

7. Рубец В.С., Пыльнев В.В., Кондрашина Л.В. Покой и предуборочное прораствание зерна в колосе озимой гексаплоидной тритикале // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 11. – С. 14–16.

8. Рубец В.С., Широколава А.В., Пыльнев В.В. Влияние спонтанной гибридизации на сортовую чистоту посевов тритикале ($\times Triticisecale$ Wittm.) // Известия ТСХА. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – Вып. 5. – С. 37–53.

Статья поступила в редакцию 29.05.2019 г.

Kotenko Yu.N., Rubets V.S., Korobkova V.A., Yurkina A.I., Pylnev V.V. Estimation of efficiency of selecting by the duration of winter triticale seed dormancy // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 132. – P. 108-114.

The sprouting rate and the germination index of five winter triticale varieties were studied in comparison with the forms, which were selected from them with shorter and longer seed dormancy. We identified biotypes with a higher resistance to pre-harvest sprouting of grain than the original varieties. The selection efficiency depends on the variability of the variety, as well as on the age of the seeds at the selection time. Thus, grains are best differentiated by the dormance duration in the beginning of the wax ripeness.

Key words: *winter triticale; seed dormancy; pre-harvest sprouting of grain; percentage of sprouted grains; germination index*

УДК 631.53.0

DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.15

НОВЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СЕМЯН

**Николай Николаевич Потрахов¹, Михаил Вадимович Архипов^{2,3},
Юрий Алексеевич Тюкалов², Николай Сергеевич Прияткин³,
Людмила Петровна Гусакова³, Екатерина Васильевна Журавлева⁴**

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),
197376, Санкт-Петербург, улица профессора Попова, 5,
E-mail: nn@eltech-med.com

²Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем
продовольственного обеспечения,
196608, Санкт-Петербург-Пушкин, шоссе Подбельского, 7,
E-mail: szcentr@bk.ru

³Агрофизический научно-исследовательский институт,
195220, Санкт-Петербург, Гражданский проспект 14
E-mail: prini@mail.ru

⁴Министерство науки и высшего образования РФ,
125009, Москва, ул. Тверская, д. 11,
E-mail: zhuravla@yandex.ru

Наличие разнокачественности семенного материала, оказывающего влияние на его хозяйственную продуктивность, требовало разработки специализированной аппаратуры и технологии для диагностики. Разработанная методика рентгенографического контроля семян позволила решить

задачи по оценке структурной целостности зерновки, степени влияния различных типов скрытых дефектов на ее биологическую полноценность. Методический подход, основанный на разработке морфометрического, рентгенографического паспортов семян и морфофизиологического паспорта проростков позволит, во-первых, более глубоко понять причины, приводящие к получению семян с разным уровнем хозяйственной продуктивности, во-вторых, подойти к усовершенствованию рентгенографического экспресс-метода оценки скрытой дефектности семян и производственных партий семян для прогноза потенциальной полевой всхожести. Это будет кардинальным прорывом в управляемом семеноводстве и позволит разработать эффективные методы расчета оптимальной нормы высева семян в зависимости от их биологической полноценности с учетом показателя скрытой травмированности.

Ключевые слова: *мягколучевая микрофокусная рентгенография; интенсивность роста; семеноводство; морфометрия*

Введение

Наличие разнокачественности семенного материала может оказывать значительное влияние на показатели его урожайности и качества. Это подтверждается результатами многочисленных экспериментов по проращиванию семян в естественных и искусственных условиях. Особый интерес представляет анализ данных прецизионных и массовых экспериментов, в которых рассматривается эффект воздействия (стимулирующего или угнетающего) на семенной материал разной степени кондиционности. Разброс результатов по показателям индивидуальной продуктивности и урожайности в этих экспериментах достигает 20 – 25%.

Такая вариабельность является следствием биологической неоднородности семенного материала, обусловленной матричными, экологическими, сезонными, трофическими и другими факторами, и относится к числу «не устранимых особенностей сельского хозяйства» [1].

Семена – практически единственное средство размножения растений, в них формируется необходимый пул запасных метаболитов, которые служат источником органических веществ на ранних этапах прорастания и обуславливают их биологическую полноценность и хозяйственную пригодность. Важно представлять, что для воспроизводства в промышленном семеноводстве хозяйственно пригодного семенного материала одним из основных критериев, позволяющих обеспечивать дружное прорастание и формирование полноценных всходов, является жизнеспособность клеток зародыша, а также биологическая и хозяйственная полноценность эндосперма. Эти показатели зависят во многом от экологических условий формирования биологически полноценных семян и обусловлены степенью сформированности и целостностью (как внешних, так и внутренних) формообразующих структур зерновки.

Целью исследований, выполненных в Агрофизическом институте и СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (Санкт-Петербург) для более глубокого понимания причин неоднородности семенного материала, явилось создание методики и соответствующих технических средств визуализации различных типов скрытой неоднородности семенного материала с последующим анализом рентгеновских изображений семян [1, 4, 7]. Использование метода мягколучевой микрофокусной рентгенографии с проекционным рентгеновским увеличением изображения обеспечивает возможность эффективного выявления внутренних дефектов и аномалий в семенах. Это позволяет выявлять семена с минимальным уровнем скрытой травмированности и отбирать для хозяйственных целей партии семян высоких посевных кондиций, что возможно только при разработке соответствующих методик и аппаратуры [2, 3].

Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили семена ячменя и пшеницы различных сортов, а также партии зерна пшеницы яровой из различных регионов страны, заложенных на ответственное хранение. Для всех образцов проводилась рентгеновская съемка с проекционным рентгеновским увеличением изображения. Исследования проводились по утвержденной методике рентгеновского анализа семян [13] в испытательной рентгенографической лаборатории Агрофизического института (регистрационный номер Росс RU ДС 1.6.1.123). Рентгенограммы зерновок получали на передвижной рентгенодиагностической установке ПРДУ-02, производства ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед» (Санкт-Петербург, Россия). Процесс проведения исследований включал: рентгеновскую съемку образца с 3-х кратным увеличением изображения, визуальный анализ полученных рентгенограмм на мониторе компьютера с регистрацией (записью) и подсчетом количества выявленных скрытых дефектов, проращивание проанализированных рентгенографическим методом семян, согласно ГОСТ 12038-84 [8].

Результаты и обсуждение

Новый методический подход при проведении комплексной оценки качества семян связан с усовершенствованием рентгеновской аппаратуры для проведения детальной оценки структурной целостности зерновки, местоположения в ней дефекта и степени его выраженности. Это позволит проводить оптимальную оценку показателей, отражающих связь физических характеристик семени с показателями интенсивности роста, на стартовых этапах прорастания.

Такой подход дает возможность с разных сторон подойти к пониманию механизмов, обуславливающих формирование биологически полноценных, хозяйственно пригодных семян и на этой основе усовершенствовать семенные агротехнологии. Актуальность поставленной задачи для решения широкого круга проблем семеноведения и семеноводства в рамках управляемого земледелия несомненна.

Необходимо отметить, что исследования физических характеристик зерновки таких как масса, размер, выполненность, диэлектрические свойства и другие проводятся достаточно давно, а полученные результаты используются как в теории, так и в практике агрономии [11, 12].

Дальнейшие исследования в этом направлении позволят разработать весь спектр необходимых требований для отбора биологически полноценных семян при решении задач семеноведения в прецизионных исследованиях и промышленном семеноводстве, а именно:

- учитывать место их расположения на материнском растении и другие типы неоднородностей;
- проводить калибровку семян по толщине, ширине (по выполненности) и пофракционную сепарацию семян по их плотности;
- отбирать семена (партии семян) с минимальным уровнем микротравмированности [1].

Особо следует остановиться на разработках, проведенных Н.М. Макрушиным и его учениками, по установлению нового параметра качества семян – «Индекс деформированности семени», который является надежной методической основой для разработки специализированной техники, позволяющей на практике осуществлять отбор биологически полноценного семенного материала [11].

Успешное решение вышеобозначенных задач как в теории, так и на практике требует знания не только физических характеристик семени, но и биологических

показателей сельхозкультур (сорт, место и год репродукции, режимы уборки, сушки, подработки и хранения семенного материала).

Обобщение полученных в работах авторов данных [2, 3, 7] и данных других специалистов [5, 6, 9, 10, 14] показало, что требуется проведение дополнительных исследований и получение новых экспериментальных данных для разработки морфометрического и рентгенографического паспортов семян.

Морфометрический паспорт должен включать в себя широкий спектр физических характеристик зерновки, которые являются одними из необходимых параметров, обеспечивающих прогноз ее хозяйственной ценности.

Рентгенографический паспорт должен включать различные типы скрытых дефектов (трещиноватость, энзимомикотное истощение (ЭМИС), поврежденность и заселенность насекомыми, скрытое прорастание и др.).

При этом следует отметить, что изучать скрытые дефекты необходимо с учетом их топографических характеристик, степени выраженности дефекта, а также наличия различных типов дефектов в одном и том же семени и их влияния на интенсивность роста проростков [3].

Создание рентгенографического паспорта даст в руки исследователей инструмент для ранней экспресс-оценки степени кондиционности производственных партий семенного материала с учетом уровня их скрытой травмированности.

Представляется важным, что метод рентгенографии может позволить решать задачи по выявлению в промышленных партиях семян жизнеспособных сорных примесей, а также других биологических и механических примесей. Это позволит, с определенной долей вероятности, оценить принадлежность производимых семян к определенным сельскохозяйственным угодьям и провести ранжирование партий семян с учетом различной доли присутствующих в них примесей.

Усовершенствование метода рентгенографической оценки качества партий семян, оформление его в цифровом формате и доведения до стандарта явится существенным прорывом, позволяющим сразу после уборки (не дожидаясь периода послеуборочного дозревания) отбирать партии с наименьшим уровнем скрытой травмированности, т.е. потенциально наиболее кондиционные.

Специализированные разработки по усовершенствованию рентгеновской аппаратуры смогут обеспечить более детальную оценку структурной целостности зародыша и эндосперма, основываясь при этом на явлении фазового контраста [2].

Данный метод, используемый как в рентгенографии [1, 2], так и в магнито-резонансной томографии семян [6], позволяет визуализировать особенности мягких тканей зерновки, что в медицинских рентгенологических исследованиях практически невозможно без применения специализированных рентгенконтрастирующих веществ.

Принципиальное важное значение представляет разработка минирентгенсепаратора, позволяющего осуществлять оценку степени травмированности контрольной пробы в целом, характеризуя ее по наличию фракций семян с разным уровнем скрытой травмированности.

Исследования при этом целиком отобранной пробы, а не ее отдельных фрагментов (300 – 400 шт. при определении всхожести) позволит минимизировать влияние субъективного фактора оператора при отборе изучаемой выборки на конечный результат.

Качество семян по ГОСТу [8] определяется показателями энергии прорастания и всхожести в лабораторных условиях. Для более эффективного прогноза ростового потенциала семени в свое время был предложен показатель силы роста [8]. Представляется важным, что данный показатель более корректно рассматривать на основе предложенного Макрушиным Н.М. термина «интенсивность роста» [12].

Биологическая и физическая сущность этого показателя, помимо описания его ростового потенциала на 10 сутки, может быть охарактеризована по степени давления ростка на мембрану (на специально разработанных тензомерах). При этом, для оценки величины показателя с целью получения воспроизводимых в разных экспериментах, необходимо также осуществить стандартизацию систем освещения проростков, унифицировав для этих целей параметры интенсивности и спектрального состава в световом блоке.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что наряду с разработкой морфометрического и рентгенографического паспортов, характеризующих качество семян, необходимо учитывать и показатели интенсивности роста проростков, оформленных в виде морфофизиологического паспорта прорастающих семян. Оформление таких паспортов с использованием разработанного инструментария и предложенных методик и применение их в комплексе на практике позволит подойти к разработке теоретических основ гармоничного формирования формообразующих структур зерновки.

Действительно, такой методический подход позволит подойти к разработке экспресс метода прогноза потенциальной полевой всхожести, это должно явиться кардинальным прорывом в управляемом семеноводстве и разработать методы прогноза высева оптимальной дозы семян.

В заключение следует отметить, что разработка усовершенствованных методов комплексной оценки качества семян требует, чтобы семенной материал:

- соответствовал агротехнологическим параметрам на уровне мировых стандартов;
- удовлетворял требованиям, предъявляемым к сорту и гибриду с точки зрения потенциальной урожайности и семенной продуктивности;
- обладал высоким ростовым потенциалом и соответствовал требованиям устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам, различным в разных регионах страны;
- был обеспечен всеми необходимыми агресурсами (протравители, удобрения, сельхозтехника) на каждом этапе выращивания сельхозкультур.

Выводы

Предложенный новый методический подход при анализе качества семенного материала и характеристик интенсивности его прорастания позволяет разработать общую теорию управляемого семеноводства, создав для этих целей физико-технический базис и разработать морфометрический, рентгенографический паспорта семян, а также морфофизиологический паспорт проростков. Таким образом, отечественное семеноводство обогатится инновационными рекомендациями по получению хозяйственно ценного, не травмированного семенного материала, конкурентоспособного на мировом рынке семян.

Список литературы

1. *Архинов М.В., Гусакова Л.П., Великанов Л.П., Вилчико А.К., Желудков А.Г., Алферов В.Б.* Методика комплексной оценки биологической и хозяйственной пригодности семенного материала. – СПб.: АФИ, 2013. – 52 с.
2. *Архинов М.В., Потрахов Н.Н.* Микрофокусная рентгенография растений. – СПб.: Технолит, 2008. – 192 с.
3. *Архинов М.В., Потрахов Н.Н., Прияткин Н.С., Гусакова Л.П., Щукина П.А., Борисов Н.Р.* Неинвазивные технологии экспресс-оценки и отбора биологически

полноценных семян для выращивания растительной продукции в вегетационно-облучательном оборудовании нового типа: методические указания. – СПб., 2019. – 55 с.

4. Архипов М.В., Савин В.Н., Баденко А.Л., Иоффе Ю.К., Грун Л.Б. Метод рентгенографии с прямым рентгеновским увеличением для визуализации внутренних повреждений семенного материала // Докл. ВАСХНИИЛ. – 1982. – № 4. – С. 9–11.

5. Бухаров А.Ф., Балеев Д.И., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия ТСХА. – 2017. – Вып. 2. – С. 5–19.

6. Виноградова И.С., Фалалеев О.В. Применение метода магнитно-резонансной микротомографии при изучении внутренней структуры семян бобовых культур // Вестник РАСХН. – 2010. – № 6. – С. 10.

7. Гусакова Л.П., Великанов Л.П., Бурляева М.О. Использование метода рентгенографии для оценки качества семян чины и вигны из коллекции ВИР // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 5. – С. 121–127.

8. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Введ. 1986–07–01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 64 с.

9. Капусткина А.В. Морфофизиологические особенности прорастания зерновок озимой пшеницы при их повреждении вредной черепашкой // Вестник защиты растений. – 2009. – № 4. – С. 39–47.

9. Лискер И.С., Дмитриев А.П., Цыплаков А.Е., Веселова Т.В. Фотометрическое изучение семян томатов // Докл. РАСХН. – 2000. – № 2. – С. 9–13.

10. Макрушин Н.М., Бабицкий Л.Ф., Клиценко О.А., Макрушина Е.М., Еськова О.В., Шабанов Р.Ю., Клиценко Г.Г., Мицук С.А. Инновационные принципы оценки и отбора биологически ценного посевного материала // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (54). – С. 371–375.

11. Макрушин Н.М., Плугарь Ю.В., Малько А.М., Макрушина Е.М., Шабанов Р.Ю. Инновационные аспекты учения об онтогенезе, формировании, отборе и оценке качества семян. – Симферополь: ПОЛИПРИНТ, 2018. – 248 с.

12. Методика анализа семян. – М., 1995. – 76 с.

13. Grodek J., Grundas S. Attempt of automatic X-ray image analysis for detection of cereal grain damage // Book of abstracts 6-th International Workshop for Young Scientist Biophys (17–9 May 2007). – Lublin, Poland, 2007. – P. 27–30.

Статья поступила в редакцию 29.05.2019 г.

Potrakhov N.N., Arkhipov M.V., Tukulov Yu.A., Priyatkin N.S., Gusakova L.P., Zhuravleva E.V. The new methodological approaches while carrying an integrated assessment of seeds quality// Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 132. – P. 114–119.

Existence of a seed material heterogeneity, having impact on its economic efficiency, demanded the development of the specialized equipment and technology. The developed technique of a seed radiographic control allowed to solve some problems: a structural integrity of a caryopsis evaluation, the extent of influence of various types of the hidden defects on its biological full value. The methodological approach, that is based on development of morpho-metric, radiographic datasheets of seeds and the morpho-physiological datasheet of sprouts, will allow more deeply to understand, first, the reasons, leading to receiving the seeds with a different level of an economic efficiency, and secondly, make it to improvement of a radiographic express method of assessment of a hidden deficiency of seeds and the production batches of seeds for forecast of a potential field germination. It will be the cardinal breakthrough in the operated seed breeding and will allow to develop effective methods of an optimum seed application rate calculation, the forecast of seeding rate depending on their biological full value, taking into account an indicator of the hidden damage.

Key words: *soft beam microfocus x-ray radiography, growth intensity, seed industry, morphometry*