УДК 581.141+581.16+631.53.026 DOI: 10.31360/2225-3068-2024-89-83-97
EDN IPFUEL

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН *HIBISCUS LUDWIGII* ECKL. & ZEYH.

Рогулева Н.О.

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара, Россия, e-mail: strona@yandex.ru

В рамках исследования диаспор, формируемых интродуцентами в оранжерее Ботанического сада Самарского университета, было проведено исследование качества семян *Hibiscus ludwigii*. В статье представлены сведения за 11 лет о морфометрии, влажности, массе 1 000 семян, количеству дефектных семян в пробах и их всхожести. В зависимости от года сбора длина семян изменялась от 1,47 до 4,06 мм, средняя длина семян составила 3,30 мм; ширина семян варьировала

от 0,87 до 2,92 мм, средняя ширина составила 1,93 мм. Масса 1 000 семян изменялась в диапазоне от 12,01 до 13,63 г, средняя масса 1 000 семян составила 12,94 г. После воздушно-сухого хранения влажность семян изменялась в диапазоне от 5,64 до 7,51 %. По полученным рентгенограммам семян за каждый год исследования был произведён подсчёт дефектных семян в каждой выборке. Доля дефектных семян в разные годы изменялась от 0 до 23,21 %. Были выявлены семена со следующими дефектами: щуплость, трещиноватость, отслоение оболочки. Признаков заселённости и поврежденности семян вредителями обнаружено не было. Для проверки жизнеспособности семян провели их посев в чашки Петри. Первые признаки прорастания семян были отмечены на второй день после постановки эксперимента. Всхожесть семян изменялась в зависимости от времени сбора от 8 до 88 %. Дружнее всего взошли семена 2022 года сбора, семена 2014, 2015, 2017 года не проросли совсем. *H. ludwigii* в условиях оранжереи Ботанического сада Самарского университета проходит генеративную стадию и стабильно формирует полноценные семена, которые могут быть использованы для Index Seminum. На основании проведённых исследований рекомендуем использовать для семенного обмена и для посадки только семена сроком сбора менее 2 лет.

Ключевые слова: масса 1 000 семян, микрофокусная рентгенография, качество семян, влажность семян, выполненность семян, размер семян, сроки хранения, метод неинвазивной оценки внутренней структуры семян.

Введение. Основным источником пополнения коллекции оранжереи Ботанического сада Самарского университета является двусторонний обмен семенами между ботаническими садами и другими учреждениями. Он расширяет возможности интродукционных исследований и пополнения генофонда растений [10, 13, 20]. Начиная с 1933 года Ботанический сад издаёт делектус и осуществляет обмен семенами с 200 ботаническими садами, арборетумами и дендрариями России и мира. В 2024 году вышел 57 Index Seminum [14].

Ежегодно в ботанических садах тысячи семян собираются, очищаются, закладываются на хранение, а затем рассылаются по заявкам. За видами, включенными в делектус, проводятся наблюдения, оценивается количество и качество семян, виды неудовлетворяющие требованиям исключаются [10, 13, 20]. Основным показателем качества семян является их жизнеспособность. Традиционные методы определения жизнеспособности генетического материала (диаспоры) такие как окрашивание их индигокармином и кислым фуксином, тетразольно-топографический метод, требуют разрезания семян, что приводит к полной потере их для дальнейшего исследования [16]. Метод флотации, позволяющий удалить пустые и плохо выполненные семена, не позволяет выбраковать семена с внутренними дефектами и мало применим для мелких семян [21]. Другим недостатком этих методов является их трудо- и времязатратность. В настоящее время альтернативой им

может служить метод цифровой микрофокусной рентгенографии [2, 8, 16, 17, 25]. Он делает возможным сохранить семена и проводить дальнейшие изыскания с каждым конкретным семенем, зная степень развитости его зародыша и эндосперма [6, 16, 18, 19, 28, 35], а так же выявлять скрытые дефекты семян и заражение диаспор вредителями [3, 4, 5, 9, 11, 15, 17, 22, 29, 31]. Таким образом, по содержанию неполноценных семян в пробе можно спрогнозировать их всхожесть и определить норму высева, или принять решение о выбраковке партии семян в целом, что особенно важно для предоставления качественного материала для Index Seminum.

Подбор способа и сроков хранения семян тропических и субтропических видов представляет определённую сложность, так как среди них высока доля неортодоксальных семян, многие из которых чувствительны к высыханию и не поддаются хранению в стандартных условиях [23, 24, 27, 35].

В рамках исследования диаспор формируемых интродуцентами в оранжерее Ботанического сада Самарского университета было проведено исследование качества семян *Hibiscus ludwigii* Eckl. & Zeyh.

Цель работы – провести оценку качества семян *H. ludwigii* собственной репродукции и определить сроки их хранения.

H. ludwigii – представляет собой полукустарник до 3 м высотой из семейства Malvaceae Juss. Встречается в лесистой саванне Центральной и Южной Африки, на опушках лесных ассоциаций, в сухих можжевелово-подокарповых лесах, во вторичных нагорных зарослях кустарников (рис. 1). Его тонкие ветви и черешки имеют жёлто-коричневое опушение. Листья неясно или отчётливо 3–5-лопастные, зубчато-пильчатые. Цветоносы очень короткие, одиночные, расположены в пазухах верхних листьев, с 1 цветком, густо опушённые. Цветки до 7 см в диаметре, жёлтые с фиолетовой серединкой, одиночные (рис. 2). Плод – многогнёздная коробочка, раскрывающаяся продольными щелями. Коробочка яйцевидная, заострённая, густо покрыта рыжеватыми ворсинками (рис. 2) [26, 30].

Во время цветения растение наиболее декоративно, цветы распускаются ближе к вечеру. В странах с холодным климатом может быть рекомендовано для озеленения зимних садов и жилых помещений, или в контейнерах.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования служили семена *H. ludwigii*. Растение находится в коллекции с 2006 года, было выращено из семян, полученных из ботанического сада г. Нант, Франция (Jardin des plantes de Nantes). Гибискус ежегодно плодоносит. Семена собственной репродукции были собраны сотрудниками оранжереи с 2012 по 2023 год. Просушенные на воздухе семена хранились в бумажных пакетах при комнатной температуре в семенной лаборатории Ботанического сада. Материал для исследования был взят из семенной лаборатории в 2023 году.

Макрофотографии семян были сделаны на микроскопе Микромед MC-5-Zoom LED с видеокуляром ToupCam 16.0 MP. Цифровые фотографии хорошего качества позволяют оценить фактуру поверхности, цвет семенной оболочки и форму семян, то есть сделать полное описание их внешнего вида. При описании семян использовали терминологию приведённую в «Атласе по описательной морфологии…» З.Т. Артюшенко [1].

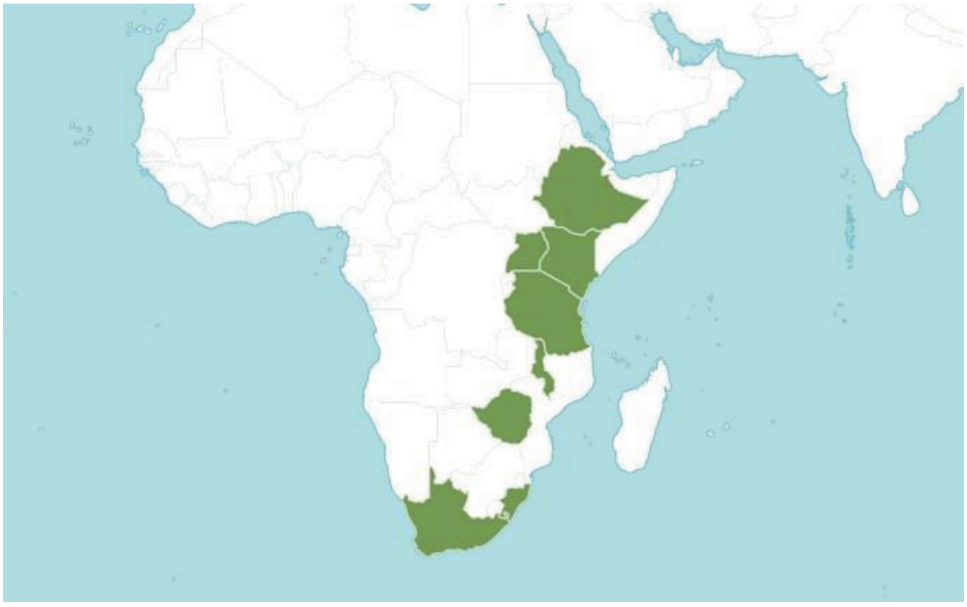


Рис. 1. Распространение *H. ludwigii* [32]
Fig. 1. Distribution of *H. ludwigii* [32]

Рис. 2. Фото цветка и плода *H. ludwigii*
Fig. 2. Photo of *H. ludwigii* flower and fruit

Линейные размеры семян, такие как длина и ширина, определяли методом планшетного сканирования (сканер EpsonPerfectionV370 Photo с разрешением изображения 1 200 dpi) с использованием программы JMicroVision согласно ранее изложенной методике. Измерения проводили в 50-кратной повторности [12].

На аналитических весах Госметр ВЛ-220 проводили определение показателя массы 1 000 семян. Влажность семян определяли с помощью весового анализатора влажности АВГ-60.

Исследование внутреннего строения семян проводили методом цифровой микрофокусной рентгенографии на передвижной рентгенодиагностической установке (ПРДУ). Семена разных лет сбора помещали в камеру ПРДУ на пластиковых планшетах (PLA) с величиной ячейки 1,0 на 1,0 см. Режим съёмки семян был следующий: напряжение, подаваемое на трубку, – 40 кВ, время экспозиция – 3 с. Расстояние до источника излучения 8 см. Полученное изображение выводилось на экран компьютера. В программе MicroCT-PRDU проводили коррекцию контраста и повышение чёткости изображения, переводили в негатив для лучшей визуализации внутренней структуры семени. Визуально выявляли невыполненные и дефектные семена и производили их подсчёт и выбраковку из общей выборки. Определение дефектов проводили согласно классификации, приведённой в «Кратком атласе рентгенографических признаков семян овощных культур» [9].

Для оценки лабораторной всхожести были отобраны семена, которые по результатам микрофокусной рентгенографии были признаны полноценными и не имели дефектов. Семена высевали в чашки Петри по 25 штук (в двукратной повторности для каждого образца) на смоченную дистиллированной водой фильтровальную бумагу. Проращивали при температуре 24–25 °С и 10-часовой длине светового дня. Наблюдения проводили ежедневно.

Итоговый подсчёт проросших семян производили на 14 сутки.

Математическую обработку и построение диаграмм по её результатам осуществляли с помощью программы MS Excel. В таблицах приведены среднее арифметическое (x) и стандартная ошибка среднего арифметического значения (m).

Для оценки вариабельности признаков использовалась эмпирическая шкала С.А. Мамаева [7], согласно которой коэффициент вариаций (V) < 8 % – очень низкий, V = 8–12 % – низкий, V = 13–20 % – средний, V = 21–40 % – высокий, V > 40 % – очень высокий уровень изменчивости.

Результаты и их обсуждение. При изучении растений-интродуцентов исследование формируемых в новых для них условиях семян, их жизнеспособности является важной задачей. Количество формируемых полноценных жизнеспособных семян в конечном итоге определяет перспективы семенного размножения растения.

Семена *H. ludwigii* имеют запятовидную форму, покрыты многочисленными прижатыми волосками, опушение сплошное. Окраска семенной кожуры коричневая. Семенной рубчик не просматривается, так как скрыт в волосках (рис. 3).

Было проведено исследование изменения морфометрических параметров семян *H. ludwigii.* Длина и ширина семян на протяжении 11 лет исследования изменялись незначительно, только семена 2022 года были значительно меньше по обоим параметрам (табл. 1, рис. 4 и 5).

Дефектные семена не отличались размерами от выполненных диаспор. Согласно эмпирической шкале С.А. Мамаева изменчивость признака длина семени оценивалась как очень низкая, а ширина – как низкая. У семян, имеющих дефекты коэффициент вариации для признака, длина был 11 %, это выше в 2 раза, чем у выполненных семян. Для ширины достоверных отличий по коэффициенту вариаций у нормальных и дефектных семян не наблюдалось (табл. 1).

Таблица 1. Морфометрические параметры семян *H. Ludwigii*

Table 1. Morphometric parameters of *H. ludwigii* seeds

Год сбора	Длина семян, *мм*			Коэффициент вариаций, %	Ширина семян, *мм*			Коэффициент вариаций, %
	M ±x	*min*	*max*		M ±x	*min*	*max*	
2012	3,42 ±0,02	2,93	3,81	5	1,97 ±0,03	1,58	2,41	9
2014	3,68 ±0,02	3,21	4,00	4	2,06 ±0,03	1,48	2,43	10
2015	3,54 ±0,02	3,00	3,98	5	2,07 ±0,03	1,48	2,53	12
2016	3,53 ±0,02	3,12	3,95	5	1,87 ±0,02	1,60	2,29	8
2017	3,44 ±0,02	3,14	3,75	4	1,91 ±0,03	1,40	2,32	10
2018	3,50 ±0,03	3,00	4,06	6	1,97 ±0,02	1,59	2,34	8
2019	3,51 ±0,02	3,11	4,02	5	2,04 ±0,02	1,75	2,44	8
2020	3,40 ±0,03	3,00	3,69	5	1,98 ±0,02	1,66	2,22	7
2021	3,41 ±0,03	2,97	3,90	6	2,09 ±0,03	1,62	2,92	11
2022	1,69 ±0,01	1,47	1,85	5	1,06 ±0,01	0,87	1,23	8
2023	3,40 ±0,02	2,97	3,77	5	2,09 ±0,02	1,71	2,48	8
Семена с дефектами	3,14 ±0,06	2,22	3,86	11	2,06 ±0,04	1,50	2,61	12

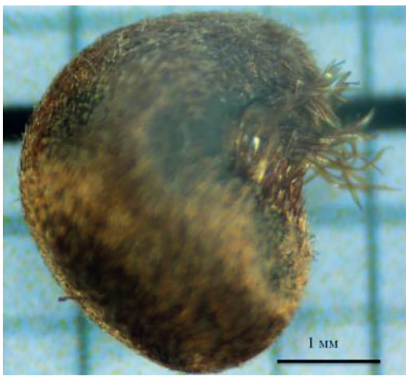


Рис. 3 Внешний вид семени *H. ludwigii*
Fig. 3 The appearance of *H. ludwigii* seed

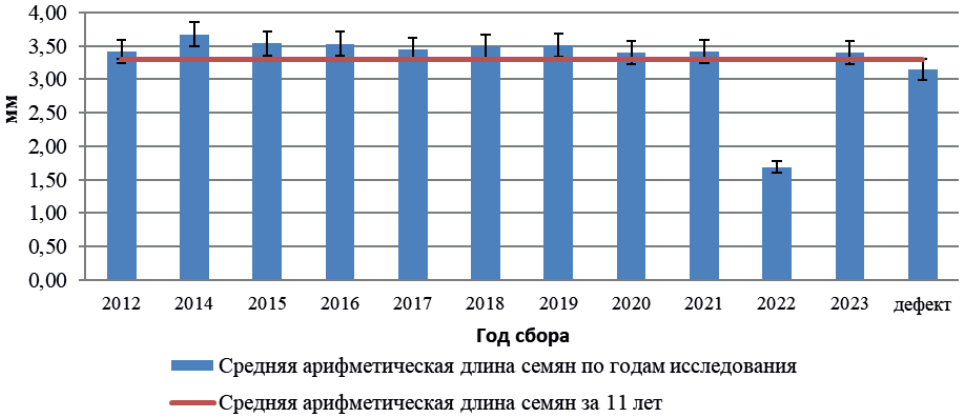


Рис. 4. Изменение длины семян *H. ludwigii* в зависимости от года сбора
Fig. 4. Change in the length of *H. ludwigii* seeds depending on the year of harvest

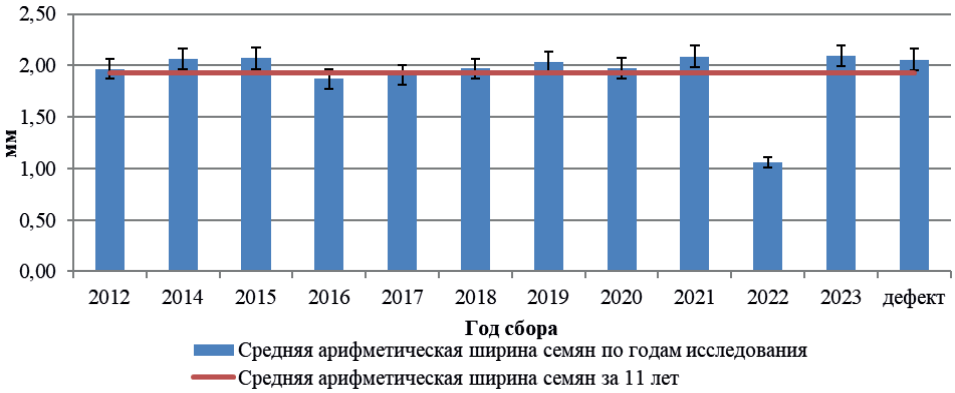


Рис. 5. Изменение ширины семян *H. ludwigii* в зависимости от года сбора
Fig. 5. Change in the width of *H. ludwigii* seeds depending on the year of harvest

В зависимости от года сбора ширина семян *H. ludwigii* изменялась от 0,87 до 2,92 мм, средняя ширина семян за 11 лет исследования составила 1,93 мм (табл. 1, рис. 5). Средняя ширина дефектных семян была близка к показателям выполненных семян за все годы исследования, кроме 2022 года (рис. 5).

В разные годы длина семян *H. ludwigii* изменялась от 1,47 до 4,06 мм, средняя длина семян за 11 лет исследования составила 3,30 мм (табл. 1). Средняя длина дефектных семян была незначительно ниже средней длины, но больше, чем у семян 2022 года (рис. 4).

Масса 1 000 семян изменялась в диапазоне от 12,01 г в 2012 до 13,63 г в 2014 г., средняя масса 1 000 семян составила 12,94 г (табл. 2, рис. 6). Следует отметить, что, несмотря на небольшие размеры семян 2022 года сбора, показатель массы 1 000 семян не имел достоверных отличий от данного параметра семян остальных лет сбора. Сравнение массы 1 000 семян, полученной для семян из оранжереи Ботанического сада Самарского университета с данными по семенам, хранящимися в Millennium Seed Bank (Kew) [33], показало, что наши семена значительно превышают по массе семена из британского хранилища (рис. 6). Столь значительные различия по массе наших семян и семян, собранных в природных местах обитания и хранящихся в Millennium Seed Bank, связаны с более благоприятными условиями содержания растений в оранжерее, нежели в природе: дополнительное внесение удобрений, отсутствие конкурирующих видов, своевременный полив.

После воздушно-сухого хранения влажность семян изменялась в диапазоне от 5,64 до 7,51 %, что соответствует требованиям ГОСТ (ГОСТ Р 52325-2005 Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия) для семян, закладываемых на хранение сроком на 1 год и более (государственные, страховые и переходящие фонды) (табл. 2).

В процессе роста, сбора и хранения семена могут подвергаться различным негативным воздействиям, влияющим на их жизнеспособность. Качество посевного материала определяли методом цифровой микрофокусной рентгенографии. Анализа внутренней структуры семян при помощи рентгенографического метода является наиболее информативным из неинвазивных методов, особо следует отметить его простоту и скорость, что очень важно для семенных лабораторий. По полученным рентгенограммам семян за каждый год исследования был произведён подсчёт выполненных и дефектных семян в процентном соотношении (рис. 7). В оранжерее Ботанического сада Самарского университета *H. ludwigii* формирует полноценные семена, количество дефектных диаспор в разные годы изменялось от 0 до 23,21 % (табл. 2). Низкий процент дефектных семян

может рассматриваться как подтверждение успешного прохождения видом генеративной стадии и успешной адаптации *H. ludwigii* при интродукции в оранжерее Ботанического сада Самарского университета.

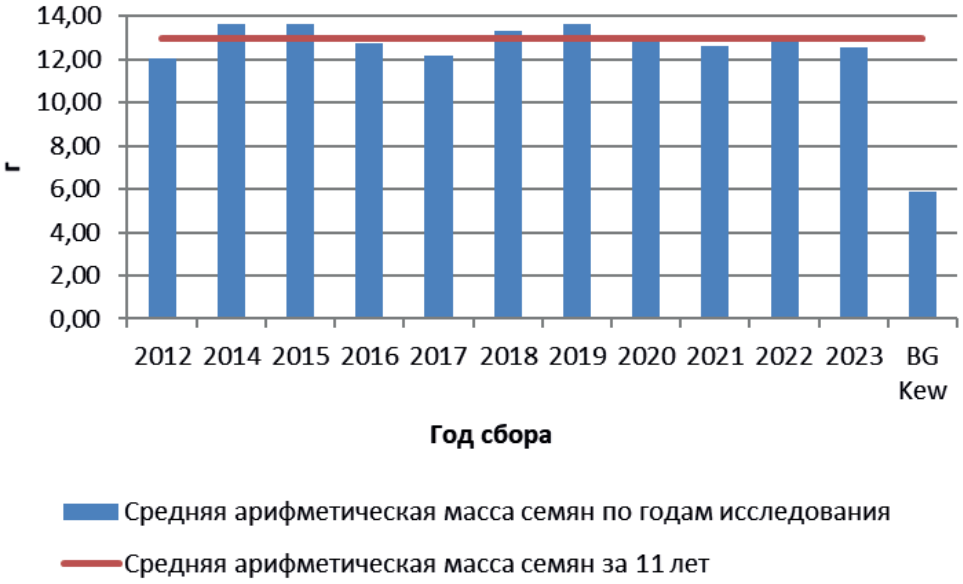


Рис. 6. Сравнение значений массы 1 000 семян по годам с данными Millennium Seed Bank, Kew

Fig. 6. Comparison of the values of thousand seed weight by year with the data of Millennium Seed Bank, Kew

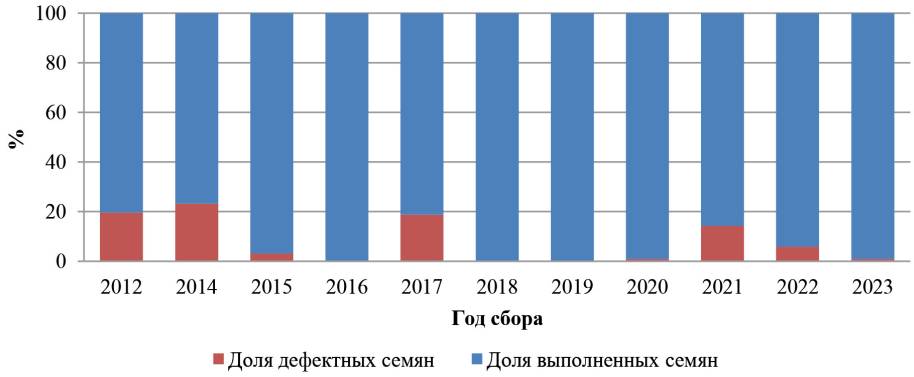
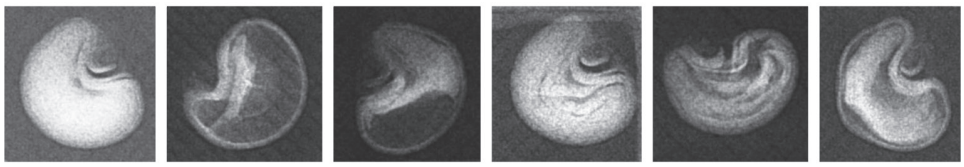


Рис. 7. Соотношение выполненных и дефектных семян *H. ludwigii* в выборках по годам сбора

Fig. 7. The ratio of filled and defective *H. ludwigii* seeds in samples by year of harvest

Были выявлены семена со следующими дефектами: щуплость (семя невыполненно или недосформировано), трещиноватость (проекцию семени пересекают тёмные полосы), отслоение оболочки (вероятно, вызвано усыханием семян). Все перечисленные дефекты значительно снижают жизнеспособность семян, невыполненные семена в 100 % случаев не всхожи. Признаков заселённости и поврежденности семян вредителями обнаружено не было (рис. 8).



1 2 3 4 5 6

Рис. 8. Примеры рентгенограмм выполненных и дефектных семян *H. ludwigii*:
1 – выполненное, 2 – невыполненное, 3 – недовыполненное, 4 и 5 – травмированное, 6 – семя с признаками усыхания

Fig. 8. Examples of radiographs of filled and defective *H. ludwigii* seeds:
1 – filled, 2 – shrivelled, 3 – unfilled, 4 and 5– injured, 6 – seed with signs of shrinkage

Таблица 2. Биометрические показатели семян *H. ludwigii* (2012–2023 гг.)
Table 2. Biometric indicators of *H. ludwigii* seeds (2012–2023)

Год	Масса 1000 семян, *г*	Влажность семян, *%*	Количество дефектных семян, *%*	Всхожесть семян, *%*
2012	12,01	–*	19,64	8,00
2014	13,63	6,43	23,21	0,00
2015	13,60	–	3,13	0,00
2016	12,76	7,51	0,00	8,00
2017	12,16	7,35	18,75	0,00
2018	13,31	6,61	0,00	10,00
2019	13,60	7,17	0,00	32,00
2020	13,04	5,70	0,89	26,00
2021	12,60	5,95	14,29	36,00
2022	13,08	–	5,84	88,00
2023	12,55	5,64	0,89	46,00

Примечание: * – влажность семян 2012, 2015 и 2022 года не определяли из-за недостаточного количества семенного материала

Для проверки жизнеспособности семян из каждой выборки было отобрано по 50 семян, которые по результатам рентгенографии были признаны выполненными. Первые признаки прорастания семян были отмечены на второй день после постановки эксперимента. Семядольные листья появились на четвёртый день от постановки эксперимента. Всхожесть семян изменялась в зависимости от времени сбора от 8 до 88 %. Дружнее всего взошли семена 2022 года сбора, уже на 2 день признаки прорастания были у 24 семян. Семена 2014, 2015, 2017 года не проросли совсем. Динамика прорастания семян приведена на рисунке 9.

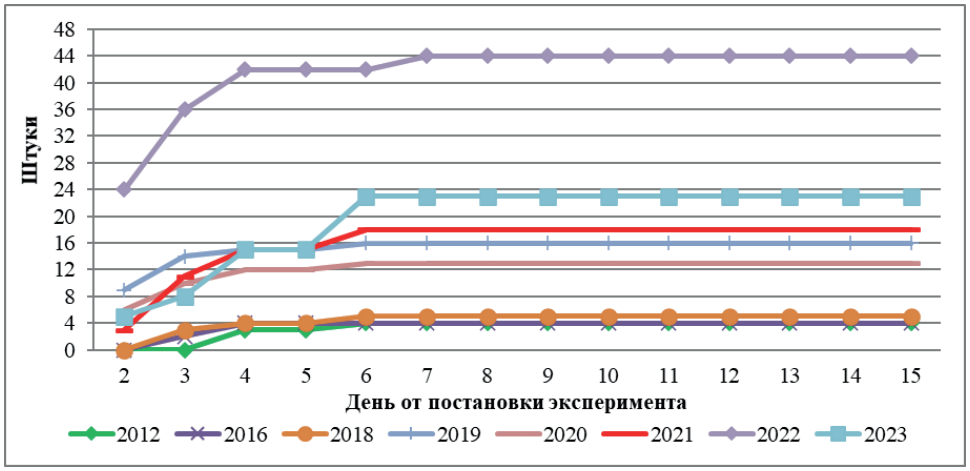


Рис. 9. Динамика прорастания семян *H. ludwigii* разных лет сбора

Fig. 9. Dynamics of germination of *H. ludwigii* seeds from different harvest years

Выводы. *H. ludwigii* в условиях оранжереи Ботанического сада Самарского университета проходит генеративную стадию и стабильно формирует полноценные семена, которые могут быть использованы для Index Seminum. На основании проведённых исследований рекомендуем использовать для семенного обмена и для посадки только семена сроком сбора менее 2 лет.

Список литературы/ References

1. Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений: Семя. Л.: Наука, 1990, 204 с. [Artyushenko Z.T. Atlas of descriptive morphology of higher plants: Seed. L.: Nauka, 1990, 204 p. (In Rus)].

2. Архипов М.В., Гусакова Л.П., Алферова Д.В. Рентгенография растений при решении задач семеноведения и семеноводства, Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2011; 22 : 336-341. [Arkhipov M.V., Gusakova L.P., Alferova D.V. Radiography plants in solving problems and seed, Izvestiya Saint-Petersburg

State Agrarian University. 2011; 22 : 336-341. (In Rus)].
3. Архипов М.В., Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография растений. СПб.: Технолит, 2008, 194 с. [Arkhipov M.V., Potrakhov N.N. Microfocus radiography of plants. St. Petersburg: Technolit, 2008, 194 p. (In Rus)]. ISBN: 5-7629-0909.
4. Безух Е.П., Потрахов Н.Н., Бессонов В.Б. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества семян плодовых культур, Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016; 89 : 106-112 [Bezukh E.P., Potrakhov N.N., Bessonov V.B. Application of microfocus X-ray diffraction for quality control of fruit crop seeds, Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry. 2016; 89 : 106-112. (In Rus)].
5. ГОСТ Р 59603-2021 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы цифровой рентгенографии». М.: Российский институт стандартизации. 2021. 12 с. [State Standard P 59603-2021 Agricultural seeds. Methods of digital X-Ray. Moscow: Russian Institute of Standardization. 2021. 12 p. (In Rus)].
6. Грязнов А.Ю., Староверов Н.Е., Баталов К.С., Ткаченко К.Г. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества семян, Плодоводство и виноградарство юга России. 2017; 48(6) : 46-55. [Gryaznov A.Yu., Staroverov N.E., Batalov K.S., Tkachenko K.G. Application of the microfocus X-ray method for seed quality control, Fruit growing and viticulture of South Russia. 2017; 48(6) : 46-55 (In Rus)].
7. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений, Индивидуальная эколого-географическая изменчивость растений. 1975; 94 : 3-14 [Mamaev S.A. The basic principles of the methodology for the study of intraspecific variability of woody plants, Individual ecological and geographical variability of plants. 1975; 94 : 3-14. (In Rus)]. .
8. Мусаев Ф.Б., Белецкий С.Л. История и перспективы применения рентгенографии в семеноводстве и семеноведении, Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2021; 24(6) : 6-15. [Musaev F.B., Beletskiy S.L. History and prospets for the application of X-ray diffraction analysis in seed breeding and seed study, Journal of the Russian Universities. Radioelectronics. 2021; 24(6) : 6-15. (In Rus)]. DOI: 10.32603/1993-8985-2021-24-6-6-15.
9. Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Белецкий С.Л. Краткий атлас рентгенографических признаков семян овощных культур. М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2018, 40 с. [Musaev F.B., Potrakhov N.N., Beletsky S.L. X-ray analysis of vegetable seeds. Moscow: Publishing House of FSBI FNC, 2018, 40 p. (In Rus)]. ISBN: 978-5-901695-72-2.
10. Пастухова И.С. Этапы пополнения и сохранения семенной коллекции Сочинского Дендрария, Труды по интродукции и акклиматизации растений. 2021; 1 : 202-204 [Pastukhova I.S. Stages of replenishment and preservation of the seed collection of the Sochi Arboretum, Works on the introduction and acclimatization of plants. 2021; 1 : 202-204. (In Rus)].
11. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур: методические указания / отв. сост. канд. с.-х. наук Ф.Б. Мусаев. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015, 42 с. [X-ray analysis of the quality of vegetable seeds: guidelines / rel. comp. candidate of Agricultural Sciences F.B. Musaev. St. Petersburg: SPbGETU "LETI", 2015, 42 p. (In Rus)].
12. Рогулёва Н.О., Янков Н.В. Оценка качества семян *Costus dubius* (Afzel.) K. Schum, Субтропическое и декоративное садоводство. 2022; 82 : 78-90. [Roguleva N.O., Yankov N.V. Evaluation of seed quality in *Costus dubius* (Afzel.) K. Schum, Subtropical and ornamental horticulture. 2022; 82 : 78-90. (In Rus)]. DOI: 10.31360/2225-3068-2022-82-78-89.
13. Сафонова О.Н., Воронина В.С. Роль семенного обмена в пополнении разнообра-

зия интродуцентов в коллекционном фонде Ботанического сада Воронежского госуниверситета, Международный научно-исследовательский журнал. 2013; 12-1(19) : 33-35. [Safonova O.N., Voronina V.S. Rolle seed exchange in the completion of the variety of introducents in the collection fund for the Botanical Garden of Voronezh State University, International Scientific Research Journal. 2013; 12-1(19) : 33-35. (In Rus)].
14. Список семян и спор растений, предлагаемых в обмен ботаническим садом Самарского университета в 2023 г. Самара: ООО Издательско-полиграфический комплекс «Право», 2023, 28 с. [List of seeds and plant spores offered in exchange by the Botanical garden of Samara University in 2023. Samara: LLC Publishing and printing complex "Pravo", 2023, 28 p. (In Rus)].
15. Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., и др. Применение метода микрофокусной рентгенографии для контроля качества плодов и семян репродуктивных диаспор, Биотехносфера. 2015; 6(42) : 16-19. [Staroverov N.E., Gryaznov A.Y., Zhamova K.K., et al. The application of the method of microfocus X-ray for quality control of fruits and seeds reproductive diasporas, Biotechnosphere. 2015; 6(42) : 16-19. (In Rus)].
16. Ткаченко К.Г. Комплементарные методы изучения ресурсных видов растений в полевых и стационарных условиях, Полевой журнал биолога. 2021; 3(1) : 74-86. [Tkachenko K.G. Complementary methods for studying resource plant species in field and stationary conditions, Biologist's Field Journal. 2021; 3(1) : 74-86. (In Rus)]. DOI: 10.52575/2658-3453-2021-3-1-74-86.
17. Ткаченко К.Г. Рентгенографический метод определения качества репродуктивных диаспор и выявления в них вредителей: Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: сб. матер. Всерос. конф. Красноярск, 2016; 226-227. [Tkachenko K.G. Radiographic methods for determining the number of reproductive diasporas and the withdrawal of conductors in them, Monitoring and biological methods for controlling the presence and pathogens of drifting plants: from theory to practice: collection of materials. All-Russian conf. Krasnoyarsk, 2016; 226-227. (In Rus)].
18. Ткаченко К.Г., Староверов Н.Е., Грязнов А.Ю. Рентгенографическое изучение качества плодов и семян, Hortus botanicus. 2018; 13 : 4-19. [Tkachenko K., Staroverov N., Gryaznov A. X-ray quality control of fruits and seeds, Hortus bot. 2018; 13 : 4-19. (In Rus)]. DOI: 10.15393/j4.art.2018.5022.
19. Ткаченко К.Г., Тимченко Н.А., Щербакова О.Н., и др. Качество семян *Maackia amurensis* Rupr. (Leguminosae) и условия предпосевной подготовки, Сибирский лесной журнал. 2020; 1 : 47-57. [Tkachenko K.G., Timchenko N.A., Shcherbakova O.N., et al. Quality of *Maackia amurensis* Rupr. (Leguminosae) seeds and conditions of presowing preparation, Siberian Forest Journal. 2020; 1 : 47-57. [(In Rus)]. DOI: 10.15372/SJFS20200105.
20. Тростенюк Н.Н., Жиров В.К., Святковская Е.А., Гонтарь О.Б. Роль семенного обмена в пополнении разнообразия травянистых интродуцентов в коллекционных фондах Полярноальпийского ботанического сада-института, Вестник МГТУ. 2009; 12(3) : 545-549. [Trostenjuk N.N., Zirov V.K., Sviatkovskaya E.A., Gontar O.B. The role of seed exchange in preserving biodiversity and addition the collection funds of botanical gardens on the example of the polar alpine botanical garden and institute (PABGI) Bulletin of the Moscow State Technical University. 2009; 12(3) : 545-549. (In Rus)].
21. Тупик П.В. Повышение качества семян хвойных интродуцентов методом флотации: Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов. Гомель: Институт леса. – НАН Беларуси, 2008; 68 : 290-298. [Tupik P.V. Improving the quality of coniferous introduced seeds by flotation: Problems of forestry and forestry: collection of

scientific papers. Gomel: Forest Institute. – NAS of Belarus, 2008; 68 : 290-298. (In Rus)].
22. Arkhipov M.V., Priatkin N.S., Gusakova L.P. et al. Microfocus X-Ray method for detecting hidden defects in seeds of woody forest species and other types of vascular plants, Technical Physics. 2020; 65(2) : 324-332. DOI: 10.1134/S1063784220020024.
23. Berjak P., Pammenter N., Bornman C.H. Biotechnological aspects of non-orthodox seeds: An African perspective, South African Journal of Botany. 2004; 70(1) : 102-108. DOI: 10.1016/S0254-6299(15)30312-4.
24. Bewley J.D., Bradford K.J., Hilhorst H.W.M., Nonogaki H. Seeds. Physiology of Development, Germination and Dormancy. Springer: Science + Business Media, LLC, 2013, 399 p. ISBN: 978-1-4614-4692-7.
25. Bruggink H., Van Duijn B. X-ray based seed analysis, Seed Testing International. 2017; 45-50.
26. Burrows J.E., Willis C.K. (eds) Plants of the Nyika Plateau Southern African Botanical Diversity Network Report. 2005; 31 : 204.
27. FAO. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, 2013. URL: http://www.fao.org/docrep/019/i3704e/i3704e.pdf (the link is active on 04. 12.2023).
28. Gao H., Zhu F., Cai J. A review of non-destructive detection for fruit quality. Conference: Computer and Computing Technologies in Agriculture III, Third IFIP TC 12 International Conference, CCTA 2009, Beijing, China, October 14–17, 2009, Revised Selected Papers, 2010; 317 : 133-140. DOI: 10.1007/978-3-642-12220-0_21.
29. Kavelenova L., Roguleva N., Yankov N. et al. Assessment of the quality of seeds formed in situ and ex situ as a mandatory element of maintaining seed banks of rare plants, E3S Web of Conference. 2021; 265 : 05012. DOI: 10.1051/e3sconf/202126505012.
30. Mapaura A., Timberlake J. (eds) A checklist of Zimbabwean vascular plants Southern African Botanical Diversity Network Report, 2004; 33 : 260 URL: https://www.researchgate.net/publication/333458001_A_checklist_of_Zimbabwean_vascular_plants#fullTextFileContent (the link is active on 07.02.2024).
31. Nagaraju A., Ramesh Babu T., Sarath Babu B. Detection of Hidden Insect Infestation in Small and Bold Seeded Varieties of Groundnut by Standardizing X-ray Radiography, Environment & Ecology. 2017; 35(4E) : 3650-3655.
32. Plants of the World Online URL: https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:560469-1 (the link is active on 21.03.2024).
33. Seed Information Database URL: https://ser-sid.org/ (the link is active on 21.03.2024).
34. Simak M. Testing of Forest tree and shrub seeds by X-radiography. In: A.G. Gordon, P. Gosling, B.S.P. Wang. (eds.). Tree and shrub seed handbook. Zurich, International Seed Testing Association. 1991; 14(1) : 14-28.
35. Walters C., Pence V. The unique role of seed banking and cryobiotechnologies in plant conservation, Plants, People, Planet. 2020; 3. DOI: 10.1002/ppp3.10121.

BIOMORPHOLOGICAL FEATURES OF *HIBISCUS LUDWIGII* ECKL. & ZEYH. SEEDS

Roguleva N.O.

"Academician S.P. Korolev Samara National Research University", Samara, Russia, e-mail: strona@yandex.ru

Within studies of diaspores formed by introduced plants in the greenhouse of the Botanical Garden of Samara University, the quality of *Hibiscus ludwigii* seeds was studied. The paper presents information for 11 years on morphometry, humidity, thousand seed weight, the number of defective seeds in samples and their germination. Depending on the year of harvest, the length of the seeds varied from 1.47 to 4.06 mm, the average length of the seeds was 3.30 mm; the width of the seeds varied from 0.87 to 2.92 mm, the average width was 1.93 mm. Thousand seed weight varied in the range from 12.01 to 13.63 g, the average thousand seed weight was 12.94 g. After air-dry storage, the moisture content in the seeds varied in the range from 5.64 to 7.51 %. According to the obtained X-ray images of seeds for each year of the study, defective seeds were counted in each sample. The proportion of defective seeds varied from 0 to 23.21 % in different years. Seeds with the following defects were identified: shrivelled, fracturing, peeling of the shell. There were no signs of pest colonization or damage to the seeds. To check the viability of the seeds, they were sown in Petri dishes. The first signs of seed germination were noted on the second day after the experiment. Seed germination varied depending on the time of harvest from 8 to 88%. The seeds of the 2022 harvest year rose most amicably, the seeds of 2014, 2015 and 2017 did not germinate at all. *H. ludwigii* undergoes a generative stage in the greenhouse of the Botanical Garden of Samara University and stably forms full-fledged seeds that can be used for Index Seminum. Based on the conducted research, we recommend using only seeds with a harvest period of less than 2 years for seed exchange and planting.

Key words: thousand seed weight, microfocus radiography, seed quality, seed moisture, seed maturity, seed size, storage time, method of noninvasive evaluation of the seeds' internal structure.