

**СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ / PLANT BREEDING, SEED  
PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY**

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.54>

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТЕНИЯ И ОПЫЛЕНИЯ У ЛЬНА ОБЫКНОВЕННОГО (*LINUM  
USITATISSIMUM L.*)**

Обзор

**Симагин А.Д.<sup>1,\*</sup>, Ханбабаева О.Е.<sup>2</sup>, Голиванов Я.Ю.<sup>3</sup>, Захарова С.А.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0009-0006-9578-4611;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-6645-6188;

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Российский государственный аграрный университет- Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (alexander.d.simagin[at]yandex.ru)

**Аннотация**

В статью собраны сведения о биологии цветения льна обыкновенного (наиполезнейшего) (*Linum usitatissimum L.*). Разобраны такие вопросы как строение цветка, способы опыления, а также продолжительность цветения. Информацию о биологии цветения льна необходимо знать прежде всего для ведения селекционного процесса. Лен – самоопыляющаяся культура, для которой характерна протерогиния и быстрое снижение жизнеспособности пыльцы. Данное явление возможно применять при проведении гибридизации льна. Также эти знания необходимы при ведении семеноводства данной культуры. Обязательно нужно учитывать естественное переопыление у льна, которое может привести к биологическому засорению сортов. Изучение биологии цветения и опыления льна должно быть направлено на помощь селекционерам и семеноводам, которые создают и размножают сорта льна.

**Ключевые слова:** лен, цветение льна, биология цветения, строение цветка, самоопыление, фаза цветения.

**BIOLOGICAL SPECIFICS OF BLOOMING AND POLLINATION IN COMMON FLAX (*LINUM USITATISSIMUM  
L.*)**

Review article

**Simagin A.D.<sup>1,\*</sup>, Khanbabaeva O.E.<sup>2</sup>, Golivanov Y.Y.<sup>3</sup>, Zakharova S.A.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>ORCID : 0009-0006-9578-4611;

<sup>2</sup>ORCID : 0000-0002-6645-6188;

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (alexander.d.simagin[at]yandex.ru)

**Abstract**

The article contains information on the blooming biology of common flax (*Linum usitatissimum L.*). It addresses issues such as the structure of the flower, pollination methods, and the duration of blooming. The information on the biology of flax blossom is essential for the selection process. Flax is a self-pollinating crop that is characterized by proterogyne and a rapid decline in pollen viability. This phenomenon can be applied when hybridizing flax. This knowledge is also needed for seed multiplication of this crop. The natural over-pollination in flax, which can lead to biological contamination of the varieties, has to be taken into account. The study of flax flowering and pollination biology should be aimed at helping breeders and seed growers who create and propagate flax varieties.

**Keywords:** flax, flax blossom, blooming biology, flower structure, self-pollination, blooming phase.

**Введение**

Изучение особенностей цветения и опыления у льна является неотъемлемой частью селекционного процесса. Лен – самоопыляющаяся культура, для которой характерно частичное естественное переопыление, которое может привести к биологическому засорению сортов. При перекрестном опылении у льна отмечена протерогиния и быстрое снижение жизнеспособности пыльцы. Данное явление возможно применять при проведении гибридизации льна. Обязательно нужно учитывать естественное переопыление у льна. Изучение биологии цветения и опыления льна должно быть направлено на помощь селекционерам и семеноводам, которые создают и размножают сорта льна.

Лен – одна из самых древних культур, одомашненных человеком. Точная дата введения льна в культуру до сих пор остается большим вопросом, но уже в древнем Египте около 3000 лет до н.э. льняное масло использовали для бальзамирования мумий фараонов, а льняную пряжу широко использовали в качестве сырья для производства одежды. Такая популярность льна в древнем Египте обусловлена тем, что льняная ткань отлично проводит тепло [5, С. 45-48].

Масло льна считается уникальным продуктом. В семенах льна содержится около 40-53% жира, который представлен полиненасыщенными кислотами: альфа-линоленовая и линолевая (56% и 16% соответственно), моносенасыщенными: олеиновая и эйкозановая (21% и 0,1% соответственно), а также насыщенные: пальмитиновая, стеариновая и арахидовая (5%, 1,6% и 0,1% соответственно). В зависимости от сорта содержание кислот может меняться, как пример можно привести сорт Нилин который содержит 3,9% альфа-линоленовой кислоты в масле [8, С. 143-144].

Лен нашел применение в медицине, его семена используют как препарат, улучшающий перистальтику кишечника. Продукция, получаемая с растений льна, не потеряла свою актуальность и широко применяется в текстильной, пищевой, лакокрасочной промышленности, а также в медицине.

### Обсуждение

В сельском хозяйстве используются две основные формы: межеумочная – лен масличный (*Linum usitatissimum* var. *intermedia*), долгунцовая – лен-долгунец (*Linum usitatissimum* var. *elongata*). Межеумочная форма характеризуется средней длиной стебля (50-70 см), а у льна-долгунца составляет 60-120 см. Данная форма имеет больший коэффициент ветвления нежели лен долгунцовый. На одном растении образуется 15-25 коробочек. На льне-долгунце среднее число коробочек варьирует от 2-3 до 10 штук на одном стебле.

За время вегетации лен проходит следующие фазы: всходы, «елочка», бутонизация, цветение и несколько фаз спелости. Масличный лен принято убирать в фазу полной спелости ввиду того, что основную продукцию получают из вегетативных органов растения. Лен-долгунец обычно убирают немного раньше наступления фазы «желтой спелости», данную фазу назвали «ранняя желтая спелость» вследствие того, что уборка в эту фазу позволяет получить максимальное количество волокна высокого качества [4, С. 158-161].

В севооборотах со льном рекомендуется проводить возврат данной культуры на прежнее место не раньше, чем через 5 лет. Данные рекомендации связаны с таким комплексным понятием как льноутомление почвы. Льноутомление – это специальное понятие для севооборотов, в которых возделывается лен. Происходит этот процесс на фоне выноса питательных элементов и накопления патогенных организмов, которые очень сильно угнетают лен. Льноутомление – один из основных факторов, который снижает привлекательность возделывания данной культуры. Основным патогеном, который не дает выращивать лен повторно или бессменно является возбудитель фузариозного увядания *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder et. Hansen.

Лен – самоопылитель, для которого характерно частичное переопыление, приводящее к засорению сортов [6, С. 372-374]. При перекрестном опылении характерна протерогиния. Цветок льна имеет пятичленное строение (рисунок 4). Состоит из 5 чашелистиков, 5 лепестков, 5 тычинок, 5 рылец (рисунок 2). Завязь разделяется пятью перегородками, образуя гнездо. В каждом гнезде находятся по две семяпочки. Плод – синкарпная сухая пятигнездная нескрывающаяся коробочка. Каждое гнездо разделено ложной перегородкой на две части, в каждой из которых формируется одно семя. Размер, цвет, форма семени, масса 1000 семян, полевая и лабораторная всхожесть.



Рисунок 1 - Общий вид цветущих посевов льна  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.54.1>



Рисунок 2 - Генеративные органы цветка  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.54.2>

*Примечание: 5 тычинок извлечены из цветка*



Рисунок 3 - Бутон окрашенный  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.54.3>

*Примечание: 1 сутки до раскрытия (опыление)*



Рисунок 4 - Цветок льна  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.54.4>

*Примечание: 1 сутки цветения*



Рисунок 5 - Энтомофильное опыление цветков шмелями  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.54.5>



Рисунок 6 - Семена и коробочки льна  
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.132.54.6>

При хорошей естественной освещенности цветки льна раскрываются в 5-6 часов утра и находятся в таком состоянии примерно до полудня, после чего цветки отцветают, лепестки опадают [1, С. 69-75]. В пасмурную погоду цветение начало раскрытия цветка немного затягивается и начинается примерно на 3-4 часа позже (в 9-10 часов утра). При этом в пасмурные дни цветение может затягиваться и продолжаться вплоть до вечера. Каждое растение цветет около 3-4 суток, а массовое цветение оканчивается за 6-10 суток [7].

По способу опыления лен является самоопыляемой культурой, так как созревание и растрескивание пыльников происходит еще в бутонах, за день до раскрытия цветка. Несмотря на это, не стоит отрицать возможность перекрестного опыления. В большинстве случаев природа перекрестного опыления у льна связана с жизнедеятельностью насекомых, которых привлекает яркая окраска околоцветника, а также хазмогамный тип цветения. В основном в качестве опылителей выступают крупные насекомые – пчелы и шмели (рисунок 5) [2, С. 105-113].

В начале XX века ряд ученых проводили эксперименты целью которых было установление вклада анемофильного переноса пыльцы у льна. При этом в опытах К. Опитцы удалось получить 14,3% гибридных семян, что является высоким показателем для самоопыляемой культуры. Изучение анемофильного опыления льна без кастрации растений проводил А.А. Силин. За основу он взял признак окраски венчика голубого и белого цвета. Ген белоцветковости является рецессивным [10, С. 87-92]. В этом опыте было получено 4,26% гибридных семян [7].

Время суток является важным фактором при анемофильном опылении. В опытах С.Ю. Шимановича учет гибридных семян проводили в два срока: в 7 часов 30 минут и 9 часов 30 минут. При переопылении в первый срок гибридные семена были обнаружены во всех вариантах, а их количество достигало от 22% до 82%. Во второй срок гибриды получены лишь в одном варианте, а их общее количество не превышало 4,5% [7].

В современных опытах по анемофильному переопылению льна, проводимых во ВНИИМК имени В.С. Пустовойта было выявлено, что анемофильный перенос пыльцы не внес вклад в переопыление растений льна, а за источник генетического засорения сортов был принят энтомофильный перенос пыльцы. Однако опыт, проведенный во ВНИИМК и эксперименты, проводимые ранее, нельзя считать аналогичными, потому что в основе учета были заложены разные признаки. В случае кастрированных растений в основу было положено непосредственно формирование семян, в опытах А.А. Силина и С.Ю. Шимановича учитываемым признаком была окраска околоцветника, а во ВНИИМК за основу брали окраску семян [3, С. 3-8].

Через 20-30 минут после попадания пыльцы на рыльце пестика, она начинает прорастать. Через 2 часа от момента опыления пыльцевые трубки достигают конца столбика. Весь процесс оплодотворения обычно занимает от 4 часов 30 минут до 7 часов с момента попадания пыльцы на рыльце. При пониженной температуре воздуха распускание цветка, опыление и оплодотворение замедляется.

### **Заключение**

Лен остается стратегически важной и перспективной технической и масличной культурой не только в нашей стране, но и во всем мире. На данный момент ведутся селекционные разработки по созданию сортов масличного льна двойного использования, для безотходной технологии получения волокна и масла. Знания о биологии цветения и опыления льна гарантируют получение высоких и стабильных урожаев у данной культуры, особенно эти знания требуются при ведении селекции и семеноводства у данной культуры.

### **Финансирование**

Статья была подготовлена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением № 075-15-2022-317 от 20 апреля 2022 года о предоставлении гранта в форме субсидии из федерального бюджета Российской Федерации. Грант был предоставлен в целях оказания государственной поддержки в создании и развитии Научного центра мирового уровня "Агротехнологии будущего".

### **Конфликт интересов**

Не указан.

### **Рецензия**

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### **Funding**

The article was prepared with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in accordance with agreement No. 075-15-2022-317 dated April 20, 2022 on the provision of a grant in the form of a subsidy from the federal budget of the Russian Federation. The grant was provided in order to provide state support in the creation and development of the world-class Scientific Center "Agrotechnologies of the Future".

### **Conflict of Interest**

None declared.

### **Review**

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### **Список литературы / References**

1. Брач Н.Б. Изучение динамики цветения льна в условиях юга Португалии. / Н.Б. Брач // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. — 2005. — 2 (133). — с. 69-75.
2. Зеленцов С.В. Типы и способы естественного опыления льна обыкновенного *Linum usitatissimum* L. / С.В. Зеленцов, Е.В. Мошненко, Л.Г. Рябенко и др. // Масличные культуры. — 2018. — 1 (173). — с. 105-113.

3. Зеленцов С.В. Оценка вклада анемофильного переноса пыльцы в генетическое засорение сортов масличного льна. / С.В. Зеленцов, В.И. Олейник, Л.Г. Рябенко и др. // Масличные культуры. — 2019. — 2 (178). — с. 3-8.
4. Ильина В.И. Оптимальные нормы высева и сроки уборки при возделывании льна-долгунца сорта Альфа. / В.И. Ильина, Н.Н. Кузьменко // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы; — Тверь: ТГУ, 2018. — с. 158-161.
5. Орфинская О.В. Текстильные технологии Египта: сырьевая база. / О.В. Орфинская // Египет и сопредельные страны. — 2020. — 1. — с. 45-48.
6. Пыльнев В.В. Практикум по селекции и семеноводству полевых культур. / В.В. Пыльнев, Ю.Б. Коновалов, А.Н. Березкин и др. // Учебники для вузов. Специальная литература; — СПб: Лань, 2021. — с. 372-374.
7. Рогаш А.Р. Льноводство / А.Р. Рогаш — М.: Колос, 1967. — 583 с.
8. Рябенко Л.Г. Сорт масличного льна Нилин. / Л.Г. Рябенко, В.С. Зеленцов, Л.Р. Овчарова и др. // Масличные культуры. — 2015. — 4 (164). — с. 143-144.
9. Янышина А.А. Мониторинг содержания сортовой примеси в питомниках первичного и элитного семеноводства льна-долгунца. / А.А. Янышина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — 4 (56). — с. 85-90. — DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-85-90
10. Brutch N.B. The WF1 (White Flower 1) Gene Controlling the White Color of Petals and Flowering Time in Lines from a Mapping Population of Flax (*Linum usitatissimum* L.). / N.B. Brutch, I.I. Matvienko, E.A. Porokhvinova et al. // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. — 2019. — Vol. 23. — 6. — p. 87–92. — DOI: 10.18699/VJ19.545

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Brach N.B. Izuchenie dinamiki czveteniya l'na v usloviyax yuga Portugalii [A Study of the Dynamics of Flax Flowering in the Conditions of the South of Portugal]. / N.B. Brach // Maslichny'e kul'tury'. Nauchno-texnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichny'x kul'tur [Oil Crops. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Scientific Research Institute of Oilseeds]. — 2005. — 2 (133). — p. 69-75. [in Russian]
2. Zelenczov S.V. Tipy' i sposoby' estestvennogo opy'leniya l'na oby'knovennogo *Linum usitatissimum* L. [Types and Methods of Natural Pollination of Common flax *Linum Usitatissimum* L.]. / S.V. Zelenczov, E.V. Moshnenko, L.G. Ryabenko et al. // Maslichny'e kul'tury' [Oilseeds]. — 2018. — 1 (173). — p. 105-113. [in Russian]
3. Zelenczov S.V. Ocenka vklada anemofil'nogo perenosa py'l'cy' v geneticheskoe zasorenie sortov maslichnogo l'na [Evaluation of the Contribution of Anemophilous Pollen Transfer to Genetic Contamination of Oil Flax Varieties]. / S.V. Zelenczov, V.I. Olejnik, L.G. Ryabenko et al. // Maslichny'e kul'tury' [Oilseeds]. — 2019. — 2 (178). — p. 3-8. [in Russian]
4. Il'ina V.I. Optimal'ny'e normy' vy'seva i sroki uborki pri vzdelyvanii l'na-dolguncza sorta Al'fa [Optimal Seeding Rates and Harvesting Terms in the Cultivation of Fiber Flax Variety Alpha]. / V.I. Il'ina, N.N. Kuz'menko // Scientific Support for the Production of Spinning Crops: State, Problems and Prospects; — Tver': TGU, 2018. — p. 158-161. [in Russian]
5. Orfinskaya O.V. Tekstil'ny'e tehnologii Egipta: sy'r'evaya baza [Textile Technologies of Egypt: Raw Material Base]. / O.V. Orfinskaya // Egipt i sopredel'ny'e strany' [Egypt and Neighboring Countries]. — 2020. — 1. — p. 45-48. [in Russian]
6. Py'l'nev V.V. Praktikum po selekcii i semenovodstvu polevy'x kul'tur [Workshop on Selection and Seed Production of Field Crops]. / V.V. Py'l'nev, Yu.B. Konovalov, A.N. Berezkin et al. // Textbooks for universities. Special literature; — SPb: Lan', 2021. — p. 372-374. [in Russian]
7. Rogash A.R. L'novodstvo [Flax Growing] / A.R. Rogash — M.: Kolos, 1967. — 583 p. [in Russian]
8. Ryabenko L.G. Sort maslichnogo l'na Nilin [Oil Flax Variety Nilin]. / L.G. Ryabenko, V.S. Zelenczov, L.R. Ovcharova et al. // Maslichny'e kul'tury' [Oilseeds]. — 2015. — 4 (164). — p. 143-144. [in Russian]
9. Yany'shina A.A. Monitoring sodержaniya sortovoj primesi v pitomnikax pervichnogo i e'litnogo semenovodstva l'na-dolguncza [Monitoring the Content of Varietal Impurities in Nurseries of Primary and Elite Fiber Flax Seed Production]. / A.A. Yany'shina // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy]. — 2021. — 4 (56). — p. 85-90. — DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-85-90 [in Russian]
10. Brutch N.B. The WF1 (White Flower 1) Gene Controlling the White Color of Petals and Flowering Time in Lines from a Mapping Population of Flax (*Linum usitatissimum* L.). / N.B. Brutch, I.I. Matvienko, E.A. Porokhvinova et al. // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. — 2019. — Vol. 23. — 6. — p. 87–92. — DOI: 10.18699/VJ19.545