

БИОХИМИЧЕСКИЕ И ПОСЕВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕМЯН РАПСА ОЗИМОГО, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ОПЫЛЕНИИ В УСЛОВИЯХ ГРУППОВОГО СЕТЧАТОГО ИЗОЛЯТОРА

Е. А. Пирогова младший научный сотрудник, лаборатории селекции гибридов рапса, pirogova_ea@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0002-6456-1718;

Л. А. Горлова кандидат биологических наук, заведующая отделом селекции рапса и горчицы, ORCID ID: 0000-0002-0987-5087;

С. Г. Ефименко кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биохимии, ORCID ID: 0000-0002-8068-6668.

ФГБНУ ФНЦ Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта,
350038, г. Краснодар, ул. Филатова 17; e-mail: vniimk@vniimk.ru

Целью исследования была оценка влияния условий в групповом сетчатом изоляторе на биохимические и посевные характеристики семян рапса озимого в сравнении со свободным опылением. Изучено пять генотипов (сорта Элвис, Лорис, Сармат, Селегор и *Rf*-линия ОРК-10), выращенных в 2022/2023 и 2023/2024 гг. на центральной экспериментальной базе ВНИИМК. Семена изучаемых генотипов анализировали на ИК-спектрометре Matrix-I по таким показателям как масличность, жирнокислотный состав масла семян и уровень глюкозинолатов в семенах. Скрытую заражённость *Alternaria brassicicola* (Schw.) Wilts. определяли методом Е. М. Долговой на проростках. Лабораторную всхожесть устанавливали по ГОСТ 12038-84. Данные интерпретированы с помощью графиков типа forest plot и slope. В результате было зафиксировано существенное снижение процента масличности под изолятором на 1,4–2,6 % для всех генотипов, наиболее выраженное у сортов Сармат и Селегор. Обнаружено смещение жирнокислотного профиля: содержание олеиновой и линолевой кислот снижалось на 0,1–1,2 % и 0,1–0,8 % соответственно, тогда как линоленовой возрастала на 0,2–0,6 %. Уровень глюкозинолатов изменялся незначительно. Отмечено, что при цветении в условиях группового сетчатого изолятора в сравнении с открытым опылением, увеличивалась в 2,6 раза доля поражённых альтернариозом проростков (в среднем 17,4 % против 6,8 %), которая способствовала снижению лабораторной всхожести (80,3 % против 97,6 %). Причиной этого являлось создание микроклимата (слабое проветривание и повышенная влажность) внутри изолятора в период цветения и начального налива семян. Использование сетчатых изоляторов снижает содержание масла в семенах и ухудшает посевные качества, что требует оптимизации густоты стояния растений в изоляторе и мер фитосанитарного сопровождения при селекции и семеноводстве рапса озимого.

Ключевые слова: рапс озимый, групповой сетчатый изолятор, масличность, жирно-кислотный состав, глюкозинолаты, лабораторная всхожесть, степень поражения альтернариозом (*Alternaria brassicae*).

Для цитирования: Пирогова Е. А., Горлова Л. А., Ефименко С. Г. Биохимические и посевные характеристики семян рапса озимого, полученные при опылении в условиях группового сетчатого изолятора // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, № 2. С. 36–42 DOI: 10.31367/2079-8725-2026-103-2-36-42



BIOCHEMICAL AND SOWING CHARACTERISTICS OF WINTER RAPESEED DEVELOPED BY POLLINATION IN A GROUP NET ISOLATOR

E.A. Pirogova, junior researcher of the laboratory for breeding of rapeseed hybrids, pirogova_ea@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0002-6456-1718;

L.A. Gorlova, Candidate of Biological Sciences, head of the department of rapeseed and mustard breeding, ORCID ID: 0000-0002-0987-5087;

S.G. Efimenko, Candidate of Biological Sciences, head of the biochemistry department, ORCID ID: 0000-0002-8068-6668
FSBSI FRC "V.S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops" (VNIIMK)
350038, Krasnodar, Filatov Str., 17; e-mail: vniimk@vniimk.ru

The purpose of the current study was to estimate the effect of group net isolator conditions on the biochemical and sowing characteristics of winter rapeseed compared to open pollination. There have been studied five genotypes (the varieties Elvis, Loris, Sarmat, Selegor, and the *Rf*-line ORK-10) grown in 2022/2023 and 2023/2024 at the central experimental base of VNIIMK. The seeds of the studied genotypes were analyzed on a Matrix-I IR spectrometer according to such indicators as oil content, fatty acid composition of seed oil, and amount of glucosinolates in seeds. Latent infestation with *Alternaria brassicicola* (Schw.) Wilts. was determined using the E.M. Dolgova method on sprouts. Laboratory germination was determined according to GOST 12038-84. The data were interpreted using the graphs of forest plots and slope. There

has been established a significant decrease in oil content by 1.4–2.6% for all genotypes under isolation, most pronounced in the varieties Sarmat and Selegor. There has been found a shift in the fatty acid profile, when oleic and linoleic acid content decreased by 0.1–1.2% and 0.1–0.8%, respectively, while linolenic acid increased by 0.2–0.6%. The amount of glucosinolates changed insignificantly. There has been determined that during the flowering period under group net isolator conditions, compared to open pollination, the proportion of sprouts infected by *Alternaria* increased by 2.6 times (on average, 17.4% versus 6.8%), which decreased laboratory germination (80.3% versus 97.6%). It occurred because of the creation of a microclimate (poor ventilation and high humidity) inside the isolator during the period of flowering and initial seed formation. The use of net isolators reduces seed oil content and worsens seeding quality, necessitating optimization of plant density in the isolator and phytosanitary measures during winter rapeseed breeding and seed production.

Keywords: winter rapeseed, group net isolator, oil content, fatty acid composition, glucosinolates, laboratory germination, degree of infection by *Alternaria* (*Alternaria brassicae*).

Введение. Рапс является одной из стратегически важных масличных культур на мировом рынке. Посевные площади ярового и озимого рапса в мире в настоящее время составляют 44 млн га, в Российской Федерации – почти 3 млн га. В 2025 г. озимой формой рапса в нашей стране было засеяно 755 тыс. га, что на 8,6 % больше аналогичного показателя в 2024 г. (Росстат).

Основным продуктом, получаемым из семян рапса, является пищевое масло, которое используют в качестве сырьевого компонента для производства пищевых продуктов. Рапсовое масло обладает полезными свойствами, его потребление благотворно влияет на сердечно-сосудистую систему, повышает уровень токоферолов и улучшает чувствительность к инсулину. Такое масло считается полезным благодаря оптимальному содержанию ненасыщенных жирных кислот, в особенности это касается олеиновой (ω -9), линолевой (ω -6) и линоленовой (ω -3) (Голова, 2023).

При получении масла способом прессования (отжима) образуются вторичные продукты переработки семян рапса – жмыхи, которые содержат остаточные количества ценного в пищевом отношении масла. Рапсовые жмыхи в основном используются в производстве кормов для сельскохозяйственных животных и птиц, однако при недостаточной степени очистки в нём могут присутствовать такие соединения как глюкозинолаты. Эти соединения образуются в оболочке семян рапса, они относятся к токсинам и затрудняют использование рапсовых жмыхов в кормовых целях (Рензяева и др., 2020).

Содержание масла в семенах, их жирно-кислотный состав и уровень гликозинолатов являются основными биохимическими признаками, на которое направлено пристальное внимание селекционеров. Методы селекции культуры основаны на способе её опыления. Рапс – это факультативный самоопылитель. Его смешанный тип опыления диктует подходы к ведению селекции и семеноводства культуры. Учитывая средний уровень перекрестного опыления 15–30 %, необходимо применение групповых сетчатых изоляторов для исключения попадания аллогамной пыльцы. Это особенно важно для размножения родительских линий гибридов F_1 , линейных сортов и сортов со специфическими характеристиками.

Китайские ученые показали важность использования изоляторов при ведении селекции различных сельскохозяйственных культур, с целью ограничения доступа насекомых, а также, чтобы регулировать температуру и влажность внутри изолированного пространства. Однако использование сетки снижает естественную ветровую вентиляцию, что может способствовать снижению урожайности и

ухудшение биохимических характеристик семян (Wang, 2020).

При определении влияния условий группового сетчатого изолятора при выращивании линий подсолнечника, температура воздуха внутри изолированного пространства снижалась на 3,0–10,5 °С, а также уменьшалась интенсивность освещения естественным светом растений в среднем на 40–70 %, чем за его пределами (Гриднев, 2023). Как правило, для ведения гибридной селекции подсолнечника используется крупноячеистая сетка с размерами ячеек 355 мкм, она лучше пропускает воздух и снижает перегрев (Гриднев, 2023).

При изучении микроклимата в инсектозащитных сетках с более мелкой ячейкой 60-mesh (250 мкм) на пекинской капусте температура воздуха внутри изолированного пространства возрастала на 10 %, вентиляция снижалась на 50–90 %, в отличие от естественных условий. В результате этого на стенках изолятора и листьях растений накапливался конденсат. Влажность в таких условиях увеличивалась на 3–10 % (Wen et al., 2022).

В Азиатском технологическом институте (Таиланд) был проведен опыт по изучению влияния микроклимата на томаты внутри сетчатых изоляторов с разными размерами ячеек: 40-mesh (420 мкм), 52-mesh (280 мкм) и 78-mesh (185 мкм). В таких условиях температура воздуха в течение вегетационного периода растений практически не изменялась (повышалась не более чем на 2 °С), только в изоляторе с сеткой 78-mesh она увеличивалась на 4 °С, в отличие от естественных условий. Влажность внутри была относительно высокой. Совокупное повышение температуры и влажности в сетчатом изоляторе с ячейками 78-mesh и 52-mesh приводило к значительному снижению скорости вентиляции на 50 % и 35 % соответственно по сравнению с 40-mesh. Сложившиеся условия в более мелкоячеистых изоляторах способствовали развитию грибных болезней и последующему снижению урожайности и масличности (Harmanto, 2006).

Информация об изменении биохимических и посевных характеристик семян рапса озимого в изолированных условиях ограничена и несколько противоречива. Поэтому целью наших исследований была оценка влияния группового сетчатого изолятора на биохимические и посевные качества семян рапса озимого, в сравнении с условиями свободного опыления, на примере линейных сортов и отцовской родительской линии селекции ВНИИМК. Для этого были определены: масличность, основные жирные кислоты масла семян, содержание глюкозинолатов, лабораторная всхожесть, наличие патогенной микрофлоры на проростках семян, полученных в условиях группового сетчатого изолятора.

Материалы и методы исследований. Опыт был заложен в 2022/2023 и 2023/2024 гг. на центральной экспериментальной базе ВНИИМК, х. Октябрьский (центральная зона Краснодарского края). Для этого использовали семеноводческие посевы сортов рапса озимого Элвис, Лорис, Сармат, Селегор и отцовскую родительскую линию ОРК-10, с густотой стояния растений 50 раст./м².

Начало цветения рапса озимого в 2023 г. выпало на 1 декаду апреля, конец пришелся во 2 декаду мая. За данный период температура воздуха варьировала от 10 до 23 °С, выпало 40 мм осадков. Облачность изменялась от 44,0 до 85,0 %, относительная влажность воздуха от 54,3 до 77,3 %. Скорость ветра в среднем по декадам составила 3,9 м/с, но его порывы достигали 27–30 м/с. За период с ноября по март выпало 205,4 мм осадков. Наблюдался оптимум запасов влаги.

В 2024 году за весь период цветения рапса озимого среднесуточный температурный режим изменялся от 11 до 24 °С. Относительная влажность воздуха за декады варьировала от 54,1 до 75,3 %, облачность – от 24 до 50 %. Скорость ветра не превышала 4,2 м/с, но его порывы достигали 25 м/с. Осадки отсутствовали. Запасы влаги в почве были на высоком уровне, поскольку с ноября по март выпало 402,4 мм осадков.

На период цветения было установлено по два сетчатых изолятора на каждый генотип с размером 1 м × 1 м × 1,8 м из полиамидной сетовой ткани, с размером ячейки 0,25 × 1,0 мм (200 мкм). После цветения изоляторы убрали. В период желто-зеленого стручка с учетных делянок были срезаны по 20 типичных, нормально развитых растения. Семена отобранных растений были проанализированы на биохимические характеристики и посевные качества. Контроль – семена растений изучаемых сортов от свободного опыления. Площадь под каждым вариантом 1 м².

Биохимические параметры семян, такие как масличность, содержание глюкозинолатов и жирно-кислотный состав масла семян определяли на

ИК-спектрометре Matrix-I в среднем образце семян с каждого растения в опыте согласно ГОСТ 32749-2014 и апробированной экспресс-методике ВНИИМК (Ефименко и др., 2023).

Скрытую зараженность семян рапса озимого альтернариозом (*Alternaria brassicicola* (Schw.) Wilts.) (присутствие инфекции в зародыше) определяли методом Е. М. Долговой. Полученные из внешне здоровых семян проростки без признаков поражения патогенами промывали в стерильной воде, помещали в стаканы с дистиллированной водой и оставляли расти в течение 8–10 суток при температуре плюс 20–25 °С, заменяя воду каждые 2–3 суток. Появление перетяжек на гипокотиле и побурение различного размера тканей стебля являлись признаками присутствия в тканях зародыша семени патогена (Сердюк и др., 2019).

Лабораторная всхожесть определялась по ГОСТ 12038-84. Среднюю температуру и влажность воздуха, скорость ветра, облачность и количество осадков учитывали во время цветения, используя данные сайта agrokeeper.com. Микроклиматические показатели внутри группового сетчатого изолятора не определяли.

Данные обработаны с помощью статистического пакета Rstudio и представлены в виде графиков типа forest plot и slope.

Результаты и их обсуждение. В результате биохимического анализа семян рапса озимого за 2022/2023 и 2023/2024 гг. было выявлено изменение качественных показателей в зависимости от условий опыления. В условиях группового сетчатого изолятора происходило существенное уменьшение масличности семян у всех изучаемых генотипов на 1,4–2,6 % в сравнении с растениями, опыление у которых проходило в условиях открытого опыления. Данный эффект проявился наиболее выражено у родительской линии ОРК-10 (–2,6 %), а также у сортов Сармат (–2,3 %) и Селегор (–2,2 %), что свидетельствует о влиянии условий закрытого опыления на синтез и накопление жиров в семенах (рис. 1).

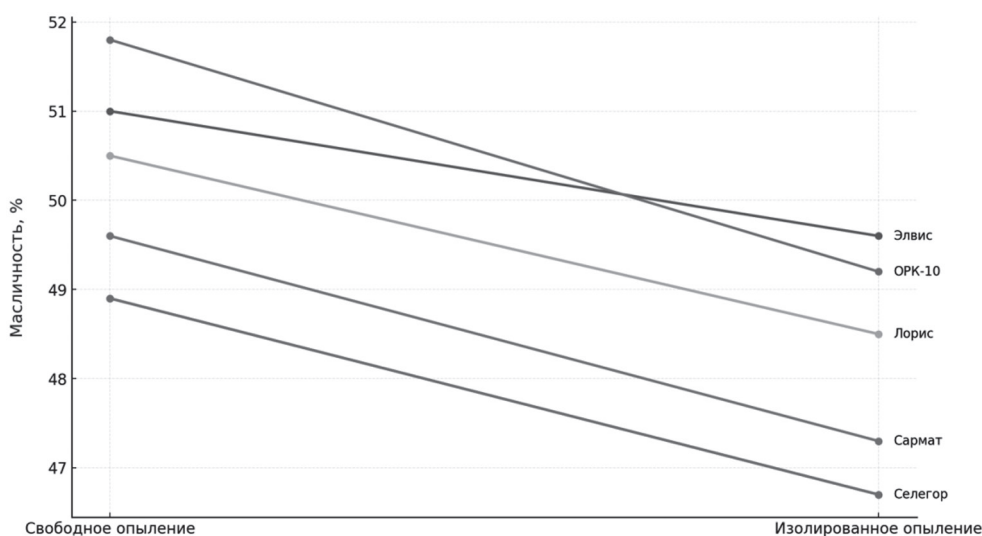


Рис. 1. Slope-график влияния условий опыления на содержание масла в семенах рапса озимого в 2022/2023 и 2023/2024 гг.

Fig. 1. Slope-graph of the effect of pollination conditions on winter rapeseed oil content in 2022/2023 and 2023/2024.

В составе ненасыщенных жирных кислот также были зафиксированы изменения в зависимости от условий цветения. При изолированном опылении происходило снижение процента олеиновой кислоты на 0,1–1,2 % и линолевой кислоты на 0,1–0,8 %. Содержание линоленовой кислоты достоверно увеличивалось на

0,2–0,6 % у всех генотипов, это указывает на смещение соотношения жирных кислот в сторону повышения степени ненасыщенности масла, что биологически положительно, но может ухудшать его технологические свойства (рис. 2).

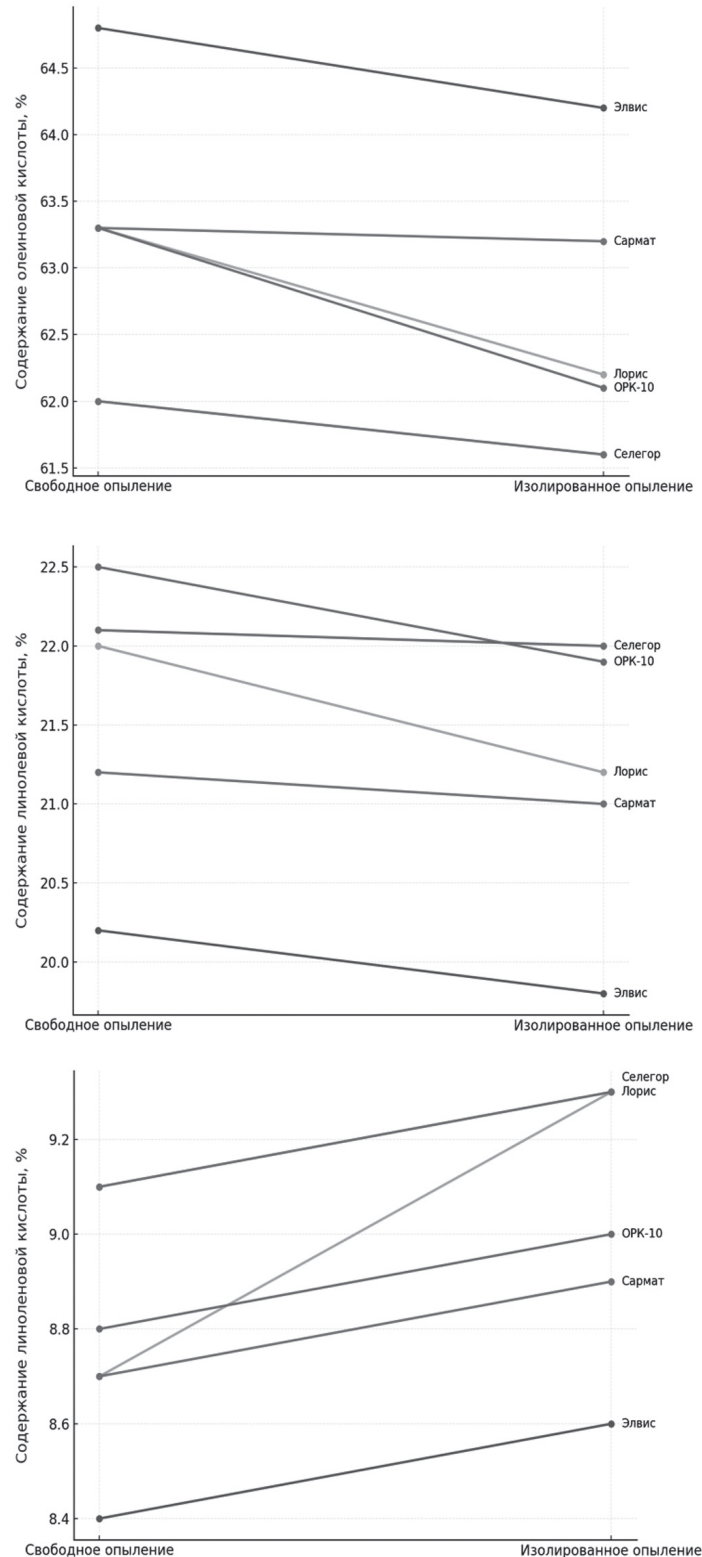


Рис. 2. Slope-графики влияния условий опыления на жирнокислотный состав в масле семян рапса озимого в 2022/2023 и 2023/2024 гг.
Fig. 2. Slope-graph of the effect of pollination conditions on a fatty acid composition in winter rapeseed oil in 2022/2023 and 2023/2024.

Семена, завязавшиеся в условиях группового сетчатого изолятора, характеризовались несущественными изменениями содержания глюкозинолатов. У сортов Элвис и Селегор уровень серосодержащих веществ в закрытых условиях снизился на 1,6 и 1,1 мкмоль/г соответственно. На сортах Лорис и Сармат показатель увеличился на 0,5–1,4 мкмоль/г.

Линия восстановитель-фертильности ОРК-10 отличается максимальным значением данного признака по двум вариантам опыления. Дело в том, что гибридная

селекция во ВНИИМК ведется на основе системы ЦМС типа *Ogura*. Поэтому гены *Rf* интродуцированы в рапс из *Raphanus sativus* L., который содержит высокий уровень глюкозинолатов и присутствие его хромосомного материала часто оказывает негативное влияние на этот признак (Бочкарева и др., 2019).

У *Rf*-линии ОРК-10 количество глюкозинолатов под групповым сетчатым изолятором увеличивалось незначительно на 0,9 мкмоль/г (рис. 3).

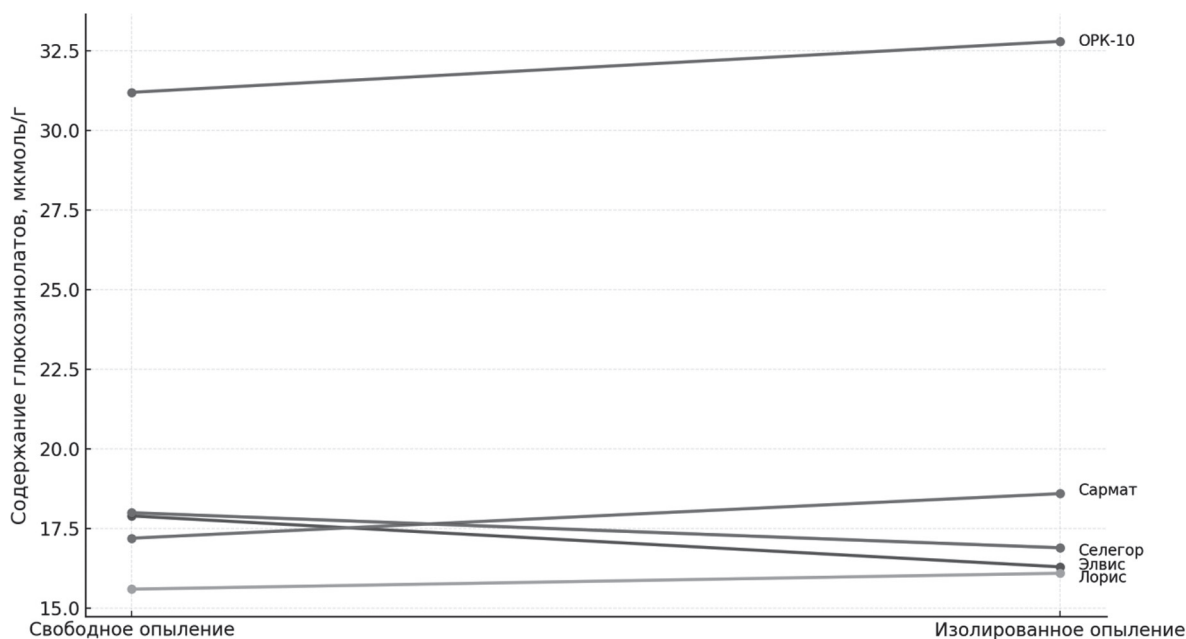


Рис. 3. Содержание глюкозинолатов в семенах рапса озимого в зависимости от условий опыления 2022/2023 и 2023/2024 гг.

Fig. 3. Amount of glucosinolates in winter rapeseed depending on pollination conditions in 2022/2023 and 2023/2024

Семена, сформированные в условиях группового сетчатого изолятора и при открытом опылении, оценивали на заражённость патогенами. На

семядольных листочках зафиксировано развитие альтернариоза (табл. 1).

Таблица 1. Лабораторная всхожесть и степень поражения семян альтернариозом в различных условиях цветения за 2022/2023 и 2023/2024 гг.

Table 1. Laboratory germination and seed damage by *Alternaria* under different flowering conditions in 2022/2023 and 2023/2024

Сорт, линия	Тип опыления	Лабораторная всхожесть, %	Степень поражения альтернариозом (<i>Alternaria brassicicola</i> (Schw.) Wilts.), %
Элвис	изолированное опыление	77,7	21,2
	свободное опыление	97,3	7,9
Лорис	изолированное опыление	80,1	16,9
	свободное опыление	98,0	7,0
Сармат	изолированное опыление	81,1	15,7
	свободное опыление	97,5	6,6
Селегор	изолированное опыление	81,7	14,8
	свободное опыление	98,3	6,4
ОРК-10	изолированное опыление	80,7	18,3
	свободное опыление	96,7	6,0

В вариантах, где семена завязались в условиях группового сетчатого изолятора, пораженных альтернариозом проростков, наблюдалось в 2,6 раза больше (в среднем 17,4 % к 6,8 % от свободного цветения) вследствие чего произошло достоверное

снижение лабораторной всхожести (в среднем 80,3 %, к 97,6 % от свободного цветения). Наиболее чувствительнее к условиям изоляции был сорт Элвис (табл. 1, рис. 4).

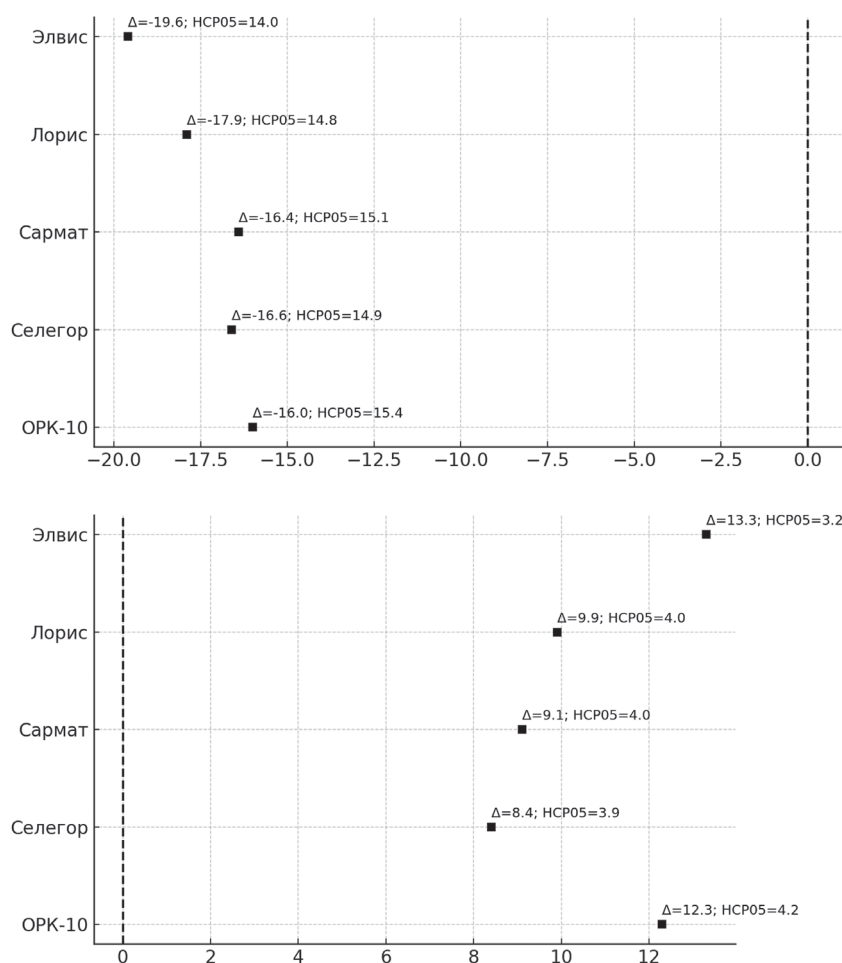


Рис 4. Forest plot: эффект изолированного опыления на посевные характеристики семян, 2022/2023 и 2023/2024 гг.

Fig. 4. Forest plot: the effect of isolated pollination on seed sowing characteristics, 2022/2023 and 2023/2024

Примечание. Δ – изолированное и свободное опыление (в % соотношении); по лабораторной всхожести все Δ отрицательны (изолированное опыление снижает всхожесть); по поражённости альтернариозом Δ положительны (изолированное опыление повышает поражённость). ■ = значимо ($|\Delta| > \text{НСР}_{05}$), ○ = незначимо.

Наблюдения и учеты на изучаемых сортах и линии рапса озимого показывают, что слабая проветриваемость внутри группового изолятора сопровождается, как правило, созданием микроклимата благоприятного для развития грибных болезней, особенно для грибов рода *Alternaria* spp., *Leptosphaeria maculans* (Lib.) de Bary, *Sclerotinia sclerotiorum* (Desm.) Ces and de Not.

Опыление озимого рапса в условиях группового сетчатого изолятора приводило к существенному снижению лабораторной всхожести семян по сравнению с условиями свободного опыления это связано с более высокой степенью заражённости возбудителем *Alternaria brassicicola* (Schw.) Wilts.),

Выводы. Семена рапса озимого, полученные в результате опыления и начального формирования в условиях группового сетчатого изолятора, характеризовались достоверно сниженной на 1,4–2,6 %

масличностью и повышенным на 0,2–0,6 % уровнем линоленовой кислоты в масле семян. Наблюдалось незначительное изменение уровня глюкозинолатов в семенах, олеиновой и линолевой кислот.

В условиях группового сетчатого изолятора семена растений продемонстрировали существенное снижение лабораторной всхожести на 10,6 % и более высокое поражение альтернариозом на 17,3 % в сравнении со свободным опылением. Значительная провокация развития патогена произошла по причине благоприятного (слабое проветривание и повышенная влажность) для него микроклимата внутри изолятора.

Финансирование. Исследования выполнены согласно двум государственным тематикам Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № FGRU-2024-0006 и FGRU-2024-0003.

Библиографический список

1. Бочкарева Э. Б., Горлова Л. А., Сердюк В. В., Стрельников Е. А. Селекция инбредных линий рапса озимого для создания родительских форм гибридов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. 180 (4). С. 121–125. DOI:10.30901/2227-8834-2019-4-121-125
2. Голова А. А. Наследование признака высокого содержания олеиновой кислоты в масле семян F_2 и поколения BC_1 рапса озимого (*Brassica napus* L.) // Масличные культуры. 2023. Вып. 2 (194). С. 28–33. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-28-33
3. Гриднев А. К. Биологические особенности размножения подсолнечника в селекции и семеноводстве. Краснодар: Просвящение-Юг, 2023. 137 с.
4. Ефименко С. Г., Ефименко С. К., Усатенко Л. О. Определение содержания масла и основных жирных кислот семян рапса озимого с помощью ИК-спектроскопии // Масличные культуры. 2023. Вып. 2 (194). С. 40–50. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-40-50
5. Рензязева Т. М., Рензязев А. О., Кравченко С. Н., Резниченко И. Ю. Потенциал рапсовых жмыхов в качестве сырья пищевого назначения // ХИПС. 2020. №2. С. 143–160. DOI:10.36107/spfp.2020.213
6. Сердюк О. А., Трубина В. С., Горлова Л. А. Методы выделения патогенов из растений капустных культур // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса : сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конференции. 2019. С. 71–76
7. Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2025. 29 с.
8. Harmanto H. J., Salokhe V. M. Influence of Insect Screens with Different Mesh Sizes on Ventilation Rate and Microclimate of Greenhouses in the Humid Tropics // Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. 2006. Vol. 8, P. 1–18
9. Wang M. Study on Key Parameters of Numerical Simulation of Wind Reduction Effect of Windbreak // Master's Thesis, Dalian University of Technology. 2020. P. 45–46
10. Wen J., Ning S., Wei X., Guo W., Sun W., Zhang T., Wang L. The impact of insect-proof screen on microclimate, reference evapotranspiration and growth of Chinese flowering cabbage in arid and semi-arid region // Horticulturae 2022. № 8, 704. P. 1–19. DOI:10.3390/horticulturae8080704.

References

1. Bochkareva E. B., Gorlova L. A., Serdyuk V. V., Strel'nikov E. A. Seleksiya inbrednykh linii rapsa ozimogo dlya sozdaniya roditel'skikh form gibridov [Breeding of inbred winter rapeseed lines to develop parental hybrid forms] // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii. 2019. 180 (4). S. 121–125. DOI:10.30901/2227-8834-2019-4-121-125
2. Golova A. A. Nasledovanie priznaka vysokogo sodержaniya oleinovoï kisloty v masle semyan F_2 i pokoleniya BC_1 rapsa ozimogo (*Brassica napus* L.) [Inheritance of the high oleic acid content trait in the oil of F_2 and BC_1 generations of winter rapeseed (*Brassica napus* L.)] // Maslichnye kul'tury. 2023. Vyp. 2 (194). S. 28–33. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-28-33
3. Gridnev A. K. Biologicheskie osobennosti razmnozheniya podsolnechnika v seleksii i semenovodstve [Biological features of sunflower propagation in breeding and seed production]. Krasnodar: Prosvyashchenie-Yug, 2023. 137 s.
4. Efimenko S. G., Efimenko S. K., Usatenko L. O. Opredelenie sodержaniya masla i osnovnykh zhirnykh kislot semyan rapsa ozimogo s pomoshch'yu IK-spektrometrii [Identification of oil content and essential fatty acids in winter rapeseed using IR-spectrometry] // Maslichnye kul'tury. 2023. Vyp. 2 (194). S. 40–50. DOI: 10.25230/2412-608X-2023-2-194-40-50
5. Renzyaeva T. M., Renzyaev A. O., Kravchenko S. N., Reznichenko I. Yu. Potentsial rapsovykh zhmykhov v kachestve syr'ya pishchevogo naznacheniya [Potential of rapeseed cake as a food raw material] // KhIPS. 2020. №2. S. 143–160. DOI:10.36107/spfp.2020.213
6. Serdyuk O. A., Trubina V. S., Gorlova L. A. Metody vydeleniya patogenov iz rastenii kapustnykh kul'tur [Methods for isolating pathogens from cole crops] // Itogi i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa : sb. st. po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konferentsii. 2019. S. 71–76
7. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoï statistiki (Rosstat) [Federal State Statistics Service (Rosstat)], 2025. 29 s.
8. Harmanto H. J., Salokhe V. M. Influence of Insect Screens with Different Mesh Sizes on Ventilation Rate and Microclimate of Greenhouses in the Humid Tropics // Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. 2006. Vol. 8, P. 1–18
9. Wang M. Study on Key Parameters of Numerical Simulation of Wind Reduction Effect of Windbreak // Master's Thesis, Dalian University of Technology. 2020. P. 45–46
10. Wen J., Ning S., Wei X., Guo W., Sun W., Zhang T., Wang L. The impact of insect-proof screen on microclimate, reference evapotranspiration and growth of Chinese flowering cabbage in arid and semi-arid region // Horticulturae 2022. № 8, 704. P. 1–19. DOI:10.3390/horticulturae8080704.

Поступила: 11.11.25; доработана после рецензирования: 24.02.26; принята к публикации: 04.03.26.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Пирогова Е. А. – выполнение полевых опытов, сбор данных, концептуализация исследований, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Ефименко С. Г. – биохимический анализ данных; Горлова Л. А. – общее научное руководство, концептуализация исследований, критический анализ текста, финальная доработка текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.