

*УДК 58.087

UDC 58.087

**ОЦЕНКА ПОСЕВНЫХ
КАЧЕСТВ СЕМЯН РАСТЕНИЙ
БОТАНИЧЕСКОГО САДА
ПЕТРА ВЕЛИКОГО
МЕТОДОМ МИКРОФОКУСНОЙ
РЕНТГЕНОГРАФИИ***

**EVALUATION OF SEEDS
SOWING QUALITIES OF PLANTS
IN THE BOTANIC GARDEN
OF GREAT PETER
BY MEANS OF
MICRO FOCUS X-RAY**

Староверов Николай Евгеньевич
инженер кафедры электронных
приборов и устройств

Staroverov Nikolaj
engineer of the Department of Elec-
tronic instruments and Devices

*Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина),
Санкт-Петербург, Россия*

*St. Petersburg State Electric
and technical University "LETI"
named after V.I. Ulyanov (Lenin),
St. Petersburg, Russia*

В статье отмечено, что одной из основных причин снижения посевных качеств семян и посадочного материала является наличие в них различных внутренних дефектов, таких как скрытая травмированность или повреждение вредителями. Семена со скрытыми дефектами не могут быть отсортированы на сортировальных машинах, и поэтому они являются постоянной составляющей всех производственных партий семян. Такие семена можно выявить с помощью рентгенографического анализа. Для контроля качества семян и исследования их внутренней структуры применяется микрофокусная рентгенография. Цель настоящей работы – разработка методики микрофокусной рентгенографии для определения качества плодов и семян. По результатам проведенных исследований разработана методика, включающая определение необходимого коэффициента увеличения изображения, а также режима работы рентгеновского аппарата: напряжение, анодный ток, время экспозиции. Выбраны режимы рентгенографии для контроля семян и плодов, различных по структуре и размерам. Подтверждено использование методики для исследования плодов и семян различного размера.

It is noted in this article that one of the main reasons for the decline of sowing qualities of seeds and planting material is the presence of various internal defects, such as a hidden injury or damage by pests. The seeds with the hidden defects can not be sorted by the sorting machines, and so they are a constant component of all production batches of fruits and seeds. These seeds can be detected by microfocus X-ray analysis. Microfocus X-ray can be used to control of seeds quality and to study their internal structure. The purpose of this work is the development of microfocus X-ray technique to determine the quality of fruits and seeds. As a result of our carried out research the voltage, anode current and exposure time are included in the definition of the required zoom factor modes of X-ray apparatus. The modes of microfocus X-ray for control of different structure and size seeds was selected. It was confirmed that the technique can be used to inspect the seeds of various sizes. The method

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Проведена апробация методики на большом количестве плодов и семян из коллекции Ботанического сада Петра Великого (г. Санкт-Петербург). Результатами апробации подтверждено, что использование методики микрофокусной рентгенографии позволяет оперативно отобрать выполненные, не поражённые вредителями семена и использовать их для последующего посева и получения большего числа всходов. Показаны перспективы разработанной методики в выявлении проблем с собираемыми семенами.

Ключевые слова: МИКРОФОКУСНАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ, КАЧЕСТВО СЕМЯН

is tested on a large number of seeds from the collection of the Botanic Garden of Great Peter (Sankt-Petersburg). It has been confirmed by results of our carried out research that the use of microfocus X-ray technique allows you to quickly select the seed of good quality, not affected by pest and to use them for future planting and also to receive of a greater number of shoots. The prospects for a technique to identify the problems with the collected seeds had been shown.

Key words: MICROFOCUS X-RAY, NONDESTRUCTIVE CONTROL, QUALITY OF SEEDS

Введение. Ботанические сады и собранные в них генетические коллекции играют важную роль в мобилизации, изучении и сохранении генетических ресурсов растительных организмов. В таких национальных коллекциях проводится серьезная научная работа, направленная на отбор разнообразных форм, создание условий для межвидовой гибридизации, проведение селекционной работы. Таким образом, ботанические сады выступают в роли центров сохранения и изучения биологического разнообразия растений – собирают, изучают и коллекционируют живые растительные организмы. Анализ многолетних данных об интродуцированных видах в ботанических садах страны позволяет дать оценку перспектив их выращивания в новых для них почвенно-климатических условиях. Кроме этого, сады являются также источниками маточного материала для решения вопросов сохранения и возвращения видов в места их естественного произрастания (реинтродукции) [1]. Между такими национальными коллекциями проводится обмен посадочным материалом, в частности семенами, в связи с чем возникает вопрос об оценке посевных качеств семян как отправляемых в другие коллекции генетических ресурсов, так и получаемых для пополнения существующих коллекций.

Для такой оценки, на наш взгляд, наиболее перспективным методом является рентгеноскопический анализ, позволяющий неdestructивным методом оперативно определять качество семян и плодов и выявлять полноценные (полнозерные), щуплые (пустые) и пораженные вредителями семена разных видов растений [2]. В то же время среди множества методов рентгенологических исследований микрофокусная рентгенография является наиболее перспективной для оценки качества семян, поскольку с ее помощью можно получить резкое и увеличенное в десятки раз изображение объекта, что дает возможность надежно выявлять такие дефекты семян, как невыполненность, поражение вредителями, трещиноватость [2, 3].

Объекты и методы исследований. Материалом для исследования служили коллекционные образцы некоторых видов семян растений, которые произрастают на территории парка-дендрария Ботанического сада Петра Великого. Основным требованием к растениям, участвовавшим в исследованиях, было наличие разного вида семян (боб, орешек, двураздельная семянка), что позволяло индивидуально для каждого вида подбирать режимы съемки, получая наиболее информативные и достоверные результаты. Разработка методики исследования семян проводилась осенью 2015 года, на основе результатов предыдущих исследований [3 - 6].

Рентгенографический анализ проводился с помощью установки ПРДУ-02 (рис.1), предназначенной для оперативного контроля качества продовольственного и фуражного зерна, семян зерновых и овощных культур, саженцев различных растений. Установка состоит из рентгенозащитной камеры, источника рентгеновского излучения (в верхней части камеры), пульта управления рентгеновским излучением, предметного столика и приемника изображений. Анодное напряжение рентгеновской трубки может изменяться в диапазоне от 5 до 50 кВ, ток рентгеновской трубки может изменяться от 20 до 200 мкА.



Рис. 1. Рентгеновская установка ПРДУ-02

Одним из основных достоинств ПРДУ-02 является малый размер фокусного пятна рентгеновской трубки (менее 40 мкм), что позволяет получать для различных объектов резкие и контрастные изображения с увеличением до 20 раз. В качестве приемника использовалась CR система DIGORA PCT. Время от включения рентгеновского аппарата до получения изображения на экране ЭВМ составляет около 3 минут.

Обсуждение результатов. В результате проведенных исследований была разработана методика оценки посевных качеств семян растений разных ботанических видов. Методика состоит из следующих пунктов:

1. Для проведения рентгенографических исследований подготавливается карточка с семенами (рис.2). Карточка должна иметь рабочее поле из бумаги с клейким слоем площадью, допускающей размещение группы семян, которая изменяется в зависимости от выбранного коэффициента увеличения изображения. Чем больше коэффициент увеличения, тем меньше размер рабочего поля карточки, поэтому целесообразно выбирать наименьший удовлетворительный коэффициент увеличения изображения.



Рис. 2. Карточка с семенами

2. Для получения контрастных изображений требуется правильно выбрать анодное напряжение рентгеновской трубки и экспозицию. Поэтому в ходе работы были сделаны серии рентгенограмм различных плодов и семян, с помощью которых были определены оптимальные параметры съемки и необходимые коэффициенты увеличения изображения.

3. После сканирования рентгеночувствительной пластины снимки отображаются на экране компьютера и анализируются оператором. И при необходимости, с помощью компьютерной программы, изменяется яркость и контрастность изображения, а также повышается резкость.

Для рентгенографии семян лобии, лаблаба или долихоса (*Lablab purpureus* (L.) Sweet) (рис. 3) были определены режимы: коэффициент увеличения 3, напряжение 22 кВ, ток 120 мкА, время экспозиции 2 сек.

При таких режимах съемки обеспечивается максимальный контраст изображения. Можно заметить, что на рентгенограмме отчетливо видны внутренние дефекты, такие как невыполненность и трещиноватость некоторых семян.

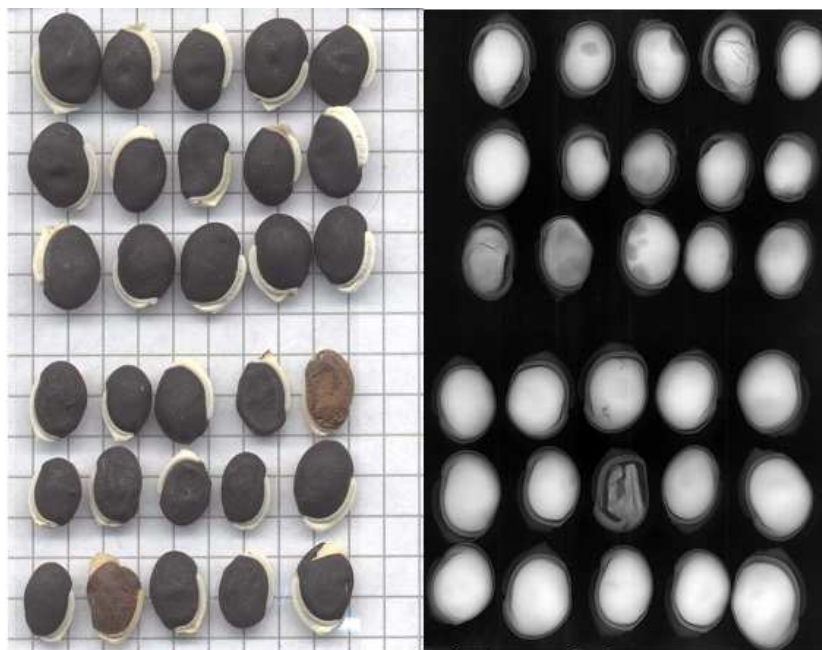


Рис. 3. Внешний вид и рентгенограмма семян *Lablab purpureus*

Рентгеновские снимки орешков Шиповника французского (*Rosa gallica* L.) и Шиповника морщинистого (*Rosa rugosa* Thunb.) представлены на рис. 4 и 5, соответственно. Рентгеновские снимки наглядно демонстрируют, что метод микрофокусной рентгенографии позволяет рассмотреть орешки, развитость в орешках семени, наличие в них личинок вредителей (на рентгенограммах выполненные и развитые семена, за счёт большей плотности и соответственно большего поглощения излучения, – светлые; личинки легко определяются зрительно по их характерной форме). Для просвечивания всех орешков использовался режим: напряжение 18 кВ, ток трубки 120 мкА, время экспозиции 2 сек. Съемка проводилась с коэффициентом увеличения в 3 раза.

Как можно увидеть на рис.4 и 5, микрофокусная рентгенография, даже с коэффициентом увеличения 3, дает возможность надежно отличить пораженные вредителями и невыполненные семена.

Для определения режимов проведения рентгенографического анализа мелких семян были сделаны серии рентгенограмм семян Фенхеля обыкновенного (*Foeniculum vulgare* Mill. L.) (рис. 6).



Рис. 4. Внешний вид и рентгенограмма орешков *Rosa gallica*

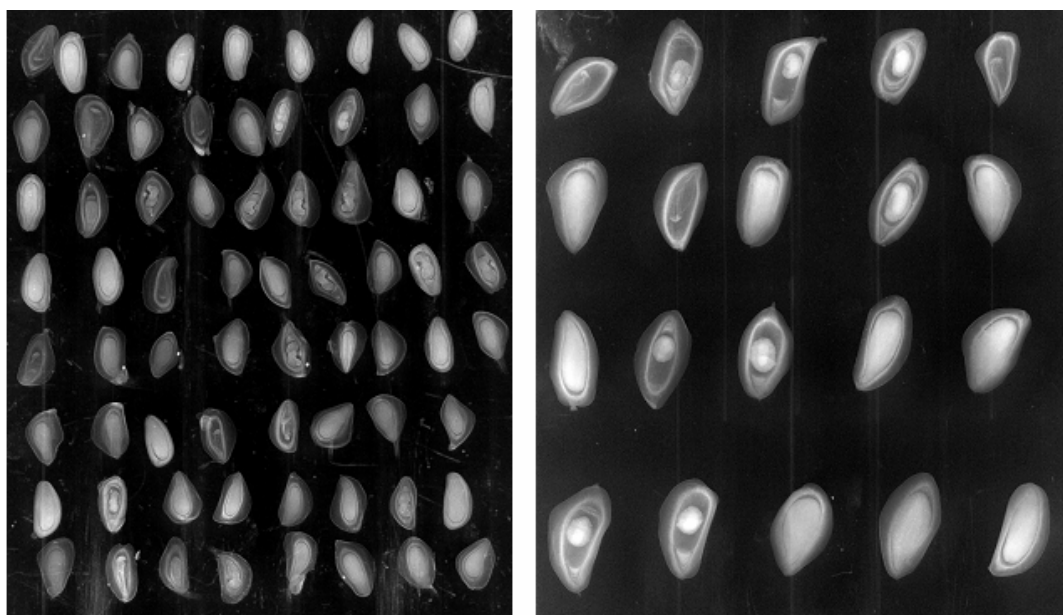


Рис. 5. Рентгенограммы орешков *Rosa rugosa*

Так как семена имеют достаточно маленькую толщину в направлении просвечивания, для увеличения контраста изображения пришлось понизить рабочее напряжение рентгеновской трубки. Рентгенограммы были получены при напряжении 15 кВ, токе трубки 120 мкА, времени экспозиции 2 сек. Эти параметры съемки позволили получить снимки тонких семян с хорошим контрастом, что недостижимо в случае использования большего анодного напряжения.

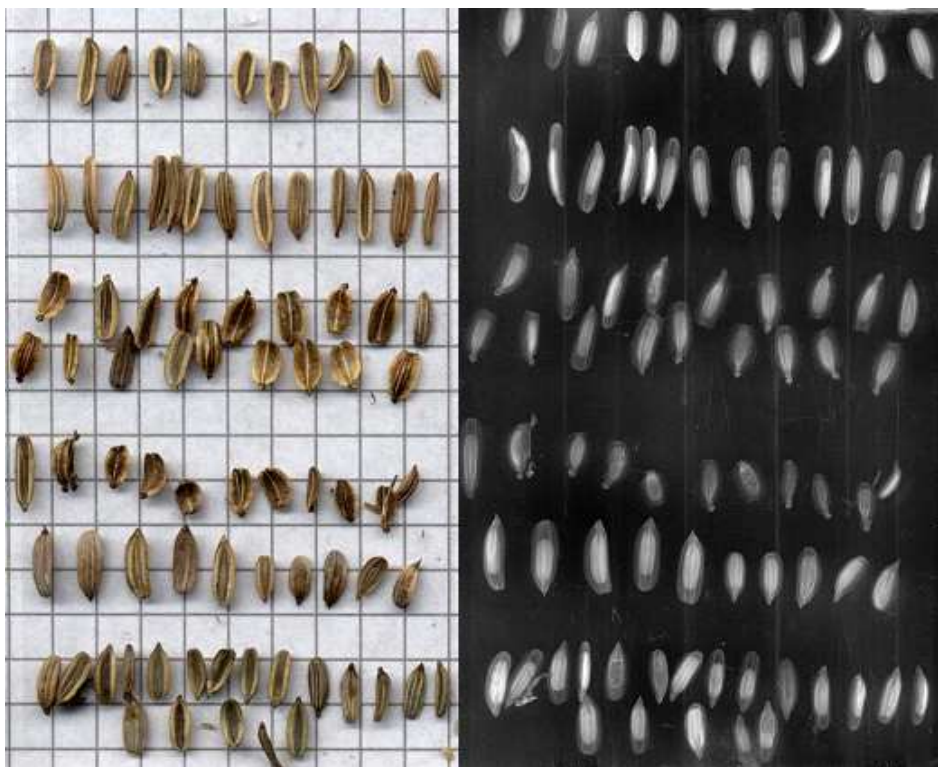


Рис. 6. Внешний вид и рентгенограмма семян *Foeniculum vulgare*

Рентгеновские снимки семян Борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) представлены на рис. 7 и 8.

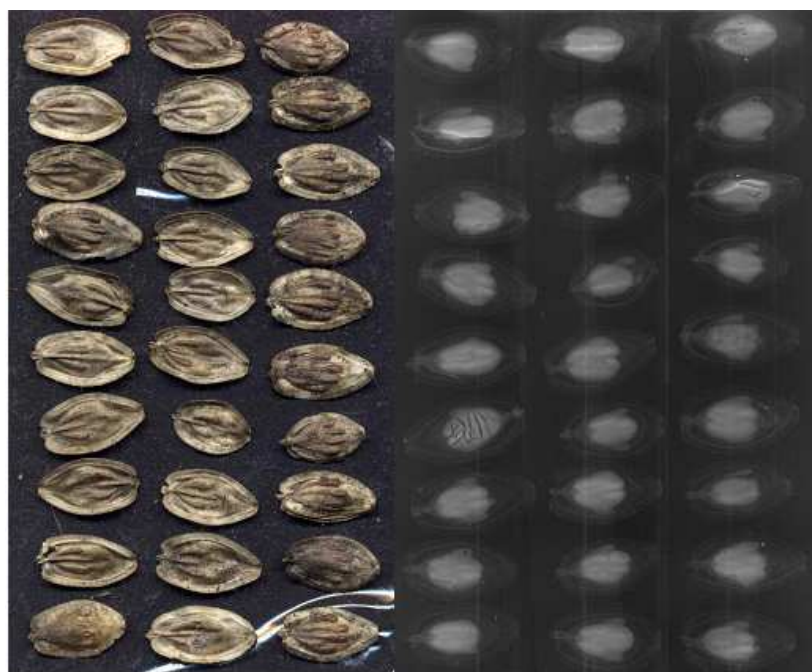


Рис. 7. Общий вид и рентгенограмма семян *Heracleum-sosnowskyi*



Рис. 8. Рентгеновский снимок семени *Heracleum sosnowskyi* с пятикратным увеличением

Снимки, полученные по разработанной методике, позволили выявить трещиноватые семена. Также для семян, имеющих трещины, были сделаны рентгеновские снимки с большим увеличением для лучшего отображения внутренней структуры семени.

Выводы. Предложенная методика оценки качества плодов и семян позволяет упростить работу и снизить трудозатраты по очистке семенного материала, получить результаты оперативно и без проверки качества семян традиционными способами.

Экспериментальная проверка методики показала, что в большинстве случаев для выявления повреждений и дефектов семян достаточно съемки с трехкратным увеличением изображения. Также было показано, что с помощью микрофокусной рентгенографии можно обнаруживать не только пустые и невыполненные, но и трещиноватые семена.

Было подтверждено, что методика без потери качества может использоваться для семян, различных по плотности и размерам. Перспективным является разработка программного обеспечения для автоматического анализа снимков семян. Предложенная методика, конечно же, не заменяет

стандартную проверку лабораторной и грунтовой (полевой) всхожести, но позволяет быстро сделать предварительную оценку качества партии плодов и семян и разработать направления дальнейших исследований.

Литература

1. Ткаченко, К.Г. Ботанические коллекции – потенциальные источники возможных новых адвентивных и инвазивных видов / К.Г. Ткаченко // Вестник удмуртского университета. – 2013. – Вып. 2. – С. 39-42
2. Архипов, М.В. Микрофокусная рентгенография растений / М.В. Архипов, Н.Н. Потрахов. – С-Пб.: Технолит, 2008. – 194 с.
3. Архипов, М.В. Методика рентгенографии в земледелии и растениеводстве / М.В. Архипов, Д.И. Алексеева, Н.Ф. Батыгин [и др.]. – М.: РАСХН, 2001. – 102 с.
4. Никольский, М.А. Определение всхожести семян винограда, методом микрофокусной рентгенографии. Учебно-методическое пособие. / М.А. Никольский, М.И. Панкин, М.Д. Ларькина [и др.]. // – Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2014. – 20 с.
5. Архипов, М.В. Интроскопический метод ускоренного определения скрытой заселенности зерна карантинными вредителями: методические рекомендации / М.В. Архипов, Д.И. Алексеева, Л.П. Великанов, Л.П. [и др.]. – С-Пб, 2005. – 28 с.
6. Никольский М.А. Микрофокусная рентгенография в виноградарстве. Методические рекомендации // М.А. Никольский, А.А. Лукьянова, М.И. Панкин, А.Ю. Грязнов, Л.П. Великанов, М.В. Архипов, Н.Н. Потрахов. Анапа, 2012. – 91 с.

References

1. Tkachenko, K.G. Botanicheskie kollekcii – potencial'nye istochniki vozmozhnyh novyh adventivnyh i invazivnyh vidov / K.G. Tkachenko // Vestnik udmurtskogo universiteta. – 2013. – Vyp. 2. – S. 39-42
2. Arhipov, M.V. Mikrofokusnaja rentgenografija rastenij / M.V. Arhipov, N.N. Potrahov. – S-Pb.: Tehnolit, 2008. – 194 s.
3. Arhipov, M.V. Metodika rentgenografii v zemledelii i raste-nievodstve / M.V. Arhipov, D.I. Alekseeva, N.F. Batygin [i dr.]. – M.: RASHN, 2001. – 102 s.
4. Nikol'skij, M.A. Opredelenie vshozhesti semjan vinograda, metodom mikrofokusnoj rentgenografii. Uchebno-metodicheskoe posobie. / M.A. Nikol'skij, M.I. Pankin, M.D. Lar'kina [i dr.]. // – Krasnodar: Iz-datel'skij Dom – Jug, 2014. – 20 s.
5. Arhipov, M.V. Introskopicheskij metod uskorenного opredelenija skrytoj zaselennosti zerna karantinnyimi vrediteljami: metodicheskie rekomendacii / M.V. Arhipov, D.I. Alekseeva, L.P. Velikanov, L.P. [i dr.]. – S-Pb, 2005. – 28 s.
6. Nikol'skij M.A. Mikrofokusnaja rentgenografija v vinogradarstve. Metodicheskie rekomendacii // M.A. Nikol'skij, A.A. Luk'janova, M.I. Pankin, A.Ju. Grjaznov, L.P. Velikanov, M.V. Arhipov, N.N. Potrahov. Anapa, 2012. – 91 s.