



УДК: 631.527.51
DOI 10.25230/conf11-2021-111-115

**ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СЕЛЕКТИРУЕМЫХ ПРИЗНАКОВ РАПСА
В ПРОЦЕССЕ ИНБРИДИНГА
(обзор)**

Старикова Д.В.
ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК
raps@vniimk.ru

Одним из приемов генетического изменения исходного материала для создания линий, стабильных по хозяйственно ценным признакам может служить инбридинг. Инбридинг дает возможность раскрыть огромный потенциал наследственности признаков сорта. Влияние инбридинга на формирование урожайности, структурных элементов, качество и содержание масла в семенах отмечается на протяжении десятков лет рядом ученых. Во ВНИИМК с использованием инбридинга созданы сорта с высокой урожайностью, масличностью и другими ценными биохимическими и морфологическими признаками, отвечающие запросам аграрной и перерабатывающей промышленности.

Ключевые слова: рапс, инбридинг, самоопыление, инбредная депрессия, селекция, урожайность, жирно-кислотный состав, желтая окраска семян.

Увеличение популярности рапса обусловлено главным образом успехами селекции в области создания продуктивных сортов с улучшенным качеством семян, но меняющиеся условия рынка требуют постоянного совершенствования свойств этой культуры. Для создания новых высокопродуктивных сортов рапса применение того или иного метода селекции тесно связано с использованием закономерностей биологии размножения растений, и, в частности, со способом опыления. Ученые экспериментально доказали, что рапс (*Brassica napus* L., $2n=38$, ААСС) возник в результате спонтанного скрещивания сурепицы (*Brassica campestris*, $2n=20$, АА) и капусты (*Brassica oleracea*, $2n=18$, СС). Несмотря на то, что родительские формы (капусты и сурепицы) самостерильны и сильно страдают от депрессии при искусственном самоопылении, культура рапс обладает самосовместимостью, при этом уровень перекрестного опыления может достигать 15–30 % [1]. Изучение рапса показало, что в гетерозиготных популяциях наблюдается значительное варьирование показателя степени отзывчивости на самоопыление составляющих популяцию биотипов. Существенная дифференциация материала в процессе самоопыления позволяла выделить линии, которые превосходили исходную популяцию по урожайности, что указывало на возможность использования самоопыления в качестве метода создания исходного материала.



Инбридинг дает возможность раскрыть огромный потенциал наследственности признаков вида, сорта. В первых поколениях предопределяя депрессию и сложное расщепление, проявляют разные по признакам особи, которые при дальнейшем самоопылении становятся константными. Поэтому использование метода инбридинга, как приема генотиповой дифференциации гетерозиготного материала позволяет выделить линии с хозяйственно ценными признаками [2].

Исследования в этой области были начаты в Германии и во Франции с целью поиска линий, характеризующихся большей склонностью к перекрёстному опылению для создания сортов-синтетиков. Многими исследователями было определено, что самоопыление оказывает незначительное влияние или вообще не оказывает такого на урожайность. По данным Rives, из 124 самоопыленных линий 4–9-го поколения инбридинга, выделенных из различных популяций и скрещиваний, 19 линий существенно превосходили по урожайности контрольные сорта Эльзас и Матадор, 66 – не имели существенные отличия от контроля, а 39 линий оказались менее продуктивными. С другой стороны, известны факты четкого проявления инбредной депрессии у рапса 8–9 поколения инбридинга, причем максимальное снижение урожайности семян наблюдалось в поколении J_0 – J_3 [3].

Несмотря на разные результаты инбридинга, он является ценным инструментом в селекции сельскохозяйственных культур и по существу необходим для создания превосходного генотипа [4]. В генетическом отношении самоопыление приводит к проявлению рецессивных признаков, находящихся в растении в скрытом состоянии. В результате можно выделить новые формы, гомозиготные по многим признакам. В своих опытах Ж. Шелл показал, что принудительным самоопылением можно освободиться от множества летальных генов, снизить изменчивость признаков и к пятому-шестому поколению стабилизировать их на одном уровне [5].

По данным польского селекционера J. Krzymanski, изучавшего влияние самоопыления на урожайность семян последующих поколений рапса озимого, средняя величина уровня инбредной депрессии при оценке 133 линий от 1 до 4 поколения составила 10,93 % от урожайности исходного свободноопыляющегося материала, при этом наблюдалась значительная дифференциация инбредных линий по продуктивности. Был выделен ряд самоопыленных линий, превосходящих по признаку урожайности семян стандартный сорт [3].

Во ВНИИМК изучалось влияние самоопыления на продуктивность и некоторые агрономические признаки озимого рапса в течение четырех последовательных поколений инбридинга. У инбредных линий не было отмечено резкого снижения урожайности семян, при этом дифференциация исходного материала сопровождалась появлением огромного количества биотипов, превосходящих по продуктивности родительские формы [6].

Исследования Р.С. Поляковой показывают, что самоопыление является эффективным методом выделения высокопродуктивных биотипов рапса ярового, превосходящих по продуктивности исходные сорта и сорт-стандарт. Урожайность потомств от свободного цветения в среднем составила 2,71 т/га и варьировала в пределах 1,72–3,97 т/га. В третьем поколении инбридинга наблюдалось увеличение варьирования урожайность семян от 1,49 до 4,56 т/га при среднем значении признака 2,47 т/га. Во всех поколениях инбридинга были выделены линии, имеющие урожайность как значительно ниже исходных растений, так и значительно выше. Во втором и третьем поколениях инбридинга наблюдается незначительная депрессия по урожайности семян, соответственно 8 и 9 % [7].

Ивко Ю.А. изучал влияние самоопыления на биометрические показатели сорта рапса ярового Магнат. Анализ полученных данных показал, что самоопыление сорта Магнат привело к уменьшению длины стручка у растений. Она составила $6,6 \pm 0,1$ см, что на 0,7 см меньше по сравнению со свободным опылением – $7,3 \pm 0,1$ см. У растений первого инцухт-поколения зафиксировано увеличение высоты стебля, количества стручков на центральном соцветии и числа семян в стручке [8].



Использование индивидуального отбора ценных биотипов в совокупности с самоопылением позволило селекционерам ВНИИМК перейти к созданию линейных сортов. Созданные линейные сорта рапса озимого превышают сорта-популяции по урожайности семян на 0,87 т/га, по масличности на 1,7 % и по сбору масла на 0,44 т/га.

Селекция рапса во ВНИИМК, сосредоточена не только на общем повышении урожайности, но и на ее сочетании с высоким качеством состава семян. Ещё с начала 80-х годов с целью улучшения и закрепления необходимых качественных признаков (низкое содержание эруковой кислоты и глюкозинолатов) применяли самоопыление. В результате чего были получены первые отечественные сорта озимого и ярового рапса типа «0» (безэруковые) и «00» (безэруковые и низкоглюкозинолатные).

Следующим перспективным направлением на качественные признаки в селекции рапса является создание сортов с желтой окраской семени (тип «000»), являющихся источником слабопигментированного растительного масла и высококачественного кормового концентрата [9]. Высокая доля семенной оболочки в массе семени (лузжистость) рапса с черной окраской семени (14–17 %) при промышленной переработке мешает хорошему измельчению сырья, приводя к увеличению потерь масла и шрота. Семенная оболочка чёрносемянного рапса содержит красящие вещества, воскопродукты, феофитин, серу, железо и другие нежелательные компоненты, переход которых в масло ухудшает его цвет, вкус, запах и прозрачность. Из-за повышенного содержания гемицеллюлозы, лигнина, фитина, олигосахаридов, ухудшающих перевариваемость кормов, рапсовый шрот в животноводстве ценится меньше, чем соевый. Создание сортов рапса с жёлтой окраской семени позволит решить эту проблему, так как при этом снижается содержание сырой клетчатки и других перечисленных нежелательных веществ [10].

Китайскими учёными формы с жёлтой окраской семенной оболочки были получены различными методами, закрепление цвета семени они проводили с помощью инбридинга. При переопылении небольшого числа растений желтосемянных инбредных линий, как и при самоопылении, потомства до пятой генерации оставались желтосемянными, при этом в популяциях было больше 50–100 растений, доля желтоокрашенных семян в общем урожае снижалась до 95 % и более [11].

Виновец В.Г. проводил исследования по созданию желтосемянных форм рапса с 2002 г., используя метод инбридинг. В работу были привлечены образцы рапса различного географического происхождения. Инцухтирование проводили только тех образцов, у которых были обнаружены единичные семена с желтой оболочкой. Вариация по признаку окраски семян в зависимости от поколения инбридинга в значительной мере определяется генотипическими особенностями исходного материала. Проанализировав полученные результаты, мы можем предположить, что одним из факторов, влияющих на проявление окраски семян, является географическое происхождение образца. Так, процент выщепления желтых семян в образцах южного происхождения выше, чем у северных образцов, у которых в последующих поколениях формировались только темноокрашенные семена [12].

Актуальным направлением в селекции рапса является создание масла с высоким содержанием олеиновой кислоты (>70 %) и низким – линоленовой (<3 %) кислоты – HOLL (High Oleic Low Linolenic), использование которого позволяет максимально снизить содержание транс-жиров в продуктах, повысить их питательную ценность, увеличить сроки хранения, без потери вкусовых качеств [13].

Данные полученные В.В. Сердюк позволяют сделать вывод о влиянии различных способов опыления на жирно-кислотный состав масла семян. Выявлено, что содержание линоленовой кислоты в масле семян, полученных при свободном цветении на 0,9–5,4 % больше, чем в масле семян, полученных с этих же растений, но от самоопыления. В связи с этим проводили самоопыление семей, имеющих наиболее низкое содержание линоленовой кислоты. В результате оценки были выделены самоопыленные линии, характеризующиеся не



только более низким содержанием линоленовой кислоты, но и более высокой урожайностью и масличностью, превышающие по этому показателю семьи, полученные методом индивидуального отбора [14].

В результате использования отбора в совокупности с самоопылением на изменённый жирно-кислотный состав масла рапса озимого во ВНИИМК удалось достичь почти 15 %-го увеличения накопления олеиновой кислоты (77,8–79,8 %) и снижения уровня линоленовой более чем на 5 % [15].

Таким образом, можно заключить, что инбридинг служит важным методом получения нового исходного материала и сортов в селекции рапса по основным хозяйственно ценным признакам. Доказательством этого является создание продуктивных сортов с заданными биохимическими характеристиками, как иностранными селекционными компаниями, так и ВНИИМК. Линейные сорта рапса озимого: Элвис, Лорис, Сармат, Селегор, рапса ярового: Руян, низколиноленовый сорт Викинг-ВНИИМК, высокоолеиновые сорта: Амулет и Оливин, желтосемянный сорт Кенар селекции ВНИИМК является результатом селекции с использованием инбридинга.

Литература

1. Rakow G., Woods D. Outcrossing in rape and mustard under Saskatchewan prairie conditions // *Can. J. Plant Sci.* – 1987. – P. 147–151.
2. Молоцкий М.Я., Васильківський С.П., Князюк В.І. Генетика. – Біла Церква, 1998. – С. 218–223.
3. Халилова Л.А. Исходный материал для селекции желтосемянного ярового рапса. – Диссертация: Краснодар. – 2002.
4. Misty Ch. R., Kathiria K. B., Sabolu S., Kumar S. Heterosis and inbreeding depression for fruit yield attributing traits in eggplant // *Current plant bioidy.* – Vol. 16. – 2018. – P 27–31.
5. Шодиева О.М., Мамарахимов Б.И., Халикова М.Б. Влияние инбридинга на генетическую однородность популяции хлопчатника // *Научное обозрение.* – 2020. – № 2. – С. 25–27.
6. Осипова Г.М. Рапс в Сибири (морфологические, генетические и селекционные аспекты) // РАСХН. Сиб. отделение. СибНИИ кормов. – Новосибирск. – 1988. – 168 с.
7. Полякова Р.С. Создание исходного материала рапса ярового методом инбридинга // *Научное обеспечение в области рапсосодействия и пути реализации биологического потенциала рапса.* – научные доклады на международном координационном совещании. – Липецк, ВНИИ рапса, 2010. – С. 75–78
8. Івко Ю.О. Вплив інцукту на формування структурних елементів продуктивності у сорту Магнат ріпаку ярого // *Агробіологія.* – № 9 (96). – 2012. – С. 76–80.
9. Горлов С.Л., Бочкарева Э.Б. Вклад Всероссийского НИИ масличных культур в научное обеспечение производства // *Масличные культуры.* – Вып. №1 (134). – Краснодар. – 2006. – 73 с.
10. Van Deynze A. E., Beversdorf, W. D., Pauls, K. P. Temperature effects on seed color in black- and yellow-seeded rapeseed // *Can. J. Plant Sci.* – № 73. – 1993. – P. 383–387.
11. Денисова Э.В. Варибельность признаков, определяющих биохимические качества семян, в инбредных популяциях ярового рапса типа 000 // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* – № 2 (182). – 2008. – С. 40–47.
12. Виновец В.Г. Сравнительная оценка хозяйственно-ценных признаков образцов ярового рапса типов «00» и «000» // *IV Международная конференция молодых ученых и специалистов.* Краснодар – 2007. – С. 41–45.



13. Corinne Monney J.M., Herrera M., Charles R., Baux A., Pellet D. Management of oilseed rape (OSR) volunteers to secure low alpha-linolenic acid content in High Oleic Low Linolenic (HOLL) OSR crop // 14th International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada. – 2015.

14. Сердюк В.В., Бочкарева Э.Б., Горлов С.Л. Результаты исследования по оптимизации жирно-кислотного состава масла рапса ярового во ВНИИМК // Масличные культуры. НТБ ВНИИМК. – Вып. 1 (136). – 2007. – С. 76–78.

15. Горлова Л.А., Бочкарева Э.Б., Сердюк В.В. Высокоолеиновые низколиноленовые линии рапса озимого селекции ВНИИМК // Материалы III Международной научно-практической конференции «Рапс: настоящее и будущее. К 30-летию возделывания рапса в Беларуси», 15–16 сентября, 2016. – С. 18–21.

CHANGING OF THE MAIN SELECTED TRAITS OF RAPESEED DURING INBREEDING (review)

Starikova D.V.

One of the methods to improve initial germplasm by genetic way for development of lines which are stable by their economically valuable traits us inbreeding. Inbreeding allows disclosing a huge potential of inheritance of traits in variety. Impact of inbreeding on formation of yield, structural elements, oil quality and content has been noted by a range of scientists for many years. Using the inbreeding, researchers of the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops developed rapeseed cultivars characterized with high yield, oil content and other valuable biochemical traits, requiring to the demands of agrarian and possessing industries.

Key words: rapeseed, inbreeding, self-pollination, inbred depression, breeding, yield, fatty-acid composition, yellow-colored seeds.