

**ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИИ КУЛЬТУРНЫХ
РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ**
**STUDYING AND UTILIZATION OF THE COLLECTION OF CULTIVATED
PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES**

УДК 58.02:633.52 DOI:10.30901/2227-8834-2015-2-210-224

**ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЛИНИЙ ЛЬНА С
РАЗЛИЧНОЙ ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ
НА ШИРОТАХ, ТРАДИЦИОННЫХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ
ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И МЕЖЕУМКА**

Н. Б. Брач, А. В. Доманович, В. А. Кошkin, А. А. Санин, Л. А. Косых

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: n.brutch@vir.nw.ru

Реферат

35 линий генколлекции льна ВИР, различающиеся по происхождению и фоточувствительности, изучены в естественных условиях выращивания льна-долгунца (60° с. ш.) и межеумка (53° с. ш.), а также на искусственно созданном длинном и коротком (12-часовом) дне по продолжительности фаз всходы-цветение, цветение-созревание и высоте растений. Установлено, что при небольших различиях длины дня основное влияние на продолжительность фаз вегетационного периода оказывает температура воздуха. На высоту льна в аналогичных условиях кроме температуры влияет и интенсивность осадков. Кроме того, генотипы по-разному взаимодействуют с конкретными погодными условиями. Поэтому проведение географического изучения широкого разнообразия исходного материала позволит эффективнее отбирать перспективные генотипы для селекции.

Ключевые слова: лен, фоточувствительность, вегетационный период.

**INTENSITY OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF FLAX LINES WITH
DIFFERENT PHOTOSENSITIVITY IN THE LATITUDES TRADITIONAL
FOR FLAX AND LINSEED**

N. B. Brutch, A. V. Domantovich, V .A. Koshkin, A. A. Sanin, L. A. Kosykh

The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
St. Petersburg, Russia; n.brutch@vir.nw.ru

Abstract

Background. Recently, the sowing area of linseed (*Linum usitatissimum* L.) increased a lot in Russia, and now the crop is moving to the north – traditional area of

fibre flax. At the same time, the problem of rational utilization of its straw has arisen. Being a long-day plant, flax has low photosensitive genotypes. Also, the majority of its characters have individual reaction on photoperiod changes in different genotypes.

Objective. Influence of different photoperiod duration on flax agronomic traits was evaluated in order to meet new demands of agriculture and improve the effective breeding of innovative varieties. **Materials and methods.** 35 lines from the flax genetic collection held at VIR, differing in origin and photosensitivity, have been evaluated in natural conditions of fibre flax (60°nl) and linseed (53°nl) cultivation, and in artificially created long- and short-day (12 hours) conditions for the duration of the phases “germination-flowering”, “flowering-maturation”, and for plant height.

Results. It was found that within small differences in day length the main influence on the duration of vegetative period has air temperature. Under similar conditions, flax height, except for the temperature, is affected by intensity of precipitation. Additionally, the genotypes interact differently with specific environmental conditions. **Conclusion.** Conducting geographical study of a wide variability of source material will allow more efficient selection of perspective genotypes for breeding varieties for nonstandard conditions.

Key words: *Linum usitatissimum*, photosensitivity, vegetative period.

Введение

На протяжении нескольких тысячелетий лен продолжает оставаться одной из важнейших технических культур во всем мире. В основном его используют для получения волокна и масла. Традиционно в северных регионах выращивают лен-долгунец, а в южных – масличный. Однако в последнее время посевы льна-долгунца как во всем мире, так и в Российской Федерации значительно сократились из-за трудоемкости и дороговизны его выращивания и переработки. А производство масличного льна сильно увеличилось. По последним статистическим данным ФАО (Faostat, 2014), в 2012 г. общая площадь, занимаемая в мире масличным льном, составила 2 485 810 га, а под долгунцом – всего 218 919 га. В связи с этим селекционеры начали выводить сорта масличного льна для выращивания в регионах, прежде специализировавшихся на льне-долгунце.

Ранее было установлено, что лен – длиннодневное растение, и именно продолжительность дня в первую очередь определяет структурные характеристики растений и принадлежность их к долгунцам или масличному льну (Sizov, 1955). Таким образом, физиологические

особенности культуры препятствуют эффективности нового направления селекции. Однако в последние годы в коллекции ВИР были обнаружены линии льна, слабо чувствительные к фотопериоду (Brutch et.al., 2008; Domantovich et al., 2012). Этот факт открывает новые возможности селекции и теоретического изучения фотопериодической реакции растений.

Еще одним аспектом проблемы переориентации селекции льна является необходимость изучения влияния фотопериода на изменение хозяйствственно-ценных и других признаков растений. XX век по этому вопросу оставил в литературе немногочисленные и противоречивые научные данные. Было установлено, что высота основной продуктивной части волокнистого льна – стебля – довольно устойчивый признак, но три фактора резко снижают ее у льна, это: короткий день, недостаток воды в почве и высокие температуры (Sizov, 1955). Однако по данным различных ученых, короткий день в отдельные периоды развития растений неодинаково влияет на их высоту. Так, по результатам одних исследований, укороченный день сразу после всходов не оказывает заметного влияния на высоту растений (Sizova, 1952), а по результатам других – сокращение дня в период световой стадии (первые 10 из 20 дней после всходов) замедляет рост растений, но по мере приближения к фазе цветения растения ускоряют рост и по высоте догоняют и перегоняют контрольные растения (Afonin, 1969). Короткий день после прохождения льном световой стадии, как правило, отрицательно влияет на рост его в высоту (Davidyan, 1955; Bel'denkova, 1960; Afonin, 1969). Растения, помещенные в условия короткого (10, 12 или 14 часов) дня в период быстрого роста, который начинается после окончания световой стадии, совпадает с фазой бутонизации и продолжается до начала цветения, не достигают нормальной высоты (Sizov, 1959). Наши исследования показали, что причиной таких разнотечений является индивидуальная реакция генотипов на короткий день (Domantovich., 2012, Domantovich et al., 2012). В условиях искусственно созданного короткого дня было установлено, что, несмотря на преимущественное увеличение общей и технической высоты растений льна на коротком дне по сравнению с длинным, некоторые слабо и сильно фоточувствительные линии не изменяют высоты или становятся короче. В то же время для успешного ведения селекции необходимо проведение сравнения влияния на рост и

развитие льна не только искусственных, но и естественных условий короткого дня.

Материал и методы

Материалом для работы послужили 35 линий генетической коллекции льна ВИР, различавшиеся по широтному происхождению, типу льна и фотопериодической чувствительности – ФПЧ (табл. 1). Их высевали в зонах традиционного выращивания льна-долгунца в Ленинградской области (60° с. ш.) в 2008–2010 гг. и межеумков в Самарской области (53° с. ш.) в 2010 и 2011 гг. (различие по длине дня около 3 часов). В 2008–2010 гг. линии выращивали в сосудах на специальной фотопериодической площадке в Пушкинском филиале ВИР (г. Пушкин, Ленинградская область).

Методика определения фотопериодической чувствительности. Опыты по методике, разработанной В. А. Кошкиным (Koshkin et al., 1994) в отделе физиологии ВИР, закладывали в конце мая, когда продолжительность дня составляла 17 часов на специальной фотопериодической площадке в пятилитровых вегетационных сосудах с дерново-подзолистой почвой на перемещаемых вагонетках. Высевали по 10 семян каждого образца в двух вариантах, каждый по две повторности. Опытные растения сразу после прорастания и до зацветания переводили на короткий день (12 часов), который создавали закатыванием вагонеток в светонепроницаемый павильон. Контрольные растения на это время закатывали в стеклянный павильон. Таким образом, они оставались на естественном освещении (17,5–19,0 часов), а влияние других факторов среды выравнивалось. Внесение удобрений и полив проводили в оптимальном для льна режиме. У каждого растения отмечали даты всходов и раскрытия первого цветка для вычисления длительности периода от всходов до цветения. Для каждого образца рассчитывали его среднюю продолжительность на длинном (T_1) и коротком (T_2) дне.

Фотопериодическую чувствительность (ФПЧ) устанавливали по задержке цветения на коротком дне по сравнению с контролем (T_2-T_1). Коэффициент фотопериодической чувствительности ($K_{ФПЧ}$) определяли по формуле $K_{ФПЧ}=T_2/T_1$ (Koshkin et al., 1994), где T_1 и T_2 – продолжительность периода всходы-цветение (дни) у растений, выращенных соответственно в условиях длинного естественного (дд) и короткого 12-часового дня (кд).

Изученные линии генетической коллекции льна ВИР

№	Номер каталога генколлекции	Средний Кфпч*	Тип льна**	Родословная	Название и происхождение исходного образца
1	2	3	4	5	6
1	гк-2	1,15	Д	л-1 из к-48	Селекции Альтаузена, Россия
2	гк-15	1,14		л-1 из к-512	Местный, Северодвинск, Россия
3	гк-17	1,19		л-2-2 из к-512	Местный, Северодвинск, Россия
4	гк-22	1,14		л-3-2 из к-562	Псковский кряж, Череповецкая губ., Россия
5	гк-54	1,30		л-5 из к-1507	Местный, Вятская губ., Россия
6	гк-65	1,21		л-3 из к-3178	Местный, Тверская губ., Россия
7	гк-67	1,12	М	л-2 из к-4035	Канада
8	гк-79	1,15	Д	л-1-2 из к-5408	Печерский кряж, Россия
9	гк-100	1,21		л-1-2-1-2 из к-5821	Венгрия
10	гк-103	1,10	М	л-4 из к-5896	Lin 225, Нидерланды
11	гк-109	1,39	Д	л-3-2 из к-6099	Makovi M. A. G., Аргентина
12	гк-119	1,27	К	л-2-3 из к-6210	Индия
13	гк-136	1,12	М	л-1 из к-6634	Чехия
14	гк-141	1,17	Д	л-1 из к-6815	к-6, Россия
15	гк-143	1,14		л-1 из к-6917	с (47-4) 80, Versailles, Франция
16	гк-157	1,30		л-4-1 из к-7213, Natasja, (к-7708)	Нидерланды

окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
17	гк-158	1,08		л-1 из к-7413	Россия
18	гк-159	1,16	М	л-1-1 из к-7659	Bionda, Германия
19	гк-160	1,21		л-2-1 из к-7659	Bionda, Германия
20	гк-176	1,17	Д	л-1 из (л-1 из к-6815 × л-4 из к-5896)	Россия, ВИР
21	гк-185	1,21	М	л-1 из к-2601	Португалия
22	гк-186	1,55	К	л-1 из к-3002	Pusa Bihar, Индия
23	гк-187	1,09		л-2 из к-3002	Индия
24	гк-188	1,43		л-3 из к-3002	Индия
25	гк-190	1,10	Д	л-1 из к-4027	Нидерланды
26	гк-201	1,22	М	л-1 из к-7022	Пакистан
27	гк-202	1,33	К	л-2 из к-7022	Пакистан
28	гк-209	1,02	М	л-2 из и-562348	Португалия
29	гк-269	1,13	Д	л-7 из к-7472	Призыв 81, Белоруссия
30	гк-285	1,17	К	л-1 из к-3263	Индия
31	гк-344	1,23	Д	л-2 (л-3-2 из к-6099 × л-1 из к-6634)	Россия, ВИР
32	гк-345	1,23		л-1 (л-3-2 из к-6099 × л-1 из к-6815)	Россия, ВИР
33	гк-370	1,18		л-3 (л-3-2 из к-6099 × л-3 из к-3178)	Россия, ВИР
34	гк-375	1,23		л-1 из к-6363	Египет
35		1,22	М	л-1 из к-5538	Югославия

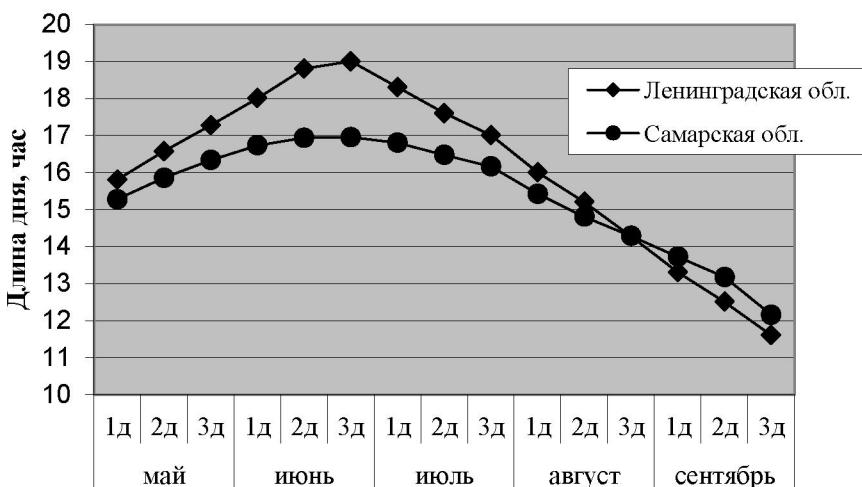
*К_{ФПЧ} – коэффициент фотопериодической чувствительности

**Д – лен-долгунец; М – лен-межеумок; К – лен-кудряш.

Линии с К_{ФПЧ} 1,00–1,15 относили к слабочувствительным, а линии с более высоким К_{ФПЧ} – считали чувствительными. В качестве стандарта слабой ФПЧ использовали слабо чувствительную к фотопериоду линию гк-209 из Португалии.

У каждого растения, выращенного в вегетационных сосудах, индивидуально оценивали продолжительность периодов всходы-цветение и цветение-созревание, а также общую высоту растений.

Методика полевого опыта. Полевое изучение образцов проводили на полях Пушкинского филиала ВИР (Ленинградская обл.) и Поволжского НИИ селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова (Самарская область) по стандартной методике ВИР (Metodicheskie ukazaniya, 1988). Образцы выращивали на делянках площадью 1 м² с междуурядьями 8 см, глубина заделки семян 1–2 см. В целом для делянок отмечали даты всходов, полного цветения, ранней желтой спелости. Перед уборкой опыта, проводившегося в Ленинградской области, из центра делянки отбирали подряд по 20 растений для измерения высоты растений.



**Рис. 1. Продолжительность естественного дня
в Ленинградской и Самарской областях**

Наблюдение за погодными условиями проводили на метеорологических станциях ВИР в городе Пушкине (Ленинградская область) и Поволжского НИИ селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Самарская обл.). Пушкинский филиал ВИР расположен в черте города Санкт-Петербурга. Почвы дерново-подзолистые, легкосуглинистые, средней оккультуренности с пахотным горизонтом 20–25 см, содержание гумуса 3–4%. Реакция по всему почвенному профилю слабокислая, pH 5,5–6,0 (Dimo, 1976; Pestryakov,

1973). Эта зона оптимально подходит для выращивания льна-долгунца. Поля находятся на 59°44' с. ш., где летом продолжительность дня не превышает 19 часов (рис. 1).

Годы проведения исследований в районе г. Пушкина (2008–2010 гг.) значительно не различались по температурному режиму и характеризовались не достаточным влагообеспечением (рис. 2, 3.).

В 2008 г. средняя температура воздуха в период с мая по сентябрь включительно была выше среднемноголетней на 0,7–3,6°C. Только во второй декаде мая, первой декаде августа и во второй декаде сентября было зафиксировано снижение этого показателя относительно среднемноголетней температуры на 0,6–2,2°C.

Лето (май – август) 2008 г. можно охарактеризовать как засушливое, так как количество выпавших осадков было меньше средней многолетней нормы. Начало мая, совпадающее с посевом льна и прорастанием, было засушливым (0,0–2,0 мм осадков). Из-за этого всходы в поле появились неравномерно, а период посев–всходы затянулся. Только во второй и третьей декаде августа, совпадающей с уборкой посевов льна, количество выпавших осадков было выше средней многолетней на 0,1 и 9,1 мм соответственно, что привело к заплыванию почвы и затруднило уборку. В целом лето 2008 г. можно охарактеризовать как благоприятное для возделывания льна.

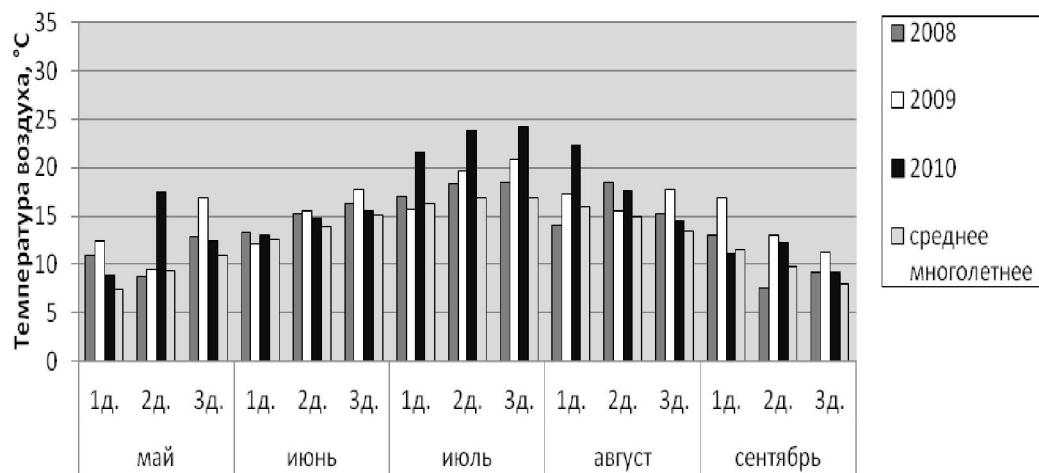


Рис. 2. Температура воздуха в Ленинградской области (в 2008–2010 гг.)

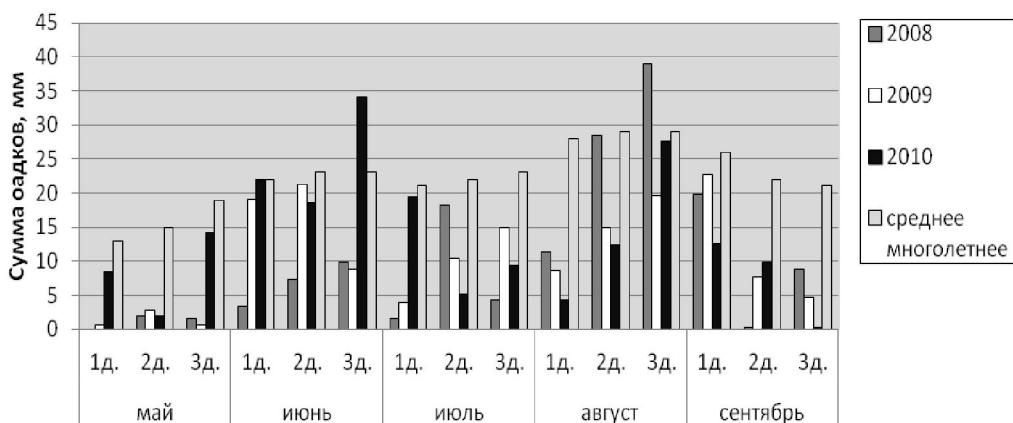


Рис. 3. Осадки в Ленинградской области (в 2008–2010 гг.)

В 2009 г. средняя температура воздуха была выше на 0,1–4,1°C, а осадков выпало меньше на 1,9–18,4 мм, чем средние многолетние по данным показателям. Начало мая было засушливое, что затруднило появление всходов. Только в начале июля в период цветения и начала созревания растений льна увлажнение было оптимальным, а температура повышенной, что ускорило созревание растений.

Начало мая 2010 г. было засушливым и относительно прохладным, только в третьей декаде было зафиксировано достаточное увлажнение, что также сказалось на равномерности появления всходов. Максимальное количество осадков выпало только в третьей декаде июня. В целом средняя температура воздуха была ниже средней многолетней, только в первой декаде августа отмечено ее повышение, что способствовало ранней уборке урожая.

Поволжский НИИ селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова (Самарская область) расположен на 53°16' северной широты и 50°36' восточной долготы и на высоте 58–120 м над у. м., в лесостепной полосе левобережья Средней Волги в Самарской области. Рельеф пологоволнистый от степного равнинного до рассеченно-всхолмленного. Почва на опытных полях однородная и представлена типичным, среднегумусным (7,5–8,5%), среднемощным, тяжелосуглинистым черноземом. Продолжительность дня летом не превышает 17 часов (рис. 1).

Годы проведения исследований в Поволжье (2010–2011) также

значительно не различались по температурному режиму и характеризовались недостаточным влагообеспечением (рис. 4, 5).

В 2010 г. средняя температура воздуха в период с мая по август была значительно выше средней многолетней на 2,1–9,7°C. Минимальное различие по температурам было отмечено в третьей декаде мая, а максимальное – в первую декаду августа.

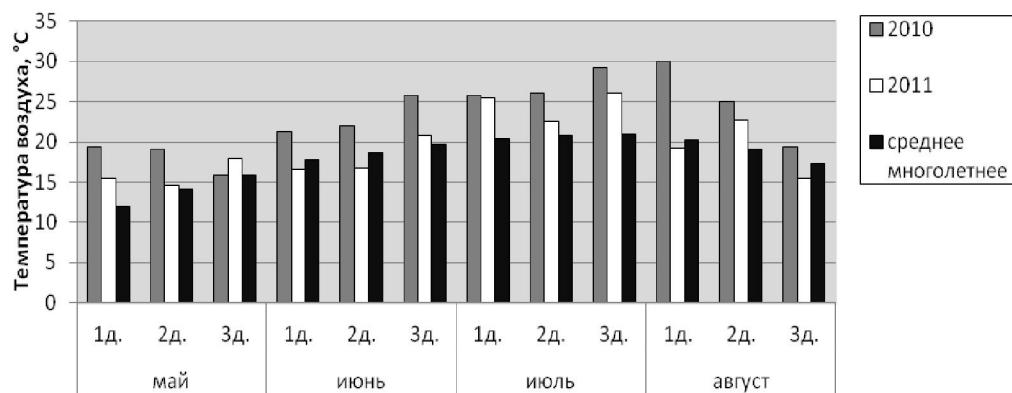


Рис. 4. Температура воздуха в Самарской области (2010–2011 гг.)

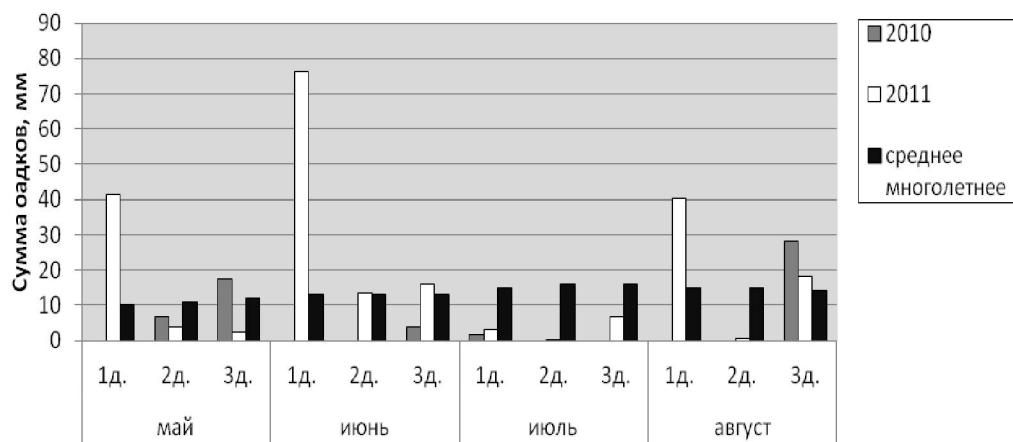


Рис. 5. Осадки в Самарской области (2010–2011 гг.)

Лето 2010 г. можно охарактеризовать как засушливое, так как количество выпавших осадков было значительно ниже, чем среднее

многолетнее. Начало мая (первая декада) характеризовалось отсутствием осадков. Они выпали только во второй половине мая, что положительно сказалось на всходах льна. Также отсутствием осадков характеризовались первая–вторая декада июня, совпадающая с фазой цветения растений, вторая–третья декада июля и первая–вторая декада августа, совпадающие с процессом созревания. Таким образом, процессы цветения и созревания растений в 2010 г. проходили при высоких температурах и при отсутствии осадков, что привело к быстрому созреванию льна и сокращению продолжительности всего вегетационного периода.

Лето 2011 г. было значительно прохладней, чем лето 2010 г. Средняя температура воздуха на 0,4–5,2°C была выше средней многолетней, а иногда даже и ниже на 1,1–1,9°C. Количество выпавших осадков в 2011 г. можно охарактеризовать как умеренное. Максимальное количество отмечено в первых декадах мая (41,3 мм), июня (76,4 мм) и августа (40,2 мм). Дождливая погода в начале июля, совпадающая с фазой цветения растений льна, сказалась на увеличении продолжительности периода всходы–цветение, а из-за обилия осадков в августе возникли проблемы при проведении уборки урожая.

Результаты и обсуждение

В Самарской области у всех изученных линий цветение наступало раньше, чем во всех вариантах опыта в Ленинградской области. Различия продолжительности периодов всходы–цветение, наблюдавшейся в Самарской области и в условиях искусственно созданного на фотопериодической площадке короткого дня, составляли 10–40 дней. Минимальное значение отмечено у линии стандарта – слабо чувствительной линии гк-209 (10 дней) (рис. 6).

Видимо, в данном случае основное влияние на развитие растений оказали высокие температуры мая и июня более южной точки посева. В то же время, большинство линий в более прохладном 2011 г. зацвели быстрее, чем в 2010 г. Исключение составили слабочувствительная линия гк-2, несколько сильно чувствительных линий гк-65, гк-79 и гк-109, которые зацвели раньше в 2011 г., и две слабочувствительные линии гк-15 и гк-22, имевшие равные периоды всходы–цветение в оба года. Интересно отметить еще два исключения из общего правила, проявившиеся на поле Пушкинского филиала ВИР: сильночувствительная линия гк-186 и слабо чувствительная гк-209. Они зацвели быстрее в 2009 г. по сравнению с более жарким 2010 г. (рис. 6).

Таким образом, можно сделать вывод о том, что особую роль в интенсивности развития растений играет взаимодействие генотипа с комплексом конкретных условий выращивания.

Продолжительность периода цветение-созревание в естественных условиях Самарской области у большинства линий была короче, чем в полевых условиях Ленинградской области. В наиболее жарком 2010 г. скорость созревания у всех линий была наименьшей и все они на юге созрели раньше, чем на севере. А в 2011 г. некоторые линии в Поволжье созревали дольше, чем на севере в 2010 г. (слабочувствительные линии: гк-136, гк-158, гк-190, гк-269, и сильночувствительные: гк-54, гк-100, гк-186, гк-188, гк-202 и гк-285) и в 2009–2010 гг. (сильночувствительные: гк-17, гк-119, гк-160). По сравнению с опытными условиями естественного дня в Самарской области все линии в 2010 г. созрели быстрее, а в 2011 г. большинство созрело позже, чем на фотопериодической площадке в вегетационных сосудах в жарком 2010 г.

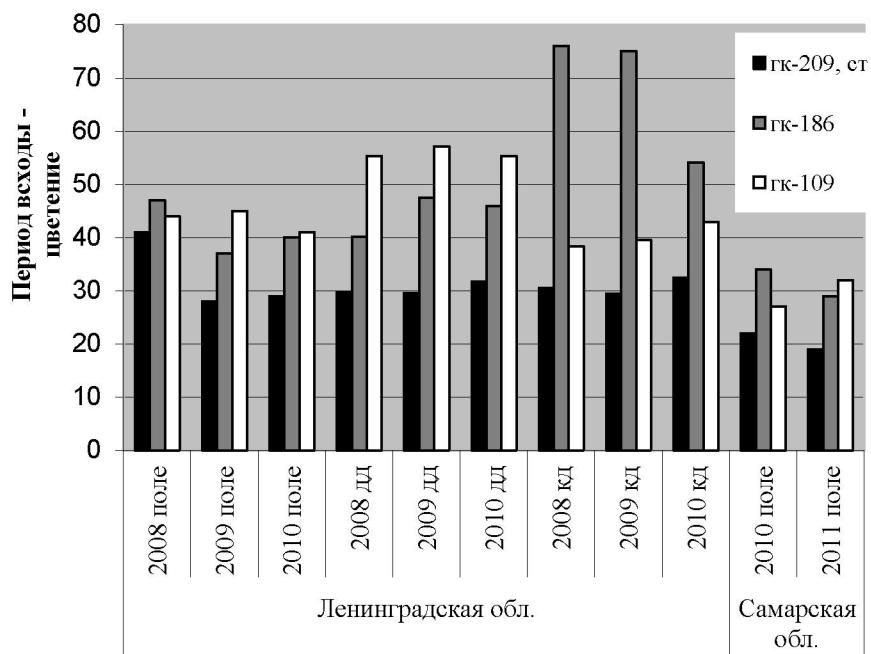


Рис. 6. Продолжительность периода всходы-цветение у некоторых линий льна в условиях длинного, короткого дня, в условиях поля в Ленинградской области и в условиях естественного дня в Самарской области (2008–2011 гг.).

Исключения из последнего правила составили сильночувствительные линии гк-65, гк-79 и гк-109. Из этого можно сделать вывод о том, что при небольших различиях длины дня основное влияние на продолжительность созревания оказывает температура воздуха, а генотипы различаются по степени ее влияния на скорость формирования семян (рис. 7).

Во всех вариантах опыта в Ленинградской области почти все линии превышали по общей высоте растения, выращенные в Самарской области. Исключение составили несколько сильночувствительных линий гк-186, гк-202, гк-285, гк-188 и две слабочувствительные гк-136 и гк-158, которые в 2011 г. в Поволжье были более высокорослыми, чем на севере в жарком 2010 г. Кроме того, сильно чувствительные линии гк-202 и гк-285 превзошли по высоте показатели, полученные в вегетационных сосудах на длинном дне. Причиной этого, видимо, являются пониженные температуры и более обильные осадки 2011 г. На это указывает и тот факт, что все линии, кроме двух слабо чувствительных гк-2 и гк-187, в Самарской области в 2011 г. были выше, чем в 2010 г. (рис. 8).

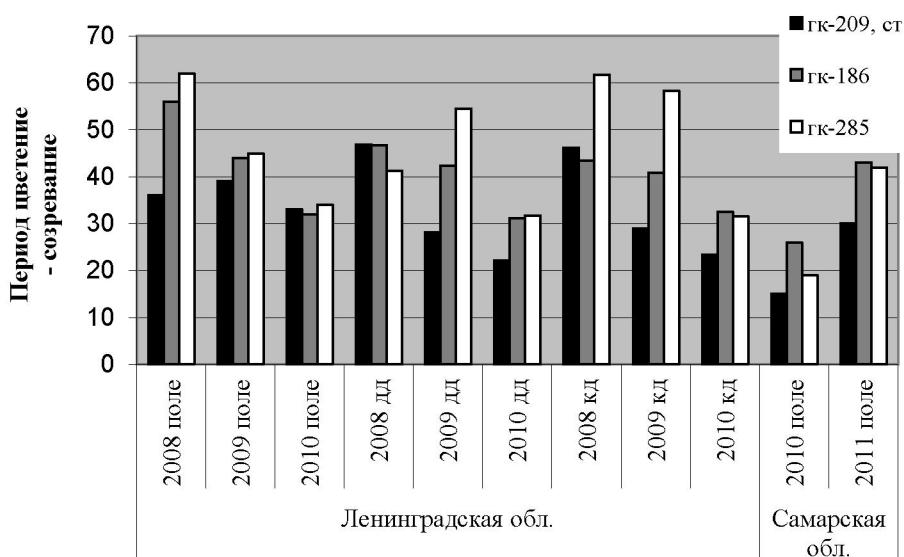


Рис. 7. Продолжительность периода цветение-созревание у некоторых линий льна в условиях длинного, короткого дня, в условиях поля в Ленинградской области и в условиях естественного дня в Самарской области (2008–2011 гг.).

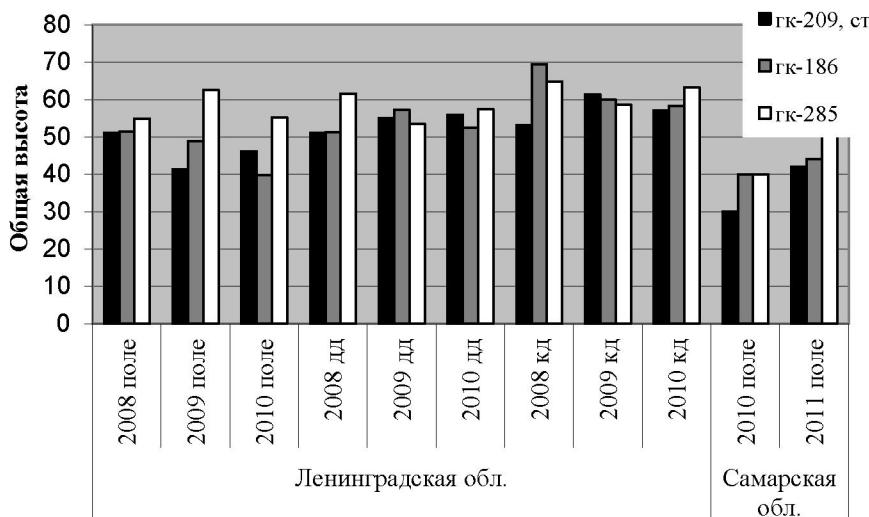


Рис. 8. Высота растений у некоторых линий льна в условиях длинного, короткого дня, в условиях поля в Ленинградской области и в условиях естественного дня в Самарской области (2008–2011 гг.)

Заключение

Таким образом, при небольших различиях длины дня основное влияние на продолжительность фаз вегетационного периода оказывает температура воздуха. Ее повышение ускоряет развитие растений. На высоту растений в аналогичных условиях кроме температуры влияет и интенсивность осадков. Формированию высокорослых растений способствуют умеренные температуры и достаточное увлажнение. Кроме того, полученные данные свидетельствуют о том, что генотипы могут реагировать на изменение условий различным образом. Поэтому проведение географического изучения широкого разнообразия исходного материала позволит эффективнее отбирать перспективные генотипы и оптимизировать ведение селекции как на продвижение масличного льна в северные регионы, так и на создание новых сортов двустороннего использования для южных областей.

Литература/References

Afonin M. I. The impact of photoperiod and air temperature on growth, development and yield of fiber flax in ontogeny // Sbornik nauchnyh trudov. Zemledelie i rastenievodstvo v BSSR. Minsk, 1969. Vol. 13. P. 196–201. (in Russian)

- Bel'denkova A. F. The influence of light stage passing conditions on morphological variability and some physiological parameters of plants // Trudy botanicheskogo instituta V. L. Komarova AN SSSR. Eksperimental'naya botanika. M.-L., 1960. Iss. 14. Ser. 4. P. 188–208. (in Russian)
- Brutch N., Koshkin V., Matvienko I. et. al. Influence of low temperatures and short photoperiod on the time of flowering in flax // Fiber foundations – transportation, clothing and shelter in the bioeconomy: Proceedings of the 2008 international conference on flax and other bast plants. 21-23 July 2008. Saskatoon Saskatchewan. Canada. P. 81–91.
- Davidyan G. G. Geographical variability of flax and hemp // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii. L., 1975. Vol. 55. Iss. 1. P. 81–94. (in Russian)
- Dimo V. N. Natural conditions and specificity of agricultural lands use // V kn.: Agrofizicheskaya harakteristika pochv Nechernozemnoi zony evropeiskoi chasti SSSR. M., 1976. 100 p. (in Russian)
- Domantovich A. V. Influence of photoperiod on agronomic characters of flax (*Linum usitatissimum* L.) // Avtoref. diss. ... k.b.n. SPb., 2012. 14 pp. (in Russian)
- Domantovich A. V., Koshkin V. A., Bruch N. B., Matvienko I. I. Investigation of photoperiod sensitivity of *Linum usitatissimum* L. lines and effect of short-day conditions on their economically valuable traits // Russian Agricultural Sciences. 2012. Vol. 38. N. 3. P. 173–177. DOI: 10.3103/S1068367412030056
- Koshkin V. A., Koshkina A. A., Matvienko I. I., Pryadehina A. K. Use of parental forms of spring wheat with low photosensitivity for creation of early productive lines // Doklady RASKhN. 1994. N 2. P. 8–10. (in Russian)
- Kutuzova S.R., Pit'ko A.G. The study of flax collection (*Linum usitatissimum* L.). Metodicheskie ukazaniya. L., 1988. 29 pp. (in Russian)
- Pestryakov V. K. Soils of the Leningrad region. L., 1973. P. 6–16. (in Russian)
- Sizov I. A. Flax. M.: Sel'hozgiz, 1955. P. 45–50. (in Russian)
- Sizov I. A. The variability of flax and hemp plants under the influence of external environmental factors // Trudy konferencii posvyashennoi 40 let Velikoi Oktyabr'skoi socialisticheskoi revolyucii (8-14 oktyabrya 1957). Nasledstvennost' i izmenchivost' rastenii, zhivotnyh i mikroorganizmov. M., 1959. Vol. 2. P. 198–206. (in Russian)
- Sizova M. A. The dynamics of bast fibre bundles formation in the stems of different flax varieties, depending on growing conditions // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii. L., 1952. Vol. 29. Iss. 2. P. 52–62. (in Russian)
- FAOSTAT. URL: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (Дата обращения: 2014)