

СТИМУЛЯЦИЯ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН *CRAMBE MARITIMA* L.

И. Н. Юркова, А. В. Омельченко, С. А. Мартынов

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского»

Поступила в редакцию 17.07.2017 г.

Аннотация. Многие виды сельскохозяйственных, декоративных и редких растений имеют труднопораствующие семена с длительным периодом покоя. Поэтому семенное размножение таких растений очень затруднено. Для их прорастания требуется дополнительная обработка стратификацией или скарификацией. Это относится и к представителям рода Катран, насчитывающего до 25 видов. Большинство видов этого рода содержат биологически активные вещества и применяются в пищевой промышленности и народной медицине. Некоторые виды относятся к редким и исчезающим растениям, представителем которых является Катран приморский. Однако массовое размножение растений рода Катран затрудняется наличием продолжительного периода покоя и низкой всхожестью семян.

Целью данной работы было исследование возможности стимуляции всхожести семян Катрана приморского без предварительной стратификации.

Для исследования возможности ускоренного прорастания семян использовали растворы наносеребра, полученные по оригинальной технологии, разработанной в Крымском федеральном университете им. В.И. Вернадского. Семена катрана замачивали в растворах гибберелловой кислоты (ГК) с концентрацией 25.0; 50.0 и 100.0 мг/л и смеси ГК тех же концентраций с наносеребром 0.005; 0.010 и 0.015 мл/л в течение 24 часов. Затем семена помещали на влажную фильтровальную бумагу в чашки Петри и проращивали в термостате при температуре 24 °С в течение 7 дней. В контрольном варианте семена замачивали в дистиллированной воде. Всхожесть семян определяли на 3-е, 5-е и 7-е сутки. Исследование зараженности семян фитопатогенами проводили на 7-е сутки.

Замачивание семян катрана в растворе ГК стимулировало их прорастание уже на 3-е сутки, а на 7-е сутки всхожесть достигала 33.4–38.2 %. Однако при замачивании семян в растворе ГК с наносеребром в концентрации 0.05–0.15 мг/л всхожесть превышала 80 %. Оптимальное соотношение ГК и наносеребра составляло 50.0 мг/л ГК и 0.01 мг/л наносеребра. Дальнейшее увеличение концентрации ГК и наносеребра не приводило к изменению всхожести. С увеличением концентрации наносеребра количество семян, зараженных фитопатогенами, уменьшалось, а при концентрации 0.010–0.015 мг/л полностью отсутствовало.

Ускорение прорастания семян катрана может быть связано с двумя факторами. Во-первых, с воздействием наносеребра, вызывающего увеличение проницаемости семенной оболочки для воды и ГК, а во-вторых, с непосредственным действием ГК и наносеребра на ростовые процессы растения.

Ключевые слова: *Crambe maritima* L., семена, всхожесть, фитопатогены, наносеребро, гибберелловая кислота

Семена многих видов сельскохозяйственных и декоративных растений имеют длительный период покоя. Это затрудняет семенное размножение таких растений, т.к. требует предварительной обработки – стратификации или скарификации [1–3]. К ним относятся и представители рода Катран (семейство Крестоцветные), насчитывающего до 25 видов.

Из семян Катрана абиссинского получают масло с высоким содержанием жирной *cis*-13-докозановой кислоты. Некоторые виды катрана относятся к редким и исчезающим растениям, одним из представителей которых является Катран приморский [4]. Его листья используются в качестве приправы наравне с хреном. Однако по сравнению с хреном корни катрана содержат больше витаминов С, РР, группы В, а также калия, фосфора, клетчатки, эфирных масел, флавоноидных глико-

зидов и глюкозинолатов [5]. Катран применяют и в народной медицине. Кроме того, в последнее время Катран приморский занимает заметное место среди декоративных культур Черноморского побережья, а также является хорошим медоносом [6].

Ценные свойства растений рода Катран делают его привлекательным для культурного выращивания. Однако размножение семенами затрудняется наличием прочной семенной оболочки, окруженной толстым пробковым околоплодником, а также глубоким и продолжительным периодом покоя и низкой всхожестью. Это усложняет его массовое размножение.

Поэтому целью данной работы было исследование возможности стимуляции всхожести семян Катрана приморского без предварительной стратификации.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Объектами исследований служили семена Катрана приморского (*Crambe maritima* L.), фитогормон роста гиббереллин в форме гибберелловой кислоты (ГК) и водорастворимая бактерицидная наноконпозиция серебра. При синтезе наносеребра использовали нитрат серебра «ч.д.а.» и альгинат натрия (натриевая соль альгиновой кислоты, BioChemika). Все растворы готовили на бидистиллированной воде. Фотовосстановление катионов Ag^+ проводили на воздухе при комнатной температуре и облучении ртутной лампой высокого давления ДРШ-250 [7].

Схема эксперимента заключалась в замачивании семян катрана в растворах гиббереллина с концентрацией 25.0; 50.0 и 100.0 мг/л и смеси гиббереллина тех же концентраций с наносеребром (0.005; 0.010 и 0.015 мг/л) в течение 24 часов. Затем семена помещали на влажную фильтровальную бумагу в чашки Петри и проращивали в термостате при температуре 24 °С в течение 7 дней. В контрольном варианте семена замачивали в дистиллированной воде.

Всхожесть семян определяли на 3-е, 5-е и 7-е сутки. Исследование зараженности семян фитопатогенами проводили на 7-е сутки по ГОСТу 12044-93 [8].

Полученные данные обработаны стандартными методами математической статистики с использованием компьютерных программ Microsoft® Excel 2010 и Statistica v.6.0. Stat Soft Inc.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Механизм торможения прорастания семян растений может быть связан с наличием прочной семен-

ной оболочки или околоплодника, а также ингибиторов роста, главным образом, абсцизовой кислоты (АБК) [9, 10]. Основную роль в задержке прорастания семян большинство исследователей отводят наличию водонепроницаемой семенной оболочки, которая препятствует контакту между зародышем семени и окружающей средой. Нарушение оболочек у этих семян ускоряет их прорастание [1].

Уменьшить концентрацию АБК возможно путем ее вымывания при замачивании семян в воде. При этом баланс стимулятора роста гиббереллина (гибберелловой кислоты – ГК) и АБК смещается в сторону уменьшения АБК. Однако это длительный процесс, что затрудняет массовое культивирование растений. Более приемлемым является замачивание труднопрорастающих семян в растворе ГК и проращивание во влажном песке до появления проростков [11].

Приведенные в таблице результаты показывают, что замачивание семян катрана в растворе ГК стимулирует их прорастание уже на 3-е сутки, а на 7-е сутки всхожесть достигает 33.4–38.2%. Однако при замачивании семян в растворе ГК с наносеребром в концентрации 0.05–0.15 мг/л всхожесть повышалась до 57.2–80.9 %. Из анализа полученных результатов видно, что оптимальное соотношение ГК и наносеребра составляет 50.0 мг/л ГК и 0.010 мг/л наносеребра. Дальнейшее увеличение концентрации этих компонентов к повышению всхожести не приводило.

На рисунке 1 представлены проростки катрана после обработки семян в растворах ГК + наносеребро и ГК при оптимальных концентрациях.



Рис. 1. Влияние гиббереллина (ГК) и наносеребра на прорастание семян Катрана приморского: а) 7-дневные проростки; б) 14-дневные проростки, культивируемые в перлите. 1 – контроль (дист. вода); 2 – 50.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag; 3 – 50.0 мг/л ГК.

Ранее проведенные исследования на тест-культурах бактерий и грибов, а также фитопатогенах пшеницы показали высокое биоцидное действие наносеребра [12, 13]. При замачивании семян в растворе, содержащем 0.005 мг/л наносе-

ребра, количество зараженных семян уменьшалось в 3 раза, а при дальнейшем увеличении концентрации (0.010–0.015 мг/л) – отсутствовало (рис. 2).

Как показано ранее, наночастицы серебра оказывали значительное влияние на ростовую активность семян пшеницы. При обработке семян раствором наносеребра увеличивалась интенсивность дыхания, энергия прорастания и всхожесть, а также накопление биомассы корней и надземной части проростков пшеницы. При этом, максимальный эффект наблюдался при концентрации наносеребра 0.01 мг/л [14–16].

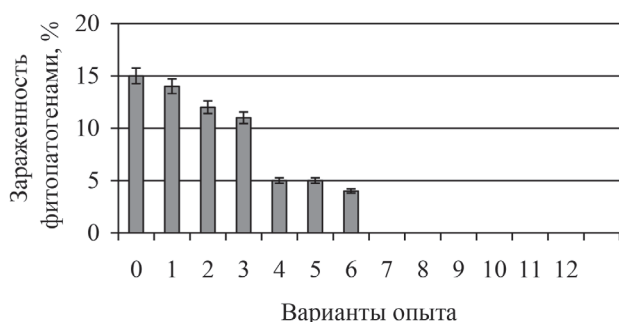


Рис. 2. Влияние гиббереллина (ГК) и наносеребра на фитопатогенность семян Катрана приморского: 0 – контроль; 1 – 25.0 мг/л ГК; 2 – 50.0 мг/л ГК; 3 – 100.0 мг/л ГК; 4 – 25.0 мг/л ГК + 0.005 мг/л Ag⁰; 5 – 50.0 мг/л ГК + 0.005 мг/л Ag⁰; 6 – 100.0 мг/л ГК + 0.005 мг/л Ag⁰; 7 – 25.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag⁰; 8 – 50.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag⁰; 9 – 100.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag⁰; 10 – 25.0 мг/л ГК + 0.015 мг/л Ag⁰; 11 – 50.0 мг/л ГК + 0.015 мг/л Ag⁰; 12 – 100.0 мг/л ГК + 0.015 мг/л Ag⁰.

Обработка семян наносеребром приводила к усилению окислительного фосфорилирования и фотосинтеза, а также мобилизации системы антиоксидантной защиты растений [17–19]. Известно,

Таблица 1

Влияние различных концентраций ГК и наносеребра на всхожесть семян Катрана приморского

Варианты опыта	Всхожесть, %		
	3-е сутки	5-е сутки	7-е сутки
Контроль (дист. вода)	0	0	0
25.0 мг/л ГК	18.3±0.4	27.7±0.8	33.4±1.0
50.0 мг/л ГК	19.5±0.5	29.5±0.9	36.7±1.1
100.0 мг/л ГК	22.6±0.6	31.2±0.9	38.2±1.3
25.0 мг/л ГК + 0.005 мг/л Ag ⁰	52.3±1.8	68.5±2.4	64.8±2.6
50.0 мг/л ГК + 0.005 мг/л Ag ⁰	60.6±2.0	72.1±2.6	77.3±2.7
100.0 мг/л ГК + 0.005 мг/л Ag ⁰	59.7±1.8	71.8±2.5	76.5±2.7
25.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag ⁰	57.3±1.9	62.5±1.9	68.2±2.5
50.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag ⁰	66.6±2.5	76.2±2.8	80.9±3.1
100.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag ⁰	66.2±2.4	76.8±2.7	78.3±3.0
25.0 мг/л ГК + 0.015 мг/л Ag ⁰	46.3±1.3	54.1±1.8	57.2±2.0
50.0 мг/л ГК + 0.015 мг/л Ag ⁰	55.2±1.6	67.4±2.2	72.1±2.5
100.0 мг/л ГК + 0.015 мг/л Ag ⁰	56.8±1.9	66.5±2.1	73.1±2.7

что наносеребро увеличивает проницаемость оболочек семян, что облегчает поступление воды и питательных веществ в семена и, как следствие, приводит к их прорастанию [20].

Таким образом, ускоренное прорастание семян Катрана может быть связано, с одной стороны, с увеличением проницаемости семенной оболочки для воды и ГК и, с другой, с непосредственным действием ГК и наносеребра на ростовые процессы растения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обработка семян Катрана методом замачивания в растворах гиббереллина (25.0–100.0 мг/л) или смеси гиббереллина (25.0–100.0 мг/л) и наносеребра (0.005–0.015 мг/л) в течение 24 часов стимулировала ускоренное прорастание семян на 3 сутки.

2. При оптимальных концентрациях компонентов (50.0 мг/л ГК + 0.010 мг/л Ag⁰) всхожесть семян достигала более 80 %.

3. Количество семян, зараженных фитопатогенами, с ростом концентрации наносеребра уменьшалось, а при концентрации 0.010 – 0.015 мг/л полностью отсутствовало.

Статья публикуется в рамках выполнения госзадания Министерства образования и науки РФ с госбюджетным финансированием № 6.7794.2017/БЧ по теме «Разработка системы рационального использования декоративных фитобиологических ресурсов на территории Крыма»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якушкина Н.И. Физиология растений. Москва, Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005, 463 с.
2. Воронкова Н.М., Холина А.Б. // Известия РАН. Серия биологическая. 2010. № 5. С. 581–586.
3. Найда Н.М. // Известия Санкт-Петербургского гос. аграрного ун-та. 2018. № 2 (51). С. 11–16.
4. Sanyal A., Decocq G. // Journal of Ecology. 2015. Vol. 103, pp. 769–788.
5. Aguinalalde I., Gomes-Campo C. // Botanical Journal of the Linnean Society. 1984. Vol. 89, № 3, pp. 277–288.
6. Дорофеев В.И. Cruciferae (Brassicaceae) Европейской России. Turchaninowia, Барнаул, 2002, Т. 5, Ч 3, 115 с.
7. Юркова И.Н., Эстрела-Льопис В.Р., Рябушко В.И., Рябушко Л.И. Патент UA, № 10539, 2005.
8. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями, Минск, 2011, 57 с.

9. Goggin D.E., Steadman K.J., Emery R.J., Farrow S.C., Venech-Arnold R.L., Powles S.B. // *J. Exp. Bot.* 2009. Vol. 60. № 12, pp. 3387-3396.
10. Нефедьева Е.Э., Белопухов С.Л., Верхогуров В.В., Лысак В.И. // *Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология.* 2013. Т. 1. № 4. С. 61-66.
11. Кошкин В.А., Иванова О.А., Костина Е.Д., Матвиенко И.И., Прядехина А.К. Патент РФ № 2112344, 1998.
12. Омельченко А.В., Юркова И.Н., Жижина М.Н. // *Вестник Воронежского гос. ун-та. Серия: Химия. Биология. Фармация.* 2005. № 3. С. 71-74.
13. Пархоменко Н.А., Юркова И.Н., Рябушко В.И. // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: «Биология, химия».* 2008. Т. 21 (66). №2. С. 106-112.
14. Omel'chenko A.V., Yurkova I.N., Bugara I.A. // *Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National*

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Юркова И. Н., канд. техн. наук, старший научный сотрудник Ботанического сада им. Н.В. Багрова
E-mail: nanosilver@rambler.ru

Омельченко А. В., канд. биол. наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий

E-mail: omelchenko_tnu@mail.ru

Мартынов С. А., младший научный сотрудник Ботанического сада им. Н.В. Багрова
E-mail: skycrum@yandex.ru

University. Series: Biology, chemistry. 2013. Vol. 26 (65). No. 1, pp. 146-152.

15. Омельченко А.В., Юркова И.Н., Жижина М.Н. // *Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: «Биология, химия».* 2014. Т. 27 (66). №1. С. 127-135.

16. Юркова И.Н., Омельченко А.В., Бугара И.А. // *Вестник ВСГУТУ.* 2014. № 1(46). С. 69-73.

17. Salama H. // *J. Biotechnology.* 2012. Vol. 3. No.10, pp. 190-197.

18. Yin L., Colman B.P., McGill B.M., Wright J.P., Bernhardt E.S. // *PLoS One.* 2012. Vol. 7. No. 10, pp. 8636-8648.

19. Haghghi P.Z., N. Karimi N., Abbaspour H. // *Iranian Journal of Plant Physiology.* 2017. Vol. 7 (4), pp. 2173-2183.

20. Savithramma N., Ankanna S., Bhumi G. // *Nano Vision.* 2012. Vol. 2 (1, 2 & 3), pp. 61-68.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University
Yurkova I. N., PhD., Senior scientist N.V. Bagrov
Botanical Garden
E-mail: nanosilver@rambler.ru

Omelchenko A. V., PhD., Associate Professor, Department of Botany, Plant Physiology and Biotechnology
E-mail: omelchenko_tnu@mail.ru

Martynov Sergey A., Junior Researcher N.V. Bagrov Botanical Garden
E-mail: skycrum@yandex.ru

THE STIMULATION OF THE GROWTH OF SEEDS OF *CRAMBE MARITIMA* L.

I.N. Jurkova, A.V. Omelchenko, S.A. Martynov

V.I. Vernadsky Crimean Federal University

Abstract. Many species of agricultural, ornamental and rare plants have hard-growing seeds with a long period of rest. Therefore, seed reproduction of such plants is very difficult. Their germination requires additional processing by stratification or scarification. This applies to representatives of the genus *Crambe*, numbering up to 25 species. Most species of this genus contain biologically active substances and are used in the food industry and traditional medicine. Some species are rare and endangered plants, the representative of which is *Crambe* seaside. However, the mass reproduction of plants of the genus *Crambe* is hampered by the presence of an extended period of rest and low seed germination.

The aim of this work was to study the possibility of stimulation of seed germination of the *Crambe* seaside without prior stratification.

Nanosilver solutions were used to study the possibility of accelerated seed germination, obtained by the original technology developed at the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. *Crambe* seeds were

soaked in solutions of gibberellic acid (GA) with a concentration of 25.0; 50.0 and 100.0 mg/L and a mixture of GA of the same concentrations with nanosilver 0.005; 0.010 and 0.015 ml/L for 24 hours. Then the seeds were placed on wet filter paper in Petri dishes and germinated in a thermostat at a temperature of 24 °C for 7 days. In the control variant, the seeds were soaked in distilled water. Seed germination was determined on the 3rd, 5th and 7th day. The study of seed contamination by phytopathogens was performed on the 7th day.

Soaking of *Crambe* seeds in the GA solution stimulated their germination on the 3rd day, and on the 7th day, the germination rate reached 33.4–38.2 %. However, when the seeds were soaked in a solution of GA with nanosilver at a concentration of 0.05–0.15 mg/L, germination exceeded 80 %. The optimal ratio of GA and nanosilver was 50.0 mg/L of GA and 0.01 mg/L of nanosilver. Further increase in concentration of GA and nanosilver resulted in no change in germination. With an increase in the concentration of nanosilver, the number of seeds infected with phytopathogens decreased, and at a concentration of 0.010–0.015 mg/L was completely absent.

The acceleration of the germination of *crambe* may be due to two factors. First, with the influence of nanosilver, causing an increase in the permeability of the seed coat for water and GA, and secondly, with the direct action of GA and nanosilver on the growth processes of the plant.

Keywords: *Crambe maritima* L., seeds, germination, phytopathogens, nanosilver, gibberellic acid

REFERENCES

1. Yakushkina N.I. Fiziologiya rastenij. Moskva, Gumanitar. izd. centr VLADOS, 2005, 463 p.
2. Voronkova N.M., Holina A.B. Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya. 2010, No. 5, pp. 581-586.
3. Najda N.M. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gos. agrarnogo un-ta. 2018, No. 2 (51), pp. 11-16.
4. Sanyal A., Decocq G. Journal of Ecology. 2015, Vol. 103, pp. 769-788.
5. Aguinalgalde I., Gomes-Campo C. Botanical Journal of the Linnean Society. 1984. Vol. 89, No. 3, pp. 277-288.
6. Dorofeev V.I. Cruciferae (Brassicaceae) Evropejskoj Rossii. Turchaninowia, Barnaul, 2002, Vol. 5, No. 3, 115 p.
7. Yurkova I.N., Ehstrele-L'opis V.R., Ryabushko V.I., Ryabushko L.I. Patent UA, No. 10539, 2005.
8. GOST 12044-93. Semena sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami, Minsk, 2011, 57 p.
9. Goggin D.E., Steadman K.J., Emery R.J., Farrow S.C., Benesch-Arnold R.L., Powles S.B. J. Exp. Bot. 2009, Vol. 60, No. 12, pp. 3387-3396.
10. Nefed'eva E.EH., Belopuhov S.L., Verhoturov V.V., Lysak V.I. Izvestiya Vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya. 2013, Vol. 1, No. 4, pp. 61-66.
11. Koshkin V.A., Ivanova O.A., Kostina E.D., Matvienko I.I., Pryadekhina A.K. Patent RF, No. 2112344, 1998.
12. Omel'chenko A.V., Yurkova I.N., Zhizhina M.N. Vestnik Voronezhskogo gos. un-ta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmaciya. 2005, No. 3, pp. 71-74.
13. Parhomenko N.A., YURkova I.N., Ryabushko V.I. Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: «Biologiya, himiya». 2008, Vol. 21 (66), No. 2, pp. 106-112.
14. Omel'chenko A.V., Yurkova I.N., Bugara I.A. Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series: Biology, chemistry. 2013, Vol. 26 (65), No. 1, pp. 146-152.
15. Omel'chenko A.V., Yurkova I.N., Zhizhina M.N. Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Seriya: «Biologiya, himiya». 2014, Vol. 27 (66), No. 1. pp. 127-135.
16. Yurkova I.N., Omel'chenko A.V., Bugara I.A. Vestnik VSGUTU. 2014, No. 1 (46), pp. 69-73.
17. Salama H. J. Biotechnology, 2012, Vol. 3, No.10, pp. 190-197.
18. Yin L., Colman B.P., McGill B.M., Wright J.P., Bernhardt E.S. PloS One. 2012, Vol. 7, No. 10, pp. 8636-8648.
19. Haghghi P.Z., N. Karimi N., Abbaspour H. Iranian Journal of Plant Physiology. 2017, Vol. 7 (4), pp. 2173-2183.
20. Savithramma N., Ankanna S., Bhumi G. Nano Vision. 2012, Vol. 2 (1, 2 & 3), pp. 61-68.