

**Национальная академия наук Беларуси
Центральный ботанический сад**

**Интродукция, сохранение и использование
биологического разнообразия мировой флоры**

Материалы Международной конференции,
посвященной 80-летию Центрального ботанического сада
Национальной академии наук Беларуси
(19–22 июня 2012 г., Минск, Беларусь)

**В двух частях
Часть 2**

**Assessment, Conservation and Sustainable Use
of Plant Biological Diversity**

Proceedings of the International Conference
dedicated to 80th anniversary of the Central Botanical Garden
of the National Academy of Sciences of Belarus
(June 19–22, 2012, Minsk, Belarus)

**In two parts
Part 2**

Минск
2012

УДК 582:581.522.4(082)

ББК 28.5я43

И73

Редакционная коллегия:

*Д-р биол. наук В.В. Титок (ответственный редактор);
д-р биол. наук, академик НАН Беларуси В.Н. Решетников;
д-р биол. наук, ч.-кор. НАН Беларуси Ж.А. Рупасова;
д-р биол. наук, чл.-кор. НАН Беларуси Е.А. Сидорович;
канд. биол. наук Ю.Б. Аношенко; канд. биол. наук А.В. Башилов;
канд. биол. наук А.А. Веевник; канд. биол. наук И.К. Володько;
канд. биол. наук И.М. Гаранович; канд. биол. наук Л.В. Гончарова;
канд. биол. наук А.А. Кузовкова; канд. биол. наук Л.В. Кухарева;
канд. биол. наук Н.М. Лунина; канд. биол. наук Е.В. Спиридович;
канд. биол. наук В.И. Торчик; канд. биол. наук О.В. Чижик;
канд. биол. наук А.Г. Шутова; канд. биол. наук А.П. Яковлев.*

Иллюстрации предоставлены авторами публикаций

И 73 **Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры;** Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (19–22 июня 2012, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 2 / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок /и др./, Минск, 2012. – 492 с.

В сборнике представлены материалы Международной конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры», посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси.

В 1-й части публикуются тезисы докладов секций «Теоретические основы и практические результаты интродукции растений» и «Современные направления ландшафтного дизайна и зеленого строительства»

Во 2-й части представлены тезисы докладов секций «Экологическая физиология и биохимия интродуцированных растений», «Генетические и молекулярно-биологические аспекты изучения и использования биоразнообразия растений» и «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира».

УДК 582:581.522.4(082)

ББК 28.5я43

Форма 078. Отобрана в плодовых рощах хр. Тарбагатай на правом берегу реки «Урджар» в 2011 г. Экспозиция склона ЮЗ, крутизна 5°. Высота местопроизрастания 876 м над уровнем моря. Дерево корнепорослевого происхождения, в возрасте 13–14 лет, количество стволов – 4, имеет высоту 3,30 м, диаметр штамба – 6 см, диаметр кроны – 3,85 м. Форма кроны шаровидно-раскидистая. Прирост побегов – 17 см. Форма плодов плоско-округлая, основная окраска – бело-желтая, покровная окраска – розовая, средний вес плода – 36,6 г, вкус сладко-терпкий. Срок созревания плодов – середина сентября (рис. 2).

Форма 095. Отобрана в плодовых рощах хр. Тарбагатай на левом берегу реки «Урджар» в 2011 г. Экспозиция склона ЮЗ. Высота местопроизрастания 960 м над уровнем моря. Дерево корнепорослевого происхождения, в возрасте 12–14 лет, количество стволов – 3, имеет высоту 3,60 м, диаметр штамба – 8 см, диаметр кроны – 2,46 м. Форма кроны овальная. Прирост побегов – 18 см. Форма плодов округло-коническая, основная окраска – зеленая, покровная окраска – малиновая, средний вес плода – 73,6 г, вкус сладкий, слегка кисловатый. Срок созревания плодов – середина сентября (рис. 3).

Форма 098. Отобрана в плодовых рощах хр. Тарбагатай на левом берегу реки «Урджар» в 2011 г. Высота местопроизрастания 927 м над уровнем моря. Дерево семенного происхождения, в возрасте 31–32 лет, количество стволов – 4, имеет высоту – 4,37 м, диаметр штамба – 16–18 см, диаметр кроны – 4,28 м. Форма кроны овальная. Прирост побегов – 12 см. Форма плодов округлая, основная окраска – зеленая, покровная окраска – красная, средний вес плода – 38,3 г, вкус кислый. Срок созревания плодов – начало сентября (рис. 4).

Форма 104. Отобрана в плодовых рощах хр. Тарбагатай на левом берегу реки «Урджар» в 2011 г. Высота местопроизрастания 936 м над уровнем моря. Дерево семенного происхождения, в возрасте 11–12 лет, количество стволов – 2, имеет высоту 3,28 м, диаметр штамба – 6 см, диаметр кроны – 1,84 м. Форма кроны овальная. Прирост побегов – 12 см. Форма плодов округлая, основная окраска – зеленая, покровная окраска – красная, средний вес плода – 38,3 г, вкус кисловато-сладкий. Срок созревания плодов – середина сентября (рис. 5).

Список литературы:

1. Джангалиев А.Д. Уникальное и глобальное значение генофонда яблоневых лесов Казахстана. Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан, 2007, № 5, с.41–47.
2. Джангалиев А.Д., Салова Т.Н., Туреханова Р.М. Дикая яблоня Тарбагатай как объект охраны и рационального использования. // В кн.: Материалы научной конференции. Ботанические исследования в Казахстане. Алматы 2003, с. 266–267.
3. Джангалиев А.Д., Салова Т.Н., Туреханова Р.М. Дикие плодовые растения хребта Тарбагатай. // В кн.: материалы научной конференции. Ботанические исследования в Казахстане. Алматы 2003, с. 267–270.

Анализ морфологического и биохимического полиморфизма генетических ресурсов льна культурного (*Linum usitatissimum* L.)

Никитинская Т.В.¹, Вакула С.И.¹, Анисимова Н.В.¹, Титок В.В.²

¹ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
e-mail: T.Nikitinskaya@igc.bas-net.by

² Центральный ботанический сад НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Резюме. Проведен анализ морфологического и биохимического полиморфизма 44 генотипов льна культурного, относящихся к 6 внутривидовым группам различного хозяйственного использования. Для специализированных волоконных форм выявлен суженный диапазон фенотипической изменчивости. Группы льна растрескивающегося и льна крупносемянного наиболее генетически гетерогенны. Обусловленная давлением искусственного отбора дивергенция генофонда льна привела к возникновению статистически значимых обратных зависимостей между параметрами волоконной и семенной продуктивности, внутри этих групп признаков наблюдаются только прямые связи признаков.

Summary. An overview of morphological and biochemical polymorphism of 44 genotypes that belongs to 6 intraspecific groups of cultivated flax is presented. Specialized fiber forms show restricted range of phenotypic variation. *L. usitatissimum* subsp. *crepitans* (Boeningh.) Kulpa&Danert and *L. usitatissimum* subsp. *mediterraneum* (Vav. et Ell.) Kulpa&Danert are the most genetically heterogeneous groups. Pressure of artificial selection has divided gene pool of *L. usitatissimum* L. into fiber and oil forms. Significant inverse relationship is present between the parameters of fiber and seed production, within these groups there are only positive correlations.

Лен культурный (*Linum usitatissimum* L.) – ценная сельскохозяйственная культура с широким диапазоном внутривидовой фенотипической изменчивости [1, 2]. Центром проис-

хождения вида считается Ближний Восток, а вторичными очагами разнообразия являются Средиземноморский бассейн, Эфиопия, Центральная Азия и Индия [3]. Наиболее вероятный предок льна культурного – это широко распространенный в Средиземноморских странах лен узколистный (*L. angustifolium* L.). Разнообразие *L. usitatissimum* L. охватывает около 53000 генотипов [2]. Два основных направления использования льна – в качестве волоконной или масличной культуры – определяют внутривидовую дифференциацию на подвиды, лендрасы и сорта. Сформированные в результате длительного селекционного отбора морфотипы льна характеризуются различным габитусом, биохимическим составом, требованиями к условиям выращивания и длиной вегетационного периода.

В нашей работе мы использовали следующие внутривидовые группы: 1) лен растрескивающийся (subsp. *crepitans* (Boenningh.) Kulpa et Danert) – в Центральной и Юго-Восточной Европе выращивается как волоконная культура, отличительной особенностью является растрескивание коробочек и осыпание семян; 2) лен-долгунец (subsp. *elongatum* Vav. et Ell.) – типичный волоконный лен, растения с высокими слабоветвистыми стеблями и 1–3 мелкосеменными коробочками; 3) лен крупносемянный (subsp. *mediterraneum* (Vav. et Ell.) Kulpa et Danert) – масличный и декоративный морфотип, объединяет низкорослые, кустистые растения с очень крупными семенами (масса 1000 > 8 г.); 4) масличный лен-кудряш (subsp. *usitatissimum* convar. *humile* Czernom.) – низкорослое растение с сильноветвистым у основания стеблем и большим числом коробочек, семена крупнее, чем у льна-долгунца, но мельче, чем у льна крупносемянного; 5) лен-межеумок (subsp. *usitatissimum* convar. *intermedium* Czernom.) – культура двойного назначения, наиболее распространенная в мире группа сортов, адаптированных к широкому диапазону климатических условий [2]; 6) лен стелющийся полуозимый (var. *prostrata*) – густооблиственные, многостебельные растения со стелющимся кустом в начале развития, при яровом посеве позднеспелый, на юге обычно высевают как озимую культуру [1].

Археологические данные о времени дивергенции генофонда и происхождении масличных и волоконных форм противоречивы, вероятно, лен изначально использовался как культура двойного назначения [3].

Дифференциация генофонда льна на масличные и волоконные формы есть результат искусственного и, в меньшей степени, естественного отбора. Снижение вследствие этого уровня общего генетического полиморфизма, вероятно, обусловлено эффектом «бутылочного горлышка» при окультуривании и селекции [4]. Утрата внутривидового разнообразия существенно ограничивает возможность выведения новых технологически перспективных сортов [5]. Таким образом, для льна культурного возникла необходимость расширения и обогащения разнообразия генофонда внутривидовых групп, чтобы в перспективе создавать сорта, сочетающие в себе высокую продуктивность, устойчивость к неблагоприятным факторам и высокие технологические качества для различных отраслей промышленности. Проведение оценки морфологического и биохимического полиморфизма вида и внутривидовых таксономических групп будет способствовать созданию технологически разнонаправленных сортов льна.

Цель нашей работы состояла в исследовании морфологической и биохимической вариации хозяйственно-ценных признаков для оценки генофонда морфотипов льна культурного и описания структуры внутривидового разнообразия.

Материал исследования – коллекция 44 генотипов льна культурного различного генетического и географического происхождения: лен-долгунец («Вита», «Оршанский 2», «Блакит», «А-29», «Славный 82», «Ariane», «Z-61783-87», «P-44», «Б 124», «v-8744-10», «Калининский 85»), лен-межеумок («Koto», «Leona», «Cree», «Воронежский», «Norlin», «Culbert», «№3896»), лен-кудряш («Ручеек», «Lirina», «Gold Flax», «Flanders», «Небесный», «Raluca», «K-71», «K-72», «K-1341», «M-25-330», «4-oZ 7» (ex 196-12), «Бахмальский-1056»), лен крупносемянный («Ocean», «K-1210», «NF-115», «Maracian», «N.P.118», «Sel. of Clii-1856», «Maritime», «Endress Olajlen»), лен растрескивающийся («K-5057», «K-4821», «Grandal», «Dehiscent», «Torzhokshij 4», «Mourisco E730») и лен стелющийся полуозимый («Колхидский»). Анализировали по 25 случайно отобранных растений на стадии желтой спелости. Оценку генотипов проводили по признакам [10]: высота стебля, см (BC), техническая длина, см (ТД), отношение высота/техническая длина, % (BC/ТД), длина междоузлия, см (ДМ), количество коробочек с растения (КР), количество семян с растения (СР), масса семян с растения, г (МСП), масса тысячи семян, г (M1000), содержание волокна в стебле, % (В%), содержание масла в семени, % (М%). Содержание масла в семенах измеряли экстрационным способом в аппарате Сокслета. Для статистической обработки данных использовали программный пакет Statistica 7.0 (StatSoft).

Проведена оценка морфологического и биохимического полиморфизма 44 генотипов льна культурного, классифицированных по 6 внутривидовым группам, результаты представлены на диаграмме Box&Whisker (рис. 1).

Технологические характеристики льноволокна определяются следующими параметрами: ВС, ТД, ВС/ТД, ДМ [14], В% [6]. Высота растения льна обуславливает техническую длину стебля, коэффициент корреляции Пирсона между ВС и ТД составляет 0,98. Результатом тесной сцепленности признаков является сходство структур их изменчивости – самые высокие значения ВС и ТД характерны для льна-долгунца (в среднем 78,0 и 71,0 см, соответственно), льна растрескивающегося (69,0 и 54,0 см) и стелющегося льна (69,0 и 55,0 см), самые низкие – для льна-кудряша (61,0 и 52,0 см) и льна крупносемянного (58,0 и 48,0 см). Параметр ВС/ТД отражает долю технически ценной части растения, позволяет классифицировать формы на волоконные и масличные [2]. Сорта, для которых значение ВС/ТД превышает 86,0%, можно отнести к долгунцовым формам (в среднем около 90,0%). Сравнение различных подвидов льна по ДМ (один из косвенных параметров прядильного качества льноволокна [7]) выявило высокие значения для долгунца (ДМ≈1,0 см) и растрескивающегося льна (ДМ≈0,9 см) и низкие для льна-кудряша (ДМ≈0,7 см) и льна крупносемянного (ДМ≈0,6 см). Полученные данные соответствуют прядильному качеству морфотипов: длинное текстильное волокно получают из льна-долгунца, более низкокачественное короткое – из масличных сортов.

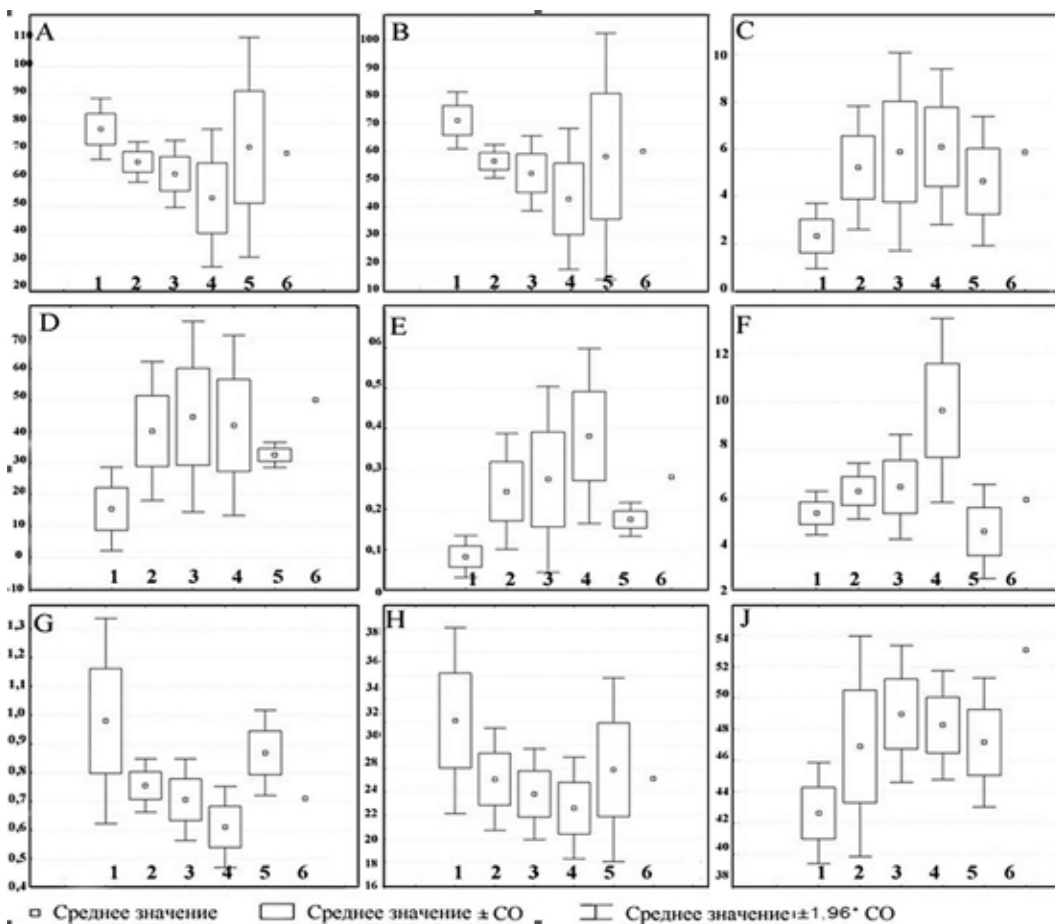


Рисунок 1. Диаграммы разброса средних значений признаков (А-Ж) для 6 анализируемых внутривидовых групп льна: 1 – лен-долгунец; 2 – лен-межеумок; 3 – лен-кудряш; 4 – лен крупносемянный; 5 – лен растрескивающийся; 6 – лен стелющийся. А – ВС; В – ТД; С – КР; D – СР; E – МСР; F – М1000; G – ДМ; H – В%; J – М%. CO – стандартное отклонение; ±1.96*CO – доверительные интервалы среднего значения признака.

Содержание волокна в стебле определяется не только генетическими факторами, но и воздействием условий выращивания. Известно, что относительное содержание волокна в стеблях льна при загущенных посевах оказывается большим, чем в разреженных [6]. Вероятно, сдвиг нормы реакции определяет широкий диапазон изменчивости В% у льна-долгунца (28,0–35,0%, в среднем 30,1%), тогда как внутрисортная изменчивость по данному признаку достигала 10,0%. В ряду лен стелющийся, лен-межеумок, растрескивающийся, лен-кудряш и лен крупносемянный содержание волокна в стеблях последовательно убывает (25,1, 25,2, 24,67, 23,8, 23,1%, соответственно), что отражает происходящее в данном ряду смещение направления селекционного отбора от волоконных форм к масличным. Для льна растрескивающегося характерны широкие диапазоны варьирования всех признаков волоконной продуктивности, по литературным данным, эта группа объединяет древние полудикие и полудолгунцовые формы [2].

По структуре изменчивости признаки семенной продуктивности можно разделить на «счетные» (КР, СР) и «весовые» (МСР, М1000), лидером по первой группе признаков является лен-кудряш, тогда как по второй – лен крупносемянный. Комбинация высоких значений этих признаков (КР, СР, МСР, М1000) в одном организме является основной задачей селекции масличного льна. Лен-долгунец характеризуется минимальным количеством коробочек и семян с растения, однако самые мелкие семена отмечены у льна растрескивающегося, который сохранил некоторые признаки дикого предка *L. angustifolium* L. – мелкосемянность и большее, чем у льна-долгунца, число семенных коробочек [2]. Техническая ценность льна-кудряша и льна крупносемянного как масличных культур подтверждается высокой концентрацией масла в семенах ($\approx 49,0\%$), тогда как семена сортов льна-долгунца в среднем содержат только 42,6% масла. Переходное положение между волоконными и масличными генотипами занимают подвиды лен-межеумок ($M\% \approx 47,0\%$) и лен растрескивающийся ($M\% \approx 46,0\%$). Высокие данные масличности (53,1%), полученные для единственного генотипа стелющегося льна, еще предстоит уточнить. Следует заметить, что высокий уровень накопления масла в семенах льна может быть связан с низкими температурами окружающей среды в период созревания льна стелющегося, который является полудоимой формой с продолжительным вегетационным периодом [1]. Выращиваемый в средних широтах лен-межеумок характеризуется достаточно высокой семенной продуктивностью, что наряду с приспособленностью к климатическим условиям Беларуси позволяет рассматривать эту группу льна двойного назначения в качестве перспективной масличной культуры, так как общее содержание масла в семенах льна достигает 33,0–48,0%, из них 52,0% представлено незаменимой α -линоленовой кислотой [2].

Оценка связи между исследованными морфологическими и биохимическими признаками льна культурного представлена в табл. 1. Достоверные положительные зависимости наблюдаются внутри групп «долгунцовых» и «масличных» признаков. Рассчитанные для них высокие значения коэффициента корреляции Пирсона позволяют классифицировать эти связи как сильные или тесные. Прямая положительная зависимость признаков ВС \times ТД, КР \times СР, СР \times МС, КР \times МС сохраняется внутри всех таксономических групп льна, вероятно, эти пары ассоциированных признаков имеют общую генетическую основу и тесно сцеплены. Статистически значимые отрицательные корреляционные связи существуют между признаками волоконной и семенной продуктивности, например $r_{ТД \times КР} = -0,5$, $r_{ТД \times М\%} = -0,5$. Обратная зависи-

Таблица 1. Коэффициенты корреляции Пирсона признаков льна культурного (44 генотипа)

	ТД	ДС/ТД	КР	СР	МС	М1000	ДМ	В%	М%
ВС	*0,98	0,75*	-0,41*	-0,35*	-0,46*	-0,32*	0,62*	0,69*	-0,47*
ТД		0,84*	-0,52*	-0,45*	-0,53*	-0,29	0,62*	0,75*	-0,51*
ДС/ТД			-0,69*	-0,56*	-0,58*	-0,19	0,43*	0,73*	-0,50*
КР				0,89*	0,84*	0,31*	-0,52*	-0,65*	0,63*
СР					0,89*	0,24	-0,54*	-0,59*	0,68*
МС						0,60*	-0,65*	-0,62*	0,67*
М1000							-0,53*	-0,29	0,30*
ДМ								0,48*	-0,57*
В%									-0,55*

мость признаков семенной и волоконной продуктивности отражает дизруптивный характер искусственного отбора. Селекция льна-долгунца сопровождалась увеличением ВС, ТД, В% с соответствующим снижением КР, СР, МС, М1000 и, наоборот, при выведении масличных форм внимание уделяется максимальной ветвистости стебля, увеличению размера, числа и масличности семян. Такая же достоверная отрицательная зависимость признаков семенной и волоконной продуктивности выявлена только для морфотипа лен растрескивающийся, что, вероятно, является следствием высокой гетерогенности этой группы. Наименее тесно ассоциированным с другими хозяйственно-ценными характеристиками является признак масса 1000 семян, для него описано наименьшее количество достоверных связей, а часть значимых корреляций классифицирована как слабые и умеренные.

Лен весьма отзывчив на условия выращивания, в опыте средняя высота растений составила 66,6 см, техническая длина – 57,0 см, коэффициент ВС/ТД – 85,2% при длине междоузлия 0,7 см и содержании волокна в стебле 25,6%. В то время как урожайность семян была достаточно низкой – в среднем с одного растения льна собрано 5 коробочек, 35 семян массой 0,23 г, при массе 1000 семян 6,4 г концентрация в них масла составляла 46,5%. Как и ожидалось, максимальными значениями признаков ВС, ТД, ВС/ТД, ДМ, В% характеризуются группы лен-долгунец и стелющийся, в то время как лен-кудряш и лен крупносемянный отличаются самыми высокими значениями параметров семенной продуктивности КР, СР, МС, М1000, М%. Количественные показатели межулка практически не отличаются от средних значений *L. usitatissimum* L. Эта промежуточная группа льна наиболее соответствует агроботанической характеристике вида. Самое узкое фенотипическое разнообразие выявлено у льна-долгунца, что подтверждается молекулярно-генетическими данными о высокой степени генетической эрозии этой группы [8]. Сильная внутригрупповая изменчивость отмечена для льна крупносемянного и льна растрескивающегося. Фенотипическая неоднородность этих морфотипов может быть обусловлена как генетическим полиморфизмом, так и влиянием условий выращивания.

Таким образом, по признакам морфологического полиморфизма и биохимического состава генетические ресурсы *Linum usitatissimum* L. неоднородны. В генофонде льна культурного существует обусловленная давлением искусственного отбора дивергенция признаков волоконной и семенной продуктивности, между которыми выявляются статистически значимые обратные зависимости, внутри же групп признаки тесно сцеплены. Занимающие промежуточное положение лен-межулка и лен растрескивающийся могут являться источниками расширения селекционного генофонда для долгунцовых и масличных форм. Кроме того, внутривидовое разнообразие льна культурного может быть расширено привлечением в селекцию диких видов льна, например, *Linum angustifolium* L., *Linum perenne* L., *Linum lewisii* Pursh и т.д. [2].

Список литературы:

1. Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений. Тр. по прикл. бот., ген. и сел., 1926, Т. 16, вып. 2, с. 42–54.
2. Diederichsen A., Richards K. Cultivated flax and the genus *Linum* L.: Taxonomy and germplasm conservation. Flax The genus *Linum*, NY: Routledge, 2003, p. 23–33.
3. Allaby R. G., Peterson G.W., Merriwether D.A., Fu Y.B. Evidence of the domestication history of flax (*Linum usitatissimum* L.) from genetic diversity of the *sad2* locus. Theoretical and Applied Genetics, 2005. V. 112, Iss.1, p. 58–65.
4. Smykal P., Horacek J., Dostalova R., Hybl M. Variety discrimination in pea (*Pisum sativum* L.) by molecular, biochemical and morphological markers. Theor. Appl. Genet., 2008. V. 49, № 2, p. 155–166.
5. Бродский И.К. Введение в проблемы биоразнообразия. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2002, с. 144.
6. Льноводство [отв. ред. А.Р. Рогаш]. М.: Колос, 1967, с. 583.
7. Ордина Н.А. Оценка качества волокна льняных стеблей по анатомическим признакам. Лен и конопля, 1966, № 6, с. 20–23.
8. Fu Y.B., Diederichsen A., Richards K. W., Peterson G. Genetic diversity within a range of cultivars and land races of flax (*Linum usitatissimum* L.) as revealed by RAPDs. Genetic Resources and Crop Evolution, 2002. V. 49, № 2, p. 167–174.