

ISSN 1999-9127

Государственное научное учреждение
**«ИНСТИТУТ ГЕНЕТИКИ И ЦИТОЛОГИИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ»**

МОЛЕКУЛЯРНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ГЕНЕТИКА

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
ТОМ 16**

Издается с 2005 года
Выходит два раза в год

Минск
2013

УДК [577.21 + 575] (082)

Молекулярная и прикладная генетика: сб. науч. тр. / Институт генетики и цитологии НАН Беларуси; редколл.: А.В. Кильчевский (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», 2013. – Т. 16. – 130 с. – ISSN 1999-9127.

В сборнике научных трудов публикуются обзорные и экспериментальные статьи в области молекулярной и прикладной генетики растений, микроорганизмов, животных, человека, отражающие исследования генетических процессов на молекулярном, клеточном, организменном и популяционном уровнях. Особое внимание уделяется наиболее актуальным проблемам геномики, генетической и клеточной инженерии. Публикуются результаты изучения генетических основ селекции растений, животных и микроорганизмов, разработки эффективных биотехнологий для сельского хозяйства, здравоохранения, охраны окружающей среды, биобезопасности.

Сборник предназначен для специалистов, работающих в области генетики, преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов биологического, сельскохозяйственного и медицинского профиля.

Редакционная коллегия:

А.В. Кильчевский – главный редактор, Л.В. Хотылева – зам. главного редактора;
К.У. Вильчук, С.И. Гриб, О.Г. Давыденко, А.Н. Евтушенко, А.П. Ермишин,
Н.В. Павлючук, Н.В. Казаровец, А.И. Ковалевич, Г.И. Лазюк,
В.А. Лемеш, С.А. Лихачев, Н.П. Максимова, С.Б. Мельнов, М.Е. Михайлова,
И.Б. Моссэ, М.Е. Никифоров, В.Е. Падутов, В.Н. Решетников, Е.А. Сычева,
В.В. Титок, И.П. Шейко, О.Н. Харкевич – члены редколлегии;
И.В. Широкая – ответственный секретарь.

УДК [577.21 + 575] (082)

ISSN 1999-9127

ГНУ «Институт генетики
и цитологии НАН Беларуси», 2013

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ СОРТА ЛЬНА МАСЛИЧНОГО ДЛЯ УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

¹ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси»

Республика Беларусь, 220072, г. Минск, ул. Академическая, 27

²УО «Белорусский государственный технологический университет»,

Республика Беларусь, 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а

³ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,

Республика Беларусь 220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2в

Введение

Лен масличный – источник ценного масла, белка и биологически активных добавок к пище. Культура масличного льна наиболее распространена в районах с теплым и сухим климатом (страны Азии, Америки), однако в условиях умеренно-континентального климата Беларуси лен может являться сравнительно надежной среднеурожайной масличной культурой, дающей ценное масло [1]. Новые технологии переработки семян и льняной соломы существенно расширили сферу промышленного и пищевого использования льна, поэтому в настоящий момент актуально выращивание сортов, помимо высокой продуктивности характеризующихся сбалансированным химическим составом семян и оптимальной концентрацией активных компонентов [2].

Понятие о сортовом идеале впервые было введено Н.И. Вавиловым в 1935 году [3]. При лучшем сочетании всех хозяйственно-важных признаков идеальный сорт (идеотип) способен давать предельный теоретически возможный урожай в биоклиматических условиях зоны выращивания. Это, по существу, лучший идеальный вариант сорта, перспективная цель селекции [3]. Рядом авторов были рассмотрены селекционные, анатомо-физиологические, биохимические аспекты [4–6] и принципы [7] создания моделей со-

ртов и их практической реализации. Реализация наследственных возможностей генотипа определяется его приспособленностью к условиям окружающей среды [8], однако совмещение высокого потенциала продуктивности с широкой экологической пластичностью является крайне сложной селекционной задачей, поэтому модели сортов разрабатывают для каждой агроклиматической зоны возделывания [9]. При создании сорта учитывают особенности всех признаков и свойств растения, необходимые для получения сорта с заданными параметрами, а также возможности конструирования новых генотипов [10].

Параметры оптимальной модели сорта льна масличного для условий РБ разработаны с учетом литературных данных по мировым коллекциям ВИР [11, 12] и PGRC [13, 14] и результатов изучения характера проявления хозяйственно-ценных признаков льна масличного в условиях Беларуси. Модель включает: 1) характеристику погодно-климатических условий Беларуси с доказательством реальности планируемого уровня достижения хозяйственно-ценных признаков; 2) описание 17 селекционно-значимых признаков, с учетом генетической изменчивости существующих сортов льна; 3) указание на генотипы источники (доноры) важнейших признаков, если они есть.

Материалы и методы

Материалом для проведения исследований послужили 26 сортообразцов генетической коллекции льна Института генетики и цитологии НАН Беларуси: Antares, Mivast, Atalante (Франция); Blue Chip (Венгрия); Glenelg (Австралия); Deep Pink (Нидерланды); Linota, SU-1-10, Omega, (США); К 5827 (Уругвай); Gold Flax,

McGregor, Somme, Л-6582, К-6570, Flanders (Канада); Raluca, Sandra (Чехия); Cyan (Польша); К-2398 (Китай); Воронежский, К-5627, К-5621, Небесный, (РФ); ЛМ-1, ЛМ-2, (Беларусь, селекция Л.М. Полонецкой). В качестве стандартов были использованы сорта Ручеек (РФ) и Lirina (Германия), районированные в Беларуси.

Территория Беларуси находится в умеренном поясе на пути западных воздушных масс из Атлантики, чем обусловлен умеренно континентальный климат республики. К неблагоприятным агроклиматическим факторам региона относятся: неустойчивый характер погоды весной и осенью, мягкая с продолжительными оттепелями зима, дождливое лето с нехваткой влаги в его начале, поздние весенние и ранние осенние заморозки [15].

В пределах Беларуси выделяют 3 агроклиматические зоны и 19 районов. В зависимости от региона сумма активных температур составляет 2000–2600 °С, период активной вегетации растений 180–208 д. [16]. Беларусь относится к среднеувлажненным районам, однако осадки выпадают неравномерно и количество их колеблется от 550–600 мм на юге и юго-западе до 600–650 мм в центральных и северо-восточных районах и до 700 мм на возвышенностях. Около 2/3 осадков выпадает в теплый период года.

Исходя из невысоких требований льна масличного к влаге, его транспирационный коэф-

фициент равен 400, наиболее благоприятны для выращивания южные регионы республики, характеризующиеся высокой суммой активных температур и более низким количеством выпадающих осадков [16]. Благоприятные для прорастания семян льна условия (среднесуточной температуры почвы на глубине 5–10 см +7–8 °С и влажность 50–60 % от полной влагоемкости) наблюдаются в республике уже в первой декаде мая, необходимая для полного развития растений льна масличного сумма активных температур в 1600–1850 °С достигается в течение 80–110 дней. В зависимости от длины вегетационного периода сорта, уборку льна масличного осуществляют в августе-начале сентября [17]. Высокая кислотность почвенного раствора (рН≈5,0), характерная для большинства почв республики, препятствует развитию кальциевого хлороза (при рН выше 6,0). Однако внесение извести повышает урожай и увеличивает выход масла. При достаточном обеспечении известью особое внимание уделяют калийным и магниевым удобрениям.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований (2005–2009 гг.) коллекции сортообразцов льна масличного по признакам продуктивности и биохимического состава семян приведены в табл. 1.

Анализ таблицы использован при выборе доноров хозяйственно-ценных признаков и обоснования оптимальных параметров модели сорта льна масличного для условий Республики Беларусь (табл. 2).

Продолжительность вегетационного периода. Масличные формы льна теплолюбивы, полный цикл развития занимает 80–110 дней, для раннеспелых сортов льна – 72–76 дней, среднеспелых – 77–86 дней, позднеспелых – 87–95 дней [18]. По многолетним данным при выращивании в условиях Беларуси сорта льна масличного проявляют себя как средне- и позднеспелые формы. Длина вегетационного периода сорта-стандарта Ручеек составляет 83 дня, сорта Lirina – 95 дней. В модель заложена перспектива создания максимально раннеспелого сорта, так как сокращение вегетационного периода позволит снизить потери урожая в результате ранних осенних заморозков, повреждения коробочек птицами, грибами и ветром. Наиболее раннеспелые

в условиях Беларуси сорта Mivast, K-5827, DeepPink, Linota.

Техническая длина стебля. Согласно европейскому стандарту, высота растений для возделывания льна на семена составляет 50,0–55,0 см, при двойном использовании на семена и волокно – 75,0 см и выше [19]. Между технической длиной растения и семенной продуктивностью выявлена отрицательная корреляционная зависимость [20], что указывает на необходимость привлечения в скрещивания сортообразцов льна с технической длиной стебля, не превышающей 40,0–45,0 см. Донорами признака низкой технической длины могут являться сорта Mivast, Antares, K-5627, K-6570, Flanders.

Урожайность. Потенциальная урожайность сортов для Беларуси должна составлять не менее 12,0 ц/га. Включенные в госреестр сорта льна масличного Ручеек, Lirina, Брестский в отдельные благоприятные годы дают до 16,0 ц/га и больше [21]. При повышении устойчивости к стрессовым факторам среды новые сорта льна масличного должны стабильно обеспечить такую урожайность семян. Высокая урожайность семян обеспечивается такими признаками как число коробочек с растения,

Таблица 1
Описание коллекции сортов образцов льна масличного (средние значения признаков 2005–2009 гг.)

№	Сорт	ПВП	ТД	КР	СР	СК	МСР	М1000	Масло	Белок	АЛК	ЙЧ	РО ₄	Фитин	РП	Зола	К
1	Antares	100	38,96	10,90	86,00	7,88	0,62	7,18	41,56	20,64	53,57	178,75	2,16	33,15	16,00	4,81	23,93
2	Atalante	101	44,34	10,95	90,22	7,72	0,52	5,83	41,29	19,99	51,25	173,62	2,68	33,96	14,00	4,49	23,25
3	BlueChip	86	43,45	10,32	72,96	6,99	0,51	7,12	42,85	21,38	51,73	171,78	2,38	35,40	14,33	4,85	20,53
4	DeepPink	86	50,80	9,88	80,58	8,22	0,44	5,5	40,70	21,31	48,49	168,22	2,06	33,80	12,67	4,86	20,39
5	Flanders	105	38,77	13,64	111,05	8,11	0,61	5,41	42,11	20,35	52,51	171,65	2,10	35,76	22,00	4,39	22,54
6	Gleneig	87	46,02	10,53	80,24	7,84	0,57	7,00	40,16	20,76	47,39	172,41	2,22	33,49	14,67	4,73	21,07
7	Gold Flax	110	45,52	12,10	100,31	8,32	0,61	6,15	44,10	22,45	1,45	133,10	2,09	31,85	8,67	4,07	21,89
8	Linota	86	49,52	10,21	83,64	8,06	0,49	5,82	40,48	21,44	47,44	168,57	1,61	29,73	13,67	4,81	20,75
9	McGregor	91	46,96	12,69	102,76	8,08	0,61	5,94	42,72	20,16	48,91	169,61	2,23	32,91	12,67	3,93	19,84
10	Mivast	84	31,91	9,00	63,71	7,16	0,45	7,13	43,35	21,97	46,99	170,01	1,79	32,92	10,67	4,39	25,61
11	Omega	101	43,99	11,36	85,80	7,43	0,56	6,56	43,88	21,38	47,21	170,79	2,26	32,92	13,00	4,42	21,86
12	Raluca	97	44,55	10,37	81,16	7,79	0,56	6,98	42,38	20,66	49,90	172,72	1,95	31,73	15,67	4,67	22,22
13	Sandra	101	38,71	10,49	86,44	8,17	0,58	6,73	42,50	21,40	49,11	172,04	2,19	33,45	9,67	4,72	22,87
14	Somme	100	44,25	12,87	104,9	7,76	0,64	6,03	42,72	21,27	51,37	172,24	2,47	35,14	11,00	4,28	25,06
15	SU-1-10	97	43,15	11,42	90,82	7,88	0,51	5,54	42,52	21,07	50,10	159,55	2,12	33,37	8,67	4,21	22,99
16	Воронежский	101	44,48	11,03	89,24	8,06	0,52	5,80	39,96	21,48	48,08	172,76	1,69	32,81	6,00	4,14	22,52
17	К-2398	86	42,32	13,64	99,12	7,14	0,55	5,39	39,68	21,64	50,93	175,40	1,79	32,34	11,00	4,45	19,80
18	К-5627	86	36,88	10,05	78,25	7,87	0,57	7,07	46,47	20,02	51,40	182,09	1,89	34,47	11,67	4,70	21,93
19	К-5827	85	42,12	13,77	101,60	7,46	0,58	5,86	44,28	20,49	50,91	172,87	2,14	30,68	15,33	4,52	20,78
20	К-6570	86	37,84	10,52	79,20	7,57	0,44	5,92	41,16	21,11	46,72	169,61	2,03	33,33	15,67	4,28	23,09
21	Л-6582	88	46,9	11,78	89,10	7,64	0,52	5,99	41,37	21,34	46,29	167,89	1,99	34,40	13,67	4,44	22,07
22	ЛМ-1	90	42,97	10,03	81,84	8,02	0,62	7,57	46,08	21,26	52,18	180,75	1,68	32,14	10,33	4,54	24,30
23	ЛМ-2	93	42,35	10,81	88,66	8,19	0,66	7,27	46,72	21,28	49,89	175,05	2,07	33,17	11,67	3,84	28,74
24	Небесный	101	46,78	11,97	85,32	7,17	0,61	7,17	47,67	20,50	51,55	182,50	1,74	33,33	8,67	4,37	23,33
25	Циан	86	38,60	10,44	76,97	7,33	0,52	6,67	45,84	19,74	51,58	177,15	1,64	32,03	10,33	4,10	23,08
НСР _{0,05}		1,10	9,57	3,50	28,86	0,94	0,20	0,40	0,50	3,73	5,25*	9,37*	6,70	3,20	3,48	0,65	–

Пр и м е ч а н и е : ПВП – продолжительность вегетационного периода, сут; ТД – техническая длина стебля, см; КР – коробочек с растения, шт; СР – семян с растения, шт; МСР – масса семян с растения, г; М 1000 – масса тысячи семян, г; Масло – содержание масла, %; Белок – содержание белка, %; АЛК – содержание α-линоленовой кислоты, %; ЙЧ – йодное число масла, ед; РО₄ – содержание неорганических фосфатов, мг/г; Фитин – содержание солей фитиновой кислоты, мг/г; РП – содержание растворимых полисахаридов, %; Зола – зольность, %; К – содержание калия, мг/г; * – НСР_{0,05} рассчитано без учета сорта Gold Flax.

Таблица 2

Параметры модели сорта льна масличного для условий Республики Беларусь

№	Признак	Сорт Ручеек	Сорт Lirina	Модель сорта
1	Вегетационный период, сутки	80,0–83,0	100,0	80,0–87,0
2	Техническая длина, см	42,0	45,0	40,0–45,0
3	Урожайность семян, ц/га	11,9	11,8	15,0–17,0
4	Количество коробочек с растения, шт.	15,0	12,0	15,0–20,0
5	Количество семян с растения, шт.	116,0	95,0	115,0–130,0
6	Количество семян в коробочке, шт.	8,0	8,0	8,0–9,0
7	Масса семян с растения, г	0,6	0,5	0,6–0,8
8	Масса 1000 семян, г	5,5	5,3	5,5–7,5
9	Масличность семян, %	47,4	48,9	>49,0
10	Йодное число масла, ед.	167,6	158,1	180,0–185,0
11	АЛК (α -линоленовая кислота), %	45,8	43,7	45,0–47,0
12	Содержание белка, %	20,9	22,3	19,5–20,0
13	Содержание растворимых полисахаридов, %	10,0	9,3	10,0–12,0
14	Содержание фитина, мг/г	32,7	38,3	30,0–32,0
15	Содержание $P_{неор}$, мг/г	1,9	2,1	3,0–3,5
16	Зольность, %	3,6	4,1	4,0–4,5
17	Содержание К, мг/г	23,5	25,9	>22,0
18	Секоизолацирезинол дигликозид, мг/г обезжиренной фракции	11,0	12,2	>12,2

число семян с растения, масса семян с растения. Стабильно высокой урожайностью в условиях Беларуси характеризуются образцы BlueChip, ЛМ-1, ЛМ-2, Flanders, Небесный, Somme.

Масса 1000 семян. Современные сорта, возделываемые в производстве, имеют массу 1000 семян 5,5–8,0 г. Крупные семена свыше 8,0 г имеют преимущество при очистке, в то же время в период налива семян они сильнее подвержены засухе, что приводит к невыполненности. Наиболее оптимальными будут сорта с массой 1000 семян 5,5–7,5 г. В анализируемой коллекции этому требованию соответствуют сорта Antares, BlueChip, K-5627, Mivast, Небесный, селекционные формы ЛМ-1, ЛМ-2.

Масличность. Выход масла с 1 га посевной площади в значительной степени обусловлен масличностью семян и их урожайностью. Средняя масличность семян льна-кудряша достигает 41,0–49,0%, в то время как у семян льна-долгунца всего 37,0–39,0% [22]. Содержание масла зависит от многих факторов: количества

осадков, температурного режима, обеспеченности питательными веществами, особенностями сорта, повреждения болезнями и вредителями. В погодно-климатических условиях РБ идеотип льна масличного должен накапливать не менее 47,0% масла, а в благоприятные годы не менее 49,0%. Высокой концентрацией масла в семенах (48,0–50,0%) характеризуются селекционные образцы ЛМ-1 и ЛМ-2, сорт Небесный.

Содержание белка в семенах льна колеблется от 16,0 до 33,0%, что приближает его к зерну бобовых, и существенно выше по сравнению со злаками (пшеница – 11,0–13,0%) [23]. Высокопротеиновые сорта льна необходимы для производства кормов, каш и выпечки. Однако обратная зависимость содержания масла и белка в семени (коэффициент корреляции $r = -0,5$) диктует необходимость соблюдения баланса между содержанием этих двух компонентов. Исходя из выбранного соотношения накопления масла и белка 2,3:1, при модельной масличности идеотипа (47%) содержание белка в семени должно составлять 19,5–20,0%. Таким

требованиям соответствуют сорта McGregor, K 5627, ЛМ-1, ЛМ-2, Небесный, K 6570.

Содержание α -линоленовой кислоты (АЛК). Отличительной особенностью льняного масла является высокая концентрация (до 55%) АЛК. С помощью современных селекционно-генетических методов созданы формы льна с измененным жирно-кислотным составом, вплоть до снижения концентрации АЛК до 2,0–3,0% (например, новый тип льна – “Solin”) [14]. Для создания сортов льна масличного нутрицевтического назначения донорами высокого содержания АЛК в масле (50,0–55,0%) могут являться сорта Antares, ЛМ-1, Циан, Flanders. Солинные (низколиноленовые) сорта льна Gold Flax, Солнечный, Амон – источники генов низкого накопления АЛК в семени.

Йодное число масла – масса йода (г), присоединяющегося к 100 г органического вещества, характеризует содержание двойных связей и определяет общую ненасыщенность масла [24]. В идеале, значение йодного числа технического льняного масла должно составлять 180,0–185,0 ед., пищевого (с низким содержанием АЛК) \approx 140,0 ед. Общая закономерность созревания семян масличных культур – повышение ЙЧ масла при снижении средне-суточных температур в период созревания позволяет получить высокое качество масла у льна, выращенного в условиях умеренно-континентального климата Беларуси.

Содержание растворимых полисахаридов (РП, слизей или камедей). В состав РП семян льна входят кислые гемицеллюлозы – арабиноксиланы и рамногалактуронаны [13]. В зависимости от сортовых особенностей и степени зрелости семени общее содержание РП подвержено значительным колебаниям (3,0–12,0% от сухого веса). В семенах льна РП выполняют защитную и запасающую функции, участвуют в прорастании. Для организма человека льняные слизи – это смягчающее и обволакивающее средство, ценный пребиотик и детоксикант. Исследования не выявили зависимостей уровня накопления РП от концентрации других важных компонентов льняного семени [13], поэтому, в модели сорта следует установить верхнюю границу известного уровня накопления растворимых полисахаридов в семенах льна – то есть 10,0–12,0%. Высокой концентрацией РП характеризуются семена сортов Flanders и Antares.

Содержание фитина. Фитин (смешанная соль мио-инозитолгексафосфорной кислоты) оказывает два противоположных эффекта, являясь антинутриентом с полезными для здоровья человека физиологическими функциями [25]. Механизмы фосфорного обмена семени обуславливают прямую зависимость концентрации запасного фитина от уровня неорганических фосфатов. Например, в семенах солинного сорта Gold Flax отмечены низкие уровни как фитина (24,6–31,7 мкг/г), так и фосфатов (1,5–1,9 мкг/г). Поэтому при селекции сорта льна пищевого назначения со сниженным содержанием фитина (до 30,0–32,0 мкг/г) и высоким уровнем неорганических фосфатов (3,0–3,5 мкг/г) селекционные усилия должны быть направлены на получение генотипов со сниженным уровнем экспрессии ферментов биосинтеза фитиновой кислоты, при сохранении интенсивности процессов обмена фосфора в семени.

Содержание зольного остатка. Зольность семени – это количество минеральных веществ, содержащихся в нем. Зола содержит все биогенные элементы, поглощенные растением и депонированные в семени, за исключением азота, который улетучивается в процессе горения. Среднее содержание зольных веществ в семени льна составляет 3,5–4,5%, что ниже, чем у семян сои (4,0–7,0%), масличного рапса (6,5–7,0%), подсолнечника (\approx 6,0%), однако в 1,5–2 раза выше, чем у семян злаков [26]. Выбранные для модели значения уровня зольных веществ (4,0–4,5%), отражают стремление к повышению минерального статуса семян льна, в то же время более высокие концентрации зольных элементов нежелательны, так как в семенах льна могут накапливаться тяжелые металлы, особенно кадмий [27].

Содержание калия. В 100 г семян льна содержится 200,0 мг калия. Калий способствует выведению лишней жидкости из организма, благоприятно действует на опорно-двигательную и сердечно-сосудистую системы [28]. Для пищевых и кормовых сортов льна масличного желателен увеличенный уровень концентрации калия (>20,0 мг/г) в семенах, что будет способствовать профилактике заболеваний и увеличению костно-мышечной массы.

Содержание лигнанов. Льняное семя – богатейший источник фенольных соединений лигнанов, содержание которых может достигать

300,0 мг/г. Главные лигнаны льняного семени – секоизолярицирезинол дигликозид (СДГ) и магаирезинол – обладают сильной эстрогенной и антиоксидантной активностью, являются перспективными источниками лекарств и профилактических препаратов [29]. Лигнаны

преимущественно депонируются в семенных оболочках льна [30], в связи с этим крупносемянные сорта (Raluca, Atalante) характеризуются более высокой концентрацией лигнанов. Высокое содержание СДГ 14,4 мг/г отмечено в семенах низколиноленового сорта Gold Flax.

Заключение

В результате проведенных исследований нами предложена модель сорта льна масличного пищевого назначения для селекционной работы в Республике Беларусь. Выбор биохимических и технологических параметров модельного сорта детерминирован лимитирующими факторами условий выращивания, конкурент-

ными взаимосвязями между целевыми признаками и объективными потребностями рынка. Генетический и физиолого-экологический анализ позволил выделить исходный селекционный материал льна масличного, представляющий интерес для почвенно-климатических условий республики.

Список используемых источников

1. Богдан, Т.М. Лен масличный источник растительного масла в Республике Беларусь / Т.М. Богдан, Л.М. Полонецкая // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: матер. юбил. междунар. науч.-практ. конф., 29 июня 2007 г., г. Жодино / НПЦ НАН Беларуси по земледелию; ред. Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 114–116.
2. Жученко, А.А. Мобилизация генетических ресурсов льна / А.А. Жученко, Т.А. Рожмина. – Тверь: Старица, 2000. – 224 с.
3. Вавилов, Н.И. Генетика на службе социалистического земледелия / Н.И. Вавилов // Теоретические основы селекции. – Москва, 1987. – С. 142–167.
4. Дзюба, В.А. Разработка теоретической модели идеального сорта риса / В.А. Дзюба // Физиолого-генет. основы повышения продуктивности зерновых культур / В.А. Дзюба – М., 1975. – С. 267–274.
5. Кумаков, В.А. Анализ фотосинтетической деятельности растений и физиологическое обоснование модели сорта / В.А. Кумаков // Фотос-з и продукционный процесс; ред. А.А. Ничипорович. – М., 1988. – С. 247–251.
6. Struik, P.C. An ideotype of forage maize for north-west Europe / P.C. Struik // Netherlands J. of Agr. Sc. – 1984. – Vol. 32. – P. 145–147.
7. Хангильдин, В.В. Системный анализ теории селекции / В.В. Хангильдин // Прикладные аспекты генетики, цитологии и биотехнологии сельскохозяйственных растений: Сб. науч. тр. ВСГИ. / ВАСХНИЛ, Всесоюз. селекц.-генет. ин-т; редкол.: С.В. Бирюков [и др.]. – Одесса, 1988. – С. 78–90.
8. Орлюк, А.П. Физиолого-генетический принцип создания интенсивных сортов озимой пшеницы для орошаемого земледелия / А.П. Орлюк // Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделирование новых сортов сх. культур: Мат. I Всесоюз. конф.; г. Жодино, 18–19 дек. 1981 г. / ВАСХНИЛ; редкол.: В.С. Шевелуха [и др.]. – М., 1983. – С. 42–47.
9. Унтила, И.П. Основные параметры моделей сортов озимой пшеницы для зоны недостаточного увлажнения / И.П. Унтила, Л.В. Гаина, А.А. Постолатий // Генетика и селекция растений: Мат. V съезда ВОГиС. – М., 1987. – Т. 4, ч. 2. – С. 206–207.
10. Гурьев, Б.П. К разработке генетической модели сортов сельскохозяйственных культур / Б.П. Гурьев, П.П. Литун, Л.В. Бондаренко // Применение физиологических методов при оценке селекционного материала и моделирование новых сортов сельскохозяйственных культур: Мат. I Всесоюз. конф.; г. Жодино, 18–19 дек. 1981 г. / ВАСХНИЛ; редкол.: В.С. Шевелуха [и др.]. – М., 1983. – С. 16–19.
11. Рожмина, Т.А. Национальная коллекция русского льна как источник устойчивости к неблагоприятным агроклиматическим факторам среды / Т.А. Рожмина // АПК: Дост. науки и техники. – 2003. – № 11. – С. 17–18.
12. Брач, Н.Б. Лен / Н.Б. Брач, Е.А. Пороховинова, С.Н. Кутузова // Идентифицированный

- генофонд растений и селекция – СПб.: ВИР, 2005. – С.303–329.
13. Diederichsen, A. Variation of Mucilage in Flax Seed and Its Relationship with Other Seed Characters / A. Diederichsen, J.Ph. Raneya, S.D. Duguidb // Crop sci. – 2005. – Vol. 46, № 1. – P. 365–371.
14. Diederichsen, A. Seed colour, seed weight and seed oil content in *Linum usitatissimum* accessions held by Plant Gene Resources of Canada /A. Diederichsen, J. Ph. Raneya // Plant Breed. – 2006. – Vol. 125(4). – P. 372–377.
15. Климат и погода в Беларуси [Электронный ресурс] / Официальный сайт Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.belarus.by/ru/about-belarus/climate-and-weather> – Дата доступа: 11.07.2013.
16. Шкляр, А.Х. Климатические ресурсы Белоруссии и их использование в сельском хозяйстве / А.Х. Шкляр. – Минск: Выш. школа, 1973. – 80 с.
17. Минкевич, И.А. Лен масличный / И.А. Минкевич. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 89 с.
18. Брач, Н.Б. Корреляционный анализ признаков, характеризующих длину вегетационного периода у льна-долгунца // Селекция и генетика технических культур / Сб. науч. тр. по прикл. бот., генет. и селекц. – Л., 1987. – Т. 113. – С. 46–53.
19. Heinrich, L. Linen: From Flax Seed to Woven Cloth / L. Heinrich. – Atglen, PA.: Schiffer Publishing, 2010. – 256 p.
20. Вакула, С.И. Анализ межсортовой изменчивости льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) / С.И. Вакула // Молодежь в науке: Прил. к жур. «Весці НАН Беларусі» Ч.1 Сер. биол. наук; Сер. мед. Наук. – Минск: Бел. Наука, 2008. – С. 51–56.
21. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород 2012 [Электронный ресурс] / Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Режим доступа: <http://sorttest.by/gosudarstvennyu-reestr-sortov-i-dre> – Дата доступа: 11.07.2013.
22. Gupta, S.C. Gene action for oil yield and component characters in linseed / S.C. Gupta, S.L. Godawat, K.K. Kansal // Indian J. agr. Res. – 1990. – Т. 24, № 1. – P. 45–48.
23. Oomah, B.D. Flaxseed proteins – a review / B.D. Oomah, G. Mazza // Food Chemistry. – Vol. 48, Iss. 2. – 1993. – P. 109–114.
24. Паронян, В. Технология жиров и жирозаменителей / В. Паронян. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 760 с.
25. Oomah, B.D. Phytic acid content of flaxseed as influenced by cultivar, growing season, and location / B.D. Oomah, E.O. Kenaschuk, G. Mazza // J. Agric. Food Chem. – 1996. – Vol. 44. – P. 2663–2666.
26. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М: КолосС, 2004. – 719 с.
27. Moraghan, J.T. Accumulation of cadmium and selected elements in flax seed grown on a calcareous soil / J.T. Moraghan // Plant and Soil. – 1993. – Vol. 150(1). – P. 61–68.
28. Скальный, А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В. Скальный. – М.: Оникс 21 век, 2004. – 216 с.
29. Tour'e, Al. Flaxseed Lignans: Source, Biosynthesis, Metabolism, Antioxidant Activity, Bio-Active Components, and Health Benefits / Al. Tour'e, Xu Xueming // Comprehensive rev. in food science and food safety. – Vol. 9. – 2010. – P. 261–269.
30. Сравнительный анализ содержания секоизоларицирезинола диглюкозида а оболочках семян льна масличного различных сортов / В.Н. Леонтьев [и др.] // Труды БГТУ.– Минск, 2007. – Вып. 15. – С. 169–172. – Сер. IV, Химия и технология органических в-в.

Дата поступления статьи 29 июля 2013 г.