УДК 633.854.54:631.527.822

DOI 10.25230/2412–608X–2018–1–173–105–113

ТИПЫ И СПОСОБЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ОПЫЛЕНИЯ ЛЬНА ОБЫКНОВЕННОГО *LINUM USITATISSIMUM L.*

С.В. Зеленцов,

доктор сельскохозяйственных наук

Е.В. Мошненко,

кандидат биологических наук

Л.Г. Рябенко,

кандидат сельскохозяйственных наук

Л.Р. Овчарова,

кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 275–78–45

E-mail: soya@vniimk.ru

Для цитирования: Зеленцов С.В., Мошненко Е.В., Рябенко Л.Г., Овчарова Л.Р. Типы и способы естественного опыления льна обыкновенного *Linum usitatissimum L.* // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – Вып. 1 (173). – С. 105–113.

Ключевые слова: масличный лён, самоопыление, перекрёстное опыление, пыльцевые агломераты, ветровой перенос пыльцы, пыльники льна, рыльца пестиков льна.

Лён обыкновенный относится к самоопылителям с вероятностью энтомофильного и аэрофильного переопыления до 1–5 %, что создаёт некоторые проблемы при поддержании сортовой чистоты. Условия формирования и частота перекрёстного опыления у льна изучены недостаточно. Возможность аэрофильного переопыления культуры имеет полемический характер. Исследования проводили в 2015–2017 гг. в ФГБНУ ВНИИМК, г. Краснодар. Вероятность и частоту перекрёстного опыления изучали на масличных сортах льна ВНИИМК 620, Даник, ВНИИМК 630 и Сюрприз с коричневой и жёлтой окраской семян. В фазы бутонизации и цветения изучали динамику вскрытия пыльников, пути попадания пыльцы на рыльца пестиков и ветровой перенос пыльцы. Выявлено, что доля перекрёстного опыления у льна варьировала в пределах 0,15–0,87 %, в отдельных случаях увеличиваясь до 1,33–1,75 %. Перенос пыльцы отмечался на расстояние до 9 м. Однако разделить

вклады энтомофильного и анемофильного переопыления в генетическое засорение сортов льна не удалось. Основные насекомые-опылители льна в Краснодарском крае – пчела медоносная и пчела-листорез люцерновая. Выявлены типы положения тычинок и рылец пестиков, способствующие самоопылению и перекрёстному опылению у льна. Размеры отдельных пыльцевых зёрен у изученных сортов льна составляют 56–65 мкм, что обеспечивает их свободный перенос ветром. Ветровому переносу могут подвергаться и более массивные агломераты размером 110–370 мкм, состоящие из нескольких склеенных цитозолем пыльцевых зёрен. Начало и интенсивность ветрового переноса пыльцы льна обыкновенного определяется скоростью потери ею липкости и осыпания с поверхности пыльников, размерами пыльцевых агломератов и скоростью ветра. Поэтому во избежание рисков возможного энтомофильного и анемофильного переопыления семеноводческие посевы различных сортов льна следует размещать на отдельных, не смежных полях.

UDC 633.854.54:631.527.822

The types and methods of natural pollination of flax *Linum usitatissimum L.*

S.V. Zelentsov, doctor of agriculture

E.V. Moshnenko, PhD in biology

L.G. Ryabenko, PhD in agriculture

L.R. Ovcharova, PhD in agriculture

All-Russian Research Institute of Oil Crops by the name of Pustovoi V.S. (VNIIMK)

17, Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 275–78–45

E-mail: soya@vniimk.ru

Key words: oil flax, self-pollination, cross-pollination, pollen agglomerates, wind-borne transfer of pollen, anthers of flax, stigmas of flax pistils.

Common flax is referred to self-pollinators with the probability of entomophilic and anemophilic cross-pollination up to 1–5%, that creates some problems in maintaining varietal purity. The formation conditions and the frequency of cross-pollination in flax have not been studied sufficiently. The possibility of aerial cross-pollination of this crop has a polemical character. Studies were conducted at the All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK), Krasnodar in 2015–2017. The probability and frequency of cross-pollination were studied on oil varieties of flax VNIIMK 620, Danik, VNIIMK 630 and Surprise with brown and yellow seed coloring. During the budding and flowering phase, the dynamics of anther opening, the pollen transfer to the stigmas of pistils and the wind transfer of pollen were studied. It was revealed that the share of cross-pollination in flax varied within the limits of 0.15–0.87%, in some cases increasing up to 1.33–1.75%. The transfer of pollen

was noted at a distance of up to 9 m. However, it was not possible to separate the contributions of entomophilic and anemophilic cross-pollination into genetic impurities of flax varieties. The main insect-pollinators of flax in the Krasnodar region are honey bee and alfalfa leaf-cutting bee. The types of position of stamens and stigmas of pestles that promote self-pollination and cross-pollination in flax are revealed. The dimensions of individual pollen grains in the studied flax varieties are 56–65 μm , which ensures their free transfer by wind. The more massive agglomerates with the size of 110–370 μm , consisting of several cytosolized pollen grains, can also be subjected to the wind transfer. The beginning and intensity of the wind transfer of the flax pollen is determined by a rate of its stickiness loss and shedding from the surface of the anther, the size of the pollen agglomerates and the wind speed. Therefore, in order to avoid the risks of possible entomophilic and anemophilic cross-pollination, seed growing fields of different flax varieties should be placed on separate, non-adjacent fields.

Введение. Согласно многочисленным наблюдениям лён обыкновенный (*Linum usitatissimum* L.) склонен к самоопылению и традиционно квалифицируется как автогамное растение (самоопылитель), в отличие от дикорастущих видов льна, которые опыляются, преимущественно, перекрёстно. При этом многие авторы отмечают, что у этого вида периодически отмечается незначительное (до 1 %, в единичных случаях до 5 %) перекрёстное опыление насекомыми или ветром [1; 4; 11; 15; 17; 18; 19]. Многочисленные факты перекрёстного опыления у культурного льна позволили отдельным авторам даже отнести эту культуру к факультативным самоопылителям [2; 7].

Основным фактором, как доопыления цветков льна собственной пылью, так и перекрёстного опыления, принято считать энтомофилию [2; 4; 7; 11; 15; 17; 19]. Достаточно крупные (10–32 мм) и ярко-окрашенные венчики цветков у культурного льна, наличие нектарников в основании лепестков и легкодоступная пыльца привлекают различные виды насекомых [8; 11; 14].

По данным Ф.М. Галкина (2008), в период цветения льна одновременное количество пчёл на 1 м² посева может составлять 2–10 шт. При этом отдельная особь может посетить за 1 ч до 600 цветков льна [2]. Как правило, насекомые начинают посещать цветки не с самого утра,

когда только начинают раскрываться лепестки и вскрываются пыльники, а на 2–4 часа позже. Массовое посещение насекомыми цветков льна фиксируется ближе к полудню, при ясной и тёплой погоде в условиях Краснодарского края – к 10–11 часам. К этому времени собственная пыльца цветка, попавшая на рыльца при самоопылении, обычно уже прорастает, и пыльцевые трубки достигают микропиле семязпочек [7; 8]. Поэтому у таких цветков энтомофильного доопыления не происходит, за исключением случаев стерильности или полного отсутствия собственной пыльцы в цветках.

Определённое влияние на увеличения вероятности перекрёстного опыления за счёт задержки или отсутствия самоопыления, также оказывает наличие внутривидовой изменчивости в строении и взаимном расположении элементов андроеца и гинецея [11; 14; 17].

Практически во всех фундаментальных ботанических описаниях и изображениях положение тычинок в раскрывшемся цветке льна относительно пестика описывалось как в разной степени прижатое к рыльцам [8; 11; 12; 16]. Одна из первых отечественных классификаций внутривидовой вариативности положения тычинок в цветках культурного льна была предложена в 1940 г. Е.В. Эллады [11] (рис. 1).

Рисунок 1 – Типы положения тычинок в цветке льна обыкновенного по Е.В. Эллады, 1940 г. [11, с. 126]:

- 1 – пыльники тесно примыкают к рыльцам;
- 2 – рыльца выдаются над пыльниками;
- 3 – пыльники не соприкасаются с рыльцами

Положения тычинок в цветке на рисунке 1 с учётом принятых в современной

органогрaфии цветка терминов [10, с. 53–54] могут быть квалифицированы как: 1 – прижатые к пестику, гомостильные (равностолбчатые); 2 – сходящиеся, загнутые внутрь от вертикальной оси пестика, гетеростильные (разностолбчатые); 3 – прямые, параллельные вертикальной оси пестика (гомостильные). При этом для цветков льна, у которых полностью или частично отсутствует прямой контакт между пыльниками и рыльцами, посещение насекомыми является одним из важнейших факторов опыления.

Ещё одним фактором перекрёстного опыления льна обыкновенного является перенос пыльцы ветром – анемофилия [2; 4; 7; 11; 15; 19]. Линейные размеры пыльцевых зёрен льна обыкновенного составляют 50–68 мкм [6; 13; 18]. Это в 1,5–2,5 раза больше по сравнению с размерами пыльцевых зёрен (25–40 мкм) подавляющего большинства анемофильных злаковых видов растений. Поэтому ряд авторов, в частности канадские исследователи A.D. Muir и W.D. Westcott (2003), полагали, что перекрёстное ветроопыление у культурного льна является редким событием из-за того, что пыльца льна очень тяжёлая и нелетучая [17].

По данным О.И. Рыжеевой (1967), в климатических условиях Киргизии перекрёстное ветроопыление кастрированных цветков льна под сетчатыми изоляторами было незначительным и составляло менее 2 %. Однако на Карабалыкской опытной станции (Северный Казахстан), по её же данным, процент анемофильного опыления льна достигал 4,0–12,2 % [7].

Большое значение для анемофильного переноса льняной пыльцы имеет расстояние переноса и скорость ветра. Так, по данным Ф.М. Галкина (2008), выявлено, что на пластинки размером 10 см², покрытые вазелином и установленные на расстоянии 20 см от ряда растений льна на одном уровне с его цветущими соцветиями, в течение одного дня при скорости ветра 3 м/с в среднем было перенесено около 360 пыльцевых зёрен. При этой же

скорости ветра на пластинки, расположенные на 20 см выше уровня цветущих растений, в среднем было перенесено 213 шт. пыльцевых зёрен. При скорости ветра 7 м/с эти же показатели составляли 467 и 785 шт. А при скорости ветра 10 м/с количество уловленных пластинками пыльцевых зёрен достигало 4260 и 4322 шт. соответственно [2]. Однако даже такие высокие показатели воздушного переноса пыльцы на основе законов аэродинамики могут считаться существенно заниженными. Причина в том, что аэродинамические свойства любой плоской пластинки, помещённой перпендикулярно воздушному потоку, приводят к изменению его направления к краям пластины из-за малоподвижного уплотнения воздуха перед препятствием [5]. В таких условиях значительная часть пыльцы вместе с воздушным потоком будет просто обтекать это препятствие и не попадёт на лицевую сторону пластинки, концентрируясь за препятствием в зоне разрежения и завихрений потоков.

В целом, описанные в литературе факты энтомофильного и анемофильного переопыления культурного льна способны вызывать генетическое засорение сортов, что создаёт определённые проблемы при поддержании их сортовой чистоты. Однако ряд особенностей биологии цветения у традиционно считающегося самоопылителем культурного льна, среди которых типы и способы переопыления, внутренние и внешние условия их реализации, частота перекрёста, летучесть пыльцы и т.д., изучен недостаточно, что сдерживает дальнейшее улучшение технологий поддерживающего семеноводства этой культуры. Поэтому целью настоящих исследований стало изучение некоторых особенностей биологии цветения у льна обыкновенного.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2015–2017 гг. в ФГБНУ ВНИИМК, г. Краснодар. В качестве модельных объектов изучения вероятности и частоты перекрёстного опыления ис-

пользовали посеvy оригинальных семян коричнеvосемянных масличных сортов льна обыкновенного ВНИИМК 620 и Даник, а также жёлтосемянных сортов ВНИИМК 630 и Сюрприз, посеянных смежными 20-метровыми полосами с чередованием сортов с различной окраской семян. Посев всех сортов осуществляли в оптимальные сроки (I-я декада апреля) селекционной сеялкой СН-16 рядовым способом с междурядьями 15 см и глубиной заделки семян 3–5 см. Норма высева семян из расчёта 7–8 млн шт./га. В фазе полного созревания на всех изучаемых сортах льна, в обе поперечные стороны от границ с соседними сортами, с интервалом в 1,5 м и на глубину 9 м отбирали сноповые образцы растений с 1 пог. м. Семена из этих снопов выращивали до 2-го поколения, и в полученных партиях семян подсчитывали долю генетических примесей, отличающихся по окраске семян.

Ежегодно при наступлении фазы бутонизации исследуемых сортов проводили микроскопические наблюдения за динамикой развития пыльников. В фазе цветения в динамике наблюдали за раскрытием цветков, вскрытием пыльников, выходом из них пыльцы, её перемещением на рыльца пестиков, а также за посещением цветков льна насекомыми и за склонностью льна к анемофильному переопылению. Оценку скорости ветра в период цветения льна устанавливали по данным метеостанции «Круглик», расположенной в 5 км на юго-запад от экспериментального участка. Дополнительно на всём селекционном питомнике масличного льна на площади 2,5 га проводили осмотр всего селекционного материала с целью определения типов положения тычинок и рылец пестиков в цветках.

Результаты и обсуждение. Оценка доли генетических примесей в семенах второго поколения потомств изучаемых масличных сортов льна обыкновенного в эксперименте по моделированию межсортового перекрёстного опыления показала, что в условиях центральной зоны Краснодарского края его частота варьировала в пределах 0,15–0,87 %, в отдель-

ных случаях достигая 1,33–1,75 %. При этом случаи генетического засорения вследствие переноса пыльцы фиксировались в потомствах растений-реципиентов, произраставших на расстоянии до 9 м от растений-доноров. Однако в данном эксперименте не удалось выделить индивидуальные вклады энтомофильного и анемофильного переопыления в общую долю выявленного генетического засорения.

Визуальная оценка особенностей морфологии андрцея и гинецея цветков у четырёх изучаемых сортов масличного льна, а также во всём имеющемся во ВНИИМК генофонде льна обыкновенного, позволила выделить в целом согласующееся с данными Е.В. Эллады (см. рис. 1), но более широкое разнообразие типов взаимного расположения тычинок и пестиков (рис. 2).

Рисунок 2 – Некоторые типы взаимного положения тычинок и рылец пестика, определяющие разную вероятность контактного самоопыления (ориг.):

- а* – прижатые тычинки и рыльца;
- б* – сходящиеся тычинки и прижатые рыльца;
- в* – прямые тычинки и расходящиеся рыльца;
- г* – прямые тычинки и прижатые рыльца

Среди них гомостильные и гетеростильные формы с прижатыми, сходящимися или прямыми тычинками по отношению к рыльцам пестика, а также с

прижатыми, сходящимися, параллельными или расходящимися рыльцами столбиков. Отогнутое от центральной оси пестика положение тычинок в цветке льна обыкновенного, как у дикорастущих видов льна, в наших исследованиях не обнаружено.

Таким образом, основными типами положения тычинок и рылец пестика в изученном генофонде льна обыкновенного являются гомостильное или частичное гетеростильное, прижатое или сходящееся. Такие типы определяют тесный контакт рылец с пыльниками, обеспечивая полное самоопыление цветков (см. рис. 2а и 2б).

Если положение тычинок прямое, то вероятность самоопыления будет зависеть от положения столбиков пестика. Если столбики занимают расходящееся от центральной оси завязи положение, то вероятность их контакта со вскрывшимися пыльниками также достаточно высока (см. рис. 2в).

Однако если при прямом положении пыльников столбики пестика имеют прижатый или сходящийся тип, то из-за отсутствия непосредственного контакта между ними пыльца после вскрытия пыльников не может сразу попасть на рыльца. Проблему взаимной пространственной изоляции андроцея и гинецея усугубляет иногда встречающаяся у отдельных биотипов льна гетеростилия (см. рис. 2г). По всей вероятности, завязываемость семян на таких растениях обеспечивается дополнительными механизмами опыления – опылением насекомыми и ветроопылением.

Визуальные наблюдения за механизмами опыления льна в динамике проводили на масличных сортах льна обыкновенного селекции ВНИИМК, характеризующихся наиболее типичными для вида цветками с прижатыми и сходящимися типами тычинок и рылец.

Искусственное вскрытие незрелых пыльников в формирующихся бутонах показывает, что их внутренние камеры, вплоть до выхода созревшей пыльцы, остаются заполненными цитозолем. По мере развития тетрад микроспор пыльцевых зёрен и заполнения ими внутреннего объёма пыльцевых мешков, в последних нарастает избыточное внутриполостное гидростатическое давление, частично компенсируемое растяжением их внешних стенок.

После распускания цветков зрелые пыльники становятся подвержены воздействию окружающего, как правило, более сухого воздуха, в результате чего наружные ткани пыльцевых камер начинают подсыхать и ужиматься. В совокупности с избыточным внутриполостным давлением, препятствующим сжатию пыльников, это приводит к формированию на их внешней части продольных компенсационных трещин, завершающихся частичным выворачиванием наружу противоположных краёв пыльцевых мешков.

В полевых условиях инициация вскрытия пыльников и процесс выхода пыльцы из пыльцевых камер регулируются температурой и относительной влажностью окружающего воздуха. В условиях жаркой и сухой погоды пыльники могут вскрываться ещё на стадии окрашенного бутона. И, наоборот, в прохладную и влажную погоду пыльники могут вскрываться намного позже полного распускания цветков [11].

После вскрытия пыльников, за счёт остаточного внутриполостного давления и поперечного компенсационного сжатия стенок пыльцевых камер, из пыльцевых мешков выходит вся или почти вся пыльца, которая в течение нескольких минут относительно равномерно распределяется по внешней поверхности пыльников (рис. 3).

Рисунок 3 – Прижатые к пестику вскрывшиеся пыльники с распределившейся по их внешней поверхности клейкой пылью, $\times 60$ (ориг.)

Выходящая из вскрывшихся пыльников пыльца представляет собой комок пыльцевых зёрен, увлажнённый слизевидным внутрикамерным цитозолем. Такая полужидкая взвесь пыльцы обеспечивает её повышенную клейкость и удержание на внешней поверхности пыльников в течение определённого времени, также зависящего от внешних условий.

Поверхность готовых к опылению рылец также покрыта полужидкой коллоидной субстанцией, обеспечивающей удержание пыльцевых зёрен и стимулирующей прорастание пыльцевых трубок. Поэтому при непосредственном контакте ослизнённой поверхности рылец с полужидкой взвесью пыльцы между ними на основе явления коалесценции (слияния капель) формируется единая гидроколлоидная система, приводящая к распределению пыльцы по всей поверхности рылец.

При массовом и одновременном попадании на рыльца пыльцы из всех пяти пыльников, за счёт поверхностного смачивания возможно распределение избыточного количества полужидкой пыльцевой взвеси даже на нижерасположенные столбики пестика.

Такой эффективный механизм самоопыления, основанный на полном контакте прижатых друг к другу пыльников и рылец, свойственен подавляющему большинству сортов образцов культурного льна.

Спустя несколько часов после распускания цветков льна их начинают посещать насекомые. По нашим наблюдениям, в условиях центральной зоны Краснодарского края наиболее часто посещают цветущий лён два вида пчёл: пчела медоносная *Apis mellifera* L. и пчела-листорез люцерновая *Megachile rotundata* Fabr. (рис. 4).

а

б

Рисунок 4 – Сбор нектара и пыльцы в цветках льна различными видами пчёл (ориг.):

а – медоносная пчела *Apis mellifera* L.;
б – пчела-листорез люцерновая *Megachile rotundata* Fabr.

Кроме пчёл, цветущие растения культурного льна посещают некоторые виды шмелей, различные виды дневных бабочек, мухи и другие крылатые насекомые, способные временно удерживать на своём теле пыльцу и достаточно крупные, чтобы при посещении цветков периодически

касаться покрытыми пылью частями тела рылец пестиков.

Несмотря на целый ряд исследований, посвящённых переносу пыльцы льна ветром, вопрос о наличии подтверждённого анемофильного перекрёстного опыления у льна обыкновенного остаётся недостаточно доказанным. Одним из препятствий ветроопыления у культурного льна декларируются довольно крупные размеры пыльцевых зёрен.

В наших экспериментах размеры пыльцевых зёрен у изучаемых сортов льна варьировали от 56 до 65 мкм, что вполне согласуется с более ранними оценками размеров льняной пыльцы (50–68 мкм) у других авторов [6; 13; 18]. Однако, на наш взгляд, такие размеры льняной пыльцы не могут являться принципиальным препятствием для её переноса воздушными потоками. Например, у многих видов анемофильного семейства Сосновые (*Pinaceae* Lindl.) размеры пыльцевых зёрен составляют 55–95 мкм, что совершенно не препятствует их переносу ветром на довольно большие расстояния [9].

С целью выявления фактов переноса льняной пыльцы ветром были проведены наблюдения за цветками с момента их распускания до осыпания лепестков. При этом установлено, что в условиях центральной зоны Краснодарского края, уже спустя 1–2 часа после вскрытия пыльников, внутрикамерный цитозоль, обеспечивающий липкость пыльцы, начинает подсыхать. Пыльцевые зёрна, не попавшие на рыльца пестиков, начинают отделяться от поверхности пыльников. При этом подсыхая пыльца льна осыпается на лепестки цветка не только в виде отдельных зёрен, но и в виде их ассоциаций, в которых пыльцевые зёрна остаются связанными между собой подсыхшим внутрикамерным цитозолем. Американским палинологом Е.С. Ogden с коллегами подобные пыльцевые ассоциации в 1969 г. были названы агломератами [цит. по: 3].

В условиях Краснодарского края размеры пыльцевых агломератов у масличных сортов культурного льна составляют от 110 до 370 мкм и состоят из 2–6, редко из 7–11 шт. пыльцевых зёрен. При штиле такие агломераты довольно равномерно осыпаются на поверхность завязи и лепестки цветка. Но при наличии даже слабого (3–5 м/с) ветра отдельные пыльцевые зёрна и некрупные агломераты уносятся с ветровыми потоками, а более крупные агломераты распределяются на лепестках венчика секторально, по направлению воздушного потока (рис. 5).

Рисунок 5 – Секторальное распределение осыпавшихся светлоокрашенных пыльцевых агломератов на голубом венчике цветка льна (ориг.)

При увеличении скорости ветра до умеренного (6–8 м/с) даже самые крупные пыльцевые агломераты на цветках льна уже не обнаруживаются.

Сухие агломераты, попавшие во влажную среду (в нашем модельном эксперименте – в каплю дистиллированной воды), в течение нескольких минут гидратируются и распадаются на отдельные пыльцевые зёрна. Предполагается, что подобное высвобождение пыльцевых зёрен из агломератов также возможно при их попадании на увлажнённые рыльца пестиков льна, что приводит, в конечном итоге, к анемофильному опылению.

Размеры агломератов и их прочность зависят от количества внутрикамерного

цитозоля, приходящегося на одно зерно. Чем больше в пыльнике сформировалось пыльцы, тем меньший объём цитозоля будет распределён по поверхности отдельного пыльцевого зерна. Поэтому такая менее увлажнённая пыльца быстрее высыхает и осыпается в виде отдельных зёрен и небольших агломератов, состоящих всего из 2–4 шт. пыльцевых зёрен.

Размеры пыльцевых агломератов, осыпающихся с тычинок с низкой пыльцевой продуктивностью (до 50 шт. пыльцевых зёрен на 1 пыльник), в целом крупнее из-за увеличенной доли внутрикамерного цитозоля, приходящегося на каждое пыльцевое зерно, и, соответственно, увеличенного количества зёрен в агломератах, которые в отдельных случаях могут достигать размеров 220–370 мкм.

Пыльцевые агломераты среднего и крупного размера (более 200 мкм) могут удерживаться на венчиках цветков более длительное время даже при умеренной скорости ветра. Возможно, именно эти хорошо заметные крупные агломераты и побудили A.D. Muir и W.D. Westcott (2003) сделать вывод, что пыльца у культурного льна тяжёлая и нелетучая, и поэтому перекрёстное ветроопыление у культурного льна является редким событием [17].

Выводы. В целом, анализ литературы и наши собственные наблюдения показывают, что к началу появления условий для энтомофильного или анемофильного переноса пыльцы цветки льна, как правило, уже опылены собственной пыльцой. Поэтому посторонняя пыльца, попавшая на рыльца этих же цветков, уже не будет участвовать в оплодотворении завязей, за исключением аномальных случаев невозможности самоопыления. В то же время диапазон условий окружающей среды, приводящий к развитию частичной или полной стерильности пыльцы, образованию пространственной изоляции между гомостильными пыльниками и рыльцами, гетеростилии и некоторых других аномалий, на сегодняшний день недостаточно изучен и требует дальнейших исследований.

Ветровой перенос пыльцы льна обыкновенного вполне возможен. Начало этого процесса будет определяться лишь скоростью потери липкости и осыпания с поверхности пыльников высыхающей пыльцы, размерами образующихся пыльцевых агломератов, а также наличием и скоростью ветра в период цветения растений. Поэтому во избежание рисков возможного энтомофильного и анемофильного переопыления семеноводческие посевы различных сортов льна лучше размещать на отдельных и, по возможности, не смежных полях.

Список литературы

1. Броч Н.Б. Внутривидовое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его использование в генетических исследованиях и селекции: дис. ... д-ра биол. наук // Санкт-Петербург: ВНИИР, 2007. – С. 21–22, 76.
2. Галкин Ф.М. Лён масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки / Под ред. Н.И. Бочкарёва. – Краснодар, 2008. – С. 21–26.
3. Истомин В.Л., Куценогий К.П., Головкин В.В. Определение аэродинамических диаметров пыльцевых зёрен и их агломератов растений Западной Сибири // Теплофизика и аэромеханика. – 2012. – Т. 19. – № 3. – С. 381–390.
4. Минкевич И.А. Лён масличный в СССР. – Краснодар: Краевое книжн. изд-во, 1940. – С. 32.
5. Оглоблин Г.В., Бревнов Д. Моделирование обтекания тел воздушным потоком с помощью жидкокристаллического детектора. – Научный электронный архив академии естествознания. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://econf.rae.ru/pdf/2011/01/8e296a067a.pdf> (дата обращения: 20.01.2017).
6. Оптасюк О.М., Шевера М.В. Рід *Linum* L. у флорі України. – Київ, 2012. – С. 57.
7. Рыжеева О.И. Лён масличный // В сб.: Руководство по селекции и семеноводству масличных культур / Под общ. ред. В.С. Пустовойта. – М.: Колос, 1967. – С. 122–130.
8. Сизов И.А. Лён. – М.: Сельхозгиз, 1955. – С. 97–101.
9. Токарев П.И. Палинология древесных растений, произрастающих на территории России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М.: МГУ, 2004. – С. 15.
10. Фёдоров Ал. А., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Цветок. – Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1975. – С. 53–54.
11. Эллади Е.В. *Linum usitatissimum* (L.) consp. nov. – Лён // В сб.: Культурная флора СССР. Пря-

дильные / Под ред. Е.В. Вульфа. – М.-Л.: Гос. изд. колх. и совхозн. лит-ры, 1940. – Т. V. – С. 109–207.

12. Юзенчук С.В. Род 836. Лён – *Linum*. Флора СССР в 30 томах / Под ред. Б.К. Шишкина и Е.Г. Боброва. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. XIV. – С. 86–146.

13. Atagić J., Marjanović-Jeromela A., Marinović R., Terzić S. Pollen grain traits of oil species from the Novi Sad collection // *Genetica*. – 2009. – No 3. – P. 263–270.

14. Diederichsen A., Richards R. Cultivated flax and the genus *Linum* L. Taxonomy and germplasm conservation. // In: *Flax. The genus Linum* / Ed. by A.D. Muir and N.D. Westcott. – London, Taylor & Francis Ltd, 2003. – P. 32–42.

15. Jhala A.J., Hall L.M., Hall J.C. Potential Hybridization of Flax with Weedy and Wild Relatives: An Avenue for Movement of Engineered Genes? // *Crop Sci.* – 2008. – Vol. 48. – P. 825–840.

16. *Linnaei C. Species Plantarum, Exhibentes plantas rite cognitatas, ag genera relatas cum differentis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus* [цифровая копия с оригинала, хранящ. в библиотеке Гарвардского ун-та]: [Электронный ресурс]. – Holmiae, 1753. – Tomus I. – P. 277–282. – Режим доступа: <https://books.google.ru/books?id=PtYnAAAAYAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> (дата обращения 10.12.2015).

17. Muir A.D., Westcott W.D. *Flax: The Genus Linum*. – Cleveland, USA, CRC Press, 2003. – P. 35–56.

18. Schewe L.C., Sawhney V.K., Davis A.R. Ontogeny of floral organs in flax (*Linum usitatissimum*; Lineaceae) // *American Journ. of Botany*. – 2011. – Vol. 98 (7). – P. 1077–1085.

19. Williams I.H. The pollination of linseed and flax // *Bee World*. – 1988. – Vol. 69. – P. 145–152.

References

1. Брач Н.Б. Внутривидовое разнообразие льна (*Linum usitatissimum* L.) и его использование в генетических исследованиях и селекции: дис. ... д-ра биол. наук // Санкт-Петербург: ВНИИР, 2007. – С. 21–22, 76.

2. Галкин Ф.М. Лён масличный: селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки / Под ред. Н.И. Бочкарёва. – Краснодар, 2008. – С. 21–26.

3. Истомин В.Л., Куценогий К.П., Головкин В.В. Определение аэродинамических диаметров пылевых зёрен и их агломератов растений Западной Сибири // *Теплофизика и аэромеханика*. – 2012. – Т. 19. – № 3. – С. 381–390.

4. Минкевич И.А. Лён масличный в СССР. – Краснодар: Краевое книжн. изд-во, 1940. – С. 32.

5. Оглоблин Г.В., Бревнов Д. Моделирование обтекания тел воздушным потоком с помощью жидкокристаллического детектора. – Научный

электронный архив академии естествознания. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://econf.rae.ru/pdf/2011/01/8e296a067a.pdf> (дата обращения: 20.01.2017).

6. Онтасюк О.М., Шевера М.В. Рід *Linum* L. у флорі України. – Київ, 2012. – С. 57.

7. Рыжеева О.И. Лён масличный // В сб.: Рукководство по селекции и семеноводству масличных культур / Под общ. ред. В.С. Пустовойта. – М.: Колос, 1967. – С. 122–130.

8. Сизов И.А. Лён. – М.: Сельхозгиз, 1955. – С. 97–101.

9. Токарев П.И. Палинология древесных растений, произрастающих на территории России: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М.: МГУ, 2004. – С. 15.

10. Фёдоров Ал. А., Артюченко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Цветок. – Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1975. – С. 53–54.

11. Элады Е.В. *Linum usitatissimum* (L.) consp. nov. – Лён // В сб.: Культурная флора СССР. Пря-дильные / Под ред. Е.В. Вульфа. – М.-Л.: Гос. изд. колх. и совхозн. лит-ры, 1940. – Т. V. – С. 109–207.

12. Юзенчук С.В. Род 836. Лён – *Linum*. Флора СССР в 30 томах / Под ред. Б.К. Шишкина и Е.Г. Боброва. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – Т. XIV. – С. 86–146.

13. Atagić J., Marjanović-Jeromela A., Marinović R., Terzić S. Pollen grain traits of oil species from the Novi Sad collection // *Genetica*. – 2009. – No 3. – P. 263–270.

14. Diederichsen A., Richards R. Cultivated flax and the genus *Linum* L. Taxonomy and germplasm conservation. // In: *Flax. The genus Linum* / Ed. by A.D. Muir and N.D. Westcott. – London, Taylor & Francis Ltd, 2003. – P. 32–42.

15. Jhala A.J., Hall L.M., Hall J.C. Potential Hybridization of Flax with Weedy and Wild Relatives: An Avenue for Movement of Engineered Genes? // *Crop Sci.* – 2008. – Vol. 48. – P. 825–840.

16. *Linnaei C. Species Plantarum, Exhibentes plantas rite cognitatas, ag genera relatas cum differentis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus* [цифровая копия с оригинала, хранящ. в библиотеке Гарвардского ун-та]: [Электронный ресурс]. – Holmiae, 1753. – Tomus I. – P. 277–282. – Режим доступа: <https://books.google.ru/books?id=PtYnAAAAYAAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false> (дата обращения 10.12.2015).

17. Muir A.D., Westcott W.D. *Flax: The Genus Linum*. – Cleveland, USA, CRC Press, 2003. – P. 35–56.

18. Schewe L.C., Sawhney V.K., Davis A.R. Ontogeny of floral organs in flax (*Linum usitatissimum*; Lineaceae) // *American Journ. of Botany*. – 2011. – Vol. 98 (7). – P. 1077–1085.

19. Williams I.H. The pollination of linseed and flax // *Bee World*. – 1988. – Vol. 69. – P. 145–152.