

ДОМАНТОВИЧ
Анастасия Владиславовна

ВЛИЯНИЕ ФОТОПЕРИОДА НА ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫЕ ПРИЗНАКИ ЛЬНА
(*LINUM USITATISSIMUM* L.)

Специальности:

06.01.05- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

03.01.05- физиология и биохимия растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Санкт – Петербург
2012

Диссертационная работа выполнена в отделе генетических ресурсов масличных и прядильных культур и отделе физиологии растений Государственного научного учреждения «Всероссийский научно – исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова» (2008 – 2010гг.).

Научные руководители: доктор биологических наук
Брач Нина Борисовна

доктор биологических наук
Кошкин Владимир Александрович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Медведев Сергей Семенович

кандидат биологических наук
Бурляева Марина Олеговна

Ведущее учреждение: **Всероссийский научно-исследовательский институт льна**

Защита состоится **19 декабря 2012 года в 11 часов**, на заседании Диссертационного совета Д 006.041.01 в Государственном научном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова по адресу 190000, г. Санкт – Петербург, ул. Большая Морская, д.44. Факс: (812) 571-87-28

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного научного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства им. Н.И. Вавилова»

Автореферат разослан.....

Ученый секретарь
Диссертационного совета
доктор биологических наук

В.А. Гаврилова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Культурный лен является одной из важнейших технических культур. Он используется как для получения волокна, так и масла. Традиционно в северных регионах выращивают лен-долгунец, а в южных – масличный. Однако в последнее время посевы масличного льна сильно увеличились и составляют теперь около полумиллиона гектаров. В связи с этим, селекционеры начали выводить сорта масличного льна для выращивания в северных регионах. С другой стороны, перед производителями появилась проблема утилизации соломы льна межеумка, которая содержит значительное количество волокна. Для эффективного использования этого волокна необходимо повысить его качество.

Ранее было установлено, что лен – длиннодневное растение и именно продолжительность дня в первую очередь определяет структурные характеристики растений и принадлежность их к долгунцам или масличному льну. Таким образом, физиологические особенности культуры препятствуют эффективности новых направлений селекции. В последние годы в коллекции ВИР были обнаружены линии льна, слабо чувствительные к фотопериоду. Этот факт открывает новые возможности селекции и теоретического изучения фотопериодической реакции растений. Кроме того, как с теоретической, так и с практической точки зрения необходимо изучение влияния фотопериода на изменение хозяйственно ценных и других признаков. Имеющиеся научные данные по этому вопросу немногочисленны, противоречивы и относятся в основном к 50-60-м годам 20 века.

Цель исследования: Выделить и изучить формы культурного льна со слабой фотопериодической чувствительностью для использования в селекции на скороспелость, продуктивность и качество, а также в теоретических исследованиях.

Задачи исследований:

1. Оценить линии генетической коллекции льна ВИР по фотопериодической чувствительности и выделить контрастные формы.
2. Изучить влияния условий короткого (12-часового) дня на хозяйственно ценные признаки льна.
3. Изучить корреляции признаков льна в условиях различного фотопериода.
4. Подобрать исходный материал для селекции сортов льна, приспособленных к выращиванию в различных широтах.

Научная новизна исследования.

Выделены новые слабо чувствительные к фотопериоду формы льна. Впервые изучено влияние короткого дня на хозяйственно ценные признаки линий льна с различной фотопериодической чувствительностью. Впервые изучены корреляции признаков льна в различных условиях длины дня. Впервые показана разнонаправленность влияния условий короткого дня на признаки различных генотипов и возможность подбора исходного селекционного материала, наилучшим образом проявляющего определенные хозяйственные характеристики в неблагоприятных условиях освещения. Установлено, что коэффициент фотопериодической чувствительности постоянно не коррелирует ни с одним из изученных признаков. Это указывает на возможность независимой селекции на ослабление фотопериодической чувствительности и улучшение хозяйственных характеристик.

Практическая значимость работы. Выявлено генетическое разнообразие льна по степени фотопериодической чувствительности и выделены новые линии, сочетающие крайние варианты чувствительности с различными сроками цветения на длинном дне. Такие линии представляют большую ценность как для селекции в различных широтах, так и для теоретических исследований физиологии и генетики фотопериодической реакции. Выделен исходный материал для селекции в условиях разной продолжительности дня.

Апробация работы. Материалы диссертации были доложены на V международной конференции молодых ученых и специалистов (Краснодар, 2009), городской конференции

молодых ученых и аспирантов «Генетические ресурсы растений и селекция» (Санкт – Петербург, 2010), международном симпозиуме «Plant Fibers: View of Fundamental Biologi» (Казань, 2009).

Публикация результатов исследования. По результатам работы опубликовано 5 статей, в том числе, 3 – в журналах, включенных в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий» определенных ВАК РФ и 1 – на английском языке.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа изложена на 194 страницах, состоит из введения, 4 глав, выводов, практических рекомендаций, 13 приложений. Список литературы содержит 243 наименования, в том числе 55 на иностранных языках.

МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходным материалом для исследований послужила генетическая коллекция льна ВИР, из которой были отобраны 36 линий разного эколого–географического происхождения. Их подбор осуществляли на основе предварительных данных и различий широтного происхождения. 22 линии прошли трехлетнее изучение и 14 линий - двухлетнее. Все они были исследованы по чувствительности к фотопериоду и влиянию данного фактора на их хозяйственно ценные признаки.

Исследования проводили в отделах генетических ресурсов масличных и прядильных культур и физиологии ВИР с 2008 – 2010гг. в Пушкинском филиале ВИР (г. Пушкин, Ленинградская область).

Методика определения фотопериодической чувствительности. Опыты закладывали в конце мая, при 17 часовом дне на специальной фотопериодической площадке в 5 - литровых сосудах с дерново-подзолистой почвой на перемещаемых вагонетках. Высевали по 10 семян каждого образца в двух вариантах, каждый по две повторности. Опытные растения сразу после прорастания и до зацветания переводили на короткий день (12 часов), который создавали закатыванием вагонеток в светонепроницаемый павильон. Контрольные растения на это время закатывали в стеклянный павильон. Таким образом, они оставались на естественном освещении (17,5 – 19 часов), а влияние других факторов среды выравнивалось. Внесение удобрений и полив проводили в оптимальном для льна режиме. У каждого растения учитывали дату раскрытия первого цветка и вычисляли период от всходов до цветения. Для каждого образца рассчитывали среднюю продолжительность этой фазы на длинном (T_1) и коротком (T_2) дне.

Фотопериодическую чувствительность (ФПЧ) устанавливали по задержке цветения на коротком дне по сравнению с контролем ($T_1 - T_2$). Коэффициент фотопериодической чувствительности ($K_{ФПЧ}$) определяли по формуле $K_{ФПЧ} = T_2/T_1$ (Кошкин и др., 1994).

Линии с $K_{ФПЧ}$ 1,00 – 1,15 относили к слабо чувствительным, а линии с большим $K_{ФПЧ}$ считали чувствительными. В качестве стандарта использовали слабо чувствительную к фотопериоду линию гк – 209 из Португалии.

Кроме того, у каждого растения фиксировали дату созревания первой коробочки, количество листьев на главном стебле, высоту главного стебля (общую, техническую и до первой коробочки), его диаметр (нижний, средний и верхний) и показатели семенной продуктивности (длину соцветия, число порядков ветвления соцветия, число ветвей второго порядка, количество коробочек в соцветии).

Методика определения содержания волокна. Для определения содержания лубяных волокон и водорастворимых пектинов в стебле брали 5 см участок в середине технической длины стебля льна (Brutch et al, 2008). Отделяли коровую часть стебля, содержащую волокно, от соломы. Затем отмачивали её в дистиллированной воде в течение 1ч. После чего линии высушивали в термостате при температуре = 110°C до постоянного веса. После этого образцы подвергались термической обработке (варка в дистиллированной воде) в течение 3ч. На каждом этапе образцы взвешивали, а содержание лубяных волокон и водорастворимых пектинов определяли по формулам:

$$\% \text{ DF (лубяное волокно)} = m_{\text{вол. после 1ч. вымачивания}} \setminus m_{\text{стеблей}} * 100\%$$

$$\% \text{ пектинов} = m_{\text{вол. после 1ч. вымачивания}} - m_{\text{вол. после 3ч.}} \setminus m_{\text{вол. после 1ч. вымачивания}} * 100\%$$

Методика изучения анатомического строения стебля льна. Для изготовления поперечных срезов брали двухсантиметровый участок стебля, расположенный немного выше середины (на 2,5 см выше середины) технической длины. Высушивали до постоянной массы, отмачивали в тройной смеси, состоящей из воды, глицерина и спирта (взятых в равных пропорциях), в течение двух суток. Поперечные срезы делали вручную. Цифровые изображения срезов обрабатывали с помощью программы Adobe Acrobat 7.0 Professional для подсчета общего количества пучков, количества элементарных волокон, а также их длины и ширины. Полученные данные переносили в программу Excel.

Полевая оценка. Для проверки репрезентативности результатов изучения признаков в вегетационном опыте на фотопериодической площадке, линии одновременно были высеяны в полевых условиях по стандартной методике ВИР (Методические указания, 1988).

Значения изучаемых признаков в полевых условиях сравнивали с их величинами в вегетационном опыте на длинном дне, с использованием выборочного t-теста с разными дисперсиями (для определения достоверности различий). Для определения взаимозависимости признаков нами был использован корреляционный анализ. А для определения эффекта влияния каждого фактора (генотип и длина дня) на признак использовали двухфакторный дисперсионный анализ (Лакин, 1990).

Метеорологические условия в годы проведения исследований были сходными, но 2010г. оказался наиболее жарким и сухим. В целом погодные условия были благоприятными для возделывания льна. Однако на протяжении всего периода исследований на растения в фазе «всходов» влияла кратковременная жаркая и сухая погода, что сказалось на равномерности их появления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Фотопериодическая чувствительность. В ходе исследований было выделено 12 источников слабой фотопериодической чувствительности льна: гк – 2, гк – 15, гк – 22, гк – 103, гк – 143, гк – 209, гк – 269, гк – 67, гк – 136, гк – 158, гк – 187, гк – 190 (табл.1). Остальные линии проявили себя как более чувствительные. У большинства культур слабую чувствительность к фотопериоду связывают с ранним цветением. Однако среди изученных нами слабо чувствительных линий были как рано, так и поздно цветущие. К первым относилась слабо чувствительная раноцветущая линия гк – 209 (стандарт), у которой на коротком дне задержка цветения на 1-2 дня была статистически незначима. У остальных линий задержка цветения в условиях короткого дня оказалась достоверной. В тоже время слабо чувствительные линии гк – 103, гк – 143, гк – 190 зацветали поздно как на длинном, так и на коротком дне. Среди чувствительных линий также были рано и поздноцветущие. Три наиболее чувствительные к фотопериоду линии гк - 109, гк – 186 и гк - 188 относительно рано зацветали на длинном дне. Задержка цветения в условиях короткого дня у них составляла - 15-36 дней.

Таблица 1. Средний коэффициент фотопериодической чувствительности линий льна.

Линия ген.коллекции	К _{ФПЧ} сред.	Линия ген.коллекции	К _{ФПЧ} сред.	Линия ген.коллекции	К _{ФПЧ} сред.
гк - 209	1,02	гк - 79	1,15	гк - 201	1,22
гк - 158	1,08	гк - 159	1,16	гк - 344	1,23
гк - 187	1,09	гк - 141	1,17	гк - 345	1,23
гк - 103	1,10	гк - 285	1,17	гк - 375	1,23
гк - 67	1,12	гк - 370	1,18	гк - 119	1,27
гк - 136	1,12	гк - 17	1,19	гк - 54	1,30
гк - 269	1,13	гк - 65	1,21	гк - 157	1,30
гк - 15	1,14	гк - 100	1,21	гк - 202	1,33
гк - 22	1,14	гк - 160	1,21	гк - 109	1,40
гк - 143	1,14	гк - 185	1,21	гк - 188	1,43

гк - 2	1,15	л-1 к-5538	1,22	гк - 186	1,55
--------	------	------------	------	----------	------

Продолжительность периода цветения – созревание. Изученные генотипы имели различную продолжительность созревания в разные годы. Так, в 2009г. период цветения – созревание был более растянут, по сравнению с 2008г. и 2010г. Самый короткий период наблюдали в 2010г. Это связано с различиями погодных, особенно температурных условий выращивания в разные годы.

У большинства линий в период трех летнего изучения наблюдали стабильное увеличение периода цветения – созревание в условиях короткого дня по сравнению с длинным. Только у нескольких линий гк – 15, гк – 22, гк – 141, гк – 269, гк – 67, гк – 345 и л-1 к- 5538 было зафиксировано стабильное достоверное уменьшение этого периода. В целом анализ данных показал, что у слабо чувствительных линий в условиях короткого дня период цветения – созревание либо не изменяется, либо достоверно сокращается. Ряд сильно чувствительных линий увеличивал время созревания, но в условиях повышенных температур, особенно 2010г., эта тенденция не проявлялась.

Высота растений. Высота растения является одним из важных и, в то же время, сложных хозяйственно ценных признаков льна. В условиях короткого дня чаще всего происходило достоверное увеличение общей высоты растений льна (Рис.1). Исключением стали четыре слабо чувствительные к фотопериоду линии гк – 15, гк – 103, гк – 136, гк – 158 и три чувствительные гк – 141, гк – 176, гк – 269, которые на протяжении всего периода исследований на коротком дне были ниже, чем на длинном. Кроме того, только у трех линий: двух чувствительных - гк – 54, гк – 100 и слабо чувствительной линии гк – 209, не было зафиксировано изменения этого показателя. В целом на протяжении трех лет изучения только часть слабо чувствительных линий сокращали общую высоту растений, а у остальных слабо чувствительных и почти у всех чувствительных линий наблюдали стабильное увеличение этого показателя в условиях короткого дня.

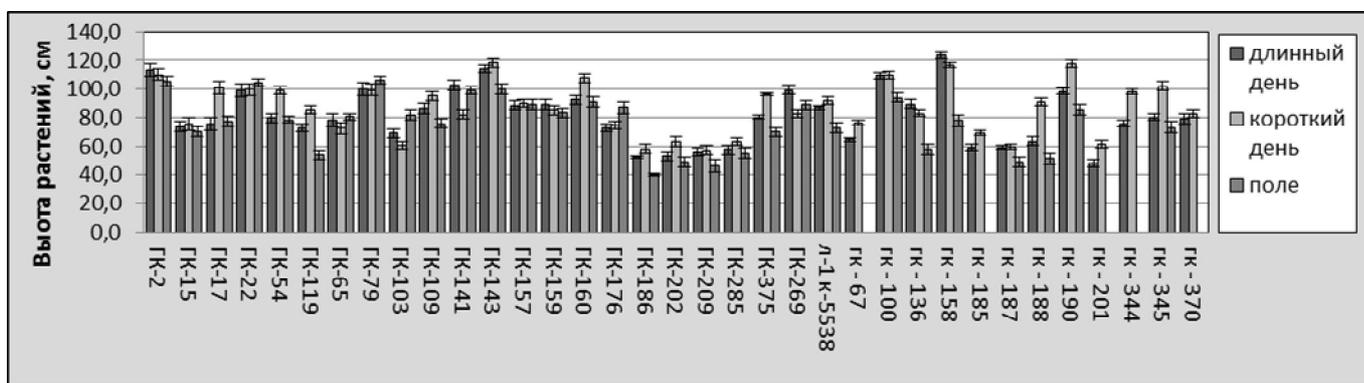


Рисунок 1: Общая высота растений льна в условиях длинного, короткого дня и в условиях поля в 2010г.

Техническая длина – признак, от которого во многом зависит урожайность и качество волокна. У большинства линий в условиях короткого фотопериода происходит увеличение технической длины и высоты до первой коробочки. Следовательно, они могут служить хорошими источниками для селекции льна на волокно в южных регионах. Исключением стали слабо чувствительные к фотопериоду линии - гк – 15, гк – 103, гк – 136 и сильно чувствительные – гк – 141, гк – 157, гк – 159, гк – 176, которые достоверно снижали техническую высоту в условиях укороченного фотопериода, а чувствительная линия гк – 285 достоверно не изменила их. У остальных слабо чувствительных линий гк – 22, гк – 67, гк – 143, гк – 269 и нескольких чувствительных гк – 100, гк – 158, отмечены колебания признака по годам исследований.

По данным дисперсионного анализа все показатели высоты на 81,2 – 89,9% определялись генотипом. Влияние длины дня на эти признаки было очень слабым.

Количество листьев и размер междоузлий. У всех линий в условиях короткого дня наблюдали достоверное увеличение количества листьев, что связано с ростом продолжительности

периода всходы – цветение и подтверждает литературные данные. Увеличивая количество листьев, чувствительные к фотопериоду линии создают большую ассимиляционную поверхность, что способствует большему накоплению ассимилятов в процессе фотосинтеза. Исключением стала слабо чувствительная линия гк – 209, которая в 2008г. достоверно уменьшила, а в 2009г. и 2010г. достоверно не изменила значения этого показателя в условиях короткого дня.

Размер междоузлий рассчитывали, как отношение технической высоты растений к числу листьев на стебле до соцветия. Таким образом, он зависит от обоих этих показателей. При сравнении результатов, полученных за три года изучения, у всех линий было отмечено сокращение его величины в условиях короткого дня, связанное с увеличением количества листьев. Только у слабо чувствительной линии гк – 209 и чувствительной гк – 100 за все время изучения не было замечено достоверного изменения признака в условиях короткого дня.

Признаки размера соцветия. В ходе исследований было проанализировано влияние сокращения дня на признаки размера соцветия, формирующие семенную продуктивность. Чаще всего в условиях короткого дня происходит достоверное увеличение длины соцветия. Исключением стали две слабо чувствительные линии – гк – 187, гк – 269 и две чувствительные линии – гк – 100, гк – 344, которые уменьшили этот показатель в условиях короткого дня. А также чувствительная линия гк – 202 и слабо чувствительная гк – 67, которые достоверно не изменили его за трехлетний период изучения. Восемь различных линий в зависимости от года либо достоверно увеличивали, либо сокращали длину соцветия. Таким образом, для селекции необходимо отбирать генотипы со стабильным проявлением данного признака.

Короткий день чаще всего уменьшал число ветвей второго порядка. Только у нескольких линий было зафиксировано колебание этого показателя в условиях короткого дня. Так, две чувствительные линии гк – 185 и гк – 345 достоверно увеличивали его, а у слабо чувствительной линии гк – 209 и двух чувствительных гк – 285 и гк – 375 были зафиксированы колебания в значениях показателя на протяжении трех лет изучения, что, вероятно, является результатом большого влияния внутрилинейной изменчивости на проявление признака (41,5 – 50,6%). Две слабо чувствительные линии гк – 143, гк – 187 и несколько чувствительных гк – 160, гк – 186, гк – 201, гк – 202, гк – 370 достоверно не изменяли число ветвей второго порядка в условиях короткого дня в течение трехлетнего периода исследований.

Такой показатель как число порядков ветвления соцветия варьировал как внутри линий в условиях короткого дня, так и на протяжении трех лет изучения. Это можно объяснить высокой внутрилинейной изменчивостью признака (35,7 – 64,7%). Только четыре слабо чувствительные линии (гк – 143, гк – 67, гк – 158, гк – 187) и несколько чувствительных (гк – 54, гк – 100, гк – 157, гк – 160, гк – 176, гк – 186, гк – 109, гк – 201, гк – 370) достоверно не изменяли его в условиях короткого дня.

Количество коробочек. Основным признаком, определяющим семенную продуктивность, является количество коробочек. В нашем опыте у большинства линий в условиях короткого дня в течение трех лет изучения были зафиксированы колебания (либо увеличение, либо уменьшение) количества коробочек в соцветии главного стебля льна. Только у пяти линий: двух слабо чувствительных (гк – 158, гк – 209) и трех чувствительных (гк – 17, гк – 344, гк – 345) было отмечено стабильное увеличение их количества на главном стебле льна в условиях 12-часового дня в течение трех лет изучения. У девяти линий не было зафиксировано достоверного изменения количества коробочек. Среди них были как слабо чувствительные (гк – 2, гк – 22, гк – 143, гк – 187), так и чувствительные генотипы (гк – 157, гк – 160, гк – 186, гк – 375, гк – 100).

Для селекции на повышение семенной продуктивности в северных регионах страны необходимо подбирать линии, которые формируют повышенное количество коробочек в условиях длинного дня. Так, в ходе исследования была выделена слабо чувствительная линия гк - 190 из Нидерландов, которая на протяжении всего периода изучения формировала стабильно высокое их количество, а у остальных линий фиксировали колебание значений показателя в зависимости от года исследования.

Диаметр стебля. Другим морфологическим признаком, связанным с содержанием и качеством волокна, является диаметр стебля льна (Павлов, 2007).

При сокращении дня нижний, средний и верхний диаметры у разных линий менялись без ярко выраженной системы. Исключение составили две слабо чувствительные линии (гк – 22, гк – 143) и три чувствительные (гк – 141, гк – 202, гк – 375), которые стабильно уменьшали эти показатели под воздействием короткого дня, а значит, имели в этих условиях волокно лучшего качества.

Сбежистость и мыклость. На содержание волокна влияет не только толщина стебля, но и его форма. Поэтому для характеристики стеблей были вычислены значения таких показателей как сбежистость (разность между нижним и верхним диаметрами) и мыклость (отношение высоты к среднему диаметру). В условиях короткого дня происходило как достоверное уменьшение, так и увеличение сбежистости и мыклости растений, связанное, видимо, с нестабильным изменением диаметров стеблей. Только у нескольких слабо чувствительных (гк – 22, гк – 67, гк – 103, гк – 136, гк – 209, гк – 269) и чувствительных линий (гк – 100, гк – 109, гк – 119, гк – 159, гк – 344, гк – 375) было отмечено достоверное снижение сбежистости. А у слабо чувствительной – гк – 187 и четырех чувствительных линий (гк – 54, гк – 119, гк – 188, гк – 202) фиксировали увеличение мыклости. Что косвенно позволяет судить о лучшем качестве волокна у выделившихся генотипов по этим показателям.

По данным дисперсионного анализа нижний, средний и верхний диаметр стебля, а также мыклость и сбежистость определялись в основном генотипом. Однако значительную роль в их варьировании играла внутрилинейная изменчивость (20,5 - 61,3%). Влияние длины дня в ряде случаев оказалось незначимым.

Содержание волокна и водорастворимых пектинов. Самая ценная часть стебля - волокнистые пучки, которые состоят из сильно удлинённых веретенообразных клеток, элементарных волокон длиной в среднем 20-30 нм. Между собой и окружающими их тканями элементарные волокна соединены пектином (Титок и др., 2010).

В большинстве случаев в условиях короткого дня происходило снижение содержания лубяных волокон в стебле. Но в течение трех лет изучения был выделен ряд линий, у которых стабильно фиксировали увеличение содержания лубяных волокон в условиях короткого фотопериода. Среди таких линий были как слабо (гк – 187, гк – 190), так и сильно чувствительные (гк – 185 и гк – 186) генотипы. Они представляют ценный материал для селекции на качество и содержание волокна. У нескольких линий (слабо чувствительной - гк – 209 и чувствительных - гк – 370, гк – 201 и гк – 202) не было отмечено достоверного изменения этого признака. Максимальное содержание волокна в условиях длинного дня отмечали у чувствительной линии гк – 345, а минимальное – у слабо чувствительной гк – 209.

Содержание водорастворимых пектинов в стебле льна варьировало по годам. Было зафиксировано как увеличение, так и уменьшение этого показателя в пределах каждой линии на 12-часовом дне в 2008 – 2010гг.

По результатам дисперсионного анализа, содержание волокна и водорастворимых пектинов в стебле определялось в основном генотипом. Хотя в 2008г. значительную роль – 60,5% и 47,7% соответственно – играла внутрилинейная изменчивость. Влияние длины дня на оба признака было достаточно слабым, а в 2008г. даже незначимым.

Общее количество лубяных пучков, длина и ширина их поперечных срезов. Содержание волокна в лубяных стеблях зависит от степени развития волокнистой ткани, числа элементарных волокон и лубяных пучков, соотношения древесинной и коровой части стебля (Доронин и др., 2003). Для анализа этих признаков были сделаны поперечные срезы стеблей льна, выращенных в условиях различных фотопериодов.

Общее количество пучков на поперечном срезе стебля у линий льна в условиях короткого дня по сравнению с длинным чаще всего увеличивалось или не изменялось. Только у нескольких линий были отмечены колебания этого показателя по годам. У трех чувствительных (гк – 54, гк – 141, гк – 201) и одной слабо чувствительной линии (гк – 103) зафиксировано снижение количества пучков на поперечном срезе в условиях неблагоприятного фотопериода. Максимальное количество пучков отмечено у слабо чувствительной линии гк – 103, что делает её превосходным материалом для селекции льна на повышение содержания волокна не только в северных, но и в

южных регионах страны. А минимальное – у слабо чувствительных линий гк – 187 и гк – 209, что, по-видимому, связано с малым значением средних диаметров их стеблей.

Также короткий день не оказывал четкого влияния ни на длину, ни на ширину поперечного среза пучка. У линий, находящихся в условиях 12-часового дня, было отмечено как увеличение, так и уменьшение этих показателей.

Общее количество элементарных волокон в пучке, длина и ширина их поперечных срезов. Условия короткого дня способствуют уменьшению общего количества элементарных волокон в пучке у генотипов с разной фотопериодической чувствительностью. Только у трех слабо чувствительных (гк – 143, гк – 187, гк - 190) и пяти чувствительных линий (гк – 54, гк – 100, гк – 185, гк – 188, л-1 к 5538) было отмечено увеличение их количества. Из них у двух слабо чувствительных (гк – 187, гк - 190) и трех чувствительных линий (гк – 185, гк – 188, л-1 к 5538) наряду с увеличением количества элементарных волокон в пучке происходит увеличение общего количества пучков в стебле. Этим объясняется повышенное содержание волокна у слабо чувствительных линий гк – 187, гк – 190 (см выше). Это еще раз подтверждает их значимость для селекции на повышение содержания волокна в стебле льна.

В ходе исследований не было выявлено четкого влияния 12- часового фотопериода на длину и ширину поперечных срезов волокон в пучке. У линий в условиях короткого дня происходит как увеличение, так и уменьшение этих показателей.

Толщина стенки элементарного волокна и площадь пучка. Из литературных источников известно, что качество волокна определяется не только количеством лубяных пучков и элементарных волокон в пучках, но и морфологическими показателями элементарных волокон, а именно толщиной стенки (Павлов, 2007). Элементарные волокна в пучках должны быть некрупными, но ровными по диаметру, граненой формы, с тонкими стенками и небольшими внутренними просветами (Гращенко и др., 1975; Тихвинский и др., 2002).

Толщина стенки элементарного волокна у линий льна в течение трех лет изучения в условиях короткого дня достоверно уменьшалась или не изменялась. Исключением стали чувствительные гк – 79, гк – 159, гк – 186, гк – 202 и одна слабо чувствительная линия гк – 103, которые достоверно увеличили толщину стенки элементарного волокна в пучке.

Площадь среза пучка варьировала у линий в условиях короткого дня в течение трехлетнего периода изучения. Кроме того, фиксировали колебание значений показателя внутри каждой линии.

По данным дисперсионного анализа в целом на анатомические показатели строения стебля существенное влияние оказывал генотип, за исключением некоторых признаков. Также значительную роль в варьировании показателей (кроме общего количества пучков на поперечном срезе стебля) – от 40,6 до 80,4% – играла внутрелинейная изменчивость.

В целом, проведенные исследования подтвердили наличие у культурного льна форм, слабо чувствительных к фотопериоду, а также отсутствие жесткой связи между степенью фотопериодической чувствительности и сроками зацветания растений на длинном дне. Этот факт должен в корне изменить принятые методы селекции на скороспелость, основанные на представлении о том, что отбор менее чувствительных генотипов приводит к сокращению вегетационного периода. С другой стороны, выделение из исследованного материала поздно зацветающих линий со слабой фотопериодической чувствительностью и, наоборот, рано цветущих линий с сильной реакцией на фотопериод открывает новую страницу в изучении физиологических и генетических основ фотопериодической реакции растений.

Проведенное изучение влияния длины дня на хозяйственно ценные признаки растений льна также позволит оптимизировать ведение селекции как на продвижение масличного льна в северные регионы, так и на создание новых сортов двустороннего использования для южных областей. В этой связи важно отметить, что, несмотря на некоторые выявленные тенденции, по большинству изученных признаков направление их изменения в зависимости от длины дня определяется генотипом линии. Таким образом, первостепенное значение приобретает оценка и подбор исходного селекционного материала. Важным результатом работы явилось установление того факта, что признаки, связанные с формированием волокна, в большой степени подвержены

влиянию не учтенных в данном исследовании агротехнических факторов. Это говорит о том, что правильный подбор селекционного материала должен сопровождаться разработкой оптимальных технологий сельскохозяйственного производства.

Влияние длины дня на систему корреляций признаков льна.

Оценку систем корреляций признаков льна проводили с использованием результатов изучения 22 линий на фотопериодической площадке в условиях длинного и короткого дня в 2008 – 2010гг. Корреляции подсчитывали между средними значениями признаков линий в каждом опыте.

На протяжении всего периода исследования признаки образовывали две основные плеяды. Первая состояла из двух групп характеристик, которые в различные годы при разном освещении могли отделяться друг от друга. Основную группу составляли показатели высоты растений (общая, техническая и высота до первой коробочки), другую – признаки толщины стебля (его нижний, средний и верхний диаметры). Вторая плеяда состояла из признаков, характеризующих строение поперечных срезов волокнистых пучков в стебле льна. В нее входили длина, ширина и площадь среза волокнистого пучка, длина и ширина поперечного среза элементарного волокна, а также толщина стенки элементарного волокна. Другие хозяйственно ценные признаки (количество листьев, длина междоузлий, количество коробочек, число порядков ветвления соцветия, число ветвей второго порядка, сбежистость, мыклость, продолжительность периода всходы – цветение и цветение – созревание, содержание водорастворимых пектинов и волокна в стебле) в различной степени коррелировали как между собой, так и с высотой и толщиной стебля (рис.2).

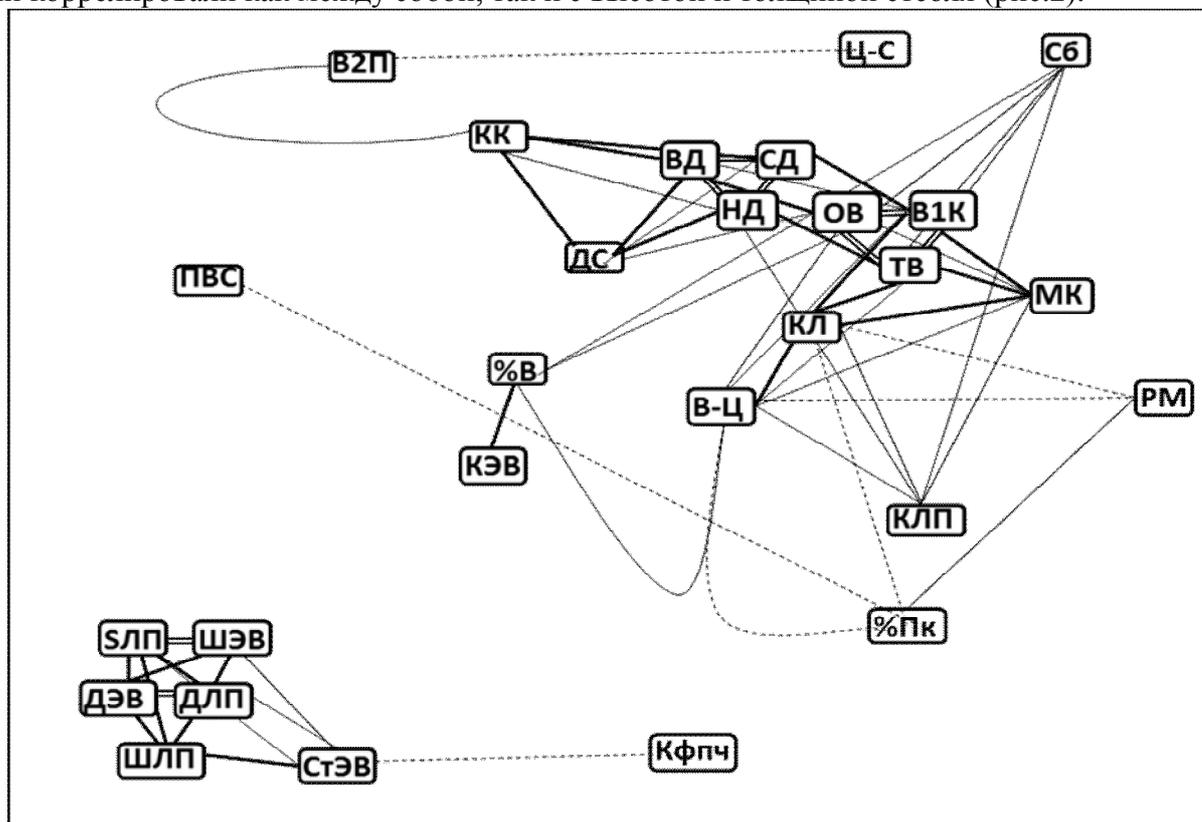


Рисунок 2: Корреляционные связи между признаками льна в 2008г в условиях длинного дня.

ОВ – общая высота растений; **ТВ** – техническая высота растений; **В1К** – высота до первой коробочки льна; **НД** – нижний диаметр стебля льна; **СД** – средний диаметр стебля льна; **ВД** – верхний диаметр стебля льна; **СБ** – сбежистость; **М** – мыклость; **КЛ** – количество листьев на стебле льна; **РМ** – длина междоузлий; **В-Ц** – продолжительность периода всходы-цветение; **Ц-С** – продолжительность периода цветение-созревание; **ДС** – длина соцветия льна; **КК** – количество коробочек в соцветии льна; **В2П** – количество ветвей второго порядка в соцветии

льна; **ПВС** – количество порядков ветвления соцветия; **%В** – содержание волокна в стебле; **%Пк** – содержание водорастворимых пектинов в стебле; **КЭВ** – количество элементарных волокон на поперечном срезе стебля льна; **КЛП** – количество лубяных пучков на поперечном срезе стебля льна; **Кфпч** – коэффициент фотопериодической чувствительности льна; **СЛП** – площадь лубяного пучка; **ШЭВ** – ширина элементарного волокна на поперечном срезе стебля льна; **ДЭВ** – длина элементарного волокна на поперечном срезе стебля льна; **ДЛП** – длина лубяного пучка на поперечном срезе стебля льна; **ШЛП** – ширина лубяного пучка на поперечном срезе стебля льна; **СтЭВ** – толщина клеточной стенки элементарного волокна на поперечном срезе стебля льна.

Сравнение матриц корреляций в различных вариантах опыта показало, что они в значительной мере сходны друг с другом (табл. 2), хотя многие парные связи все же нестабильны.

Таблица 2. Сходство матриц корреляций признаков льна в условиях длинного и короткого дня в 2008 – 2010 гг. (г.Пушкин, Ленинградская обл.)

	Длинный день (2008г)	Короткий день (2008г)	Длинный день (2009г)	Короткий день (2009г)	Длинный день (2010г)	Короткий день (2010г)
Длинный день (2008г)	1,00					
Короткий день (2008г)	0,89	1,00				
Длинный день (2009г)	0,77	0,71	1,00			
Короткий день (2009г)	0,67	0,72	0,77	1,00		
Длинный день (2010г)	0,79	0,77	0,81	0,73	1,00	
Короткий день (2010г)	0,68	0,70	0,75	0,79	0,81	1,00

Двухфакторный дисперсионный анализ парных коэффициентов корреляции показал, что влияние на них, как особенностей года выращивания, так и фотопериода в основном не являются значимыми и изменение их величин определяется случайными факторами и, в данном случае неотделимым от них, взаимодействием условий года и длины дня. Но на некоторые корреляции изучаемые факторы все же оказывали значимое влияние. В большинстве этих случаев достоверное действие на связи между парами признаков оказывали условия года (например, период цветения – созревание и число порядков ветвления соцветия, общая высота и количество лубяных пучков, нижний диаметр и сбежистость, средний и верхний диаметры, длина среза элементарного волокна и площадь лубяного пучка) однако наибольший интерес представляет достоверная зависимость силы корреляций от продолжительности дня (например, период всходы – цветение и общая высота, характеристики высоты и диаметры стебля, число листьев и средний диаметр, содержание лубяных волокон и толщина стенки элементарного волокна).

В целом, несмотря на некоторые различия по вариантам опыта, можно выделить группы признаков относительно стабильно связанных друг с другом. Так, общая, техническая и высота до первой коробочки всегда тесно коррелировали друг с другом, что подтверждает имеющиеся литературные данные. Интересно, что размер соцветия никогда достоверно не коррелировал с этими признаками, хотя математически он является разницей между общей и технической высотой растений. К описываемой группе всегда примыкали количество листьев и мыклость стебля. Число листьев коррелировало с общим количеством волокнистых пучков на поперечном срезе стебля. В определенные годы становилась значимой и связь последнего признака с высотой растений. Средний размер междоузлий почти всегда отрицательно коррелировал с количеством

листьев, но никогда – с высотой растений. Продолжительность периода всходы цветение первого цветка всегда коррелировала с количеством листьев.

Как с теоретической, так и с практической точек зрения, большой интерес представляет изучение корреляции между временем цветения и общей высотой растений. В нашем опыте она достоверно проявлялась сильнее на длинном дне, чем на коротком (степень влияния 90%). Математически это может быть связано с тем, что на 12 часовом дне период от всходов до цветения никогда не сокращался, а общая высота растений у различных образцов могла и снижаться и увеличиваться. С другой стороны, только часть слабо чувствительных линий (мало задерживавших цветение) сокращали общую высоту растений, а у остальных слабо чувствительных и почти у всех чувствительных линий наблюдали стабильное увеличение этого показателя в условиях короткого дня. С физиологической точки зрения это свидетельствует о том, что на коротком дне могут проявляться различия механизмов формирования габитуса растения и скорости перехода к генеративной фазе развития. Для селекции данный факт указывает на необходимость тщательного подбора исходного материала для выведения сортов определенного типа, приспособленных к конкретным зонам выращивания.

Еще одной стабильной группой являлись показатели толщины стеблей – нижний, верхний и средний диаметры, хотя связи между ними не были такими стабильными и тесными, как у признаков высоты растений. В некоторых случаях к ним примыкали размер соцветия, количество коробочек, порядков ветвления соцветия и ветвей второго порядка, а также продолжительность периода цветения первого цветка – созревание первой коробочки. Связи между параметрами соцветия были достаточно постоянными, но положение группы менялось. В 2008г. на коротком дне они образовали отдельную плеяду, присоединив к себе количество элементарных волокон в пучке (Рис.2), а в 2010г. на длинном дне они примкнули к плеяде признаков строения волокнистых пучков.

Интересную пару составляют содержание волокна и количество элементарных волокон в пучке. По результатам дисперсионного анализа эта корреляция достоверно не зависит ни от условий освещения, ни от особенностей погоды разных лет. Но, в тоже время, связь между признаками была значимой только на длинном дне. При этом у большинства линий на коротком дне содержание волокна сокращалось, а количество элементарных пучков увеличивалось. Данный факт необходимо учитывать при создании сортов двойного использования для южных регионов.

Очень стабильную плеяду тесно связанных между собой признаков анатомического строения стебля составили: длина, ширина и площадь среза волокнистого пучка, длина и ширина среза элементарного волокна, толщина клеточной стенки элементарного волокна. Лишь иногда отдельные члены этой группы коррелировали с другими признаками.

Некоторые из изученных в данной работе признаков занимали относительно независимое положение, в отдельных случаях присоединяясь к разным плеядам. Это были сбежистость, содержание водорастворимых пектинов, продолжительность периода цветения первого цветка – созревание первой коробочки и коэффициент фотопериодической чувствительности. Тот факт, что $K_{ФПЧ}$ четко не связан ни с каким из изученных признаков, свидетельствует о том, что с физиологической точки зрения он не влияет непосредственно и жестко на их формирование. Это подтверждается и отсутствием однозначных зависимостей между фотопериодической чувствительностью и изменениями проявления признаков при переходе с длинного дня на короткий. В то же время, это указывает на принципиальную возможность селекционного объединения в одном сорте слабой фотопериодической чувствительности и оптимальных хозяйственно ценных признаков.

ВЫВОДЫ

1. У культурного льна подтверждено существование слабо чувствительных к фотопериоду форм, а также отсутствие непосредственной связи слабой фотопериодической чувствительности с ранним цветением. Выделены поздноцветущие слабо чувствительные линии (гк – 103, гк – 143, гк – 190) и раноцветущие на длинном дне сильно чувствительные линии (гк – 109, гк – 186 и гк – 188).

2. Установлено, что в большинстве случаев в условиях короткого дня происходит достоверное увеличение количества листьев на стебле растений льна, что связано с ростом продолжительности периода всходы – цветение. Исключением стала слабо чувствительная линия гк – 209, никогда не задерживавшая цветения.

3. В условиях короткого дня продолжительность созревания может увеличиваться (у большинства генотипов), сокращаться или не изменяться. При этом у слабо чувствительных линий период цветение – созревание либо стабилен, либо достоверно сокращается.

4. Установлено преимущественное увеличение общей и технической высоты растений льна на коротком дне по сравнению с длинным. Но некоторые слабо и сильно чувствительные линии не изменяют высоты или становятся короче.

5. Определено, что размер междоузлий на коротком дне сокращается в связи со значительным увеличением количества листьев, несмотря на увеличение технической длины стебля. Исключениями стали линии гк – 100 и гк – 209, имевшие стабильную высоту и слабо или вообще не увеличивавшие количество листьев (соответственно).

6. Установлено, что обычно короткий день приводит к увеличению длины соцветия растений льна, уменьшению числа ветвей второго порядка и не влияет на число порядков ветвления соцветия. В целом количество коробочек в соцветии может, как увеличиваться, так и уменьшаться, что позволяет отбирать лучший исходный материал для повышения семенной продуктивности.

7. Условия короткого дня изменяют нижний, средний и верхний диаметры стебля льна без ярко выраженной системы, что, видимо, влечет за собой разнонаправленные изменения сбежистости и мыклости. Однако возможен отбор генотипов стабильно меняющих эти показатели в лучшую сторону.

8. У льна на коротком дне в большинстве случаев происходит снижение содержания лубяных волокон в стебле, видимо в связи с преимущественным сокращением количества элементарных волокон в пучке и толщины их стенок, и несмотря на увеличение числа самих пучков. Среди исключений есть как слабо, так и сильно чувствительные линии, которые могут быть включены в селекцию межеумков двустороннего использования. В процессе исследований и производства необходимо учитывать, что признаки, характеризующие формирование волокна обычно имеют сильную паратипическую изменчивость.

9. Отсутствие четких зависимостей характера изменений изученных признаков льна от фотопериода указывает на то, что генотипы используют различные физиологические механизмы для адаптации к непривычной длине дня. Выявленное разнообразие реакций на сокращение дня может быть использовано для теоретического изучения взаимосвязей процессов роста и развития растений.

10. В меняющихся условиях выращивания некоторые группы признаков остаются стабильно связанными друг с другом. Общая, техническая и высота до первой коробочки коррелируют между собой, а также с количеством листьев и мыкlostью стебля. Продолжительность периода всходы – цветение первого цветка коррелирует с количеством листьев. Число листьев – с общим количеством волокнистых пучков на поперечном срезе стебля. Очень стабильную группу тесно связанных между собой признаков анатомического строения стебля составили длина, ширина и площадь среза волокнистого пучка, длина и ширина среза элементарного волокна, толщина клеточной стенки элементарного волокна. Коэффициент фотопериодической чувствительности стабильно не коррелирует ни с одним из изученных признаков.

Рекомендации для селекции

1. Для селекции льна в южных регионах с коротким днем можно использовать слабо чувствительные линии гк – 2, гк – 15, гк – 22, гк – 103, гк – 143, гк – 209, гк – 269, гк – 67, гк – 136, гк – 158, гк – 187, гк – 190.

2. Для селекции на повышение семенной продуктивности в северных регионах страны необходимо подбирать линии, которые формируют повышенное количество коробочек в условиях длинного дня. Этому условию отвечает слабо чувствительная линия гк - 190 из Нидерландов.

3. Для повышения качества волокна у сортов двойного использования можно использовать слабо чувствительные гк – 22, гк – 67, гк – 103, гк – 136, гк – 209, гк – 269 и чувствительные линии гк – 100, гк – 109, гк – 119, гк – 159, гк – 344, гк - 375, снижающие сбежистость на коротком дне, а также слабо чувствительную – гк - 187 и чувствительных линии гк – 54, гк – 119, гк – 188, гк – 202, увеличивающие мыклость. Для увеличения толщины стенки волокна можно использовать чувствительные гк – 79, гк – 159, гк – 186, гк – 202 и слабо чувствительную линию гк – 103.

4. Источниками увеличения содержания волокна для селекции на юге могут служить как слабо (гк – 187, гк – 190), так и сильно чувствительные (гк – 185 и гк – 186) линии. Для увеличения общего количества пучков и элементарных волокон можно использовать слабо чувствительные гк – 187, гк - 190 и чувствительные линии гк – 185, гк – 188, л-1 к 5538.

5. При создании сортов двойного использования необходимо учитывать, что корреляция между содержанием волокна и количеством элементарных волокон в пучке проявляется только на длинном дне. При этом обычно на коротком дне содержание волокна сокращается, а количество пучков увеличивается.

6. Тот факт, что $K_{фпч}$ четко не связан ни с каким из изученных признаков, указывает на принципиальную возможность селекционного объединения в одном сорте слабой фотопериодической чувствительности и оптимальных хозяйственно ценных признаков.

Список работ, опубликованных по теме диссертации.

1. **Домантович А. В.** Влияние условий короткого дня на хозяйственно ценные признаки линий льна с различной фоточувствительностью / А.В. Домантович // Масличные культуры: Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – Краснодар, 2009. – *B.2 (133). С.74-78.*
2. **Домантович А. В.** Использование анатомического метода при выделении исходного материала для селекции на повышение содержания и качества волокна у линий льна с разной фотопериодической чувствительностью / А.В. Домантович, Н.Б. Брач, В.А. Кошкин, М.А. Носевич // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – СПб: СПбГАУ, 2011. - № 23. – С. 11-18.
3. **Домантович А. В.** Исследование фотопериодической чувствительности линий *Linum usitatissimum* L. и влияние условий короткого дня на их хозяйственно ценные признаки / А.В. Домантович, В.А. Кошкин, Н.Б. Брач, И.И. Матвиенко, // Доклады РАСХН. – 2012. – № 3. – С. 3-6.
4. **Domantovich A.** Influence of low temperatures and short photoperiod on the time of flowering in flax / N. Brutch, V. Koshkin, I. Matvienko, E. Porokhovinova, M. Tavares de Sousa, A. Domantovich // Fiber foundations – transportation, clothing and shelter in the bioeconomy: Proceedings of the 2008 international conference on flax and other bast plants. 21-23 July 2008. – Saskatoon Saskatchewan, Canada, 2008. – P.81-91.
5. **Домантович А. В.** Влияние короткого дня на признаки, связанные с формированием волокна, у линий льна генетической коллекции льна /А.В. Домантович, Н.Б. Брач, В.А. Кошкин// Материалы конференции молодых ученых и аспирантов «Генетические ресурсы растений и селекция». 15-16 марта 2010г. – Санкт – Петербург, 2010г. – С. 95-103.