

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие
«ИНСТИТУТ ЛЬНА»

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАСТЕНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В СЕЛЕКЦИИ

Рекомендации

*для научных сотрудников научно-исследовательских учреждений,
слушателей ФПК, преподавателей, аспирантов и студентов
агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов*

Горки
БГСХА
2014

УДК 581.4:633.521:631.526.32

*Одобрены и рекомендованы к изданию
Ученым советом РУП «Институт льна» 31.10.2014
(протокол № 18)
и Научно-техническим советом УО «БГСХА»
14.11.2014 (протокол № 7)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Н. А. Дуктова*;
кандидат сельскохозяйственных наук *Е. Л. Андроник*;
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *И. А. Голуб*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *О. А. Порхунцова*;
старший преподаватель *О. А. Цыркунова*;
аспирант *А. И. Мыхлык*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. П. Дуктов*;
заведующий лабораторией *С. В. Егоров*;
магистрант *Н. А. Солдатенко*;
кандидат сельскохозяйственных наук *Е. В. Иванова*;
кандидат сельскохозяйственных наук *М. Е. Маслинская*;
кандидат сельскохозяйственных наук *А. Н. Снопов*;
старший научный сотрудник *Л. В. Снопова*;
студент *В. А. Сердюков*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Шершнев*;
кандидат сельскохозяйственных наук *С. С. Небышинец*

**Использование физиологических параметров растения льна
масличного в селекции** : рекомендации / Н. А. Дуктова [и др.]. –
Горки : БГСХА, 2014. – 44 с.

Изложены результаты исследований по изучению морфолого-физиологических особенностей растений льна масличного. Установлена изменчивость параметров архитектуры, гистологической структуры стебля и фотосинтетической деятельности посева в зависимости от генотипа, а также их коррелятивность. Дано научное обоснование целесообразности использования морфологических и физиологических параметров растения в качестве критериев отбора в селекции льна масличного.

Для научных сотрудников научно-исследовательских учреждений, научно-педагогических работников, аспирантов и студентов высших и средних специальных учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы значительно возрос интерес ко льну масличному благодаря возможности его широкого использования в различных отраслях промышленности. Культура масличного льна наиболее распространена в районах с теплым климатом Южной, Центральной и Западной Азии, а также Северной, Центральной и Южной Америки. В мировом сельскохозяйственном производстве площади посевов данной культуры ежегодно составляют 2,5–3,2 млн. га. В Беларуси за последние годы отмечается рост посевных площадей льна с 300 га до 2502 га в 2014 году.

В настоящее время ведущие льносеющие страны мира стремятся занять определенную нишу в структуре льняной промышленности. Предполагается, что в ближайшем будущем специализация на мировом рынке достигнет очень высокого уровня: Китай и Россия займнутся производством волокна и преимущественно посевных семян; Индия и Канада – семян для пищевых и медицинских целей; Италия и Франция – высококачественного волокна, тканей и изделий из них; Англия – льняного масла и различных не текстильных продуктов; Германия – нетрадиционной продукции; Голландия – выращиванием и реализацией высококачественных посевных семян. Поэтому Беларуси необходимо определить свое направление и принять необходимые меры, чтобы занять собственное место на мировом рынке.

Лен масличный возделывается для получения пищевого или технического масла. Направления использования льняного масла определяются его составом жирных кислот. Его применение обязательно для людей с сердечно-сосудистыми и аллергическими заболеваниями. Мировой объем потребления семян льна огромен. Так, хлебопекарное производство Германии ежегодно использует около 60 тыс. тонн семян льна.

Одним из достоинств льна масличного являются экономические показатели. Лен по праву считается наиболее урожайной ранней яровой масличной культурой, ведь потенциал его урожайности превышает 20 ц/га. По сравнению с другими масличными культурами на льносемена сохраняются высокие цены как на внутреннем, так и мировом рынках. Короткий период вегетации значительно сокращает риски потери урожая и позволяет хозяйствам получить денежную выручку от

реализации льна уже в августе. По приблизительным расчетам экономические показатели возделывания одного гектара льна масличного соответствуют одному гектару озимой пшеницы с урожайностью не менее 40 ц/га.

Важным достоинством льна масличного также являются агротехнические особенности его возделывания. Благодаря ранним срокам сева (апрель), короткому периоду вегетации (до 90 дней) и отсутствию общих патогенов, лен масличный является хорошим предшественником для большинства сельскохозяйственных культур, в т. ч. озимой пшеницы. Эти особенности делают его идеальной страховой культурой в случае гибели озимых, позволяют формировать планируемую продуктивность даже в засушливых условиях за счет эффективного использования зимних запасов влаги.

Также в пользу льна масличного говорят технологические особенности. Летние сроки уборки снижают до минимума возможные риски потерь урожая из-за неблагоприятной погоды. Созревание семян льна сразу после зерновых культур позволяет рационально использовать уборочную технику. Значительным технологическим преимуществом льна масличного в сравнении с зерновыми колосовыми является его устойчивость к осыпанию семян. Это позволяет использовать отдельный способ уборки семян и подбирать валки после свала позже зерновых.

На современном этапе главной задачей селекции льна масличного является создание сортов, адаптированных к условиям Республики Беларусь, западных регионов России, Прибалтики и других зон возделывания, с потенциальной урожайностью семян до 3 т/га, масличностью семян свыше 50 %, с высокой устойчивостью к болезням, вредителям, полеганию растений и пригодных к механизированной уборке.

Основным достоинством семян льна является наличие в жирнокислотном составе α -линоленовой кислоты. Она придает льняному маслу ряд уникальных свойств: способствует нормализации работы пищеварительной системы и обменных процессов в организме человека, предотвращению развития инфаркта миокарда, атеросклероза, гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, снижению риска инсульта и образования тромбов, профилактически предупреждает развитие некоторых онкологических заболеваний и др.

Содержание линоленовой кислоты варьирует значительно, в зависимости от сорта оно составляет от 2 до 72 %. Генотип сорта оказывает на содержание масла и его жирнокислотный состав гораздо большее влияние, чем условия выращивания.

Успех селекционной работы зависит от степени изученности физиологии и биологии культуры.

Выполнение исследований позволило фундаментально обосновать принципы селекции льна масличного, разработать критерии отбора ценных генотипов на ранних этапах селекции. Это в комплексе повысит результативность селекционной работы с данной культурой и обеспечит создание сортов с высокими показателями качества, продуктивности и устойчивости.

1. НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Для получения волокна и масла лен использовали еще в глубокой древности. За 3 тыс. лет до нашей эры его возделывали в Египте. В XVIII–XIX веках лен начали разводить в России. В настоящее время лен масличный выращивают в Индии, США, Канаде, Аргентине, России, Казахстане, на Украине, в Средней Азии. Средняя урожайность семян льна составляет 0,9–1,2 т/га.

Понятие «лен масличный» объединяет растения двух разновидностей: лен-кудряш и лен-межеумок. Больше масла содержится в семенах льна-кудряша (44 %), чем в семенах льна-межеумка (42 %). Однако стебель льна-межеумка длиннее и содержит 12–17 % волокна. Поэтому волокно из соломы кудряшей может быть использовано для изготовления ваты, грубой ткани и бумаги высокого качества.

Семена льна являются богатым источником биологически активных веществ. Они содержат такие пищевые функциональные соединения, как белки с полноценным аминокислотным составом и эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) с преобладающим содержанием линоленовой кислоты. Химический состав семян льна зависит от генотипа, условий произрастания, способа переработки семян, а также методов, используемых для их анализа.

В семенах льна масличного содержится 42–48 % масла. В его состав входит пять жирных кислот, содержание которых зависит от селекционного сорта и условий выращивания. Средний показатель их процентного соотношения составляет: олеиновая – 17,6 %, линоленовая – 56,6, линолевая – 14,5, пальметиновая – 5,7 и стеариновая – 3 %. Йодное число льняного масла составляет 165–192.

Льняное масло – это высыхающее масло! Наилучшую олифу вырабатывают именно из него. Полученную олифу широко используют в лакокрасочной, мыловаренной промышленности, в производстве линолеума и клеенки. Краски и лаки из льняной олифы очень надежны и долговечны.

Масло льносемян с успехом используется в пищевой, полиграфической, кожевенно-обувной, медицинской, текстильной, парфюмерной и других отраслях промышленности. Оно является сырьем для производства различных покрытий, искусственных волокон, изоляционных пен, пластификаторов, смазок высокого давления и других полимеров.

Льняное масло обладает неповторимыми диетическими и лечебно-профилактическими свойствами. Его уникальность заключается в высоком суммарном содержании полиненасыщенных жирных кислот – α -линоленовой и линолевой, незаменимых в рационе человека. Лечебные свойства льняного масла позволяют использовать его для лечения и профилактики сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных заболеваний, болезней печени и эндокринной системы, кожи, сахарного диабета, ожирения, воспалительных заболеваний и др. Одна-две столовых ложки льняного масла удовлетворяют суточную потребность человека в ненасыщенных жирных кислотах.

Льняной белок линулин обладает полным составом незаменимых для человеческого организма аминокислот. Белки семян льна могут дополнять белки пшеничной муки, повышая ценность хлебобулочных изделий.

Кроме белков, в сухой массе льняного семени, согласно исследованиям Б. П. Плешкова, содержится жиров до 40 %, углеводов – 22 %, клетчатки – 8 %, золы – 4 %. Углеводы льна состоят на 2/3 из нерастворимых пищевых волокон типа лигнина. Оставшаяся часть приходится на вискозу или растворимые волокна, которые образуют устойчивые коллоиды – слизи.

В семенах льна также содержится кальция 236 мг/100 г, фосфора – 622 мг, калия – 831 мг, тиамина – 0,53 мг, рибофлавина – 0,23 мг, никотиновой кислоты – 3,21 мг, пантотеновой кислоты – 0,57 мг и аскорбиновой кислоты – 0,50 мг/100 г. В 100 г семян льна содержится 100 % рекомендуемой дневной нормы марганца и калия, 57–65 % – фосфора и железа, 13–35 % – цинка, кальция и меди.

Семя льна является также источником фенольных кислот, флавоноидов, большого количества витаминов – С, В₁, В₂, В₆, пантотеновой (В₅) и фолиевой (В₉) кислот, биотина (Н), токоферолов (Е). В льняном семени содержатся лигнаны – вещества, обладающие мощным антиоксидантным действием, антиаллергенными, антиканцерогенными, антибактериальными и антимикробными свойствами.

Отходы маслособойного производства льна (жмых и шрот) представляют собой ценный концентрированный корм для скота, которые по содержанию незаменимых аминокислот и питательности не уступают жмыхам подсолнечника и рапса. Жмых и шрот из льносемян являются ценным белковым кормом для животных. В 100 кг жмыха содержится 115 к. ед. и 28,5 кг переваримого протеина, в 100 кг шрота – 103 к. ед. и 28,9 кг переваримого протеина. Жмых, полученный из недозрелых

семян льна, перед скармливанием необходимо запаривать, чтобы не вызвать отравление у животных. Употребляется на корм животным также полова, в 1 кг которой содержится 0,27 к. ед. и 20 г переваримого протеина.

Ныне во всем мире спрос на семена льна возрастает, а сфера его применения расширяется. Его используют для производства продуктов диетического лечения, изготовления косметических препаратов, новых лечебных средств.

2. БОТАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЬНА

Лен масличный является очень ценной технической культурой. В мировом сельскохозяйственном производстве площади его посевов ежегодно составляют 2,5–3 млн. гектаров. Валовой сбор семян достигает 2–2,6 млн. тонн. Основными странами-производителями семян льна масличного являются Индия, Китай, Канада и США.

Лен масличный относится к виду *Linum usitatissimum* L. (лен культурный), семейству льновых – *Linacea* Dum. Лен культурный подразделяется на 5 подвидов: лен-долгунец, лен-межеумок, лен-кудряш, лен крупносемянный и лен полуозимый (стелющийся). В качестве масличной культуры высевают в основном лен-кудряш и лен-межеумок. Культурный лен является яровой культурой, но есть и полуозимые виды.

Лен масличный – однолетнее двудольное травянистое растение. Корневая система стержневая. Стебель светло-зеленый, с легким восковым налетом. На растении образуются 1–2 стебля, высота которых составляет 50–100 см. Ветвление стебля начинается на высоте 50–60 см. Листья линейные, заостренные кверху, 2–4 см в длину, с легким восковым налетом.

Цветки некрупные, синие, голубые, реже белые или розовые, собранные в кистевидное соцветие. Лен относится к факультативным самоопылителям. Плод – небольшая (до 8 мм) пятигнездная коробочка. На растении образуется 10–15 коробочек. Семена удлинено-эллиптические, сильно сплюснутые, гладкие, блестящие. Оболочка семени при намачивании ослизняется, образуя скользкую поверхность. Масса 1000 семян составляет 4–8 г.

Содержание масла и белка в семенах современных сортов льна масличного доходит до 50 % и 33 % соответственно. Высокое содер-

жание ненасыщенных жирных кислот обеспечивает образование прочной и стойкой пленки при высыхании.

Вегетационный период льна составляет 85–95 дней. В онтогенезе льна выделяют следующие фазы: всходов, «елочки», интенсивного роста – бутонизации, цветения и созревания.

Фаза всходов (семядольных листочков) отмечается на 8–10-й день после посева. В эту фазу развиты только семядольные листочки и маленькая почечка между ними, из которой развивается стебель.

Фаза «елочки» сменяет фазу всходов. В эту фазу растение достигает высоты 3–10 см и имеет 5–6 пар настоящих листочков. Продолжительность фазы всходов и «елочки» примерно 15–20 дней, что зависит от погодных условий. Эти фазы характеризуются медленным ростом стебля в высоту и интенсивным развитием корневой системы. После фазы «елочки» у растений льна наступает период быстрого роста, который продолжается и в фазу бутонизации.

В фазу интенсивного роста – бутонизации прирост растений льна в высоту достигает 3–5 см в сутки. В этот период формируются в стеблях волокно и репродуктивные органы, обеспечивающие получение семян. Этот период составляет 12–20 дней. Обеспечение растений необходимыми питательными веществами и влагой в это время способствует получению высокого урожая.

Фаза цветения наступает через 35–40 дней после всходов. К этому времени замедляется рост стеблевой части и корневой системы растения. Растет только соцветие.

Фаза созревания характеризуется быстрым одревеснением стебля и формированием семян. В этой фазе различают зеленую, раннюю желтую, желтую и полную спелости льна. Между фазами резких границ нет, происходит постепенный переход. Зеленая спелость посевов наступает примерно через 2 недели после цветения, ранняя желтая спелость – через 25–30 дней после массового цветения, желтая спелость – через 35–40 дней после цветения. Через несколько дней после желтой спелости наступает полная спелость.

Фазу спелости льна в производственных условиях следует определять по длине стебля, освободившегося от листьев, по цвету семенных коробочек и семян.

В фазу зеленой спелости стебель на 1/4 длины освобожден от листьев, на растениях 80–85 % завязавшихся коробочек и остается лишь 15–20 % цветков. Семена имеют низкую жизнеспособность.

В фазу ранней желтой спелости на 2/3 длины стебля листья осыпаются, лишь самые верхние остаются еще зелеными. В желто-зеленых коробочках находятся бледно-зеленые семена с желтым носиком.

Знание особенностей роста и развития растений льна масличного, потребностей их в тепле, влаге, питании позволяет успешно применять различные приемы агротехники для получения высоких урожаев волокна и семян этой культуры. Климатические особенности республики в целом благоприятны для возделывания льна масличного и соответствуют биологическим особенностям этой культуры.

Требования к температуре. Семена льна масличного прорастают при температуре +3–5 °С. Молодые всходы могут переносить пониженные температуры до минус 3,5–4 °С. Более низкая температура или заморозки в течение нескольких дней сильно изреживают посевы или приводят к их гибели. Оптимальная температура для роста и развития в период от фазы «елочка» до фазы цветения составляет 15–18 °С при пасмурной погоде, а в период от цветения до полного созревания – 17–19 °С. При жаркой погоде рост стебля в высоту задерживается. Температура воздуха более 22 °С в сочетании с сухой погодой угнетает рост растений, усиливает ветвление стеблей и ухудшает качество волокна. Резкое колебание температуры днем и ночью отрицательно сказывается на продуктивности растений. Сумма активных положительных температур для полного развития растений от прорастания семени до созревания составляет 1600–1850 °С.

Требования к влаге. Лен масличный является культурой, очень требовательной к влаге. Особенно отрицательно недостаток влаги в почве отражается на периоде от посева до ранней желтой спелости. Наибольшая потребность во влаге отмечается в период быстрого роста, бутонизации и цветения. Сохранение влаги в почве является одним из важнейших условий формирования высокого урожая хорошего качества. Это необходимо учитывать при разработке агротехнических мероприятий. Они должны быть направлены на сохранение влаги в почве. Также необходимо обратить внимание на выровненность полей.

Так, на образование единицы сухого вещества в течение вегетационного периода лен расходует 400–430 единиц воды (транспирационный коэффициент). За вегетационный период на образование каждых 16 кг урожая лен потребляет из почвы около 7 т воды.

Наиболее высокая урожайность и качество льносемян отмечено при влажности почвы от посева до периода быстрого роста в пределах

60 %, с начала быстрого роста до цветения – 80 %, во время созревания – 40–60 % от полной влагоемкости.

Однако лен масличный нежелательно размещать на участках с близким уровнем грунтовых вод. Избыточное увлажнение посевов после цветения, во время созревания приводит к полеганию льна и способствует развитию различных грибных болезней.

Требования к свету. На продуктивность растений льна масличного огромное влияние оказывает продолжительность освещения. Лен является культурой длинного дня. Для развития льна благоприятна облачная и нежаркая погода. В таких условиях хорошо идет процесс фотосинтеза. При полной норме посева растения в таких условиях имеют высокие тонкие стебли с высоким содержанием волокна.

Требования к элементам питания. Важная роль в получении высокого урожая и качества льнопродукции принадлежит элементам питания. В связи с особенностями корневой системы льна он требователен к наличию питательных веществ в почве в легкоусвояемой форме. Кроме того, основную массу питательных веществ он использует в очень короткий период. К началу цветения лен потребляет до 84 % азота, 63–80 % фосфора и 70–90 % калия, в фазе «елочки» – соответственно 16–36 %, 6–15 % и 11–12 % от общего количества этих элементов, необходимых для формирования урожая.

Избыток азота удлиняет вегетационный период, увеличивает диаметр стеблей, вызывает полегание растений. Однако недостаток азота в почве особенно от фазы «елочки» до фазы бутонизации отрицательно сказывается на продуктивности растений.

На первых этапах жизни растения льна испытывают большую потребность в фосфоре, который способствует более быстрому созреванию, повышению урожайности семян и улучшению качества продукции. На бедных фосфором почвах рекомендуется внесение фосфора в рядки при посеве или в непосредственной близости от семян.

Одним из важных элементов питания является калий, который способствует образованию семян, плотных лубяных пучков в стебле и повышению качества льнопродукции, а также усилению устойчивости растений к полеганию.

Соотношение между азотом, фосфором и калием на слабо обеспеченных азотом почвах может быть 1:2:3, богатых азотом – 1:3:4 и даже 1:4:6. Однако основным фактором получения высоких урожаев является внесение оптимальных доз всех элементов питания с учетом содержания их в почве. Лен очень чувствителен к недостатку микроэлементов.

тов, в первую очередь бора и цинка. Это часто наблюдается на легких почвах, а также на почвах, где проведено избыточное известкование, и в засушливую погоду. Питательные вещества, вносимые под лен в виде удобрений, растения усваивают неодинаково: азота – до 60 %, калия – 60 %, фосфора – до 20 %. Фосфор значительно лучше усваивается из гранулированных фосфорных удобрений.

Состояние льноводства в республике. Почвенные условия республики благоприятны для развития льноводства. По гранулометрическому составу пригодные для возделывания льна почвы в Витебской области составляют 73 %, в Могилевской – 71 %, в Гродненской – 62 %, в Минской – 56 %, в Гомельской – 15 % и в Брестской – 13 %. В целом по Республике Беларусь около 40 % пашни (2,4 млн. гектаров) пригодно для возделывания льна. Но фактические данные ниже, так как пригодность почв для возделывания льна определяется еще и уровнем ее кислотности. По реакции почвенного раствора оптимальным являются почвы с рН, равным 5,0–5,5. Таких почв в Беларуси лишь около 13 %. Допустимый уровень рН не должен превышать 6,0 и таких почв в Беларуси около 28 %.

3. ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОРТОВ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Высокая урожайность сельскохозяйственных культур формируется при определенном количестве растений на единице площади посева. Этот оптимум обычно наблюдается при такой густоте, когда уже начинает сказываться взаимное угнетение растений, а индивидуальный рост и продуктивность их несколько снижены. Излишнее загущение обычно вызывает взаимное угнетение растений и снижение урожайности. В наших исследованиях норма высева сортов была одинаковой – 800 шт/м². Различия густоты стояния растений обусловлены сортовыми особенностями и метеорологическими условиями.

Данные полевой всхожести и сохраняемости растений льна масличного к уборке представлены в табл. 1.

Полевая всхожесть семян – это соотношение числа появившихся всходов к числу высеянных всхожих семян в полевых условиях, выраженное в процентах. Полевая всхожесть зависит от качества и биологических особенностей семян, условий их хранения, почвенных и метеорологических условий периода от посева до всходов, сроков посева, глубины заделки семян и др. При прочих равных условиях, чем выше

лабораторная всхожесть семян и энергия прорастания, тем выше и полевая всхожесть. При низкой всхожести семян получают редкие всходы и большая засоренность посевов, увеличивается повреждение болезнями и вредителями, растения ослабленные и менее продуктивные. Семена льна масличного хорошо прорастают при высокой влажности и хорошей структурности почвы, при условии отсутствия почвенной корки. При норме высева 800 семян/м² возшло от 520 до 786 растений/м². Полевая всхожесть по сортам льна масличного составила соответственно 65,0–98,3 %. Высокими показателями полевой всхожести характеризовались сорт-стандарт Салют (98,3 %), а также сорта Balladi Toll (97,8 %), Илим (97,9 %), L-43 (98,1 %). Низкой полевой всхожестью обладали сорта Айсберг (65,0 %), Bison (76,6 %) и Півдіна ніч (78,0 %).

Таблица 1. Полевая всхожесть и сохраняемость растений к уборке

Сорт	Кол-во взошедших растений, шт/м ²	Полевая всхожесть, %	+/- к st.	Кол-во растений к уборке, шт/м ²	Сохраняемость, %	+/- к st.
Салют (st.)	786	98,3	–	658	83,7	–
Брестский	767	95,9	–2,4	599	78,1	–5,7
Victory	744	93,0	–5,3	508	68,3	–15,5
Amon	741	92,6	–5,7	500	67,5	–16,3
Півдіна ніч	624	78,0	–20,3	446	71,4	–13,0
Bison	613	76,6	–21,7	423	69,0	–15,0
Сонечны	765	95,6	–2,7	488	63,8	–20,0
Balladi Toll	782	97,8	–0,5	693	88,6	+4,9
Айсберг	520	65,0	–33,3	389	74,8	–9,2
Опус	746	93,3	–5,0	537	72,0	–12,0
LM-97	771	96,3	–2,0	515	66,8	–16,8
Илим	783	97,9	–0,4	586	74,7	–9,0
Barbara	754	94,2	–4,1	548	72,7	–11,3
L-43	784	98,1	–0,2	594	75,7	–8,3
<i>Среднее</i>	727	90,9	–7,4	534	73,4	–10,5

Примечание. st. – сокращенное обозначение сорта-стандарта.

Лимитирующим фактором является сохраняемость растений к уборке. *Сохраняемость* – это число сохранившихся к уборке растений по отношению к числу взошедших семян. Этот показатель существенно зависит от метеорологических условий. Изреженность посевов зависит от распределения суммы активных температур, количества осадков в межфазные периоды и коэффициента увлажнения. Засушли-

вые условия в период от всходов до фазы бутонизации существенно, на 38 %, снижают густоту стояния растений на единице площади. К уборке в среднем по сортам сохранилось 534 растения/м². Наилучшим показателем характеризовался Balladi Toll (693 шт/м²), у которого сохранилось на 45 растений больше, чем у сорта-стандарта Салют (658 шт/м²). Меньше всего сохранилось растений у сортов Айсберг (389 шт/м²), Bison (423 шт/м²), Півдіна ніч (446 шт/м²) и Сонечны (488 шт/м²). В результате сохраняемость растений к уборке по сортам составила 63,8–88,6 %. Более 50 % сортов имели сохраняемость выше среднего показателя – 73,4 %. Сохраняемостью свыше 80 % характеризовались сорта Салют (83,7 %) и Balladi Toll (88,6 %).

Структура урожайности. В то же время интегральным показателем, характеризующим хозяйственную полезность сорта, является урожайность семян в ц/га. Для этого были определены структурные элементы урожайности изучаемых сортов. На урожайность культуры влияют очень многие факторы. Ее величина значительно зависит от оптимального соотношения числа растений на единицу площади и их продуктивности, а также от применяемой технологии возделывания. Изменение элементов продуктивности растения неизбежно ведет к изменению урожайности культуры.

Поскольку лен масличный возделывается в Беларуси только для получения семян, урожайность его определяется количеством семян на растении, их массой и густотой стояния растений. Было установлено, что чем больше семян формируется на растении, тем меньше их масса. У льна масличного на растении может образоваться до 20 и более коробочек. Каждая коробочка разделена на 5 гнезд, в каждом из которых может сформироваться по 2 семени. Поэтому максимально возможно получить 10 семян в 1 коробочке. За период вегетации на одном растении льна масличного в зависимости от сорта сформировалось от 4,6 до 7,5 коробочек (табл. 2).

Более 7 коробочек на растении образовалось у сортов Апон, Опус, LM-97. По обсемененности коробочки были выделены сорта Сонечны (8,8 шт.), LM-97 (8,7 шт.), Balladi Toll (8,0 шт.).

В совокупности показатели количества коробочек и количества в каждой их них семян влияют на количество семян с одного растения. Более половины сортов (66 %) имели 40 и более семян с растения. Сорта с мелкими семенами имели наибольшее количество семян с растения. Так, например, LM-97 сформировал семян на растении 65,1 шт. при их массе 1000, равной 3,75 г. Аналогичное соответствие отмечено по сортам Сонечны и Апон.

Таблица 2. Структура урожайности сортов льна масличного

Сорт	Количество коробочек	Количество семян в коробочке	Количество семян на растении	Масса семян с растения	Масса 1000 семян	Урожайность семян	+/- к st.
	шт/раст.	шт.	шт/раст.	г	г	г/м ²	г
Салют (st.)	6,0	7,1	43,1	0,25	5,74	162,8	–
Брестский	5,5	5,8	31,8	0,17	5,31	101,3	–61,5
Victory	4,6	5,9	26,9	0,16	5,95	81,4	–81,4
Amon	7,3	7,2	52,6	0,25	4,72	124,2	–38,6
Півдіна ніч	6,1	4,5	27,8	0,18	6,60	81,7	–81,1
Bison	6,2	6,1	37,4	0,20	5,38	85,2	–77,6
Сонечны	6,7	8,8	59,2	0,24	4,12	118,9	–43,9
Balladi							
Toll	5,1	8,0	40,7	0,21	5,20	146,8	–16,0
Айсберг	6,5	4,8	30,9	0,20	6,34	76,2	–86,6
Опус	7,3	6,4	46,7	0,27	5,71	143,3	–19,5
LM-97	7,5	8,7	65,1	0,24	3,75	125,6	–37,2
Илим	5,7	7,8	44,5	0,29	6,45	167,9	+5,1
Barbara	6,8	6,3	42,4	0,27	6,30	146,5	–16,3
L-43	5,3	7,8	41,6	0,22	5,31	131,3	–31,5
Среднее	6,2	6,8	42,2	0,2	5,5	120,9	–41,9
НСР ₀₅				0,05	0,09	11,7	

Каждый из изучаемых сортов характеризуется определенным соотношением элементов семенной продуктивности. В целом по сортам семенная продуктивность растений составила 0,16–0,29 г. Большинство сортов сформировали семенную продуктивность выше среднего уровня (0,2 г), за исключением сортов Victory (0,16 г), Брестский (0,17 г) и Півдіна ніч (0,18 г). Высокую семенную продуктивность имели сорта Barbara (0,27 г), Опус (0,27 г) и Илим (0,29 г), которые превысили по данному показателю сорт-стандарт Салют (0,25 г).

Однако урожайность с гектара определяется не только продуктивностью отдельного растения, но и количеством продуктивных растений на единице площади. Необходимо, чтобы растения равномерно размещались на площади посева, что позволит им более рационально использовать солнечную энергию, влагу и элементы питания. В результате сорта значительно различались по урожайности семян, которая в совокупности составила 76,2–167,9 г/м². Высокую урожайность

семян имели сорта Салют ($162,8 \text{ г/м}^2$) и Илим ($167,9 \text{ г/м}^2$). Менее 100 г/м^2 семян сформировали сорта Айсберг ($76,2 \text{ г/м}^2$), Victory ($81,4 \text{ г/м}^2$), Півдіна ніч ($81,7 \text{ г/м}^2$) и Bison ($85,2 \text{ г/м}^2$).

Длина вегетационного периода. Вегетационный период растений льна определяется, прежде всего, биологической особенностью сорта, а также зависит от погодных условий периода вегетации.

Н. И. Вавилов писал: «Вопрос о вегетационном периоде является капитальным разделом селекции, ибо он неразрывно связан со многими свойствами. Удлинение или укорачивание вегетационного периода сопровождается изменением химизма растений, его отношения к болезням, нередко меняется сам облик растения». Наиболее важные этапы вегетации позволяют фиксировать фенологические наблюдения, которые дают возможность охарактеризовать скороспелость сортов и образцов, продолжительность прохождения фаз развития.

Длина вегетационного периода включает два крупных межфазных периода: всходы – цветение и цветение – созревание (рис. 1).

Продолжительность вегетационного периода в первую очередь сказывается на накоплении вегетативной массы растения, а семенная продуктивность зависит от условий, когда происходит завязывание и созревание семян.

Продолжительность вегетационного периода льна масличного в 2014 г. варьировала от 77 дн. у сорта Victory до 88 дн. у сортов Amon и Balladi Toll. В среднем по сортам он составил 84 дня. Анализируя продолжительность вегетативного периода и элементов ее составляющих, мы отметили разнообразие испытываемых сортов по данным признакам. По нашим наблюдениям, самый короткий вегетационный период имели сорта Півдіна ніч и Victory, период вегетации до желтой спелости у которых составил 78 и 77 дн. соответственно.

Продолжительность вегетативного периода преобладает над генеративным. Для сортов и образцов характерно определенное соотношение этих периодов. В среднем вегетативный период у изучаемых сортов льна масличного занимал 57,3 %, а генеративный период – 42,7 % от общего периода вегетации. Сорт Салют выделился сокращенным генеративным периодом, он составил 36,9 % от общего периода вегетации. У сортов Bison, Amon и Айсберг был отмечен удлиненный генеративный период (46,4–46,5 %).

При подборе пар для гибридизации для достижения желаемых результатов следует уделять внимание родительским формам с различным сочетанием межфазных периодов.

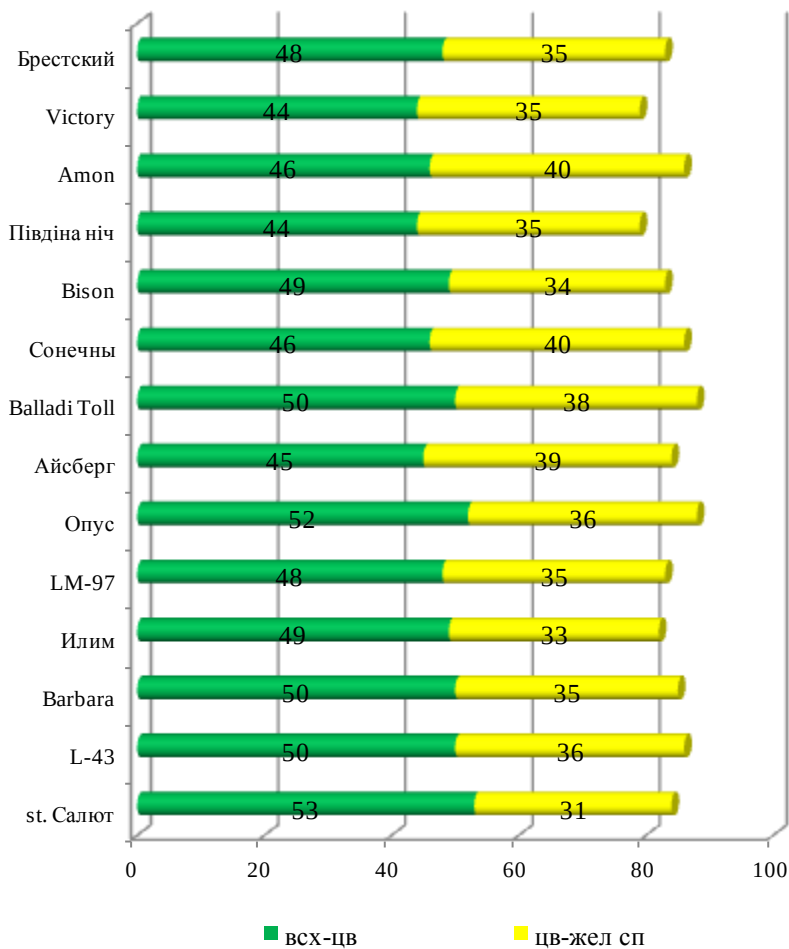


Рис. 1. Продолжительность межфазных периодов льна

Высота растения. Сорта льна масличного значительно различались по высоте растений, которая составила 49,8–76,9 см при среднем показателе 63,7 см (табл. 3).

Таблица 3. Биологические параметры сортов льна масличного

Сорт	Высота растения, см	Техническая длина, см	Масса соломины 1 растения, г	Устойчивость к полеганию, балл
st. Салют	58,9	48,9	1,06	4,9
Брестский	64,3	48,6	1,20	4,8
Victory	56,4	34,3	0,74	4,6
Amon	67,4	51,2	1,22	4,6
Півдіна ніч	51,7	28,5	1,03	4,8
Bison	66,8	48,3	1,28	4,9
Сонечны	76,9	61,8	1,29	4,0
Balladi Toll	62,5	49,8	0,88	3,7
Айсберг	49,8	28,0	0,90	4,8
Опус	65,4	53,1	1,16	4,7
LM-97	70,6	55,0	1,40	4,5
Илим	64,1	50,4	1,07	4,8
Barbara	65,8	46,0	1,32	4,6
L-43	71,3	54,7	1,24	4,0

Самыми низкорослыми были растения сортов украинской селекции – Айсберг и Півдіна ніч. Высоту растений более 70 см имели сорта L-43, LM-97 и Сонечны.

Техническая длина характеризует протяженность главного побега до первого бокового. По данному показателю сорта значительно различались: от 28,0 см у сорта Айсберг до 61,8 см у сорта Сонечны. Сорта, имеющие техническую длину более 50 см, могут быть рекомендованы как для получения льносемян, так и для получения волокна, используемого в производстве бумаги или грубых тканей. Это такие сорта, как Сонечны, LM-97, L-43, Опус, Амон, Илим.

Масса соломины одного растения составила 0,74–1,40 г. Соломину массой более 1 г имело большинство сортов, за исключением Victory (0,74 г), Balladi Toll (0,88 г) и Айсберг (0,90 г).

Устойчивость к полеганию у льна масличного выше, чем у льна-долгунца и обусловлена меньшей высотой растения и густотой стояния (500–700 стеблей/м² при 1800–2000 у льна-долгунца). Кроме того, у льна масличного достаточно грубый стебель, а из-за своей ветвистости (с высоты 50–70 см) он сплетается друг с другом, тем самым подерживая себя. Большинство сортов характеризовались достаточно высокой устойчивостью к полеганию (4,6–4,9 баллов), за исключением сортов Balladi Toll (3,7 баллов), Сонечны и L-43 (по 4 балла).

Оценивая вклад отдельных элементов в общую урожайность льна масличного можно отметить следующие закономерности (табл. 4).

Таблица 4. Взаимосвязь элементов структуры урожайности, r

Показатель		X1	X2	X3	X4	X5
X1	Количество коробочек	–	–	–	–	–
X2	Количество семян в коробочке	0,02	–	–	–	–
X3	Количество семян на растении	0,57	0,83	–	–	–
X4	Масса семян с растения	0,63	0,74	0,96	–	–
X5	Масса 1000 семян	–0,45	–0,85	–0,94	–0,80	–
X6	Урожайность семян	0,88	0,45	0,86	0,92	–0,70

В наибольшей степени урожайность сортов зависит от массы семян с растения ($r = 0,92$), а также количества коробочек ($r = 0,88$) и семян ($r = 0,86$) на растении. В свою очередь масса семян с растения тесно коррелирует с их количеством ($r = 0,96$) и числом развитых коробочек ($r = 0,74$). Крупность семян находится в обратной зависимости от количества семян, формирующихся на растении ($r = -0,94$) и другими признаками продуктивности, что свидетельствует о нецелесообразности проведения отбора в селекции по крупности семян.

На основании полученных результатов, подтвержденных корреляционным анализом элементов продуктивности, в селекции льна масличного на урожайность рекомендуется использовать в качестве критерия отбора признак «количество коробочек на растении». Этот признак наиболее прост и доступен в определении и имеет тесную корреляцию с менее доступными для визуальной оценки признаками продуктивности – количеством и массой семян с растения.

4. ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ БИОМАССЫ РАСТЕНИЯМИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Динамика накопления вегетативной массы растения тесно коррелирует с урожайностью, так как в процессе созревания семян происходит отток пластических веществ, аккумулированных в процессе фотосинтеза в надземной биомассе, к семенам. При этом чем больше биомасса, тем выше интегральная урожайность. Был изучен прирост биомассы растений льна масличного, измеряя по фазам вегетации высоту стебля, количество и площадь листьев и содержание сухого вещества. Полученные данные представлены в табл. 5.

Динамика нарастания листьев. В процессе вегетации льна масличного нарастание листьев происходит по типу одновершинной кривой с пиком в фазе бутонизация – цветение – максимальное количество листьев 57,2 шт/растение с площадью 75,3 см².

Таблица 5. Динамика накопления биомассы растения

Сорт	Фаза развития					
	всходы	«елочка»	быстрый рост	бутони- зация	цветение	зеленая спелость
1	2	3	4	5	6	7
Количество листьев, шт/растение						
Салют (st.)	2	22,0	39,1	54,3	65,9	65,2
Брестский	2	31,3	39,4	55,3	62,9	34,5
Victory	2	30,2	34,2	48,7	58,7	45,7
Amon	2	35,9	42,0	60,7	83,4	66,1
Півдіна ніч	2	30,2	34,3	39,9	45,2	34,1
Bison	2	35,9	41,1	59,7	49,5	44,4
Сонечны	2	36,3	53,0	70,9	63,0	31,1
Balladi Toll	2	38,3	38,8	53,7	66,5	41,0
Айсберг	2	31,1	35,0	43,7	50,9	37,7
Опус	2	31,1	47,0	72,2	60,7	43,5
LM-97	2	35,6	46,2	64,7	56,1	37,3
Илим	2	24,7	38,7	53,7	49,5	43,5
Barbara	2	25,1	36,3	50,6	42,6	30,3
L-43	2	28,0	38,6	59,7	46,5	33,0
<i>Среднее</i>	2,0	31,1	40,3	56,3	57,2	42,0
Площадь листьев, см²/растение						
Салют (st.)	0,86	7,7	40,7	69,9	69,1	56,6
Брестский	0,80	7,8	41,8	63,3	98,2	35,4
Victory	0,74	7,9	26,2	41,8	91,3	64,0
Amon	0,71	8,5	31,0	46,7	96,7	38,7
Півдіна ніч	1,04	6,2	28,4	47,4	108,5	47,5
Bison	0,68	9,3	48,0	97,4	57,1	48,8
Сонечны	0,64	8,5	40,0	85,1	70,0	28,5
Balladi Toll	0,62	8,3	24,1	35,3	52,5	22,8
Айсберг	1,05	7,3	38,2	53,2	55,2	30,8
Опус	0,83	7,5	45,6	73,9	75,9	37,6
LM-97	0,74	8,2	44,2	61,2	77,6	40,9
Илим	0,92	6,9	43,0	60,9	68,3	52,8
Barbara	1,03	8,3	43,9	66,5	67,0	44,4
L-43	0,62	6,4	44,4	70,2	67,1	44,8
<i>Среднее</i>	0,8	7,8	38,5	62,3	75,3	42,4
Высота стебля, см						
Салют (st.)	1,38	6,05	13,7	37,2	58,1	58,5
Брестский	1,34	6,20	21,6	41,2	53,3	57,2
Victory	1,39	5,85	21,1	42,0	43,8	56,6
Amon	1,07	6,61	18,4	45,4	54,0	56,2
Півдіна ніч	1,17	6,61	15,6	36,1	41,4	50,6
Bison	1,06	6,13	22,2	45,5	57,1	58,6
Сонечны	1,19	5,73	22,4	59,5	70,2	75,7
Balladi Toll	1,13	6,17	24,5	49,0	57,5	61,9
Айсберг	1,49	6,66	26,6	38,6	48,8	50,2
Опус	1,52	5,60	20,3	49,4	56,6	62,7

LM-97	1,36	6,17	28,2	51,2	66,7	70,3
Илим	1,35	5,53	19,6	47,3	61,5	64,3
Barbara	1,25	6,17	22,9	45,0	56,8	63,8
L-43	1,28	5,48	18,1	49,4	67,7	70,8
<i>Среднее</i>	<i>1,3</i>	<i>6,1</i>	<i>21,1</i>	<i>45,5</i>	<i>56,7</i>	<i>61,2</i>
Содержание сухого вещества (общая биомасса растения), %						
Салют (st.)	13,1	14,0	14,6	19,3	23,3	24,6
Брестский	13,0	14,5	15,1	19,1	21,4	27,6
Victory	13,5	13,8	15,3	20,0	22,7	30,6
Amon	15,6	13,6	15,1	18,5	20,9	30,4
Півдіна ніч	14,7	14,7	16,4	20,2	20,5	28,3
Bison	14,0	14,3	15,8	18,4	22,6	29,5
Сонечны	13,0	12,9	15,3	19,5	23,3	30,9
Balladi Toll	15,3	13,9	16,1	20,9	21,7	28,5
Айсберг	12,5	12,6	14,4	20,4	22,9	26,3
Опус	12,3	12,6	15,1	19,4	25,2	27,4
LM-97	13,2	13,5	15,4	20,6	23,4	30,2
Илим	11,9	12,4	15,8	22,0	23,4	28,9
Barbara	12,9	13,3	14,4	21,5	23,2	28,6
L-43	13,4	13,9	15,0	18,4	21,1	28,7
<i>Среднее</i>	<i>13,5</i>	<i>13,5</i>	<i>15,3</i>	<i>19,9</i>	<i>22,5</i>	<i>28,6</i>

Наиболее интенсивный прирост листовой массы наблюдается в фазу быстрого роста – $38,5 \text{ см}^2/\text{растение}$ (+ $30,7 \text{ см}^2$ к площади листьев в фазу «елочки»). При этом рост в основном наблюдался за счет увеличения листовой пластинки, а не за счет увеличения количества листьев на растении (+9,2 шт/растение к +29,1 шт/растение в фазу «елочки»). К фазе цветения темпы роста листьев постепенно замедлялись (+23, +13 см^2 и +16, +0,9 шт/растение по межфазным периодам). После цветения формирование новых листьев на растении не наблюдается, происходит их постепенное отмирание – фаза зеленой спелости $42,0 \text{ шт/растение}$ (–15,2 шт/растение), $42,4 \text{ см}^2$ (–32,9 см^2).

Наибольшее количество листьев на растении (83 шт.) формировалось у сорта Amon (+17,5 шт. к контрольному сорту Салют и +26,2 шт. к среднему показателю по сортам). Что касается длительности функционирования листового аппарата, то отмирание листьев медленнее остальных наблюдалось у сорта-стандарта Салют и сорта Илим, у которых к фазе желтой спелости на растении сохранялось соответственно 98 и 82 % листьев.

У сортов с малым периодом функциональной активности листьев – Сонечны, Брестский, LM-97 и L-43 этот показатель составил 44–58 %. Быстрая потеря листьев у данных сортов, бесспорно, объясняет их низкую урожайность по сравнению с контролем. У низкоурожайных

сортів Victory и Півдіна ніч достаточна висока збережувальність листків (78 и 75 %) не компенсувала слабку їх облиственність.

Самі великі листки сформували сорти льна нафного Півдіна ніч, Айсберг и Bison (с площею одного листа 2,4, 2,3 и 2,0 см² відповідно). Ці сорти характеризувалися низькою густрою стеблостою – 389–446 шт/м² при 658 шт/м² у контролю. Наоборот, самі мелкі листки були сформовані у сорти Balladi Toll (1,08 см²), відмінюючогося найбільш щільним стеблестоем (693 шт/м²). Отримані дані свідчать про вплив площі живлення рослини льна нафного на формування його листового апарату.

Динаміка наростання стебля. Для стебел льна нафного характерно неперервне наростання в висоту в період вегетації, досягаючи максимуму в фазу повної спелості. Темпи росту відрізняються по фазах вегетації (рис. 2).

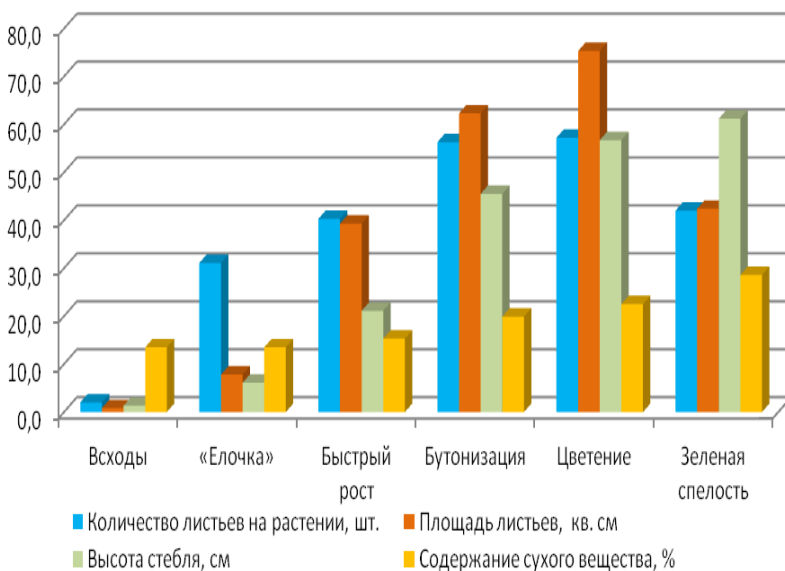


Рис. 2. Динамика накопления сухого вещества, %

В начальные фазы вегетации (всходы, фаза «елочки») наростание стеблей идет низкими темпами. Среднесуточный прирост стебля составляет 0,5–0,7 см, достигая к фазе «елочки» длины 5,5–6,7 см. В фазу

«елочки» прирост длины стеблей уже составляет около 1 см в сутки. Наиболее интенсивно стебель растет в фазу быстрого роста, при среднесуточном приросте 2,0–3,5 см, достигая к фазе цветения 90 % общей высоты. После формирования репродуктивных органов интенсивность роста стебля в длину резко снижается. Рост стебля в длину в фазах спелости практически не заметен, составляя к фазе зеленой спелости всего около 0,3 см, а к фазе желтой спелости и вовсе 0,1–0,2 см/сут. Такой характер роста вегетативной массы растения подчиняется закону Ю. Сакса, который объясняет физиологическую ритмичность роста. Согласно этому закону, после формирования цветков отмечается замедление видимого роста с выходом кривой на плато (стационарный рост) после образования семян. В это время происходит созревание семян за счет оттока к ним пластических веществ из вегетативной части растения. Одновременно происходит потеря свободной воды растением и накопление сухого вещества.

Содержание сухого вещества в растениях является количественным показателем, отражающим аккумуляцию факторов жизни (свет, тепло, влага и др.) в растительном организме. Различная густота посевов существенно влияет на транспирацию, а также на содержание влаги в растениях. Содержание сухого вещества в растениях льна масличного увеличивалось по фазам развития (см. табл. 5, рис. 2).

Максимум накопления сухих веществ наблюдается в фазу желтой спелости (39,2 %). Прирост сухой биомассы связан с темпами роста вегетативной части растения. Так, до фазы быстрого роста нарастание биомассы было незначительным и содержание сухих веществ составляло 13–14 %. В межфазный период от быстрого роста до цветения наблюдается самый интенсивный прирост листьев и рост стебля в высоту. Высокая интенсивность роста вегетативной части растения в этот период сопровождается повышением общего содержания сухих веществ в растении до 18–22 %. Дальнейшее повышение сухой биомассы связано с созреванием семян, опадением листьев и усыханием стебля. Прирост сухого вещества в фазы зеленой и желтой спелости составил до 8 и 12 % соответственно.

5. ПАРАМЕТРЫ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЕВА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ

Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо соблюдать следующие условия: 1) быстрое развитие и достижение оптимальной площади листьев; 2) повышение продуктивно-

сти фотосинтеза; 3) более длительный период сохранения листьев в активном состоянии; 4) эффективное использование продуктов фотосинтеза для усиленного роста хозяйственно-ценных органов растений и накопление в них большего количества органического вещества. Важным условием высокой продуктивности посевов является поглощение растениями большего количества энергии солнечной радиации и преобразование ее в органическое вещество. Именно поэтому существенным направлением является изучение параметров фотосинтеза растений льна масличного.

Продуктивность фотосинтеза растений определяется двумя главными показателями: суммарной площадью листьев (ассимилирующей поверхности) и интенсивностью фотосинтетических процессов на единицу площади листьев. От того как протекает фотосинтез зависят рост, развитие растений и их урожайность.

Индекс листовой поверхности (ИЛП). Общая листовая поверхность посева превосходит площадь, которую занимают растения. Чем больше растений приходится на единицу площади и чем выше площадь листьев, тем выше ИЛП. В связи с этим изменение ИЛП по фазам развития связано с изменением площади листьев отдельных растений и густотой их стояния (рис. 3).

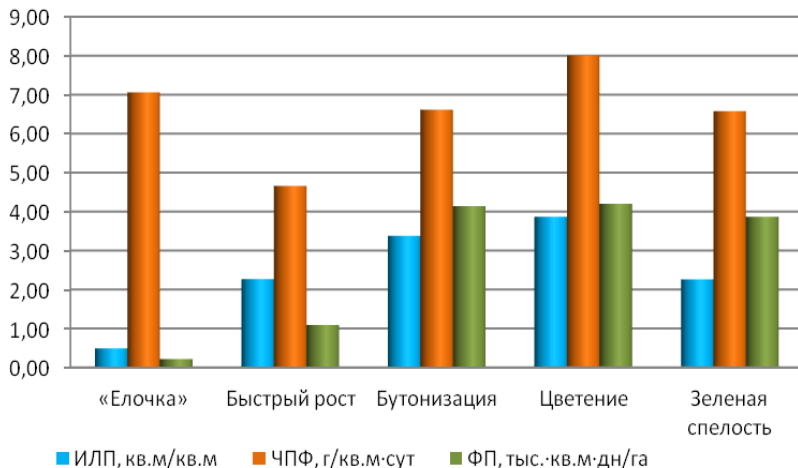


Рис. 3. Динамика изменения фотосинтетических параметров по фазам развития льна масличного

Прирост листовой поверхности завершается в фазе цветения. В этот период отмечена наибольшая величина ИЛП – 2,5–5,0 с постепенным снижением по мере опадения листьев до 1–3 в фазу зеленой спелости и до 0,5 в фазу желтой спелости. Высокие начальные показатели ИЛП в фазу всходов связаны с тем, что в данный период фотосинтез осуществляют только 2 семядольных листа, которые значительно крупнее настоящих листьев льна.

Изменчивость величины ИЛП в зависимости от генотипа и фазы развития отражает рис. 4.

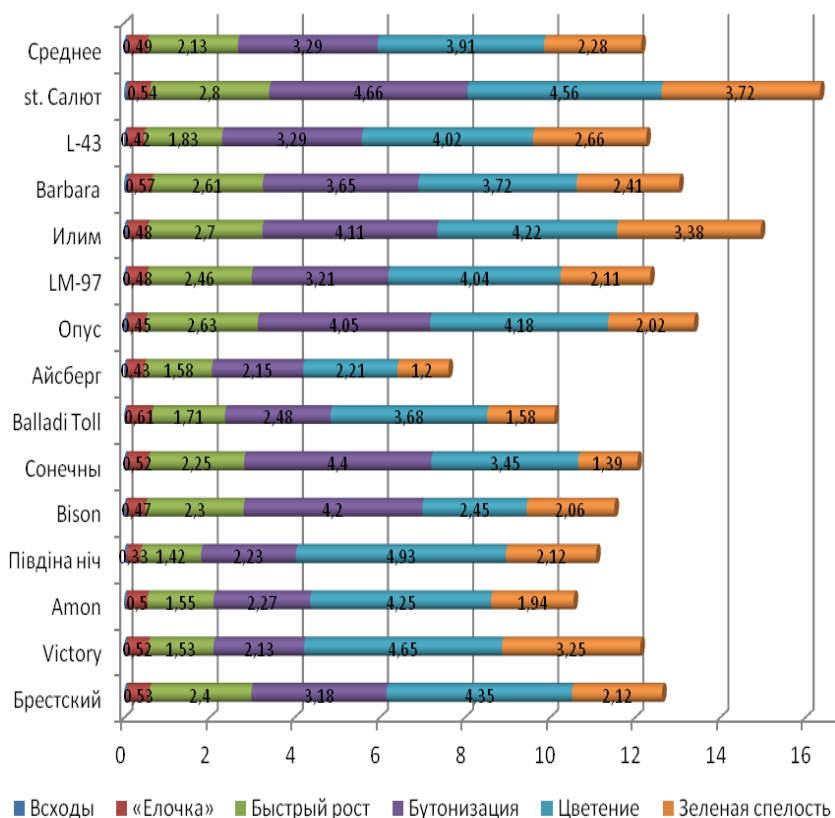


Рис. 4. Изменение индекса листовой пластинки сортов льна по фазам развития, м²/м²

Как видно, ИЛП отражает те же закономерности ранжирования сортов, которые были установлены при анализе урожайности. Так, самый высокий индекс листовой поверхности за вегетацию имеют сорта Салют и Илим, характеризующиеся наибольшей урожайностью семян. Самый низкий индекс характерен для низкоурожайного сорта Айсберг. У сорта Balladi Toll невысокий суммарный ИЛП связан с низкой площадью листьев, как было указано выше.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). ЧПФ характеризует среднюю эффективность фотосинтеза листьев в посеве, но она слабо коррелирует с конечным урожаем. Она максимальна при низких величинах ИЛП, когда большинство листьев хорошо освещены. С увеличением ИЛП и соответственно усилением взаимного затенения листьев в посеве, как и при избыточном азотном питании, ЧПФ снижается. У льна масличного с учетом небольшой площади отдельных листочков и близким к эректоидному их расположением, листья в меньшей степени испытывают влияние взаимного затенения.

На показатель ЧПФ оказывает влияние суммарный эффект площади листьев и прироста сухого вещества растений, поэтому изменчивость данного показателя по фазам развития схожа с закономерностями, установленными при анализе динамики накопления биомассы растениями (см. табл. 5, 6, рис. 2, 5).

Однако зависимость с интегральным показателем «урожайность семян» часто обратная. Так, высокоурожайные сорта Салют, Илим, Varbaga характеризовались величиной ЧПФ на уровне средних значений. В то же время наибольшие суммарные показатели были отмечены у самого низкоурожайного сорта Айсберг и обусловлены не потенциалом продуктивности сорта, а повышенной площадью питания из-за изреженности стеблестоя. И, наоборот, у Balladi Toll по причине высокой густоты формировались индивидуальные растения со средними показателями продуктивности.

У сорта Bison невысокая чистая продуктивность фотосинтеза связана с невысокими темпами накопления биомассы, а у Victory – со слабым развитием фотосинтетического аппарата. Таким образом, очевидно, что показатель ЧПФ больше отражает показатели отдельных растений, но не дает полного представления об их поведении в ценозе, что наиболее важно с агрономической точки зрения.

Для оценки вклада фотосинтеза в общую урожайность большее значение имеет не продуктивность фотосинтеза отдельного растения, а суммарный фотосинтез посева. Для этого мы рассчитывали фотосинтетический потенциал посевов льна масличного.

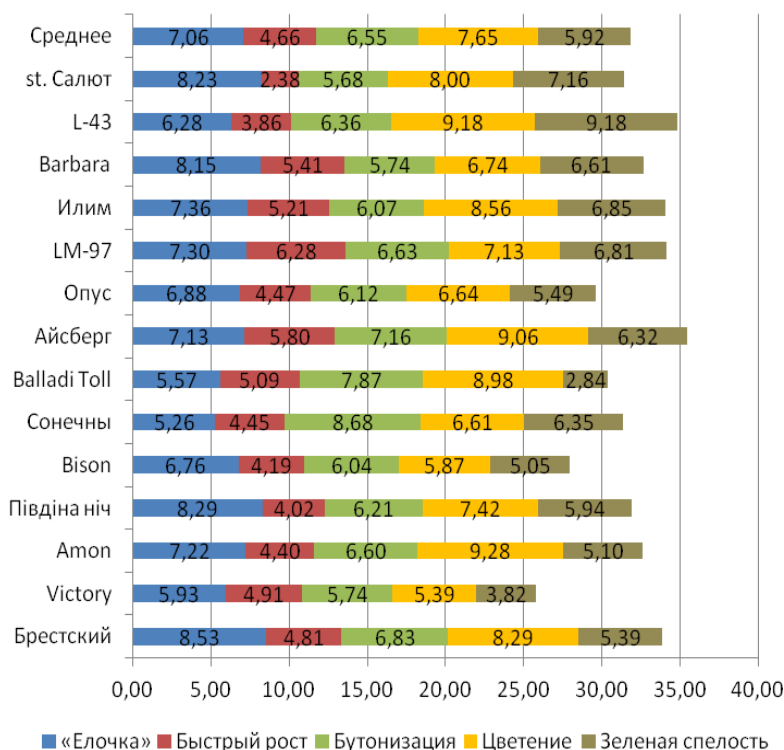


Рис. 5. Изменение чистой продуктивности фотосинтеза сортов льна по фазам развития, г/м²·сут

Фотосинтетический потенциал посевов. Продуктивность посевов определяется не только величиной, но и длительностью функционирования фотосинтезирующих органов растения. Фотосинтетический потенциал (ФП) представляет собой обобщающий показатель, который характеризует величину и скорость нарастания или убывания фотосинтезирующей поверхности и продолжительности ее работы.

Фотосинтетический потенциал – суммарная площадь листьев и других ассимилирующих органов растений в посеве за период вегетации. Этот показатель рассчитывается как произведение полусуммы площади листьев за каждые два смежных определения на длительность периода между этими определениями в днях. Фотосинтетиче-

ский потенциал посева тесно коррелирует как с биологической, так и с хозяйственной продуктивностью растений.

Таблица 6. Показатели фотосинтетической деятельности льна

Сорт	Фаза развития				
	«елочка»	быстрый рост	бутониза- ция	цветение	зеленая спелость
Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), г/м²·сут					
Брестский	8,53	4,81	6,83	8,29	5,39
Victory	5,93	4,91	5,74	5,39	3,82
Amon	7,22	4,40	6,60	9,28	5,10
Півдіна ніч	8,29	4,02	6,21	7,42	5,94
Bison	6,76	4,19	6,04	5,87	5,05
Сонечны	5,26	4,45	8,68	6,61	6,35
Balladi Toll	5,57	5,09	7,87	8,98	2,84
Айсберг	7,13	5,80	7,16	9,06	6,32
Опус	6,88	4,47	6,12	6,64	5,49
LM-97	7,30	6,28	6,63	7,13	6,81
Илим	7,36	5,21	6,07	8,56	6,85
Barbara	8,15	5,41	5,74	6,74	6,61
L-43	6,28	3,86	6,36	9,18	9,18
st. Салют	8,23	2,38	5,68	8,00	7,16
<i>Среднее</i>	<i>7,06</i>	<i>4,66</i>	<i>6,55</i>	<i>7,65</i>	<i>5,92</i>
Фотосинтетический потенциал (ФП), млн·м²·дн/га					
Брестский	0,19	1,07	5,09	3,35	3,11
Victory	0,23	0,79	2,60	3,39	3,21
Amon	0,22	1,18	4,89	3,88	3,70
Півдіна ніч	0,15	0,69	2,66	3,54	3,22
Bison	0,20	1,10	4,70	3,32	3,31
Сонечны	0,22	1,09	4,85	3,82	3,61
Balladi Toll	0,26	1,38	5,13	5,91	5,08
Айсберг	0,20	0,75	2,78	2,67	2,51
Опус	0,20	1,22	4,91	4,86	4,07
LM-97	0,21	1,17	4,14	4,62	4,58
Илим	0,21	1,28	5,68	6,34	5,82
Barbara	0,26	1,24	5,21	5,71	4,56
L-43	0,18	1,30	5,26	5,18	4,98
st. Салют	0,24	1,33	5,52	6,45	6,20
<i>Среднее</i>	<i>0,21</i>	<i>1,11</i>	<i>4,53</i>	<i>4,50</i>	<i>4,14</i>

Характер динамики нарастания площади листьев отражается на фотосинтетическом потенциале растений и подчиняется таким же закономерностям. Индекс листовой поверхности и фотосинтетический потенциал в отличие от показателя «площадь листьев» отдельного растения являются интегральными показателями, которые характеризуют

фотосинтетическую деятельность посева льна масличного и напрямую определяют урожайность. Величина ФП была наибольшей в фазы бутонизации и цветения, она составила 4,53–4,50 млн·м²·дн/га. Самые низкие показатели ФП отмечены у сорта Айсберг, что связано с низкой относительно других сортов суммарной площадью его листового аппарата и изреженностью посева.

В период созревания семян наибольшие величины ФП сохраняли сорта Салют (6,20 млн·м²·дн/га), Илим (5,82 млн·м²·дн/га) и Balladi Toll (5,08 млн·м²·дн/га). Эти же сорта отличались и наибольшей урожайностью, что свидетельствует о целесообразности в селекции льна масличного отбора генотипов, обладающих способностью к длительному функциональному сохранению фотосинтетического аппарата.

В целом ранжирование величины ФП по сортам определило и их суммарную урожайность. Так, несмотря на высокие показатели ЧПФ у сортов Айсберг и Півдіна ніч, фотосинтетический потенциал их был самым низким, как и урожайность семян (–86,6 и –81,1 г/м² по отношению к стандарту).

Для определения взаимосвязи фотосинтетических параметров нами был проведен корреляционный анализ признаков (табл. 7).

Таблица 7. Взаимосвязь фотосинтетических параметров льна, г

Показатель		X1	X2	X3	X4	X5	X6
X1	Количество листьев	–	–	–	–	–	–
X2	Высота стебля	0,73	–	–	–	–	–
X3	Содержание сухого вещества	0,51	0,91	–	–	–	–
X4	Площадь листьев растения	0,84	0,77	0,56	–	–	–
X5	Индекс листовой поверхности	0,85	0,76	0,54	0,97	–	–
X6	Чистая продуктивность фотосинтеза	0,19	0,29	0,16	0,18	0,17	–
X7	Фотосинтетический потенциал	0,65	0,87	0,65	0,77	0,81	0,33

В результате анализа установлено, что между показателями площади листьев и ИЛП, высотой стебля и содержанием сухого вещества имеется прямая линейная связь ($r = 0,97$ и $0,91$ соответственно). Количество листьев в значительной степени предопределяет показатели ИЛП ($r = 0,85$), ФП ($r = 0,65$) и площадь листьев ($r = 0,84$). Фотосинтетический потенциал тесно коррелирует со всеми фотосинтетическими параметрами, а также с урожайностью семян ($r = 0,74$) (табл. 8).

Поэтому в селекции льна масличного на урожайность семян при использовании индивидуального отбора следует уделять внимание растениям, имеющим высокую облиственность и сохраняемость к уборке выше 75 %.

**Таблица 8. Взаимосвязь фотосинтетических параметров льна
и элементов структуры урожайности, г**

Показатель	Количество коробочек на растении	Количество семян на растении	Масса семян с растения	Масса 1000 семян	Урожайность семян
ИЛП	–0,15	0,26	0,65	–0,05	0,72
ЧПФ	0,02	0,20	0,68	–0,32	0,32
ФП	0,35	0,31	0,59	–0,16	0,74

Известно, что общая урожайность с единицы площади имеет обратную корреляцию с показателями качества семян. Также было установлено, что повышение фотосинтетических параметров (ИЛП, ФП и ЧПФ) обуславливает повышение массы семян с растения ($r = 0,65, 0,59$ и $0,68$ соответственно) на фоне снижения их крупности.

Показатель чистой продуктивности фотосинтеза больше связан с продуктивностью индивидуального растения ($r = 0,68$) и имеет весьма слабый вклад в общую урожайность ($r = 0,32$). Это указывает на нецелесообразность использования этого показателя в качестве критерия отбора в селекции на урожайность.

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТЕБЛЯ В СЕЛЕКЦИИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Льняное волокно в сырьевом балансе текстильной промышленности Республики Беларусь занимает первое место и является одним из самых крепких и прочных растительных волокон. При использовании льна в качестве прядильной культуры большое значение имеют характерные особенности внутреннего строения стебля. Интерес к данному вопросу продиктован тем, что анатомическая картина поперечного среза стебля дает представление о количестве, качестве волокна и в некоторой степени о свойствах устойчивости растений к полеганию. Это важно для точной оценки единичных растений или небольшого их числа, что особенно ценно в научно-исследовательской работе. Для льна масличного, в отличие от льна-долгунца, основным показателем ценности является не показатель качества волокна, а семенная продуктивность. Однако анатомические показатели стебля оказывают влияние как на устойчивость к полеганию, так и на формирование, развитие репродуктивных органов, а значит на продуктивность растения. Поэтому при проведении селекции льна масличного на семенную продуктивность в качестве критериев отбора также целесообразно исполь-

зовать признаки анатомического строения: диаметр стебля, центральной полости, толщина лубяных волокон склеренхимы, количество их и характер расположения, характер формирования элементарных волокон.

В поперечном срезе стебля льна различают эпидерму, первичную кору, склеренхиму, флоэму (луб), камбий, ксилему (древесину), сердцевину и центральную полость (рис. 6). Под эпидермой располагаются ткани первичной коры: хлорофиллоносная паренхима и эндодерма. Отсутствие в первичной коре колленхимы имеет существенное практическое значение, так как во время росяной мочки льна вода не встречает препятствий и легко проникает внутрь.

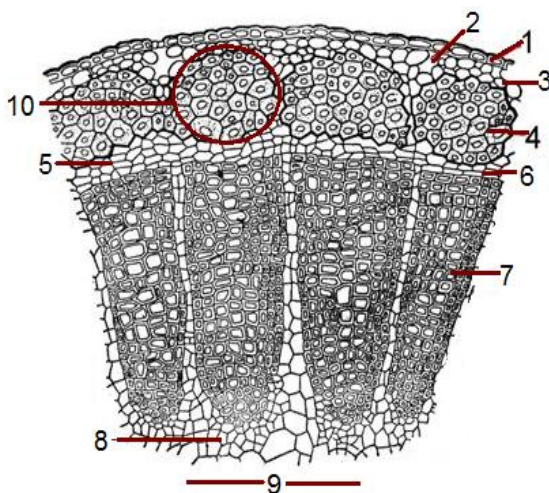


Рис. 6. Строение стебля льна:

- 1 – эпидерма; 2 – паренхима; 3 – эндодерма; 4 – склеренхима;
5 – флоэма; 6 – камбий; 7 – ксилема; 8 – сердцевина;
9 – центральная полость; 10 – лубяной пучок

Склеренхима стебля льна представлена лубяными волокнами с очень толстыми, неодревесневшими стенками, которые плотно соединяются между собой пектином. В практике одну клетку лубяного волокна называют элементарным волокном. В среднем его длина составляет 20–30 мм, но может достигать 120 мм и более. Льняное волокно относится к самым длинным растительным волокнам.

Элементарное волокно собрано в пучки, которые практики чаще всего называют лубяными пучками (техническим волокном). В одном лубяном пучке количество элементарных волокон колеблется от 10 до 50 шт. В одном стебле льна насчитывают от 15 до 40 лубяных пучков, которые располагаются по периферии стебля, образуя кольцо различной плотности.

Элементарные волокна соединены в пучке так, что концы отдельных волокон находятся на неодинаковой высоте. Именно это определяет прочность каждого лубяного пучка. Элементарными волокнами, переходящими из одного пучка в другой, связываются лубяные пучки.

В результате этого получается прочное соединение в единую систему всей склеренхимной части стебля льна. Поэтому при отделении лубяного волокна от древесины выделяются сплошные ленты волокнистого слоя, представляющие собой техническое волокно. Длина его находится в прямой связи с длиной неразветвленной (технической) части стебля.

Качество льняного волокна зависит как от формы и строения элементарных волокон, так и лубяных пучков. Форма элементарных волокон в поперечном сечении бывает различной – от овальной до многоугольной. Волокна многоугольной формы плотнее соединены между собой, что обеспечивает механическую прочность волокнистых пучков. Волокно хорошего качества дают растения льна, у которых различают некрупные, ровные по диаметру элементарные волокна граненой формы с толстыми стенками и небольшими просветами внутри. Расположение таких волокон в пучке плотное, а степень их одревеснения минимальная. Хорошее волокно обеспечивают сорта, стебли которых имеют лубяные пучки правильной удлиненно-овальной или тангентальной формы с ровными краями. Сорта, у которых растения имеют крупные лубяные пучки округлой формы или пучки с неровными краями, дают низкое по качеству волокно.

Большая часть волокна в стеблях льна образуется перед и во время бутонизации растений. С переходом в фазу цветения образование волокна заканчивается. До цветения толщина стенок элементарных волокон увеличивается медленно, а после цветения – быстрее, особенно при переходе к ранней желтой спелости.

Значительная длина волокон – один из признаков хорошего качества технического волокна. Его длина находится в прямой связи с длиной неразветвленной (технической) части стебля. Чем плотнее лубя-

ные пучки сливаются в сплошное кольцо, чем длиннее стебли льна, тем выше урожайность волокна.

Волокнистость льна зависит от толщины стебля. Связь между диаметром стебля льна и выходом волокна была детально проанализирована П. Алхименковым. Был установлен оптимальный диаметр стебля – 1,0–1,5 мм. Стебель с диаметром меньше 1 мм и больше 2,5 мм не дает высокого содержания волокна. По мере увеличения диаметра количество элементарных волокон в стебле возрастает, достигая максимума при диаметре 2,5 мм. По мере дальнейшего увеличения толщины стебля выход волокна уменьшается, так как соотношение луба и древесины изменяется в пользу древесины (в практике под термином «луб» подразумевают все ткани, расположенные к периферии от камбия: флоэма, склеренхима, ткани первичной коры и эпидерма). При увеличении диаметра и длины стеблей уменьшается заокостренность луба, но волокно получается грубое с повышенным одревеснением. Максимальное количество волокон не характерно для середины стебля. Оно может смещаться в сторону его основания или вершины.

В зависимости от условий выращивания и сорта льна, положение волокон в стебле и их размеры сильно изменяются. Размер элементарного волокна в поперечном сечении колеблется от 2 до 200 мкм. Наиболее толстые волокна находятся в основании стебля, более тонкие – в направлении его вершины. Длина элементарных волокон составляет 1–120 мм, которая увеличивается в том же направлении.

Содержание волокна имеет тесную обратную связь с соотношением между лубом и древесиной. Сорта с более низким содержанием лубяного волокна обладают более высоким содержанием древесины, чем луба. Качество волокна ниже у тех сортов, стебли которых имеют большой диаметр элементарных волокон и повышенное содержание одревесневших волокон.

Детальное изучение анатомического строения стебля льна началось давно. Первым фундаментальным трудом по этому вопросу была книга Тине Таммес, в которой большое внимание уделено распределению лубяных волокон в различных частях стебля в зависимости от условий выращивания растений льна. В 30-е годы XX века исследования были направлены на изучение изменения тонкой структуры в связи с генотипическими особенностями отдельных сортов, влиянием различных факторов окружающей среды, формированием устойчивости к полеганию.

В то же время анатомическое строение стебля льна масличного изучено не столь широко. Наши исследования были направлены на изучение связи анатомических структур стебля и элементов продуктивности растения льна масличного.

Анатомическое строение стебля льна масличного отличается от льна-долгунца. За счет большей степени разрушения клеток сердцевинны (образования центральной полости) толщина стенки стебля у масличного льна меньше. При анализе гистологических элементов стебля была проведена оценка основных показателей, определяющих продуктивность растения и его устойчивость к полеганию. Это мощность фотосинтезирующей паренхимы (хлоренхимы), особенности формирования лубяных волокон, соотношение луба к древесине (табл. 9).

Таблица 9. Гистологический состав стебля льна масличного

Сорт	Толщина стенки, мкм	Хлоренхима		Луб		Древесина		Соотношение луб / древе- сина
		мкм	%	мкм	%	мкм	%	
Брестский	682,7	26,9	3,9	169,1	24,8	513,6	75,2	0,33
Илим	533,4	36,1	6,8	204,6	38,4	328,8	61,6	0,62
Опус	541,1	32,6	6,0	253,7	46,9	287,4	53,1	0,88
Салют	698,4	25,7	3,7	183	26,2	515,4	73,8	0,36
<i>Среднее</i>	<i>613,9</i>	<i>30,3</i>	<i>5,1</i>	<i>202,6</i>	<i>34,1</i>	<i>411,3</i>	<i>65,9</i>	<i>0,55</i>

Анализируемые сорта значительно различаются по соотношению луба к древесине: от 0,33 (Брестский) до 0,88 (Опус). У сортов Брестский и Салют, имеющих более толстую стенку стебля с менее выраженной центральной полостью, древесина занимает 74–75 % по отношению к тонкостенным сортам Илим и Опус (53–62 %).

В свою очередь, у сортов Илим, Опус, имеющих отношение луба к древесине, близкое к 1, более развита хлоренхима – 6,0–6,8 %, чем у сортов, имеющих соотношение, близкое к 1:3 (хлоренхимы 3,7–3,9 %).

Анатомическое строение стебля определяет морфометрические параметры растения (табл. 10).

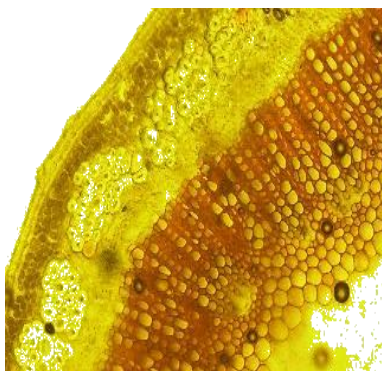
Благодаря проведенному анализу отмечена сильная корреляционная связь степени развития хлоренхимы и основных фотосинтетических параметров растения (ИЛП – 0,71 и ФП – 0,81). Поэтому в селекции на продуктивность в качестве критерия при использовании индивидуального отбора рекомендуется использовать показатель мощности развития хлоренхимы – ее толщина.

**Таблица 10. Корреляция гистологических элементов стебля
и фотосинтетических параметров растения, r**

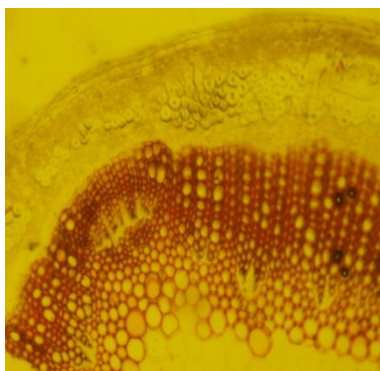
Показатель	Количество листьев	Площадь листьев	ИЛП	ФП	ЧПФ
Толщина хлоренхимы	0,57	0,59	0,71	0,81	0,50
Толщина луба	−0,28	0,64	0,65	0,09	0,83
Толщина древесины	−0,14	−0,67	−0,74	−0,48	−0,76
Соотношение луб/древесина	−0,14	0,63	0,66	0,22	0,85
Количество элементарных волокон в пучке	0,91	0,32	0,39	0,83	−0,63
Размер лубяного пучка (поперечный)	0,73	0,64	0,76	0,93	0,25
Размер элементарного волокна (поперечный)	0,28	0,70	0,79	0,60	0,67

На общую продуктивность растения большее влияние оказывает развитие луба, чем древесины. Характер развития элементарных волокон тесно связан с фотосинтетическими параметрами, поэтому в селекции в качестве критериев отбора наиболее продуктивных генотипов целесообразно использовать признаки интенсивности развития луба.

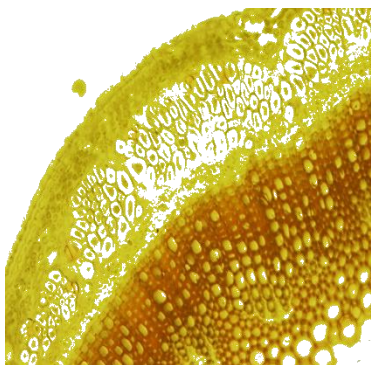
Анатомическая структура лубяных волокон анализируемых сортов имеет ряд общих свойств (рис. 7, табл. 11).



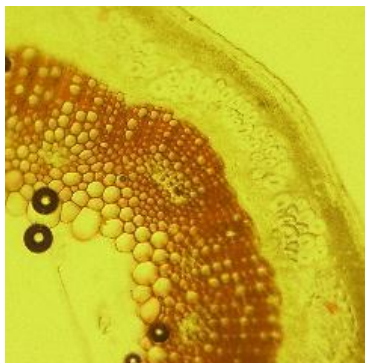
Салют



Брестский



Илим



Опус

Рис. 7. Микрофотографии поперечных срезов стебля анализируемых сортов льна масличного

Таблица 11. Характеристика структурных элементов луба

Сорт	Лубяные пучки			Элементарное волокно			
	количество, шт.	диаметр, мкм		количество в пучке, шт.	диаметр, мкм		просвет волокна, мкм
		радиальный	тангентальный		радиальный	тангентальный	
Брестский	26,0	68,7	195,7	26,3	20,2	20,8	5,2
Илим	22,3	118,9	229,5	36,3	27,0	28,1	7,3
Опус	24,5	97,7	198,2	22,3	24,8	31,0	13,7
Салют	26,8	77,6	180,8	30,2	21,3	20,5	5,4
<i>Среднее</i>	<i>24,9</i>	<i>90,7</i>	<i>201,1</i>	<i>28,8</i>	<i>23,3</i>	<i>25,1</i>	<i>7,9</i>

У сортов льна масличного, в отличие от льна-долгунца, лубяные пучки не имеют четких очертаний, элементарные волокна различные по диаметру, часто многогранные формы. Это объясняет более высокую устойчивость льна масличного к полеганию, но свидетельствует о формировании волокна низкого качества. Количество и размер лубяных пучков в значительной степени определяют облиственность растений ($r = 0,91$ и $0,73$ соответственно) и фотосинтетический потенциал ($r = 0,83$ и $0,93$ соответственно).

Мощность развития луба и размер элементарных волокон тесно коррелируют с урожайностью (коэффициент корреляции составил $0,75$ и $0,84$ соответственно), с массой семян с растения (коэффициент корреляции – $0,70$ и $0,60$ соответственно) (табл. 12).

**Таблица 12. Взаимосвязь анатомических параметров стебля
и элементов структуры урожайности льна, r**

Показатель	Высота растения	Устойчивость к полеганию	Количество коробочек на растении	Количество семян на растении	Масса семян с растения	Масса 1000 семян	Урожайность семян
Толщина стенки	−0,69	0,93	−0,92	−0,34	−0,50	0,12	−0,77
Толщина хлоренхимы	0,63	−0,99	0,95	0,31	0,40	−0,16	0,72
Толщина луба	0,55	−0,53	0,64	0,47	0,70	−0,14	0,75
Количество лубяных пучков	−0,59	0,99	−0,92	−0,22	−0,27	0,13	−0,63
Количество элементарных волокон в пучке	−0,34	−0,43	0,44	0,31	0,08	−0,54	0,26
Просвет волокна	0,62	−0,43	0,51	0,31	0,57	0,03	0,61
Размер лубяного пучка	0,42	−0,98	0,96	0,40	0,42	−0,34	0,74
Размер элементарного волокна	0,63	−0,90	0,93	0,44	0,60	−0,21	0,84

Толщина стенки стебля определяет устойчивость растений к полеганию ($r = 0,93$). Так, наиболее устойчивыми к полеганию были сорта Салют (4,9 балла) и Брестский (4,8 балла), имеющие соответственно наибольшую толщину стенок стебля (698 и 683 мкм). В то же время у толстостенных сортов формируется меньше коробочек ($r = -0,92$) и, как следствие, их урожайность ниже ($r = -0,77$). Так, в нашем опыте урожайность сортов Салют и Брестский составила 17,1 и 14,4 ц/га при 18,4 и 18,5 ц/га у тонкостенных сортов Опус и Илим соответственно.

Как было отмечено выше, у сортов с хорошо развитой хлоренхимой развитие вегетативных органов выше, что, в итоге, приводит к более высокой урожайности, но и большей склонности к полеганию ($r = -0,99$).

Для сортов, устойчивых к полеганию, характерно наличие следующих гистологических параметров: утолщенный стебель с небольшой центральной полостью, большое количество лубяных пучков, которые состоят из тонких элементарных волокон с небольшим просветом. Эти признаки следует использовать в качестве критерия отбора в селекции льна масличного на устойчивость к полеганию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В общую урожайность льна масличного наибольший вклад вносит масса семян с растения ($r = 0,92$), а также количество коробочек ($r = 0,88$) и семян ($r = 0,86$) на растении. В свою очередь эти показатели формируют сильную корреляционную плеяду ($0,96-0,74$). Таким образом, в селекции на урожайность в качестве критерия отбора следует использовать признак «количество коробочек на растении», который наиболее прост и доступен в определении и имеет тесную корреляцию с менее доступными для визуальной оценки признаками продуктивности – количеством и массой семян с растения. Крупность семян находится в обратной зависимости от количества семян, формирующихся на растении ($r = -0,94$), и другими признаками продуктивности, что свидетельствует о нецелесообразности проведения отбора по данному показателю.

2. Продолжительность вегетативного периода льна преобладает над генеративным (52–63 %). Соотношение этих периодов специфично для отдельных генотипов. Продолжительность вегетативного периода в общей вегетации определяет урожайность за счет величины формирующейся биомассы, обеспечивающей, в генеративном периоде, отток пластических веществ к семенам. При подборе пар для гибридизации для достижения желаемых результатов следует уделять внимание родительским формам с различным сочетанием межфазных периодов.

3. Динамика накопления вегетативной массы растения тесно коррелирует с урожайностью. В процессе вегетации льна масличного нарастание листьев происходит по типу одновершинной кривой с пиком в фазе бутонизация – цветение – 43–83 шт/растение, 53–109 см²/растение. Наиболее интенсивный прирост листовой массы наблюдается в фазу быстрого роста за счет увеличения листовой пластинки. К фазе цветения темпы роста постепенно замедляются, а затем формирование новых листьев на растении не наблюдается, происходит их постепенное отмирание. В селекции на урожайность в качестве критерия отбора наряду с общей облиственностью растения следует использовать признак «длительность функционирования листового аппарата». Источниками данного признака являются сорта Салют и Илим.

4. Общая листовая поверхность посева превосходит площадь, которую занимают растения. Чем больше растений приходится на единицу площади и чем выше площадь листьев, тем выше индекс листовой поверхности (ИЛП). В связи с этим изменение ИЛП по фазам развития

связано с изменением площади листьев отдельных растений и густотой их стояния. Прирост листовой поверхности завершается в фазе цветения, тогда же отмечается и наибольшая величина ИЛП, равная 2,5–5,0, с постепенным снижением по мере опадения листьев до 1–3 в фазу зеленой спелости и до 0,5 в фазу желтой спелости.

5. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) характеризует среднюю эффективность фотосинтеза листьев в посеве, но она слабо коррелирует с конечным урожаем. Она максимальна при низких величинах ИЛП, когда большинство листьев хорошо освещены. С увеличением ИЛП и соответственно усилением взаимного затенения листьев в посеве, как и при избыточном азотном питании, ЧПФ снижается. Зависимость ее с урожайностью семян часто обратная. Так, высокоурожайные сорта Салют, Илим, Varbara характеризовались величиной ЧПФ на уровне средних значений. В то же время наибольшие суммарные показатели были отмечены у самого низкоурожайного сорта Айсберг и обусловлены не потенциалом продуктивности сорта, а повышенной площадью питания из-за изреженности стеблестоя. Таким образом, показатель чистой продуктивности фотосинтеза больше связан с продуктивностью индивидуального растения ($r = 0,68$) и имеет весьма слабый вклад в общую урожайность ($r = 0,32$), что свидетельствует о нецелесообразности использования его в качестве критерия отбора в селекции на урожайность.

6. Для оценки вклада фотосинтеза в общую урожайность большее значение имеет не продуктивность фотосинтеза отдельного растения, а суммарный фотосинтез посева. Величина фотосинтетического потенциала (ФП) была наибольшей в фазы бутонизации и цветения 4,53–4,50 млн·м²·дн/га. В период созревания семян наибольшие величины ФП сохраняли сорта Салют (6,20 млн·м²·дн/га), Илим (5,82 млн·м²·дн/га) и Balladi Toll (5,08 млн·м²·дн/га). Принимая во внимание существенную корреляционную связь ФП с урожайностью ($r = 0,74$), при индивидуальном отборе в селекции льна масличного следует уделять внимание хорошо облиственным формам, имеющим развитые, крупные листья и высокую сохраняемость растений к уборке (выше 75 %).

7. Общая урожайность с единицы площади имеет обратную корреляцию с показателями качества семян льна масличного. Повышение фотосинтетических параметров (ИЛП, ФП и ЧПФ) обуславливает повышение массы семян с растения ($r = 0,65$, 0,59 и 0,68 соответственно) на фоне снижения их крупности.

8. Анатомическое строение стебля льна масличного имеет ряд отличий от льна-долгунца. У льна масличного волокнистые пучки не имеют четких очертаний, элементарные волокна неправильной формы, часто многогранные, что объясняет большую устойчивость льна масличного к полеганию, но свидетельствует о формировании волокна низкого качества. Гистология стебля определяет морфометрические параметры растения. Количество и размер волокнистых пучков обуславливает облиственность растений ($r = 0,91$ и $0,73$ соответственно) и их фотосинтетический потенциал ($r = 0,83$ и $0,93$ соответственно).

9. Принимая во внимание сильную корреляционную связь степени развития хлоренхимы и основных фотосинтетических параметров растения (ИЛП – $0,71$ и ФП – $0,81$), на ранних этапах селекции на продуктивность следует отбирать формы, имеющие более развитую хлоренхиму.

10. В общую продуктивность растения больший вклад имеет развитие луба, нежели древесины. Характер развития элементарных волокон тесно связан с фотосинтетическими параметрами, поэтому в качестве критериев отбора продуктивных генотипов на ранних этапах селекции целесообразно использовать развитие элементов луба.

11. В селекции на устойчивость к полеганию следует отбирать формы, имеющие следующие особенности анатомического строения стебля: стебель с утолщенной стенкой, с большим количеством волокнистых пучков, состоящих из тонких элементарных волокон с небольшим просветом. У сортов с хорошо развитой хлоренхимой развитие вегетативных органов выше, что в результате приводит к более высокой урожайности, но и большей склонности к полеганию ($r = -0,99$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Живетин, В. В. Лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург, О. Н. Ольшанская. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.
2. Современные технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / под общ. ред. М. А. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2005. – 304 с.
3. Отраслевая научно-техническая программа «Лен масличный» на 2012–2016 гг. / Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gknt.org.by>. – Дата доступа: 15.12.2014 г.
4. Результаты испытания сортов кормовых и технических культур на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2010–2012 годы / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2012. – С. 139–164.
5. Зайцев, В. А. Сеять лен выгодно. Выращивать лен правильно / В. А. Зайцев, Ю. Миронов // Ставропольская правда. 2000. – 11 марта. – С. 2–3.
6. Плешков, Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.
7. http://www.belniva.by/news_full.php?id_news=50682. – Дата доступа: 07.06.2013.
8. Казаков, Г. А. Лен масличный – культура ценная и неприхотливая / Г. Казаков, А. Санин, Л. Косых // Агро-Информ. – 2002. – № 12. – С. 21–23.
9. <http://agrostrana.ru/wiki/317>. – Дата доступа: 03.06.2013.
10. Корепанова, Е. В. Фотосинтетическая деятельность льна масличного при разных нормах посева / Е. В. Корепанова, И. И. Фатыхов // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 10(89). – С. 6–7.
11. Эколого-генетические аспекты продуктивности и качества сортов льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) / С. И. Вакула, Л. В. Корень, О. С. Игнатовец [и др.] // Экологическая генетика. – 2009. – Т. 7, № 4. – С. 14–22.
12. Кошкин, Е. И. Частная физиология полевых культур (интерактивный курс): уч.-практ. пособие / Е. И. Кошкин, О. Ф. Пафилова, Н. В. Пильщикова; под общ. ред. Е. И. Кошкина. – М.: РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2010. – С. 145–148.
13. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений: учебник / Н. Н. Третьяков [и др.]; ред.: Н. Н. Третьяков, А. С. Максимова. – 2-е изд. – М.: КолосС, 2005. – 656 с.
14. Кроль, Т. А. Сравнительное изучение роста и продуктивности сортов льна масличного в условиях центрального региона Российской Федерации: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.06 / Т. А. Кроль. – М., 2010. – 20 с.
15. Тихвинский, С. Ф. Производство льна / С. Ф. Тихвинский, А. Ф. Фролова. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1979. – 166 с.
16. Алфименков, П. Выращивать хороший стебель льна / П. Алфименков // Лен и конопля. – 1936. – № 10. – С. 9–11.
17. Таммес, Т. Льняной стебель / Т. Таммес // Приложение к трудам 2-го Всерос. съезда представителей льняного дела: материалы по изучению свойств льняного волокна и др. лубяных волокон. – М., 1913. – С. 129–265.
18. Fahn, A. Plant Anatomy / A. Fahn. – Oxford: Pergamon Press, 1990. – 587 p.
19. Генотипическая вариабельность ультраструктуры элементарных волокон у льна-долгунца / В. Г. Лугин [и др.] // Молекулярная генетика, геномика и биотехнология: материалы междунар. науч. конф., Минск, 24–26 ноября 2004 г. / Инт-т генетики и цитологии НАН Беларуси; редкол.: Н. А. Картель [и др.]. – Минск, 2004. – С. 239–241.
20. Ордина, Н. А. Влияние анатомических и морфологических свойств льняных стеблей на их декортикационную способность / Н. А. Ордина // Сб. науч. тр. ЦНИИЛВ. –

Кострома, 1972. – Т. 27: Вопросы технологии промышленности лубяных волокон. – С. 3–14.

21. Тихвинский, С. Ф. К методике анатомических исследований стебля льна-долгунца / С. Ф. Тихвинский, В. Я. Тихомирова // Селекция, семеноводство, агротехника возделывания льна-долгунца: сб. науч. тр. ВНИИЛ. – Торжок, 1973. – Вып. 11. – С. 104–107.

22. Физиология и биохимия растений: метод. указания / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: Н. П. Рещецкий [и др.]. – Горки, 2000. – 144 с.

23. Методические указания по селекции льна-долгунца / под. ред. А. Р. Рогаша, А. Н. Марченкова. – Торжок, 1987. – 63 с.

24. Виноградов, Д. В. Фотосинтетическая деятельность растений масличных культур / Д. В. Виноградов [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: e-conf.ncras.ru/konferencii/2009/Vinogradov.pdf. – Дата доступа: 06.06.2013.

25. Кефели, В. И. Фотоморфогенез, фотосинтез и рост как основа продуктивности растений / В. И. Кефели. – Пушино, 1991. – 235 с.

26. Физиология сельскохозяйственных растений: в 12 т. / редкол.: Б. А. Рубин (гл. ред.) [и др.]. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – Т. 2: Минеральное питание. Рост и развитие. Эмбриогенез и органогенез / отв. ред. П. А. Генкель. – 1967. – 493 с.

27. Синягин, И. И. Площади питания растений / И. И. Синягин. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 384 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Народнохозяйственное значение льна масличного.....	6
2. Ботаническая характеристика и биологические особенности льна.....	8
3. Хозяйственно-биологическая характеристика сортов льна масличного.....	12
4. Динамика накопления биомассы растениями льна масличного.....	19
5. Параметры фотосинтетической деятельности посева льна масличного и их использование в селекции.....	23
6. Использование гистологических параметров стебля в селекции льна масличного.....	30
Заключение.....	38
Литература.....	41

У ч е б н о е и з д а н и е

Дуктова Наталья Александровна
Андроник Елена Леонидовна
Голуб Иван Антонович и др.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
РАСТЕНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В СЕЛЕКЦИИ

Рекомендации

Редактор *Т. П. Рябцева*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *С. Н. Кириленко*

Подписано в печать 22.12.2014. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,11.
Тираж 75 экз. Заказ 698.

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

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