

УДК 633,853.494: 631.527 (321)

**ПРОИЗВОДСТВО СЕМЯН ГИБРИДОВ F₁ РАПСА
В СЕТЧАТЫХ ИЗОЛЯТОРАХ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОПЫЛЕНИЯ**

И.О. Пастухов, кандидат сельскохозяйственных наук
В.В. Карпачёв, доктор сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ВНИИ рапса
398037, Россия, г. Липецк, ул. Боевой проезд, д. 26
vnirapsa@mail.ru; pastuhov2009@rambler.ru

**PRODUCTION OF SEEDS OF F₁ RAPE HYBRIDS
IN MESH INSULATORS AT VARIOUS METHODS OF POLLINATION**

I.O. Pastukhov, Candidate of Agricultural Sciences
V.V. Karpachev, Doctor of Agricultural Sciences

All-Russian Research Institute of Rapeseed
398037, Russia, Lipetsk, Boevoy proezd, 26
vnirapsa@mail.ru; pastuhov2009@rambler.ru

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2019-4-48-53

Рапс — ценная масличная и кормовая культура, источник высококачественного растительного масла и кормового белка. Основой получения высокого урожая семян рапса с помощью сетчатых изоляторов является качественное опыление растений. В связи с этим с 2017 по 2018 гг. во ВНИИ рапса проведено сравнение эффективности опыления с помощью принудительной вентиляции, опыления пчелами и шмелями, естественным опылением. В изоляторах, где опыление происходило с помощью насекомых-опылителей, масса семян с одного растения и число семян в стручке были выше, чем у растений из изоляторов, в которых опыление происходило при помощи принудительной барботации воздуха и свободного опыления. При этом в изоляторах, где опыление растений рапса происходило при помощи принудительной вентиляции и свободного опыления, высота растения, число стручков на растении, масса 1000 семян, превышали показатели изоляторов, где проходило опыление с помощью шмелей и пчел. Таким образом, научно-исследовательская работа показала, что сетчатые изоляторы позволяют сохранять генетическую чистоту исходных родительских форм, обеспечивают производство гибридных семян с высокими посевными и урожайными характеристиками.

Ключевые слова: яровой рапс (*Brassica napus* L.), гетерозис, гибриды F₁, стерильные линии, размножение и сохранение родительских форм, продуктивность.

Spring rape is a valuable oil and fodder crop, a source of high-quality vegetable oil and feed protein. The basis for obtaining a high yield of seeds of rape, under the cover of mesh insulators is high-quality pollination of plants. In this regard, a comparison was made of the efficiency of pollination by forced ventilation, pollination by bumblebees and bees and open pollination at the All-Russian Scientific Research Institute of Rapeseed from 2017 to 2018. In insulators where pollination was carried out by insects, the

mass of seeds from one plant and the number of seeds in the pod were higher than in plants from insulators in which pollination was carried out by forced ventilation and open pollination. At the same time, in insulators where plants were pollinated by forced ventilation and open pollination, the plant height, the number of pods per plant, and the mass of 1000 seeds exceeded those of the insulators where pollination was carried out by bumblebees and bees. Thus, mesh isolators can maintain the genetic purity of the original parental forms, provide the production of hybrid seeds with high sowing and yield characteristics.

Keywords: spring rape (*Brassica napus* L.), heterosis, F₁ hybrids, sterile lines, reproduction and preservation of parental forms, productivity.

Введение. Рапс является многоплановой кормовой и масличной культурой, продукты (зеленая масса, семена, масло, жмых и шрот) которой широко используются не только в качестве пищи, но и в животноводстве, птицеводстве. Ценность семян рапса определяется прежде всего высоким содержанием масла и белка.

Как кормовая культура рапс обеспечивает хороший выход белка. В килограмме рапсовой муки (из семян) содержится 400–450 г жира, до 380 г белка, что в 1,9–4 раза больше, чем в гороховой, пшеничной и ячменной муке. В рационах кормления используются рапсовый жмых и шрот.

Ценным кормом, не уступающим по содержанию белка бобовым культурам, является зеленая масса рапса. Хозяйства используют его на зеленый корм, для приготовления силоса, сенажа, травяной резки, брикетов, рапсовой муки.

Для дальнейшего увеличения производства семян рапса и улучшения их качества необходимо внедрение высокопродуктивных отечественных гибридов, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям [1].

У гибридов первого поколения проявление эффекта гетерозиса связывается с возможностью увеличения валовых сборов продукции сельскохозяйственных культур [2]. Гетерозис у гибридов

выражается в увеличении габитуса растений, более интенсивном обмене веществ и урожайности, которая на 30% превышает урожайность обычных свободноопыляющихся сортов. В некоторых случаях гетерозисный эффект способен достигать 50% [3].

В настоящее время высокопродуктивные гетерозисные гибриды широко применяются в сельском хозяйстве, однако многие теоретические вопросы управления этим явлением, практическим использованием при семеноводстве гибридов, остаются неизученными до сих пор [4].

Основным отличием гибридов от обычных сортов является их использование в производстве только в первом поколении, отсюда возникает необходимость получения семян гибридов F₁ ежегодно [5].

Реализация селекционной программы получения гибридов F₁ и синтетических популяций ярового рапса с использованием цитоплазматической мужской стерильности возможна при владении информацией о генетическом контроле качественных и количественных признаков и свойств системы ЦМС, создании восстановителей фертильности, стерильных линий и закрепителей стерильности [6].

Целью научно-исследовательской работы являлось изучение способов размножения и сохранения гомозиготности

селекционного материала, создания гибридов F_1 в сетчатых изоляторах для организации гетерозисной селекции и семеноводства ярового рапса.

Методика проведения исследований. Исследования проводили в 2017–2018 гг. в селекционно-семеноводческом севообороте отдела селекции и семеноводства рапса ФГБНУ ВНИИ рапса. Закладка опытов, наблюдения, учеты и анализы выполнены с использованием научного оборудования и стандартных методик: методики полевого опыта, методики проведения полевых агротехнических опытов, классификатора вида *Brassica napus* L., статистической обработки данных [7].

Материнские и отцовские формы ярового рапса высевались в четырех сетчатых изоляторах. Для изолятора использовали металлический каркас изолятора площадью 18 м^2 ($3 \times 6 \text{ м}$), высота — 2,5 м.

Перед цветением растений рапса каркас изолятора обтягивали сверху и по бокам полиамидной ситовой тканью. Сетка обеспечивала хорошую освещенность растений, достаточную вентиляцию и не пропускала внутрь изолятора пыльцу рапса извне и насекомых-опылителей. После окончания цветения рапса в изоляторе сетка удалялась для дальнейшего роста и созревания растений рапса в естественных условиях.

В эксперименте были использованы разные способы опыления ярового рапса: принудительная вентиляция (барботирование воздуха двумя вентиляторами, стоящими в противоположных концах изолятора), пчелоопыление, опыление шмелями и контроль — естественное

опыление ветром, проникающим через сетку.

Сушка полученных в изоляторах семян до кондиционной влажности происходила в лабораторных условиях. Структурный анализ был проведен по следующим хозяйственно ценным признакам: высота растения, число ветвей первого порядка, число ветвей второго порядка, количество стручков на растении, количество семян в стручке, масса 1000 семян, масса семян с одного растения [8; 10; 11].

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты структурного анализа гибрида ярового рапса, выращенного при разных способах опыления (принудительная вентиляция, пчелоопыление, опыление шмелями и естественное опыление — контроль), свидетельствуют о существенном влиянии условий и достоверных различиях показателей элементов урожая.

В проведенных исследованиях наблюдалось превышение показателей габитуса растений и средних показателей структуры урожая относительно восстановителя фертильности (RGR-1) при совместном выращивании родительских форм в изоляторе.

Гибрид F_1 , имеющий наиболее высокие показатели в сравнении со средними значениями по опыту (таблица):

а) LCS-5 \times RGR-1 по показателю «высота растения» в 2017 г. находился в пределах от 106,2 до 162,9 см, тогда как в 2018 г. средняя высота растения находилась в пределах от 123,6 до 145,7 см. Наиболее высокий показатель был выявлен в изоляторе со свободным опылением.

- б) по показателю «масса 1000 семян» — в пределах от 3,90 до 4,85 г в 2017 г. и от 3,20 до 5,75 г в 2018 г. Наиболее высокий показатель выявлен в изоляторе со свободным опылением в 2018 г. В изоляторе со свободным опылением и с принудительной вентиляцией масса 1000 семян была значительно выше, чем в изоляторах, где происходило опыление пчелами и шмелями;
- в) гибрид по «числу семян в стручке» превысил средний показатель по опыту (20,7–26,3 шт. в стручке) в 2017 г. в изоляторах, где происходило опыление пчелами и шмелями. Количество семян в стручке варьировало от 2,0 до 26,3 шт.;
- г) по «массе семян с одного растения» выделились изоляторы с пчелоопылением и шмелеопылением — 1,50–1,97 г. За годы исследований высокие показатели получены в изоляторе, где опыление происходило шмелями — 1,94–1,97 г. Низкие показатели были в изоляторе со свободным опылением — 0,12–0,67 г;
- д) наибольшую «массу одного растения» (14,45–15,72 г) имел гибрид в изоляторе, который во время цветения опыляли пчелы, а наименьшую (7,41–9,76 г) — гибриды изолятора с принудительной вентиляцией.

Результаты структурного анализа при получении гибрида в изоляторах, 2017–2018 гг.

Происхождение	Год исследования	Высота растения, см	Число		Масса		
			стручков на растении, шт.	семян в стручке, шт.	1000 семян, г	семян с растения, г	одного растения, г
Изолятор 1 (принудительная вентиляция)							
LCS-5 ♀ × RGR-1 ♂	2017	138,1	88,4	11,9	4,85	0,24	7,41
	2018	123,6	107,3	15,5	4,70	0,83	9,76
	Среднее	130,8	97,8	13,7	4,77	0,53	8,58
Изолятор 2 (опыление пчелами)							
LCS-5 ♀ × RGR-1 ♂	2017	110,8	64,2	20,0	3,90	1,50	14,45
	2018	141,5	106,9	15,6	3,20	1,79	15,72
	Среднее	126,1	85,5	17,8	3,55	1,64	15,08
Изолятор 3 (опыление шмелями)							
LCS-5 ♀ × RGR-1 ♂	2017	106,2	76,8	26,3	4,52	1,97	10,87
	2018	131,3	89,9	15,1	3,30	1,94	12,14
	Среднее	118,7	83,3	20,7	3,91	1,95	11,50
Изолятор 4 (контроль — естественное опыление)							
LCS-5 ♀ × RGR-1 ♂	2017	162,9	190,3	12,0	4,65	0,12	12,33
	2018	145,7	109,7	15,5	5,75	0,67	11,28
	Среднее	154,3	150,0	13,7	5,20	0,39	11,80
НСП ₀₅		4,51	6,32	3,50	1,22	0,35	1,76

Анализ структуры урожая изученных изоляторов свидетельствовал о том, что гибрид, в сравнении с родительскими формами, имел более высокие показатели высоты растения, числа стручков на растении, массы тысячи семян, массы семян с одного растения.

Заключение.

Исследования показали, что отдельные элементы структуры урожая гибрида рапса F₁, а именно масса семян с одного растения, число семян в стручке, выращенного в изоляторах, где опыление осуществлялось с помощью насекомых-опылителей, превысили показания изоляторов, в которых опыление происходило при помощи принудительной барботации воздуха и свободного (естественного) опыления.

В то время как в изоляторах, где опыление растений рапса происходило при помощи принудительной вентиляции и свободного опыления, такие пока-

затели как высота растения, число стручков на растении, масса 1000 семян были достоверно выше показателей изоляторов, где проходило опыление с помощью шмелей и пчел.

Более высокая семенная продуктивность в изоляторах с опылением при помощи пчел и шмелей в сравнении с изоляторами, где происходило опыление при помощи принудительного перемешивания воздуха и свободного опыления, объясняется тем, что в сетчатых изоляторах несколько ослабленное движение воздуха и отсутствие насекомых-опылителей.

Результаты применения сетчатых изоляторов для получения гибридов F₁ ярового рапса показали, что эти устройства позволяют сохранять генетическую чистоту исходных родительских форм, обеспечивают производство гибридных семян с высокими посевными и урожайными характеристиками.

Литература

1. Карпачев В.В., Пастухов И.О. Агробиологическая характеристика гибридов F₁ // Повышение эффективности селекции, семеноводства и технологии возделывания рапса и других масличных капустных культур : сб. науч. докл. на международном координационном совещании по рапсу (7–9 июля 2015 г.) / ФГБНУ «ВНИИ рапса». – Елец : Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2016. – С. 74–79.
2. Гуляев Г.В., Дубинин А.П. Селекция и семеноводство полевых культур с основами генетики. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1987. – С. 131.
3. Воскресенская Г.С., Шпота В.И. Руководство по селекции и семеноводству масличных культур. – М. : Колос, 1967. – С. 173–237.
4. Жидкова Е.Н., Карпачев В.В., Никоноренков В.А. Новый источник ЦМС для селекции рапса // Селекция и семеноводство. – 1997. – № 2. – С. 52.
5. Карпачев В.В. Рапс яровой. Основы селекции : монография / ГНУ ВНИПТИ рапса. – Липецк, 2008. – 236 с.
6. Шпота В.И., Бочкарева Э.Б., Сафиуллина Н.А. Новое направление в селекции рапса и сурепицы // Масличные культуры. – 1983. – № 4. – С. 35–36.
7. Корнейчук В.А. Классификатор вида *Brassica napus* L. (рапс). – Л. : ВИР, 1983. – 20 с.
8. Литун П.П. Критерий оценки номеров в селекционном питомнике // Селекция и семеноводство : сб. науч. работ. – Киев : Урожай, 1973. – Вып. 25. – С. 52–53.

9. Карпачев В.В., Пастухов И.О. Оценка нового материала для гетерозисной селекции ярового рапса, созданного на основе двух систем ЦМС // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3. – С. 31–36.
10. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to dealelle crossing system. *Austrl. Jou. of Bio. Sci.* 1956, 9: 463-493.
11. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. – М. : Колос, 1966. – 253 с.

References

1. Karpachev V.V., Pastukhov I.O. Agrobiologicheskaya kharakteristika gibridov F₁ [Agrobiological characteristics of F₁ hybrids]. *Povyshenie effektivnosti selektsii, semenovodstva i tekhnologii vozdelevaniya rapsa i drugikh maslichnykh kapustnykh kultur [Improving the efficiency of breeding, seed production and technology for the cultivation of rapeseed and other oilseed cabbage crops : collection of scientific papers at the international rape coordinative meeting (7–9 July 2015)]*. Elets, 2016, pp. 74–79.
2. Gulyaev G.V., Dubinin A.P. Seleksiya i semenovodstvo polevykh kultur s osnovami genetiki [Selection and seed production of field crops with the basics of genetics]. Moscow, Kolos Publ., 1987, p. 131.
3. Voskresenskaya G.S., Shpota V.I. Rukovodstvo po selektsii i semenovodstvu maslichnykh kultur [Oilseed selection and seed growing Guide]. Moscow, Kolos Publ., 1967, pp. 173–237.
4. Zhidkova E.N., Karpachev V.V., Nikonorenkov V.A. Novyy istochnik CMS dlya selektsii rapsa [A new Cytoplasmic Male Sterility (CMS) Source for Rapeseed Breeding]. *Seleksiya i semenovodstvo [Breeding and seed production]*, 1997, no. 2, p. 52.
5. Karpachev V.V. Raps yarovoy. Osnovy selektsii [Spring rapeseed. Selection Basics]. Lipetsk, 2008, 236 p.
6. Shpota V.I., Bochkareva E.B., Safiullina N.A. Novoe napravlenie v selektsii rapsa i surepitsy [A new direction in the selection of spring rape and summer rape]. *Maslichnye kultury [Oilseeds]*, 1983, no. 4, pp. 35–36.
7. Korneychuk V.A. Klassifikator vida *Brassica napus* L. (rapa) [Classifier of the species *Brassica napus* L. (rapeseed)]. Leningrad, VIR Publ., 1983, 20 p.
8. Litun P.P. Kriteriy otsenki nomerov v selektsionnom pitomnike [Criteria for evaluating numbers in a breeding nursery]. *Seleksiya i semenovodstvo [Breeding and seed production : collection of scientific papers]*. Issue 25. Kiev, Urozhay Publ., 1973, pp. 52–53.
9. Karpachev V.V., Pastukhov I.O. Otsenka novogo materiala dlya geterozisnoy selektsii yarovogo rapsa, sozdannogo na osnove dvukh sistem CMS [Evaluation of new material for heterotic breeding of spring rapeseed created on the basis of two CMS (Cytoplasmic Male Sterility) systems]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Voronezh State Agrarian University]*, 2017, no. 3, pp. 31–36.
10. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to dealelle crossing system. *Austrl. Jou. of Bio. Sci.* 1956, 9: 463–493.
11. Volf V.G. Statisticheskaya obrabotka opytnykh dannyykh [Statistical processing of experimental data]. Moscow, Kolos Publ., 1966, 253 p.