

## Оценка уровня продуктивности и адаптивного потенциала сортов льна масличного в условиях Беларуси

М. Е. Маслинская<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Институт льна, Устье, Республика Беларусь

✉ E-mail: mme-83@tut.by

**Аннотация.** Потенциал урожайности семян сортов льна масличного в Республике Беларусь достигает 30 ц/га, за последние годы создано 10 новых отечественных сортов культуры, позволяющих возделывать его и почвенно-климатические условия страны. Однако при испытании сортов в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» значения показателя продуктивности семян сильно варьируют как по участкам испытания, так и по сортам. **Цель исследований** – оценка уровня продуктивности и адаптивного потенциала сортов льна масличного по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «продуктивность семян». **Методы исследований.** Проведена статистическая обработка урожайных данных дисперсионным методом, оценены пластичность ( $b_i$ ) и стабильность ( $S_d^2$ ) изучаемых сортов, показатели уровня и стабильности сорта (ПУСС), размах урожайности ( $d$ ), среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $V$ ), гомеостатичность ( $Hom$ ) и селекционная ценность ( $Sc$ ). Учитываемый признак – продуктивность семян. **Результаты.** Проведена статистическая обработка данных, полученных в течение 4 лет испытания (2018–2020 гг.) на 7 сортоучастках. В качестве объекта исследования взяты сорта льна масличного Салют, Альянс и Визирь селекции РУП «Институт льна». Наиболее высокая продуктивность семян (13,5–17,2 ц/га) и наименьшая вариабельность показателя «коэффициент вариации» (7,4–18,3 %) отмечены у сортов Салют и Визирь. Установлено, что изменчивость продуктивности изучаемых сортов вызвана влиянием условий внешней среды, а не их генетическими особенностями. О стабильности получения высоких урожаев в оптимальных условиях свидетельствуют полученные значения коэффициента адаптивности (0,91–1,06). Таким образом объективная и полная характеристика изучаемых сортов дана при сочетании различных статистических показателей и моделей. Полученные данные свидетельствуют о перспективности возделывания сортов льна масличного Альянс, Визирь, Салют в сельскохозяйственных организациях республики и возможности получения высоких и стабильных урожаев данной культуры. **Научная новизна исследований** состоит в том, что впервые дана характеристика сортов льна масличного Альянс, Визирь, Салют белорусской селекции по уровню продуктивности и адаптивного потенциала на основании сочетания различных статистических показателей и моделей. Полученные данные позволили сделать заключение о перспективности возделывания данных сортов в условиях Беларуси.

**Ключевые слова:** лен масличный, сорт, продуктивность семян, размах урожайности, адаптивный потенциал, пластичность, стабильность, коэффициент вариации, гомеостатичность, селекционная ценность.

**Для цитирования:** Маслинская М. Е. Оценка уровня продуктивности и адаптивного потенциала сортов льна масличного в условиях Беларуси // Аграрный вестник Урала. 2021. № 09 (212). С. 25–33. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-25-33.

**Дата поступления статьи:** 26.07.2021, **дата рецензирования:** 02.08.2021, **дата принятия:** 05.08.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Сорт и технология – две стороны сбалансированного продуктивного процесса. Можно утверждать, что сорта сельскохозяйственных культур становятся средством производства, при этом резко возрастают требования к их рентабельности, необходимости в защите от стрессовых явлений, болезней и вредителей [1, с. 6]. И лен масличный не является исключением. В общей структуре посевов льна в мире масличные формы занимают около 84 % площадей, и только 16 % площадей приходится на долю долгунцовых форм

[2, с. 65]. Общая площадь посевов культуры составляет около 2,63 млн га при общемировом производстве семян 2,7 млн тонн [3, с. 67]. В Европе лен масличный возделывается на площади 800–900 тыс. га при урожайности от 0,8 до 1,1 т/га [4, с. 1]. Тем не менее, например, в Германии диапазон урожайности семян составляет от 2,35 до 2,6 т/га при традиционном земледелии и от 1,4 до 1,9 т/га в Швейцарии при органическом земледелии [5, с. 1770].

Масличные формы льна выращиваются в основном в регионах с засушливым, теплым или умерен-

ным климатом [6, с. 103]. В топ-3 крупнейших мировых производителей входят Казахстан, Канада и Россия [7, с. 470]. Возделывание данной культуры экономически более выгодно, чем зерновых и озимого рапса. Благодаря высокой масличности (42–48 %) и потенциальной урожайности (2,5–2,8 т/га) рентабельность культуры достигает 80–87 % [8, с. 53]. По расчетам украинских исследователей, 1 га посева льна масличного обеспечивает более выгодные экономические показатели, чем 1 га озимой пшеницы с урожаем не менее 40 ц/га [9, с. 1].

Урожайность льняного семени – полигенный признак, который определяется такими показателями, как количество растений на единицу площади, количество коробочек на одно растение, масса 1000 семян, и другими [10, с. 1689], [11, с. 2203], [12, с. 3729], [13, с. 1786].

В условиях Республики Беларусь потенциал урожайности семян льна масличного достигает 30 ц/га [14, с. 95]. Почвенно-климатические условия позволяют возделывать лен масличный во всех регионах страны, однако площади посевов культуры остаются

весьма ограниченными и не превышают 2500 га, несмотря на то что селекция масличных сортов льна в республике ведется активно. Так, в 2012 г. лен масличный возделывался на площади 622 га, в 2013 г. – 840 га, в 2014 г. – 2500 га, в 2015 г. – 1240 га, в 2016 г. – 2418 га, в 2017 г. – 1747 га, в 2018 г. – 1405 га, в 2019 г. – 2231 га) [15, с. 66–67]. В результате многолетней целенаправленной работы селекционерами РУП «Институт льна» создано 10 отечественных сортов культуры [16, с. 31]. В настоящее время доля отечественных сортов в Государственном реестре сортов Беларуси составляет 66,6 % [17, с. 39], также 3 сорта внесены в Государственный реестр сортов Российской Федерации по четырем регионам и еще в двух разрешены к использованию [18, с. 106]. Вместе с тем при испытании сортов в ГСИ их урожайность сильно варьирует как по годам, так и по пунктам испытания. Поэтому целью проведенных исследований являлась оценка уровня продуктивности и адаптивного потенциала сортов льна масличного по статистическим параметрам, рассчитанным по признаку «продуктивность семян».

Таблица 1  
Продуктивность сортов по сортоучасткам, 2017–2020 гг.

Наименование сортоучастка	Продуктивность семян, ц/га											
	2017			2018			2019			2020		
	Салют	Визирь	Альянс	Салют	Визирь	Альянс	Салют	Визирь	Альянс	Салют	Визирь	Альянс
ГСХУ «Кобринская СС»	6,3	4,7	3,4	22,7	19,7	18,2	22,8	19,5	16,7	10,5	11,4	7,6
ГСХУ «Лепельская СС»	16,4	9,6	13,1	15	15,4	13,9	11,8	11,9	11,7	15,1	16,1	14,1
ГСХУ «Турская СС»	13,5	16,7	14,1	17,9	14,5	16,5	12,8	12	10,2	26,5	27,5	21,9
ГСХУ «Жировичская СС»	5,1	5,2	5,6	10,7	9,8	12,2	12,8	12,7	11,1	25,4	20,2	30,5
ГСХУ «Молодечненская СС»	9,9	9,8	10,2	11,6	14,9	10,7	9,7	16	11,2	10,3	13,5	12,3
Бобруйский ГСУ	24,1	24,7	22,1	23,3	21,1	19,2	25,4	26,8	22	10,1	12,3	13,7
ГСХУ «Горецкая СС»	19,1	19,6	21,2	19,5	20,9	20,8	17,8	18,5	18,1	12,8	15,9	12,4
Среднее значение, ц/га	13,5	12,9	12,8	17,2	16,6	15,9	16,2	16,8	14,4	15,8	16,7	16,1

Table 1  
Yield of varieties by variety plots, 2017–2020

Name of the variety plot	Seed yield, c/ha											
	2017			2018			2019			2020		
	Salyut	Vizir'	Al'yans	Salyut	Vizir'	Al'yans	Salyut	Vizir'	Al'yans	Salyut	Vizir'	Al'yans
SAI "Kobrin variety testing station"	6.3	4.7	3.4	22.7	19.7	18.2	22.8	19.5	16.7	10.5	11.4	7.6
SAI "Lepel variety testing station"	16.4	9.6	13.1	15.0	15.4	13.9	11.8	11.9	11.7	15.1	16.1	14.1
SAI "Tours variety testing station"	13.5	16.7	14.1	17.9	14.5	16.5	12.8	12.0	10.2	26.5	27.5	21.9
SAI "Zhirovichi variety testing station"	5.1	5.2	5.6	10.7	9.8	12.2	12.8	12.7	11.1	25.4	20.2	30.5
SAI "Molodechno variety testing station"	9.9	9.8	10.2	11.6	14.9	10.7	9.7	16.0	11.2	10.3	13.5	12.3
Bobruisk state sorting site	24.1	24.7	22.1	23.3	21.1	19.2	25.4	26.8	22.0	10.1	12.3	13.7
SAI "Goretskaya variety testing station"	19.1	19.6	21.2	19.5	20.9	20.8	17.8	18.5	18.1	12.8	15.9	12.4
Average value	13.5	12.9	12.8	17.2	16.6	15.9	16.2	16.8	14.4	15.8	16.7	16.1

## Коэффициенты корреляции между показателями оценки стабильности

	Max–min	(Max–min)/X*100	Коэффициент вариации, %
Max–min	1		
(Max–min)/X*100	0,595	1	
Коэффициент вариации, %	0,981	0,430	1

Table 2

## Correlation coefficients between stability assessment indicators

	Max–min	(Max–min)/X*100	The coefficient of variation, %
Max–min	1		
(Max–min)/X*100	0.595	1	
the coefficient of variation, %	0.981	0.430	1

Таблица 3

## Значимость и вклад в формирование урожайности льна масличного по данным двухфакторного дисперсионного анализа

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F факт.	F теор.	Доля фактора
Общее	163,93	35				
Повторения	0,172	2				
Сорта (А)	4,685	2	2,34	0,66	4,30	7,47
Годы (Б)	71,57	3	23,86	6,75	3,18	76,09
Взаимодействие	9,695	6	1,62	0,46	2,78	5,15
Остаток (ошибка)	77,808	22,0	3,54			11,28

Table 3

## Significance and contribution to the formation of the yield of linseed according to the data of two-factor analysis of variance

Source of variation	Sum of squares	Degrees of freedom	Medium square	F fact.	F theor.	Factor share
General	163.93	35				
Repetitions	0.172	2				
Varieties (A)	4.685	2	2.34	0.66	4.30	7.47
Years (B)	71.57	3	23.86	6.75	3.18	76.09
Interaction	9.695	6	1.62	0.46	2.78	5.15
Remainder (error)	77.808	22.0	3.54			11.28

## Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объектов изучения взяты три сорта льна масличного селекции РУП «Институт льна» Салют, Визирь и Альянс. Средняя продуктивность семян сорта Салют составила 18,9 ц/га, содержание масла – 50,5 %,  $\alpha$ -линоленовой кислоты – 48,7 %, у сорта Визирь продуктивность семян – 24,0 ц/га, содержание масла – 45,7%,  $\alpha$ -линоленовой кислоты – 55,44 %, у сорта Альянс – 23,9 ц/га, 45,5 % и 60,1 % соответственно. Сорта в течение четырех лет (2017–2020 годы) проходили испытания в ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». Метеорологические условия в годы проведения исследований имели разнообразный характер: от засушливых и переувлажненных до близких к среднегодовым значениям, что позволило дать более объективную оценку изучаемых сортов. Учитываемый признак – продуктивность семян. Проведена статистическая обработка урожайных данных дисперсионным методом [19]. Пластичность ( $b_i$ ) и стабильность ( $S_p^2$ ) изучаемых сортов оценивали по

методике Эберхарта и Рассела в изложении В. А. Зыкина [20], показатель уровня и стабильности сорта (ПУСС) – по Неттевичу [21], размах урожайности ( $d$ ) – по В. А. Зыкину, среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $V$ ) рассчитаны по В. А. Доспехову [19], гомеостатичность ( $Hom$ ) и селекционная ценность ( $Sc$ ) – по В. А. Хангильдину [22].

## Результаты (Results)

Динамика продуктивности семян изучаемых сортов на сортоиспытательных станциях Беларуси представлена в таблице 1. Средняя продуктивность маслосемян за 4 года испытаний у сорта Салют варьировала в пределах от 13,5 до 17,2 ц/га в зависимости от региона возделывания, по республике составила 15,1 ц/га, у сорта Визирь – в пределах 12,9–16,8 ц/га, среднее значение – 15,0 ц/га, у сорта Альянс – 12,8–16,1 ц/га, среднее значение – 14,8 ц/га. Были определены такие показатели, как разность между максимальным и минимальным значениями, а также разность между максимальным и минимальным значениями, отнесенная к среднему значению (в процентах).

Для оценки соответствия характеристик стабильности, выраженных разными показателями, определили коэффициенты корреляции между ними (таблица 2).

Полученные данные свидетельствуют о высоких корреляционных зависимостях между изучаемыми показателями. Таким образом, величина коэффициента вариации хорошо согласовывается с разностью максимального и минимального значений признака, а также этой разностью, отнесенной к среднему (в %). Поэтому для тестирования стабильности сорта может быть востребован любой из этих показателей.

Оценку продуктивности проводили по коэффициенту вариации ввиду его наглядности, а также исходя из возможности ранжировать сорта по величине изменчивости согласно его значению. Наиболее низкие величины данного показателя как у сорта Салют, так и у сорта Визирь отмечены на ГСХУ «Молодечненская СС» Минской области (7,4 % и 17,9 %), ГСХУ «Лепельская СС» Витебской области (10,7 % и 18,3 %) и ГСХУ «Горькая СС» Могилевской области (14,7 % и 11,0 %), что свидетельствует о возможности получения высокого и стабильного урожая льна масличного в данных регионах.

Для установления доли вклада генотипа (сорта), внешних условий (год) и взаимодействия между ними использовали двухфакторный дисперсионный анализ, в результате которого были выявлены высокие достоверные различия между изучаемыми факторами (таблица 3).

Как видно из таблицы 3, средний квадрат фактора Б значительно превосходит средний квадрат фактора А, что свидетельствует о значительной роли средовых эффектов по годам испытания и о значимости их влияния на фенотипическую изменчивость урожайных свойств. При этом роль сорта как отдельного фактора составляет 7,47 %, а их взаимодействие находится на уровне 5,15 %.

Для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортов по варьированию их урожайности использовали такое понятие, как «среднесортная урожайность», предложенное в методике Л. А. Животкова [23]. При этом сопоставление ведется не со стандартом, а со средней урожайностью всех изучаемых сортов. Таким образом, реакция отдельного сорта на условия конкретного вегетационного периода определяется как соотношение его урожайности со среднесортной. Данная величина может быть выражена как в процентах (долевое участие), так и в виде относительной величины (коэффициента адаптивности) и дает представление об адаптивности или продуктивности сорта. В неблагоприятных условиях адаптивность реализуется более сильно, а потенциальная продуктивность, наоборот, слабо.

Сравнение полученных данных показывает, что внешние факторы среды могут как нивелировать сортовые различия, так и приводить к их дифференциации в зависимости от условий года возделывания (таблица 4).

Так, в 2017–2018 годы урожайность семян сорта Салют превышала среднесортную на 3–3,6 %, а в 2019–2020 годы урожайность сорта Визирь была выше среднесортной на 1,8–6,3 %. Коэффициенты адаптивности всех изученных сортов были на уровне 0,91–1,06. Полученные данные показывают, что урожайность новых сортов находится на уровне контрольного сорта Салют и свидетельствует о перспективности сортов Альянс и Визирь.

Проведен расчет экологической пластичности по методике Эберхарта и Рассела, который основан на расчете двух параметров: коэффициента линейной регрессии ( $b$ ) и дисперсии ( $\sigma^2_a$ ). Первый показывает отклик генотипа на улучшение условий выращивания, а второй характеризует стабильность сорта в различных условиях среды.

Таблица 4

Среднесортная урожайность и адаптивность сортов льна масличного

Сорт	Продуктивность семян, ц/га				Коэффициент адаптивности			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Салют	13,5	17,2	16,2	15,8	1,03	1,04	1,03	0,96
Визирь	12,9	16,6	16,8	16,7	0,99	1,00	1,06	1,02
Альянс	12,8	15,9	14,4	16,7	0,98	0,96	0,91	1,02
Среднесортная	13,1	16,6	15,8	16,4	–	–	–	–
НСР <sub>05</sub>	0,38	0,42	0,75	0,27				

Table 4

Medium-grade yield and adaptability of linseed varieties

Variety	Seed yield, c/ha				Adaptability coefficient			
	2017	2018	2019	2020	2017	2018	2019	2020
Salyut	13.5	17.2	16.2	15.8	1.03	1.04	1.03	0.96
Vizir'	12.9	16.6	16.8	16.7	0.99	1.00	1.06	1.02
Al'yans	12.8	15.9	14.4	16.7	0.98	0.96	0.91	1.02
Medium-grade	13.1	16.6	15.8	16.4	–	–	–	–
LSD <sub>05</sub>	0.38	0.42	0.75	0.27				

В первую очередь нами были определены индексы условий среды, совокупность их характеризует изменчивость условий, в которых выращивались сорта в данном опыте. Так, наиболее благоприятные условия для возделывания льна масличного сложились в 2018 году ( $I_j = +1,11$ ), худшие условия для роста и развития растений были отмечены в 2017 году ( $I_j = -2,39$ ).

Далее для каждого сорта вычисляли коэффициент линейной регрессии ( $b_i$ ), который показывает их реакцию на изменение условий среды. Наиболее отзывчивым, а следовательно, и наиболее требовательным к высокому уровню агротехники из изученных сортов является сорт Визирь ( $b_i = 1,13$ ), менее отзывчивы сорта Салют ( $b_i = 0,90$ ) и Альянс ( $b_i = 0,96$ ).

Для определения стабильности урожайности определены теоретические урожаи для каждого сорта по годам. Величина данного показателя у сорта Салют составила 13,51–16,68 ц/га, у сорта Визирь – 13,04–16,82 ц/га, у сорта Альянс – 12,65–16,02 ц/га. Далее вычислены отклонения фактических урожайностей от теоретических. У сорта Салют положительные значения данной величины отмечены в 2018 и 2019 годах (0,52 и 0,22 ц/га соответственно), у сортов Визирь и Альянс только в одном из анализируемых периодов фактические урожайности превышали теоретические (рис. 1).

Проведенный анализ показывает существенные различия урожайностей сортов по годам испытаний, а также наличие существенных различий между ко-

эффициентами регрессии в данном наборе сортов и о корректности данного анализа.

Величина показателя стабильности изученных сортов составила 0,42 у сорта Салют, 0,32 у сорта Визирь и 0,76 у сорта Альянс. Оценка различий по стабильности урожайности сорта, проведенная с помощью  $F$ -критерия, позволила установить, что различия по величине показателя стабильности  $\sigma_d^2$  между сортами незначительны ( $F_{\text{факт.}} < F_{\text{теор.}}$ ), то есть в данном наборе нет сортов, устойчивость продуктивности которых была бы специфической (генетически обусловленной сортом, достоверно превышающей изменчивость средней всего набора). Таким образом, вся изменчивость продуктивности изучаемых сортов льна масличного Салют, Альянс, Визирь вызвана только влиянием условий внешней среды, а не их генетическими особенностями.

Далее определены параметры стрессоустойчивости и генетической гибкости по урожайности семян изучаемых сортов льна масличного (таблица 5). Устойчивость к климатическому стрессу определяется разностью ( $Y_2 - Y_1$ ), отражает уровень устойчивости сортов к условиям произрастания и имеет отрицательные значения. Чем меньше величина, тем выше стрессоустойчивость сорта и шире диапазон его приспособительных возможностей [24]. Установлено, что все изученные сорта имеют одинаковые значения данного показателя.

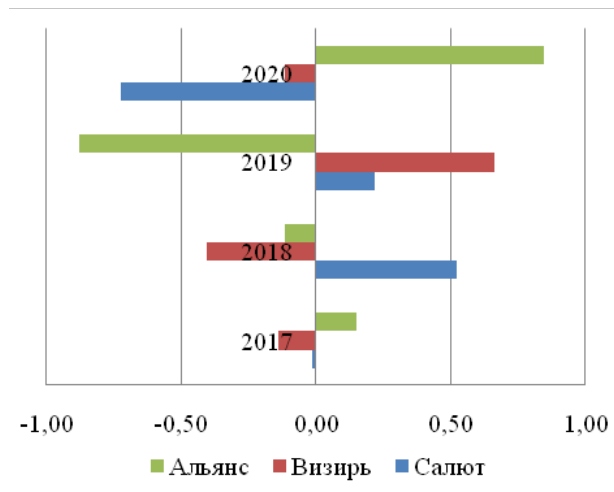


Рис. 1. Отклонения фактических урожайностей от теоретических у сортов льна масличного, 2017–2020 гг.

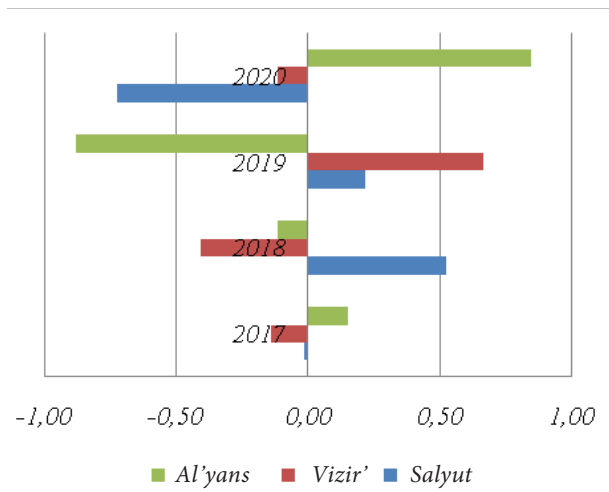


Fig. 1. Deviations of actual yields from theoretical for oil flax varieties, 2017–2020

Таблица 5  
Параметры стрессоустойчивости и генетической гибкости по показателю «продуктивность семян»

Сорт	Стрессоустойчивость $Y_2 - Y_1$	Генетическая гибкость $(Y_2 + Y_1)/2$
Салют	-3,7	15,35
Визирь	-3,9	14,85
Альянс	-3,9	14,75

Table 5  
Parameters of stress resistance and genetic flexibility in terms of "seed yield"

Variety	Stress tolerance $Y_2 - Y_1$	Genetic flexibility $(Y_2 + Y_1)/2$
Salyut	-3.7	15.35
Vizir'	-3.9	14.85
Al'yans	-3.9	14.75



Гомеостатичность и селекционная ценность сортов льна масличного по показателю «продуктивность семян»

Сорт	Продуктивность семян, ц/га			Hom*	Hom**	Sc
	Средняя	Минимум	Максимум			
Салют	15,68	13,5	17,2	157,0	42,4	12,3
Визирь	15,75	12,9	16,8	130,4	33,4	12,1
Альянс	14,95	12,8	16,7	129,8	33,3	11,5

Table 6

Homeostaticity and breeding value of linseed varieties in terms of "seed yield"

Variety	Seed yield, c/ha			Hom*	Hom**	Sc
	Average	Min	Max			
Salyut	15.68	13.5	17.2	157.0	42.4	12.3
Vizir'	15.75	12.9	16.8	130.4	33.4	12.1
Al'yans	14.95	12.8	16.7	129.8	33.3	11.5

Характеристику сортов по стрессоустойчивости дополняет показатель  $(Y_2 + Y_1)/2$ , который отражает среднюю продуктивность сорта в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях и характеризует генетическую гибкость сорта. Чем выше степень взаимодействия в цепи «генотип – среда», тем выше этот показатель. Установлено, что у анализируемых сортов величина данного показателя находится примерно на одном уровне и имеет значения 14,75–15,35.

При определении гомеостатичности и селекционной стабильности сортов использовалась предложенная В. В. Хангильдиным методика, основанная на установленных в экспериментах закономерностях меньшей вариабельности урожая семян (таблица 6). Величина показателя гомеостатичности определена по двум формулам, при этом закономерности в полученных результатах сохраняются. Установлено, что наиболее высокие значения гомеостатичности и селекционной ценности отмечены у сорта Салют (157,0 и 12,3 соответственно).

При оценке экологической пластичности сорта его хозяйственную ценность наиболее полно можно охарактеризовать с помощью комплексного показателя, учитывающего одновременно уровень стабильности и урожайности ( $\Pi_{\text{усс}}$ ). В наших исследованиях показатель уровня и стабильности урожайности составил 81,98 у сорта Альянс и 108,4 у сорта Визирь, что еще раз подтверждает оценку данных сортов с их хозяйственной и биологической позиций, полученную исходя из предыдущих статистических показателей.

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

В результате проведенных исследований установлено, что сорта Салют и Визирь обеспечили наиболее высокую среднюю продуктивность семян по годам исследований: Салют – 13,5–17,2 ц/га (2017–2018 гг.),

Визирь – 16,7–16,8 ц/га (2019–2020 гг.). У данных сортов отмечена также наименьшая вариабельность показателя коэффициент вариации по годам исследований. Наиболее низкие значения данного показателя отмечены на ГСХУ «Молодечненская СС» (7,4 % и 17,9 % соответственно), на ГСХУ «Лепельская СС» (10,7 % и 18,3 % соответственно) и на ГСХУ «Горечкая СС» (14,7 % и 11,0 % соответственно). Выявлена значительная роль средовых факторов по годам испытания и значимость их влияния на фенотипическую изменчивость урожайных свойств всех изучаемых сортов. Величина коэффициентов адаптивности сортов льна масличного составила 0,91–1,06, что свидетельствует о стабильности получения высоких урожаев в оптимальных условиях. Сорт Визирь относится к более отзывчивым и наиболее требовательным к высокому уровню агротехники ( $b_i = 1,13$ ). Отмечены близкие значения показателя стрессоустойчивости всех анализируемых сортов (–3,9...–3,7). По результатам определения гомеостатичности и селекционной ценности следует выделить сорт Салют, который имел наиболее высокие значения данных показателей (157,0 и 12,3 соответственно). Показатель уровня и стабильности урожайности ( $\Pi_{\text{усс}}$ ) у сорта Визирь составил 108,4, у сорта Альянс – 81,98, что еще раз подтверждает оценку анализируемых сортов с их хозяйственной и биологической позиций. Таким образом, для объективной и полной характеристики сортов необходимо использовать сочетание различных статистических показателей и моделей, а интенсивность современных сортов льна масличного рассматривать как сочетание высокой потенциальной продуктивности со стабильностью урожаев и устойчивостью к различным стрессам.

**Библиографический список**

- Иващенко В. Г., Павлюшкин В. А. Интенсификация растениеводства и эколого-продукционный баланс агроэкосистем: снижение плодородия почв и фитосанитарная дестабилизация // Вестник защиты растений 2017. № 3 (93). С. 5–16.
- Картамышева Е. В., Горбаченко О. Ф., Лучкина Т. Н., Кондаурова В. Е. Продовольственная безопасность производства масличных культур // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 4 (12). С. 63–70.

3. Navdeep K., Satish P. Correlation and Path Coefficient Analysis for Seed Yield and Fibre Traits in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2020. Vol. 9. No. 02. Pp. 66–75.
4. FAOSTAT [e-resource]. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (date of reference: 30.07.2021).
5. Čeh B., Štraus S., Hladnik A., Kušar A. Impact of Linseed Variety, Location and Production Year on Seed Yield, Oil Content and Its Composition // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 11. Article number 1770.
6. Kiryluk A., Kostecka J. Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation // Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol. 21. No. 7. Pp. 99–107.
7. Маслинская М. Е. Влияние метеорологических условий Беларуси на основные хозяйственно-ценные признаки льна масличного // Земледелие и селекция в Беларуси: сборник научных трудов. Минск, 2021. № 57. С. 469–476.
8. Андроник Е. Л., Маслинская М. Е., Иванова Е. В. Достижения в селекции льна масличного в Республике Беларусь // Аграрный вестник Юго-Востока. 2016. № 1-2 (14-15). С. 53–54.
9. Мищенко Л. Особенности выращивания льна масличного [Электронный ресурс]. URL <http://www.oilbranch.com/publ/view/48.html> (дата обращения: 22.07.2021).
10. Navdeep K., Satish P. Selection criteria of linseed genotypes for seed yield traits through correlation, path coefficient and principal component analysis // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2016. Vol. 26. No. 6. Pp. 1688–1695.
11. Dabalo D. Y., Singh C. S., Weyessa B. Genetic Variability and Association of Characters in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Plant Grown in Central Ethiopia Region // Saudi Journal of Biological Sciences. 2020. Vol. 27. Pp. 2192–2206.
12. Tavarini S., Castagns A., Conte G., Foschi L., Sanmartin C., Incrocci L., Ranieri A., Serra A., Angelini L. G. Evaluation of Chemical Composition of Two Linseed Varieties as Sources of Health-Beneficial Substances // Molecules. 2019. No. 24. Article number 3729.
13. Thakur R., Paul S., Thakur G., Kumar A., Dogra R. Assessment of genetic diversity among linseed (*Linum usitatissimum* L.) germplasm based on morphological traits. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2021. Vol. 9. No. 6. Pp. 1785–1790.
14. Порхунцова О. А., Ярохович М. В. Исходный материал для селекции льна масличного. // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции. Горки, 2016. С. 95–98.
15. Нехведович С. И., Войтка Д. В. Фитопатологическая ситуации в посевах льна масличного в условиях Республики Беларусь и оценка вредоносности доминирующих болезней // Земледелие и растениеводство. 2020. № 56. С. 66–74.
16. Голуб И. А., Маслинская М. Е., Савельев Н. С. Результаты научной деятельности и перспективы развития РУП «Институт льна» // Наука – производству: достижения и приоритеты развития земледельческой науки Беларуси. Приложение к журналу «Земледелие и растениеводство. 2021. № 3 (136). С. 31–33.
17. Государственный реестр сортов. Минск, 2021. 279 с.
18. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: Росинформагротех, 2021. 719 с.
19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Москва: Альянс, 2011. 350 с.
20. Зыкин В. А., Белан И. А., Росеев В. М. Селекция яровой пшеницы на адаптивность: результаты и перспективы // Доклады РАСХН. 2000. № 2. С. 5–7.
21. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности обора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.
22. Хангильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы // Научно-технический бюллетень ВСГИ. Одесса, 1981. С. 8–14.
23. Животков Л. А., Морозова З. А., Секутаева Л. И. Методика повышения потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
24. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 5. С. 49–53.

**Об авторах:**

Маргарита Евгеньевна Маслинская<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ученый секретарь, ORCID 0000-0001-8960-6460, AuthorID 1101150; +375 33 346-20-96

<sup>1</sup> Институт льна, Устье, Республика Беларусь

# Assessment of the level of productivity and adaptive potential of linseed varieties in Belarus

M. E. Maslinskaya<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Institute of Flax, Ustye, Republic of Belarus

✉E-mail: mme-83@tut.by

Агротехнологии

**Abstract.** The yield potential of seeds of linseed varieties in the Republic of Belarus reaches 30 centners per hectare, in recent years, ten new domestic varieties of crops have been created, and the soil and climatic conditions of the country make it possible to cultivate it. However, when testing varieties in the State Institution “State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties”, the values of the seed productivity indicator vary greatly both by test sites and by varieties. In this regard, **the aim** of the research is to assess the level of productivity and adaptive potential of oil flax varieties by statistical parameters calculated on the basis of “seed productivity”. **Methods.** Statistical processing of data obtained during four years of testing (2018–2020) was carried out at seven variety plots. As the object of the research, the flax varieties Salyut, Al’yans and Vizir’ of the selection of RUE “Institute of Flax” were taken. An assessment of the studied varieties is given in terms of such parameters as plasticity and stability, indicators of variety stability, yield range, standard deviation, coefficient of variation, homeostaticity and breeding value. **Results.** The highest seed productivity (13.5–17.2 c/ha) and the smallest variability of the “coefficient of variation” (7.4–18.3 %) were observed in the varieties Salyut and Vizir’. It was found that the variability of the productivity of the studied varieties is caused by the influence of environmental conditions, and not by their genetic characteristics. The stability of obtaining high yields in optimal conditions is evidenced by the obtained values of the adaptability coefficient (0.91–1.06). Thus, with a combination of various statistical indicators and models, an objective and complete characteristic of the studied varieties is given. The data obtained testifies to the prospects of cultivating the varieties of linseed Al’yans, Vizir’, Salyut in agricultural organizations of the republic and the possibility of obtaining high and stable yields of this crop. **The scientific novelty** of the research lies in the fact that for the first time the characteristics of linseed varieties Al’yans, Vizir’, Salyut of Belarusian selection in terms of productivity and adaptive potential are given on the basis of a combination of various statistical indicators and models. The data obtained allowed us to make a conclusion about the prospects of cultivating these varieties in the conditions of Belarus.

**Keywords:** linseed, variety, seed yield, yield range, adaptive potential, plasticity, stability, coefficient of variation, homeostaticity, breeding value.

**For citation:** Maslinskaya M. E. Otsenka urovnya produktivnosti i adaptivnogo potentsiala sortov l’na maslichnogo v usloviyakh Belarusi [Assessment of the level of productivity and adaptive potential of linseed varieties in Belarus] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 09 (212). Pp. 25–33. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-212-09-25-33. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 26.07.2021, **date of review:** 02.08.2021, **date of acceptance:** 05.08.2021.

## References

1. Ivashchenko V. G., Pavlyushkin V.A. Intensifikatsiya rasteniyevodstva i ekologo-produktsionnyy balans agroekosistem: snizheniye plodorodiya pochv i fitosanitarnaya destabilizatsiya [Intensification of crop production and ecological-production balance of agroecosystems: a decrease in soil fertility and phytosanitary destabilization] // Plant Protection News. 2017. No. 3 (93). Pp. 5–16. (In Russian.)
2. Kartamysheva E. V., Gorbachenko O. F., Luchkina T. N., Kondaurova V. E. Prodoval’stvennaya bezopasnost’ proizvodstva maslichnykh kul’tur [Food safety of oilseeds production] // Taurida herald of the agrarian sciences. 2017. No. 4 (12). Pp. 63–70. (In Russian.)
3. Navdeep K., Satish P. Correlation and Path Coefficient Analysis for Seed Yield and Fibre Traits in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2020. Vol. 9. No. 02. Pp. 66–75.
4. FAOSTAT [e-resource]. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (date of reference: 30.07.2021).
5. Čeh B., Štraus S., Hladnik A., Kušar A. Impact of Linseed Variety, Location and Production Year on Seed Yield, Oil Content and Its Composition // Agronomy. 2020. Vol. 10. No. 11. Article number 1770.
6. Kirylyuk A., Kostecka J. Pro-Environmental and Health-Promoting Grounds for Restitution of Flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivation // Journal of Ecological Engineering. 2020. Vol. 21. No. 7. Pp. 99–107.
7. Maslinskaya M. E. Vliyaniye meteorologicheskikh usloviy Belarusi na osnovnyye khozyaystvenno-tsennyye priznaki l’na maslichnogo [Influence of meteorological conditions in Belarus on the main economically valuable traits of oil flax] // Zemledeliye i selektsiya v Belarusi: sbornik nauchnykh trudov. Minsk, 2021. No. 57. Pp. 469–476. (In Russian.)



8. Andronik E. L., Maslinskaya M. E., Ivanova E. V. Dostizheniya v selektsii l'na maslichnogo v Respublike Belarus' [Achievements in the breeding of oil flax in the Republic of Belarus] // Agrarnyy vestnik Yugo-Vostoka. 2016. No. 1-2 (14-15). Pp. 53–54. (In Russian.)
9. Mishchenko L. Osobennosti vyrashchivaniya l'na maslichnogo [Features of growing oil flax] [e-resource]. URL: <http://www.oilbranch.com/publ/view/48.html> (date of reference: 22.07.2021). (In Russian.)
10. Navdeep K., Satish P. Selection criteria of linseed genotypes for seed yield traits through correlation, path coefficient and principal component analysis // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2016. Vol. 26. No. 6. Pp. 1688–1695.
11. Dabalo D. Y., Singh C. S., Weyessa B. Genetic Variability and Association of Characters in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) Plant Grown in Central Ethiopia Region // Saudi Journal of Biological Sciences. 2020. Vol. 27. Pp. 2192–2206.
12. Tavarini S., Castagns A., Conte G., Foschi L., Sanmartin C., Incrocci L., Ranieri A., Serra A., Angelini L. G. Evaluation of Chemical Composition of Two Linseed Varieties as Sources of Health-Beneficial Substances // Molecules. 2019. No. 24. Article number 3729.
13. Thakur R., Paul S., Thakur G., Kumar A., Dogra R. Assessment of genetic diversity among linseed (*Linum usitatissimum* L.) germplasm based on morphological traits // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2021. Vol. 9. No. 6. Pp. 1785–1790.
14. Porkhuntsova O. A., Yarokhovich M. V. Iskhodnyy material dlya selektsii l'na maslichnogo [Source material for the selection of oil flax] // Tekhnologicheskiye aspekty vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: sbornik statyey po materialam VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Gorki, 2016. Pp. 95–98. (In Russian.)
15. Nekhvedovich S. I., Voytka D. V. Fitopatologicheskaya situatsii v posevakh l'na maslichnogo v usloviyakh Respubliki Belarus' i otsenka vredonosnosti dominiruyushchikh bolezney [Phytopathological situation in oil flax crops in the conditions of the Republic of Belarus and assessment of the harmfulness of dominant diseases] // Agriculture and crop production. 2020. No. 56. Pp. 66–74. (In Russian.)
16. Golub I. A., Maslinskaya M. E., Savel'ev N. S. Rezul'taty nauchnoy deyatel'nosti i perspektivy razvitiya RUP "Institut l'na" [Results of scientific activities and development prospects of RUE "Institute of Flax"] // Nauka – proizvodstvu: dostizheniya i priority razvitiya zemledel'cheskoy nauki Belarusi. Prilozhenie k zhurnalu "Zemledelie i rasteniyevodstvo". 2021. No. 3 (136). Pp. 31–33. (In Russian.)
17. Gosudarstvennyy reyestr sortov [State register of varieties]. Minsk, 2021. 279 p. (In Russian.)
18. Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu [State register of breeding achievements approved for use]. T. 1. "Sorta rasteniy" (ofitsial'noye izdaniye). Moscow: Rosinformagrotekh, 2021. 719 p. (In Russian.)
19. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya studentov vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy po agronomicheskim spetsial'nostyam [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results): a textbook for students of higher agricultural educational institutions in agronomic specialties]. Moscow: Al'yans, 2011. 350 p. (In Russian.)
20. Zykin V. A., Belan I. A., Roseyev V. M. Seleksiya yarovoy pshenitsy na adaptivnost': rezul'taty i perspektivy [Spring wheat breeding for adaptability: results and prospects] // Doklady RASKhN. 2000. No. 2. Pp. 5–7. (In Russian.)
21. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. . Povysheniye effektivnosti obora yarovoy pshenitsy na stabil'nost', urozhaynost' i kachestvo zerna [Increasing the efficiency of harvesting spring wheat for stability, yield and grain quality] // Vestnik of the Russian agricultural science. 1985. No. 1. Pp. 66–73. (In Russian.)
22. Khangil'din V. V., Litvinenko N. A. Gomeostatichnost' i adaptivnost' sortov ozimoy pshenitsy [Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties] // Nauchno-tekhnicheskii byulleten' VSGI. Odessa, 1981. Pp. 8–14. (In Russian.)
23. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekutayeva L. I. Metodika povysheniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhaynost'" [Methods of increasing the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of the yield indicator] // Seleksiya i semenovodstvo. 1994. No. 2. Pp. 3–6. (In Russian.)
24. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur [On the adaptability and ecological sustainability of grain varieties] // Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. 2005. No. 5. Pp. 49–53. (In Russian.)

#### Authors' information:

Margarita E. Maslinskaya<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor, scientific secretary, ORCID 0000-0001-8960-6460, AuthorID 1101150; +375 33 346-20-96

<sup>1</sup> Institute of Flax, Ustye, Republic of Belarus