

И. В. Ущеповский¹,
Л. Н. Павлова²,
Е. М. Корнеева³,
Н. Б. Брач⁴

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ УСЛОВИЯХ ОСУШЕНИЯ

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства, 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56, e-mail: vniiml1@mail.ru

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт льна, 172002, Россия, Тверская область, г. Торжок, ул. Луначарского, д. 35, e-mail: vniil@mail.ru

³ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорации земель, 170530, Россия, Тверская обл., Калининский р-н, п. Эммаусс, д. 27, e-mail: vniimz@list.ru

⁴Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, д. 42, 44, e-mail: n.brutch@vir.nw.ru

Ключевые слова:

лен-долгунец, урожайность, ГТК, осушаемые земли

Поступление:

10.01.2017

Принято:

12.06.2017

Актуальность. Нечерноземная Зона РФ – одна из основных территорий возделывания льна-долгунца. В последние годы здесь наблюдается тенденция повышения температуры и сокращения осадков. Создание новых сортов льна-долгунца в условиях изменяющегося климата требует использования новых селективных фонов. Таким фоном могут стать мелиорированные поля. **Материалы и методы.** Сорта льна долгунца ‘Альфа’, ‘Зарянка’, ‘Дипломат’, ‘Росинка’, ‘Тверской’, ‘Лада’, ‘Ленок’ (Россия), ‘Мерилин’ (Голландия), ‘Могилевский 2’ (Беларусь) изучали на осушаемом и обычном поле в 2011–2013 гг. по урожайности соломы и семян. **Результаты и обсуждение.** По метеоусловиям 2011 год относился к благоприятным, 2012 – влажным, а 2013 – засушливым. Наиболее стабильные параметры урожайности наблюдали на мелиорированных землях, но в засушливом 2013 году урожай семян на обычном поле был значительно выше, чем на мелиорированном. Дисперсионный анализ для каждого года исследований, выявил 90% влияние условий поля на продуктивность сортов по обоим признакам, кроме урожая соломы в засушливом 2013 г., когда сорта ‘Зарянка’ и ‘Альфа’ имели одинаковую продуктивность при осушении и без него. Влияние генотипа сорта на урожай соломы (50%) и семян (3,3%) было статистически значимо только в экстремальном 2013 г. Тогда же достоверным было и влияние взаимодействия типа поля и генотипа сорта – 13 и 4 процента на урожай соломы и семян соответственно. В 2013 г. проявилось превышение влияния осушения на урожай семян, по сравнению с урожаем соломы (91 и 8 процентов соответственно), что указывает на большую зависимость от условий мелиорации процессов формирования генеративной части растений, по сравнению с вегетативной. Двухфакторный дисперсионный анализ зависимости продуктивности сортов льна-долгунца от условий поля и года испытания показал, что сорта различаются по степени влияния осушения на урожай соломы и семян. Это указывает на различия у них систем контроля продуктивности и подтверждает целесообразность использования условий мелиорации для выявления различий между сортами и отбора наиболее перспективных из них.

I. V. Ushchapovskii¹,
L. N. Pavlova²,
E. M. Korneeva³,
N. B. Brutch⁴

PECULIARITIES OF FIBER FLAX EVALUATION IN SOIL-MELIORATION CONDITIONS OF DRAINAGE

¹Institute of Flax Growing
Mechanization ,
17/56, Komsomolskii prospect,
Tver, 170041 Russia,
e-mail: vniiml1@mail.ru

²All-Russian Institute of Flax
Research,
35, ul. Lunacharskogo, Torzhok,
Tver Province, 172002 Russia,
e-mail: vniil@mail.ru

³Institute of Soil Melioration,
27, village Emmauss, Kalininskii
region, Tver Province, 170530
Russia,
e-mail: vniimz@list.ru

⁴Federal research center The
N. I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42, ul. Bol'shaya Morskaya,
St. Petersburg, 190000 Russia,
e-mail: n.brutch@vir.nw.ru

Keywords:

flax, yield, GTC, drained land

Recieved:

10.01.2017

Accepted:

12.06.2017

Background. The Non-Chernozem zone of Russian Federation is one of the fibre flax cultivation main areas. Recently trend of temperature increasing and precipitation reducing became apparent. New fibre flax varieties breeding in the conditions of changing climate requires the use of new selective backgrounds. Drained fields can become such a background. **Materials and methods.** Fibre flax varieties 'Alpha', 'Zarianka', 'Diplomat', 'Rosinka', 'Tverskoi', 'Lada', 'Lenok' (Russia), 'Marilyn' (The Netherlands), 'Mogilevskii 2' (Belorussia) were evaluated for their straw and seeds yields on drained and usual fields in 2011–2013. **Results and discussion.** According to weather conditions 2011 was considered as favorable year, 2012 as wet one and 2013 as dry season. The most stable productivity was observed on drained land, compared to ordinary field. But in dry 2013 seed yield on normal field has been significantly higher than on drained one. Analysis of variance for each year of the research revealed 90% of the effect of field conditions on the productivity for both characters, except of straw yield in dry 2013, when the varieties 'Zarianka' and 'Alpha' had the same productivity in drained and normal conditions. The influence of varieties genotypes on the straw yield (50%) and seeds (3.3%) was statistically significant only in extreme 2013. In 2013, the effect of interaction between field type and varieties genotype was also significant (13 and 4 percent for straw and seeds yield respectively). Also 2013 showed a significant excess of drainage influence on seeds yield, compared with the straw yield (91% and 8 percent respectively). This indicates greater dependence of the formation of plants generative parts compared to the vegetative parts, on the field conditions. Two-factor variance analysis of the different fibre flax varieties productivity dependence on the field conditions and years of tests have shown that varieties differ in their degree of drainage influence on the straw and seeds yield, suggesting that they have different systems controlling productivity, confirming the appropriateness of the drained backgrounds use for identification of the differences between varieties and selection of the most perspective ones of them.

Введение

Оптимизация современного растениеводства, основной целью которой является получение высоких и устойчивых урожаев, связана с системой многочисленных мероприятий по улучшению свойств и режима почв с учетом внутривидовой вариативности среды обитания растений (Berezin, Karpachevskii, 2012). В условиях переувлажнения проводят гидротехническую мелиорацию, позволяющую создать оптимальный водный режим для развития сельскохозяйственных культур. Однако, при недостатке осадков, мелиорация вызывает переосушение, которое ведет к резкому снижению урожаев.

Выращивание льна-долгунца в европейской части РФ сосредоточено в основном на старопашотных минеральных почвах в Нечерноземной зоне, характеризующейся низким почвенным плодородием и крайне неустойчивой погодой, как в критические периоды вегетации, так и в период уборки (Gringof, 1986). Так как количественные и качественные показатели льнопродукции во многом определяются условиями среды (Brutch et al., 2011), селекционно-генетические и агрономические исследования должны быть направлены на создание сортов, которые могут формировать стабильные урожаи за счет повышения адаптивного потенциала и устойчивости к различным экстремальным факторам среды, включая низкие и высокие значения pH почвенного раствора, повышенную влажность, изменение ландшафтных условий и т. п., (Zhutchenko et.al., 2009, Pavlova et.al., 2015). Это предполагает наличие в арсенале селекционера разнообразных естественных или искусственных фонов отбора, новой методологии оценки в селекции адаптивных форм (Ushchapovskii et.al., 2016). Различные почвенные и погодные условия естественных селекционных полей, моделируемые условия экологических испытаний, наличие широкой географической сети участков госсортоиспытаний позволяет раскрыть особенности адаптивного потенциала селекционных форм. Отмечаемое на северо-западе европейской части РФ повышение среднегодовой температуры и увеличение частоты ливневых осадков в период вегетации (Report..., 2016) обуславливают необходимость формирования различных

селекционных полигонов для оценки новых сортов.

Одним из направлений в исследовании адаптивных реакций сортов льна-долгунца может быть их изучение в условиях возделывания на осушаемых землях. Целью данной работы была сравнительная оценка продуктивности сортов льна-долгунца в условиях традиционного селекционного поля и осушаемых земель.

Материалы и методы

В 2011–2013 гг. согласно Методическим рекомендациям (Methodical recommendations..., 2004) Всероссийского научно-исследовательского института льна (ВНИИЛ) были проведены полевые испытания ряда сортов льна-долгунца в условиях традиционного неосушаемого полевого селекционного питомника ВНИИЛ, принимаемого за контроль, и на осушаемых землях агроэкологического стационара Всероссийского научно-исследовательского института мелиорации земель (ВНИИМЗ), характеризуемого как опыт. Мелиорация проведена закрытым гончарным дренажем с междренним расстоянием 20–30 м и глубиной залегания дрен 0,9–1,2 м.

Условия обоих участков имели сходные параметры – дерново-подзолистая, легкосуглинистая слабокислая почва (pH 5,2–5,5) с содержанием гумуса 1,94–2,09 и основных элементов питания: фосфора P_2O_5 от 29,8 до 39,6, калия K_2O от 16,1 до 18,2, азота NH_4 от 1,63 до 1,82 мг/100г почвы.

Были изучены девять сортов льна-долгунца различного происхождения: 'Альфа', 'Зарянка', 'Дипломат', 'Росинка', 'Тверской', 'Лада', 'Ленок' (селекция ВНИИЛ, г. Торжок, Россия), 'Мерилин' (компания Ван де Билт, Голландия), 'Могилевский 2' (Могилевская опытная станция, Беларусь).

Посев проводили в оптимальные сроки – в конце первой – начале второй декады мая сеялкой СЛН-1,6 с междурядьем 7,5 см с расчетной нормой высева 25 млн. семян/га. Использовали семена 1-го класса. До посева было внесено комплексное удобрение марки «Азофоска» (N16P16K16) из расчета 0,2 т/га. Обработка почвы включала зяблевую вспашку, ранневесеннее боронование зяби и две культивации с боронованием. Предпосевная

культивация была проведена комбинированным агрегатом КБМ. В фазу «елочки» посеы обрабатывали баковой смесью гербицидов (Агритокс + Секатор Турбо) с расходом рабочей жидкости 300 л/га. Уборку сортов проводили в фазу ранней желтой спелости тереблением их вручную. Повторность опыта – трехкратная, учетная площадь делянки – 5 кв. м.

Для оценки метеорологических условий использовали показатель средней температуры воздуха, суммарное количество осадков, а также величину гидротермического коэффициента (ГТК), которую рассчитывали по традиционной формуле (Selaninov, 1937): $ГТК = \text{Sum}P_{05} / (\text{Sum}T_{05} / 10)$, где $\text{Sum}P_{05}$ – сумма осадков за период с температурой воздуха выше $+5^{\circ}\text{C}$; $\text{Sum}T_{05}$ – сумма суточных температур за этот же период.

Данный показатель описывает влагообеспеченность культур в течение вегетации. Значение ГТК от 1,0 до 1,5 характеризует оптимальное увлажнение почвы, более 1,5 – избыточное, менее 1,0 – недостаточное и менее 0,5 – слабое.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения MS Excel© и STADIA©.

Результаты и обсуждение

Метеорологические показатели трех лет испытаний в период вегетации льна значи-

тельно различались и по сумме температур, и по количеству осадков (рис. 1). В 2011 и 2012 гг. перед посевом прошли дожди, и было прохладно. В 2013 г. начало мая выдалось сухим и более теплым. Период от всходов до цветения, наступавшего в конце июня – начале июля, во все три года сопровождался значительными осадками, но в 2013 г. было несколько жарче. Фаза созревания, заканчивавшаяся ко второй декаде августа, в 2013 г. прошла почти без дождей, а больше всего осадков в этот период выпало в 2012 г. Таким образом, по этапам развития растений и месяцам в разные годы испытаний наблюдалась крайняя неравномерность распределения осадков.

Многочисленные данные разных исследований, основанных на средних показателях, указывают, что для получения высокого урожая качественной льнопродукции необходимо до 230 мм осадков и среднесуточная температура воздуха $16\text{--}17^{\circ}\text{C}$ в период с мая по август. Таким образом, интегрированный показатель ГТК за вегетацию должен быть 1,4–1,8 (Karpunin, Ushchapovskii, 2015). В нашем опыте в период вегетации ГТК составил в 2011 г. – 1,47; в 2012 г. – 2,01 и в 2013 г. – 0,92. Исходя из этих данных 2011 год относился к благоприятным, 2012 – влажным, а 2013 – засушливым годам (табл. 1).

Таблица 1. Гидротермические условия вегетации льна в 2011–2013 гг. в Тверской области
Table 1. Hydrothermal conditions of flax vegetation in 2011–2013 in Tver' Province

Год	Значения ГТК по месяцам				Среднее за вегетацию
	май	июнь	июль	август	
2011	0,87	2,81	0,83	1,38	1,47
2012	1,80	2,73	1,71	1,80	2,01
2013	1,01	1,04	1,19	0,44	0,92

Сравнение величин ГТК с оптимальными значениями для каждого месяца вегетации (Novikov, 2008) указывает на то, что в последнее время они преимущественно смещаются в сторону засушливых условий,

хотя июнь 2011 и 2012 гг. были избыточно влажными (рис. 2) в значительной мере за счет ливней. Так, в 2012 г. отмечены 15 дней с осадками от 20 до 40 мм.

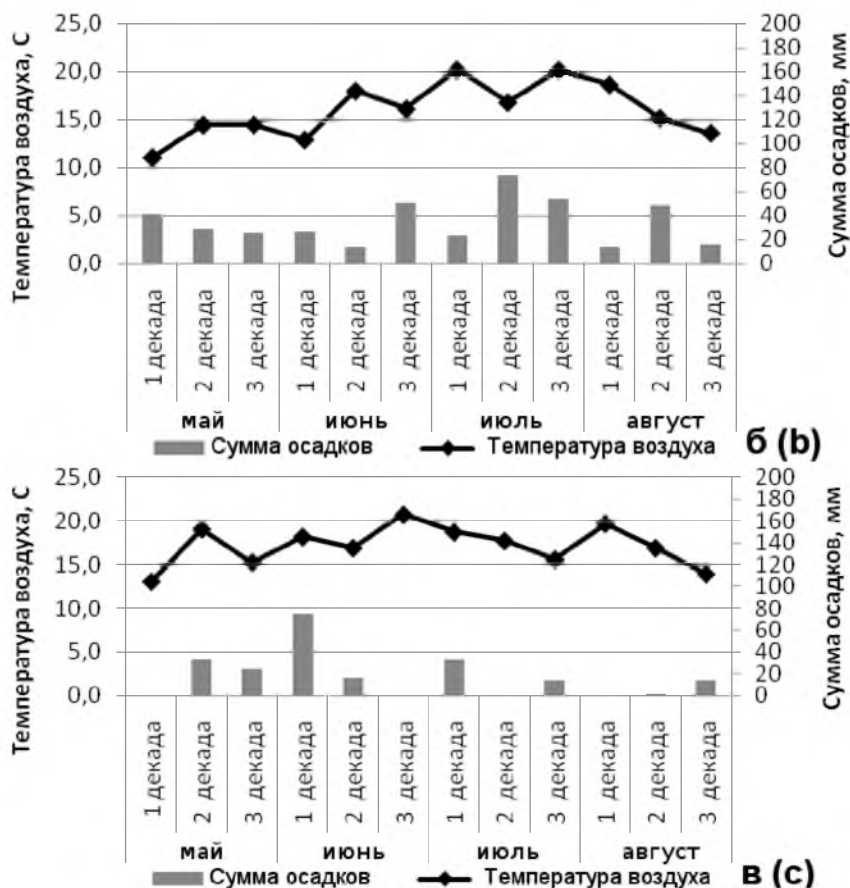


Рис. 1. Средняя температура воздуха и сумма осадков за период вегетации льна в 2011 (а), 2012 (б) и 2013 (в) годах в Тверской области
 Fig. 1. Average air temperature and sum of precipitation during flax vegetative period in 2011 (a), 2012 (b) and 2013 (c) in Tver' Province

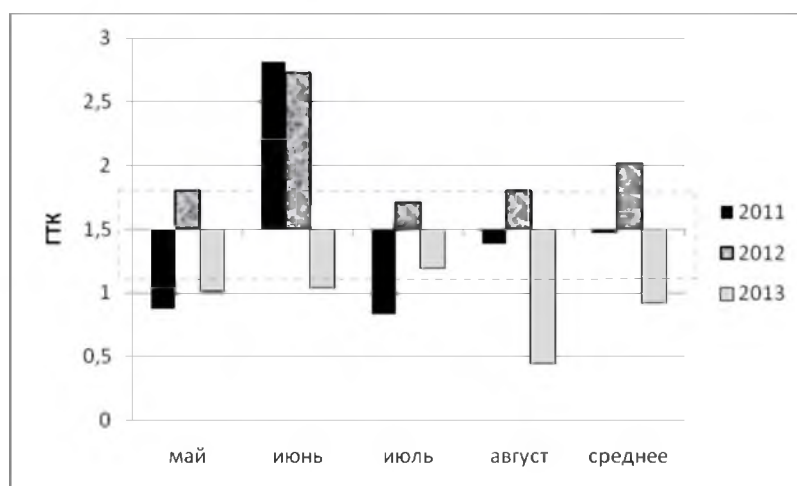


Рис. 2. Отклонения фактических гидротермических условий от зоны расчетных оптимальных значений (---) для льна-долгунца за май - август и весь период вегетации (среднее) в годы испытаний 2011-2013 гг. в Тверской области
 Fig. 2. Deviation of actual hydrothermal conditions from estimated optimal values (---) for fibre flax in May - August and whole vegetative period (average) in evaluation years 2011-2013 in Tver' Province

При равном общем количестве осадков за вегетационный период, режим их выпадения значительно влияет на развитие растений. Так, ливневые дожди (10–60 мм) или засуха в критические этапы формирования растений могут негативно влиять на дальнейшее развитие льна. Этим могут быть объяснены достоверные различия урожаев соломы и семян, полученных в контроле и опыте (табл. 2). Сравнение полученных данных показывает, что наиболее стабильные параметры урожайности наблюдали на мелиорированных землях, по сравнению с условиями обычного селекционного питомника. За трехлетний пе-

риод изучения на фоне осушения отмечены высокие (по сравнению с заявленными оригинаторами) характеристики показателей продуктивности. Вероятно, за счет отведения воды в условиях мелиорации ливневые дожди, приходившиеся на критические фазы развития, не вызывали значительного отрицательного воздействия. Однако при ограниченном количестве осадков в 2013 г. урожайность семян в контроле была значительно выше показателей опытного поля. Такая реакция льна на засушливые условия в период вегетации обуславливает необходимость орошения (Zinkovskaia, et.al., 2016).

Таблица 2. Характеристики урожайности сортов льна-долгунца в условиях мелиорированных земель (опыт) и традиционного селекционного питомника (контроль) в 2011–2013 гг. в Тверской области

Table 2. Productivity characters of fibre flax varieties in conditions of drained (experiment) and traditional (control) breeding nurseries in 2011–2013 in Tver' Province

Сорт	Опыт		Контроль	
	урожайность, ц/га			
	соломы	семян	соломы	семян
2011 г.				
Могилевский 2	67,4*	6,7*	45,2	3,3
Мерилин	68,9*	6,9*	46,2	3,4
Тверской	69,5*	7,0*	46,6	3,5
Альфа	71,1*	7,1*	47,7	3,5
Лада	67,4*	7,1*	45,2	3,5
среднее	68,9*	7,0*	46,2	3,4
коэффициент вариации, %	2,3	2,4	2,3	2,6
2012 г.				
Зарянка	59,2*	6,0*	35,2	2,4
Ленок	65,7*	6,3*	42,4	2,9
Тверской	69,1*	7,0*	44,0	2,7
Лада	66,1*	6,5*	39,2	2,8
среднее	65,0*	6,5*	40,2	2,7
коэффициент вариации, %	6,4	6,5	2,3	2,6
2013 г.				
Зарянка	61,1	6,7*	61,2	13,5
Альфа	73,4	7,1*	72,1	15,8
Дипломат	64,9*	7,5*	76,2	11,8
Росинка	70,2*	7,3*	73,8	14,1
Ленок	69,6*	7,2*	73,1	13,9
среднее	67,8	7,2*	71,3	13,8
коэффициент вариации, %	2,3	4,1	6,4	10,4

*Различия между полями значимы при t_{05}

Дисперсионный анализ, проведенный для каждого года исследований, выявил значимость влияния условий поля на продуктивность сортов (табл. 3). Для урожая семян во все годы испытаний оно составляло более 90%. Однако, если в первые два сезона, отли-

чавшиеся оптимальным и избыточным увлажнением, осушаемое поле давало в среднем в два раза больше семян по сравнению с обычным, то в последний год, напротив, контрольное поле обеспечило в 4–5 раз больший урожай семян, чем в 2011 и 2012 гг.

Таблица 3. Доля влияния условий поля и генотипов сортов на урожай соломы и семян льна-долгунца в 2011–2013 гг. в Тверской области по данным двухфакторного дисперсионного анализа
Table 3. Effect size of field conditions and varieties genotypes influence on fibre flax straw and seeds productivity in 2011–2013 in Tver' Province according to results of two-factor variance analyses

Год	Доля влияния на урожай соломы, %				Доля влияния на урожай семян, %			
	Осушение	Сорт	Взаимодействие сорт × осушение	Случайное варьирование	Осушение	Сорт	Взаимодействие сорт × осушение	Случайное варьирование
2011	90,4*	0,8	0,1	8,7	94,1*	0,6	0,2	5,2
2012	86,3*	6,6	0,3	6,9	94,8*	1,2	0,8	3,2
2013	8,1*	49,4*	12,8*	29,7	90,8*	3,3*	4,0*	1,9

* влияние фактора значимо при t_{05}

Влияние осушения на урожай соломы в 2011 и 2012 гг. также составило около 90%. А в 2013 году оно сократилось до 8,1%, так как в данном году продуктивность только трех сортов значимо зависела от мелиорации (см. табл. 2), причем соотношение урожайности на разных полях изменилось на противоположное, также как это было описано выше для урожая семян. Одинаковая продуктивность соломы на опытном и контрольном поле, отмеченная между этими вариантами у раннеспелого сорта 'Зарянка' и среднеспелого сорта 'Альфа', может быть связана с большей эффективностью использования ими влаги дождей, выпавших в первой половине лета, по сравнению с позднеспелыми сортами.

Влияние генотипа сорта на урожай соломы и семян было статистически значимо только в экстремальном 2013 г. По первому признаку оно составило почти 50%, что объясняется различием реакцией раннеспелых и позднеспелых сортов на осушение поля в данном году. Зависимость урожая семян от генотипа составила только 3,3%, видимо потому, что все сорта созревали в условиях сильного недостатка влаги. В 2013 г. достоверным было и влияние взаимодействия типа поля и генотипа сорта. Оно составило 13 и 4 процента на урожай соломы и семян соответственно. Другой важной особенностью 2013 г. было значительно более сильное влияние осушения на урожай семян, по сравнению с урожаем соломы (91 и 8 процентов соответственно). Это указывает на большую зависимость от обеспеченности влагой процессов развития генеративных органов растений, по сравнению с вегетативными частями.

Однофакторный дисперсионный анализ влияния осушения на урожайность сортов льна, выращивавшихся один год, показал его значимость (табл. 4). Урожай семян и в 2011 и в 2013 гг. зависел от условий поля на 95–100%. Урожай соломы в 2011 г. тоже сильно зависел от наличия или отсутствия осушения (на 87–98%). А в засушливом 2013 г. влияние условий поля составило только 60–74%, за счет повышения доли случайного варьирования до 26–40%. Интересен тот факт, что доли случайного варьирования урожая соломы у сортов 'Могилевский 2' и 'Мерелин', трестировавшихся в 2011 г., различались в пять раз, а у сортов 'Дипломат' и 'Росинка', изученных в 2013 г. – на треть. При этом условия опытного поля выявили более значительные различия между повторностями в эксперименте. Это указывает на потенциальную возможность использования осушаемого поля в качестве селективного фона.

Двухфакторный дисперсионный анализ зависимости продуктивности различных сортов льна-долгунца от условий поля и года испытания показал, что урожай соломы всегда достоверно, но в разной степени, зависел от осушения. Сильнее всего его влияние проявилось у сортов 'Тверской' и 'Лада', выращивавшихся в 2011 и 2012 гг. (характеризовавшихся относительно сходными погодными условиями) и составило 89 и 90% соответственно. На урожай соломы сортов 'Альфа', 'Зарянка' и 'Ленок', которые выращивали во влажные 2011 либо 2012 гг. и в засушливом 2013 г., кроме непосредственно осушения (16–31%) большое влияние оказывало взаимодействие условий года и поля (25–29%). Урожай семян среднеспелых

лого сорта 'Тверской' зависел только от условий года, а позднеспелого сорта 'Лада' – только от осушения. Видимо, это связано с различиями условий последних этапов налива семян, в которые попадали сорта из-за неодинаковых сроков созревания. Сорта 'Альфа', 'Зарянка' и 'Ленок' продемонстрировали почти равную зависимость урожая семян

от особенностей года и взаимодействия погодных условий с наличием или отсутствием осушения, так как в 2013 г. весь период их созревания пришелся на засуху. Проведенный анализ данных позволяет предположить наличие различных систем контроля продуктивности у изученных сортов одинакового происхождения.

Таблица 4. Доля влияния условий поля и года испытаний на урожай соломы и семян у различных сортов льна-долгунца по данным одно- и двухфакторного дисперсионного анализа
Table 4. Effect size of field conditions and evaluation year influence on straw and seeds productivity in different fibre flax varieties according to results of two-factor variance analyses

Сорт	Группа спелости	Годы изучения	Доля влияния на урожай соломы, %				Доля влияния на урожай семян, %			
			Год	Осушение	Взаимодействие год × осушение	Случайное варьирование	Год	Осушение	Взаимодействие год × осушение	Случайное варьирование
Могилевский	средний	2011	-	86,7*	-	13,3	-	96,2*	-	3,8
Мерелин	поздний	2011	-	97,5*	-	2,5	-	99,6*	-	0,4
Дипломат	поздний	2013	-	73,8*	-	26,2	-	95,4*	-	4,6
Росинка	поздний	2013	-	60,2*	-	39,8	-	98,4*	-	1,6
Тверской	средний	2011, 2012	0,1	88,6*	0,5	10,8	93,3*	0,9	1,4	4,5
Лада	поздний	2011, 2012	2,0	89,8*	0,8	7,4	3,1	91,8*	0,0	5,1
Альфа	средний	2011, 2013	38,0*	31,1*	24,9*	6,0	45,2*	7,7	45,7*	1,4
Зарянка	ранний	2012, 2013	35,2*	25,7*	26,3*	12,9	53,2*	4,0*	42,2*	0,6
Ленок	средний	2012, 2013	48,5*	15,7*	28,9*	6,9	55,1*	4,2*	39,3*	1,4

* влияние фактора значимо при t_{05}

Результаты дисперсионного анализа показывают, что у всех изученных сортов доля случайного варьирования по семенам была намного меньше, чем по соломе. Однако абсолютные значения признаков изменяются по-другому. В 2011 и 2012 годах внутрисортные различия урожайности в зависимости от участка испытаний у разных генотипов колебались от 23 до 40% по соломе и от 40 до 60% по семенам. В 2013 году эти показатели составляли от 5 до 20% и от 20 до 42% соответственно. Такие различия объясняются большим влиянием взаимодействия условий года с наличием или отсутствием осушения на проявление признаков, которое воздействовало на урожай семян сильнее, чем на продуктивность по соломе. Эти данные еще раз подтверждают более сильную

зависимость особенностей развития генеративных органов растений льна от условий выращивания, по сравнению с вегетативной частью. Кроме того, субоптимальные условия обеспеченности влагой, позволяют провести дифференциацию сортов по их адаптивности. Причем, нагрузка дифференцирующего фактора для оценки признаков, характеризующих генеративные органы растений, может быть меньше, чем для оценки вегетативных частей.

Сделанные выводы подтверждает и визуализация данных по продуктивности соломы и семян, полученных на разных полях (рис. 3). Кроме того, она показывает, что за три года испытаний на опытном поле характеристики сортов группируются в две совокупности: А и В (для 2011–12 гг., и для 2013 г.,

соответственно), а результаты, полученные в эти же годы на осушаемом поле, представляют одну совокупность – С. Эта «визуализированная стабильность» может характеризовать уровень реализации потенциальной продуктивности изученных сортов в условиях осушаемого поля в дождливые и сухие годы. Средне-сортовая величина урожайности, полученная за три года испытаний на опытном поле, 6–7 ц семян и 6–70 ц соломы с гектара. Тогда как во всем эксперименте средний по генотипам размах изменчивости

показателей урожайности в зависимости от условий среды составил по соломе от 35 до 70 ц/г, а по семенам – от 2 до 16 ц/га, в экстремально засушливом 2013 г. различия сортов на опытном и контрольном полях были максимальными. Это подтверждает целесообразность использования экстремальных условий эксперимента для выявления различий между сортами и выделения наиболее перспективных из них.

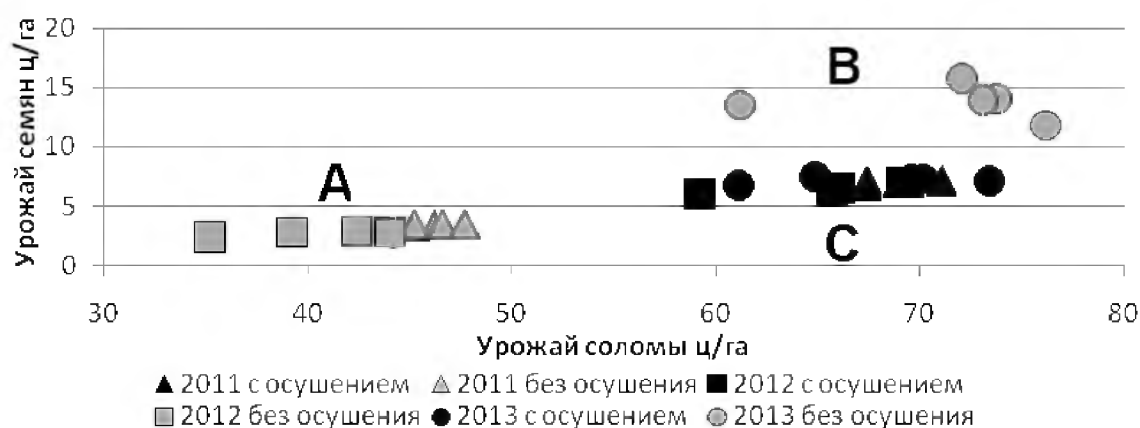


Рис. 3. Распределение сортов по показателям продуктивности в условиях осушаемого и обычного поля

Fig. 3. Varieties distribution according to the productivity characters in conditions of drained and usual fields

Таким образом, сравнительное изучение селекционного материала в условиях традиционного селекционного питомника и осушаемого поля может рассматриваться в качестве одного из эффективных методов оценки и раскрытия потенциала вновь создаваемых высокоурожайных сортов для конкретных почвенно-климатических условий в системе адаптивного растениеводства (Zhutchenko, 2008). Однако при выборе искусственно созданных условий засухи, как провокационно-селективного фактора, необходимо оценивать степень его нагрузки. Так, в экспериментах на масличном льне кратковременный дефицит влаги в диапазоне до 80%, являющийся стрессовым, приводил к снижению сухого веса растений до 40% (Kariuki, etc., 2016). Недостаток влаги может играть и роль рекомбиногенного фактора (Ushchapovskii, 2015). Умеренные нагрузки позволяют выявить устойчивые к засухе линии и коллекционные образцы, характеризующиеся трех- и

пятикратными различиями по урожаю семян (Nematollahi, Saecidi, 2011).

Заключение

Оценка продуктивности сортов льна-долгунца в условиях мелиорированных земель указывает на высокую значимость влияния фактора осушения на реализацию сортового потенциала льна и позволяет выявить значительный размах изменчивости по урожайности семян и соломы во взаимодействии с различающимися по годам погодными условиями. Искусственно осушаемые земли, по сравнению с обычными полями, при значительной водообеспеченности в течение вегетации повышают урожай семян и соломы, а в субоптимальных засушливых условиях сдерживают налив семян. Таким образом, реализация возможностей роста вегетативной части растений, формирующей урожай соломы, меньше зависит от недостатка влаги, чем развитие генератив-

ных органов, ответственных за урожай семян. Кроме того, влияние сорта на накопление высокого урожая соломы в условиях осушения при умеренной засухе на поздних этапах вегетации больше, чем на формирование семян. Использование осушаемых зе-

мель для изучения адаптивного потенциала сортов льна позволяет выявлять их реакцию на различные гидротермические условия и отбирать наиболее перспективные генотипы.

References/Литература

- Berezin L. V., Karpachevskiy L. O. Innovative technologies in edaphology, agrochemistry and ecology (Contemporary problems and innovations in edaphology) educational book. Omsk: Publisher of Omsk state agricultural university, 2012, 200 p. [in Russian] (Березин Л. В., Карпачевский Л. О. Инновационные технологии в почвоведении, агрохимии и экологии (Современные проблемы и инновации в почвоведении): учеб. пособие Омск: Изд-во ОмГАУ. 2012. 200 с.).
- Brutch N. B., Sharov I. Y., Pavlov A. V., Porokhovina E. A. Diversity of flax characters associated with fibre formation and environmental influence on their formation // Russian Journal of Genetics: Applied Research, 2011, vol. 1, no. 5, 361–370 p.
- Gringoph N. G. Handbook on agricultural meteorology (Nonchernozem zone of RSFSR) for agronomist. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986, 527 p. [in Russian]. (Грингоф Н. Г. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии (Нечерноземная зона РСФСР). Л.: Гидрометеоздат, 1986. 527 с.).
- Kariuki L. W., Masinde P., Githiri S., Onyango A. N. Effect of water stress on growth of three linseed (*Linum usitatissimum* L.) varieties // SpringerPlus. 2016. 5:759 DOI 10.1186/s40064-016-2348-5.
- Karpunin B. F., Ushchapovskii I. V. Fibre flax adaptive reactions on changes of climatic conditions during vegetation period // Zemledelie, 2015, no. 6, pp. 36–39. [in Russian] (Карпунин Б. Ф., Ущяповский И. В. Адаптивные реакции льна-долгунца на изменение климатических условий в период вегетации // Земледелие. 2015. № 6. С. 36–39).
- Methodical recommendations on fibre flax breeding. Moscow: RAACS, 2004, 19 p. [in Russian] (Методические рекомендации по селекции льна-долгунца. М.: РАСХН, 2004. 19 с.).
- Nematollahi Z., Saeidi G. Study of drought tolerance in some flax genotypes // Iranian Journal of Water Research in Agriculture, 2011, vol. 25, no. 1, pp. 57–66.
- Novikov A. V. Agronomic substantiation of new phytosanitary elements of fibre flax cultivation technology in Russia // Avtoref. diss. ... kand. s.-kh. nauk. Tver', 2008, 24 p. [in Russian] (Новиков А. В. Агрономическое обоснование новых фитосанитарных элементов технологии возделывания льна-долгунца в России. // Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Тверь, 2008. 24 с.).
- Pavlova L. N., Rozhmina T. A., Loshakova N. I., Gerasimova E. G. Main directions of fibre flax breeding // Bulletin of Kuban State Agricultural University, 2015, no. 54, pp. 241–244 [in Russian] (Павлова Л. Н., Рожмина Т. А., Лошакова Н. И., Герасимова Е. Г. Основные направления селекционной работы по льну-долгунцу // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 54. С. 241–244).
- Report on particularities of climate on the territory of Russian Federation in 2015. Moscow: Rosgidromet, 2016, 68 p. [in Russian] (Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М.: Росгидромет. 2016. 68 с.).
- Selaninov G. T. The method of climate agricultural characterization // World agro climatic hand book. Leningrad – Moscow: Gidrometizdat, 1937, pp. 5–28 [in Russian] (Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л. – М.: Гидрометеоздат, 1937. С. 5–28).
- Ushchapovskii I. V. Genetic recombination as the basis of breeding achievements in plants growing // Plodovodstvo i iagodovodstvo v Rossii – Fruitgrowing and berry growing in Russia, 2015, vol. 43, pp. 215–221 [in Russian] (Ущяповский И. В. Генетическая рекомбинация как основа селекционных достижений в растениеводстве // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. 43. С. 215–221).
- Ushchapovskii I. V., Lemesh V. V., Bogdanova M. V., Guzenko E. V. Particularity of breeding and perspectives on the use of molecular genetic methods in flax (*Linum usitatissimum* L.) genetics and breeding research // Agricultural Biology, 2016, vol. 51, no. 5, pp. 602–616 [in Russian] (Ущяповский И. В., Лемеш В. А., Богданова М. В., Гузенко Е. В. Особенности селекции и перспективы применения молекулярно-генетических методов в генетико-селекционных исследованиях льна (*Linum*

- usitatissimum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 602–616).
- Zinkovskaia T. S., Kovalev N. G., Zinkovskii V. N.* Fibre flax productivity and water consumption in different conditions of drained soil hydration // *Agrarnaia nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2016, no. 3, pp. 32–37 [in Russian] (*Зинковская Т. С., Ковалёв Н. Г., Зинковский В. Н.* Продуктивность и водопотребление льна-долгунца при различном увлажнении осушаемой почвы // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016. № 3. С. 32–37).
- Zutchenko A. A.* Adoptive plants growing (ecogenetic bases). Theory and practice. In three books. Book 1. Problems of adaptation in agriculture in 21 century. The value of cultivated plants species adoptively potential. Strategy of plants growing adoptive intensification. Moscow: Agropus, 2008, 819 p. (*Жученко А. А.* Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика. В трех томах. Том I. Проблемы адаптации в сельском хозяйстве XXI века. Значение адаптивного потенциала культурных видов растений. Стратегия адаптивной интенсификации растениеводства. М.: Агропус, 2008. 816 с.).
- Zhutchenko A. A., Rozhmina T. A., Ponazhov V. P.* et. all. Ecogenetic bases of fibre flax breeding. Tver': TSU, 2009, 272 p. [in Russian] (*Жученко А. А., мл., Рожмина Т. А., Поназев В. П.* и др. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца. Тверь: ТГУ, 2009. 272 с.).