

ОТВЕТНЫЕ РОСТОВЫЕ РЕАКЦИИ ПРОРОСТКОВ *CUCUMIS SATIVUS* НА ПРЕДПОСЕВНУЮ ОБРАБОТКУ СЕМЯН ПЛАЗМОЙ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА

А.С. Минич, И.Б. Минич, А.Е. Иваницкий, М.К. Верховод, И.Д. Иванова,
С.В. Гизбрехт

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный педагогический университет», Томск, Россия, minich@tspu.edu.ru

Аннотация. Изучены посевные качества семян, обработанных плазмой барьерного разряда, и рост проростков *Cucumis sativus* L. в светокультуре. Показано, что обработка семян плазмой способствует увеличению энергии прорастания и всхожести. Использование совместной предпосевной обработки семян плазмой и микроэлементами имеет ограничение. У проростков, выращенных из таких семян, уменьшается ростовая активность, что, вероятно, связано с передозировкой микроэлементами при повышенной водопроницаемости.

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., предпосевная обработка, плазма барьерного разряда, микроэлементы, продуктивность

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-517-521

Для улучшения посевных качеств семян применяют метод их обработки плазмой барьерного разряда [Randeniya, de Groot, 2015]. Опубликованные результаты исследований показывают, что предпосевная обработка плазмой барьерного разряда улучшает поглощение влаги семенами, повышает их ферментативную и гормональную активность, приводит к раннему прорастанию и повышению всхожести, интенсивному росту проростков [Li et al., 2014; Stolárik et al., 2015; Минич и др., 2018]. Однако обработка семян плазмой может приводить не только к положительным, но и к отрицательным изменениям в метаболизме растений и снижению их продуктивности, что может быть связано с дополнительной обработкой семян микроэлементами [Минич и др., 2017].

Цель работы – изучить влияние предпосевной обработки семян плазмой барьерного разряда на рост и развитие проростков *Cucumis sativus*.

Материалы и методы. Объектом исследований служили растения *Cucumis sativus* L. трех гибридов. Семена гибрида Брейк были обработаны микроэлементами, гибридов Апрельский и Антошка – такой обработки не имели.

Для обработки семян плазмой использовался плазмохимический реактор с планарным расположением электродов и одним диэлектрическим барьером из стеклотекстолита толщиной 2 мм. Площадь высоковольтного электрода составила 48 м², объем разрядного промежутка – 9,6 см³, амплитуда высоковольтных импульсов напряжения – 8 кВ, частота повторения – 2 кГц, расход воздуха на входе в реактор ~ 200 мл/мин, температура реактора – 25 °С. Разрядный промежуток между электродами служит для закладки семян, в котором они равномерно располагались, занимая в среднем 2/3 от площади разрядной зоны. Время экспозиции семян в плазме барьерного разряда составляло 10, 30 и 60 с. Выбор продолжительности обработки плазмой сделан на основании опубликованных данных [Минич и др., 2017].

Семена проращивались в светокультуре на перлите под лампой ДРiЗ 150 (Рефлекс, Россия) с интенсивностью светового потока 210 Вт/м² (1055 μмоль/с*м²). Интенсивность света была выровнена по падающим квантам с использованием спектрометра AvaSpec-2048FT-2-SPU (Avantes, Нидерланды). Фотопериод составлял 16 часов, температура воздуха – 24 °С.

Оценка энергии прорастания и лабораторной всхожести семян проводилась по межгосударственному стандарту [ГОСТ 12038-84, 2011].

Определение площади ассимилирующей поверхности растений проводилось на бумажных проекциях листьев (с сохранением масштаба) с использованием программы по определению площади сложных фигур «AreaS» 2.1, разработанной сотрудниками ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». Работа программы основана на сканировании фигуры с последующим расчетом ее площади при сравнении с площадью шаблона, погрешность – не более 0,001.

Сырая масса и масса сухого вещества растений определялась на аналитических весах Acculab ALC-210d4 (Acculab, USA) с точностью 0,1 мг. До взвешивания растения промывались водой. Для определения сухой массы растения высушивались в сушильном шкафу при температуре 10 °С до прекращения потери веса.

Статистическая обработка экспериментальных результатов проводилась с помощью программы «Microsoft Excel» с доверительным интервалом 0,95. На рисунках приведены средние арифметические значения с двухсторонним доверительным интервалом трех независимых экспериментов, каждый из которых проведен в трех биологических повторностях на 30 проростках. За результат анализа лабораторной всхожести и энергии прорастания принимали среднеарифметические значения данных анализа четырех проб по 100 семян в каждой при допустимом расхождении результатов, указанных в межгосударственном стандарте [ГОСТ 12038-84, 2011].

Результаты и обсуждение. Относительно контроля энергия прорастание опытных семян *Cucumis sativus* была выше на 22-56, 14-43 и 46-54% соответственно для гибрида Апрельский, Антошка и Брейк. В зависимости от продолжительности обработки семян плазмой и гибрида их лабораторная всхожесть была также выше на 7-33%, что указывает на улучшение их посевных качеств (табл. 1).

Таблица 1.

Всхожесть и энергия прорастания семян *Cucumis sativus* L. сорта, обработанных плазмой разряда атмосферного давления

Наименование гибрида F ₁	Время обработки семян, с	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Апрельский	0 (контроль)	64	78
	10	86	86
	30	100	100
	60	78	86
Антонка	0 (контроль)	70	75
	10	80	80
	30	100	100
	60	100	100
Брейк	0 (контроль)	61	72
	10	89	94
	30	89	89
	60	94	94

Такой результат согласуется с литературными данными, в которых отмечается улучшение посевных качеств семян после их обработки плазмой [Zahoranová et al., 2015] и показывает, что на прорастание семян совместная обработка плазмой и микроэлементами не влияет. Вероятно, в повышении посевных качеств семян главную роль играет плазменная обработка, изменяющая структуру семенной кожуры и улучшающая водную проницаемость [Stolárik et al., 2015].

Результаты исследования динамики накопления биомассы показывают, что первые 6 суток проростки всех исследуемых гибридов, выращиваемых из семян,

обработанных плазмой барьерного разряда, более интенсивно растут и развиваются (рис. 1-3). Достоверных изменений не выявили только у проростков гибридов Антошка и Брейк, выращенных из семян с 10-секундной плазменной обработкой.

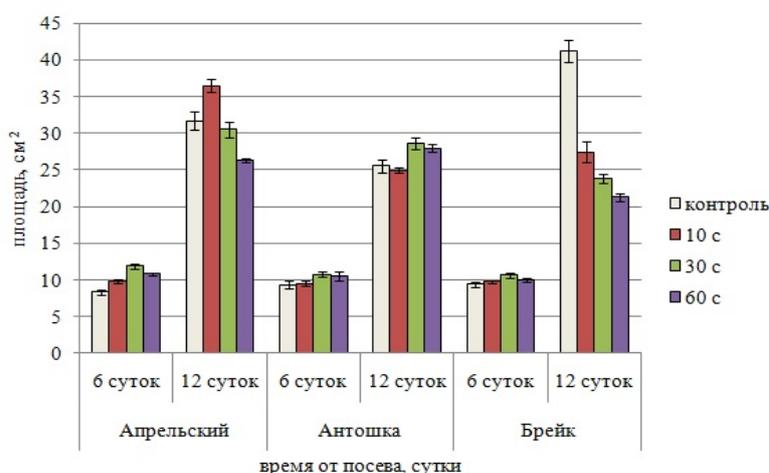


Рис. 1. Площадь поверхности листьев проростков гибридов *Cucumis sativus*, выращенных из обработанных и не обработанных (контроль) плазмой барьерного разряда семян.

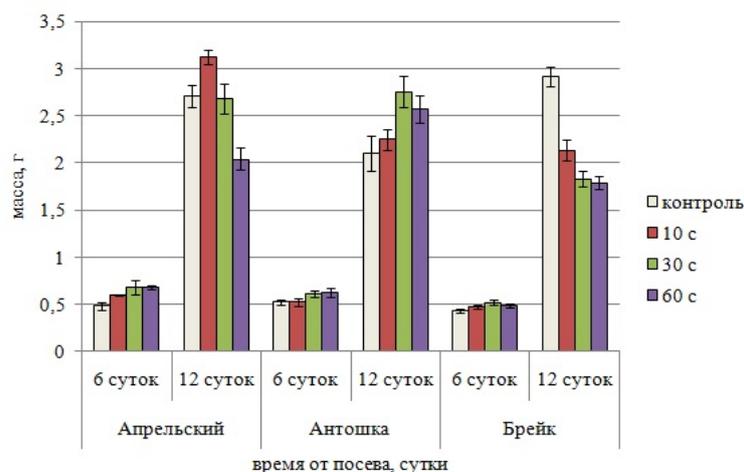


Рис. 2. Сырая биомасса проростков гибридов *Cucumis sativus*, выращенных из обработанных и не обработанных (контроль) плазмой барьерного разряда семян.

На 12 сутки максимальные темпы роста отметили у проростков гибрида Апрельский, выращенных из семян с 10-секундной плазменной обработкой, а у проростков гибрида Антошка – из семян с 30- и 60-секундной. Это указывает на то, что продолжительность обработки семян плазмой определяется не только видом растения, но и гибридной принадлежностью.

У опытных проростков гибрида Брейк на 12 сутки онтогенеза выявили торможение ростовых процессов, причем с увеличением продолжительности обработки семян плазмой ингибирование усиливалось. По нашему мнению, уменьшение ростовой активности проростков данного гибрида связано с передозировкой микроэлементами, которыми были покрыты семена, что определяется повышенной водопроницаемостью обработанных плазмой семян. Такой результат согласуется с полученными ранее

результатами на гибриде Кураж, семена которого также были обработаны микроэлементами и плазмой [Минич и др., 2017].

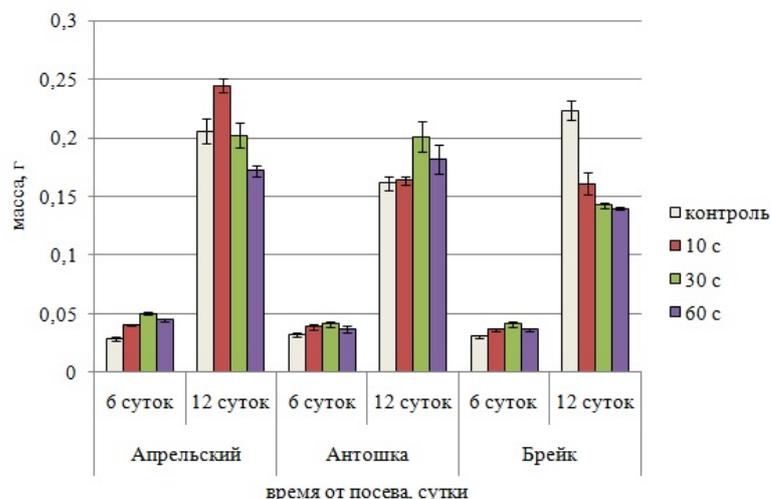


Рис. 3. Масса сухого вещества проростков гибридов *Cucumis sativus*, выращенных из обработанных и не обработанных (контроль) плазмой барьерного разряда семян.

Заключение. Предпосевная обработка семян плазмой барьерного разряда может применяться в сельском хозяйстве для улучшения посевных качеств семян, в частности *Cucumis sativus* L. Однако данная технология может использоваться для семян, не подвергающихся дополнительной обработке микроэлементами.

Литература

ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 64 с.

Минич А.С., Минич И.Б., Домашевская А.Г., Чурсина Н.Л., Гизбрехт С.В., Кудряшов С.В. Влияние обработки семян плазмой разряда атмосферного давления на морфогенез и продуктивность *Cucumis sativus* гибрида Кураж // Материалы конференции «Экспериментальная биология растений: фундаментальные и прикладные аспекты», 18-24 сентября 2017 г., Крым, Судак. – Москва, 2017. – С. 230.

Минич А.С., Минич И.Б., Чурсина Н.Л., Кулакова В.О., Иванова И.Д., Верховод М.К., Массон К.В., Гизбрехт С.В., Кудряшов С.В. Регуляция морфогенеза и продуктивности *Lactuca sativa* L. предпосевной экспозицией семян плазмой разряда атмосферного давления // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2018. – № 1. – С. 28–34.

Li L., Jiang J., Li J., Shen M., He X., Shao H., Dong Y. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean // Scientific Reports. – 2014. – V. 4. – P. 1–7.

Park Y., Oh K.S., Oh J., Seok D.C., Kim S.B., Yoo S.J., Lee M.-J. The biological effects of surface dielectric barrier discharge on seed germination and plant growth with barley // Plasma Processes and Polymers. – 2016. – V. 15, I. 6. – doi.org/10.1002/ppap.201600056.

Randeniya L.K., de Groot G.J.J.B. Non-thermal plasma treatment of agricultural seeds for stimulation of germination, removal of surface contamination and other benefits: a review // Plasma Processes and Polymers. – 2015. – V. 12. – P. 608–623.

Stolárik T., Henselová M., Martinka M., Novák O., Zahoranová A., Černák M. Effect of low-temperature plasma on the structure of seeds, growth and metabolism of endogenous

phytohormones in pea (*Pisum sativum* L.) // Plasma Chemistry and Plasma Processing. – 2015. – V. 35. – P. 1–18.

Zahoranová A., Henselová M., Hudecová D., Kaliňáková B., Kováčik D., Medvecká V., Černák M. Effect of cold atmospheric plasma on the wheat seedlings vigor and on the inactivation of microorganisms on the seeds surface // Plasma Chemistry and Plasma Processing. – 2016. – V. 36. – P. 397–414.

RESPONSE GROWTH RESPONSES OF *CUCUMIS SATIVUS* PROPAGATORS FOR PRECISIONING SEEDS OF SEEDS BY BARRIER DISCHARGE PLASMA

A.S. Minich, I.B. Minich, A.E. Ivanitckii, M.K. Verhovod, I.D. Ivanova, S.V. Gizbrekht

Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, Russia, minich@tspu.edu.ru

Abstract. Seed quality of seeds treated with barrier-discharge plasma was studied, and the growth of *Cucumis sativus* L. seedlings in light culture. It is shown that the treatment of seeds with plasma promotes an increase in the germination and germination energy. The use of joint presowing seed treatment with plasma and microelements has a limitation. In sprouts grown from such seeds, the growth activity decreases, which is probably due to overdose with trace elements with increased water permeability.

Keywords: *Cucumis sativus*, presowing treatment, barrier discharge plasma, microelements, productivity