

УДК 635.3

Исследование влажностного режима при проращивании семян чиа (*Salvia hispanica* L.)

А.В. Проскура, pavo60695@mail.ru**М.Б. Мурадова**, mari.muradova1996@gmail.com**Д.В. Кузнецова**, dv_kuznetcova@corp.ifmo.ruканд. техн. наук **Л.А. Надточий**, l_tochka@corp.ifmo.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

канд. с.-х. наук **Е.А. Стружкова**, lena290588@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш., 2

канд. техн. наук **М. Сринивасан**, malathi.srinivasan@gmail.com

Центральный научно-исследовательский институт пищевых технологий

Индия, Майсур, Майсур район-570020 (Карнатака)

Изучали способность семян чиа (*Salvia hispanica* L.) к проращению в зависимости от влажностного режима. Объектом являлись семена чиа темных сортов. Исследование проводилось согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Образцы содержали 100 шт семян чиа с добавлением 1; 2; 3; 4; 5 и 6 мл воды. В процессе эксперимента их выдерживали при комнатной температуре 25°C в течение семи дней. Для оценки всхожести проводился ежедневный подсчет проросших семян чиа в течение всего периода наблюдения. Доказано влияние объема воды на процесс проращивания семян чиа. Определены оптимальные влажностные условия при проращивании семян чиа, которые были достигнуты в исследуемых образцах с добавлением 3; 4 и 5 мл воды по основным показателям эксперимента: энергия проращивания семян составила 42; 43 и 40%; всхожесть – 90; 91 и 90%; скорость проращивания – 4,0; 3,8; 3,8 сут; дружность проращивания – 12,9; 13,0; 12,9 шт семян соответственно для образцов 3; 4 и 5. Наилучшие показатели при проращивании семян чиа показал образец с добавлением 4 мл воды.

Ключевые слова: сельскохозяйственные культуры; семена чиа; *Salvia hispanica* L.; ростки; влажность; агротехнологии; функциональные продукты питания.

DOI: 10.17586/2310-1164-2018-11-2-27-33

Moisture regime during the germination of chia seeds (*Salvia hispanica* L.)

Alyona V. Proskura, pavo60695@mail.ru**Mariam B. Muradova**, mari.muradova1996@gmail.com**Daria V. Kuznetcova**, dv_kuznetcova@corp.ifmo.ruPh.D. **Ludmila A. Nadtochii**, l_tochka@corp.ifmo.ru

ITMO University

9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia

Ph.D. **Elena A. Struzhkova**, lena290588@mail.ru

St. Petersburg State Agrarian University

2, Petersburg hwy. Pushkin, St. Petersburg, 196601, Russia

Ph.D. **Malathi Srinivasan**, malathi.srinivasan@gmail.com

Central Food Technological Research Institute

Mysore District-570020 (Karnataka), Mysore, India

In the article the ability of chia seeds (*Salvia hispanica* L.) to germinate depending on the moisture regime was investigated. Chia seed dark varieties were investigated as objects for germination. The study was carried out in accordance with GOST 12038-84 – "Agricultural seeds. Methods for determination of germination". Samples of 100 chia seeds were tested in four replicates with the addition of 1; 2; 3; 4; 5; and 6 ml of water. The test samples were incubated at room temperature of 25°C for seven days. A daily count of sprouted seeds was carried out during the entire observation period to assess the germination of chia seeds. The influence of water volume on the process of chia seeds germination was proved. The optimum moisture conditions were determined. They were achieved in the test samples with the addition of 3; 4; and 5 ml of water according to the main experimental parameters: the seed germination energy

was 42; 43; and 40%; the germination of seeds – 90; 91, and 90%; the speed of germination – 4.0; 3.8; 3.8 days; the seedling vigor – 12.9; 13.0; 12.9 seeds, respectively, for samples 3; 4, and 5. The best indicators for the germination of chia seeds showed a sample with the addition of 4 ml of water.

Keywords: crops; chia seeds; *Salvia hispanica* L.; sprouts; moisture regime; agrotechnology; functional food.

Введение

Salvia hispanica L. (Шалфей испанский или чиа) – это однолетнее растение семейства *Lamiaceae*, родиной которого является южная Мексика и северная Гватемала. В настоящее время растение выращивается в Австралии, Боливии, Колумбии, Гватемале, Мексике, Перу и Аргентине [1], а также в Индии, Китае и некоторых странах Европы.

Естественным образом *Salvia hispanica* L. произрастает в тропических и субтропических регионах, минимальная и максимальная температура роста растения составляет 11 и 36°C соответственно с оптимальным диапазоном роста от 16 до 26°C [2]. Имеются сведения, что представитель семейства *Lamiaceae* – шалфей мускатный (*Salvia sclarea* L.) – способен произрастать и вызревать в природно-климатических условиях Российской Федерации, в частности в южных регионах Крыма, тогда как возможность вызревания семян чиа (*Salvia hispanica* L.) на территории России только изучается.

Отличительной особенностью шалфея испанского является низкое потребление воды в период выращивания, таким образом, растение хорошо адаптировано к засушливым и полузасушливым климатическим условиям [3]. Однако в фазе прорастания семян вода является одним из необходимых и обязательных условий. Влага важна как внутренняя среда для протекания основных процессов метаболизма [4], а недостаточное или избыточное количество воды оказывает негативное влияние на процесс прорастания семян.

Растение *Salvia hispanica* L. способно производить большое количество зеленой массы, которая может быть использована в качестве источника биологически активных веществ. При оптимальных условиях культивирования растение вырастает примерно до 1 м в высоту с противоположно расположенными супротивными листьями, в период цветения имеет белые или фиолетовые цветки [5]. В отличие от семян чиа, химический состав, пищевая ценность и медико-биологический потенциал зеленой массы растения изучены в меньшей степени [6], что открывает широкие возможности для исследований.

Семена чиа широко используются в мировой практике в качестве пищевой добавки во многих продуктах питания, в том числе злаковых, молочных, хлебобулочных и кондитерских изделиях, детском питании, а также в составе вегетарианских и безглютеновых диет [7]. Химический состав семян чиа уникален. Содержание сухих веществ составляет около 90%. Семена состоят из белков (15–25%), жиров (30%–33%), углеводов (26–44%), пищевых волокон (18–30%), золы (4–5%). Также семена содержат витамины и минеральные вещества, значительное количество антиоксидантов [8]. Безопасность потребления семян чиа подтверждена Европейским управлением по контролю безопасности продуктов питания (EFSA) и управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (USFDA) [9].

В настоящее время актуальным направлением использования семян чиа является получение микрозелени. Сегодня широко изучается использование ростков растений в составе продуктов функционального назначения, способных оказывать терапевтическое воздействие как на состояние желудочно-кишечного тракта, так и на организм в целом. По мнению некоторых ученых включение ростков в рацион питания позволяет обогатить его ферментами, антиоксидантами и полисахаридами (клетчатка и пектины) и пр. [10]. Данные биологически активные вещества необходимы в питании человека для нормализации обмена веществ, повышения иммунитета, эффективного пищеварения, нормализации веса, замедления процессов старения организма. Кроме того, в процессе прорастания семян идет процесс активизации ресурсов растения [11]. Согласно исследованиям, при анализе содержания в 25 видах растений ряда витаминов и каротиноидов, выявлено, что микрозелень содержит в 10 раз больше антиоксидантных соединений по сравнению с традиционным сбором этих растений в фазе коммерческой спелости [12].

Важным аспектом при получении микрозелени является оптимальный режим прорастания семян, в том числе определение количества затраченной на прорастание воды. Пророщенные семена

чаи представляют большой интерес для пищевой промышленности, а сам процесс прорастания семян – для сельскохозяйственного производства. Кроме того, определение оптимальных параметров может быть использовано при дальнейшем культивировании растения *Salvia hispanica* L. с точки зрения использования зеленой массы как биологически активного компонента.

Как известно, процесс прорастания семян зависит от ряда внутренних и внешних факторов [13]. Чувствительность различных семян к свету варьируется в зависимости от их вида. Температура выращивания влияет как на процент, так и на скорость прорастания, препятствуя поглощению воды и течению биохимических реакций [14]. Кроме того, доказано, что скорость прорастания семян снижается с уменьшением внешнего водного потенциала. Также существует критическое значение водного потенциала, ниже которого прорастание семян не происходит [15]. Одной из особенностей семян чаи является способность производить значительное количество слизи при гидратации, которая полностью окутывает семя, что также нужно учитывать при проращивании [16].

В мировом сообществе проводился ряд исследований по проращиванию семян чаи в зависимости от фактора температуры и светового фактора [17–19], а также изучено влияние солевого стресса [20–22], исследования влияния объема добавленной воды на способность семян к получению проростков не проводились.

Постоянные температуры 20 или 25°C определяются как оптимальные. Отмечено, что световой фактор не оказывает влияния на семена, но саженцы лучше накапливают сухое вещество в присутствии света [17–19]. Согласно исследованиям, семена чаи умеренно толерантны к определенным уровням солености, однако более высокие или низкие значения могут быть губительны, особенно на ранних стадиях развития рассады [20–22].

В рамках настоящей работы проведено исследование возможности получения микрозелени *Salvia hispanica* L. в контролируемых условиях лаборатории Университета ИТМО. Целью данного исследования являлась оценка влияния влажностного режима на способность к прорастанию семян *Salvia hispanica* L., в частности определение оптимального объема воды для получения ростков семян чаи.

Исследование физиологических свойств растения *Salvia hispanica* L. позволит произвести комплексную оценку потенциала использования растения чаи в пищевой и биотехнологической отраслях Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали семена чаи (*Salvia hispanica* L.) темных сортов марки Era Green следующего состава: белки – 24%, жиры – 31%, углеводы – 34%.

Для проращивания исследуемых образцов использовали водопроводную воду в различном объеме: 1 образец – 1 мл воды; 2 образец – 2 мл воды; 3 образец – 3 мл воды; 4 образец – 4 мл воды; 5 образец – 5 мл воды; 6 образец – 6 мл воды. Подготовка образцов для проращивания проводилась путем отсчета 100 штук семян чаи, каждый образец подвергали исследованию в четырехкратной повторности. Исследование проводилось согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур». Методы определения всхожести». В связи с тем, что в документе нет указаний по проращиванию семян чаи, семена чаи исследовали по аналогии с семенами шалфея мускатного.

Проращивание семян осуществляли в продезинфицированных спиртом чашках Петри, на двух слоях фильтровальной бумаги. Предварительно подготовленные образцы семян чаи равномерно распределяли в чашках Петри на слоях бумаги и смачивали водой.

Исследуемые образцы выдерживали при комнатной температуре (25°C) в течение семи дней, в связи с быстрой всхожестью семян чаи. Ежедневно на несколько секунд приоткрывали чашки Петри для вентиляции воздуха. Подсчет проросших семян проводили каждый день в течение 7 дней. Энергию прорастания исследуемых образцов определяли на 3 день, всхожесть – на 7 день эксперимента.

К числу нормально проросших семян относили семена, имеющие сформировавшийся росток. К не проросшим семенам относили твердые семена, которые к моменту определения всхожести не набухли и не изменили внешнего вида. Эксперимент прекратили на восьмой день исследования в связи с появлением плесени в образцах.

За результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов определения всхожести проб в четырех повторностях. Отклонения результатов анализа по повторностям от среднеарифметического значения, в соответствии с указанными данными в ГОСТе, не наблюдалось.

Определяли скорость и дружность прорастания семян. Скорость прорастания характеризует средневзвешенное количество дней, за которое прорастает одна семечка. Этот показатель рассчитывается по формуле, суток

$$\text{Скорость прорастания} = \frac{(A_1 \cdot 1) + (A_2 \cdot 2) + \dots + (A_n \cdot n)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)},$$

где $A(n)$ – количество семян, проросших в 1, 2,...n сутки прорастания;

1, 2,...n – сутки проращивания семян.

Дружность прорастания определяет количество семян, проросших за одни сутки. Дружность прорастания семян рассчитывается по формуле, штук семян

$$\text{Дружность прорастания} = \frac{A}{N},$$

где A – количество семян, проросших (в пересчете на 100 семечек) за весь период опыта;

N – количество суток, в которые семена проросли.

Обсуждение результатов

В Университете ИТМО на протяжении ряда лет проводятся исследования по использованию семян чиа и продуктов их переработки в составе продуктов функционального назначения. Ростки растений, в частности, семян чиа оцениваются как перспективный ингредиент современной пищевой индустрии. В связи с этим в настоящем исследовании проведена оценка всхожести семян чиа в зависимости от влажностного режима.

В таблице 1 представлены среднеарифметические результаты подсчета семян чиа в течение 7 дней. Согласно полученным данным, все образцы начали прорастать на 3 день, количество внесенной влаги на начальном этапе практически не повлияло на энергию прорастания семян чиа. Однако зависимость от указанного фактора отмечалась при последующем наблюдении.

Таблица 1 – Динамика прорастания семян чиа в зависимости от влажностного режима, %

№ образца	1 день	2 день	3 день	4 день	5 день	6 день	7 день
1	0	0	40	40	40	40	40
2	0	0	42	42	42	42	42
3	0	0	42	71	85	88	90
4	0	0	43	79	83	85	91
5	0	0	40	78	85	86	90
6	0	0	39	70	73	72	73

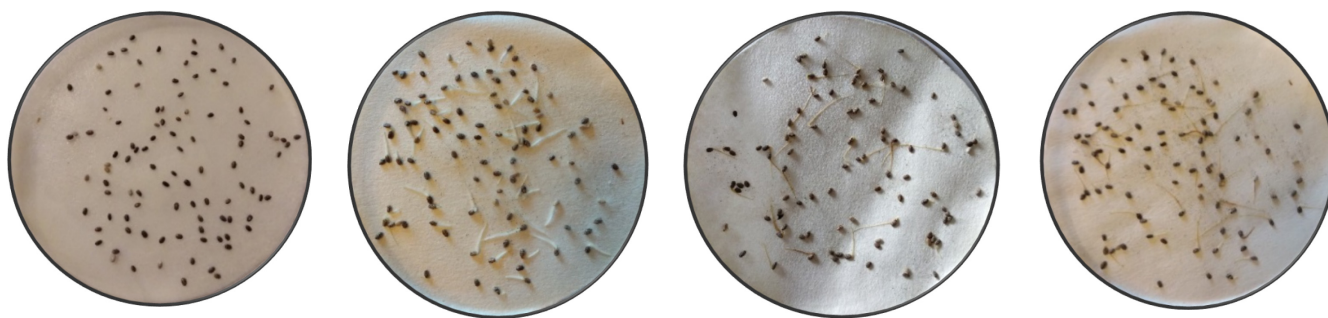
Скорость, дружность, энергия прорастания и всхожесть рассчитаны по лучшим образцам эксперимента и приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние влажностного режима на способность к прорастанию семян чиа для образцов 3, 4 и 5

Показатели	3 образец	4 образец	5 образец
Скорость прорастания, сутки	4,0	3,8	3,8
Дружность прорастания, шт. семян	12,9	13,0	12,9
Энергия прорастания, %	42	43	40
Всхожесть, %	90	91	90

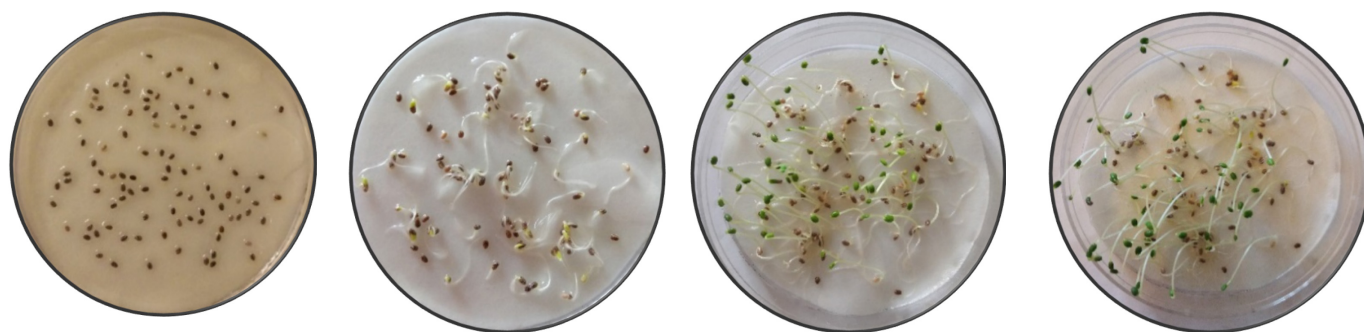
Образцы под номером 1 и 2 на четвертый день высыхают в связи с недостаточным объемом внесенной влаги, обеспечив на третий день наблюдения 40 и 42% проросших семян соответственно. Данный объем, как и объем 2 мл воды, является недостаточным для прорастания 100 семян чиа, так как проростки семян засыхают на 4 день наблюдения. Дальнейшая динамика прорастания семян чиа в этих образцах не наблюдается.

На рисунке 1 представлена динамика прорастания семян чиа в первом образце, то есть с добавлением 1 мл влаги. Аналогично выглядит 2 образец эксперимента.



*Рисунок 1 – Динамика прорастания семян чиа с добавлением 1 мл влаги
(слева направо 1, 3, 5 и 7 день наблюдения)*

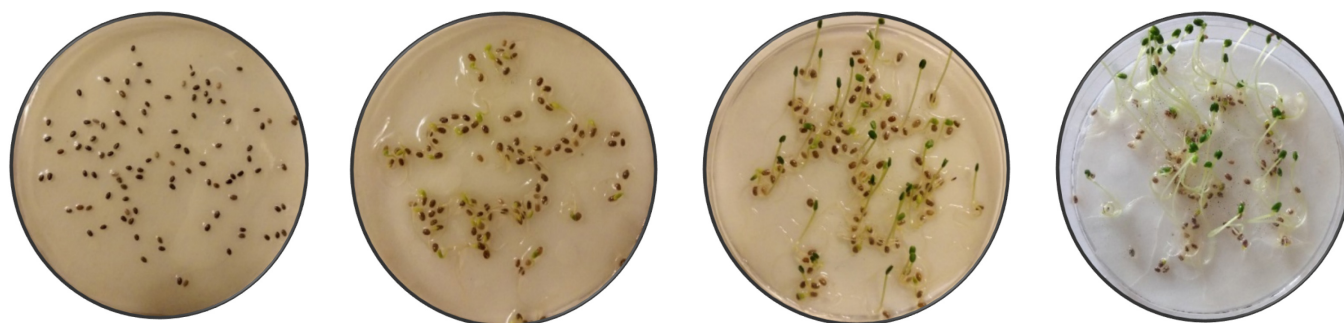
На рисунке 2 показан 4 образец эксперимента – динамика прорастания семян чиа с добавлением 4 мл воды. На третий день эксперимента проросло 43% семян (энергия прорастания), к окончанию эксперимента – 91% (всхожесть). Образцы 3 и 5 с объемами 3 и 5 мл воды соответственно, показывают схожую динамику. На третий день эксперимента проросло 42% семян в 3 образце и 40% семян в пятом образце (энергия прорастания). К концу эксперимента оба образца обеспечили по 90% проросших семян (всхожесть).



*Рисунок 2 – Динамика прорастания семян чиа с добавлением 4 мл влаги
(слева направо 1, 3, 5 и 7 день наблюдения)*

В шестом образце – 6 мл воды отмечается избыток внесенной влаги, что отрицательно сказывается на процессе прорастания семян и к завершению эксперимента показывает наименьшее количество проросших семян по сравнению с вариантами 3, 4 и 5. На третий день эксперимента проросло 39% семян (энергия прорастания), на седьмой – 73% семян (всхожесть).

На рисунке 3 представлена динамика прорастания семян чиа с добавлением 6 мл влаги. Количество воды в данном образце является избыточным, в связи с меньшим количеством проросших семян по сравнению с образцами 3, 4 и 5.



*Рисунок 6 – Динамика прорастания семян чиа с добавлением 6 мл влаги
(слева направо 1, 3, 5 и 7 день наблюдения)*

Скорость прорастания семян в 3, 4 и 5 образцах составляет 4,0; 3,8; 3,8 суток соответственно. Дружность прорастания семян в этих же образцах – 12,9; 13,0; 12,9 штук. Согласно полученным данным, максимальная скорость прорастания выявлена в образцах 4 и 5, однако по показателям энергии

и дружности прорастания, всхожести максимальные значения получены в образце 4. Максимальное значение всхожести семян чиа определено как 91% (образец 4), что является достаточно высоким показателем. Отмечено, что недостаточность или избыток влаги оказывает негативное воздействие на всхожесть семян чиа, однако не влияет на энергию прорастания, которая в среднем для семян чиа составила около 40%.

Таким образом, по итогам проведения эксперимента образцы 3, 4 и 5 показывают оптимальный результат. Наилучший результат получен при добавлении 4 мл воды на 100 семян – четвертый образец.

Заключение

В рамках настоящего исследования впервые изучено влияние влажностного фактора на всхожесть семян чиа (*Salvia hispanica* L.). Оптимальным количеством воды определено 3, 4 и 5 мл на 100 семян исходя из показателей всхожести, скорости и дружности прорастания. Недостаточное или избыточное количество влаги оказывает негативное влияние на прорастание семян чиа. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований, включающих оценку других факторов – освещения и температуры, а также оценку физико-химического состава проростков семян чиа в течение разных периодов роста с целью обогащения ростками чиа продуктов питания функционального назначения. Кроме того, представляет интерес изучение дальнейшего роста растения *Salvia hispanica* L. в условиях Российской Федерации, в частности Северо-Западного региона, как потенциального источника биологически активных веществ.

References

1. Busilacchi H., Quiroga M., Bueno M., Sapio O. Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). *Cultivos Tropicales*. 2013, no. 34, pp. 55–59.
2. Ayerza R., Coates W. Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and α -linolenic content of three chia (*Salvia hispanica* L.) selections. *Industrial Crops and Products*. 2009, no. 30, pp. 321–324.
3. Ayerza R., Coates W. Seed yield, oil content and fatty acid composition of three botanical sources of ω -3 fatty acid planted in the Yungas ecosystem of tropical Argentina. *Tropical Science*. 2007, no. 47, pp. 183–187.
4. Obrucheva N.V., Sin'kevich I.A., Lityagina S.V., Novikova G.V. Features of the water mode at germination of seeds. *Phytophysiology*. 2017, V. 64, no. 4, pp. 311–320 (In Russian).
5. Masudul M.K., Ashrafuzzaman M., Alamgir M.H. Effect of planting time on the growth and yield of chia (*Salvia hispanica* L.). *Asian Journal of Medical and Biological Research*. 2015, no. 1, pp. 502–507.
6. Ahmed M., Ting I.P., Scora R.W. Leaf oil composition of *Salvia hispanica* L. from three geographical areas. *Journal Essential Oils Research*. 1994, no. 6, pp. 223–228.
7. Mohd A.N., Yeap S.K., Ho W.Y., Beh B.K., Tan S.W. The promising future of chia, *Salvia hispanica* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2012, pp. 1–9.
8. Reyes-Caudillo E., Tecante A., Valdivia-Lopez M.A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*. 2008, no. 2, pp. 656–663.
9. Commission implementing decision of 22 January 2013. *Official Journal of the European Union*, L. 21/34. 24.1.2013.
10. Amato M., Caruso M.C., Guzzo F., Commisso M., Bochicchio R., Galgano F. Nutritional quality of seeds and leaf metabolites of Chia (*Salvia hispanica* L.) from Southern Italy. *European Food Research Technology*. 2015, no. 3, pp. 615–625.
11. Adom K.K., Liu R.H. Antioxidant activity of grain. *Journal Agriculture Food Chemistry*. 2002, no. 50, pp. 6182–6187.
12. Ivanova M.I., Litnetskii A., Litnetskaya O., Kashleva A.I., Razin A.F. Microgreens and Baby leafs – New Categories of Organic Vegetable Products. *New and non-traditional plants and prospects for their use*. 2016, no. 12, pp. 406–415 (In Russian).
13. Amato M., Caruso M.C., Guzzo F., Commisso M., Bochicchio R., Galgano F., Labella R., Favati F. Seed quality, oxidative stability and leaf metabolites of chia (*Salvia hispanica* L.). *European Food Research and Technology*. 2015, no. 5, pp. 615–625.
14. Carvalho N.M., Nakagawa J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. *Jaboticabal: Funep*. 2012, no. 5, pp. 590–595.
15. Hadas A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. *Journal of Experimental Botany*. 1976, V. 27, no. 3, pp. 480–489.
16. Geneve R.L., Hildebrand D.F., Phillips T.D., AL-Amery M., Kester S.T. Stress Influences Seed Germination in Mucilage-Producing Chia. *Crop Science*. 2017, V. 57, no. 4, pp. 2160–2169.
17. Stefanello R., Neves L., Abbad M., Viana B. Germinação e vigor de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.-Lamiaceae) sob diferentes temperaturas e condições de luz. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*. 2015,

V. 17, no. 4, pp. 1182–1186.

18. Paiva E.P.D., Torres S.B., Sá F.V.D.S., Nogueira N.W., Freitas R.M.O.D., Leite M.D.S. Light regime and temperature on seed germination in *Salvia hispanica* L. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2016, V. 38, no. 4, pp. 513–519.
19. Possenti J.C., Donazzolo J., Gullo K., Voss L. C., Danner M.A. Influence of temperature and substrate on chia seeds germination. *Científica*. 2016, V. 44, no. 2, pp. 235–238.
20. de Souza R.S., Chaves L.H.G. Germinação e desenvolvimento inicial das plântulas de chia (*Salvia hispanica* L) irrigadas com água salina. *Revista Espacios*. 2016, V. 37, no. 31, pp. 1–6.
21. Raimondi G., Rouphael Y., Di Stasio E., Napolitano F., Clemente G., Maiello, R., ... De Pascale S. Evaluation of *Salvia hispanica* performance under increasing salt stress conditions. *International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses – GreenSys*. 2015, V.2, pp. 703–708.
22. Stefanello R. das Neves L.A.S., Abbad M.A.B., Viana B.B. Resposta fisiológica de sementes de chia (*Salvia hispanica*–Lamiales: Lamiaceae) ao estresse salino. *Biotemas*. 2015, V. 28, no. 4, pp. 35–39.

Статья поступила в редакцию 03.08.2018