

## Предпосевная стимуляция картофеля УФБ-излучением ХеСІ-эксиламп

А.Г. Бураченко<sup>1,\*</sup>, Э.А. Соснин<sup>1,2</sup>, И.А. Викторова<sup>3</sup>, Ю.В. Чудинова<sup>3,4</sup>, Л.В. Ляцева<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

<sup>3</sup>Томский сельскохозяйственный институт - филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Томск, Россия

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

<sup>5</sup>Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

\*bag@loi.hcei.tsc.ru

**Аннотация.** Цель работы – определение влияния субдоз УФБ-излучения на рост и развитие клубней картофеля (сорт Гала). Также клубни дополнительно обрабатывали стимулятором роста растений «Гумофит». Было установлено, что максимальный выход был получен при обработке излучением и препаратом. Это 429 ц/га, что на 139 ц/га больше, чем в контрольном варианте, и на 100 ц/га – по сравнению с обработкой излучением. Показано, что опытные растения картофеля прорастали раньше, наблюдался ускоренный рост и увеличение ассимилирующей поверхности листьев. Приводятся данные о пищевых параметрах клубней из полученного урожая и их зараженности различными патогенами.

**Ключевые слова:** картофель, ХеСІ-эксилампа, ультрафиолет Б

### 1. Введение

В современном растениеводстве актуальным является поиск способов выведения семян из состояния покоя для получения более ранних и дружных всходов, закладывающих основу для повышения урожайности, получения ранней и высококачественной продукции. Этот подход весьма актуален в условиях рискованного земледелия, когда лето является коротким.

В настоящее время установлено, что различные физические факторы, такие как плазма, гамма-излучение, микроволновые поля, а также оптическое излучение в оптимальных дозах могут стимулировать прорастание семян и развитие растений [1, 2]. В частности, много исследований посвящено воздействию ультрафиолетового излучения на растения [3].

О воздействии на растения УФ-излучения в диапазоне спектра (290–320 нм) – т.н. УФБ-излучения – известно сравнительно мало. В многолетнем цикле наших работ [4–9] было установлено, что субдозы УФБ-излучения оказывают стимулирующее действие на различные культуры при предпосевной обработке семян (лён, хвойные растения, пшеница и др.). Независимые исследования (см. обзор [3]) подтверждают эти данные.

В настоящей работе впервые изучено действие УФБ-излучения на клубни картофеля. Дополнительно было изучено сочетанное действие излучения и гуминового препарата. Актуальность работы очевидна: современные сорта картофеля имеют высокий потенциал продуктивности (70–80 т/га клубней) и с каждым годом потребность населения в нём повышается, что требует повышения средней урожайности. Кроме того, картофель активно выращивается в зонах рискованного земледелия, а это, как было указано ранее, ставит вопрос об ускорении сроков его созревания в условиях короткого лета.

### 2. Методика эксперимента, материалы и оборудование

Экспериментальная работа проведена на полевых условиях, в Томском районе. Объект исследования – картофель сорта Гала. Для облучения использовали облучатель на основе ХеСІ-эксилампы, разработанной в Институте сильноточной электроники СО РАН. Она обеспечивала излучение эксиплексных молекул ХеСІ\* с максимумом на длине волны  $\lambda = 308$  нм и полушириной спектральной полосы  $\sim 2$  нм. Такой спектр отвечает УФБ-диапазону, являясь симулятором коротковолнового края солнечного ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности земли [6, 10]. Дозу облучения можно было

регулировать, размещая картофель на разных расстояниях от облучателя и задавая разное время облучения.

Опыт проводили в 3-х кратной повторности по схеме: 1) контроль растения картофеля без обработки; 2) обработка клубней картофеля Гала излучением эксилампы; 3) обработка клубней картофеля Гала излучением эксилампы и препаратом «Гумофит», который стимулирует рост вегетирующих растений.

Условия посадки: площадь опытной делянки – 10 м<sup>2</sup>, плотность посадки – 3 растения на 1 м<sup>2</sup>, расположение делянок – систематическое. Эксперименты проводились в 2021 году.

Обработку провели 3 июня и 5 июня высадили картофель в полевые условия, посадку произвели вручную.

За период роста и развития картофеля проводили фенологические наблюдения, где отмечалось появление первых и массовых всходов, наступление фазы бутонизации и другие.

Прополка картофеля была проведена 18 июня. Сорная растительность – многочисленная (в основном корнеотпрысковые). 21 июня всходы были во всех вариантах, но больше всего всходов отмечено в контроле и при обработке клубней картофеля излучением эксилампы.

Затем, согласно схеме опыта, вегетирующие растения картофеля опрыскали препаратом, пропололи и окучили.

27 июня во всех вариантах появились всходы. Провели повторную прополку и окучивание картофеля.

11 июля осуществили опрыскивание в фазу бутонизации, прополку растений и окучивание, измеряли высоты растений, количество листьев и определили их площадь.

### 3. Результаты и обсуждение

Биометрические и фенологические показатели картофеля в трёх вариантах приведены в Таблицах 1 и 2. Было установлено, что максимальная высота растений сформировалась при обработке клубней картофеля и вегетирующих растений препаратом «Гумофит». Минимальные показатели отмечены в контрольном варианте.

При обработке клубней излучением эксилампы и «Гумофитом», уменьшается число дней от посадки до массовых всходов, раньше наступает фаза бутонизации и цветения.

**Таблица 1.** Биометрические показатели картофеля по вариантам опыта и датам

Вариант опыта	Длина стебля, см			Толщина стебля, см		
	27.06	11.07	27.07	27.06	11.07	27.07
1	12.44	17.02	35.58	5.52	6.32	6.93
2	13.79	24.33	41.88	6.08	6.78	6.88
3	15.58	25.49	36.46	5.8	6.80	6.97

**Таблица 2.** Фенологические показатели растений картофеля по вариантам опыта и датам

Вариант опыта	от посадки до массовых всходов	Число дней			
		от массовых всходов до бутонизации	цветения	удаления ботвы	копки картофеля
1	18	24	39	77	86
2	18	21	39	77	84
3	16	20	37	80	85

27 июля провели прополку, опрыскивание вегетирующих растений в фазу начала цветения. Данные Таблицы 3, свидетельствуют о том, что у растений картофеля наблюдался ускоренный рост и увеличение ассимилирующей поверхности листа.

11 июля на растениях в контроле были сформированы бутоны цветов, во втором варианте – шесть растений были с бутонами, в третьем варианте бутоны образовались лишь у трёх растений.

**Таблица 3.** Биометрические показатели ассимилирующей поверхности картофеля по вариантам опыта и датам

Вариант опыта	Количества ярусных листьев, шт.			Площадь листьев, см <sup>2</sup>		
	27.06	11.07	27.07	27.06	11.07	27.07
1	6	10	11	453.3	666.0	963.6
2	6	10	12	485.1	769.2	991.5
3	7	11	12	499.1	782.9	994.2

27 июля в контроле цвели семь растений картофеля, а на остальных были бутоны, во втором варианте расцвели пять растений, а на остальных были сформированы бутоны. В третьем варианте расцвели только 2 растения, а на остальных образовались бутоны.

При визуальном осмотре растений вредителей не обнаружено. По внешнему виду растения были крепкими во всех вариантах исследований.

Структура полученного урожая представлена в Таблице 4.

**Таблица 4.** Структура урожайности картофеля по вариантам опыта (на 1 куст)

Вариант опыта	Урожай, ц/га	Клубни					
		крупные		средние		мелкие	
		ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
1	290.0	154.0	53.1	122.0	42.1	14.0	4.8
2	329.0	178.0	54.1	140.0	42.6	11.0	3.3
3	429.0	240.0	55.9	180.0	42.0	9.0	2.1

Отмечено, что максимальная урожайность получена в третьем варианте. Это 429 ц/га, что на 139 ц больше контрольного варианта и на 100 ц/га варианта при обработке клубней только излучением эксилампы.

Каждый вариант убранного картофеля проверили на содержание нитратов. Предельно допустимая норма по ГОСТу 7176-2017 на картофель 250 мг/кг. Полученные данные представлены в Таблице 5. Видно, что в вариантах 2 и 3 среднее содержание нитратов превышает норму ПДК на 8 мг/кг и в 11 мг/кг, соответственно. В контрольном варианте содержание нитратов ниже нормы.

**Таблица 5.** Содержание нитратов в клубнях картофеля, мг/кг

Вариант опыта	По ГОСТ	Повторность			Среднее
		1	2	3	
1	250	205	198	190	198
2		217	281	287	258
3		135	243	156	261

Был также проведен ещё один дополнительный анализ. Для этого пробы картофеля весом 1 кг были переданы для дальнейшего обследования в ФГБУ «Станция агрохимической службы «Томская»», где определяли влагу клубней картофеля, содержание каротина, азота, сырого протеина, количество сахара и крахмала.

По содержанию сухого вещества, белка и сахара (Таблица 6) существенных различий выявлено не было. Больше всего крахмала было найдено в картофеле, полученном в варианте 3 (на 3.4% больше по отношению к контролю). Минимальное содержание крахмала обнаружено в контроле (17.8%).

Таблица 6. Результаты химического состава клубней картофеля по вариантам опыта

Вариант опыта	Содержание в клубнях				
	сухого вещества, %	белка, %	каротина, мг/кг	сахара, %	крахмала, %
1	25.3±1.7	2.53±0.14	менее предела обнаружения	1.0±0.5	17.8±3.1
2	24.0±1.7	2.10±0.13	менее предела обнаружения	0.8±0.5	19.9±3.4
3	25.4±1.7	1.90±0.12	менее предела обнаружения	0.3±0.5	21.2±3.6

Также дополнительно проводилась оценка зараженности клубней картофеля, проведенной в филиале ФГБУ «Россельхозцентр» по Томской области. Было выявлено, что клубни в вариантах 1 и 3 на 100% поражены паршой обыкновенной. Ризоктониозом больше всего были заражены клубни в варианте 2 (60%). Фомоз в вариантах не присутствовал.

Во время сбора урожая картофеля в почве часто встречался проволочник – личинка жука-щелкуна, вредящая картофелю, но в вариантах 2, 3 поврежденных клубней вредителями не было.

Такое значительное количество зараженных клубней можно объяснить некачественными агротехническими мероприятиями на полях хозяйства, отсутствием применения удобрений и не соблюдения севооборота.

#### 4. Заключение

Обработка клубней картофеля сорта Гала и последующая его полевая культивация показала, что у опытных растений картофеля раньше появляются всходы, наблюдается ускоренный рост, увеличение ассимилирующей поверхности листов. Особенно заметно данные показатели проявились при обработке клубней излучением эксилампы и препаратом «Гумофит». Экономическая эффективность в этом случае была максимальна, расчёт уровня рентабельности составил 82.9% против 32.8% в контрольном варианте.

Проведенные исследования подтверждают эффективность использования УФБ-излучения для предпосевной стимуляции картофеля и открывают новое направление в сельскохозяйственном производстве.

#### Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания ИСЭ СО РАН, проект № FWRM-2021-0014, а также соглашения о консорциуме организаций, участвующих в реализации Проекта «Ионно-плазменная инженерия «умных» материалов» от 03.06.2021 г. и договора о научном сотрудничестве с ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» от 25.05.2017 г.

#### 5. Список литературы

- [1] Ohta T., Shiratani M., Hori M., *Plasma Process. Polym.*, **15**(2), 201700073, 2018; doi: 10.1002/ppap.201700073
- [2] Araújo S.S., Paparella S., Dondi D., Bentivoglio A., Carbonera D., Balestrazzi A., *Front. Plant Sci.*, **7**, 646, 2016; doi: 10.3389/fpls.2016.00646
- [3] Thomas D., Jos T.T., Puthur T., *Environmental and Experimental Botany*, **138**(6), 57, 2017; doi: 10.1016/j.envexpbot.2017.03.003
- [4] Sosnin E.A., Chudinova Y.V., Victorova I.A., Volotko I.I., *Proc. SPIE : XII International Conference on Atomic and Molecular Pulsed Lasers*, **9810**, 98101K, 2015; doi: 10.1117/12.2224936

- [5] Sosnin E.A., Gol'tsova P.A., Chudinova Y.V., Lyasheva L.V., Panarin V.A., Prok I.A., Skakun V.S., Viktorova I.A., Astaphyrova T.P., *Proc. SPIE : XIV International Conference on Pulsed Lasers and Laser Applications*, **11322**, 1132226, 2019; doi: 10.1117/12.2541532
- [6] Соснин Э.А., Гольцова П.А., Панарин В.А., Печеницин Д.С., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., *Инновации в сельском хозяйстве*, **3**(24), 8, 2017.
- [7] Викторова И.А., Чудинова Ю.В., Соснин Э.А., Панарин В.А., Гольцова П.А., *Вестник НГАУ*, **2**(43), 9, 2017.
- [8] Соснин Э.А., Липатов Е.И., Скакун В.С., Буренина А.А., Астафурова Т.П., Сурнина Е.Н., *Прикладная физика*, **2**, 98, 2020.
- [9] Нужных С.А., Соснин Э.А., Астафурова Т.П., Бабенко А.С., *Саратовский аграрный вестник*, **1**, 34, 2021; doi: 10.28983/asj.y2021i1pp34-37
- [10] Бойченко А.М., Ломаев М.И., Панченко А.Н., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф., *Ультрафиолетовые и вакуумно-ультрафиолетовые эксилампы: физика, техника и применения*. (Томск: STT, 2011).