



УДК: 633.853.494: 631.524.5
DOI 10.25230/conf13-2025-03-263

РАСТРЕСКИВАНИЕ И ОПАДАНИЕ СТРУЧКОВ РАПСА (ОБЗОР)

Старикова Д.В., Горлова Л.А.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
raps@vniimk.ru

Потери семян до и во время уборки у рапса (*Brassica napus* L.) вызваны, как правило, растрескиванием и опаданием стручков. Это приводит к существенному недобору урожая и снижению рентабельности производства. Оба процесса включают в себя разрушение целостности клеток стручка в зонах опадания и растрескивания. На растрескивание оказывают влияние несколько генов и особенности морфологического строения стручка, а опадание в большей степени зависит от условий, складывающихся во время вегетации. Селекция на снижение потерь семян, обусловленное растрескиванием и опаданием стручков возможно только в случае тщательного изучения особенностей развития, формирования, строения стручка и корреляции с условиями выращивания.

Ключевые слова: рапс масличный, строение стручка, растрескивание стручков, опадание стручков, абиотические факторы.

Введение. Рапс масличный (*Brassica napus* L.) относится к семейству Капустные и является важной масличной культурой, широко выращиваемой в сельскохозяйственных регионах с умеренным климатом [1]. Эта культура, удачно сочетает в себе высокую потенциальную урожайность семян, высокое содержание масла и белка в семенах и в зелёной массе [2]. Рапсовое масло занимает третье место среди основных мировых источников растительного масла после соевого и пальмового [1]. Потенциальная продуктивность рапса озимого может достигать 6–7 т/га, однако средняя урожайность в мировом производстве этой культуры в разные годы варьирует от 3 до 4 т/га. Одними из причин недобора урожая являются потери до и во время уборки: осыпание семян при растрескивании, опадание стручков, несвоевременная уборка (при перестое возникает осыпание семян, а при ранней уборке – недобор урожая от невымолачивания стручков), а также потери на боковом делителе, коротком столе жатки и негерметичность комбайна. Поэтому рекомендуется использовать специальные «рапсовые» жатки, а также проводить уборку в утренние и вечерние часы, при повышенной, но допустимой по нормам влажности семян, использовать сорта и гибриды устойчивые к растрескиванию стручков.

Основные потери семян у представителей семейства Brassicaceae до сбора урожая вызваны двумя явлениями: растрескиванием стручков, при котором семена выпадают из

стручка, а его створки остаются прикрепленными к растению, и опаданием стручков, при котором они, не успевают раскрыться и отделяются от плодоножки. Несмотря на то, что оба явления способствуют существенным потерям семян до уборки, этой проблеме в нашей стране уделялось недостаточно внимания. Информации об относительном вкладе растрескиваемости и опадания стручков в общие потери семян рапса до сбора урожая очень мало [3].

Нарушение целостности стручков происходит в определённых местах, представляющих собой несколько слоев дифференцированных клеток, называемых зонами опадания и растрескивания. Оба процесса включают в себя отделение клеток друг от друга путём растворения межклеточных связующих веществ и разрушение клеточной стенки [4].

Процесс высвобождения семян из сухих плодов при созревании у разных культур отличается. В этом процессе участвуют разные анатомические структуры и механизмы: у злаковых это отделения плода от плодоножки, а у бобовых и капустных – раскрытие боба или стручка [5; 6].

Растрескивание стручка может происходить как до сбора урожая из-за неблагоприятных погодных условий (сильный дождь, град, ветер), так и во время сбора урожая из-за воздействия рабочих органов комбайна. Хрупкие стручки рапса подвержены растрескиванию под воздействием зубьев и вибрации моточил при контакте с вертикальными ножами комбайна во время уборки, что приводит к высыпанию семян [7, 8, 9, 10, 11]. Хотя этот механизм является преимуществом в природе, растрескивание стручков в сельском хозяйстве вызывает значительные потери урожая. У рапса осыпавшиеся семена могут сохраняться в почве до 10 лет, что способствует появлению падалицы и засорению посевов последующих культур [12, 13]. Потери урожая могут составлять от 10 до 25 % [14]. Есть сообщения о потерях семян до 50 % от ожидаемой урожайности, когда неблагоприятные климатические условия задерживали уборку [15].

На сегодняшний день усилия ученых направлены на решение проблемы снижения потерь маслосемян рапса перед уборкой. Они сосредоточены на генетических улучшениях устойчивости к растрескиванию. Некоторые исследователи описали селекционные способы уменьшения растрескивания стручков у *Brassica napus* L., результатом которых являлось выведение генотипов устойчивых к осыпанию семян [16]. Растрескиваемость стручков изучалась в полевых и лабораторных условиях, проводились исследования морфологического строения стручков. Были определены связи между основными механизмами, приводящими к растрескиванию и установлено генетическое влияние на устойчивость стручков рапса к этому явлению [17, 18].

Для отбора генотипов рапса устойчивых к растрескиванию, зарубежные ученые предложили ряд лабораторных методик. Был разработан маятниковый тест, который использовался для моделирования механических воздействий на стручок и оценивалась сопротивляемость стручка на основе измерения изгибающего момента и силы, требующейся для его растрескивания. Также проводилось испытание на случайный удар, которое включало встряхивание стручков рапса вместе с металлическими шарикоподшипниками в контейнере с помощью механического встряхивателя, а устойчивость к растрескиванию стручков оценивалось с использованием времени и процентного соотношения разрушенных стручков [19, 20, 21].

Исследование канадских ученых показало, что опадание и растрескивание стручков у четырёх сортов и четырех гибридов было обусловлено разными факторами. Растрескивание стручков у *Brassica napus* L. до сбора урожая в большей степени было связано с генетическим происхождением, а их опадание как правило зависело от условий окружающей среды. В результате исследования было установлено, что высокий процент недобора урожая обусловлен опаданием стручков [22].

Эти же исследователи проводили изучение прочности прикрепления стручков к плодоножкам с помощью цифрового динамометра и определили степень устойчивости к опаданию стручков в зависимости от места крепления на ветвях (28,4 %). Прочность



прикрепления плодоножек к центральной кисти было значительно выше в проксимальной (нижней) части по сравнению с дистальной (верхней) частью стебля. Генотип рапса (7,4 %), условия в год проведения испытаний (5,5 %), густота стояния растений (2,6 %) и стадия созревания, во время которой проводились измерения устойчивости к опаданию стручков (2,5 %), в совокупности составили остальные значимые переменные, влияющие на данный показатель [23].

Прочность прикрепления стручка к плодоножке напрямую связана с устойчивостью к опаданию стручков у рапса. Индийские исследователи использовали цифровой динамометр для измерения силы отрыва, чтобы определить прочность прикрепления стручков к плодоножкам у трех изучаемых генотипов *Brassica napus* L. в ответ на внесение различных доз азотных удобрений. Они установили, что внесение высокой дозы азотного удобрения (550 кг/га) увеличивало прочность прикрепления стручков к плодоножкам. Между тремя генотипами рапса наблюдались устойчивые и значимые различия в размерах и силе прикрепления плодоножек. Размеры плодоножек напрямую связаны с содержанием азота в почве, однако в этом эксперименте не измерялись потери урожая и степень растрескивания стручков. В целом, исследования, посвященные признаку опадания стручков, ограничены, так как его трудно измерить, поскольку после него не остаётся легко различимых визуальных признаков [24].

Заключение. Результаты исследований ряда зарубежных ученых позволили установить, что на процессы растрескивания и опадания стручков рапса в разной степени оказывают влияние генетические особенности, морфологическое строение стручка, условия окружающей среды. Необходимо изучение анатомо-морфологического строения и механизма растрескивания стручка рапса, поиск методов оценки образцов на эти признаки. Дальнейшие исследования позволят выделить наиболее устойчивые генотипы селекционного материала ВНИИМК устойчивого к растрескиванию и опаданию стручков.

Литература

1. Steponavičius D., Kemzūraitė A., Bauša L., Zaleckas E. Evaluation of the Effectiveness of Pod Sealants in Increasing Pod Shattering Resistance in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). // *Energies*. – 2019. – Vol. 12. – Article 2256.
2. Пилюк Я.Э., Новичек А.А., Бобко Н.Н. Оценка образцов озимого рапса, различающихся по признаку устойчивости стручков к растрескиванию // *Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси. Достижения науки - производству: Материалы научно-практической конференции, посвященной 15-летию Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, Жодино, 08–09 июля 2021 года.* – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – С. 245–248.
3. Robert H. Gulden, Andrea Cavalieri, Lena D. Syrový, Steven J. Shirliff. Pod drop in *Brassica napus* is linked to weight-adjusted pod-retention resistance. // *Field Crops Research*. – Vol. 205. – 2017. – P. 34–44.
4. Lewis M.W., Leslie M.E., Liljegren S.J. Plant separation: 50 ways to leave your mother. // *Current Opinion in Plant Biology*. – 2006. – Vol. 9. – P. 59–65.
5. Dong Y., Wang Y.Z. Seed shattering: From models to crops. // *Frontiers in Plant Science*. – 2015. – Vol. 6. – Article 476.
6. Lenser T., Theiben G. Molecular mechanisms involved in convergent crop domestication. // *Trends Plant Science*. – 2013. Vol. 18. P. 704–714.
7. Lu, H.F., Tang C.Z., Guan C.Y., Wu M.L., Xie F.P., Zhou Y. Plant characteristic research on field rape based on mechanized harvesting adaptability. // *Trans. CSAE*. – 2010. Vol. 26. – P. 61–66.

8. 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. // *Biosystems Engineering*. – 2002. – Vol. 81. – P. 179–184.
9. Cavalieri A., Lewis D.W., Gulden R.H. Pod drop and pod shatter are not closely related in canola. // *Crop Science*. – 2014. – Vol. 54. – P. 1184–1188.
10. Cavalieri A., Harker K.N., Hall L.M., Willenborg C.J., Haile T.A., Shirtliffe S.J., Gulden R.H. Evaluation of the causes of on-farm harvest losses in canola in the northern Great Plains. // *Crop Science*. – 2016. – Vol. 56. – P. 1–11.
11. Gao Z.P., Xu L.Z., Li Y.M., Wang Y.D., Sun P.P. Vibration measure and analysis of crawler-type rice and wheat combine harvester in field harvesting condition. // *Trans. CSAE*. – 2017. – Vol. 33. – P. 48–55.
12. Pekrun C., Lutman P.J.W., Baeumer K. Introduction of secondary dormancy in rape seeds (*Brassica napus* L.) by prolonged imbibition under conditions of water stress or oxygen deficiency in darkness. // *European Journal Agronomy*. – 1996. – Vol. 6. – P. 245–255.
13. Gulden R.H., Shirtliffe S.J., Thomas A.G. Secondary seed dormancy prolongs persistence of volunteer canola in western Canada. // *Weed Science*. – 2003. – Vol. 51. – P. 904–913.
14. Price J.S., Hobson R.N., Neale M.A., Bruce D.M. Seed losses in commercial harvesting of oilseed rape. // *Journal of Agricultural Engineering Research*. – 1996. – Vol. 65. – P. 183–191.
15. Hossain S., Kadkol G.P., Raman R., Salisbury P.A., Raman H. Breeding *Brassica napus* for Shatter Resistance. // *Plant Breeding*. – 2012. – pp. 313–332.
16. Wang R., Ripley V.L., Rakow G. Pod shatter resistance evaluation in cultivars and breeding lines of *Brassica napus*, *B. juncea* and *Sinapis alba*. // *Plant Breeding*. – 2007. – Vol. 126. – pp. 588–595.
17. 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*. // *Canadian Journal of Botany*. – 2003. – Vol. 81. – pp. 248–254.
18. Rajani S., Sundaresan V. The Arabidopsis myc/bHLH gene ALCATRAZ enables cell separation in fruit dehiscence. // *Current Biology*. – 2001. – Vol. 11. – pp. 1914–1922.
19. Стрельников Е.А., Горлова Л.А. Способ оценки селекционного материала рапса озимого по признаку устойчивости к растрескиванию стручка // *Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур: Сборник материалов 12-й Международной конференции молодых учёных и специалистов, Краснодар, 01–03 марта 2023 года*. – Краснодар: Федеральный научный центр "Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта", 2023. – С. 278–283.
20. Kadkol G.P., Macmillan R.H., Burrow R.P., Halloran G.M. Evaluation of *Brassica* genotypes for resistance to shatter: I. Development of a laboratory test. // *Euphytica*. – 1984 – Vol. 33. – pp. 63–73.
21. Bruce D.M., Farrent J.W., Morgan C.L., Child R.D., 2002. Determining the oilseed rape pod strength needed to reduce seed loss due to pod shatter. // *Biosystems Engineering*. – 2002. – Vol. 81. – pp. 179–184.
22. Cavalieri A., Lewis D.W., Gulden R.H. Pod drop and pod shatter are not closely related in canola. // *Crop Science*. – 2014. – Vol. 54. – pp. 1184–1188.
23. Robert H. Guldena, Andrea Cavalieri, Lena D. Syrovyc, Steven J. Shirtliffe. Pod drop in *Brassica napus* is linked to weight-adjusted pod-retention resistance // *Field Crops Research*. – 2017. – Vol. 205. – pp. 34–44.
24. Hoseinzadeh B., Esehaghbeygi A., Raghani N. Silique picking force in canola. // *International Journal of Agriculture and Biology*. – 2010. – Vol. 12. – pp. 632–634.



SHATTERING AND FALLING OF RAPESEED PODS (REVIEW)

Starikova D.V., Gorlova L.A.

Seed losses before and during harvesting of rapeseed (*Brassica napus* L.) are usually caused by pods shattering and falling off. This results in significant yield losses and reduced profitability. Both processes involve the destruction of pod cell integrity in the areas of pod fall and shattering. Shattering is influenced by several genes and features of pod morphology, while falling is more dependent on conditions during the growing season. Breeding for reduction of seed losses caused by pod shattering and falling is possible only in case of careful study of the features of development, formation, pod structure and correlation with cultivation conditions.

Key words: oil rapeseed, pod structure, pod shattering, pod falling, abiotic factors.