

УДК 631.53.027

**РЕГУЛЯЦИЯ МОРФОГЕНЕЗА И ПРОДУКТИВНОСТИ *LACTUCA SATIVA* L.
ПРЕДПОСЕВНОЙ ЭКСПОЗИЦИЕЙ СЕМЯН ПЛАЗМОЙ
РАЗРЯДА АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ****© А.С. Минич, И.Б. Минич, Н.Л. Чурсина, В.О. Кулакова, И.Д. Иванова,
М.К. Верховод, К.В. Массон, С.В. Гизбрехт, С.В. Кудряшов**

Изучали энергию прорастания и всхожесть семян *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда» после 15-секундной и 25-секундной обработки их плазмой разряда атмосферного давления, а также морфогенез и продуктивность выращенных из них растений. Результаты исследований показали, что обработка семян плазмой способствует улучшению их посевных качеств, повышая энергию прорастания на 24.6%, лабораторную всхожесть на 1 и 3% соответственно, а также большему удлинению осевых органов проростков. Растения, выращенные из обработанных плазмой семян, отличались более интенсивным морфогенезом и повышенной продуктивностью относительно контрольных растений. Культивирование растений салата из обработанных плазмой семян в течение 15 с характеризовалось постоянно нарастающим увеличением различий морфометрических параметров по сравнению с контрольными растениями. При достижении технической спелости растения имели большее на 20.3% число листьев, большую на 65.3% площадь ассимилирующей поверхности, большие на 67.5 и 36.9% сырую и сухую биомассы. У растений, выращиваемых из семян, подвергнутых 25-секундной обработке плазмой разряда атмосферного давления, наблюдались скачкообразные изменения морфогенеза, характеризующегося тремя интенсивными пиками увеличения морфометрических параметров. На конец вегетации растения имели большее на 17.2% число листьев, большую на 23.7% площадь поверхности листьев, большие на 15.9 и 20.7% сырую и сухую биомассы по сравнению с контролем. Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что 15-секундная и 25-секундная предпосевная обработка семян *Lactuca sativa* плазмой разряда атмосферного давления не только улучшает их качество, но активизирует рост и развитие вегетативных органов, выращиваемых из них растений. Это приводит к повышению продуктивности салата, особенно при 15-секундной обработке семян. Такая экологически чистая технология предпосевной обработки семян плазмой разряда атмосферного давления может применяться в сельском хозяйстве для увеличения продуктивности *Lactuca sativa* L., в том числе сорта «Лолло Бионда».

Ключевые слова: *Lactuca sativa*, качество семян, плазма, морфогенез, продуктивность.

МИНИЧ Александр Сергеевич – д.б.н., Томский государственный педагогический университет,
e-mail: minich@tspu.edu.ru

МИНИЧ Ирина Борисовна – к.б.н., Томский государственный педагогический университет,
e-mail: minichirina@gmail.com

ЧУРСИНА Наталья Леонидовна, Томский государственный педагогический университет,
e-mail: permyakova2503@gmail.com

КУЛАКОВА Виктория Олеговна, Томский государственный педагогический университет,
e-mail: victoria.k@mail.ru

ИВАНОВА Ирина Денисовна, Томский государственный педагогический университет,
e-mail: bhf@tspu.edu.ru

ВЕРХОВОД Михаил Константинович, Томский государственный педагогический университет,
e-mail: verhovod@gmail.com

МАССОН Кристина Владимировна, Томский государственный педагогический университет,
e-mail: masson.kristina143@gmail.com

ГИЗБРЕХТ Светлана Викторовна, Томский государственный педагогический университет,
e-mail: gizsv@sibmail.com

КУДРЯШОВ Сергей Владимирович – д.х.н., Институт химии и нефти СО РАН,
e-mail: ks@ipc.tsc.ru

Введение. В современном сельском хозяйстве одним из возможных направлений активации роста, развития и увеличения продуктивности растений является предпосевная обработка семян плазмой разряда атмосферного давления [1]. Такая предпосевная обработка семян имеет ряд преимуществ перед традиционными химическими способами, в том числе с использованием пестицидов, фунгицидов, гербицидов, инсектицидов, гормонов, удобрений. Она является простой, быстрой, экономичной, экологически чистой и не приводит к повреждению тканей [2–8]. Представленные в литературе результаты указывают, что предпосевная обработка плазмой разряда атмосферного давления способствует улучшению поглощения влаги семенами, удалению с них микробных слоев, повышению ферментативной и гормональной активности семян и растений, более раннему прорастанию и повышению всхожести, интенсивному росту и увеличению продуктивности [2–8]. В то же время отмечается, что изменение качества семян и ответные ростовые реакции растений определяются как характеристиками плазмы и продолжительностью обработки ею семян, так и таксономической принадлежностью сельскохозяйственной культуры [1, 4, 7]. Исследования влияния предпосевной обработки семян плазмой проведены на многих растениях, таких как *Solanum lycopersicum* L. [1], *Raphanus sativus* L. [1], *Zea mays* L. [1], *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees [2], *Pisum sativum* L. [3], *Triticum aestivum* L. [4], *Arachis hypogaea* L. [5], *Hordeum vulgare* L. [6], *Cannabis sativa* L. [7], *Glycine max* (L.) Merr [8], *Allium cepa* L. [9], *Elodea Canadensis* Michx. [9] и на ряде других. Однако отсутствуют сведения по влиянию предпосевной обработки на качество семян и морфогенез *Lactuca sativa* L. – одного из наиболее возделываемых видов в светокультуре, в открытом и защищенном грунтах.

Цель исследований: оценка влияния предпосевной обработки плазмой разряда атмосферного давления на качество семян, морфогенез и продуктивность *Lactuca sativa* L.

Материалы и методы. Объектом исследований являлся латук посевной, или салат посевной, или салат латук (*Lactuca sativa* L.). Был выбран сорт «Лолло Бионда», широко выращиваемый

в тепличных хозяйствах и достигающий технической спелости через 35–50 суток.

Для обработки семян использовался плазмохимический реактор с планарным расположением электродов и одним диэлектрическим барьером из стеклотекстолита толщиной 2 мм. Площадь высоковольтного электрода составила 48 см², величина разрядного промежутка – 2 мм, амплитуда высоковольтных импульсов напряжения – 8 кВ, частота повторения – 2 кГц.

Растения выращивались из семян в светокультуре до технической спелости (35 суток) в почве, состоящей из равных количеств чернозема, перегноя и торфа. Семена *Lactuca sativa* высевались в контейнерах с дренажными отверстиями. Источником излучения служили лампы ДНаЗ-150 (ООО «Рефлак», Россия). Интенсивность светового потока составляла 120 Вт/м², фотопериод – 16 ч, температура воздуха – 24°C.

В качестве контроля использовались необработанные плазмой семена и растения, выращенные из них. Опытные семена подвергались предпосевной обработке плазмой в течение 15 и 25 с. Выбор продолжительности экспозиции плазмой семян сделан произвольно на основании анализа данных, показывающих, что время обработки семян плазмой должно определяться толщиной семенной кожуры и ее проницаемостью [1, 8].

Оценка посевных качеств семян (энергии прорастания и лабораторной всхожести) проводилась в лабораторных условиях по ГОСТ 12038-84 [10].

В динамике проводились измерения длины главного корня семян, определялись число и площадь поверхности листьев, сырая и сухая биомасса растений.

Длина главного корня семени измерялась цифровым штангенциркулем Digital Caliper 0–150 mm (Manufactures & Suppliers, China) с точностью измерения 0.01 мм.

Для определения сырой массы и массы сухого вещества растения вынимались из почвы, корневая система промывалась водой, лишняя влага удалялась фильтровальной бумагой. Для определения массы сухого вещества растения высушивались в сушильном шкафу при температуре 103–105°C до постоянного веса. Взвешивание проводилось на электронных аналитических весах Acculab ALC-210d4 (Acculab, USA) с ценой деления 0.0001 г.

Для определения площади поверхности листьев растений использовалась программа по определению площади сложных фигур «ArealS», разработанная на технологическом факультете ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия». Работа программы основана на сканировании двух фигур, площадь одной из которых известна (шаблон), их сравнением с последующим расчетом площади другой фигуры. Погрешность определения площади не превышает 0.001%. Для определения площади фигур с помощью программы «ArealS» использовался персональный компьютер, сканер, графический редактор IrfanView с возможностью сканирования изображения.

Для статистической обработки экспериментальных результатов использовалась программа «Excel». Оценка достоверности результатов исследований проводилась при 95% уровне надежности (уровень значимости – 0.05). На рисунках приведены средние арифметические значения с двухсторонним доверительным интервалом из трех независимых экспериментов, каждый из которых проведен в трех биологических повторностях минимум на 40 растениях.

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 ГОСТ 12038-84.

Результаты и обсуждение. Относительно контроля энергия прорастания опытных семян *Lactuca sativa* была выше на 24.6%. В зависимости от продолжительности обработки семян плазмой их лабораторная всхожесть была выше на 1 и 3%, что указывает на улучшение их посевных качеств (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Всхожесть и энергия прорастания семян Lactuca sativa L. сорта «Лолло Бионда», обработанных плазмой разряда атмосферного давления

| Время обработки семян, с | Энергия прорастания, % | Лабораторная всхожесть, % |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| 0 (контроль) | 65 | 96 |
| 15 | 81 | 98 |
| 20 | 81 | 99 |

Удлинение главного корня семени в опыте по сравнению с контрольными семенами происходило более интенсивно, скорость роста определялась продолжительностью обработки семян плазмой (рис. 1).

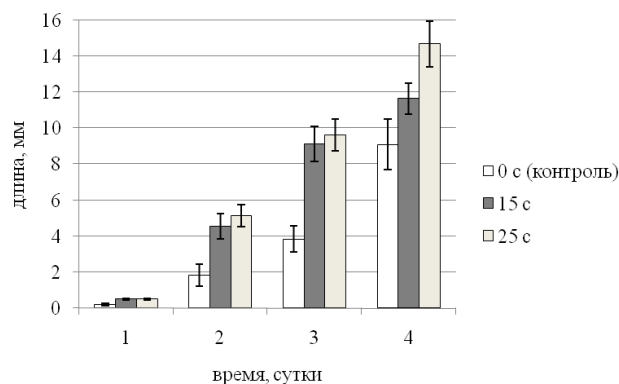


Рис. 1. Динамика длины главного корня семян *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда», обработанных и не обработанных (контроль) плазмой разряда атмосферного давления

В начале прорастания семян (первые сутки) длина корня опытных образцов была больше в 2.5 раза по сравнению с контролем. В последующие сутки (2–4 сутки) также наблюдался более интенсивный рост главного корня у семян, обработанных плазмой. По опубликованным данным, более активное прорастание главного корня опытных семян может определяться увеличением водной проницаемости, так как при обработке плазмой в семенной коже образуются крошечные отверстия [2, 3]. Кроме того, в семени изменяется уровень гормонального баланса: ауксинов, цитокининов, их метаболитов и конъюгатов [3]. Величины прироста главного корня возрастали с увеличением длительности экспозиции семян плазмой (рис. 1). Относительно контроля у обработанных семян плазмой в течение 15 и 25 с на 2-е сутки длина главного корня была больше в 2.5 и 2.8 раза, на 3-и сутки – в 2.4 и 2.5 раза, на 4-е сутки – в 1.3 и 1.6 раза. Такой результат не согласуется с литературными данными, в которых показано, что увеличение дозы экспозиции плазмой приводит к уменьшению ростовой активности семян из-за передозировки активного кислорода и азота, образующихся под воздействием плазмы и выполняющих важную функцию в регуляции эндогенных гормонов на стадии прорастания семян и в начале развития растений [3].

Это может быть связано с тем, что 25-секундная продолжительность обработки плазмой семян *Lactuca sativa* не является лимитирующим фактором.

В дальнейшем в онтогенезе у опытных растений наблюдался более активный рост и развитие в основном за счет формирования большей ассимилирующей поверхности, в том числе за счет увеличения числа листовых пластинок (рис. 2–3).

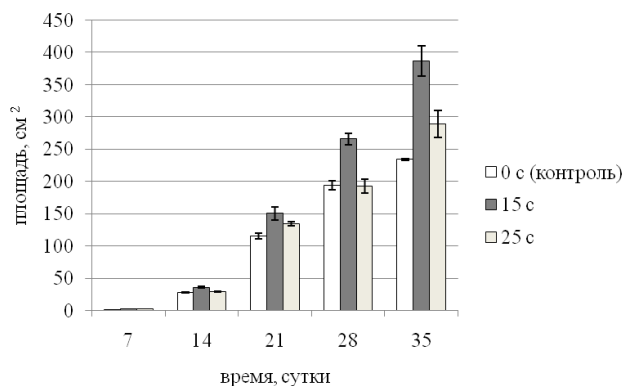


Рис. 2. Динамика площади поверхности листьев *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда», выращенного из обработанных и не обработанных (контроль) плазмой разряда атмосферного давления семян

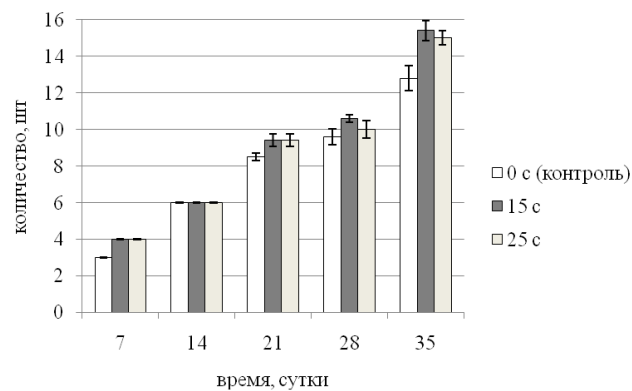


Рис. 3. Динамика числа листьев *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда», выращенного из обработанных и не обработанных (контроль) плазмой разряда атмосферного давления семян

В отличие от роста главного корня семени у растений, выращенных из опытных семян, меньшее время обработки семян плазмой способствовало более интенсивному протеканию ростовых реакций и увеличению продуктивности (рис. 2–5).

При выращивании растений из обработанных плазмой в течение 15 с семян отмечалось постоянное увеличение накопления биомассы относительно контроля. Так, площадь поверхности лис-

тьев была больше на 25.4% (7-е сутки), на 27.3% (14-е сутки), на 30.0% (21-е сутки), на 37.0% (28-е сутки) и 65.3% (35-е сутки) (рис. 2). При этом формирование новых листовых пластинок в опыте происходило менее активно по сравнению с ростом и развитием ранее сформированных. На 7-е, 21-е, 28-е и 35-е сутки их количество было выше на 33.3, 10.6, 10.4 и 20.3% соответственно, а у 2-недельных растений достоверных изменений не выявили (рис. 3). Это указывает на то, что активное развитие надземной части опытных растений происходило как за счет формирования новых листовых пластинок, так и интенсивного роста образовавшихся ранее листьев.

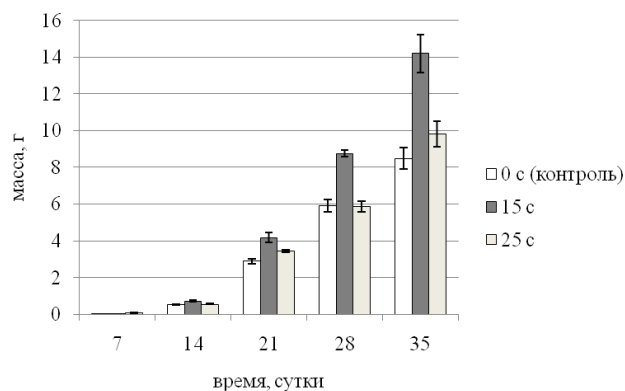


Рис. 4. Динамика сырой биомассы *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда», выращенного из обработанных и не обработанных (контроль) плазмой разряда атмосферного давления семян

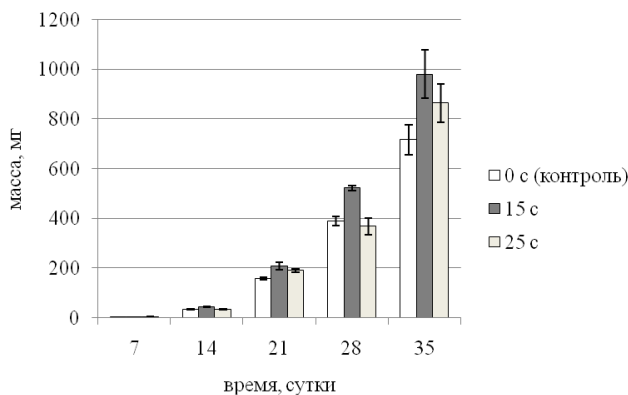


Рис. 5. Динамика сухой биомассы *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда», выращенного из обработанных и не обработанных (контроль) плазмой разряда атмосферного давления семян

Увеличение сырой и сухой биомассы опытных растений было сопряжено с развитием их ассимилирующей поверхности, а также корневой си-

стемы. Общая сырая масса и масса сухого вещества опытных растений были больше соответственно на 13.4 и 3.7% (7-е сутки), на 41.7 и 28.1% (14-е сутки), на 44.4 и 31.0% (21-е сутки), на 48.0 и 34.2% (28-е сутки), на 67.5 и 36.9% (35-е сутки).

Таким образом, растения, выращенные из обработанных плазмой семян в течение 15 с, характеризовались интенсивным морфогенезом и повышенной продуктивностью относительно контрольных растений, причем в ходе вегетации между контролем и опытом различия нарастали.

У семян, обработанных плазмой в течение 25 с, всхожесть и энергия прорастания были самыми высокими, и в выращиваемых из них растениях ростовые процессы протекали также более активно, чем в контроле. У них наблюдался более интенсивный морфогенез и при достижении технической спелости большая продуктивность по сравнению с контролем. Так, у данного опытного салата количество листьев и площадь их поверхности, сырая и сухая биомассы были больше контрольных растений на 17.2, 23.7, 15.9 и 20.7% соответственно.

Однако у таких опытных растений ростовые процессы характеризовались меньшей интенсивностью по сравнению с опытными образцами, семена которых подвергались 15-секундной экспозиции плазмой. Наблюдались 3 пика ростовой активности: на 7-е, 21-е и 35-е сутки, а в конце 2-й и 4-й недели вегетации морфометрические параметры растений достоверно не отличались от контрольных растений. Такой результат, вероятно, обусловлен более длительной обработкой семян плазмой, что способствовало большему проникновению в семя из окружающей среды плазмы заряженных частиц, озона, УФ-излучения и окислов азота [3]. По литературным данным, это приводит к изменению некоторых метаболических и биосинтетических процессов, а также сигнальных путей [3]. В наших исследованиях на ранних этапах развития это способствовало улучшению прорастания семян, но излишки метаболитов в дальнейшем, вероятно, частично ингибировали ростовые процессы растений.

Таким образом, растения, выращенные из обработанных плазмой семян в течение 25 с, относительно контроля характеризовались бо-

лее активным, но скачкообразным процессом роста и развития. В конце вегетации они отличались от контрольных растений повышенной продуктивностью, но меньшей, чем у салата, выращенного из обработанных плазмой семян в течение 15 с.

Заключение. Результаты исследований показывают, что 15-секундная и 25-секундная предпосевная обработка семян *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда» плазмой разряда атмосферного давления способствует улучшению их посевных качеств. Для семян *Lactuca sativa* L. экспозиция плазмой разряда атмосферного давления продолжительностью 15 и 25 с находится в пределах, способствующих повышению энергии прорастания и всхожести семян, большему удлинению осевых органов проростков.

Предпосевная обработка семян активизирует рост и развитие вегетативных органов *Lactuca sativa*, выращенных из них, что приводит к повышению их продуктивности. Скорость ответных ростовых реакций растений определяется продолжительностью обработки семян плазмой разряда атмосферного давления. Результаты показывают, что 15-секундная обработка семян *Lactuca sativa* L. сорта «Лолло Бионда» является оптимальной по времени, позволяет запустить более активную программу морфогенеза.

25-секундная продолжительность обработки семян плазмой, вероятно, является чрезмерной, так как выращенные из них растения характеризуются меньшей продуктивностью по сравнению с салатом, культивируемого из семян, обработанных плазмой в течение 15 с.

Результаты наших исследований показывают, что экологически чистая технология предпосевной обработки семян плазмой разряда атмосферного давления может применяться в сельском хозяйстве для увеличения продуктивности растений *Lactuca sativa* L., в частности, сорта «Лолло Бионда».

Для выяснения влияния более короткой или длительной предпосевной обработки плазмой разряда атмосферного давления семян данного вида и сорта, а также других сортов и гибридов *Lactuca sativa* L. необходимы дальнейшие экспериментальные исследования.

Литература

References

1. 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. Vol. 12 (7). P. 608–623. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ppap.201500042>.
2. Tong J., He R., Zhang X., Han R., Chen W., Yang S. Effects of atmospheric pressure air plasma pretreatment on the seed germination and early growth of *Andrographis paniculata* // *Plasma Science and Technology*. 2014. Vol. 16. № 3. P. 260–266. URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1009-0630/16/3/16>.
3. Stolarik T., Henselova M., Martinka M., Novak O., Zahoranova A., Cernak 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. Vol. 35 (4). P. 1–18. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11090-015-9627-8>.
4. Zahoranova A., Henselova M., Hudecova D., Kalinakova B., Kovacik D., Medveckva V., Cernak 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. Vol. 36 (2). P. 397–414. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11090-015-9684-z>.
5. Li L., Li J., Shen M., Hou J., Shao H., Dong Y., Jiang J. Improving seed germination and peanut yields by cold plasma treatment // *Plasma Science and Technology*. 2016. Vol. 18. № 10. P. 1027–1033. URL: <http://dx.doi.org/10.1088/1009-0630/18/10/10>.
6. 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. (Online Version of Record published before inclusion in an issue). doi: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppap.201600056/pdf> (дата обращения: 02.06.2017). URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ppap.201600056>.
7. Sera B., Sery M., Gavril B., Gajdova I. Seed germination and early growth responses to seed pretreatment by non-thermal plasma in hemp cultivars (*Cannabis sativa* L.) // *Plasma Chemistry and Plasma Processing*. 2017. Vol. 37 (1). P. 207–221. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s11090-016-9763-9>.
8. Li L., Li 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. Vol. 4. P. 1–7. URL: <http://dx.doi.org/10.1038/srep05859>
9. Kozhayeva J.P., Lyubimtseva V.A., Zuimatch E.A., Dubinov A.E. A novel insight on the geometry of plasma channels of nanosecond micron-size discharges on the surface of living tissues of plants // *Plasma Processes and Polymers*. 2015. Vol. 12 (3). P. 293–296. URL: <http://dx.doi.org/10.1002/ppap.201400132>.
10. ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями № 1, 2). М.: Стандартинформ. 2011. 64 с.

1. 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, vol. 12 (7), pp. 608–623. Available at: <http://dx.doi.org/10.1002/ppap.201500042>.
2. Tong J., He R., Zhang X., Han R., Chen W., Yang S. Effects of atmospheric pressure air plasma pretreatment on the seed germination and early growth of *Andrographis paniculata*. *Plasma Science and Technology*, 2014, vol. 16, no. 3, pp. 260–266. Available at: <http://dx.doi.org/10.1088/1009-0630/16/3/16>.
3. Stolarik T., Henselova M., Martinka M., Novak O., Zahoranova A., Cernak 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, vol. 35 (4), pp. 1–18. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11090-015-9627-8>.
4. Zahoranova A., Henselova M., Hudecova D., Kalinakova B., Kovacik D., Medveckva V., Cernak 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, vol. 36 (2), pp. 397–414. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11090-015-9684-z>.
5. Li L., Li J., Shen M., Hou J., Shao H., Dong Y., Jiang J. Improving seed germination and peanut yields by cold plasma treatment. *Plasma Science and Technology*, 2016, vol. 18, no. 10, pp. 1027–1033. Available at: <http://dx.doi.org/10.1088/1009-0630/18/10/10>.
6. 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. (Online Version of Record published before inclusion in an issue). doi: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ppap.201600056/pdf> (accessed June 2, 2017). Available at: <http://dx.doi.org/10.1002/ppap.201600056>.
7. Sera B., Sery M., Gavril B., Gajdova I. Seed germination and early growth responses to seed pretreatment by non-thermal plasma in hemp cultivars (*Cannabis sativa* L.). *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 2017, vol. 37 (1), pp. 207–221. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11090-016-9763-9>.
8. Li L., Li 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, vol. 4, pp. 1–7. Available at: <http://dx.doi.org/10.1038/srep05859>.
9. Kozhayeva J.P., Lyubimtseva V.A., Zuimatch E.A., Dubinov A.E. A novel insight on the geometry of plasma channels of nanosecond micron-size discharges on the surface of living tissues of plants. *Plasma Processes and Polymers*, 2015, vol. 12 (3), pp. 293–296. Available at: <http://dx.doi.org/10.1002/ppap.201400132>.
10. GOST 12038-84. Interstate standard. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination (with Changes 1, 2). Moscow, Standartinform, 2011. 64 p.



**REGULATION OF MORPHOGENESIS AND PRODUCTIVITY
OF *LACTUCA SATIVA* L. USING THE PRESOWING SEED TREATMENT
WITH ATMOSPHERIC PRESSURE DISCHARGE PLASMA**

© A.S. Minich¹, I.B. Minich¹, N.L. Chursina¹, V.O. Kulakova¹, I.D. Ivanova¹,
M.K. Verkhovod¹, K.V. Masson¹, S.V. Gizbrekht¹, S.V. Kudryashov²

¹ Tomsk State Pedagogical University,
60, ulitsa Kievskaya, 634061, Tomsk, Russian Federation

² Institute of Petroleum Chemistry of the SB RAS,
60, ulitsa Kievskaya, 634061, Tomsk, Russian Federation

The energy of germination and germination of seeds of *Lactuca sativa* L. of the Lollo Bionda variety was studied after 15-second and 25-second processing of their atmospheric pressure plasma, as well as the morphogenesis and productivity of plants grown from them. The results of the research showed that the treatment of seeds with plasma promotes the improvement of their seeding qualities, increasing the germination energy by 24.6%, laboratory germination by 1 and 3%, respectively, and also by a greater elongation of the axial organs of the seedlings. Plants grown from plasma-treated seeds were characterized by more intensive morphogenesis and increased productivity relative to control plants. Cultivation of salad plants from plasma treated seeds for 15 s was characterized by a constantly increasing difference in the morphometric parameters compared to control plants. When the technical ripeness was reached, the plants had a 20.3% increase in the number of leaves, an increase of 65.3% in the assimilating surface area, a large 67.5% and 36.9% in wet and dry biomass. In plants grown from seeds subjected to a 25-second plasma treatment of atmospheric pressure discharge, abrupt changes in morphogenesis were observed, characterized by three intense peaks in the increase in morphometric parameters. At the end of vegetation, the plants had a 17.2% increase in the number of leaves, a large 23.7% leaf surface area, a large 15.9% and 20.7% wet and dry biomass compared to the control. The received results of researches testify that 15-second and 25-second presowing treatment of *Lactuca sativa* seeds with atmospheric pressure plasma not only improves their quality, but also activates the growth and development of vegetative organs grown from plants. This leads to an increase in salad productivity, especially with 15-second seed treatment. Such environmentally friendly technology of seed presowing seed treatment with atmospheric pressure discharge plasma can be used in agriculture to increase the productivity of *Lactuca sativa* L., including the Lollo Bionda variety.

Key words: *Lactuca sativa*, quality of seeds, plasma, morphogenesis, productivity.