

АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЦИФРОВОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

ALGORITHMS OF THE AUTOMATIC DIGITAL ANALYSIS OF VEGETABLE SEEDS QUALITY

Мусаев Ф.Б.¹ – кандидат с.-х. наук, с.н.с. лабораторно-испытательного центра
Антошкина М.С.¹ – кандидат с.-х. наук, с.н.с. лабораторно-испытательного центра
Солдатенко А.В.¹ – доктор с.-х. наук, гл.н.с. лабораторно-испытательного центра
Белецкий С.Л.² – кандидат техн. наук, зам. зав. лабораторией
Потрахов Н.Н. – доктор техн. наук, зав. кафедрой электронных приборов и устройств

Musaev F.B., candidate of agricultural sciences, senior researcher
Antoshkina M.S., candidate of agricultural sciences, senior researcher
Soldatenko A.V., the Dr. Sci. agricultural, chief researcher laboratory
Beletsky S.L., candidate of technical sciences, assistant manager
Potrakhov N.N., the Dr. Sci. technical, head of chair of electronic devices

1ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО)
143080, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14
E-mail: vniissok@mail.ru, musayev@bk.ru
2ФГБУ Научно-исследовательский институт проблем хранения Росрезерва
111033, Россия, г. Москва, Волочаевская ул., д. 40, корп. 1
E-mail: grain-miller@yandex.ru
3Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора Попова, д. 5
E-mail: kzhamova@gmail.com

¹ FSBSI Federal Scientific Vegetable Center
Selectionnaya str., 14, p. VNISSOK, Odintsovo district, Moscow region, 143072, Russia
E-mail: vniissok@mail.ru, musayev@bk.ru
² Federal State Government Financed Institution Scientific Research Institute of Storage Problems Federal Agency of State Reserves
Volochevskaya ul., 40/1, Moscow, 1111033, Russia
E-mail: grain-miller@yandex.ru
³ St. Petersburg state electrotechnical university "LETI"
Professor Popov str., St. Petersburg, 5197376, Russia
E-mail: kzhamova@gmail.com

Семенной фонд рассматривают как основу продовольственной независимости страны, и семенной контроль во многих развитых странах, в том числе Российской Федерации, является заботой государства. Семеноводство овощных культур в нашей стране затруднено неблагоприятными почвенно-климатическими условиями большинства регионов. Главной проблемой отрасли остается качество производимых семян, которое не соответствует требованиям современного земледелия, предусматривающего использования однородных семян с высокой полевой всхожестью. Современный уровень развития научных знаний предусматривает применение инструментальных методов анализа качества семян, отличающихся высокой информативностью, быстротой и легкостью исполнения. Нами разработан и апробирован метод рентгенографического анализа качества семян овощных культур. В настоящее время ведется программирование, автоматизация данного метода. В замену ранее применяемого визуального анализа рентгенограмм семян приходит способ цифрового анализа рентгеновских изображений в автоматическом режиме. Разработан и апробирован модернизированный программно-аппаратный комплекс, разработан алгоритм программы, состоящий из нескольких этапов. Идет доработка и апробация нового программного обеспечения для автоматического анализа графических файлов рентгенообразов семян овощных культур под названием «СортСемКонтроль-1.0». Разработка и внедрение метода автоматического анализа рентгеновских изображений семян овощных культур существенно ускорит сам процесс, повысит его информативность и позволит избавиться от субъективизма, связанной визуальным анализом рентгенограмм.

The seed fund is considered as a basis of food independence of the country and seed certification in many developed countries, including the Russian Federation, is care of the state. Seed farming of vegetable cultures in our country is complicated by adverse soil-climatic conditions of the majority of regions. The quality of the made seeds which does not conform to requirements of the modern agriculture providing uses of the homogeneous seeds with high field viability remains the main problem of branch. The modern level of development of scientific knowledge provides application of instrumental methods of the analysis of quality of the seeds differing in high informational content, speed and ease of execution. We developed and approved a method X-ray analysis of quality of vegetable seeds. Now programming, automation of this method is conducted. The way of the digital analysis of x-ray images in the automatic mode comes to replacement of earlier applied visual analysis of radiographs of seeds. The modernized hardware and software system is developed and approved, the program algorithm consisting of several stages is developed. There is a completion and approbation of the new software for the automatic analysis of graphic files of X-ray image of seeds of vegetable cultures under the name "Sortsemkontrol-1.0". Development and deployment of a method of the automatic analysis of x-ray images of vegetable seeds is essential to accelerate process, will increase its informational content and will allow to get rid of subjectivity, connected by the visual analysis of radiographs.

Ключевые слова: семена, рентгенография, рентгенснимок, цифровой анализ, выполненность семян, дефекты, протокол.

Keywords: seeds, X-ray analysis, X-ray image, digital analysis, plumpness of seeds, defects, protocol.

Для цитирования: Мусаев Ф.Б., Антошкина М.С., Солдатенко А.В., Белецкий С.Л., Потрахов Н.Н. АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЦИФРОВОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР. Овощи России. 2018; (3): 86-88. DOI:10.18619/2072-9146-2018-3-86-88

For citation: Musaev F.B., Antoshkina M.S., Soldatenko A.V., Beletsky S.L., Potrakhov N.N. ALGORITHMS OF THE AUTOMATIC DIGITAL ANALYSIS OF VEGETABLE SEEDS QUALITY. Vegetable crops of Russia. 2018;(3):86-88. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-3-86-88

Семенной контроль во многих развитых странах, в том числе Российской Федерации, является заботой государства, а семенной страховой фонд рассматривают как основа продовольственной независимости страны [1]. Почвенно-климатические условия

большинства регионов нашей страны не благоприятствуют ведению промышленного семеноводства овощных культур. Качество производимых семян остается главной проблемой в овощном семеноводстве. К тому же затруднен сортовой и семенной контроль, так как

производство овощной продукции большей частью ведется в личных подсобных хозяйствах граждан.

Современное земледелие, предусматривающее прямой точный высев в поле рассадных овощных культур, при отсутствии изреженности и загущенно-

сти посевов, требует использования однородных семян с высокой полевой всхожестью. Стандартные методы анализа качества семян не сполна отвечают современным требованиям земледелия. Необходимо применение инструментальных методов, отличающихся высокой информативностью, быстротой и легкостью исполнения.

Рентгенографический метод анализа качества партий семян и зерна, разработанный сотрудниками ФНЦ овощеводства, Агрофизического НИИ и Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета уже в достаточной мере показал свою эффективность [2,3]. Новые разработки обеспечили существенное улучшение качества рентгеновских снимков, благодаря применению микрофокусных рентгеновских излучателей [4,5]. Перспективным направлением развития метода рентгенографии семян является его автоматизация, программная обработка как одного рентгеновского снимка, так и пакета снимков с автоматическим анализом скрытых дефектов и недостатков [6,7].

Материал и методы

Нами проводится разработка и апробация нового программного обеспечения под названием «СортСемКонтроль-1.0». Программа предназначена для автоматического анализа графических файлов рентгенограмм семян овощных культур. Программа обладает следующими техническими характеристиками: тип ЭВМ-IBM PC совместимый с ПК; язык – C++; ОС – Windows XP и выше; объём программы – 2,1 Мб.

В ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» совместно с НИИ проблем хранения Росрезерва разработан и прошёл успешную апробацию модернизированный аппаратно-программный комплекс, который состоит из рентгенодиагностической

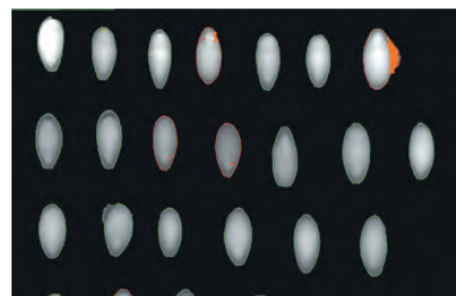
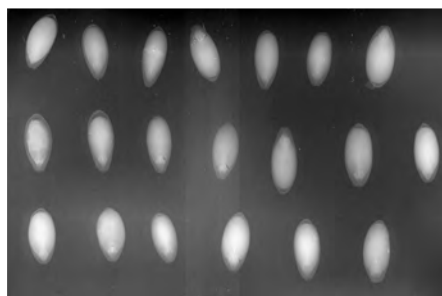


Рис. 2. Пространственная ориентация рентгеновских изображений семян огурца: до программной обработки – слева, после – справа.

Fig. 2. Spatial orientation of x-ray images of seeds of a cucumber: before program processing – at the left, after – on the right.

установки ПРДУ-2, цифрового плоскочувствительного приемника рентгеновских изображений с разрешением получаемого изображения 3000x3000 точек и персонального компьютера (рис. 1). Для данного комплекса разработано программное обеспечение «Агротест-3.0» для исследования скрытых дефектов зерна и «СортСемКонтроль-1.0» для выявления дефектов семян овощных культур.

Результаты и обсуждение

Разработан алгоритм автоматического цифрового анализа рентгеновских изображений внутренней структуры семян, состоящий из нескольких этапов. Ниже приводим основные этапы автоматизированного анализа рентгенограмм семян программой «СортСемКонтроль-1.0».

Подготовка изображения. Для получения адекватного цифрового образа семян необходима предварительная цифровая обработка изображений:

- масштабирование динамического диапазона яркостей изображения;
- подавление помех и общее улучшение качества изображения;
- компенсация искажений, обусловленных погрешностями и конструктив-

ными особенностями аппаратуры съемки.

Идентификация объектов на изображении. Для численного решения этой задачи был разработан и программно реализован достаточно эффективный и быстрый численный метод. В силу упомянутой пространственной неравномерности потока излучения при съемке, данную процедуру следует проводить итеративно с уточнением пороговых значений яркости объектов и параметров светового потока на каждом шаге. После того, как объекты выделены, необходимо определить пространственную ориентацию объекта. Для этого есть несколько распространенных способов, в частности, для семян с учетом их формы идеально подходит способ, основанный на построении для каждой из них эллипсоида инерции. Для дальнейшего анализа семя можно вернуть по главным осям эллипсоида инерции (рис. 2).

Считывание дефектов семян. Важным показателем, характеризующим биологическую и хозяйственную пригодность семени, обнаруживаемую рентгенографическим методом, является невыполненность семян.

Разработан алгоритм анализа изображения семени для качественной и количественной оценки показателя невыполненности. Шаг дискретизации яркостной компоненты сигнала изображения, задаваемый используемой аппаратурой съемки и оцифровки, принимается за единицу измерения яркости изображения.

Количественная характеристика невыполненности – $F(A)$ вычисляется по формуле:

$$F(A) = 100 \times N(A) / S(A),$$

где $N(A)$ – суммарное отклонение яркости, $S(A)$ – площадь области A (в пикселях).

На рис. 3 приведены изображения семян с различными значениями показателя $F(A)$.

Достоверность результатов анализа. Представляем пример анализа доверительных интервалов для показателя выполненности семян (рис. 4). Проанализированы десять рентгенограмм подряд, содержащих по сто семян томата в каждой. После каждой проанализированной рентгенограммы вычисляли размер доверительного интервала с надежностью оценки 0,95 среднего значения показателя выпол-

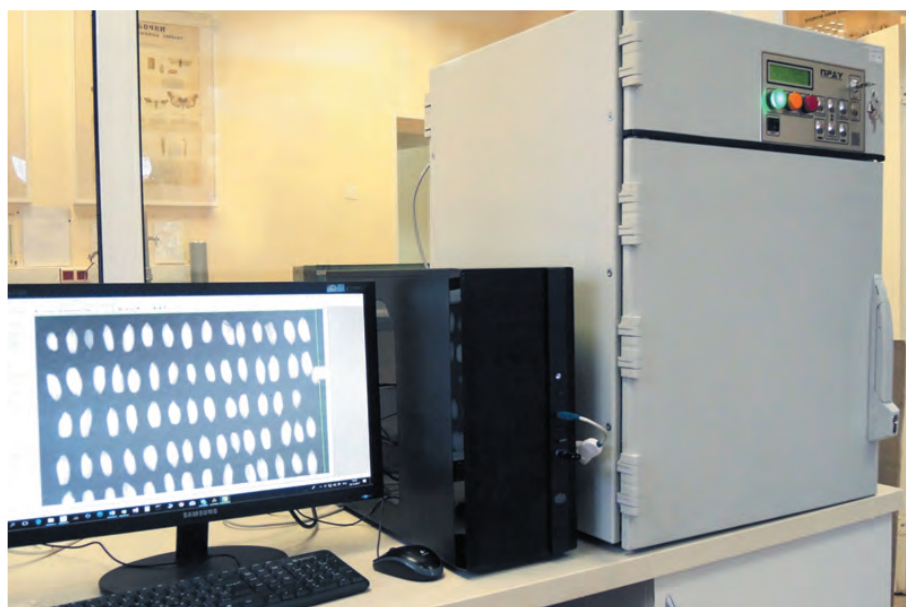


Рис. 1. Программно-аппаратный комплекс рентгенографии семян, НИИ проблем хранения Росрезерва.

Fig. 1. Hardware-software kompleks X-ray diffraction of seeds, scientific research institute of problems of storage of Rosrezerv.

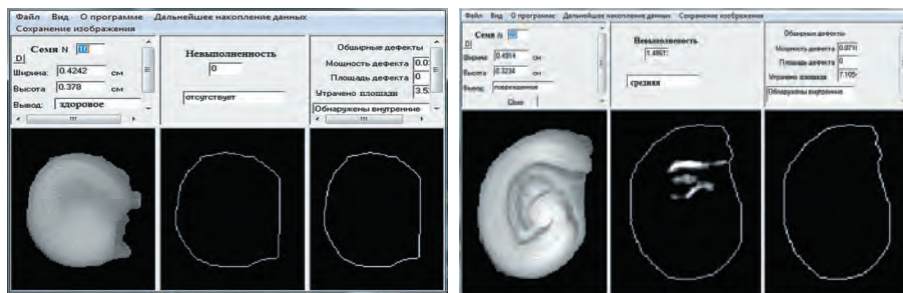


Рис. 3. Программная визуализация изображений семян томата: нормальное (слева), невыполненное (справа) семя.
Fig. 3. Program visualization of images of tomato seeds: normal (at the left), imperfect seed (on the right).

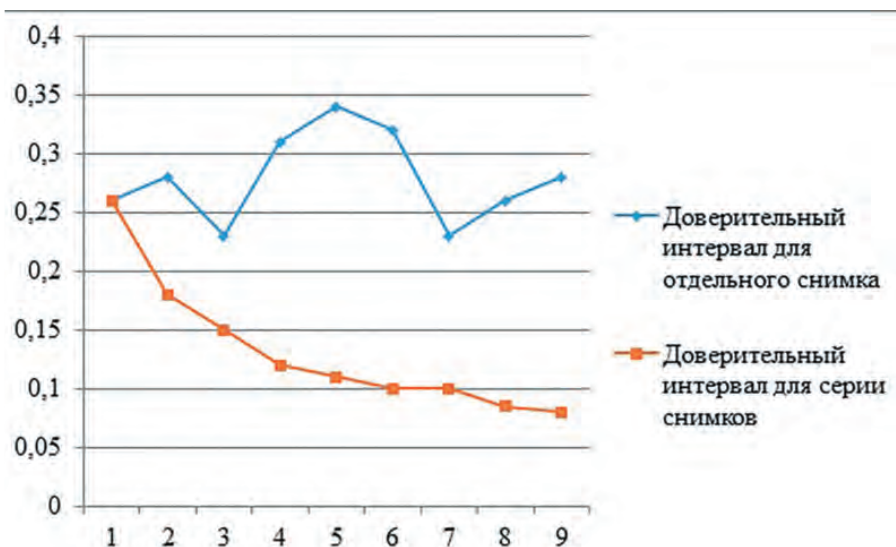


Рис. 4. Достоверность результатов автоматического рентгенографического анализа семян.
Fig. 4. Reliability of results of the automatic X-ray analysis of seeds.

ненность семян как для текущей рентгенограммы (верхний график), так и для всего проанализированного массива данных, состоящего из текущей рентгенограммы и всех предыдущих (нижний график). Эмпирически установлено, что для среднего значения показателя выполненности семян критическим значением размера 0,95-доверительного интервала можно принять величину 0,1. Как показывают приводимые графики, для обеспечения достоверности оценки степени выполненности партии семян достаточно проанализировать 6-7 рентгенограмм, содержащих 600-700 семян.

Заключение

Эффективный программно-аппаратный комплекс всестороннего анализа семян рентгенографическим методом – актуальная задача, для решения которой требуется системный подход и комплексное применение биологических, технических и математических знаний. Разработка и внедрение метода автоматического анализа рентгеновских изображений семян овощных культур существенно ускорит сам процесс, повысит его информативность и позволит избавиться от субъективизма, связанного с визуальным анализом рентгенограмм.

Литература

1. Малько А.М. Экспортный потенциал России на мировом рынке семян//Картофель и овощи. 2017. №6. С.17-20.
2. Архипов М.В., Гусакова Л.П., Великанов Л.П., Виличко А.К., Желудков А.Г., Алферов В.Б. Методика комплексной оценки биологической и хозяйственной пригодности семенного материала. СПб, 2013. 54 с.
3. Мусаев Ф.Б., Антошкина М.С., Архипов М. В., Великанов Л.П., Гусакова Л.П., Бессонов В.Б., Грязнов А.Ю., Жамова К.К., Косов В.О., Потрахов Е.Н., Потрахов Н. Н. Рентгенографический анализ качества семян овощных культур. Методические указания. Москва-Санкт-Петербург, 2015. 42 с.
4. Потрахов Н.Н. Метод и особенности формирования теневого рентгеновского изображения микрофокусными источниками излучения// Вестник новых медицинских технологий. 2007. Т.XIV. №3. С.167-169.
5. Velikanov L.P. Some aspects of X-ray method for evaluation of wheat grain geometrical features. Book of Abstracts of the 6th ICA, September 15-18, 1997. Lublin, Poland.
6. Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Белецкий С.Л. Краткий атлас рентгенографических признаков семян овощных культур. Москва: Изд-во ФГБНУ ФНЦО, 2018. – 40 с.
7. Гурьева К.Б., Белецкий С.Л., Архипов М.В. Экспресс-метод рентген-исследования внутренних повреждений зерна//Кондитерское и хлебопечкарное производство. 2016. №7-8. С.28.

References

1. Malko A.M. The export potential of Russia in the world market of seeds//Potatoes and Vegetables. 2017. No.6. P.17-20.
2. Arkhipov M.V., Gusakova L.P., Velikanov L.P., Vilichko A.K., Zheludkov A.G., Alferov V.B. Method of complex assessment of biological and economic suitability of seed material. – SPb, 2013. 54 p.
3. Musayev F.B., Antoshkina M.S., Arkhipov M. V., Velikanov L.P., Gusakova L.P., Bessonov V.B., Gryaznov A.Yu., Zhamova K.K., Kosov V.O., Potrakhov E.N., Potrakhov N.N. X-ray analysis of quality of vegetable seeds. Methodical instructions. Moscow-St. Petersburg, 2015. 42 p.
4. Potrakhov N.N. Method and features of formation of the shadow x-ray image microfocal sources of radiation//Messenger of new medical technologies. 2007. T.XIV. No.3. P.167-169.
5. Velikanov L.P. Some aspects of X-ray method for evaluation of wheat grain geometrical features. Book of Abstracts of the 6th ICA, September 15-18, 1997, Lublin, Poland.
6. Musayev F.B., Potrakhov N.N., Beletsky S.L. Short atlas of X-ray signs of vegetable seeds. Moscow.: FGBNU FNTSO publishing house, 2018. 40 p.
7. Guryeva K.B., Beletsky S.L., Arkhipov M.V. Express-metod X-ray research of internal damages of grain//Confectionery and baking production. 2016. №7-8. P.28.