



УДК (633.853.494:631.527.5)470.32
DOI 10.25230/conf12-2023-278-283

СПОСОБ ОЦЕНКИ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА РАПСА ОЗИМОГО ПО ПРИЗНАКУ УСТОЙЧИВОСТИ К РАСТРЕСКИВАНИЮ СТРУЧКА

Стрельников Е.А., Горлова Л.А.

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

strelnikov.e.a.1989@mail.ru, lagorlova26@yandex.ru

Предложен модифицированный способ тестирования устойчивости к растрескиванию стручков рапса озимого. Способ заключается в оценке устойчивости к растрескиванию стручков генотипов рапса путем физического на них воздействия (имитирующего сильный порывистый ветер, ливни с градом или проходящий при уборке комбайн) и подсчёте преждевременно вскрывшихся стручков в фазе полной спелости. Представлены результаты оценки генотипов рапса озимого (*Brassica napus* L.) по устойчивости к растрескиванию стручков в питомнике конкурсного сортоиспытания. Предложенный способ позволяет оценить и дифференцировать все изучаемые генотипы рапса, повысить эффективность селекционного процесса и сократить сроки создания селекционного материала с улучшенными характеристиками по признаку устойчивости к растрескиванию стручка.



Ключевые слова: рапс озимый, сорт, гибрид, устойчивость к растрескиванию стручка.

Введение. Одной из важных проблем при возделывании рапса является растрескивание стручков, приводящее к осыпанию, недобору урожая семян и к проблеме появления падалицы рапса на поле в последующие годы. Растрескивание стручков, вызванное шквалистым ветром, дождем, градом, или проходящим во время уборки урожая комбайном – естественный процесс рассеивания семян рапса, что при возделывании этой масличной культуры влечёт за собой значительные потери семян. Потери урожая рапса вследствие растрескивания стручков и осыпаемости семян в среднем составляют от 8 до 12 % потенциального урожая [1]. Потери могут быть намного выше в результате града и проливных дождей и достигать 50 % [2]. Кроме того, стручки в зрелой стадии легко растрескиваются под воздействием внешних механических воздействий, таких как удары мотовила и силы вибрации при механизированной уборке урожая комбайном, следствием чего являются большие потери, в отдельных случаях составляющие более половины от общих потерь [3–5].

Одна из основных причин проблемы осыпаемости семян – это несоответствие между требованиями, предъявляемыми к комбайну, его настройками для уборки рапса и устойчивостью к растрескиванию стручков. Во время работы рапсоуборочного комбайна, мотовило, расположенное перед жаткой, является первым элементом, который непосредственно контактирует с растениями рапса. Вращательное движение мотовила и удары по растению, приводят к массовому растрескиванию стручков и вызывают значительные потери при осыпании семян [6, 7].

Устойчивость стручков к растрескиванию зависит от их анатомического строения и погодных условий, особенно в конце вегетационного периода (фазы желто-зеленого стручка и полной спелости), когда во время дождей стручки набухают, а затем при высыхании они сжимаются, в результате в створках стручка возникают механические напряжения и возрастает хрупкость их тканей [8]. Хрупкие перезрелые стручки растений рапса особенно подвержены риску растрескивания при запаздывании уборочных работ. Поэтому повышение устойчивости генотипов к растрескиванию стручков является одной из важных задач селекции рапса, особенно при его возделывании в зонах, где во время созревания высока вероятность сильных дождей, ливней или града, при невозможности обработки специализированным клеём в оптимальную фазу из-за неблагоприятных погодных условий. Также повышение устойчивости стручков к растрескиванию позволяет экономить средства на обработку клеём.

Для уменьшения потерь и отбора генотипов рапса, пригодных для механизированной уборки, было проведено большое количество исследований по поиску методов оценки устойчивости стручков к растрескиванию. По принципу тестирования методы оценки можно разделить на две категории – идентификация в полевых и в лабораторных условиях.

Одним из методов идентификации растрескиваемости стручков рапса является визуальная оценка в полевых условиях в течение нескольких лет. Помимо метода визуальной оценки широко используется способ, заключающийся в сборе и подсчете естественного упавших семян с применением специального устройства для их сбора [9]. Этот метод оценки прост и удобен в реализации, но обладает сильной субъективностью и плохой воспроизводимостью.

Лабораторные тесты можно разделить на два типа в зависимости от методики. Первый тип включает в себя измерения силы или энергии, требующейся для растрескивания стручков. Для этих целей был разработан оригинальный маятниковый тест [1], и проведена оценка сопротивления стручка на основе измерения изгибающего момента и силы, требующейся для его растрескивания [10, 11]. Х.Л. Тан с соавторами (2006) предложил испытание на разрыв для измерения силы растрескивания стручка при его растяжении [12]. Кроме того, была применена теория деформации стручка при трёхточечном изгибе с использованием универсальной испытательной машины для измерения силы его растрескивания [13]. Другим подходом



является оценка устойчивости к растрескиванию стручков по косвенным показателям на основе ряда анатомо-морфологических характеристик [2].

В лабораторных условиях для определения устойчивости к растрескиванию стручков проводят испытание на случайный удар, которое включает встряхивание стручков рапса вместе с металлическими шарикоподшипниками в контейнере с помощью механического встряхивателя, а устойчивость к растрескиванию стручков оценивается с использованием времени и процентного соотношения разрушенных стручков [4]. Также применяют метод столкновения с двумя степенями свободы при помощи специального механизма с закрепленным на платформе контейнером (без металлических шарикоподшипников), совершающим движение в двух плоскостях, параметры задаются контроллером [14].

Целью наших исследований являлась модификация и упрощение способа оценки устойчивости к растрескиванию стручков рапса озимого для более удобного тестирования и получения надежных результатов позволяющих дифференцировать генотипы рапса, как в полевых, так и лабораторных условиях.

Материалы и методы. Нами были проанализированы все преимущества, и недостатки двух способов «испытание на случайный удар» и «метод столкновения с двумя степенями свободы». В результате нами представлена модификация, позволяющая проводить оценку, как в полевых, так и в лабораторных условиях, дифференцировать генотипы рапса и повысить эффективность селекционного процесса по признаку устойчивости к растрескиванию стручков в фазу полной зрелости.

Для оценки растрескивания стручков использовали 10-ти бальную градацию от 0 до 10. Все стручки целые, нет свободных перегородок – 0 баллов, 10 баллов – все стручки раскрыты (10 свободных перегородок):

- 0,0–2,0 балла – растрескиваемость стручков отсутствует или очень слабая;
- 2,1–4,0 балла – слабая растрескиваемость стручков;
- 4,1–6,0 баллов – средняя растрескиваемость стручков;
- 6,1–8,0 баллов – сильная растрескиваемость стручков;
- 8,1–10,0 баллов – очень сильная растрескиваемость стручков.

Подбор параметров (количество стручков, шаров, объема контейнеров, количество возвратно-поступательных движений, направление и определение плоскостей движения) проводили экспериментальным путем.

При изучении устойчивости стручков к растрескиванию отбирали по 10 стручков с каждой делянки в 4-х кратной повторности, всего по 40 шт. каждого генотипа. Отбор проводили с нижней части центральной кисти разных растений по два полностью созревших стручка. Затем стручки помещали в контейнеры с резиновыми шарами (по 10 шаров в каждый контейнер), контейнеры закрывали крышкой и производили 10 энергичных возвратно-поступательных движений в горизонтальной плоскости. После чего крышки открывали, и вели подсчет прозрачных перегородок стручков согласно вышеуказанной бальной градации. Одна свободная перегородка соответствует одному раскрывшемуся стручку (рис. 1).

Исследования проводили в 2021–2022 годах на центральной экспериментальной базе ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар). Объектом исследований служили 20 генотипов (14 сортов и 6 гибридов) рапса озимого (*B. napus* L.) выращенные в питомнике конкурсного сортоиспытания. Семена генотипов рапса озимого высевали селекционной самоходной сеялкой «Wintershtеiger» на 4-рядковых делянках. Ширина междурядий 30 см. Норма высева семян 0,6 млн шт./га. Глубина заделки семян 2,5–3,0 см. Стандартом служил высокопродуктивный среднеранний сорт рапса озимого Лорис и высокопродуктивный иностранный гибрид Фактор КВС. Полевые опыты по оценке устойчивости стручков рапса озимого к растрескиванию проводили по вышеуказанному способу.



Рисунок 1 – Последовательность определения устойчивости рапса озимого к растрескиванию стручков согласно предложенной методике: 1, 2 – стручки рапса в контейнерах с резиновыми шарами; 3 – контейнеры с закрытыми крышками; 4, 5 – стручки после физического на них воздействия путем возвратно-поступательных движений в горизонтальной плоскости

Результаты и обсуждение. Результаты тестирования и распределения по устойчивости к растрескиванию стручков двадцати генотипов рапса озимого, выращенных в полевых условиях в питомнике конкурсного сортоиспытания, представлены в таблице и на рисунке 2.

Таблица. **Распределение сортов и гибридов рапса озимого по растрескиваемости стручков в питомнике конкурсного сортоиспытания**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, Краснодар, 2021–2022 гг.

Генотип	Количество, шт.	Классы распределения, балл		
		2,1–4,0	4,1–6,0	6,1–8,0
Гибрид	6	4*	1	1
Сорт	14	–	9	5**
Всего:	20	4	10	6

Примечание: * – класс, куда входит стандарт – иностранный гибрид Фактор

** – класс, куда входит стандарт – сорт Лорис

Диапазон варьирования устойчивости всех изучаемых генотипов рапса озимого составлял 2,4–7,0 баллов (рис. 2). В изучаемом наборе генотипов слабой растрескиваемостью стручков характеризовались 4 гибрида рапса озимого (2,4–4,0 балла). Выделились генотипы ВН-4 × ОРК-10 (2,4 балла) и Дебют (3,0 балла) с наименьшей растрескиваемостью стручка. У иностранного гибрида Фактор КВС растрескиваемость стручка составляла 3,8 балла. Средней растрескиваемостью обладал гибрид. Гибрид ВН-13 × ОРК-10/1 – сильной (6,1 балла) (рис. 2). Гибриды рапса продемонстрировали более высокий уровень устойчивости к растрескиванию стручка в сравнении с сортами (табл.).

Среди перспективных сортообразцов конкурсного испытания средней растрескиваемостью стручка характеризовались девять претендентов (4,9–5,9 баллов). У остальных пяти сортообразцов наблюдалась сильная растрескиваемость стручков (6,3–6,8 баллов). Наименьший показатель растрескиваемости выявлен у ВН-1613-19СЕ (4,9 балла) (рис. 2).

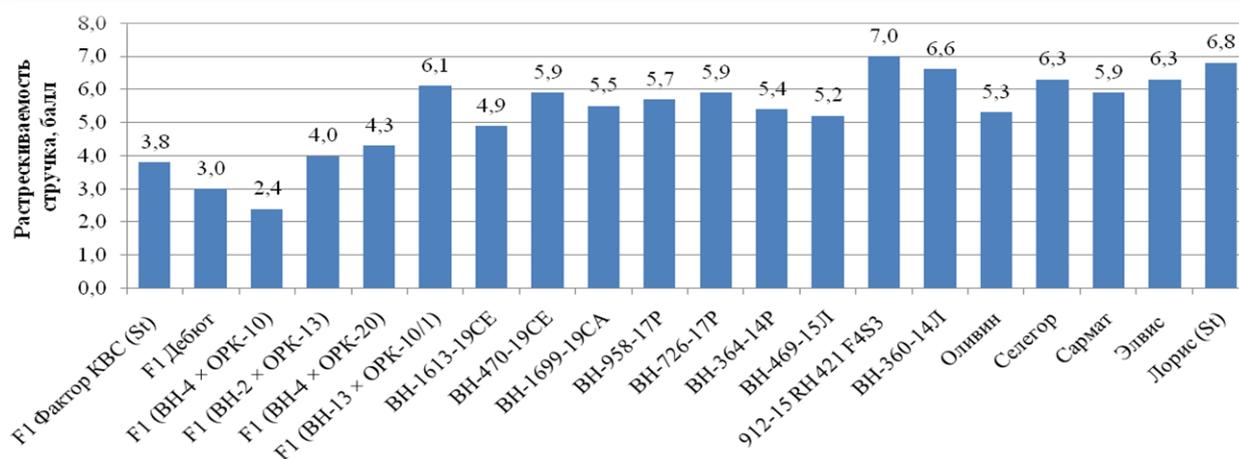


Рисунок 2 – Результаты исследования устойчивости стручков сортов и гибридов рапса озимого в питомнике конкурсного сортоиспытания (2021–2022 гг.)

Круговая диаграмма показывает, что 50 % генотипов КСИ рапса озимого характеризуются средней растрескиваемостью стручков (4,1–6,0 баллов), 30 % генотипов имеют стручки склонные к сильному растрескиванию (6,1–8,0 баллов) и 20 % преимущественно гибридов демонстрируют слабую растрескиваемость стручков (2,1–4,0 балла) (рис. 3).

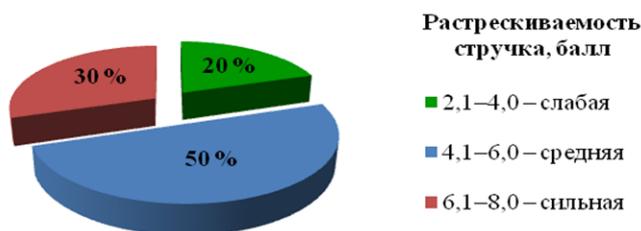


Рисунок 3 – Диаграмма распределения количества генотипов рапса озимого в различных диапазонах баллов устойчивости к растрескиванию стручка (2021–2022 гг.)

Заключение. Таким образом, использование предлагаемого способа оценки рапса (*B. napus* L.) по признаку устойчивости к растрескиванию стручков в фазу полной зрелости позволяет оценить и дифференцировать все изучаемые генотипы рапса, повысить эффективность селекционного процесса, и сократить сроки создания селекционного материала с улучшенными по этому признаку характеристиками. В результате тестирования в КСИ выделены генотипы рапса озимого обладающие слабой растрескиваемостью стручков. Предложенный способ обладает преимуществами: легкостью перемещения, простотой в эксплуатации, возможностью использования в полевых условиях, которые отражают истинные характеристики стручков рапса.

Литература

1. Kadkol G.P., Macmillan R.H., Burrow R.P., Halloran G.M. Evaluation of Brassica accessions for resistance to shatter // Development of a laboratory test. Euphytica. 1984. Vol. 33. P. 61–71.
2. Child R.D., Summers J.E., Babij J., Farrent J.W., Bruce D.M. Increased resistance to pod shatter is associated with changes in the vascular structure in pods of a resynthesized Brassica napus line // J. Exp. Bot. 2003. Vol. 54. P. 1919–1930.



3. Shim Y.Y., Falk K., Ratanapariyanuch K., Reaney M.J.T. Food and fuel from Canadian oilseed grains: Biorefinery production may optimize both resources. // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2017. Vol. 119. № 9. P. 1438–7697.
4. Bruce D.M., Farrent J.W., Morgan C.L., Child R.D. Determining the oilseed rape pod strength needed to reduce seed loss due to pod shatter // *Biosyst. Eng.* 2002. Vol. 81. №2. P. 179–184.
5. Cavalieri A., Lewis D.W., Gulden R.H. Pod drop and pod shatter are not closely related in canola. // *Crop Sci.* 2014. Vol. 54, №3. P. 1184–1188.
6. Cavalieri A., Harker K.N., Hall L.M., Willenborg C.J., Haile T.A., Shirliffe S.J., Gulden R.H. Evaluation of the causes of on-farm harvest losses in canola in the northern Great Plains. // *Crop Sci.* 2016. Vol. 56. №4. P. 2005–2015.
7. Pari L., Assire A., Alessandro S., Vincenzo C. The harvest of oilseed rape (*Brassica napus* L.): The effective yield losses at on-farm scale in the Italian area // *Biomass Bioenerg.* 2012. Vol. 46. P. 453–458.
8. Squires T.M., Gruwel M.L.H., Zhou R., Sokhansanj S., Abrams S.R., Cutler A.J. Dehydration and dehiscence in siliques of *Brassica napus* and *Brassica rapa* // *Can. J. Bot.* 2003. Vol. 81. P. 248–254.
9. Pahkala, K. Seed loss as a result of pod shatter in spring rape and spring turnip in Finland / K. Pahkala, H. Sankari // *Agricultural and Food Science in Finland.* 2001. Vol. 10. P. 209–216.
10. Hobson R.N., Bruce P.M. PM-Power and Machinery: Seed Loss when Cutting a Standing Crop of Oilseed Rape with Two Types of Combine Harvester Header // *Biosyst. Eng.* 2002. Vol. 81. №3. P. 281–286.
11. Kadkol, G.P. Evaluation of brassica genotypes for resistance to shatter. II. variation in silique strength within and between accessions. / G.P. Kadkol, G.M. Halloran, R.H. Macmillan // *Euphytica.* 1985. Vol. 34. №3. P. 915–924.
12. Tan X.L., Zhang J.F., Yang L. Quantitative determination of the strength of rapeseed pod dehiscence // *Transactions of the CSAE.* 2006. Vol. 22. P. 40–43.
13. Li Y.M., Zhu J.Q., Xu L.Z. Experimenton strength of rapeseed pod dehiscence based on impending fracturing method // *Transactions of the CSAE.* 2012. Vol. 28. P. 111–115.
14. Qing Y.R., Li Y.M., Xu L.Z., Ma Z., Yang Y. Technology of 2-DOF collision testing for rape pod shatter resistance // *Trans. CSAE.* 2019. Vol. 35. P. 33–40.

METHOD FOR ASSESSING BREEDING MATERIAL OF WINTER RAPESEED BY A TRAIT OF RESISTANCE TO POD DEHISCENCE

Strelnikov E.A., Gorlova L.A.

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

A modified method for testing the resistance to pod dehiscence of winter rapeseed is proposed. The method concludes in assessing the resistance of pods of rapeseed genotypes to dehiscence by physical impact on them (simulating a strong gusty wind, hailstorms or a combine harvester passing during harvesting) and counting prematurely dehisced pods in the phase of full ripeness. The results of evaluation of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes in terms of resistance to pod dehiscence in the nursery of the competitive variety testing are presented. The proposed method makes it possible to differentiate the studied rapeseed genotypes and increase the efficiency of the breeding process, as well as reduce the time for developing breeding material with improved characteristics by a trait of resistance to pod dehiscence.

Key words: winter rapeseed, variety, hybrid, resistance to pod dehiscence.