закрытых агроэкосистемах дает возможность точного управления параметрами роста и развития растений [1,2]. Одним из важных факторов начальных фаз онтогенеза является наличие света в период прорастания семян. По литературным данным, механизмы воздействия света на прорастание семян носят комплексный, неоднозначный характер [3]. В действующем ГОСТ 12038-84 на методы проращивания семян оговариваются условия определения всхожести – свет или темнота. Семена разных разновидностей капусты проращивают в темноте. Однако в ГОСТ 12038-84 отмечается, что для свежесобраных и находящихся в покое семян капусты с целью снятия состояния покоя необходимо дополнительное условие – воздействие света.

В первый период научных исследований по семеноводству в основном отрицалось благоприятное действие освещения на прорастание семян (Ф. Ноббе). Ф. Габерландт высказывался осторожнее: «Свет не может считаться в широком смысле условием прорастания, хотя у некоторых семян он, по-видимому, принимает участие в этом процессе». Однако уже в 1878 году Визнер показал благоприятное действие света на прорастание семян омелы (*Viscum album*). В эти же годы Вагнер сообщил, что свет ускоряет прорастание семян некоторых злаковых трав. Е. Тул сделал заключение, что большинство семян нейтральны к присутствию или отсутствию света при прорастании, но некоторые из них положительно реагируют на действие света [4]. Таким образом, у некоторых растений для прорастания семян воздействие света необходимо – виды *Nicotiana*, *Lythrum*, *Chloris* и других родов [4,5]. Для прорастания семян ряда других культур необходимо, наоборот, темнота, свет резко задерживает их прорастание, особенно у фацелии, амаранта, клоповника, персидской вероники, тыквы и др. [5,6]. У светочувствительных видов реакция прорастающих семян на свет регулируется фитохромной пигментной системой. Фитохром Фк поглощает преимущественно красный свет 660 нм, Фитохром Фдк – дальний красный (730 нм), обе формы взаимопревращающиеся. Красный свет стимулирует прорастание семян светочувствительных видов, дальний красный – ингибирует. Стимулирующее влияние красного света нивелируется, если после него семена облучаются дальним красным, и, наоборот. Состояние фитохрома может регулировать синтез по крайней мере четырех типов фитогормонов (ауксины, гибберелины, этилен, АБК), что, очевидно, и является причиной запуска соответствующих метаболических процессов [3,7]. У светочувствительных видов порог интенсивности света, вызывающий способность к прорастанию, очень низкий. Так, для семян березы достаточно 1 лк, семян сосны – 5 лк, для некоторых культур – 100 лк. Дальнейшее увеличение интенсивности освещения не оказывает заметного влияния [8]. Другой тип реакции семян на свет – фотопериодический. Например, семена дугласии прорастают на 8-часовом (коротком) дне, но при длинном 16-часовом – не прорастают. Семена березы лучше всего прорастают при 20-часовом фотопериоде, эвкалипта – при 8-часовом. Прерывание темного периода короткими световыми вспышками обычно оказывает на семена то же влияние, как и постоянное освещение [8].

В литературе особо отмечается неспецифический характер воздействия света на прорастание семян. Например, Пипер отмечал: «Почти во всех случаях, в которых было установлено действие света на прорастание семян, проращивание на свету могло быть заменено действием переменных температур или химическим раздражением» [4]. В опытах на семенах некоторых видов мятлика при смачивании подложки, на которой проращивают эти семена, раствором KNO_3 (2 г на 1 л воды) можно получить тот же эффект, что и при освещении. Обработка раствором KNO_3 или другой азотной соли делает всхожими в темноте семена некоторых светотребовательных культур [4,5]. В работе [9] показаны примеры возможности

заменить действие одного фактора другим на прорастание семян злаков. При проращивании семян табака при постоянной температуре около 20°C некоторые образцы прорастают очень слабо, но если их подвергнуть действию света, они показывают нормальное прорастание. С другой стороны, те же семена табака, но проращиваемые при переменных температурах (15...25°C или 20...30°C), одинаково хорошо образуют ростки в темноте и на свету [8,10]. У набухших семян салата при 20°C в темноте прорастают единичные экземпляры, но если их даже на короткое время осветить, они дают полное прорастание [4]. В.Р. Заленский показал, что отношение семян щирицы (*Amaranthus L.*) к темноте очень изменяется в зависимости от температур при их проращивании [5,6].

Остается много неясного в оценке механизмов влияния освещения и других факторов на прорастание семян. Одним из важных моментов представляется оценка антиоксидантной активности как возможного маркера изменения метаболических процессов в растениях [11,12]. Поэтому целью настоящей работы являлось изучение прорастания семян двух разновидностей капусты с учетом светового фактора и одновременным анализом антиоксидантной активности как маркера изменения метаболических процессов.

Материалы и методы

Эксперимент проводили в 2019 году в опытном образце синерготрона (закрытой камере с цифровым программным управлением) модели 1.01. конструкции Автономной некоммерческой организации «Институт стратегий развития» (АНО ИСР) [13].

Объектами исследований служили семена и микрозелень капусты китайской (*Brassica rapa var. chinensis*) сорта Веснянка и брокколи (*Brassica oleracea var. italica Plenck*) сорта Тонус селекции ФГБНУ ФНЦО.

Варианты эксперимента:

1. Проращивание семян: в первые 3 дня после посева в темноте, затем ростки перемещены на свет при продолжительности светового дня – 18 ч.

2. Проращивание и дальнейший рост ростков – на свету по 18 часов в сутки.

Проращивание семян проводили согласно ГОСТ 12038-84 с изменениями – использовали блоки из минеральной ваты. Повторность трехкратная. Уровень интенсивности света, создаваемый светодиодными светильниками красного и синего света, составил 260-270 мкМоль/м²*с. Контроль – проращивание в темноте, на 4-й день проращивания ростки помещали на свет. Длительность эксперимента – 18 суток с даты посева семян. Полив проводили минеральным питательным раствором (по рекомендации компании «Рийк Цванн» для салатных культур). В период проведения эксперимента определяли высоту микрозелени и их биомассу. Суммарную антиоксидантную активность (САОА) измеряли кулонометрическим методом (в пересчете г рутина на 100 г сухого образца (с.о) или абсолютно сухого образца (а.с.о)) [14]. Высушивание образцов проводили при комнатной температуре, досушивание при 105°C.

Результаты и их обсуждение

Семена изученных в эксперименте культур (капуста китайская Веснянка и брокколи Тонус) характеризуются высокими посевными качествами. Энергия прорастания семян и всхожесть практически совпадали (табл. 1). Достоверного влияния света или темноты на всхожесть и энергию прорастания семян не установлено, возможно, из-за генетически быстрого и дружного прорастания семян данных культур.

При прорастании семян брокколи в темноте проростки вытягивались, их высота превышала высоту проростков, полученных при освещении (рис. 1). Анализ динамики роста после прорастания показал, что различия по высоте между вариантами постепенно уменьшались и к концу эксперимента практически выравнивались (статистически достоверные отличия на 18-е сутки в эксперименте отсутствовали).

Таблица 1. Энергия прорастания и всхожесть семян капусты китайской и брокколи при проращивании в темноте и на свету
 Table 1. Sowing qualities of Chinese cabbage seeds and broccoli when germinating in the dark and in the light

№ п.п.	Культура	Энергия прорастания, %		Всхожесть, %	
		свет	темнота	свет	темнота
1	Капуста китайская «Веснянка»	77,8	78,2	78,3	78,5
2	Брокколи «Тонус»	79,2	78,9	80,2	80,3
НСР ₀₅		Fφ < Fτ		Fφ < Fτ	

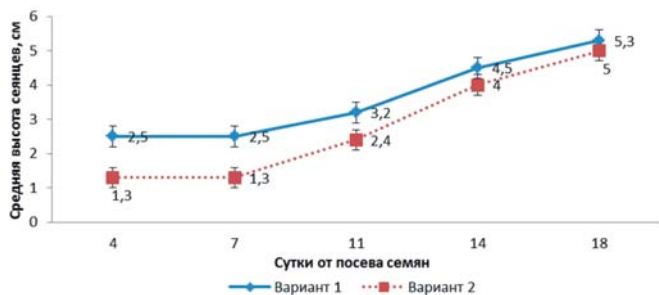


Рис. 1. Динамика роста брокколи при темновом и световом проращивании семян
 Fig. 1. Growth dynamics of broccoli in dark and light germination of seeds

темноте). Следует отметить, что динамика изменения высоты растений брокколи имеет аналогичный характер, т.е. различия по высоте постепенно уменьшались к концу эксперимента до минимума (рис. 1). Однако при проращивании на свету в начальный период вегетации формировались растения с большей биомассой, но ниже по высоте по сравнению с темновым вариантом, и только к концу эксперимента различия в значительной степени сглаживались.

Биомасса микрозелени капусты китайской при проращивании на свету оказалась выше, чем при проращивании в темноте как в начальный период (на 4-е сутки после посева семян), так и в конце эксперимента (на 18-е сутки) – соответственно на 10,5% и 9,4% (рис. 4). В отличие от брокколи, различия между темновым и световым вариантом практически не уменьшались за период эксперимента. Однако следует отметить, что период вегетации растений в это время (18-е сутки после посева) еще не завершен и в конце вегетационного периода возможны изменения.

Ростки капусты китайской в варианте темнового проращивания также оказались несколько выше, чем при проращивании на свету, однако различия менее выражены, чем у брокколи (рис. 2). Возможно, в фазе проростков капуста китайская более теневынослива, чем брокколи.



Рис. 2. Динамика роста капусты китайской при темновом и световом проращивании семян
 Fig. 2. The growth dynamics of Chinese cabbage in the dark and light germination of seeds

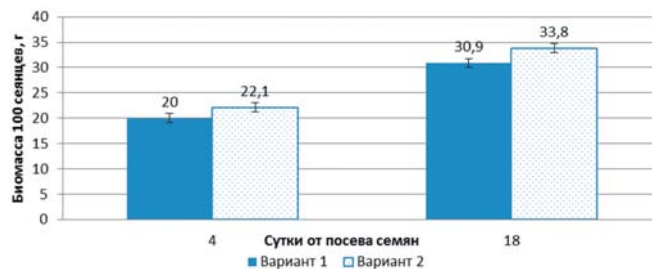


Рис. 4. Биомасса микрозелени капусты китайской при темновом и световом проращивании семян
 Fig. 4. Biomass of microgreen Chinese cabbage in the dark and light germination of seeds

Биомасса сеянцев брокколи на 4-е сутки после посева оказалась выше на 9,1% в варианте светового проращивания (рис. 3). Однако к концу эксперимента, на 18-е сутки после посева семян, различия статистически недостоверны (в варианте светового проращивания биомасса даже меньше на 1,1% по сравнению с проращиванием в

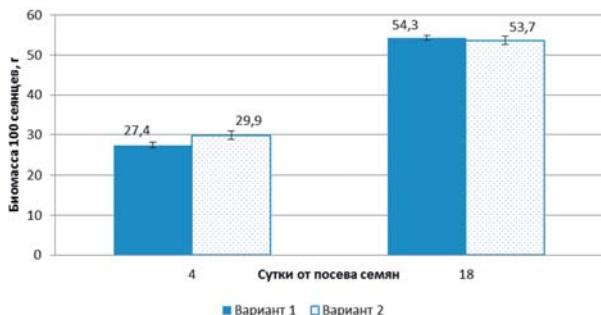


Рис. 3. Биомасса микрозелени брокколи при темновом и световом проращивании семян
 Fig. 3. Biomass of microgreen broccoli in the dark and light germination of seeds

Сравнение двух разновидностей капусты показало, что брокколи в замкнутой системе синерготрона формирует значительно большую надземную биомассу, чем капуста китайская. На 4-е сутки после посева семян биомасса брокколи была выше на 37%, на 18-е сутки – на 75,4% (для сравнения взяты варианты с проращиванием в стандартных условиях – в темноте). Это следует учитывать при выборе скороспелых культур при выращивании на микрозелень. Следует отметить, что высота микрозелени брокколи больше, чем капусты китайской, в начальный период вегетации на 4-е сутки после посева в темновом варианте – на 38,5%, однако на 18-е сутки – только на 7,5%, следовательно, различия в биомассе в основном объясняются не высотой растений, а большей площадью и числом листьев брокколи.

В эксперименте оценивали изменение антиоксидантной активности микрозелени в два срока: на 4 и 18-е сутки от посева семян. Первый срок – фаза полных всходов (сравнивали варианты проращивания в темноте и на свету). После взятия образцов на определение антиоксидантной активности все растения в темновом варианте перемещали на свет, т.е. на 18-е сутки определяли последствие темнового проращивания. Выявлено существенное повышение антиоксидантной активности микрозелени при проращивании в темноте в сравнении с

проращиванием на свету. Так, суммарная антиоксидантная активность (CAOA) у ростков (4-е сутки после посева семян) брокколи в темновом варианте превысила в 5,5 раз CAOА в варианте проращивания на свету (рис. 5), у ростков капусты китайской – в 4,8 раза (рис. 6). Возможно, воздействие темноты активизирует адаптивные реакции растений и изменяет направленность метаболических процессов.

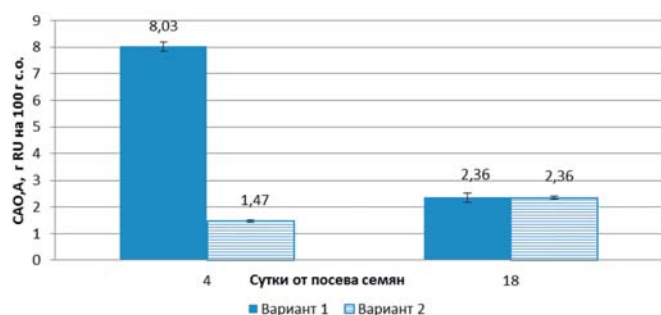


Рис. 5. Антиоксидантная активность микрозелени брокколи при проращивании на свету и в темноте
Fig. 5. Antioxidant activity of broccoli microgreen when germinating in the light and in the dark

Отметим, что после перемещения на свет в процессе дальнейшего роста (на 18-е сутки после посева) CAOА в темновом варианте снижалась по сравнению с начальной (на 4 сутки) в 3,4 раза – у брокколи и в 3,2 раза – у капусты китайской. Разница между световым и темновым вариантами по абсолютной величине CAOА при этом нивелировалась.

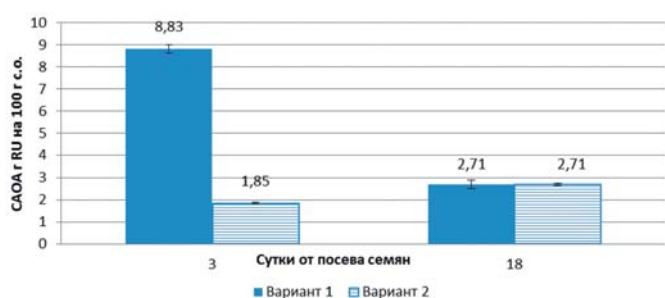


Рис. 6. Антиоксидантная активность микрозелени капусты китайской при проращивании на свету и в темноте
Fig. 6. Antioxidant activity of microgreen Chinese cabbage when germinating in the light and in the dark

Данные по антиоксидантной активности семян (исходная CAOА) приведены в таблице 2. При проращивании на свету антиоксидантная активность ростков на 4-е сутки после посева снижалась в 3-3,5 раза по сравнению с CAOА сухих семян до посева, в то время как при проращивании в темноте – наоборот, увеличивалась в 1,5-1,6 раза.

Таблица 2. Исходная антиоксидантная активность (CAOA) семян капусты китайской и брокколи
Table 2. Initial antioxidant activity of Chinese cabbage and broccoli seeds

№ п.п.	Культура	Остаточная влажность, %	г Ru на 100 г сухого образца	г Ru на 100 г абсол. сухого образца
1	Капуста китайская Веснянка	6,9	5,488±0,148	5,895±0,159
2	Брокколи Тонус	6,5	5,205±0,145	5,567±0,155



Рис. 7. Выращивание салата-латука в экспериментальном синерготроне модели ИСП-1.01 при освещении светодиодами красного и синего света (2018 год)



Рис. 8. В синерготроне модели ИСП-2.01. реализована возможность изменения высоты зоны выращивания растений. В правой части снимка – для обеспечения пространства для дальнейшего роста нуга абиссинского один из лотков удален. На верхнем ярусе – растения полевицы ВИК-2, на двух средних левых – горчица салатная Мустанг (2019)

Очевидно, что при проращивании семян на свету и в темноте активируются разные физиологические механизмы, о чем говорит резкое изменение суммарной антиоксидантной активности. Для выявления механизмов необходимо проведение углубленных исследований.

Выводы

1. Семена капусты китайской Веснянка и брокколи Тонус обладали высокими посевными качествами, при этом показатели энергии прорастания и всхожести практически совпадали. Достоверного влияния света или темноты на всхожесть и энергию прорастания семян не установлено.
2. Средняя высота ростков брокколи на 4-е сутки от посева оказалась больше при проращивании в темноте, чем на свету (на 92,3%), однако различия постепенно уменьшались по мере роста сеянцев (до 5,6% на 18-е сутки после посева). Ростки капусты китайской в варианте темного проращивания незначительно выше, чем при проращивании на свету.
3. При проращивании на свету в начальный период вегетации (на 4-е сутки после посева) у брокколи формировались растения с большей биомассой (на 9,1%), но ниже по высоте по сравнению с проращиванием в темноте. В дальнейшем (на 18-е сутки) различия между вариантами в значительной степени сглаживались. Биомасса ростков

капусты китайской при проращивании на свету оказалась выше, чем при проращивании в темноте (на 4-е сутки после посева семян выше на 10,5%, на 18-е сутки – на 9,4 %).

4. Сравнение двух разновидностей капусты показало, что брокколи в замкнутой системе синерготрона формирует значительно большую надземную биомассу, чем капуста китайская (на 4-е сутки после посева на 37%, на 18-е сутки – на 75,4% (для сравнения взяты варианты с проращиванием в стандартных условиях – в темноте).
5. Выявлено существенное повышение антиоксидантной активности (САОА) ростков при проращивании в темноте в сравнении с проращиванием на свету (у брокколи в 5,5 раз, у капусты китайской – в 4,8 раза на 4-е сутки после посева семян). В дальнейшем ростки перемещены на свет, и в процессе роста (на 18-е сутки) различий между световым и темновым вариантами практически не было. Однако САОА ростков в темновом варианте в процессе роста снижалась (в 3,4 раза у брокколи и в 3,2 раза у капусты китайской), а в световом – наоборот, повышалось.
6. По сравнению с САОА сухих семян до посева САОА ростков при проращивании на свету (на 4-е сутки после посева) снижалась в 3-3,5 раза, в то время как при проращивании в темноте – наоборот, увеличивалась в 1,5-1,6 раза.

Об авторах:

Зеленков Валерий Николаевич – главный научный сотрудник, главный научный консультант доктор с.-х. наук, проф. <https://orcid.org/0000-0001-5481-2723>
Латушкин Вячеслав Васильевич – специалист-агротехнолог, кандидат с.-х. наук <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>
Иванова Мария Ивановна – главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства доктор с.-х. наук, проф. РАН <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>
Лапин Анатолий Андреевич – кандидат химических наук, доцент кафедры "водные биоресурсы и аквакультура" <https://orcid.org/0000-0001-9142-0403>
Гаврилов Сергей Викторович – заведующий отделом <https://orcid.org/0000-0003-2824-9302>
Разин Олег Анатольевич – старший научный сотрудник лаб. селекции капустных культур кандидат с.-х. наук <https://orcid.org/0000-0002-4844-938X>
Верник Петр Аркадьевич – директор АНО «Институт стратегий развития» <https://orcid.org/0000-0001-5850-7654>

About the authors:

Valeriy N. Zelenkov – chief researcher, chief scientific consultant, Doc. Sci. (Agriculture), prof. <https://orcid.org/0000-0001-5481-2723>
Vyacheslav V. Latushkin – agricultural specialist, Cand. Sci. (Agriculture) <https://orcid.org/0000-0003-1406-8965>
Maria I. Ivanova – chief researcher of the department of selection and seed production, Doc. Sci. (Agriculture), prof. RAS <https://orcid.org/0000-0001-7326-2157>
Anatoly A. Lapin – Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture <https://orcid.org/0000-0001-9142-0403>
Sergey V. Gavrilo – department head <https://orcid.org/0000-0003-2824-9302>
Oleg A. Razin – Senior Researcher, Cand. Sci. (Agriculture) <https://orcid.org/0000-0002-4844-938X>
Petr A. Vernik – Director of the Institute of Development Strategies <https://orcid.org/0000-0001-5850-7654>

Литература

1. Драгавцев В.А. Новая регуляция у растений и необходимость создания селекционного фитотрона в РФ. *Журнал технической физики*. 2018;88(9):1331-1335.
2. Зеленков В.Н., Верник П.А. Создание замкнутых агроботехносистем на базе цифровых технологий – новые возможности научного познания культур клеток и выских растений. *Актуальная биотехнология*. 2018;3(26):50-55.
3. Попцов А.В., Некрасов В.И., Иванова И.А. Очерки по семеноведению. М.: Наука, 1981. 112 с.
4. Значение света для прорастания семян [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agro-portal24.ru/semenovedenie/4947-znachenie-sveta-dlya-prorastaniya-semyan-chast-1.html> (дата обращения 02.08.2018).
5. Зависимость прорастания семян от света [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.activestudy.info/zavisimost-prorastaniya-semyan-ot-sveta> (дата обращения 02.08.2018).
6. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. М.: Наука, 1982. 495 с.
7. Гэлстон А., Дэвис П., Саттер Р. Жизнь зеленого растения. М.: Мир, 1983. 550 с.
8. Крамер П.Д., Козловский Т.Т. Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1983. 464 с.
9. Леманн Е., Эйхеле Ф. Физиология прорастания семян злаков. М., Л., 1936. 483 с.
10. Крокер В., Бартон Л. Физиология семян. М.: Наука, 1955. 399 с.
11. Зеленков В.Н., Лапин А.А., Литвинов С.С. Антиоксидантный статус овощей. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017:101-104.
12. Гинс М.С., Гамбурова Н.Т. Активность антиоксидантной системы краснокочанного амаранта при кратковременном действии УФ – А радиации. *Овощи России*. 2009;(1):33-35.
13. Жизненный цикл и экология растений: регуляция и управление средой обитания в агроботехносистемах. Сборник научных трудов. Выпуск 1. Под редакцией профессора В.Н. Зеленкова. М.: ТЕХНОСФЕРА, АНО «Институт стратегий развития», 2018. 208 с.
14. Зеленков В.Н., Лапин А.А. Суммарная антиоксидантная активность. Методика выполнения измерений на кулонометрическом анализаторе. МВИ-01-00669068. Веряя Московской обл.: ВНИИ овощеводства, 2013. 19 с.

References

1. Dragavtsev V.A. New regulation in plants and the need to create a selection phytotron in the Russian Federation. *Journal of Technical Physics*. 2018;88(9):1331-1335. (In Russ.)
2. Zelenkov V.N., Vernik P.A. The creation of closed agrobiotechnological systems based on digital technologies - new opportunities for scientific knowledge of cell cultures and higher plants. *Actual biotechnology*. 2018;3(26):50-55. (In Russ.)
3. Poptsov A.V., Nekrasov V.I., Ivanova I.A. Essays on seed science. M.: Nauka, 1981. 112 p. (In Russ.)
4. The importance of light for seed germination [Electronic resource]. Access mode: <http://agro-portal24.ru/semenovedenie/4947-znachenie-sveta-dlya-prorastaniya-semyan-chast-1.html> (accessed 08/02/2018). (In Russ.)
5. The dependence of seed germination from light [Electronic resource]. Access mode: <http://www.activestudy.info/zavisimost-prorastaniya-semyan-ot-sveta> (accessed 08.08.2018). (In Russ.)
6. Physiology and biochemistry of dormancy and seed germination. M.: Nauka, 1982. 495 p. (In Russ.)
7. Gelston A., Davis P., Satter R. Life of a green plant. M.: Mir, 1983. 550 p. (In Russ.)
8. Kramer P.D., Kozlovsky T.T. The physiology of woody plants. M.: Forest industry, 1983. - 464 p.
9. Lehmann E., Eichele F. Physiology of seed germination of cereals. M., L., 1936. 483 p. (In Russ.)
10. Crocker V., Barton L. Physiology of seeds. M.: Nauka, 1955. 399 p. (In Russ.)
11. Zelenkov V.N., Lapin A.A., Litvinov S.S. Antioxidant status of vegetables // New and unconventional plants and prospects for their use. 2017:101-104. (In Russ.)
12. Gins M.S., Gamburova N.T. The activity of the antioxidant system of red-kochan amaranth under the short-term action of UV-A radiation. *Vegetables crops of Russia*. 2009;(1):33-35. (In Russ.)
13. Life cycle and plant ecology: regulation and management of the environment in agrobiotechnological systems. Collection of scientific papers. Issue 1. Edited by Prof. V.N. Zelenkov. M.: TECHNOSPHERE, ANO "Institute for Development Strategies", 2018. 208 p. (In Russ.)
14. Zelenkov V.N., Lapin A.A. Total antioxidant activity. Measurement technique on a coulometric analyzer. MVI-01-00669068. Vereya, Moscow Region: All-Russian Research Institute of Vegetable Production, 2013. 19 p. (In Russ.)