

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 635; 577.344

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭКСИЛАМПЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОГУРЦА

¹И.А. Викторова, кандидат сельскохозяйственных наук

^{1,4}Ю.В. Чудинова, доктор биологических наук

²Э.А. Соснин, доктор физико-математических наук

²В.А. Панарин, аспирант

³П.А. Гольцова, магистрант

¹Томский сельскохозяйственный институт – филиал
ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Томск, Россия

²Институт сильноточной электроники СО РАН,
Томск, Россия

³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

⁴Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа –
филиал СФНЦА РАН Томск, Россия

E-mail: nauka_tshi@mail.ru

Ключевые слова: защищенный грунт, время обработки, морфометрические показатели, огуречные культуры, семенной материал, ультрафиолетовое облучение, эксилампа

Реферат. Повышение качества и урожайности сельскохозяйственной продукции в зонах рискованного земледелия и недостаточного солнечного излучения является развивающимся направлением, поэтому проводятся многочисленные исследования по созданию методик и устройств, стимулирующих процессы роста семян и растений. Экспериментально изучено влияние ультрафиолетового облучения (УФО) на рост, развитие и урожайность огурца в условиях защищенного грунта. В качестве источника излучения была использована ХеСI-эксилампа с интенсивной полосой излучения в диапазоне длин волн 290–320 нм и максимумом на длине волны 308 нм. Время воздействия УФО составляло 49, 98 и 196 с. Максимальный положительный эффект по всем показателям (скорость прорастания, количество проросших семян, высота и масса растения) отмечен при времени экспозиции 98 с. В ходе эксперимента на основе общепринятых методических указаний научных институтов, Госсортсети и формул расчета ассимилирующей поверхности по методикам Н. Ф. Коняева было выявлено, что обработка семян ультрафиолетовым излучением положительно влияет на прорастание семенного материала. Результаты экспериментов доказывают, что всходы появляются на 2–5 дней раньше, чем в контрольном (необработанном) варианте. Предпосевная обработка ультрафиолетовым излучением способствует увеличению площади ассимилирующей поверхности от 5 до 44%. Высота растений, подвергшихся ультрафиолетовой обработке при времени воздействия 98 с, на 16–19% больше по отношению к контрольным образцам. Кроме того, в зависимости от времени обработки повышается жизнестойкость растения, ускоряется наступление фаз развития растений (на примере огурца). В конечном результате повышается урожайность культуры на 6–14% в сравнении с контрольными (необработанными) образцами.

THE EFFECT OF EXCILAMP'S RADIATION ON CUCUMBER YIELD

¹Viktorova I.A., Candidate of Agriculture

^{1,4}Chudinova Iu.V., Dr. of Biological Sc.

²Sosnin E.A., Dr. of Physico-Mathematical Sc.

²Panarin V.A., PhD-student

³Goltsova P.A., MSc-student

¹Tomsk Agricultural Institute (the Branch of Novosibirsk State Agrarian University), Tomsk, Russia

²Institute of High-Current Electronics SD RAS, Tomsk, Russia

³National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

⁴Siberian Research Institute of Agriculture and Peat (the Branch of Siberian Federal Research Centre of Agricultural Biotechnology RAS), Tomsk, Russia

Key words: protected ground, processing period, morphometric indicators, cucumbers, seed grain, UV- radiation, excilamp.

Abstract. *The authors highlight the significance of research on the quality and crop yield of agricultural production in the areas of risk farming and insufficient solar radiation. Researchers design many methods and devices that enhance the growth of seeds and plants. The research explores the effect of UV-radiation on the growth, development and crop yield of cucumber cultivated on protected area. The researchers used XeCl-excilamp as radiation source with intensive radiation 290–320 nm and maximum radiation 308 nm. The period of UV-radiation was 49, 98 and 196 seconds. The researchers observed maximum effect (germination rate, the number of germinated seeds, height and mass of a plant) in the period of 98 seconds. In the experiment, the researches used general methodological guidance of Research Institutes, State Variety Net and Koniaev's formulas used for calculating assimilating surface and they found out that UV-radiation affects seeds germination. Experimental results show that sprouts grow on 2–58 days earlier than in the control variant (no UV-radiation). Pre-sowing UV-radiation contributes to increasing of assimilating surface on 5–44 %. The plants affected by UV (98 sec) were 19–19 % higher than in control group. The period of UV-radiation influences plant livability and speeds up blossoming of cucumbers. As a result, crop yield of cucumbers increases on 6–14 % in comparison with control group (no UV-radiation).*

Продовольственная безопасность – важная часть национальной безопасности России. С 2014 г. Россия взяла курс на импортозамещение, в связи с чем разработаны нормативные акты, в частности, план мероприятий («дорожная карта») по содействию импортозамещению в сельском хозяйстве до 2015 г. [1].

Высокая урожайность сельскохозяйственных культур – залог стабильной экономики предприятия. Овощеводство является одной из основных и наиболее трудоемких отраслей сельскохозяйственного производства. Необходимость поставлять разнообразную продукцию на рынок в течение всего года заставляет производителей активнее влиять на условия роста овощных культур.

Основная задача тепличного производства – совершенствование технологий выращивания овощных культур, обеспечивающих выход ранней продукции, увеличение урожайности при снижении производственных затрат. Томская область относится к зоне рискованного земледелия. Поэтому получение высококачественной сельскохозяйственной продукции всегда является актуальной проблемой, требующей изучения и решения.

В настоящей работе изучена возможность увеличения урожайности огурца в условиях защищенного грунта. Огурец (индийская лиана) – овощное растение, известное уже около шести

тысяч лет. Огурец был первой культурой в России, выращиваемой в защищенном грунте, и до сегодняшних дней является основной, занимающей первое место по площадям в защищенном грунте.

Предложено использовать предпосевную обработку семенного материала ультрафиолетовым излучением эксилампы на рабочих молекулах XeCl*, разработанной в Институте сильноточной электроники СО РАН [2]. Эта лампа характеризуется излучением, спектр которого соответствует коротковолновому краю пропускания УФ-излучения атмосферой, а именно, интенсивной полосой излучения в диапазоне 290–320 нм и максимумом излучения на длине волны 308 нм. Ранее было показано, что ее излучение увеличивает содержание хлорофилла а и b в семядольных листьях трех хвойных пород [3]. Далее нами было предложено транслировать его и на овощные культуры. Получены первые результаты, свидетельствующие о перспективности методики [4–5] при облучении льна и моркови. Было обнаружено стимулирующее действие обработки УФ-излучением на рост корневой системы и листового аппарата. Предложена гипотеза, согласно которой, обнаруженный эффект объясняется запуском триггерного механизма действия УФ-излучения эксилампы. Следует отметить, что триггерный запуск различных фотобиологических реакций в растении

ях является известным явлением. Запускающее излучение соответствует видимому диапазону длин волн [6–7] и/или ультрафиолетовому, но воздействие осуществляется через листовой аппарат растения. В нашем случае благотворное биологическое действие оказывали сравнительно небольшие дозы узкополосного ультрафиолетового излучения (290–320 нм), которым мы облучали семена растений.

Цель исследований – определить влияние ультрафиолетового облучения (УФО) эксилампы на рост, развитие и урожайность огурца.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования были раннеспелые гибриды огурца Простой холостой и Конкурент.

Исследования проводили в лаборатории растениеводства и на кафедре агрономии и технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Томского сельскохозяйственного института в соответствии с общепринятыми требованиями [8–9]. Использовали также методические указания НИИ овощных культур [10]. Фенологические фазы овощных культур устанавливали по методике Госсортсети. Расчёт площади листьев осуществляли по формулам регрессии на основе методики Н. Ф. Коняева [11]. Физиологические показатели роста и развития растений овощных культур исследовали по общепринятым методикам [12].

Полевые опыты были заложены в теплице Томского сельскохозяйственного института по методике Б. А. Доспехова, повторность опытов четырехкратная, размещение вариантов систематическое, площадь делянок 30 м², учетная – 24 м². Схема опыта: 1 – контроль; 2 – УФО 49 с; 3 – УФО 98 с; 4 – УФО 196 с.

Обработка урожайных данных производилась дисперсионным, корреляционным и регрессивными методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обработку семенного материала огурца провели 5 июня 2013 г. ХеСl-эксилампой (Институт сильноточной электроники СО РАН) [13–14] (рисунок), расположенной на расстоянии 11 см от плоскости, на которой размещали посевной материал. Семена были разделены на 4 группы. Семенной материал в трех группах обрабатывали с обеих сторон, используя равные экспозиции: 49, 98 и 196 с соответственно. Четвертая группа – необлученные семена – была контрольной.



Внешний вид эксилампы на молекулах ХеСl*
Excilamp on ХеСl* molecules

На следующий день, 6 июня, семена (по 50 штук) были разложены в чашки Петри для проращивания, а 8 июня во всех вариантах появились проростки. Морфологические данные проростков приведены в табл. 1. На начальной стадии у растений огурца различия практически не были заметны. Семена гибрида огурца, обработанные 98 с, дали большее количество проростков.

Проросшие семена высадили в теплицу 10 июня.

Таблица 1

Морфометрические показатели проростков огурца, обработанных и проросших в чашках Петри
Morphometric indicators of cucumber germs affected by UV-radiation and germinated in the Petri dish

Вариант	Конкурент F ₁		Простой холостой F ₁	
	количество проросших семян, шт.	длина ростка (min–max), см	количество проросших семян, шт.	длина ростка (min–max), см
Контроль	8	0,5–1,0	2	0,1–0,2
УФО 49 с	10	0,1–0,6	1	0,4–1,0
УФО 98 с	18	0,1–0,7	7	0,1–0,5
УФО 196 с	6	0,5–1,0	2	0,1–0,5

В табл. 2 и 3 приведены морфометрические показатели роста и развития растений, отобранных в рассадный период в 3 срока развития: 17 июня, 24 июня и 1 июля 2013 г. Представленные

результаты показывают отсутствие существенных различий в начальные сроки развития по таким параметрам, как сырая и сухая масса, содержание сухого вещества, средняя высота растений.

Таблица 2

Морфометрические показатели растений огурца сорта Простой холостой F₁, выращенных в защищенном грунте

Morphometric indicators of Prostaya Holostaya F₁ cucumber cultivated in protected area

Вариант	Сырая масса, г	Сухая масса, г	Сухая масса, %	Высота растения, см	Площадь ассимилирующей поверхности, см ²
<i>17 июня</i>					
Контроль	5,10±0,40	0,38±0,03	7,45±0,09	8,30±0,30	7,45±0,09
УФО 49 с	6,20±0,30	0,40±0,01	6,45±0,28	8,90±0,30	6,45±0,28
УФО 98 с	8,00±0,80	0,58±0,07	7,25±0,20	9,60±0,40	7,55±0,20
УФО 196 с	6,00±0,40	0,43±0,01	7,16±0,23	9,20±0,30	7,16±0,23
<i>24 июня</i>					
Контроль	16,30±0,70	2,70±0,10	16,70±1,00	15,50±0,70	16,7±1,0
УФО 49 с	32,20±1,70	2,90±0,10	8,90±0,10	15,20±0,80	18,9±0,1
УФО 98 с	47,90±3,00	4,40±0,20	9,20±0,20	18,50±0,50	19,2±0,2
УФО 196 с	34,60±3,20	3,10±0,20	8,90±0,10	16,80±0,50	18,9±0,1
<i>1 июля</i>					
Контроль	54,30±4,90	4,70±0,40	8,80±0,30	19,10±0,30	33,60±0,30
УФО 49 с	55,00±2,70	4,70±0,30	8,46±0,13	20,5±1,30	30,52±0,20
УФО 98 с	98,90±8,40	8,10±0,70	8,18±0,10	22,20±0,40	44,24±0,10
УФО 196 с	64,60±3,20	5,30±0,50	8,20±0,20	20,20±1,00	24,64±0,20

Отмечено, что в варианте с обработкой семенного материала в течение 98 с сырая масса

по всем трем срокам была больше по сравнению с другими вариантами.

Таблица 3

Морфометрические показатели растений огурца сорта Конкурент F₁, выращенных в защищенном грунте

Morphometric indicators of Konkurent F₁ cucumber cultivated in protected area

Вариант	Сырая масса, г	Сухая масса, г	Сухая масса, %	Высота растения, см	Площадь ассимилирующей поверхности, см ²
<i>17 июня</i>					
Контроль	4,90±0,30	0,37±0,03	7,55±0,08	7,80±0,20	7,55±0,07
УФО 49 с	5,90±0,30	0,38±0,02	6,44±0,24	8,40±0,20	6,44±0,22
УФО 98 с	7,10±0,60	0,49±0,06	6,90±0,19	9,20±0,30	7,90±0,18
УФО 196 с	5,60±0,20	0,42±0,01	7,50±0,22	8,60±0,30	7,50±0,20
<i>24 июня</i>					
Контроль	15,90±0,60	2,40±0,10	15,09±0,10	12,30±0,60	15,09±0,20
УФО 49 с	28,10±1,40	2,60±0,10	9,25±0,10	12,40±0,70	19,25±0,10
УФО 98 с	39,80±2,10	3,90±0,20	9,80±0,10	15,60±0,50	21,80±0,20
УФО 196 с	28,30±2,80	2,80±0,10	9,80±0,10	13,70±0,50	19,80±0,10
<i>1 июля</i>					
Контроль	46,80±3,80	4,20±0,40	8,97±0,30	15,90±0,30	19,12±0,40
УФО 49 с	51,00±2,30	4,30±0,30	8,43±0,20	16,30±0,70	22,23±0,30
УФО 98 с	91,20±7,20	7,80±0,60	8,55±0,10	18,50±0,40	24,85±0,30
УФО 196 с	59,50±4,30	4,90±0,40	8,23±0,20	16,70±1,00	22,78±0,40

Растения всех трех сроков развития в варианте с обработкой огурца в течение 98 с имеют наибольшую высоту – на 16–19% выше по отно-

шению к контрольному варианту. В этом варианте и площадь ассимилирующей поверхности больше, чем в других вариантах опыта. У растений со-

рта Простой холостой F_1 , обработанных 98 с, площадь ассимилирующей поверхности изменяется по срокам вегетации и максимальна 1 июля – на 31% больше по отношению к контрольному варианту. Такая же тенденция наблюдается и у растений сорта Конкурент F_1 .

Данные табл. 4 свидетельствуют о том, что в последующие сроки площадь листовой поверхности в варианте с длительностью обработ-

ки 98 с остается более высокой, что в конечном результате сказалось на урожайности огурца. Урожайность огурца Простой холостой F_1 в данном варианте на 14% больше по отношению к контрольному варианту, огурца Конкурент F_1 – на 21%.

Гибрид Конкурент F_1 в теплице был расположен с теневой стороны, что, конечно, сказалось на урожайности и развитии растений.

Таблица 4

Морфометрические показатели и урожайность растений огурца, выращенных в защищенном грунте
Morphometric indicators and crop yield of cucumber cultivated in protected area

Вариант	Простой холостой F_1	Конкурент F_1
<i>Площадь ассимилирующей поверхности, см²</i>		
<i>8 июля</i>		
Контроль	78,2±0,4	35,10±0,11
УФО 49 с	79,7±0,4	35,80±0,31
УФО 98 с	84,6±0,5	38,40±0,21
УФО 196 с	72,9±0,4	32,90±0,24
<i>16 июля</i>		
Контроль	108,3±0,6	78,20±0,12
УФО 49 с	114,4±0,8	85,90±0,11
УФО 98 с	124,3±0,8	92,60±0,21
УФО 196 с	104,3±0,6	79,70±0,12
<i>Урожайность, кг/м²</i>		
Контроль	10,2	2,9
УФО 49 с	10,8	3,1
УФО 98 с	11,6	3,5
УФО 196 с	10,1	3,0

По этому поводу в литературных источниках отмечено, что для культивационных сооружений имеют значение как световые, так и тепловые лучи. Светопроницаемость теплиц обычно составляет 50–70%. Кроме того, значительная часть энергии, попадая на поверхность листа, рассеивается, так что до хлоропластов доходит незначительная часть солнечной энергии, которая идёт на химическую работу листа [15–17]. Интенсивность света в теплицах зависит, во-первых, от интенсивности солнечного света и дополнительного источника освещения, во-вторых, их ориентации и конструкции. Если теплицу ориентировать с востока на запад, то при ширине, равной длине, в ней создаётся наиболее равномерное освещение [18].

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования показали эффективность применения ХеСl-эксилампы для обработки семян огурца.

2. У опытных растений проростки в чашках Петри появились раньше по сравнению с контрольным вариантом.

3. У растений во всех вариантах опыта при обработке ХеСl-эксилампой наблюдался ускоренный рост и увеличение ассимилирующей поверхности, но оптимальным оказался вариант с длительностью обработки 98 с.

4. Наибольшая урожайность получена у огурца сорта Простой холостой F_1 в варианте УФО 98 с и на 14% превысила контрольный вариант.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Распоряжение* правительства Российской Федерации № 1948-р от 2.10.2014 [Электрон. ресурс]. – М., 2014. – Режим доступа: <http://government.ru/media/files/hZ8xLKjTbJk.pdf>, свободный. – (Дата обращения: 20.02.2017).

2. Соснин Э.А. Эксциламп и новое семейство газоразрядных ультрафиолетовых облучателей на их основе // Светотехника. – 2006. – № 6. – С. 25–31.
3. Влияние ультрафиолета на содержание фотосинтетических пигментов в семядольных листьях хвойных пород / О.Г. Бендер [и др.] // Вестн. ТГУ. – 2006. – № 67 (2). – С. 15–24.
4. *Excilamps in agriculture and animal breeding (review)* / E.A. Sosnin [et al.] // Proc. SPIE. – December 15, 2015. – Vol. 9810. – P. 98101K. – DOI: 10.1117/12.2224936.
5. Патент RU № 139005 Устройство для ультрафиолетовой обработки семян / Э.А. Соснин, В.Ф. Тарасенко, В.А. Панарин [и др.]. – Оpubл. 27.03.2014. – Бюл. № 9. – С. 9.
6. Cerdán P.D., Chory J. Regulation of flowering time by light quality // Nature. – 2003. – Vol. 423. – P. 881–885. – DOI:10.1038/nature01636.
7. Лазерные технологии в сельском хозяйстве / А.В. Будаговский, И.Б. Ковш. – М.: Техносфера, 2008. – 272 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. – М.: Колос, 1968. – С. 52–70.
10. Методика проведения опытов с овощными культурами. – М., 1983. – 126 с.
11. Коняев Н.Ф. Математический метод определения площади листьев растений // Докл. ВАСХНИЛ. – 1970. – № 9. – С. 34–36.
12. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. – 1971. – С. 154–170.
13. *Capacitive and Barrier Discharge Excilamps in Photoscience* / E.A. Sosnin [et al.] // Journal Photochemistry and Photobiology C: Reviews. – 2006. – Vol. 7. – P. 145–163.
14. Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Эксциламп – перспективный инструмент фотоники // Фотоника. – 2015. – № 1. – С. 60–69.
15. Гэлстон А., Девис П., Сэттер Р. Жизнь зеленого растения: пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 552 с.
16. Кефели В.И. Действие света на рост и морфогенез высших растений. – М.: Наука, 1975. – С. 209–227.
17. Протасова Н.Н. Кефели В.И. Фотосинтез роста высших растений, их взаимосвязь и корреляции // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – 251 с.
18. Ракитин А.В., Астафурова Т.П. Оптимизация условий освещения при выращивании овощных культур в закрытом грунте // Тез. докл. II съезда ВОФР. – М., 1992. – С. 35.

REFERENCES

1. <http://government.ru/media/files/hZ8xLKjTbJk.pdf> (February 20, 2017)
2. Sosnin E.A., *Svetotekhnika*, 2006, No. 6, pp. 25–31. (In Russ.)
3. Bender O.G., *Vestnik TGU*, 2006, No. 67 (2), pp. 15–24. (In Russ.)
4. Sosnin E.A. *Excilamps in agriculture and animal breeding (review)*, Proceedings SPIE, December 15, 2015, Vol. 9810, p. 98101k. DOI: 10.1117/12.2224936.
5. Sosnin E.A., Tarasenko V.F., Panarin V.A. *Ustroistvo dlya ul'trafiol'etovoi obrabotki semyan* (Device for ultraviolet processing of seeds) Patent RF, No 139005, 2014.
6. Cerdán P.D., Chory J., *Nature*, 2003, Vol. 423, pp. 881–885. doi:10.1038/nature01636.
7. Budagovskij A.V., Kovsh I.B., *Lazernye tehnologii v sel'skom hoz'jajstve* (Laser technology in agriculture), Moscow, Tehnosfera, 2008, 272 p.
8. Dosphehov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Methodology of field experiment (with bases of statistical processing of research results)), Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p.
9. Zhurbickij Z.I. *Teorija i praktika vegetacionnogo metoda* (Theory and practice of vegetation method), Moscow, Kolos, 1968, pp. 52–70.
10. *Metodika provedenija opytov s ovoshhnymi kul'turami* (The methodology of the experiments with vegetable crops), Moscow, 1983, 126 p.
11. Konjaev N.F. *Matematicheskij metod opredelenija ploshhadi list'ev rastenij* (Mathematical method of determining leaf area of plants), *Proceedings VASHNIL*, 1970, No. 9, pp. 34–36. (In Russ.)

12. Shlyk A.A. *Opredelenie hlorofillov i karotinoidov v jekstraktah zeljonyh list'ev* (Determination of chlorophylls and carotenoids in extracts of green leaves), *Biohimicheskie metody v fiziologii rastenij*, 1971, pp. 154–170.
13. E.A. Sosnin, *Journal Photochemistry and Photobiology C: Reviews*, 2006, Vol. 7, pp. 145–163.
14. Sosnin E.A., Tarasenko V.F., *Fotonika*, 2015, No. 1, pp. 60–69. (In Russ.)
15. Gjelston A., Devis P., Sjetter R., *Life green plants* (Russ. ed.: Gjelston A., Devis P., Sjetter R. *Zhizn» zelenogo rastenija*, Moscow, Mir, 1983, 552 p.
16. Kefeli V.I. *Dejstvie sveta na rost i morfogenez vysshih rastenij* (The effect of light on growth and morphogenesis of higher plants), Moscow, Nauka, 1975, pp. 209–227.
17. Protasova N.N. Kefeli V.I. *Fotosintez rosta vysshih rastenij, ih vzaimosvjaz» i korrelyacii* (Photosynthesis of higher plants, their interconnection and correlation), *Fiziologija fotosinteza*, Moscow, Nauka, 1982, 251 p.
18. Rakitin A.V., Astafurova T.P. *Optimizacija uslovij osveshhenija pri vyrashhivanii ovoshhnyh kul'tur v zakrytom grunte* (Optimization of lighting conditions in the cultivation of vegetable crops in greenhouses), *Proceeding of the 2nd conference VOFR*, Moscow, 1992, p. 35. (In Russ.)