

Triticum kiharae and *Secale cereale*. Stages of research are roughly divided into three periods. The first period (from 1980 to 1996) was associated with the development of theoretical foundations for the management of recombination processes in meiosis in distant wheat hybrids, the study of regularities of the formation process using donor pollen irradiation and the creation of an original collection of lines of spring and winter common wheat with added chromosomes of the species *Ae. speltoides*, lines with substitutions and translocated forms with genetic material *Ae. triuncialis*, *T. kiharae* and *S. cereale*. The second period (from 1996 to 2009) was associated with cytological and genetic study of the created collection on the basis of resistance to powdery mildew and leaf rust, as well as other economically valuable and morphological features, and the creation of breeding lines (secondary improved gene pool of wheat). The third period (from 2009 to the present day) is characterized by the creation of competitive breeding lines – prototypes of varieties with group resistance to fungal diseases, including dangerous quarantine disease stem rust race Ug99, using marker-assisted selection. An attempt is made to evaluate the advanced breeding material of spring wheat for abiotic stress—flooding of seeds. The genotypes, which were able to withstand water stress, were selected.

Key words: wheat; wheat relatives; pollen irradiation; leaf and stem rust; powdery mildew; resistance genes; water stress

УДК (631.527.3::581.143.28):633.19

DOI: 10.25684/NBG.boolt.132.2019.14

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТБОРОВ ПО ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОКОЯ СЕМЯН ТРИТИКАЛЕ ОЗИМОЙ

Юлия Николаевна Котенко, Валентина Сергеевна Рубец,
Варвара Александровна Коробкова, Анна Игоревна Юркина,
Владимир Валентинович Пыльнев

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 127550, Россия, г. Москва
E-mail: rysenok563842@gmail.com

Изучены степень прорастания и индекс прорастания у пяти сортообразцов тритикале озимой в сравнении с отобранными из них формами с более коротким и более продолжительным покоем семян. Выявлены биотипы с более высокой устойчивостью к прорастанию зерна, чем исходные сортообразцы. Результативность отбора зависит как от популярности сорта, так и от возраста зерновок при отборе. Так, в фазу начала восковой спелости зерновки лучше всего дифференцируются по продолжительности покоя.

Ключевые слова: тритикале озимая; покой семян; предуборочное прорастание зерна; процент проросших зерен; индекс прорастания

Введение

Тритикале (*Triticosecale* Wittm.) является амфидиплоидом, полученным в результате совмещения геномов пшеницы (*Triticum* sp.) и ржи (*Secale* sp.). Культура является ценной для пищевого и кормового направления использования. Однако, широкое внедрение культуры в производство ограничивается её склонностью к предуборочному прорастанию зерна в колосе.

Для Центральных районов Нечерноземной зоны характерно избыточное увлажнение в период созревания и уборки зерновых культур. Задержка с уборкой приводит к преждевременному прорастанию зерна в колосе, и, как следствие, к ухудшению посевных и технологических свойств зерна. Нередко неблагоприятные метеорологические условия приходятся и на период формирования и налива зерна, что провоцирует развитие более короткого покоя семян [2]. Одной из задач селекции тритикале в ЦРНЗ является разработка эффективных методов для создания сортов, устойчивых к предуборочному прорастанию зерна.

Устойчивость к преждевременному прорастанию семян тритикале контролируется большим количеством генов, как пшеничного, так и ржаного геномов.

Известен ряд генов и локусов, регулирующих формирование зародыша и эндосперма, покой семян и нормальное прорастание как у пшеницы, так и у ржи [3, 5]. Устойчивость к прорастанию зерна обусловливается, в первую очередь, продолжительностью покоя семян. Злаки отличаются неглубоким физиологическим покоем семян, при котором снижается всхожесть и сужается диапазон условий для прорастания зерновки. Выявлено, что покой семян тритикале озимой короткий и неясно выражен, а зерновки уже в возрасте 26 дней от опыления способны прорасти при благоприятных условиях [7].

Одним из методов создания сортов тритикале является внутрисортный отбор. Его эффективность можно объяснить наличием полиморфизма, возникающего вследствие различных причин: расщепление гетерозиготного растения-родоначальника сорта; довольно высокого, до 6 % в условиях ЦРНЗ, процента перекрестного опыления [8]; мутаций. На ряде сортообразцов тритикале показано наличие внутривидового разнообразия проламиновых спектров [1]. Поэтому есть высокая вероятность отобрать биотип с более продолжительным покоем семян, более устойчивый к предуборочному прорастанию зерна в колосе.

Цель исследования – оценить эффективность метода отбора по продолжительности покоя семян для создания форм с повышенной устойчивостью тритикале озимой к предуборочному прорастанию зерна в колосе.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в 2016 – 2018 гг. на Полевой опытной и селекционной станциях РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. Изучены сортообразцы тритикале озимой, контрастные по устойчивости к предуборочному прорастанию зерна в колосе: сорта Александр (устойчивый), Тимирязевская 150, Виктор (среднеустойчивые), Валентин и линия 17 (неустойчивые к прорастанию). Из этих сортов в 2014 году был проведен дивергентный отбор по признаку «глубина покоя семян» в разные фазы развития зародышей семян: через 26, 34, 42, 50 и 60 дней от опыления. Были отобраны растения как с коротким, так и с более длительным покоем свежесобраных семян. Подробно методика отбора описана в нашей статье [4]. Образцам с предположительно более коротким покоем семян дано обозначение «первые» (ПР), с более длительным покоем – «последние» (ПСЛ). В качестве стандарта при сравнении изучаемых показателей использовали исходный сорт.

Потомство отобранных растений предварительно изучали в 2016 и 2017 гг. Опыты были заложены в двукратной повторности на делянках площадью 0,3 м². В период вегетации закладывали лабораторный опыт по оценке глубины и продолжительности покоя методом проращивания в чашках зерен разного возраста (26, 34 и 50 дней от опыления). Рассчитывали индекс прорастания (ИП):
$$ИП = \frac{14 \times n_1 + 13 \times n_2 + \dots + 1 \times n_{14}}{D \times N},$$
 где $n_1, n_2, \dots, n_{14}$ – число вновь проросших зерен за первые, вторые и последующие сутки; N – общее число жизнеспособных зерен; D – общее число дней испытания; 14, 13, ..., 1 – веса, данные числам проросших зерен в первый, второй и последующие дни соответственно. Индекс прорастания варьирует в пределах от 0 до 1. Чем более глубокий покой семян, тем ниже значение индекса [2].

После перестоя в поле визуально определяли проросшие зерна, рассчитывали их процент. Данный анализ проводили на всех вариантах опыта, оценку ИП – только в вариантах с предположительно более продолжительным покоем семян (ПСЛ).

В 2018 году был заложен более точный опыт в трехкратной повторности, площадь делянки 1 м². Определен процент проросших зерен (ППЗ) при своевременной уборке в фазе конца восковой – начала твердой спелости и после двухнедельного перестоя в поле.

Метеорологические условия 2016, 2017 и 2018 гг. значительно различались. В 2016 году во время наступления полной спелости зерна (вторая декада июля) выпало в два раза больше осадков, чем по среднегодовым наблюдениям, и температура воздуха была также выше среднегодовой на 3°C. Вегетационный период 2017 года был холодным и дождливым вплоть до середины июля, что привело к формированию зерна с относительно глубоким покоем. 2018 год был более типичным для Московской области. В период формирования зерна повышенная температура воздуха сочеталась с равномерным распределением осадков, что могло привести к формированию зерна с повышенной амилолитической активностью.

Данные были обработаны методом дисперсионного анализа [6].

Результаты и обсуждение

Анализ отборов из линии 17. Среди потомства растений с более коротким периодом покоя семян («первых») в среднем за 2016 – 2017 гг. высоким ППЗ обладали образцы, отобранные в возрасте 34 и 60 дней от опыления – 15,8 и 23,4% соответственно. Остальные варианты были на уровне линии 17 – 5,9% (рис. 1а).

Потомство растений с более длительным покоем семян («последние», ПСЛ), отобранных для проращивания на 50 и 60 дни от опыления, оказалось, вопреки ожиданиям, менее устойчивым к предуборочному прорастанию зерна в колосе, чем линия 17. Тем не менее, нам удалось отобрать более устойчивый образец при закладке образцов, отобранных на 42 день от опыления (ППЗ = 3,8%), хотя он и недостоверно лучше исходного сортообразца (см. рис. 1а).

По ИП различия были обнаружены при проращивании зерен, находившихся в фазе конца восковой – начале твердой спелости, более ранние пробы прорастали слабо. Самым низким ИП обладал вариант ПСЛ 42 – 0,41, чуть больше – 0,5 – ПСЛ 26. Остальные варианты отличались от стандарта (ИП = 0,67) незначимо (рис. 2а).

Для дальнейшего изучения был взят образец линии 17 ПСЛ 42. В 2018 году он показал значимо большую устойчивость к предуборочному прорастанию зерна, чем линия 17: ППЗ составил 1,04 и 2,5% соответственно. После двухнедельного перестоя в поле данный образец также оказался лучше исходного сортообразца: его ППЗ повысился на 0,75%, в то время как у линии 17 – на 1,86% (рис. 3а).

Анализ отборов из сорта Тимирязевская 150. По результатам предварительного изучения отборов из данного сорта не выявлено достоверных различий по ППЗ (рис. 1б). По ИП различия были обнаружены только при проращивании зерновок в фазу тестообразной спелости. Образцы ПСЛ 34, ПСЛ 42 и ПСЛ 50 имели более глубокий покой, чем исходный сорт. ИП у них составил 0,03 – 0,04, в то время как у сорта – 0,21. При проращивании в фазу твердой спелости эти образцы также отличались меньшим ИП, чем сорт, но незначимо (рис. 2б).

Для изучения в 2018 году были отобраны эти варианты. Они показали достоверно более высокую устойчивость к предуборочному прорастанию, чем исходный сорт, как при своевременной уборке, так и после перестоя в поле: 3 – 4% против 6,6% (рис. 3б).

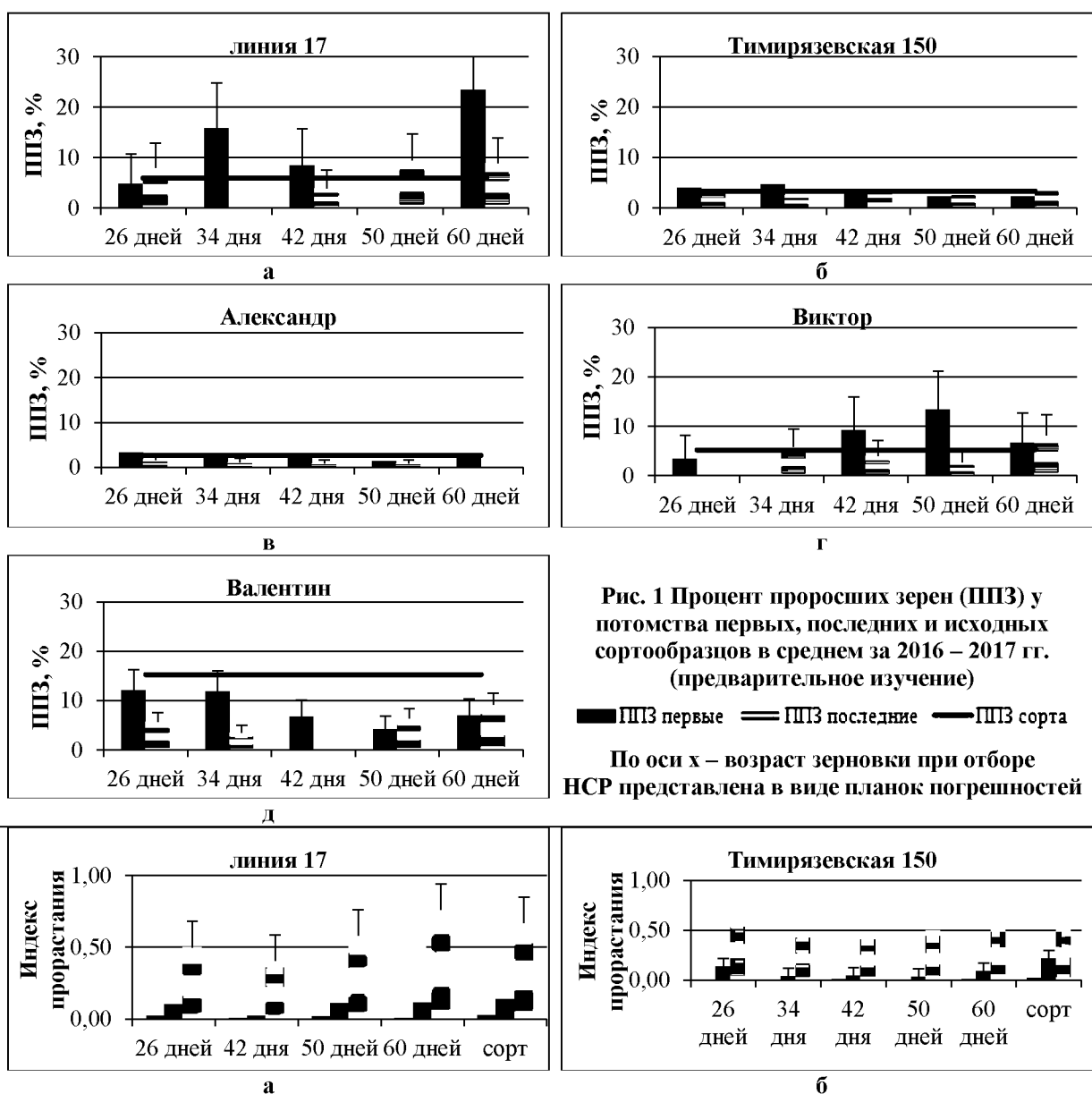
Анализ отборов из сорта Александр. В среднем за 2016 – 2017 годы потомство первых проросших зерен находилось на уровне стандарта по ППЗ. Варианты ПСЛ 34, ПСЛ 42 и ПСЛ 50 имели существенно меньший ППЗ, 1,18, 0,09 и 0,09% соответственно, чем исходный сорт, у которого проросло 2,7% зерен (рис. 1в). По ИП ни в одной пробе не было обнаружено различий (рис. 2в).

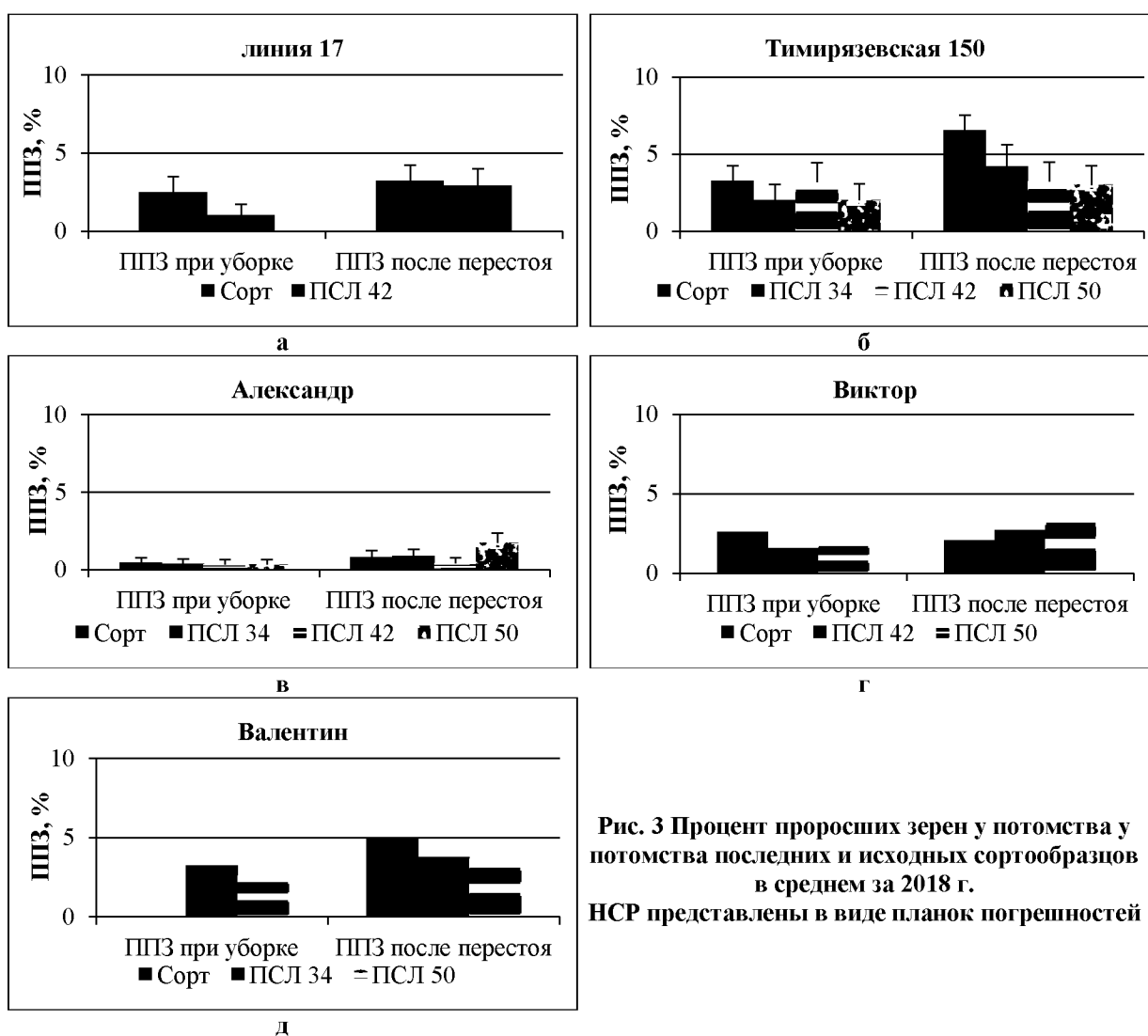
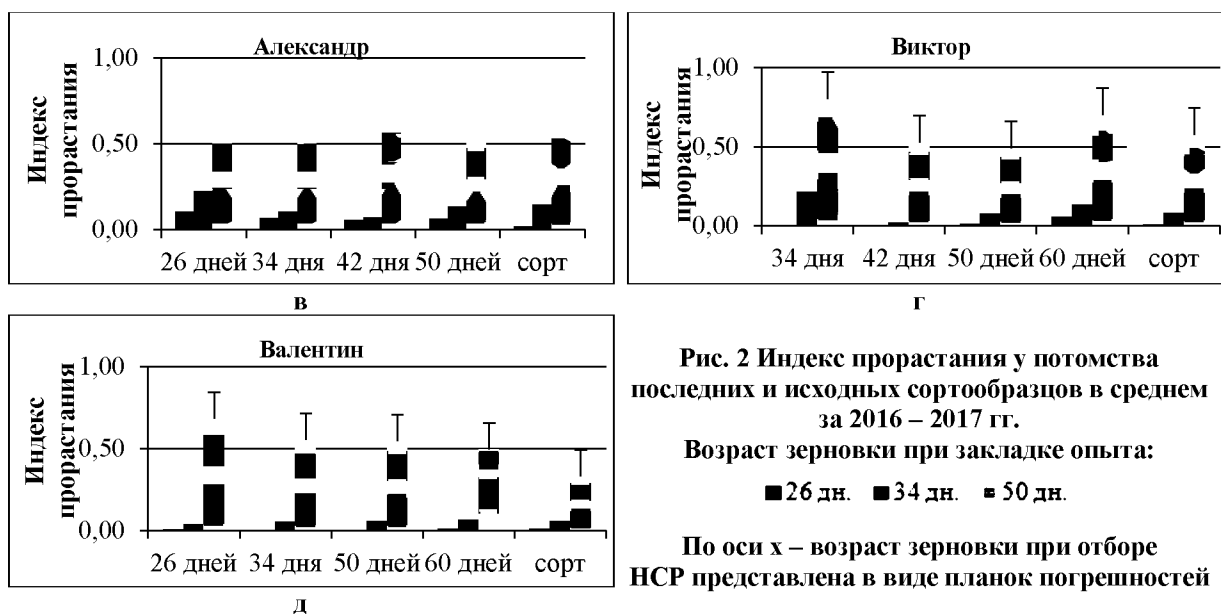
В 2018 году были изучены выделившиеся варианты в сравнении с исходным сортом. Все они показали более высокую устойчивость, а ПСЛ 34 и ПСЛ 42 меньше прорастали после перестоя в поле (рис. 3в).

Анализ отборов из сорта Виктор. Отбор первых проросших зерен привел к различным результатам, но в большинстве случаев «первые» оказались менее устойчивыми к предуборочному прорастанию, чем исходный сорт. Среди «последних» самым устойчивым образцом оказался ПСЛ 50 – он сильнее других, хотя все же недостоверно, отличался от стандарта по ППЗ: 2,7 и 5,2% соответственно. Чуть меньше, чем исходный сорт, прорастал образец ПСЛ 42. Его ППЗ = 3,95% (рис. 1г).

Самым низким ИП в фазу твердой спелости обладал образец ПСЛ 50 – 0,49, чуть большим – ПСЛ 42 (0,53) и исходный сорт (0,58). Остальные варианты имели более высокий ИП (рис. 2г).

В 2018 году образцы ПСЛ 42 и ПСЛ 50 не показали достоверного превышения по устойчивости к предуборочному прорастанию зерна в колосе по сравнению с исходным сортом. Следует отметить, что данные образцы оказались устойчивыми к воздействию неблагоприятных погодных условий при перестое в поле: ППЗ повысился незначительно (рис. 3г).





Анализ отборов из сорта Валентин. Потомство первых проросших оказалось столь же неустойчивым к предуборочному прорастанию, как и исходный сорт – ППЗ

варьировал около 6 – 15%. Отбор последних проросших зерен привел к существенному улучшению сорта. Самым низким ППЗ обладали варианты ПСЛ 26, ПСЛ 34, чуть больше – ПСЛ 50: 5,7, 3,5 и 6,4% соответственно (рис. 1д).

При проращивании в чашках Петри в фазу твердой спелости ИП у отборов был существенно выше, чем у исходного сорта (рис. 2д).

В 2018 году образцы ПСЛ 34 и ПСЛ 50 подтвердили свою устойчивость к прорастаню зерна в колосе, хотя после перестоя в поле ППЗ несколько повысился. Из-за сильного поражения снежной плесенью сорт Валентин практически полностью выпал, и удалось оценить только один из показателей (рис. 3д).

Кроме внутрисортных различий, большое влияние на значения изученных показателей оказали метеорологические условия года. Так, в 2016 году индекс прорастаня во всех вариантах был значительно выше, чем в 2017. В 2017 году во время колошения и цветения было очень холодно, что привело к формированию семян с более продолжительным покоем. Процент проросших зерен в 2017 году также был ниже, чем в 2016, практически во всех изученных вариантах. В 2018 году все сортообразцы имели ППЗ ниже, чем обычно. Это может быть связано с относительно небольшим количеством осадков в период созревания зерна.

Выводы

1. В большинстве случаев отбор зерен с менее глубоким покоем приводил к получению образцов, характеризовавшихся либо меньшей, либо такой же устойчивостью к прорастаню зерна в колосе, как и у исходного сортообразца.

2. Результативность отбора форм с более продолжительным покоем зависела как от популярности сорта, так и от возраста зерновок, закладываемых на проращивание: лучшей фазой являлась фаза начала восковой спелости.

3. Нам удалось отобрать биотипы, достоверно более устойчивые к прорастаню, чем исходные сорта Валентин, Тимирязевская 150 и линия 17.

Список литературы

1. *Баженов М.С.* Изучение внутрисортного полиморфизма озимой тритикале по устойчивости к прорастаню зерна в колосе // Тритикале: материалы международной научно-практической конференции «Тритикале и его роль в условиях нарастания аридности климата» и секции тритикале отделения растениеводства РАСХН. – Ростов-на-Дону, 2012. – С. 16–20.

2. *Баженов М.С., Пыльнев В.В., Тараканов И.Г.* Влияние факторов окружающей среды на покой семян и прорастание зерна в колосе озимой тритикале // Известия ТСХА. – 2011. – Вып. 6. – С. 30–38.

3. *Данилкин Н.М., Соловьев А.А.* Особенности наследования признаков продуктивности у яровой тритикале // Тритикале России: материалы заседания секции тритикале РАСХН. – Ростов-на-Дону, 2008. – Вып. 3. – С. 34–36.

4. *Котенко Ю.Н., Рубец В.С., Пыльнев В.В.* Выявление возраста зерновки для отбора устойчивых к предуборочному прорастаню генотипов тритикале // Труды Кубанского ГАУ. – 2016. – Вып. 3 (60). – С. 141–147.

5. *Крупнов В.А., Сибикеев С.Н., Крупнова О.В.* Генетический контроль покоя и устойчивости к предуборочному прорастаню семян у пшеницы: обзор // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 3. – С. 3–16.

6. Пакет статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS, версия 2.08. – Тверь, 1999.

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