

ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗЕРНОВКИ В ПРЕЦИЗИОННЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ И СЕМЕНОВОДСТВЕ

М.В. Архипов^{1,2}, Н.Н. Потрахов³, Ю.А. Тюкалов¹, Т.А. Данилова¹, Н.С. Прияткин², Л.П. Гусакова²

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения», Санкт-Петербург-Пушкин, Россия, szcentr@bk.ru

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия, prini@mail.ru

³Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, Россия, kzhamova@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы визуализации скрытых дефектов и аномалий семян, которые необходимо учитывать при проведении прецизионных морфофизиологических исследований, а также при анализе скрытой травмированности в производственных партиях семян. Дается описание основных типов скрытых дефектов и методики их дешифрирования на основе метода цифрового рентгенанализа семян. Использование современной рентгенаппаратуры и методов автоматизированного анализа рентгенообразов зерновки позволяет проводить оцифровку рентгеновского изображения, что дает возможность автоматизировать их анализ для получения количественных характеристик выявленных скрытых дефектов семян.

Ключевые слова: *цифровая рентгенография, биологическая полноценность семян, скрытые дефекты и аномалии зерновки*

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-1164-1167

Вопрос о биологической неоднородности семян и причинах ее вызывающих методом контроля широко обсуждается в ботанической и агрономической литературе.

Необходимо подчеркнуть, что существующие различия между ботаническими и агрономическими семенами, связаны с тем, что первые при выращивании подвергаются экогенным воздействиям, а вторые – как экогенным, так и техногенным, обусловленным термомеханическими воздействиями на семенной материал в условиях промышленного семеноводства.

Исследования, проведенные в семеноведении и семеноводстве, показали, что гетерогенность партий агрономических семян зависит от условий выращивания, режимов уборки, сушки и послеуборочной обработки [Тарасенко и др., 2014; Якушев и др., 2015].

Существующие семенные технологии обеспечивают получение партий семян с минимальным уровнем внешних повреждений, в то же время доля семян со скрытыми дефектами остается достаточно высокой и достигает 80% [Тарасенко и др., 2014].

Для выявления скрытых микроповреждений семян требуется разработка эффективных экспресс-методов, позволяющих проводить как анализ индивидуальных семян, так и качество производственных партий семенного материала. Исследования по визуализации различных типов скрытых дефектов семян и оценке их биологической и хозяйственной значимости проводится в Агрофизическом институте с помощью метода мягколучевой микрофокусной рентгенографии [Архипова и др., 2001; Архипов и др., 2006, 2008, 2013; Гусакова, 1997; Методика анализа ..., 1995; Савин и др., 1991].

В настоящее время эти исследования как для прецизионных целей изучения структурной целостности зерновки, так и для массового анализа партий семян продолжают развиваться как на научном, так и на практическом плане представляются перспективными.

Предложенный подход позволяет:

– обеспечить быстрый анализ наличия в зерновке биологически полноценных, щуплых, поврежденных насекомыми и травмированными семенами, а также семенами с ЭМИС и поврежденными клопом - вредная черепашка - скрытых дефектов и аномалий экогенного и техногенного происхождения;

– получить цифровое изображение, отражающее наличие этих рентгенпризнаков, как у индивидуального семени, так и в анализируемой пробе.

Рентгенограммы семян, имеющих скрытые дефекты, представлены на рисунках 1-3 для семян ржи, овса, ячменя и пшеницы.

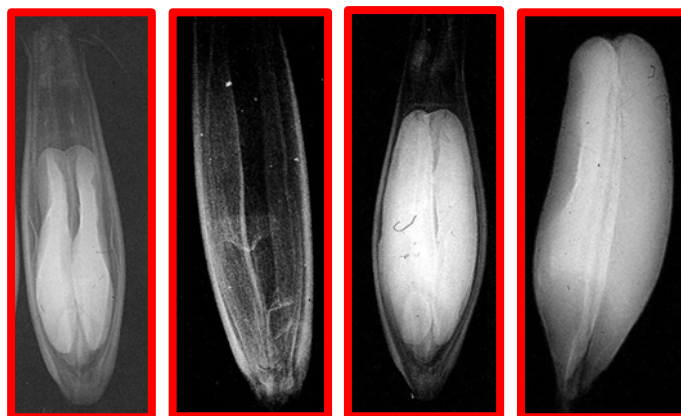


Рис. 1. Рентгенограммы с аномалиями развития зерновки.

Рентгенографический признак: нерегулярность распределения оптической плотности по площади рентгеновской проекции, как в сторону её увеличения, так и уменьшения, обусловленные бесформенным развитием эндосперма, его отсутствием или неполным развитием.

Опорные параметры для компьютерного распознавания и оценки признака: резкие оптически-плотностные отклонения от эталона, общие и локальные, квалифицирующие семя как неполноценное.



Рис. 2. Рентгенограммы семян, зараженных насекомыми.

Рентгенографический признак: каналы, выеденные насекомыми, в виде тёмных, слегка извитых, полос на светлом фоне не повреждённой ткани эндосперма. Внутри каналов иногда видны светлые проекции личинок.

Опорные параметры для компьютерного распознавания и оценки признака: потемнения, расположенные вне регулярных мест проекции, однозначно

квалифицируются программой как дефект. В случае необходимости выявления именно заражённости насекомыми в программу вводится характерный образ каналов и личинок в них.



Рис. 3. Рентгенограммы семян с показателем скрытого прорастания.

Рентгенографический признак: проекция зародыша имеет светлые участки разных показателей длины, ширины и степени потемнения.

Опорные параметры для компьютерного распознавания и оценки признака: топографическая характеристика проекции зародыша, показатели её длины ширины и яркости ее светлых участков.

Цифровое отображение рентгенобраза семени при его компьютерной обработке позволяет извлечь количественную и качественную информацию о структурной целостности зерновки и перейти от интуитивно-эмпирического анализа изображения к объективно измеренному. Особенная ценность такого подхода заключается в возможности полного отказа от рентгеновской пленки и связанного с ней фотохимического процесса, что делает метод цифровой рентгенографии экономически более эффективным, а хранение информации в цифровом виде позволит создать легкодоступные рентгеновские архивы.

Важная возможность цифровой рентгенографии - передача изображения на любые расстояния, а также получение и обсуждение результатов рентгенанализа в режиме «on-line». Методика цифровой рентгенографии и разработанные алгоритмы автоматизированной обработки скрытых дефектов в зерновке позволят получать новые знания о механизмах формирования семян, более качественно проводить прецизионные физиологические эксперименты для оценки связи рентгенобразов семени с ростовыми характеристиками при его прорастании, а также усовершенствовать принципы оценки и отбора партий наиболее биологически и хозяйственно ценного посевного материала [Макрушин и др., 2015].

В заключении следует отметить, что:

- будут получены принципиально новые результаты в теоретическом семеноведении, семеноводстве и физиологии растений о различных видах структурных нарушениях зерновки и их влияние на морфофизиологические показатели при прорастании;

- из инструментальных неразрушающих методов оценки качества зерновки наиболее эффективным является метод рентгенографии, т.к. он стандартизирован, позволяет проводить прижизненные исследования и в короткие сроки;

- использование современного оборудования позволяет проводить оцифровку рентгеновского изображения, что дает возможность автоматизировать их анализ для получения количественных характеристик выявленных скрытых дефектов;

- существующие технологии получения биологически полноценных семян требуют получения семенного материала с минимальным уровнем скрытых дефектов, что позволит повысить конкурентоспособность отечественных семян на мировом рынке.

Литература

Архипов М.В., Великанов Л.П., Желудков А.Г. и др. Возможности биофизических методов агрофизике и растениеводстве // Биотехносфера. – 2013. – № 6 (30). – С. 40–43.

Архипов М.В., Михайленко И.М., Великанов Л.П. и др. Аппаратно-программный комплекс для автоматизации интроскопической технологии экспресс-контроля запасов зерна длительного хранения. Материалы 9 Междунар. конф. Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве. – М.: 2006. – С. 12–16.

Архипов М.В., Потрахов Н.Н. Микрофокусная рентгенография растений. СПб.: Технолит, 2008. – 192 с.

Архипова М.В., Алексеева Д.И., Батыгин Н.Ф. и др. Методика рентгенографии в земледелии и растениеводстве. – М.: РАСХН, 2001. – 93 с.

Гусакова Л.П. Рентгенографический и цитофотометрический анализ жизнеспособности семян сельскохозяйственных культур: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – СПб., 1997. – 20 с.

Макрушин Н.М., Бабицкий Л.Ф., Клищенко О.А. и др. Инновационные принципы оценки и отбора биологически ценного посевного материала // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (54). – С. 371–375.

Методика анализа семян. – М., 1995. – С. 76.

Савин В.Н., Архипов М.В., Баденко А.Л. и др. Рентгенография для выявления внутренних повреждений и их влияние на урожайные качества семян // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1981. – №10 (301). – С. 99–104.

Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Георгиевский А.М. и др. Совершенствование механизации производства семян зерновых культур: рекомендации. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2014. – 60 с.

Якушев В.П., Михайленко И.М., Драгавцев В.А. Агротехнологические и селекционные резервы повышения урожая зерновых культур в России // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50, № 5. – С. 550–560.

DIGITAL RADIOGRAPHY FOR QUALITY CONTROL OF THE WEEVIL IN THE PRECISION OF PHYSIOLOGICAL EXPERIMENTS AND SEED PRODUCTION

M.V. Arkhipov^{1,2}, N.N. Potrakhov³, Yu.A. Tyukalov¹, T.A. Danilova¹, N.S. Pritkin², L.P. Gusakova²

¹Federal state scientific institution “North-western centre for interdisciplinary studies of the problems of food security”, St. Petersburg-Pushkin, Russia, *szcentr@bk.ru*

²Federal state budgetary institution “Agrophysical scientific research Institute”, Saint-Petersburg, Russia, *prini@mail.ru*

³Sain-Petersburg Electrotechnical University, St. Petersburg, Russia, *kzhamova@gmail.com*

Abstract. The article deals with the issues of visualization of hidden defects and anomalies of seeds, which must be taken into account when conducting precision morphological and physiological studies, as well as in the analysis of hidden injury in the production batches of seeds. The description of the main types of latent defects and methods of their decoding based on the method of digital x-ray analysis of seeds is given. The use of modern x-ray equipment and methods of automated analysis of x-ray images of the seed allows digitizing x-ray images, which makes it possible to automate their analysis to obtain quantitative characteristics of the detected hidden defects of the seeds.

Keywords: *digital radiography, biological value of seeds, hidden defects and anomalies of the seed*