

Н. О. Рогулева**Н. В. Янков****Контроль жизнеспособности семян *Murraya paniculata* (L.) Jack**

В статье приводятся данные по всхожести, выполненности, морфологии и массе 1000 семян, собранных со взрослых растений *Murraya paniculata*, произрастающих в оранжерее Ботанического сада Самарского университета. Методом цифровой микрофокусной рентгенографии проведена экспресс-оценка качества семян. Выполненность семян составила от 96,5 до 100%. Признаков заселенности и поврежденности семян вредителями не обнаружено. Увеличение суммарной экспозиции рентгеновского излучения с 2 до 22 с не показало негативного влияния на всхожесть семян. Размеры семян находятся в диапазоне от 7,15 до 8,39 мм на протяжении 8 лет исследования. Для массы 1000 семян характерен следующий диапазон варьирования: от 59 до 91 г. Определенная масса тысячи семян *Murraya paniculata* соотносится с результатами международной семенной базы данных Kew, что говорит об успешной интродукции. Семена, хранившиеся более года при температуре 24°C, полностью теряют всхожесть. У свежесобранных семян при проращивании в лабораторных условиях первые корни появились на 9 день, листья на 18.

Ключевые слова: масса 1000 семян, микрофокусная рентгенография, качество семян, жизнеспособность семян.

Сохранение лекарственных растений *ex situ*, в том числе и в ботанических садах, имеет свои перспективы [11; 16; 22].

Коллекции ботанических садов состоят из нескольких особей каждого вида и поэтому имеют ограниченное применение с точки зрения генетической консервации, однако ботанические сады могут способствовать сохранению многих видов растений путем разработки методов размножения и культивирования, способов хранения семян [5; 8; 11, с. 1973—1974].

Murraya paniculata (L.) Jack (*муррайя метельчатая*) — широко распространенный вид семейства *Rutaceae* Juss. В нашей стране его часто используют в качестве декоративного комнатного растения. Этот вид содержит алкалоиды, кумарины, флавоноиды, фенолы, сапонины, стероиды, эфирные масла, дубильные вещества и входит в арсенал народной медицины [12; 20; 25; 27; 28; 33].

Экстракты коры и листьев *M. paniculata* обладают антиоксидантным, противомикробным, противогрибковым, антидиарейным, цитотоксическим, обезболивающим, тромболитическим и антикоагулянтным действием, противовоспалительным, противодиабетическим, спазмолитическим эффектом [12; 15; 21; 23; 25; 27; 30; 33—35; 38; 39].

Листья *M. paniculata* используют в качестве добавок в еду во многих блюдах индийской и малазийской кухни из-за их сильного аромата [17; 18; 27].

M. paniculata — небольшой вечнозеленый кустарник (от 1,8 до 4 м в высоту, редкие экземпляры достигают 8—12 м). Молодые побеги зеленые, голые или покрыты крошечными волосками. По мере старения кора приобретает светло-серый оттенок и покрывается трещинами [18; 31]. Листья непарноперистые, глянцевые, темно-зеленые, голые, цельнокрайние. Ароматные цветки собраны в щитковидные соцветия. Цветение происходит в течение всего года. Плод представляет собой мясистую ягоду круглой или овальной формы, длиной до 2,5 см. По мере вызревания цвет ягод становится оранжево-красным, вызревают плоды через 1,5—4 месяца. Внутри плода содержатся одно или два желтова-

© Рогулева Н. О., Янков Н. В., 2021

то-серых или зеленоватых каплевидных семени. Семена распространяются птицами и другими животными, которые едят ярко окрашенные плоды [17; 18; 29].

Произрастает *M. paniculata* в тропических и субтропических частях мира, включая Южный Китай, Тайвань, Индию, Непал, Северо-Восточный Пакистан, Шри-Ланку, Юго-Восточную Азию и Северную Австралию (рис. 1). Натурализован в южной части Австралии, Юго-Восточной Азии и Центральной Америке [17; 31; 37, с. 241—242].



Рис. 1. Ареал распространения *Murraya paniculata* (по: [24])

Цель работы — провести оценку качества семян *M. paniculata*, собираемых в оранжерее Ботанического сада Самарского университета.

Материалы и методы исследований

Объектами исследования были семена *M. paniculata*, собранные в разные годы репродукции (2013—2021 гг.). *M. paniculata* в коллекции оранжереи Ботанического сада Самарского университета представлена 4 взрослыми экземплярами, которые выращены из семян, полученных в 1993 г. из Ботанического сада г. Праги. С 2003 г. растения активно цветут и плодоносят.

Масса 1000 семян определялась гравиметрическим методом на аналитических весах Госметр ВЛ-220 с точностью 0,0001 г [19; 32].

Исследование внутренней структуры семян проводили методом цифровой микрофокусной рентгенографии, который позволяет оперативно и без разрушения объектов исследования выявить некачественные семена [1; 4, с. 6—25; 6; 7, с. 16—29; 9; 13; 26]. В передвижной рентгенодиагностической установке (ПРДУ) имеются защитная камера для проведения рентгенографии, моноблочный источник рентгеновского излучения РА-П70М-0,1Н-1, приемник рентгеновского изображения на основе многофункционального портативного плоскопанельного детектора рентгеновского излучения ViVIX-S для цифровой рентгенографии. Управление осуществляется с компьютеризированного пульта с универсальным программным обеспечением MicroCT-PRDU для анализа цифровых рентгеновских изображений семян. На установке возможно получение изображений с геометрическим увеличением $\times 3,0$ [13; 14]. В программном обеспечении MicroCT-PRDU перед исследованием регулируются следующие параметры: анодное напряжение, время экспозиции. Диапазон изменения анодного напряжения нашей модели составляет 30—50 кВ, анодный ток 0,1 мА. Семена разных лет сбора помещали в камеру ПРДУ на пластиковых планшетах (PLA).

Режим съемки семян был следующий: напряжение, подаваемое на трубку, — 40 кВ, время экспозиция — 2 с. В течение 10 с изображение выводилось на экран монитора для корректировки контрастности, четкости и последующего анализа полученного изображе-

ния. Визуально выявляли семена, имеющие следующие негативные признаки: наличие полости между семенем и оболочкой, повреждения насекомыми, дефекты зародышей [1; 4; 7; 9].

Оценку всхожести семян осуществляли проращиванием их на фильтровальной бумаге в чашках Петри. Для посева отбирали только те семена, которые по результатам микрофокусной рентгенографии были признаны полноценными и не имели дефектов. Проращивали в термостате ТУ 46-22-605-75 при постоянной освещенности 2000 лк и температуре 24—26°C. Оценку и учет проросших семян проводили каждый день [19; 32].

Наряду с проверкой на всхожесть мы исследовали воздействие длительности рентгеновского излучения на прорастание семян. Семена 2021 года сбора были разделены на 3 группы. Первая (контроль) не подвергалась воздействию рентгеновского излучения, вторая облучалась 2 с — это минимальное время, при котором возможно получение четкого изображения для исследования внутренней структуры семени данного вида; третья группа подвергалась воздействию рентгеновского излучения в течение 22 с — это то суммарное время облучения семян, которому они бы подверглись, находясь в хранилище 10 лет: 2 с — облучение при отбраковке семян при закладывании в хранилище и по 2 с облучения при ежегодной проверке (20 с).

Измерения размеров семян и корешков проросших семян проводили в программе JMicroVision. Корешки проросших семян фотографировали с помощью цифровой фотокамеры Canon EOS 70D в чашках Петри. Семена сканировали на планшетном сканере Epson Perfection V370 Photo при разрешении 2400 dpi. Сохраняли изображения в формате jpeg. Калибровка для измерений выполнялась в программе JMicroVision путем ввода разрешения изображения (в случае сканированных образцов) или по калибровочному слайду (в случае фотографий). Точность измерения составляла 6 мкм [10].

Математическую обработку проводили по Г. Н. Зайцеву [3]. Построение диаграмм по ее результатам осуществляли с помощью MS Excel. В таблицах приведены средняя арифметическая и ошибка средней арифметической.

Результаты исследований и их обсуждение

Семена *M. paniculata* имеют эллипсоидную форму и покрыты густыми белыми волосками. На протяжении 8 лет исследования средние значения длины семян варьируют в диапазоне от 7,15 до 8,39 мм (табл. 1). При этом размах вариации небольшой — всего 1,24 мм.

Таблица 1

Биометрические показатели семян *Murrraya paniculata* (2013—2021 г.)

Год сбора	Процент выполненных семян в выборке	Масса 1000 семян, г	Длина семян, мм
2013	100,0	91,93±5,61	8,0±0,6
2014	98,8	85,05±5,19	8,4±0,7
2016	99,1	72,44±4,42	8,0±0,7
2017	98,7	59,00±3,60	7,1±0,7
2018	97,6	63,12±3,85	7,5±0,6
2019	96,5	67,35±4,11	7,4±0,6
2020	100,0	74,60±4,55	7,6±0,4
2021	98,1	117,52±7,17	7,8±0,8

Для массы 1000 семян характерен следующий диапазон варьирования: от 59 до 91 г (табл. 1). Так, на протяжении всего периода исследования мы наблюдаем значительные изменения массы при сравнительно однородных размерах семян, на что могут влиять

изменяющиеся условия освещенности и влажности воздуха (обусловленные ремонтом крыши, систем вентиляции и освещения в 2016—2017 гг.). В 2021 г. для измерений использовали свежесобранные (не высушенные) семена, данные приведены для сравнения (табл. 1). Столь значительное различие в массе свежесобранных семян и семян, хранившихся в течение длительного времени при комнатной температуре, обусловлено потерей влаги у последних. В качестве показателей для контрольных образцов использовались сведения, предоставляемые международной семенной базой данных Kew [36] и Криворожским Ботаническим садом НАН Украины [2, с. 56]. Диапазон значений контрольных образцов варьирует от 58 до 83 г, что сопоставимо с полученными нами данными.

Получены рентгенограммы семян за каждый год исследования и проведен подсчет в процентном соотношении выполненных и дефектных семян (рис. 2). Значения выполненности семян варьируют от 96,5 до 100% на протяжении всех лет исследования, что может рассматриваться как подтверждение высокого качества формируемых растениями семян. Признаков заселенности и поврежденности семян вредителями не установлено. В 2014, 2016, 2017 и 2019, 2021 годах были выявлены пустые и недоразвитые семена, в среднем по 1—3 на каждые 100 просмотренных (рис. 3).

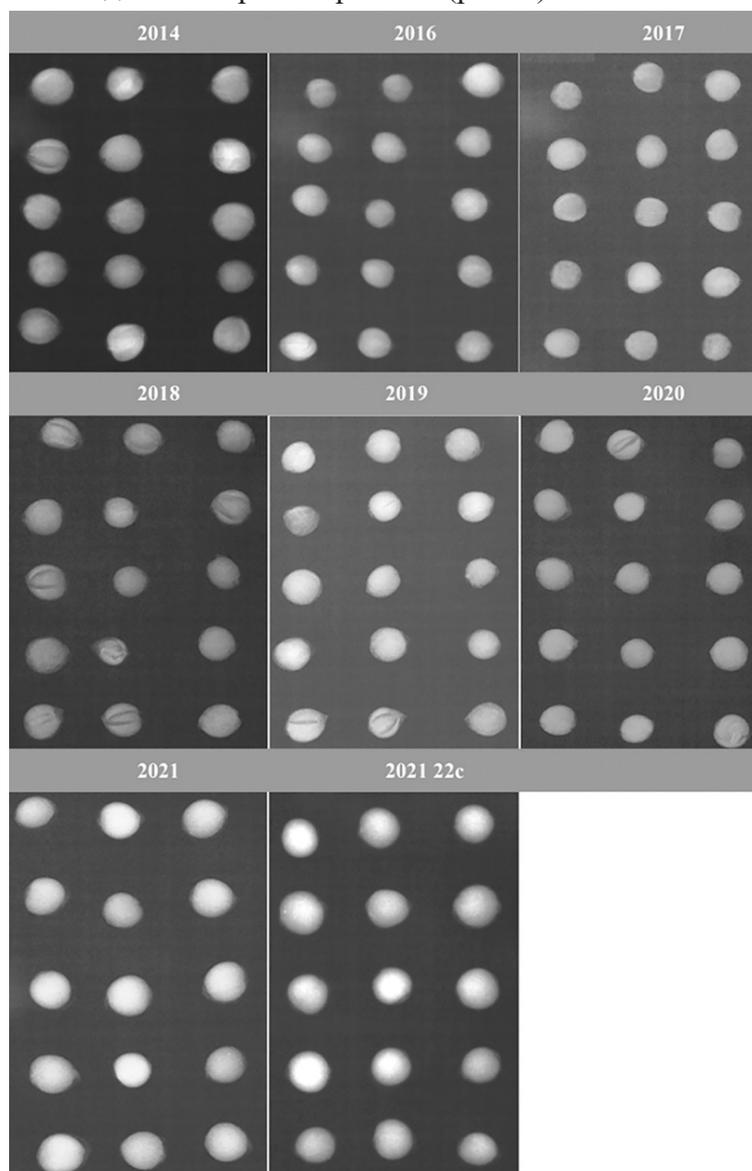


Рис. 2. Рентгенограмма семян *Murraya paniculata* (2014—2021 г.)

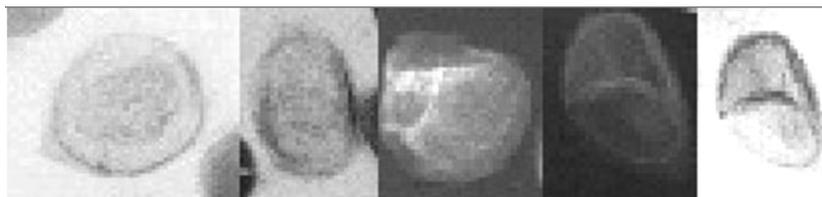


Рис. 3. Рентгенограммы пустых и недоразвитых семян *Murraya paniculata*

По данным Seed Information Database, семена *M. paniculata* утрачивают жизнеспособность при высушивании и хранении при низких температурах *ex situ* [36]. Нами установлено, что семена *M. paniculata*, полученные в условиях оранжереи, полностью теряют всхожесть уже спустя один год хранения в бумажных пакетах при комнатной температуре (23—25°C). Ни одно из семян 2013—2020 годов сбора не проросло.

При проверке всхожести семян (2021 г.) установлены сроки прорастания, которые составляют 9—12 дней (рис. 4) до появления корешков и 18—23 дня до появления листьев.

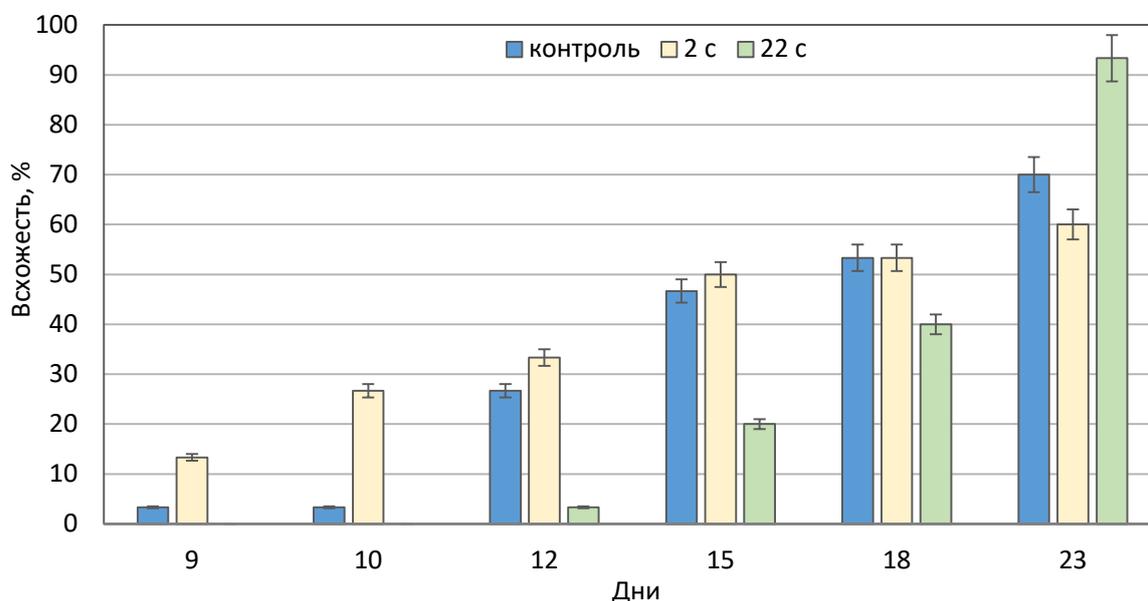


Рис. 4. Динамика прорастания семян *Murraya paniculata* (2021 г.)

Чтобы подтвердить безопасность использования рентгенографического метода для семян *M. paniculata*, мы исследовали воздействие длительного рентгеновского излучения на прорастание семян. Увеличение суммарной экспозиции рентгеновского излучения с 2 до 22 с не только не оказало негативного влияния на всхожесть семян, но и положительно сказалось на их прорастании. Лабораторная всхожесть семян, подвергнутых облучению в течение 22 с, была на 23% выше, чем у контрольных образцов, и на 33% выше, чем у семян, подвергнутых облучению в течение 2 с (рис. 4, табл. 2).

Длина корешков на момент окончания эксперимента у растений контрольной группы была значительно больше, чем у растений, чьи семена были подвергнуты воздействию рентгеновского излучения. Длина корешков у растений из групп 2 с и 22 с была схожей. Для каждой выборки характерен размах варьирования 36—37 мм, что говорит о различном времени прорастания семян в пределах одной выборки (табл. 2).

Таким образом, семена *M. paniculata*, сформированные в условиях оранжереи Самарского университета, имеют длину семени от 7,15 до 8,39 мм, массу тысячи семян — от 59 до 91 г; выполненность семян — от 96 до 100%; время прорастания свежесобранных семян — 9—12 дней до появления корешков и 18—23 дня до появления листьев.

Таблица 2

Длина корешков и лабораторная всхожесть семян *Murraya paniculata* (2021 г.)

Образец	Длина корешков (23 день), мм			Лабораторная всхожесть (23 день), %
	Среднее	Min	Max	
Контроль	26,9±2,84	9,2	46,0	70,0±11,2
2 с	20,3±2,57	2,6	39,6	60,0±7,3
22 с	17,9±1,85	2,6	39,9	93±14,8

На основании полученных данных видно, что в условиях оранжереи Ботанического сада Самарского университета *M. paniculata* формирует жизнеспособные семена. Семена не имеют признаков заселенности и поврежденности вредителями и могут быть использованы для семенного обмена с другими ботаническими учреждениями.

Список использованной литературы

1. 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: теор. и науч.-практ. журн. / ИАЭП. СПб., 2016. Вып. 89. С. 106—112.
2. Бойко Л. И. Культивированная *Murraya exotica* L. у защищенном грунте // Интродукция растений. 2013. № 3. С. 55—57.
3. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
4. Мусаев Ф. Б., Потрахов Н. Н., Белецкий С. Л. Краткий атлас рентгенографических признаков семян овощных культур. М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2018. 40 с.
5. Нестерова С. В. Криоконсервация семян дикорастущих растений Приморского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2004. 24 с.
6. Никольский М. А., Панкин М. И., Ларькина М. Д., Грязнов А. Ю., Потрахов Н. Н. Определение всхожести семян винограда методом микрофокусной рентгенографии. Краснодар: Издат. дом «Юг», 2014. 20 с.
7. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур: метод. указания / отв. сост. канд. с.-х. наук Ф. Б. Мусаев. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2015. 42 с.
8. Ткаченко К. Г. Взаимодополняющие методы изучения и сохранения редких и полезных растений в условиях ex situ и in situ // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. 2010. № 9 (80). Вып. 11. С. 25—32.
9. 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: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. Красноярск, 2016. С. 226—227.
10. Трубников А. М., Янков Н. В. Регистрация эпидермальных структур листьев древесных растений методом планшетного сканирования // Научная жизнь. М., 2018. № 8. С. 84—91.
11. Aguilar-Stoen M., Moe S. R. Medicinal plant conservation and management: distribution of wild and cultivated species in eight countries // Plant Conservation and Biodiversity. 2007. Vol. 16, N 6. P. 1973—1981. DOI: 10.1007/s10531-006-9125-7.
12. Ahmed W. S., Abdel-Lateef E. E. S., El-Wakil E. A., Abdel-Hameed E. S. S. In vitro antioxidant and antimicrobial properties of *Murraya paniculata* L. extracts as well as identification of their active secondary metabolites // HPLC-ESI-MS. Der Pharma Chemica. 2019. Vol. 11, N 3. P. 1—7.
13. Arkhipov M. V., Priatkin N. S., Gusakova L. P., Karamysheva A. V., Trofimuk L. P., Potrakhov N. N., Bessonov V. B., Shchukina P. A. Microfocus X-Ray method for detecting hidden defects in seeds of woody forest species and other types of vascular plants // Technical Physics. 2020. Vol. 65, N 2. P. 324—332. DOI: 10.1134/S1063784220020024.
14. Arkhipov M. V., Priatkin N. S., Gusakova L. P., Potrakhov N. N., Gryaznov A. Y., Bessonov V. B., Obodovskii A. V., Staroverov N. E. X-Ray computer methods for studying the structural integrity of seeds and their importance in modern seed science // Technical Physics. 2019. Vol. 64, N 4. P. 582—592. DOI: 10.1134/S1063784219040030.

15. Arya N., Kaur J., Verma A., Dhanik J., Vivekanand. Chemical Composition of Leaf Essential Oil of Wild and Domestic Genotypes of *Murraya paniculata* L. // Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2017. Vol. 20, N 2. P. 468—473. DOI: 10.1080/0972060X.2017.1312552.
16. Chen S.-L., Yu H., Luo H.-M., Wu Q., Li C.-F., Steinmetz A. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects // Chinese Medicine. 2016. Vol. 11. Art. 37. DOI: 10.1186/s13020-016-0108-7.
17. Dosoky N. S., Satyal P., Gautam T. P., Setzer W. N. Composition and Biological Activities of *Murraya paniculata* (L.) Jack. Essential Oil from Nepal // Medicines. 2016. Vol. 3, N 7. DOI: 10.3390/medicines3010007.
18. Environment Weeds of Australia. *Murraya paniculata* (L.) Jack, 2016. URL: https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/murraya_paniculata.htm.
19. FAO. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, 2013. URL: <http://www.fao.org/docrep/019/i3704e/i3704e.pdf>.
20. Ferracin R. J., da Silva M. F., Das G. F., Fernandes J. B., Vieira P. C. Flavonoids from the fruits of *Murraya paniculata* // Phytochemistry. 1998. Vol. 47. P. 393—396. DOI: 10.1016/S0031-9422(97)00598-0.
21. Gautam M. K., Gupta A., Vijaykumar M., Rao C. V., Goel R. K. Studies on the hypoglycemic effects of *Murraya paniculata* Linn. extract on alloxan-induced oxidative stress in diabetic and non-diabetic models // Asian Pacific Journal of Tropical Disease. 2012. P. 186—191. DOI: 10.1016/S2222-18081260149-2.
22. Hamilton A. C. Medicinal plants, conservation and livelihoods // Biodiversity & Conservation. 2004. Vol. 13. P. 1477—1517. DOI: 10.1007/s10531-006-9125-7.
23. Mita T. A., Shihan M. H., Rahman M., Sharmin T., Maleque M., Alvi M. R.-U.-H., Chowdury S. R. In vitro antioxidant, cytotoxic, thrombolytic, antimicrobial, and membrane stabilizing activities of *Murraya paniculata* // American Journal of Research Communication. 2015. Vol. 1, N 5. P. 226—237.
24. *Murraya paniculata* (L.) Jack in GBIF Secretariat // GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset, 2019. URL: <https://doi.org/10.15468/39omei>.
25. Mustaqim W. A., Raihandhany R. *Murraya paniculata* (L.) Jack Rutaceae // Ethnobotany of the Mountain Regions of Southeast Asia. Springer, 2020. P. 1—11. DOI: 10.1007/978-3-030-14116-5_167-1.
26. 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. Vol. 35 (4E). P. 3650—3655.
27. Ng M. K., Abdulhadi-Noaman Y., Cheah Y. K., Yeap S. K., Alitheen N. B. Bioactivity studies and chemical constituents of *Murraya paniculata* (Linn) Jack. // International Food Research Journal. 2012. Vol. 19, N 4. P. 1307—1312.
28. Nugroho A. E., Riyanto S., Sukari M. A., Maeyama K. Effects of flavonoids isolated from orange jasmine (*Murraya paniculata* [L.] Jack.) on histamine release from mast cells // Majalah Obat Tradisional. 2010. Vol. 15, N 1. P. 34—40.
29. Philippine medicinal plants. URL: <http://www.stuartxchange.com/Kamuning.html>.
30. Podder M. K., Das B. N., Saha A., Ahmed M. Analgesic activity of bark of *Murraya paniculata* // International Journal of Medicine and Medical Sciences. 2011. Vol. 3. P. 105—108.
31. Prota. *Murraya paniculata* (L.) Jack. URL: https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?h=M26&t=Murraya_paniculata&p=Murraya+paniculata#MajorReferences.
32. Rao N. K., Hanson J., Dulloo M. E., Ghosh K., Nowell D., Larinde M. Manual of seed handling in genebanks // Handbooks for Genebanks. N. 8. Bioversity International, Rome, Italy, 2006. URL: https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/1167.pdf.
33. Saeed S., Shah S., Mehmood R., Malik A. Paniculacin, a new coumarin derivative from *Murraya paniculata* // Journal of Asian Natural Products Research. 2011. Vol. 13, N 8. P. 724—727. DOI: 10.1080/10286020.2011.586343.
34. Saqib F., Ahmed M. G., Janbaz K. H., Dewanjee S., Jaafar H. Z. E., Zia-Ul-Haq M. Validation of ethnopharmacological uses of *Murraya paniculata* in disorders of diarrhea, asthma and hypertension // BMC Complementary and Alternative Medicine. 2015. Vol. 15. P. 319—326. DOI: 10.1186/s12906-015-0837-7.
35. Sayar K., Paydar M., Pinguan-Murphy B. Pharmacological properties and chemical constituents of *Murraya paniculata* (L.) Jack. // Medicinal & Aromatic Plants. 2014. Vol. 3. P. 1—6. DOI: 10.4172/2167-0412.1000173.
36. Seed Information Database — SID, 2021. URL: <https://data.kew.org/sid/>
37. Seidemann J. World Spice Plants. Economic Usage, Botany, Taxonomy. Berlin : Springer, 2005. 592 p.
38. Sharker M., Shahid I. J., Hasanuzzaman M. Antinociceptive and bioactivity of leaves of *Murraya paniculata* (L.) Jack, Rutaceae // Brazilian Journal of Pharmacognosy. 2019. Vol. 19, N 3. P. 746—748. DOI: 10.1590/S0102-695X2009000500016.

39. Sundaram M., Sivakumar K., Karthikeyan, Bhuvaneshwar, Aishwarya, Thirumalai, Pennarasi M. Studies on in vitro antibacterial, antifungal property and antioxidant potency of *Murraya paniculata* // Pakistan Journal of Nutrition. 2011. Vol. 10. P. 925—929. DOI: 10.3923/pjn.2011.925.929.

Поступила в редакцию 08.04.2021

Рогулева Наталья Олеговна, кандидат биологических наук
Ботанический сад Самарского университета
Российская Федерация, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 36
E-mail: strona@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-8076-9295

Янков Николай Викторович, агроном
Ботанический сад Самарского университета
Российская Федерация, 443086, г. Самара, Московское шоссе, 36
E-mail: yankov-n@mail.ru
ORCID: 0000-0003-4782-9863

UDC 581.14+581.16+581.6+631.53.02

N. O. Roguleva

N. V. Yankov

Control of the viability of seeds of *Murraya paniculata* (L.) Jack

The article provides data on germination, plump condition, morphology and weight of 1000 seeds collected from adult *Murraya paniculata* plants growing in the greenhouse of the Botanical Garden of Samara University. An express assessment of the quality of seeds was carried out by the method of digital microfocography. The seed plumpness ranged from 96.5 to 100%. No signs of seed infestation and damage by pests were found. An increase in the total exposure to X-ray radiation from 2 to 22 s did not show a negative effect on seed germination. Seed sizes ranged from 7.15 to 8.39 mm over 8 years of research. The mass of 1,000 seeds is characterized by the range of variation from 59 to 91 g. The determined mass of a thousand seeds of *Murraya paniculata* correlates with the results of the international seed database Kew, which indicates a successful introduction. Seeds stored for more than a year at a temperature of 24°C completely lose their germinating power. Freshly harvested seeds, when germinated in laboratory conditions, gave the first roots on day 9, leaves on day 18.

Key words: mass of 1000 seeds, microfocography, seed quality, seed viability.

Roguleva Natalia Olegovna, Candidate of Biological Sciences
Botanical garden of the Samara University
Russian Federation, 443086, Samara, Moskowskoye shosse, 36
E-mail: strona@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-8076-9295

Yankov Nikolay Viktorovich, Agronomist
Botanical garden of the Samara University
Russian Federation, 443086, Samara, Moskowskoye shosse, 36
E-mail: yankov-n@mail.ru
ORCID: 0000-0003-4782-9863

References

1. Bezukh E. P., Potrakhov N. N., Bessonov V. B. Primenenie metoda mikrofokusnoi rentgenografii dlya kontrolya kachestva semyan plodovykh kul'tur [Application of the method of microfocography for quality control of fruit crops seeds]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva: teor. i nauch-prakt. zhurn.*, 2016, is. 89, pp. 106—112. (In Russian)

2. Boiko L. I. Kul'tivuvannya *Murraya exotica* L. u zakhishchenomu grunti [Cultivation of *Murraya exotica* L. in protected soil]. *Introduktsiya roslin*, 2013, no. 3, pp. 55—57. (In Ukrainian)
3. Zaitsev G. N. *Metodika biometricheskikh raschetov. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noi botanike* [Methods of biometric calculations. Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Nauka Publ., 1973, 256 p. (In Russian)
4. Musaev F. B., Potrakhov N. N., Beletskii S. L. *Kratkii atlas rentgenograficheskikh priznakov semyan ovoshchnykh kul'tur* [A brief atlas of X-ray characteristics of vegetable seeds]. Moscow, FGBNU FNTsO Publ., 2018. 40 p. (In Russian)
5. Nesterova S. V. *Kriokonservatsiya semyan dikorastushchikh rastenii Primorskogo kraja: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* [Cryopreservation of seeds of wild plants of the Primorsky Kray. Abstr. Cand. Dis.]. Vladivostok, 2004. 24 p. (In Russian)
6. Nikol'skii M. A., Pankin M. I., Lar'kina M. D., Gryaznov A. Yu., Potrakhov N. N. *Opreделение vskhozhesti semyan vinograda metodom mikrofokusnoi rentgenografii* [Determination of germination of grape seeds by microfocus X-ray radiography]. Krasnodar, Izdat. dom "Yug" Publ., 2014. 20 p. (In Russian)
7. *Rentgenograficheskii analiz kachestva semyan ovoshchnykh kul'tur* [X-ray analysis of the quality of vegetable seeds]. St. Petersburg, SPbGETU "LETI" Publ., 2015. 42 p. (In Russian)
8. Tkachenko K. G. *Vzaimodopolnyayushchie metody izucheniya i sokhraneniya redkikh i poleznykh rastenii v usloviyakh ex situ i in situ* [Complementary methods of studying and preserving rare and useful plants in ex situ and in situ conditions]. *Nauchnye vedomosti. Ser. Estestvennye nauki*, 2010, no. 9 (80), is. 11, pp. 25—32. (In Russian)
9. Tkachenko K. G. *Rentgenograficheskii metod opredeleniya kachestva reproduktivnykh diaspor i vyyavleniya v nikh vreditelei* [X-ray method for determining the quality of reproductive diasporas and identifying pests in them]. *Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditelei i patogenov drevesnykh rastenii: ot teorii k praktike: materialy Vseros. konf. s mezhdunar. uchastiem* [Monitoring and biological methods of control of pests and pathogens of woody plants: from theory to practice. Proceed. of All-Russia conf. with internat. participation]. Krasnoyarsk, 2016, pp. 226—227. (In Russian)
10. Trubnikov A. M., Yankov N. V. *Registratsiya epidermal'nykh struktur list'ev drevesnykh rastenii metodom planshetnogo skanirovaniya* [Registration of epidermal structures of leaves of woody plants by the method of flatbed scanning]. *Nauchnaya zhizn'*, Moscow, 2018, no. 8, pp. 84—91. (In Russian)
11. Aguilar-Stoen M., Moe S. R. *Medicinal plant conservation and management: distribution of wild and cultivated species in eight countries. Plant Conservation and Biodiversity*, 2007, vol. 16, no. 6, pp. 1973—1981. DOI: 10.1007/s10531-006-9125-7.
12. Ahmed W. S., Abdel-Lateef E. E. S., El-Wakil E. A., Abdel-Hameed E. S. S. *In vitro antioxidant and antimicrobial properties of Murraya paniculata L. extracts as well as identification of their active secondary metabolites. HPLC-ESI-MS. Der Pharma Chemica*, 2019, vol. 11, no. 3, pp. 1—7.
13. Arkhipov M. V., Priatkin N. S., Gusakova L. P., Karamysheva A. V., Trofimuk L. P., Potrakhov N. N., Bessonov V. B., Shchukina P. A. *Microfocus X-Ray method for detecting hidden defects in seeds of woody forest species and other types of vascular plants. Technical Physics*, 2020, vol. 65, no. 2, pp. 324—332. DOI: 10.1134/S1063784220020024.
14. Arkhipov M. V., Priatkin N. S., Gusakova L. P., Potrakhov N. N., Gryaznov A. Y., Bessonov V. B., Obodovskii A. V., Staroverov N. E. *X-Ray computer methods for studying the structural integrity of seeds and their importance in modern seed science. Technical Physics*, 2019, vol. 64, no. 4, pp. 582—592. DOI: 10.1134/S1063784219040030.
15. Arya N., Kaur J., Verma A., Dhanik J., Vivekanand. *Chemical Composition of Leaf Essential Oil of Wild and Domestic Genotypes of Murraya paniculata L. Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 2017, vol. 20, no. 2, pp. 468—473. DOI: 10.1080/0972060X.2017.1312552.
16. Chen S.-L., Yu H., Luo H.-M., Wu Q., Li C.-F., Steinmetz A. *Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. Chinese Medicine*, 2016, vol. 11, art. 37. DOI: 10.1186/s13020-016-0108-7.
17. Dosoky N. S., Satyal P., Gautam T. P., Setzer W. N. *Composition and Biological Activities of Murraya paniculata (L.) Jack. Essential Oil from Nepal. Medicines*, 2016, vol. 3, no. 7. DOI: 10.3390/medicines3010007.
18. *Environment Weeds of Australia. Murraya paniculata (L.) Jack*, 2016. Available at: https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/murraya_paniculata.htm.
19. *FAO. Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, 2013. Available at: <http://www.fao.org/docrep/019/i3704e/i3704e.pdf>.
20. Ferracin R. J., da Silva M. F., Das G. F., Fernandes J. B., Vieira P. C. *Flavonoids from the fruits of Murraya paniculata. Phytochemistry*, 1998, vol. 47, pp. 393—396. DOI: 10.1016/S0031-9422(97)00598-0.

21. Gautam M. K., Gupta A., Vijaykumar M., Rao C. V., Goel R. K. Studies on the hypoglycemic effects of *Murraya paniculata* Linn. extract on alloxan-induced oxidative stress in diabetic and non-diabetic models. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2012, pp. 186—191. DOI: 10.1016/S2222-18081260149-2.
22. Hamilton A. C. Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiversity & Conservation*, 2004, vol. 13, pp. 1477—1517. DOI: 10.1007/s10531-006-9125-7.
23. Mita T. A., Shihan M. H., Rahman M., Sharmin T., Maleque M., Alvi M. R.-U.-H., Chowdury S. R. In vitro antioxidant, cytotoxic, thrombolytic, antimicrobial, and membrane stabilizing activities of *Murraya paniculata*. *American Journal of Research Communication*, 2015, vol. 1, no. 5, pp. 226—237.
24. *Murraya paniculata* (L.) Jack in GBIF Secretariat. *GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset*, 2019. Available at: <https://doi.org/10.15468/39omei>.
25. Mustaqim W. A., Raihandhany R. *Murraya paniculata* (L.) Jack Rutaceae. *Ethnobotany of the Mountain Regions of Southeast Asia*. Springer, 2020, pp. 1—11. DOI: 10.1007/978-3-030-14116-5_167-1.
26. 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, vol. 35 (4E), pp. 3650—3655.
27. Ng M. K., Abdulhadi-Noaman Y., Cheah Y. K., Yeap S. K., Alitheen N. B. Bioactivity studies and chemical constituents of *Murraya paniculata* (Linn) Jack. *International Food Research Journal*, 2012, vol. 19, no. 4, pp. 1307—1312.
28. Nugroho A. E., Riyanto S., Sukari M. A., Maeyama K. Effects of flavonoids isolated from orange jasmine (*Murraya paniculata* [L.] Jack) on histamine release from mast cells. *Majalah Obat Tradisional*, 2010, vol. 15, no. 1, pp. 34—40.
29. *Philippine medicinal plants*. Available at: <http://www.stuartxchange.com/Kamuning.html>.
30. Podder M. K., Das B. N., Saha A., Ahmed M. Analgesic activity of bark of *Murraya paniculata*. *International Journal of Medicine and Medical Sciences*, 2011, vol. 3, pp. 105—108.
31. *Prota. Murraya paniculata (L.) Jack*. Available at: https://www.prota4u.org/database/protav8.asp?h=M26&t=Murraya_paniculata&p=Murraya+paniculata#MajorReferences.
32. Rao N. K., Hanson J., Dulloo M. E., Ghosh K., Nowell D., Larinde M. Manual of seed handling in genebanks. *Handbooks for Genebanks. N. 8*. Bioversity International, Rome, Italy, 2006. Available at: https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/1167.pdf.
33. Saeed S., Shah S., Mehmood R., Malik A. Paniculacin, a new coumarin derivative from *Murraya paniculata*. *Journal of Asian Natural Products Research*, 2011, vol. 13, no. 8, pp. 724—727. DOI: 10.1080/10286020.2011.586343.
34. Saqib F., Ahmed M. G., Janbaz K. H., Dewanjee S., Jaafar H. Z. E., Zia-Ul-Haq M. Validation of ethnopharmacological uses of *Murraya paniculata* in disorders of diarrhea, asthma and hypertension. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2015, vol. 15, pp. 319—326. DOI: 10.1186/s12906-015-0837-7.
35. Sayar K., Paydar M., Pinguan-Murphy B. Pharmacological properties and chemical constituents of *Murraya paniculata* (L.) Jack. *Medicinal & Aromatic Plants*, 2014, vol. 3, pp. 1—6. DOI: 10.4172/2167-0412.1000173.
36. *Seed Information Database — SID*, 2021. Available at: <https://data.kew.org/sid/>
37. Seidemann J. *World Spice Plants. Economic Usage, Botany, Taxonomy*. Berlin, Springer, 2005. 592 p.
38. Sharker M., Shahid I. J., Hasanuzzaman M. Antinociceptive and bioactivity of leaves of *Murraya paniculata* (L.) Jack, Rutaceae. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 2019, vol. 19, no. 3, pp. 746—748. DOI: 10.1590/S0102-695X2009000500016.
39. Sundaram M., Sivakumar K., Karthikeyan, Bhuvaneshwar, Aishwarya, Thirumalai, Pennarasi M. Studies on in vitro antibacterial, antifungal property and antioxidant potency of *Murraya paniculata*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2011, vol. 10, pp. 925—929. DOI: 10.3923/pjn.2011.925.929.