

УДК 57.084.2

Влияние замораживания семян *Abutilon theophrasti* Medik. и *Eruca vesicaria* (L.) Cav. на всхожесть, рост и развитие растений

Горбунов Ю.Н., Хоциалова Л.И., Волкова О.Д., Ермаков М.А.

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

Аннотация

Проведено сравнительное изучение влияния различных режимов хранения семян (при + 5°C, -20°C и в условиях глубокого замораживания при -196°C) двух культурных растений: канатника Теофраста – *Abutilon theophrasti* Medik и индау посевного (руколы) – *Eruca vesicaria* (L.) Cav. на их жизнеспособность и развитие из них растений в полевых условиях. Замораживание увеличивает лабораторную и полевую всхожесть семян канатника и существенно не влияет на всхожесть семян индау, а также повышает энергию прорастания семян обоих видов растений. Оно не вызвало появления нежизнеспособных, уродливых проростков и растений. Растения проходили полный цикл развития и завязывали полноценные семена. Биометрические показатели растений, полученных из размороженных семян, и контрольных очень близки. Криоконсервация – перспективный способ хранения семян изученных видов, так как он обеспечивает более длительные сроки сохранения их жизнеспособности.

Ключевые слова: КАНАТНИК ТЕОФРАСТА, ИНДАУ ПОСЕВНОЙ, РУКОЛА, БАНКИ СЕМЯН, РЕЖИМЫ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ СЕМЯН, КРИОКОНСЕРВАЦИЯ

Введение

Одной из эффективных форм сохранения биологического разнообразия растений *ex situ* являются банки семян. В настоящее время банки семян имеют около 400 ботанических садов мира, в них хранятся свыше 300 тыс. образцов [1]. Международным советом ботанических садов предложено два температурных режима хранения семян: низкие положительные температуры (+5°C) и неглубокое замораживание (-20°C) [2]. На

опыте хранения крупных коллекций семян стало ясно, что низкие положительные температуры и неглубокое замораживание могут обеспечить сохранение всхожести семян большинства видов на исходном уровне не более 20 лет. Так как динамические процессы в клетках растений происходят до -60°C [3], наиболее ценные генетические ресурсы было рекомендовано хранить в условиях глубокого замораживания семян в жидком азоте (-196°C) или в парах над ним (около -160°C) [4]. Априори принималось, что полная остановка метаболизма при ультранизких температурах обеспечивает надежное длительное сохранение жизнеспособности семян [5]. Однако более поздние исследования показали, что у некоторых видов наблюдались негативные последствия криоконсервации: повреждение семядолей, ненормальное прорастание и гибель семян после замораживания [6]. В связи с этим в практике работ криобанков принято проводить регулярный мониторинг определения жизнеспособности замороженных семян. Обычно этот мониторинг ограничивается определением всхожести семян. К сожалению, в литературе очень мало работ, касающихся изучения роста и развития растений из замороженных семян.

Долговременное хранение семян в регулируемых условиях налажено в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН), начиная с 1982 г. Согласно международным рекомендациям, хранение семян ведется с использованием трех режимов: при низкой положительной температуре ($+5^{\circ}\text{C}$) неглубоком замораживании (-20 - 25°C) и криоконсервации в жидком азоте (-196°C) [4]. Широкому внедрению криоконсервации должны предшествовать массовые эксперименты по всесторонней оценке последствий глубокого замораживания. К сожалению, работ по такой оценке в литературе очень мало.

Нами было продолжено изучение различных способов хранения семян некоторых однолетних культурных растений из коллекции ГБС РАН [7, 8]. В данной работе проведено сравнительное изучение способов хранения семян двух культурных растений: индау посевного (рукола) – *Eruca vesicaria* (L.) Cav. (syn. *Eruca sativa* Mill.) и канатника Теофраста (китайский джут) – *Abutilon theophrasti* Garth. и их влияния на всхожесть и развитие растений.

Eruca vesicaria – растение семейства Капустные (Brassicaceae). Это древнейшая масличная, овощная и пряная культура родом из Западного Средиземноморья, Алжира и

Южной Испании.

Индау посевной – однолетнее травянистое растение высотой 10-100 см, с тонким стержневым корнем с небольшим количеством вторичных корней и разветвленным стеблем. Нижние листья черешковые, верхние листья более или менее сидячие, все они лировидно-перистые, с длинной продолговатой или обратнойцевидной верхушечной долей, грубо зубчатой и слегка мясистой, с характерным резким запахом.

Цветки от 2 до 4 см в диаметре, крупные, немногочисленные в небольших верхушечных кистях (рис. 1). Лепестки от 10 до 20 мм, бледно-желтые или беловатые с темно-фиолетовыми жилками, чашелистики – от 8 до 10 мм длиной. Плод – овально-продолговатый или продолговатый, слегка сжатый стручок, на короткой утолщенной ножке [9].



Рис. 1. Соцветие *Eruca vesicaria* (L.) Cav.

В надземных частях растений *E. vesicaria* содержатся различные биологически активные вещества, такие как флавоноиды, фенольные кислоты, терпены, каротиноиды, дубильные вещества, гликозиды, сапонины, стеринны, алкалоиды и другие вторичные метаболиты. Семена содержат 25-34 % полувысыхающего жирного масла, в котором преобладает эруковая кислота. Масло индау после выделения используется в технических целях. Индау широко применяется в традиционной медицине как вяжущее, мочегонное, пищеварительное, смягчающее, тонизирующее, обезболивающее, слабительное средство. Нежные листья обладают стимулирующей пищеварение, мочегонной и противоязвенной

активностью [10].

Существует множество сортов индау посевного, в основном, салатного направления. Молодые побеги и листья широко используются в салатах: из-за их острого пряного вкуса и оригинального аромата они могут придавать салату пикантность. По содержанию витаминов и сахара, йода и селена индау превосходит другие овощные культуры этого семейства, при этом накапливает в два раза меньше нитратов [11, 12].

A. theophrasti – лубоволокнистая культура семейства Мальвовых (Malvaceae). Это однолетнее травянистое растение со стержневым корнем. Стебель прямой, цилиндрический, простой или вверху ветвистый, в верхней части с густыми железистыми волосками, внизу только рассеянно волосистый; 40-150 (250) см высотой. Листья очередные, длинно-черешковые, широко яйцевидные, зубчатые, у основания сердцевидные, на конце длинно заостренные, длиной до 15 см, бархатистые от густого звездчатого опушения. Цветки расположены в пазухах листьев или собраны в кистевидно-метельчатое соцветие. Лепестки бледно-желтые, чашечка до половины или глубже разделенная. Венчик 10-15 мм, в 1.5-2 раза превышает чашечку. Плод – мягковолосистая сложная листовка, состоит из 12-15 плодиков, имеет сверху звездчатый вид (рис. 2).

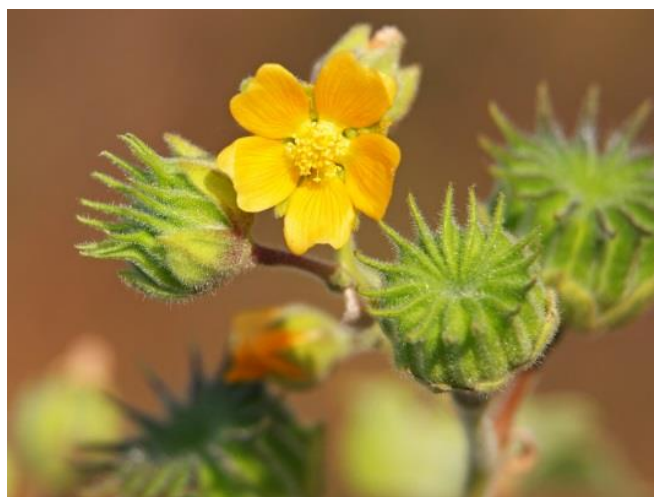


Рис. 2. Цветок и плоды *Abutilon theophrasti* Medik.

Как дикорастущий, канатник встречается в Северной Америке, Африке, Юго-Восточной Азии, в Средиземноморье. В России – на Дальнем Востоке, Юге Европейской части. Засоряет поля пшеницы, хлопчатника. Издавна выращивается в Китае [13].

Канатник возделывают для получения волокна из луба стебля. Волокно используется для изготовления мешковины, веревок, канатов, сноповязального шпагата, щёток и др. изделий, частично заменяя волокно джута. Отходы можно использовать для изготовления бумаги, строительных и изоляционных плит и на топливо. В семенах содержится до 18-20 % полувывсыхающего масла, пригодного для технических целей [14]. В надземной части растений *A. theophrasti* содержится рутин, пентоза, пентозан, метилпентозан, уроновая кислота, метилпентоза, масло, белок. Канатник используется в традиционной медицине для лечения болезней глаз, дизентерии, лихорадки, язв, как мочегонное, жаропонижающее, противовоспалительное, слабительное средство [15].

Материал и методы

Для исследований были взяты семена нашей репродукции. Замораживание семян проводили в течение одного месяца в морозильной камере (-20°C) и непосредственно погружением герметически закупоренных пластмассовых ампул в жидкий азот (-196°C), отогрев – в комнатных условиях. Контрольные семена хранили в холодильнике при t° +5°C. Лабораторную всхожесть определяли в течение двух месяцев в чашках Петри по 100 шт. в чашке в пятикратной повторности, полевую – в трехкратной повторности при весеннем посеве считанными семенами в грунт с последующим подсчетом появляющихся всходов.

Для сравнения по биометрическим показателям были взяты по 30 экземпляров каждого вида в фазу цветения – начала образования плодов, когда они достигали максимального развития.

Работа проводилась в 2018-2020 гг. на базе участка лаборатории культурных растений ГБС РАН (левый берег реки Лихоборки), на аллювиальных супесях с содержанием гумуса около 4%, рН – 5,5. Все экспериментальные данные статистически обработаны, степень достоверности разницы определена по критерию Стьюдента на 95% уровне значимости [16].

Результаты и обсуждение

A. theophrasti в ГБС РАН с 1966 г. проходит полный цикл развития. Зацветает в середине августа, семена созревают, начиная с конца сентября. Период вегетации – 120

дней. Семена канатника репродукции ГБС довольно крупные, масса 100 шт. – около 1 г (табл. 1), почковидные, темно-серые, почти чёрные, с изогнутым зародышем, окруженным эндоспермом. Растения канатника в эксперименте имели стержневой корень 9,2-10,8 мм длиной, простой, неветвистый стебель, округлый в сечении, диаметром 2,9-3,1 мм, высотой 55,0-56,2 мм (табл. 2).

Таблица 1. Характеристика семян *Abutilon theophrasti* Medik. и *Eruca vesicaria* (L.) Cav. репродукции ГБС РАН

Вид	Размеры семян, мм			Масса 100 шт. семян, мг
	длина	ширина	толщина	
<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	3.08±0,05	3.02±0,03	1.14±0,02	992.8±8,8
<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	1.97±0,03	1.53±0,03	1.08±0,01	190.8±4,2

Таблица 2. Влияние замораживания семян *Abutilon theophrasti* Medik. на всхожесть и биометрические показатели растений

Показатели	Контроль +5°C	Варианты замораживания		tst**	
		-20°C	-196°C	К/-20°C	К/-196°C
Лабораторная всхожесть, %	29.0±3.0*	56.0±8.0	88.0±3.0	3.16	13.92
Полевая всхожесть, %	54.0±1.0	83.0±1.0	86.0±1.0	20.57	22.69
Высота растения, см	56.2±0.8	55.0±1,3	55.0±0.7	0.78	1.13
Диаметр стебля, мм	3.0±0.1	3.1±0,1	2.9±0.1	0.71	0.71
Сумма генеративных органов (бутоны, цветки, плоды) на 1 экземпляре, шт.	5.4±0.2	5.6±0,2	5.2±0.2	0.71	0.71
Длина корня, см	10.2±0,4	10.8±0,4	9,2±0,3	1.07	2,00

Примечания: * – показатели характеризуются средним арифметическим с ошибкой; ** tst – коэффициент достоверности разницы (по Стьюденту), если показатель подчеркнут – разница достоверна (на 95% уровне значимости).

Замораживание резко повысило лабораторную и полевую всхожесть семян *A. theophrasti* в обоих температурных вариантах. При этом, как и для многих других растений [17], отмечалось более дружное и быстрое появление всходов из размороженных семян. Высота опытных растений, диаметр стебля, число генеративных органов не отличались от контрольных, разница была в пределах ошибки. Замораживание семян существенно не повлияло на длину главного корня, лишь после замораживания при

-196°C она оказалась несколько меньшей, хотя это различие было достоверным.

В ГБС РАН индау посевной выращивается с 1960 г., зацветает в конце июня, созревание семян начинается в начале третьей декады августа. Период вегетации в нашей зоне – в среднем 93 дня. Семена округлые, с голой гладкой поверхностью. Масса 100 шт. семян, по нашим данным, в среднем – 190,8 мг (табл. 1).

Экспериментальные растения индау посевного представляли собой экземпляры 42,3-45,8 см высотой, боковые побеги у большинства растений отсутствовали, лишь у 5% было отмечено 1-3 укороченных (до 5 см) побегов второго порядка. Стебель тонкий, 2,0-2,2 мм в диаметре, в нижней части красноватый, цветки белые, лепестки беловато-желтые или белые, 1,2-1,5 см длиной. Корни стержневые, слабые, 9,6-10,6 см длиной, боковые очень тонкие (табл. 3). Лабораторная и полевая всхожесть семян *E. vesicaria* после замораживания существенно не изменились. Лишь полевая всхожесть у семян, замороженных при -20°C, оказалась несколько ниже контрольных растений, однако это различие было недостоверным.

Таблица 3. Влияние замораживания семян *Eruca vesicaria* (L.) Cav. на всхожесть и биометрические показатели растений

Показатели	Контроль +5°C	Варианты замораживания		tst**	
		-20°C	-196°C	К/-20°C	К/-196°C
Лабораторная всхожесть, %	100.0*	9.09±1.0	94.0±3.0	1.00	2.00
Полевая всхожесть, %	82.0±2.0	69.0±4.0	86.0±1.0	2.91	1.78
Высота растения, см	45.3±1.1	42.3±2.2	45.8±1.3	1.22	0.29
Диаметр главного побега, мм	2.0±0.1	2.1±0.1	2.2±0.1	0.39	0.76
Сумма генеративных органов (бутоны, цветки, плоды) на 1 экземпляре, шт.	11.2±1.3	18.2±1.0	19.3±1.5	4.27	4.20
Длина корня, см	10.6±0,4	9.7±0,3	9.6±0,3	1.80	2.00

Примечания: * – показатели характеризуются средним арифметическим с ошибкой; ** tst – коэффициент достоверности разницы (по Стьюденту), если показатель подчеркнут – разница достоверна (на 95% уровне значимости).

Как и у предыдущего вида, отмечена более высокая энергия прорастания размороженных семян. Не оказало существенного влияния замораживание семян на

высоту и диаметр стебля. Длина корня растений после замораживания семян была несколько меньше, и эта разница достоверна. Однако у растений, полученных из размороженных семян, количество бутонов, цветков и плодов на одном экземпляре было достоверно большим, чем у контрольных растений, а, следовательно, что особенно важно для индау как культурного растения, и урожай семян у них будет выше.

Выводы

1. Замораживание семян *A. theophrasti* и *E. vesicaria* при -20°C и -196°C не вызвало появления нежизнеспособных, уродливых проростков и растений. Растения проходили полный цикл развития и завязывали полноценные семена.
2. Замораживание увеличивает лабораторную и полевую всхожесть семян *A. Theophrasti* и существенно не влияет на всхожесть семян *E. sativa*.
3. Из размороженных семян всходы и проростки появлялись раньше и дружнее.
4. У растений *E. vesicaria*, полученных из размороженных семян, генеративных органов было больше, чем у контрольных, что повышает семенную продуктивность этой культуры.
5. Биометрические показатели растений, полученных из размороженных семян и контрольных, очень близки.
6. Криоконсервация – перспективный способ для долговременного хранения семян *A. theophrasti* и *E. vesicaria*.

Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН (№118021490111-5).

Список использованных источников

1. Левицкая Г.Е. Редкие виды в экспериментальной коллекции семян дикорастущих криобанка Института биофизики клетки Российской академии наук // Вестник ТГУ. – 2017. – Т. 22. – Вып. 5. – С. 940-943.
2. Международная программа ботанических садов по охране растений. – М., 2000. – 58 с.
3. Мануильский В.Д. Формирование криорезистентности и устойчивости растений к низким температурам. – Киев: Наукова думка, 1992. – 186 с.
4. Тихонова В.Л. Долговременное хранение семян // Физиология растений. – 1999.

– Т.46. – № 3. – С. 467–476.

5. Stanwood P.C., Bass L.N. Ultracold preservation of seed germplasm. In: Plant cold hardiness and freezing stress. – New York, 1978. – P. 361-371.

6. Kholina A.V., Voronkova N.M. Seed Cryopreservation of Some Medicinal Legumes // Journ. Bot., Hindawi Publishing Corporation. – 2012. – Vol.1. – P. 1-7.

7. Хоциалова Л.И., Горбунов Ю.Н. Влияние замораживания семян *Linum ussitatissimum* L. на всхожесть, рост и развитие растений // Бюлл. Главного ботан. сада. – 2016. – Вып.2. – С. 16-18.

8. Хоциалова Л.И., Горбунов Ю.Н., Волкова О.Д., Ермаков М.А. Влияние замораживания семян *Setaria italica* (L.) Beauv. и *Phacelia tanacetifolia* Benth. на всхожесть, рост и развитие растений // Бюлл. Главного ботан. сада. – 2020. – Вып.2. – С. 45–50.

9. Garg G., Sharma V. *Eruca sativa* (L.): Botanical Description, Crop Improvement, and Medicinal Properties // Journ. of Herbs, Spices and Med. Plants. – 2014. – Vol. 20. – P. 171-182.

10. Jaafar N., Jaafar I. *Eruca sativa* Linn.: pharmacognostical and pharmacological properties and pharmaceutical preparations // Asian Journ. of Pharmaceutical and Clinical Res. – 2019. – Vol. 12. – Iss. 3. – P. 39-45.

11. Dolezalova V., Duchoslav M., Dusek K. Biology and yield of rocket (*Eruca sativa* Mill.) under field conditions of the Czech Republic (Central Europe) // Notulae Bot. Horti Agrobotanici. – 2013. – N 41. – P. 530-537.

12. Divakara E.V. Taramira (*Eruca sativa*) and its improvement – a review // Agric. Rev. – 2003. – Vol. 24. – N 4. – P. 235-249.

13. Флора СССР, т. 15. – М.-Л.: АН СССР, 1949. – 742 с.

14. Культурная флора СССР, т. V. – М.-Л., 1940. – С. 261-271.

15. Берлянд С.С. Канатник. – М.-Л.: Гос. науч.-техн. изд-во, 1931. – 77 с.

16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

17. Тихонова В.Л., Кружалина Т.Н., Шугаева Е.В. Влияние замораживания на жизнеспособность семян некоторых культивируемых лекарственных растений // Раст. ресурсы. – 1997. – № 1. – С. 68-74.

Цитирование:

Горбунов Ю.Н., Хоциалова Л.И., Волкова О.Д., Ермаков М.А. Влияние замораживания семян *Abutilon theophrasti* Medik. и *Eruca vesicaria* (L.) Cav. на всхожесть, рост и развитие растений [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/4/st_407.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20214407>.