МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

А. Л. Исакова, А. В. Исаков, В. Н. Прохоров

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ НИГЕЛЛЫ ПОСЕВНОЙ (*Nigella sativa* L.)

Рекомендации
для научных работников, преподавателей и студентов

Горки
БГСХА
2018

УДК [635.9: 582.675.1]:575.227.2

Одобрено Научно-техническим советом УО БГСХА.
Протокол № 5 от 12 июня 2018 г.

Авторы:
аспирантка *А. Л. Исакова*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Исаков*;
доктор биологических наук *В. Н. Прохоров*

Рецензенты:
доктор биологических наук, профессор *И. А. Гордей*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. М. Добродькин*

Методика проведения искусственной гибридизации нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) : рекомендации / А. Л. Исакова, А. В. Исаков, В. Н. Прохоров. – Горки : БГСХА, 2018. – 20 с.

Описана методика проведения искусственной гибридизации нигеллы посевной, изучены онтогенез цветка, жизнеспособность и фертильность пыльцы нигеллы. Рекомендации могут использоваться как модельный пример при проведении скрещиваний на видах нигеллы и других малораспространенных культурах для получения перспективного исходного материала в селекционном процессе, в научно-исследовательских учреждениях, в высших и средних специальных учебных заведениях.

Разработаны в соответствии с договором № Б18М-019 с Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований по теме «Создание исходного материала нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) для селекции в условиях Беларуси».

Для научных работников, преподавателей и студентов.

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2018

ВВЕДЕНИЕ

Нигелла – ценная культура, которая применяется в качестве лекарственного, эфирномасличного и пряноароматического средства в медицине, пищевой промышленности, мыловарении, парфюмерии, декоративном садоводстве. Ценность данной культуры обусловлена высоким содержанием в семенах жиров (31–35,5 %), белков (16–19,9 %), углеводов (33,9 %), клетчатки (4,5–6,5 %) по данным A. K. Ansari и H. Sadiy [14].

Также в состав семян входят жирные и эфирные масла. Жирные масла состоят преимущественно из ненасыщенных жирных кислот (74,4–82,5 %), в том числе арахидоновой и эйкозадиеновой, в то время как насыщенные жирные кислоты составляют только 14,9–17,3 %. Содержание эфирных масел доходит до 1,4–1,9 % [14].

По данным исследователей Кубанского государственного медицинского университета, в состав семян входят макроэлементы (натрий, калий, магний и кальций) и микроэлементы (медь, цинк, железо и марганец). В составе макроэлементов преобладает калий, а в ряду микроэлементов – цинк [8].

За время исследования целебных свойств масла нигеллы данное направление не утратило свою актуальность, что позволяет сделать вывод о том, что нигелла – уникальное целебное растение. Кроме того, высоко ценятся декоративные свойства нигеллы, которую можно встретить в ботанических садах и садово-парковых ландшафтах стран средней полосы.

В настоящее время производством семян данной культуры активно занимаются такие страны, как Индия, Пакистан, Иран, Египет [15].

Возделыванием нигеллы в качестве эфирномасличной и пряновкусовой культуры занимаются в некоторых регионах Российской Федерации. Также возрастает научный и практический интерес к нигелле в Республике Беларусь [11]. Однако возделывание нигеллы в условиях средней полосы связано прежде всего с отбором и созданием тех форм и популяций, которые будут адаптированы к условиям произрастания. Так, на первый план выходят такие признаки, как холодостойкость, раннеспелость, способность накапливать масло в семенах при условиях пониженной температуры и освещенности (по сравнению с южными зонами произрастания) и т. д.

В связи с этим важным направлением интродукции нигеллы для промышленных условий Республики Беларусь является селекция, традиционным методом которой является гибридизация. Вероятность высокой эффективности использования гибридизации на данной культуре обусловлена тем, что нигелла – однолетнее растение и создание и испытание гибридных сортов можно сделать в сравнительно короткие сроки, а учитывая наличие популяций различного эколого-географического происхождения, можно прогнозировать высокую вероятность проявления гетерозисного эффекта у данной культуры.

Таким образом, точные, эмпирически проверенные методики проведения гибридизации являются одним из факторов успешной селекции видов нигеллы и ее интродукции в нашей стране.

1. БИОЛОГИЯ ЦВЕТЕНИЯ И ОПЫЛЕНИЯ НИГЕЛЛЫ ПОСЕВНОЙ

Нигелла (*Nigella* L.) – однолетнее травянистое растение семейства Лютиковые (*Ranunculaceae* Juss.) светло-зеленого цвета с прямым ветвистым стеблем высотой 20–70 см. Корневая система стержневая. Листья очередные, длиной 2–3 см, дважды-трижды перисто-рассеченные на короткие, линейные, расходящиеся дольки [5, 9].

Рис. 1.1. Нигелла посевная (*Nigella sativa* L.)

Цветки правильные, одиночные, белого цвета, выделяются зеленоватым или голубоватым рисунком на концах лепестков. Чашелистики продолговатые, на вершине притуплённые, при основании суженные в короткую ножку, в числе пяти, голубоватые, 1–1,5 см длиной. Лепестки-нектарники короче чашелистиков.

Гинецей гемисинкарпный, из трёх или пяти плодолистиков, сросшихся почти на всю длину вздутых завязей с длинными отогнутыми стилодиями. Формула цветка нигеллы:

$$*К_5С_{5-8}А_{\infty}G_{2-10}$$ [11, 3].

Данные по срокам цветения нигеллы в источниках сильно расходятся. М. А. Кудинов указывает, что цветение проходит в июне – июле, а Л. Г. Дудченко считает, что эта фаза проходит с мая по август. Созревание плодов продолжается с августа по сентябрь [3, 7].

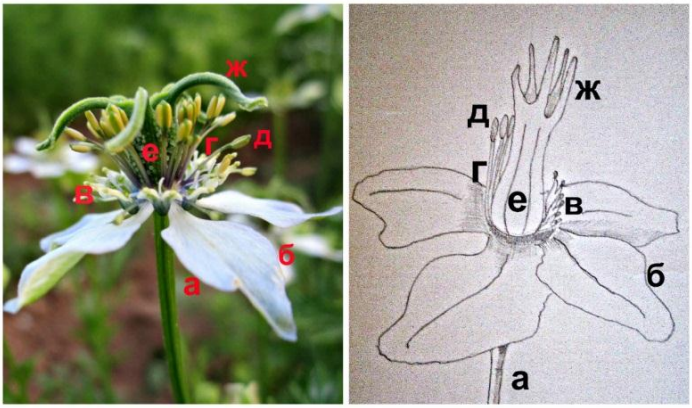

Рис. 1.2. Фотография и схема строения цветка нигеллы посевной: *а* – цветоножка; *б* – чашелистики; *в* – лепестки-нектарники; *г* – тычиночная нить; *д* – пыльник; *ж* – стилодий («столбик» пестика); *е* – завязь

Многие авторы, занимаясь подробным изучением видов рода *Nigella*, уделяли особое внимание особенностям цветения и опыления. По их данным, характерными типами опыления для нигеллы являются в равной степени как ксеногамия, так и автогамия [12, 13, 16].

Ксеногамия – перекрёстное опыление, при котором цветки одного растения опыляются пыльцой цветков других растений того же вида.

Автогамия – это самоопыление и самооплодотворение у цветковых растений.

Руководствуясь данными Khaled Abu-Hammour о процессах опыления данной культуры в природных условиях [16] и собственными наблюдениями за 2014–2015 гг., были определены фазы онтогенеза цветка нигеллы посевной, что позволило выявить определенные фазы цветка, на которых происходит опыление в естественных условиях среды. При исследовании учитывалась продолжительность цветения одного цветка в условиях Беларуси [6] (табл. 1.1).

Таблица 1.1. **Онтогенез цветка нигеллы**

Фаза	Описание	
1	2	
1	Бутон очень маленький, еще очень плохо заметны зубцы чашелистиков. Внутренние части цветка почти неразличимы невооруженным глазом	
2		Четко выраженные, но плотно сложенные зубцы чашелистиков. Венчиков не видно. Чашечка светло-зеленая. Внутреннее строение бутона имеет следующую картину: столбики пестика сращены; рыльце сухое; тычиночные нити изогнуты внутрь, пыльники закрывают плодолистики, а стилодии выставляются из цветка, пылинки желто-зеленого цвета, плотным кольцом расположены ниже рыльца
3		Зубцы чашечки начинают расходиться. При вскрытии такого бутона видно, что столбики пестика высоко подняты над пыльниками. Пыльники желто-зеленого цвета расположены спирально, рыльце сухое
4		Чашечка открыта. Чашелистики упругие, ярко-желтого или жемчужно-белого цвета. Лепестки у нигеллы мелкие в числе 5–8 произошли от тычинок, затем превратились в нектарники. Чашелистики играют роль венчика. Рыльце пестика окружено плотным кольцом пыльников и возвышается над ними. Пыльники желто-зеленые
5		Венчик приобретает окраску, свойственную данному сорту (белую, светло-голубую, синею, фиолетовую). Окраска пыльников и пыльца светло-желтая. Рыльце пестика сухое. На этой стадии возможно произведение кастрации цветка

Окончание табл. 1.1

1	2	
6		Венчик привлекает насекомых своей яркой окраской. В это время происходит созревание наружного круга тычинок. Стилодии плодолистиков изгибаются к тычинкам. Окраска пыльников и пыльца желтая. На рыльце пестика видна каплеобразная жидкость. На этой стадии возможно опыление
7		Венчик теряют упругость и свою яркую окраску. В это время происходит созревание внутреннего круга тычинок. Стилодии плодолистиков скручиваются и полностью изгибаются к тычинкам. Происходит самоопыление цветка
8		Венчик потерял свою окраску. Подсохшая пыльца представляет собой темно-желтую массу. Стилодии пестика выпрямлены, на рыльце не видно каплеобразной жидкости. Листовка увеличена в размере
9	Венчик завял, пыльца коричневого цвета, сухая	
10	Листовка вдвое больше чашечки	

Н. М. Найда, М. Шлаш из Санкт-Петербургского государственного аграрного университета в своих исследованиях, проведенных в условиях северной зоны Сирии, подробно описывают механизм опыления цветка нигеллы в естественных условиях среды: «При раскрывании цветка тычинки изогнуты внутрь, пыльники закрывают плодолистики, а стилодии выставляются из цветка. В связи с тем, что плодолистики закрыты незрелыми пыльниками, а воспринимающая поверхность стилодиев значительно удалена от созревших пыльников (пространственная изоляция) на первых стадиях после раскрывания цветка автогамия

невозможна. Если насекомые не опылили цветок, происходит самоопыление. Для чего в цветке предусмотрен следующий механизм: стилодии плодолистиков изгибаются к тычинкам (в это время созревают внутренние круги тычинок) и пыльца попадает на рыльце без постороннего вмешательства» [12, 13].

Способами опыления нигеллы являются энтомофилия (опыление насекомыми) и автофилия (спонтанное опыление) [10].

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИСКУССТВЕННОГО ОПЫЛЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЮ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ПЫЛЬЦЫ НИГЕЛЛЫ ПОСЕВНОЙ

Исследования проводились на кафедре плодоовощеводства УО БГСХА в 2014–2015 гг. Объектом исследований являлся образец нигеллы посевной, полученный из ННЦ РАН «Никитский ботанический сад», Республика Крым.

Для оценки качества пыльцы была определена фертильность (оплодотворяющая способность) и жизнеспособность (способность мужского гаметофита к росту на соответствующих тканях пестика) пыльцевых зерен, используемых при принудительном скрещивании.

Пыльцу собирали в период массового цветения растений нигеллы. Определение жизнеспособности пыльцы проводили по методу Б. А. Транковского, производя подсчет количества проросших пыльцевых зерен на искусственных средах (1) – 15%-ный раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты (контроль) [2]; 2) – 30%-ный раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты), которую готовили небольшими порциями и использовали только свежей. Наносили две капли среды внутрь чашек Петри, в которые высевали исследуемую пыльцу, после чего чашки Петри переворачивали, предварительно для увлажнения на дно чашки укладывали смоченную водой фильтровальную бумагу, т. е. прорастание пыльцы осуществлялось в «висячей капле». Температура в термостате поддерживалась 25–28 °С, прорастание пыльцевых зерен наблюдалось через 1–3 часа. С помощью микроскопа BLM-270 LCD при увеличении 400 проводили подсчет проросших и непроросших пыльцевых зерен. Процент проросших пыльцевых зерен определялся не менее чем в трехкратной повторности, в 10 полях зрения [1, 10].

Анализ жизнеспособности пыльцы предполагает подсчет количества проросших и непроросших на искусственной среде пыльцевых зерен.

Установлено, что в образцах пыльцы, пророщенных на питательной среде (15%-ный раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты), рост пыльцевых трубок был отмечен не более чем у 31 % пыльцевых зерен нигеллы посевной (табл. 2.1).

Таблица 2.1. **Жизнеспособность пыльцы нигеллы посевной (среднее за 2014–2015 гг.)**

Вариант питательной среды	Сроки хранения пыльцы	Количество пыльцевых зерен, шт.				
		Всего, шт.	проросших, шт.	%	непроросших, шт.	%
15%-ный раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты	свежесобранная	350	115	32,8	235	67,2
	3 часа	320	102	31,9	218	68,1
	6 часов	287	86	30,0	201	70,0
	1 день	300	92	30,6	208	69,4
	2 дня	300	87	29,0	213	71,0
$X_{ср.}$				31,0		69,1
30%-ный раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты	свежесобранная	370	350	94,6	20	5,4
	3 часа	420	395	94,0	25	6,0
	6 часов	400	375	93,7	25	6,3
	1 день	325	290	89,2	35	10,8
	2 дня	400	364	91,0	36	9,0
$X_{ср.}$				**92,5**		7,5

У пыльцевых зерен, пророщенных на питательной среде (30%-ный раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты), уже спустя 1–1,5 часа после помещения на искусственную среду наблюдался интенсивный рост пыльцевых трубок. В среднем жизнеспособность пыльцы в данных образцах оказалась на уровне 92,5 %.

Подсчет количества зрелых, нормально сформированных, пыльцевых зерен в пыльниках, извлеченных из цветков 6–7 фазы развития [7], показал, что уровень фертильности пыльцы как свежесобранной, так и хранившейся 3, 6 часов, сутки и двое суток в ходе 2-летних наблюдений (2014–2015 гг.), неизменно оставался высоким и составлял в среднем более 90 % (рис. 2.1).

В результате изучения сроков опыления нигеллы посевной за 2014–2015 гг. нами были отмечены следующие закономерности: высокий процент завязавшихся плодов (85 %) при опылении свежесобранной пыльцой был выявлен в 5-й фазе развития цветка в период с 10:00–14:00 часов, низкий процент завязавшихся плодов (60 %) на этой стадии развития цветка отмечен при опылении пыльцой, хранившейся в течение двух суток с 14:00–18:00 часов.

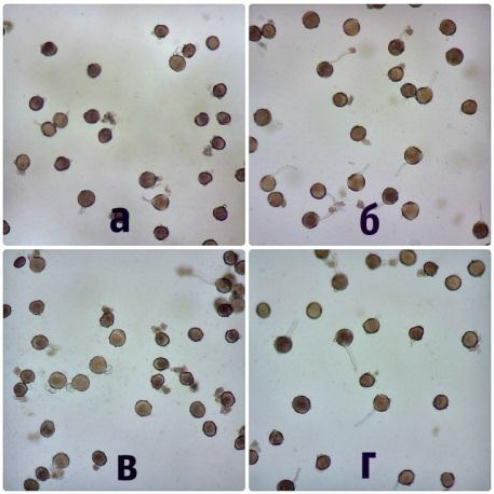

Рис. 2.1. Жизнеспособные пыльцевые зерна нигеллы посевной.
а, в – Питательная среда (15 %-й раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты; *б, г* – Питательная среда (30 %-й раствор сахарозы + 0,003%-ный раствор борной кислоты; *а, б* – свежесобранная пыльца; *в, г* – двухсуточная пыльца

В процессе исследований выявлено, что опыление цветков, находящихся в 6-й фазе развития, пыльцой разных сроков хранения было выше в сравнении с опылением цветков, находящихся в 5-й и 7-й фазах развития (табл. 2.2).

При опылении цветка свежесобранной пыльцой высокий процент завязавшихся плодов (95 %) выявлен в период 6:00–10:00 часов. 75 % завязавшихся плодов отмечено при опылении с 10:00–14:00 часов пыльцой, хранившейся сутки после сбора.

85 % завязавшихся плодов было выявлено при опылении цветка, находящегося в 7-й фазе развития, пыльцой, хранившейся в течение 6 часов после сбора (14:00–18:00) и пыльцой, хранившейся сутки после сбора (6:00–10:00). 65 % завязавшихся плодов отмечено при опылении с 14:00–18:00 часов пыльцой, хранившейся двое суток после сбора.

Таким образом, прорастание пыльцы нигеллы посевной на искусственной питательной среде, содержащей 30%-ный раствор сахарозы и 0,003%-ный раствор борной кислоты, оказалось более активным, чем на питательной среде, предлагаемой в своих исследованиях И. Н. Голубинским (*Nigella damascena – 26,8 %*), что позволяет нам рекомендовать к использованию данную питательную среду для изучения жизнеспособности пыльцы различных форм нигеллы посевной и нигеллы дамасской.

Установлено, что пыльца как свежесобранная, так и хранившаяся в течение двух суток при температуре 3–5 °С жизнеспособна и фертильна [4].

Наибольший процент завязавшихся плодов (95 %) был получен при опылении цветка, находящегося в 6-й фазе развития, свежесобранной пыльцой с 6:00–10:00 часов. Наименьший (60 %) – при опылении цветка, находящегося в 5-й фазе развития, пыльцой с 14:00–18:00 часов, хранившейся двое суток. Завязываемость плодов (семян) при опылении в различные временные интервалы находилась в среднем на уровне 74,1 %.

Выявлены лучшие фазы онтогенеза цветка нигеллы, сроки хранения пыльцы и установлены наиболее пригодные временные интервалы для проведения искусственного опыления на данной культуре, полученные результаты исследований позволят более эффективно проводить дальнейшую селекционную работу по внутривидовой гибридизации.

3. МЕТОДИКА ГИБРИДИЗАЦИИ НИГЕЛЛЫ

Гибридизация нигеллы включает ряд операций, который представлен классическим алгоритмом проведения скрещивания на большинстве растений:

подбор материнского растения;

кастрация;

подбор отцовского растения, заготовка пыльцы;

опыление, изоляция опыленных цветков;

подготовка и навешивание этикетки, соответствующие записи в журнале гибридизации.

Техника скрещивания определяется строением цветка, способом опыления и изоляции, характером цветения, временем созревания пыльников и рылец, размещением на площади и другими условиями.

3.1. Подготовка материнского растения к скрещиванию

Гибридизацию нигеллы следует выполнять спустя 3–5 суток после начала цветения растений. Для скрещивания необходимо использовать полностью распустившиеся цветки на материнском растении, у которых стилодии пестика находятся в прямом положении. У растений, выбранных для гибридизации, необходимо обрывать свежераспустившиеся цветки и успевшие завязаться плоды.

Перед нанесением пыльцы у цветков, находящихся в 5-й фазе развития, проводят кастрацию – удаление пыльников из цветков материнских растений (рис. 3.1).

Рис. 3.1. Цветок нигеллы:
а – цветок без удаленных пыльников;
б – цветок с удаленными пыльниками

Пыльники удаляют прежде, чем они начнут растрескиваться и из них станет высыпаться пыльца. Кастрируют цветки пинцетами.

Для кастрации оставляют 3–4 цветка. После кастрации цветок поместить под ватный изолятор (рис. 3.2).

Рис. 3.2. Растение нигеллы посевной
с ватными изоляторами

3.2. Заготовка пыльцы. Сроки опыления

Пыльцу необходимо собирать в период массового цветения с цветков, находящихся на 6-й и 7-й фазах развития. Спустя двое суток после кастрации необходимо проводить опыление, при этом цветок материнского растения должен достигнуть 6-й фазы развития. Примерно на 10 растениях отцовской формы необходимо собрать цветки и произвести опыление либо сразу свежесобранной пыльцой, либо в лабораторных условиях подсушить, предварительно удалив лепестки и пестик, при комнатной температуре, избегая попадания солнечного света. Пыльца жизнеспособна в течение двух суток (рис. 3.3).

Готовую пыльцу для транспортировки помещают в пергаментные пакетики. Опыление возможно проводить как с 7 до 12 часов, так и с 12 по 17 часов. Временной интервал значительно не влияет на завязываемость плодов при правильном проведении работ по опылению цветка нигеллы.

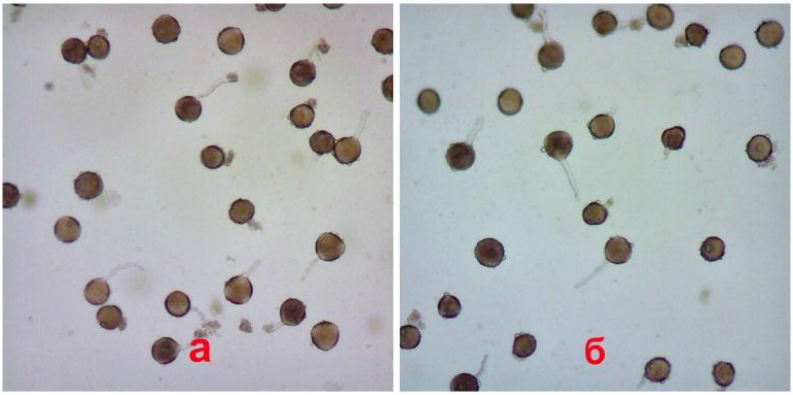

Рис. 3.3. Фотография роста пыльцевых трубок: *а* – рост пыльцевых трубок из свежесобранной пыльцы нигеллы посевной; *б* – рост пыльцевых трубок из пыльцы нигеллы посевной, хранившейся двое суток

Опыление необходимо проводить либо с помощью препаровальной иглы с мягким пористым наконечником, намазывая пыльцу на рыльца пестика, либо стряхивая пыльцу с подсушенных пыльников непосредственно на стилодии пестика материнского цветка.

После опыления надевают изоляторы и навешивают этикетку, на лицевой стороне которой простым карандашом пишут порядковый номер, а на внутренней – комбинацию скрещивания, число опыленных цветков, дату опыления, фамилию выполнявшего скрещивание. Затем эти же данные записывают в специальный журнал.

Результативность скрещивания необходимо оценивать после подсчета количества завязавшихся плодов и семян (рис. 3.4).

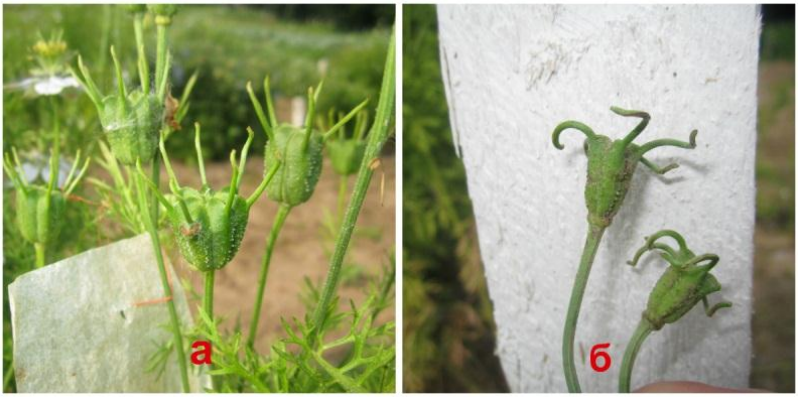

Рис. 3.4. Плоды нигеллы посевной:
а – завязавшиеся плоды; *б* – не завязавшиеся плоды

3.3. Алгоритм проведения гибридизации на растениях нигеллы

1. До начала непосредственных работ по скрещиванию нигеллы необходимо подготовить следующие инструменты: пинцет для кастрации цветков материнского растения; вату для изоляции кастрированных цветков; пакетики для сбора пыльцы; препаровальную иглу с мягким пористым наконечником для нанесения пыльцы; пергаментную бумагу, нить, карандаш для навешивания этикеток с комбинациями скрещивания; ручку, журнал (тетрадь) для записей.

2. Осуществить подбор материнского растения: оставить на растении 2–3 цветка в 5-й фазе развития (для кастрации), остальные цветки удалить.

3. Произвести пинцетом удаление тычиночных нитей с пыльниками в 5-й фазе развития цветка.

4. Надеть на кастрированный цветок ватный изолятор.

5. Собрать пыльцу с цветков отцовских растений, находящихся на 6–7-й фазах развития, в заранее приготовленные пакетики (собрать цветки для хранения; можно удалить лепестки и пестик для исключения лишней влаги).

6. Опыление цветков, находящихся на 6-й фазе развития, пыльцой, собранной с отцовского растения, необходимо осуществлять в солнечную погоду с 6:00–10:00 часов утра свежесобранной, либо пыльцой

хранившейся при температуре 3–5 °С не более двух суток (так как о наличии жизнеспособности пыльцы, хранившейся более продолжительное время, данных не имеется).

7. При опылении необходимо густо смазывать каждый пестик цветка материнского растения пыльцой, взятой с отцовского растения.

8. После опыления надеть ватный изолятор на цветок, навесить этикетку с комбинацией скрещивания.

9. Произвести соответствующие записи в журнале.

10. При необходимости провести повторное опыление на следующие сутки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамова, З. В. Определение жизнеспособности пыльцы по методу Транковского / З. В. Абрамова, О. А. Карлинский // Практикум по генетике. – Л., 1974. – С. 62–64.

2. Голубинский, И. Н. Биология прорастания пыльцы / И. Н. Голубинский. – К.: Наукова думка, 1974. – 367 с.

3. Дудченко, А. Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения / А. Г. Дудченко, А. С. Козьяков, В. В. Кривенко. – К.: Наукова думка, 1989. – 304 с.

4. Жизнеспособность и фертильность пыльцы нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) и нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.) / А. Л. Исакова, В. Н. Прохоров [и др.]. // Вестник Белорус. гос. сельхоз. акад. – 2017. – № 4. – С. 62–65.

5. Исакова, А. Л. Нигелла – перспективная эфиромасличная культура / А. Л. Исакова, А. В. Исаков // Наше сельское хозяйство. – 2016. – №. 11. – С. 83–85.

6. Исакова, А. Л. Онтогенез цветка нигеллы посевной (*Nigella sativa* L.) и нигеллы дамасской (*Nigella damascena* L.) / А. Л. Исакова, В. Н. Прохоров // Молодежь и инновации – 2015: матер. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых; Горки, 27–29 мая 2015 г. / БГСХА, редкол.: П. А. Саскевич [и др.]. – Ч. 1. – Горки: БГСХА, 2015. – С. 8–10.

7. Кудинов, М. П. Пряноароматические растения / М. П. Кудинов. – Минск: Урожай, 1986. – 159 с.

8. Сампиев, А. М. Фитохимическое изучение семян чернушки посевной / А. М. Сампиев, Н. К. Рудь, Н. А. Давитавян. – Краснодар: Фундаментальные исследования. – 2014. – №5. – 114 с.

9. Особенности роста и развития нигеллы дамасской (*Nigella damascena*) и нигеллы посевной (*Nigella sativa*) в условиях Беларуси / А. Л. Исакова [и др.]. // Вестник Белорус. гос. сельхоз. акад. – 2015. – № 2. – С. 60–64.

10. Паушева, З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 98–99.

11. Физиолого-биохимические особенности *Nigella sativa* L. при культивировании в Беларуси / С. Н. Шиш [и др.] // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию Центрального ботанического сада НАН Беларуси; Минск, 6–8 июня 2017 г. / Национальная академия наук Беларуси; Центральный ботанический сад; редкол.: В. В. Титок [и др.]. – Ч. 2. – Минск: Медисонт, 2017. – С. 152–156.

12. Шлаш, М. Онтогенез и перспективы рационального использования чернушки посевной (*Nigella sativa L.*) в условиях Сирии / М. Шлаш // Всерос. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова РАСХН. – СПб., 2004. – 18 с.

13. Шлаш, М. Особенности цветения и опыления чернушки посевной / М. Шлаш, Н. М. Найда, А. А. Детков // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования: материалы V Междунар. симпозиума. – Т. 2. – Пущино, М., 2003. – 108 с.

14. Ansari, AK, Sadiy, HAS. Structural studies on a saponin isolated from the seeds of Nigella sativa / AK Ansari, HAS Sadiy // Phyto chem. – 1989. – Vol. 7. – P. 377.

15. Datta, Animesh K., Saha, A, Bhattacharya, A. Black cumin (Nigella sativa L.) – a review / Animesh K. Datta, Aditi Saha, Arnab Bhattacharya // Journal of plant development sciences. – 2012. – Vol. 4, P. 1–43.

16. Khaled Abu-Hammour Pollination of Medicinal Plants (Nigella sativa and Coriandrumsativum) and Cucurbitapepo in Jordan. / Khaled Abu-Hammour // Institut fur Nutzpflanzenwissenschaften und Ressoucenschutz. – 2008. – P. 28.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
1. Биология цветения и опыления нигеллы посевной 5
2. Результаты исследований по проведению искусственного опыления и изучению жизнеспособности пыльцы нигеллы посевной 9
3. Методика гибридизации нигеллы 12
3.1. Подготовка материнского растения к скрещиванию 13
3.2. Заготовка пыльцы. Сроки опыления 14
3.3. Алгоритм проведения гибридизации на растениях нигеллы 16
Библиографический список 18

Производственное издание

Исакова Анастасия Леонидовна
Исаков Андрей Васильевич
Прохоров Валерий Николаевич

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ НИГЕЛЛЫ ПОСЕВНОЙ (*Nigella sativa* L.)

Рекомендации

Редактор *Е. П. Савчиц*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 13.06.2018. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 0,75.
Тираж 40 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.