

УДК 635.4:631.531.011
https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-40-44

Мусаев Ф.Б., Харченко В.А.,
Антошкина М.С.

«Федеральный научный центр овощеводства»
(ФГБНУ ФНЦО)
143072, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н,
п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14
E-mail: vniissok@mail.ru, musayev@bk.ru

Ключевые слова: рентгенография, качество семян,
зародыш, проростки, всхожесть, дефекты семян,
невыполненность семян, зеленные культуры.

Конфликт интересов: Авторы заявляют
об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Мусаев Ф.Б., Харченко В.А.,
Антошкина М.С. ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-БИОФИЗИЧЕ-
СКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЗЕЛЕН-
НЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР. Овощи России.
2019;(3):40-44. https://doi.org/10.18619/2072-9146-
2019-3-40-44

Поступила в редакцию: 08.05.2019
Опубликована: 25.06.2019

Musayev F.B., Kharchenko V.A.,
Antoshkina M.S.

FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
Selectionnaya str., 14, p. VNISSOK,
Odintsovo district, Moscow region,
Russia, 143072
E-mail: vniissok@mail.ru,
musayev@bk.ru

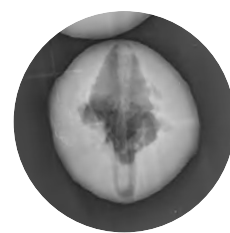
Keywords: X-ray analysis, quality of seeds, nucleus,
sprouts, viability, defects of seeds, undeveloped of
seeds, leaf vegetable.

Conflict of interest: The authors declare
no conflict of interest.

For citation: Musayev F.B., Kharchenko V.A., Antoshkina
M.S. INSTRUMENTAL AND BIOPHYSICAL METHOD OF
EVALUATION TEST OF SEEDS OF GREEN VEGETABLE
CULTURES. Vegetable crops of Russia. 2019;(3):40-44
(In Russ.) https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-3-
40-44

Received: 08.05.2019
Accepted: 25.06.2019

ИНСТРУМЕНТАЛЬНО- БИОФИЗИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕМЯН ЗЕЛЕННЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР



Вопросы качества высеваемых семян в земледелии имеют первостепенное значение. Использование высококачественных однородных семян является залогом успешного производства продукции растениеводства. Семена овощных культур, в частности, зеленных и пряно-вкусовых, наиболее уязвимы в этом плане ввиду мелких их размеров, длительного периода плодоношения и ряда других факторов. Современные инструментальные методы оценки качества позволяют заглянуть во внутреннюю структуру семян и черпать больше информации. Наиболее подходящим для этих целей является нами разработанный метод микрофокусной рентгенографии семян овощных культур. В данной работе проанализированы семена различных видов зеленных и пряно-вкусовых овощных культур: мялисы, майорана, спаржи, шпината и кресс-салата. Анализ проводился как по методу рентгенографии семян, так и по стандартной методике. Идентифицированы наиболее типичные дефекты и недостатки внутренней структуры семян, влияющие на их хозяйственно-биологические показатели. Проведено сравнение методов. Показано, что рентгенографический анализ качества семян, в частности, жизнеспособности, путем визуализации изображений эффективный и достаточно точный. Небольшая погрешность метода компенсируется с его большей информативностью: то есть, анализ проводится не по принципу всхожих и невсхожих семян, идет их разделение как по жизнеспособности (полноценные, некондиционные), так и по дефектам и недостаткам (невыполненные, уродливые, поврежденные, травмированные и др.). В то же время семена в результате анализа не утилизируются и сохраняются для дальнейшей работы. Метод отличается быстротой и легкостью исполнения. Указаны перспективы развития метода. Это полный автоматический анализ качества семян. К настоящему времени разработан алгоритм автоматического компьютерного рентгенографического анализа качества семян овощных культур, апробирована первая версия программы.

INSTRUMENTAL AND BIOPHYSICAL METHOD OF EVALUATION TEST OF SEEDS OF GREEN VEGETABLE CULTURES

Questions of quality of the sowed seeds in agriculture have paramount value. Use of high-quality uniform seeds is the key to successful production of crop production. Vegetable seeds, in particular, leaf vegetables, are most vulnerable in this plan in view of their shallow amount, the long period of fructing time and some other factors. The modern tool methods of evaluation test allow to glance in internal structure of seeds and to scoop more information. The most suitable for these purposes is us the developed method of microfocal X-ray of vegetable seeds. In this work seeds of different types of green and spicy and flavoring vegetable crops are analysed: melissa, marjoram, asparagus, spinach and garden cress. The analysis was carried out both by a method of r of seeds, and by a standard technique. The most typical defects and shortcomings of internal structure of seeds influencing their economic and biological indicators are identified. Comparison of methods is carried out. It is shown that X-ray analysis of quality of seeds, in particular, viability, by visualization of images efficient and rather precise. The small error of a method is compensated with its bigger informational content: that is, the analysis is carried out not by the principle of viable and not viable seeds, there is their division as on viability (full, low quality), and on defects and shortcomings (outstanding, ugly, the defective, injured, etc.). At the same time seeds as a result of the analysis aren't utilized and remain for further work. The method differs in speed and ease of execution. The prospects of development of a method are specified. It is the integrated automatic analysis of quality of seeds. The algorithm of automatic computer X-ray analysis of quality of vegetable seeds is so far developed, the first version of the program is approved.

Введение

Успешное производство овощной продукции связано с использованием высококачественных и однородных семян. Возможности новых сортов могут проявляться при использовании полноценных однородных семян. Разнокачественность семян у представителей зеленных овощных культур выражена наиболее ярко: большинство видов перекрестноопыляемые, у многих из них растянут период плодоношения, поэтому зачастую семена не вызревают, а мелкие семена ряда видов также не располагают в пользу жизнеспособности [1]. Следовательно, внимание к оценке качества семян зеленных овощных культур должно быть повышенным. Стандартные методы оценки качества семян (ГОСТ 12038-84, ГОСТ 12036-85) хоть и выгодно отличаются своей категоричностью («живое» или «неживое»), но не несут никакой информации о причинах низкого качества семян [2, 3]. Современные инструментальные методы позволяют «заглянуть» во внутреннюю структуру семян и почерпнуть большую информацию об их качестве, отличаются быстротой исполнения, при этом семена не подвергаются к утилизации [4]. При совместной работе сотрудников ФГБНУ ФНЦО (ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур), Агрофизического НИИ и Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета разработан метод микрофокусной мягколучевой рентгенографии семян овощных культур [5, 6]. Метод успешно был применен для широкого набора образцов более 25 видов овощных культур.

Материал и методы

Материалом для исследований явились разнокачественные семена различных видов зеленных и пряно-вкусовых овощных культур: Melissa, майорана, спаржи, шпината и кресс-салата. Семена и растения изучаемых видов между собой отличаются как морфологически, так и биологически.

Рентгенографический анализ качества семян проведен согласно



Рис. 1. Макрофотосъемка семян: а – мелиссы; б – майорана.
Fig. 1. Macro photography of seeds: a – lemon balm (Melissa); b – marjoram.

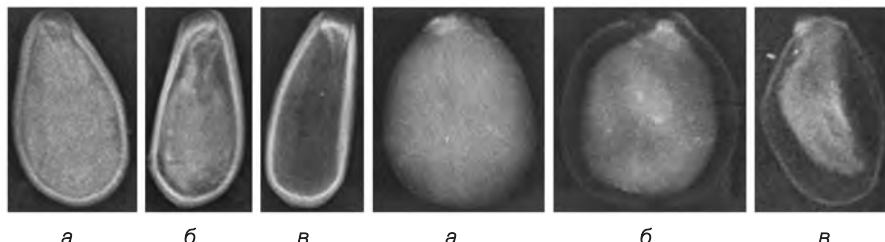


Рис. 2. Макрорентгенсъемка семян мелиссы (слева) и майорана (справа): а – полноценное; б – недовыполненное; в – невыполненное, пустотелое.
Fig. 2. Macro X-ray images of Melissa seeds (left) and marjoram (right): a – full; b – unfilled; c – unfilled, hollow.

«Методике рентгенографического анализа качества семян овощных культур» [7]. Техническими средствами для рентгенографических съемок явились: специализированная передвижная рентгенодиагностическая установка ПРДУ-02; специализированная установка – рентгеновский микроскоп РМ-01 [8].

Проращивание семян проводили на пластмассовых пластинках, выложенных фильтровальной бумагой, в термостате Sanyo MIR-162 с последующим досвечиванием 1-2 суток по ГОСТ 12038-84; ГОСТ 12036-85, затем фотографировали в день подсчета всхожести. Фотографирование семян и проростков проведено в фотолаборатории ВНИИССОК на профессиональном фотоаппарате CANON-5D с макрообъективом CANON-100 с разрешением 12-24 мегапикселей.

Результаты и обсуждение

Экспериментальным путем были подобраны разные режимы съемки для семян различных видов, исходя из их

линейных размеров и плотности (табл. 1). От правильного подбора режимов съемки зависит качество и информативность рентгеновских снимков.

Макрорентгенсъемка семян мелиссы и майорана при их очень малых размерах (рис. 1, 2) показала высокую информативность снимков. Съемки проводили с 50-70 кратным увеличением. Представлены изображения семян мелиссы и майорана как полноценных, так и с характерными дефектами: недозрелые и недоразвитые и невыполненные семядолей.

Выполненные полноценные семена имеют яркую светлую проекцию округлой или овальной формы (рис. 2, а). Зародыш выделяется светлым удлиненным образованием на фоне темной сквозной полоски, обнаруживающей естественную щель между семядолями. Недозрелые и недоразвитые семена на рентгенограммах выглядят многоячеистыми, где темные угловатые ячейки по краям и в середине семени обнаруживают глубокие вмятины и морщины

Таблица 1. Режимы рентгеновской съемки семян овощных культур
Table 1. Modes of X-ray shooting of vegetable seeds

Вид, культура	Размер и форма семян	Напряжение, кВ	Сила тока, мкА	Экспозиция, сек.
Съемка на ПРДУ-2				
Майоран, мелисса	Мелкие	18	90	5
Кресс-салат	Средние	20	100	3
Шпинат, спаржа	Выше среднего	22	120	3
Макросъемка на РМ-1				
Майоран, мелисса	Мелкие	30	40	10
Кресс-салат	Средние	30	40	10
Шпинат, спаржа	Выше среднего	40	60	5

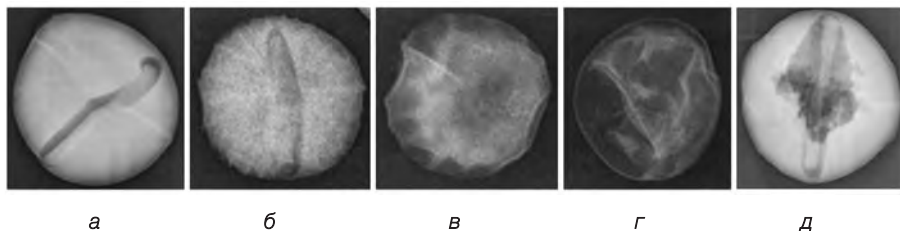


Рис. 3. Рентгеновские изображения разнокачественных семян спаржи:
а – полноценное; б – незрелое; в – невыполненное; г – невыполненное,
д – поврежденное вредителями.

Fig. 3. X-ray images of variegated asparagus seeds:

a – full; б – immature; в – unfulfilled; г – unfulfilled, д – damaged by pests

в семядолях (рис. 2, б). Пустотелые семена выделяются светлым очертанием оболочки, внутри же видны только слабо-светлые тяжи усохших зачатков эндосперма и зародыша (рис. 2, в) [9, 10, 11].

Недостатки и дефекты внутренней структуры семян спаржи также четко

определяются на их рентгеновских проекциях. Наиболее характерные из них приводятся на рисунке 3.

Обнаруженные дефекты и недостатки внутренней структуры семян далее были рассмотрены в связи с их посевными качествами. Была проведена рентгенографическая съемка семян

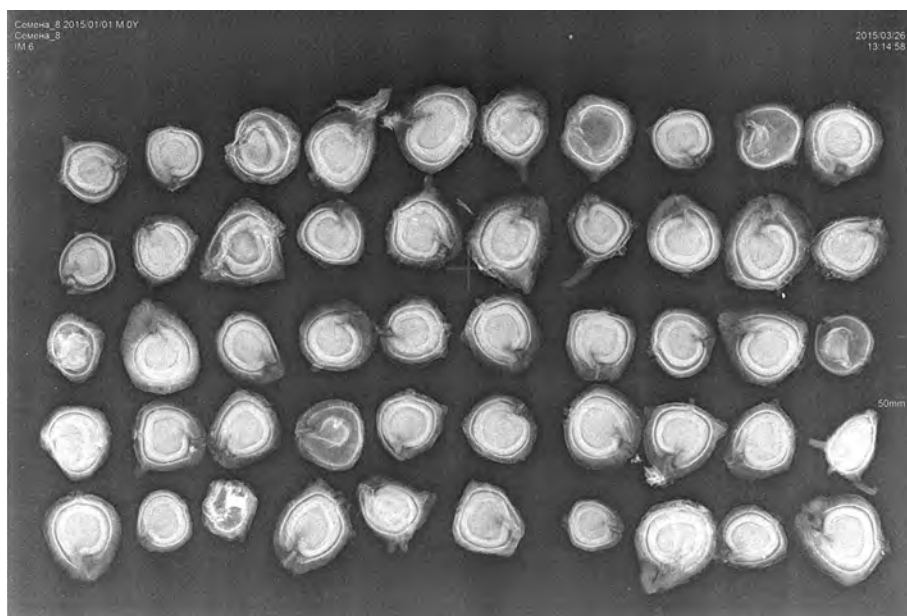


Рис. 4. Рентгенограмма семян шпината сорта Стоик.

Fig. 4. X-ray images of seeds of spinach varieties Stoik.



Рис. 5. Фотография проростков семян шпината сорта Стоик.

Fig. 5. Photo of seedlings of spinach seeds of Stoik variety.

шпината и кресс-салата и дана визуальная оценка их качества по рентгенограммам и результатам последующего их проращивания.

Неоднородность семян шпината, судя по их рентгеновским проекциям, заметна даже при беглом взгляде на рентгенограмму (рис. 4). Анализ рентгенограммы показывает четкую взаимосвязь выявленных недостатков внутреннего строения с их жизнеспособностью. Так, семена №7, 9, 30 и 34 характеризуются как невыполненные, №1, 3, 13 и 21 – как частично невыполненные, а семя №43 выглядит как поврежденное по сочетанию нерегулярных светлых и темных теней. Итого обнаружено 9 неполноценных семян. Результат их проращивания (рис. 5) показал: 33 семени проросли и сформировали нормальные ростки, 8 семян успели наклюнуться к моменту регистрации показателей, 9 семян вовсе не проросли.

В итоге, неполноценные семена с позиции рентгенографического анализа полностью совпали с нежизнеспособными семенами по результатам проращивания, как по количеству, так и по порядку.

По результатам анализа семян трех образцов шпината по десяти рентгенограммам каждого (500 шт.) определен их качественный состав (рис. 6). Рентгенографическая оценка проведена по степени выполненности семян. Данные рисунка 6 показывают, что доля нормальных (выполненных) по рентгеновским проекциям семян (красный столбик) почти совпадает с количеством проросших семян (синий столбик) по всем трем образцам шпината. Прочность этой связи статистически оценивается $r=0,78$.

Также были проанализированы семена кресс-салата, выращенные на юге России (Дербент). Визуальный анализ рентгенограмм семян показал специфическую «рисунчатость» их внутреннего строения (рис. 7б – рентгенограмма), что внешне совсем не заметно (рис. 7а – фотография). Выяснилось, что растения еще на стадии цветения и завязывания семян были повреждены цветоедом, и в результате были сформированы семена с указанными недостатками. На примере рисунков 7 и 8 можно констатировать пагубное влияние обнаруженных дефектов (повреждений) внутренней структуры семян на их всхожесть.

По итогам анализа восьми рентгенограмм (400 семян) проведена количественная оценка жизнеспособности семян кресс-салата. Основными рентгенпризнаками были обозначены нормальные, поврежденные и незрелые семена. Сравнение рентгенографического анализа с результатами лабораторного проращивания показало: из 77% нормальных семян (согласно рентгеноанализа) 71% сформировали всходы и 6% «наклюнулись». Невсхожими оказались все поврежденные (21%) и незрелые (2%) семена (табл. 2, рис. 9). Коэффициент корреляции указанных дефектов со всхожестью семян соста-



Рис. 6. Сопоставление результатов лабораторного проращивания (синий столбик) рентгенографического анализа (оранжевый, серый, желтый) семян образцов шпината, %.

Fig. 6. Comparison of the results of laboratory germination (blue bar) of X-ray analysis (orange, gray, yellow) of seeds of spinach samples, %.

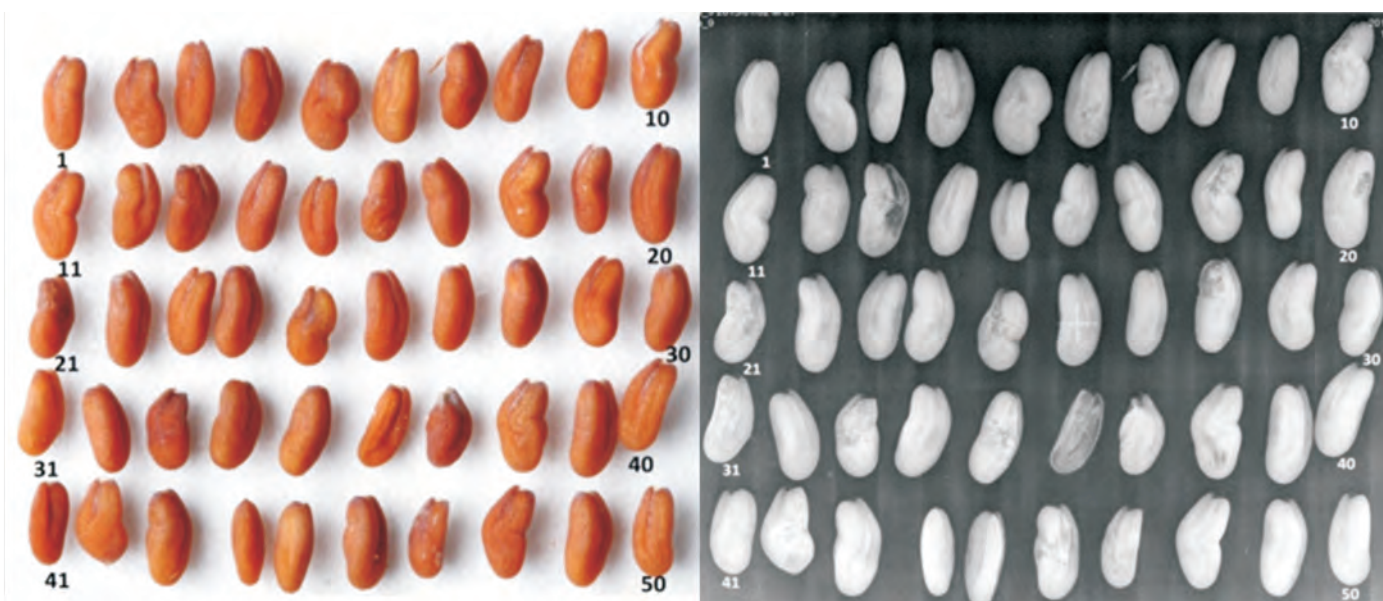


Рис. 7. Внешний вид (слева) и рентгенограмма (справа) поврежденных вредителем семян кресс-салата.

Fig. 7. Appearance (on the left) and X-ray image (on the right) of pest-damaged cress seeds.

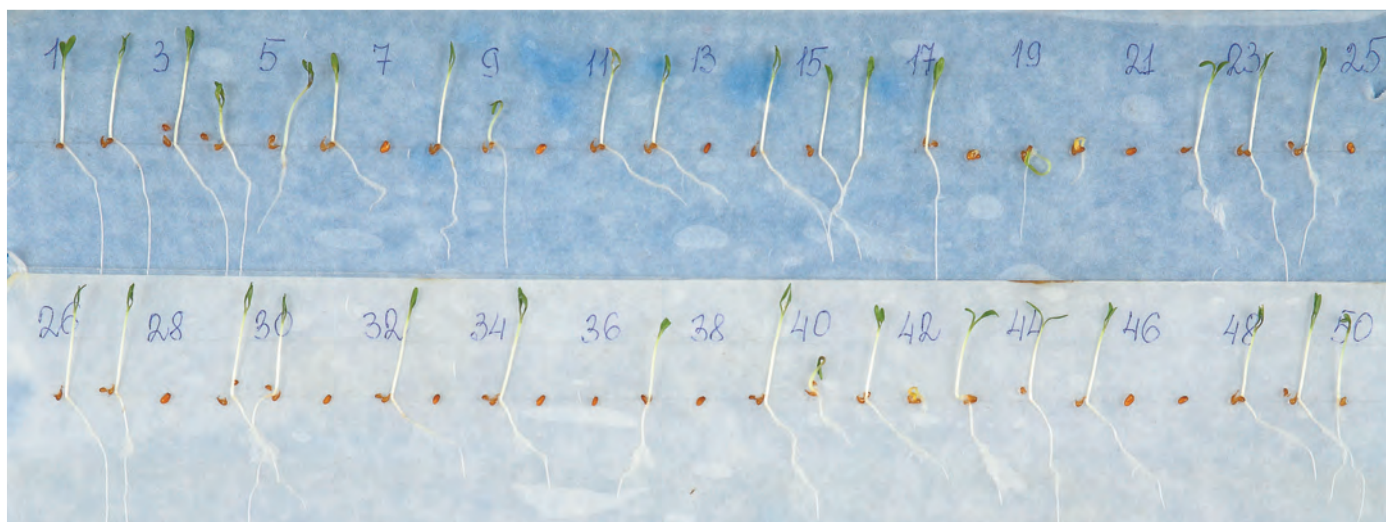


Рис. 8. Показатели всхожести поврежденных вредителем семян кресс-салата.

Fig. 8. Indicators of germination of seeds of cress damaged by pest.

Таблица 2. Сравнение визуального рентгенографического анализа семян кресс-салата с результатами прорастивания
Table 2. Comparison of visual X-ray analysis of cress seeds with germination results

Варианты, выборка семян, шт.	Рентгенографический анализ			Проросшие	наклонившиеся	Лабораторное прорастивание	
	нормальные	поврежденные	недозрелые, щуплые			всхожие (про росшие + наклонившиеся)	не проросшие
№1-100	84	14	2	72	8	80	20
№101-200	75	21	4	70	5	75	25
№201-300	64	36	-	65	8	73	27
№301-400	85	13	2	76	4	80	20
Всего, шт.	308	84	8	283	25	308	92
Всего, %	77	21	2	71	6	77	23
r				0,80		0,84	



Рис. 9. Результаты анализа качества семян кресс-салата.
Fig. 9. The results of the analysis of the quality of cress seeds.

вил 0,80, а при учете и наклонившихся семян – 0,84.

Закключение

На примере различных видов зеленых овощных культур (шпинат, кресс-салат, майоран, мята, спаржа) показано, что рентгенографический анализ качества семян, в частности, жизнеспособности путем визуализации изображений – эффективный и достаточно точный

метод. Небольшая погрешность метода компенсируется с его большей информативностью: т.е. в результате анализа можно семена разделить не только на «живые» и «мертвые», а сгруппировать как по жизнеспособности (полноценные, некондиционные), так и по недостаткам (невыполненные, уродливые, поврежденные, травмированные и др.). Кроме того, рентгенографический анализ проводится при полной сохранности семян для даль-

нейшей работы, отличается быстротой и легкостью исполнения.

Перспективы

Однако визуальный или глазомерный рентгенографический анализ качества семян не совершенен и содержит «слабые места». Таковыми являются:

- 1) необходимость участия квалифицированного оператора для оценки полученных рентгеновских изображений;
- 2) фактор субъективизма оператора, который неизбежно присутствует при визуальном анализе;
- 3) отсутствие четких количественных показателей и характеристик качества семян на базе простого визуального анализа получаемых снимков.

Поэтому перспективой в рентгенографии семян овощных культур может являться автоматический анализ их качества. Нами проводится работа в этом направлении. Разработан алгоритм автоматического компьютерного рентгенографического анализа качества семян овощных культур, апробирована первая версия программы под рабочим названием «Сортсепконтроль-1,0».

Об авторах:

Мусаев Ф.Б. – доктор с.-х. наук, с.н.с.

лабораторно-аналитического и испытательного отдела

Харченко В.А. – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства зеленых, пряно-вкусовых и цветочных культур

<https://orcid.org/0000-0003-2775-9140>

Антошкина М.С. – кандидат с.-х. наук, с.н.с.

лабораторно-аналитического и испытательного отдела

About the authors:

Musayev F.B. – doctor of Agricultural Sciences,

Senior Researcher of analytical and testing department

Kharchenko V.A. – candidate of Agricultural Sciences,

Head of laboratory selection and seed of green, spicy-flavoring and flower crops

Antoshkina M.S. – candidate of Agricultural Sciences,

Senior Researcher of analytical and testing department

Литература

1. Лудилев В.А., Иванова М.И. Редкие и малораспространенные овощные культуры. – М.: Росинформагротех, 2009. – 195 с.
2. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартинформ, 2011. – 30 с.
3. ГОСТ 12036–85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 14 с.
4. Архипов М.В., Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография семян в селекции, семеноводстве и защите растений // В сборнике: IV Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика. Материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 53–55.
5. Мусаев Ф.Б., Прозорова О.А., Архипов М.В., Великанов Л.П., Потрахов Е.Н., Бессонов В.Б. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур. Овощи России. 2012. № 4 (17). С. 43–47.
6. Мусаев Ф.Б., Архипов М.В., Потрахов Н.Н. Анализ качества семян овощных культур методом рентгенографии // Известия ТСХА. – 2014. – №4. – С. 18–27.
7. Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Архипов М.В. Рентгенография семян овощных культур. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. – 207 с.
8. Подымский А.А., Потрахов Н.Н. Микрофокусные рентгеновские трубки нового поколения. Контроль. Диагностика. / 2017. – №4. – С. 4–8.
9. Мусаев Ф.Б., Харченко В.А., Шевченко Ю.П., Потрахов Н.Н., Бессонов В.Б. РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ СЕМЯН ЗЕЛЕННЫХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР. Овощи России. 2015;(3-4):48–53. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-48-53>
10. Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Белецкий С.Л. Краткий атлас рентгенографических признаков семян овощных культур. – М.: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2017. – 40 с.
11. Musayev F.B., Beletskiy S.L., Potrakhov N.N. A brief atlas of radiographic signs of vegetable seeds. – Moscow: Publishing house «DeLi plus», 2018. – 52 p.

References

1. Ludilov V.A., Ivanova M.I. Green vegetable crops. – M.: Rosinformagrotekh, 2009. – 195 p.
2. GOST 12038–84. Crop seeds. Methods for determining the germination. – M.: Standardinform, 2011. 30 p.
3. GOST 12036–85. Crop seeds. Acceptance rules and sampling methods. – M.: IPK Publishing house of standards, 2004. 14 p.
4. Arkhipov M.V., Potrakhov N.N. Microfocal radiography of seeds in plant breeding, seed production and plant protection // In the collection: IV Luga Scientific Readings. Modern scientific knowledge: theory and practice. Materials of the international scientific-practical conference. 2016. P.53–55.
5. Musayev F.B., Prozorova O.A., Arkhipov M.V., Velikanov L.P., Potrakhov E.N., Bessonov V.B. X-ray analysis of the quality of vegetable seeds. Vegetable crops of Russia. 2012;(4):43–47. (In Russ.)
6. Musayev F.B., Arkhipov M.V., Potrakhov N.N. X-RAY BASED SEED QUALITY ANALYSIS OF VEGETABLE CROPS // News of Timiryazev Agricultural Academy. – 2014. – №4. – P.18–27.
7. Musayev F.B., Potrakhov N.N., Arkhipov M.V. Radiography of vegetable seeds. – SPb.: Publishing house of Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI", 2016. – 207 p.
8. Podymsky A.A., Potrakhov N.N. Microfocus X-ray tubes of a new generation. Control. Diagnostics. / 2017. – №4. – P.4–8.
9. Musayev F.B., Kharchenko V.A., Shevchenko Y.P., Potrakhov N.N., Bessonov V.B. X-RAY DIFFRACTION METHOD FOR EVALUATION OF HETEROGENEOUS SEEDS OF GREEN VEGETABLE CROPS. Vegetable crops of Russia. 2015;(3-4):48–53. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2015-3-4-48-53>
10. Musayev F.B., Beletskiy S.L., Potrakhov N.N. A brief atlas of radiographic signs of vegetable seeds. – Moscow, 2017. – 40 p.
10. Musayev F.B., Beletskiy S.L., Potrakhov N.N. A brief atlas of radiographic signs of vegetable seeds. – Moscow: Publishing house «DeLi plus», 2018. – 52 p.