

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ ПРИ ОТБОРЕ ГИБРИДНОГО МАТЕРИАЛА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА РАННИХ ЭТАПАХ СЕЛЕКЦИИ

С.А. Иванов

РУП «Институт льна»

(Поступила 01.04.2020)

Рецензент: Позняк Е.И., кандидат с.-х. наук

Аннотация. В статье приводятся результаты применения многокритериального метода оценки на ранних этапах селекции льна-долгунца с целью оптимизации селекционного процесса на примере выбраковки гибридов второго поколения, полученных по схеме полных диаллельных скрещиваний. Приведены результаты всесторонней оценки 439 растений. Установлено, что наилучшие показатели интегральной оценки (от -11,3 до -6,1) принадлежат образцам, которые получены в результате скрещиваний Ярок х Смена и Ярок х Лидер.

Введение. Культивируемый с древнейших времен на территории Беларуси лен-долгунец и сегодня не утратил национального значения, являясь культурой комплексного использования. Поэтому льноводство можно отнести к числу приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса. Важность льноводства состоит в гарантированности валютных поступлений при условии эффективного и интенсивного ведения отрасли, а так же в реализации экспортных возможностей страны [1]. На современном этапе развития сельского хозяйства при широком внедрении новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур значительно возросла роль сорта. Сорт льна-долгунца в современных условиях является наименее затратным средством повышения урожайности и качества льнопродукции, что определяет конкурентоспособность продукции и рентабельность отрасли [2].

Селекция любой сельскохозяйственной культуры – это очень сложный и трудоемкий процесс. В современных селекционных программах учитывают множество показателей, характеризующих урожайность, качество продукции, устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Проблема оценки исходного материала связана с его изменчивостью под влиянием условий внешней среды, что затрудняет поиск ценных форм. В настоящее время селекция льна-долгунца ориентирована на повышение устойчивости сортов к биотическим и абиотическим факторам внешней среды при высоком уровне продуктивности и качестве льносырья. Основным методом создания нового исходного материала по-прежнему остается метод внутривидовой гибридизации, который позволяет рекомбинировать ценные признаки, имеющиеся у скрещиваемых родительских форм [3].

Выбор перспективной селекционной линии или сорта осложняется необходимостью оценивать образцы по множеству качественных и количественных

признаков одновременно. По мере прохождения гибридного материала в селекционном процессе от его начала до завершения число селекционных номеров последовательно уменьшается от нескольких тысяч до нескольких образцов, выпускаемых в качестве перспективных форм. Интенсивность работы с материалом последовательно усиливается, становится все более полной и всесторонней [4].

Выявление уникальных форм зачастую ведется отдельно по каждому признаку, однако такой подход не позволяет учитывать одновременно всю их совокупность. Поэтому для разработки селекционных методов многомерного анализа экспериментальных данных появилась необходимость применения феноменологического подхода, предполагающего использование математической статистики, теории принятия решений и других разделов прикладной математики с компьютерной обработкой данных. С.П. Мартыновым [5] разработан метод многокритериального выбора, где он использовал теорию полезности, которая является основой для принятия решений. Он был использован автором в 80-е годы на пшенице, однако в то время не получил распространения среди селекционеров, вероятно, из-за отсутствия компьютеров и программ к ним. В настоящее время данный метод уже используется в селекционных программах, как у перекрестно, так и самоопыляющихся культур [4, 6].

В целом компьютеризация селекционного процесса значительно повысила результативность и уменьшила трудоемкость селекционных циклов путем оптимизации проработки материала на всех этапах и диагностики лучших комбинаций, линий и родительских форм к середине цикла, что позволяет поддерживать селекционный процесс в состоянии, обеспечивающем возможность постоянной оптимизации [7].

Материалы, методы и условия проведения исследований. Исследования по отбору гибридного материала льна-долгунца на ранних этапах селекции при использовании метода многокритериальной оценки проводили в 2013–2015 гг. в селекционном севообороте РУП «Институт льна» Оршанского района, Витебской области в соответствии с методическими указаниями [8].

При проведении скрещиваний подбор родительских пар проходил таким образом, чтобы и материнский и отцовский компоненты скрещивания представляли собой источники тех или иных хозяйственно ценных признаков, по которым в дальнейшем будет вестись оценка и отбор гибридов [9].

Для создания нового исходного материала методом внутривидовой гибридизации была разработана схема полных диаллельных скрещиваний, где в качестве родительских компонентов использовали следующие сорта льна-долгунца: *Рушничок*, *Смена*, *Лидер*, *Персей*, *Мираж*, *Факел*, *Ярок* (таблица 1).

В общей сложности всесторонне было оценено 439 растений, из которых 383 составляли гибриды и 56 родительские формы и контроль.

Необходимым условием многокритериальной оценки по какому-либо направлению селекции является определение значимости вкладов (p_k) в интегральную оценку. Исходя из важности того или иного признака, мы устанавливали значение каждого признака или группы признаков в процентах. При этом суммарный результат должен равняться 100%.

Таблица 1 – Номер гибридной комбинации по схеме полных диаллельных скрещиваний, 2013 г.

♀ ♂	Рушничок	Смена	Лидер	Персей	Мираж	Факел	Ярок
Рушничок		17	18	19	20	21	22
Смена	23		24	25	26	27	28
Лидер	29	30		31	32	33	34
Персей	35	36	37		38	39	40
Мираж	41	42	43	44		45	46
Факел	47	48	49	50	51		52
Ярок	53	54	55	56	57	58	

Полученные гибридные растения анализировали по семи признакам: общая высота, техническая длина, количество коробочек, количество семян, масса соломки, масса волокна, процентный выход волокна. При этом при выборке мы ориентировались на получение растений с большим процентом выхода волокна и высоким показателем технической длины. Все показатели разбили на группы со следующими процентами вкладов:

1. Процентный выход волокна (ВВ) и техническая длина (ТД) – 60 %;
2. Общая высота (ОВ), масса соломки (МС) и масса волокна (МВ) – 30 %;
3. Количество коробочек (КК) и количество семян (КС) – 10 %.

Весовые коэффициенты рассчитывали по формуле: $w_i = p_k \times N/n_k$,

где w_i – весовой коэффициент; p_k – заданный вклад k -й группы в интегральную оценку линии; N – общее число признаков; n_k – число признаков в k -й группе.

Для интегральной оценки использовали формулу: $SD = \sum w_i(x_m - x_i)/s_i$,

где SD – интегральная оценка; x_m – желательный уровень i -го признака; X_i – фактические значения i -го признака у линии; s_i – стандартное отклонение [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Используя вышеуказанные признаки, включив их в программу, мы провели комплексную оценку полученных гибридных растений льна-долгунца. Распределение образцов осуществлялось относительно установленной нами модели сорта (таблица 2). Можно использовать при расчетах контроль или любые желаемые показатели при увеличении или уменьшении которых будет получена оценка относительно заданных идеалов. Наилучшим считается образец с более низкой интегральной оценкой. Для удобства и наглядности в данной статье мы представили контрастные образцы с варьированием интегральной оценки от -11,3 до +11,7.

Таким образом, при применении многокритериального метода оценки гибридного материала мы видим, что наилучшие показатели интегральной оценки принадлежат образцам полученных в результате скрещиваний *Ярок* х *Смена* (комбинация № 54) и *Ярок* х *Лидер* (№ 55). Гибридные растения, полученные в результате скрещивания данных родительских пар, имели интегральную оценку в диапазоне от -11,3 до -6,1, и совмещали наилучшие показатели

Таблица 2 – Матрица данных, весовые коэффициенты, заданный идеал и интегральные оценки гибридов F₂ (2015 г.)

№ образца	№ комбинации	ОВ, см	ТД, см	КК, шт.	КС, шт.	МС, мг	МВ, мг	ВВ, %	Интегральная оценка
1	55	83,0	70,0	7,0	26,0	740,0	220,0	29,7	-11,3
2	54	86,0	78,0	3,0	27,0	460,0	130,0	28,3	-9,9
3	55	83,0	71,0	6,0	28,0	600,0	176,0	29,3	-9,3
4	55	80,0	70,0	8,0	26,0	580,0	175,0	30,2	-9,0
5	55	82,0	74,0	3,0	19,0	520,0	151,0	29,0	-8,3
6	55	82,0	73,0	5,0	42,0	530,0	149,0	28,1	-8,3
7	55	81,0	74,0	4,0	32,0	440,0	127,0	28,9	-7,4
8	55	80,0	72,0	3,0	24,0	450,0	138,0	30,7	-7,4
9	55	81,0	69,0	6,0	47,0	520,0	147,0	28,3	-6,3
10	54	80,0	72,0	3,0	27,0	400,0	120,0	30,0	-6,1
11	17	68,0	60,0	5,0	30,0	470,0	93,0	19,8	9,0
12	17	69,0	59,0	5,0	43,0	380,0	80,0	21,1	9,1
13	17	68,0	56,0	5,0	40,0	410,0	94,0	22,9	9,1
14	17	67,0	57,0	6,0	35,0	430,0	93,0	21,6	9,5
15	17	68,0	61,0	4,0	32,0	380,0	75,0	19,7	9,8
16	23	68,0	63,0	2,0	18,0	270,0	57,0	21,1	9,9
17	20	68,0	64,0	2,0	20,0	260,0	53,0	20,4	10,0
18	17	64,0	60,0	2,0	12,0	260,0	62,0	23,9	10,4
19	20	68,0	62,0	3,0	28,0	290,0	55,0	19,0	11,3
20	17	67,0	61,0	2,0	12,0	260,0	54,0	20,8	11,7
Стандартное отклонение		4,04	3,97	1,72	12,45	96,14	25,98	3,07	
Весовой коэффициент		0,70	2,10	0,35	0,35	0,70	0,70	2,10	
Модель (идеал) сорта		80,0	66,0	5,0	50,0	450,0	110,0	24,0	

технической длины и процентного выхода волокна. В то же время интегральная оценка образцов, полученных при скрещивании *Рушничок* х *Смена* (№ 17), *Смена* х *Рушничок* (№ 23), *Рушничок* х *Мираж* (№ 20) варьировала от 9,0 до 11,7, и интересующие нас показатели были ниже, чем у модели сорта. Интегральная оценка у остальных образцов находилась в интервале от -5,5 до +8,9.

Основной задачей селекции льна-долгунца является создание и внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов, обладающих полным комплексом хозяйственно полезных признаков и свойств, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности. Наряду с этим, большое значение уделяется продолжитель-

ности вегетационного периода культуры. Н.И. Вавилов писал: «вопрос о вегетационном периоде является капитальным разделом селекции, ибо он неразрывно связан со многими свойствами. Удлинение или укорачивание вегетационного периода сопровождается изменением химизма растений, его отношения к заболеваниям, нередко меняется сам облик растения» [10]. Поэтому создание высокопродуктивных, раннеспелых сортов льна-долгунца, не уступающих контролю по комплексу хозяйственно полезных признаков, является важной задачей селекции культуры. Так как при выращивании таких сортов удается избежать проблем, возникающих в ходе вылежки льнотресты [11]. Поэтому была проведена сравнительная оценка гибридных образцов, имеющих такую же продолжительность вегетационного периода, как и раннеспелый контрольный сорт белорусской селекции *Ярок*, по интересующим нас признакам (таблица 3).

Таблица 3 – Матрица данных, весовые коэффициенты, заданный идеал и интегральные оценки раннеспелых гибридов F₂, 2015 г.

№ образца	ОВ, см	ТД, см	КК, шт.	КС, шт.	МС, мг	МВ, мг	ВВ, %	Интегральная оценка
1	83,0	70,0	7,0	26,0	740,0	220,0	29,7	-11,3
2	86,0	78,0	3,0	27,0	460,0	130,0	28,3	-9,9
3	83,0	71,0	6,0	28,0	600,0	176,0	29,3	-9,3
4	80,0	70,0	8,0	26,0	580,0	175,0	30,2	-9,0
5	82,0	74,0	3,0	19,0	520,0	151,0	29,0	-8,3
6	82,0	73,0	5,0	42,0	530,0	149,0	28,1	-8,3
7	81,0	74,0	4,0	32,0	440,0	127,0	28,9	-7,4
8	80,0	72,0	3,0	24,0	450,0	138,0	30,7	-7,4
9	81,0	69,0	6,0	47,0	520,0	147,0	28,3	-6,3
10	80,0	72,0	3,0	27,0	400,0	120,0	30,0	-6,1
11	77,0	69,0	4,0	31,0	510,0	150,0	29,4	-5,5
12	81,0	71,0	9,0	48,0	670,0	150,0	22,4	-5,2
13	75,0	69,0	3,0	26,0	440,0	135,0	30,7	-4,8
14	79,0	70,0	5,0	38,0	420,0	120,0	28,6	-4,8
15	81,0	70,0	6,0	52,0	610,0	147,0	24,1	-4,8
16	75,0	68,0	3,0	27,0	440,0	136,0	30,9	-4,5
17	81,0	74,0	3,0	23,0	410,0	107,0	26,1	-4,3
18	83,0	76,0	2,0	18,0	430,0	105,0	24,4	-4,3
19	80,0	72,0	5,0	41,0	500,0	124,0	24,8	-4,2
Ярок (контроль)	76,4	68,8	3,0	24,0	435,6	134,5	29,7	-4,2
Стандартное отклонение	4,04	3,97	1,72	12,45	96,14	25,98	3,07	
Весовой коэффициент	0,70	2,10	0,35	0,35	0,70	0,70	2,10	
Модель (идеал) сорта	80,00	66,00	5,00	50,00	450,00	110,00	24,00	

Как видно из полученных результатов, интегральная оценка сорта *Ярок* составила -4,2. Величина данного показателя у 19 образцов была существенно ниже или находилась на уровне контроля. Поэтому при отборе по интересующим нас признакам этим образцам следует уделить пристальное внимание, так как они в большей степени отвечают требованиям селекционных программ.

Заключение

Применение многокритериального метода на начальных этапах селекции дает возможность без лишних затрат времени и ресурсов провести выбраковку худших образцов по интересующим нас признакам, и отобрать перспективный гибридный материал для включения его в дальнейший селекционный процесс. При этом селекция может вестись как по определенным признакам (устойчивость к полеганию, урожайность семян или волокна и т.д.), так и по их комплексу.

Литература

1. Павлова, Л.Н. Современное состояние, направления и перспективы развития селекции льна-долгунца во ВНИИЛ / Л.Н. Павлова, Е.Г. Герасимова, В.Н. Румянцева // Лен – стратегическая культура XXI века: матер. II межд. науч.-практ. конф., посв. 105-летию образования ФГБНУ «Псковский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Псков, 2–4 июля 2015 г. / Псковский НИИСХ. – М., 2015. – С. 87-90.
2. Хамутовский, П.Р. Сорт – основа повышения эффективности льноводства / П.Р. Хамутовский, Е.М. Хамутовская, Д.В. Балашенко // Земледелие и защита растений. Приложение №4. – 2017. – С. 16–18.
3. Павлова, Л.Н. Этапы развития селекционной работы по льну-долгунцу: достижения и основные направления / Л.Н. Павлова // Научные достижения льноводству: основные результаты и направления развития научных исследований по льну-долгунцу: материалы межд. науч.-практ. конф., посв. 80-летию образования ВНИИЛ, Торжок, 10-12 октября 2010 / ГНУ ВНИИЛ Россельхозакадемии. – Торжок, 2010. – С. 39–45.
4. Бутовец, Е.С. Многокритериальная оценка сортов сои на заключительном этапе селекции / Е.С. Бутовец // Дальневосточный аграрный вестник. – 2015. – № 2(34). – С. 13–16.
5. Мартынов, С.П. Метод многокритериального выбора на заключительном этапе селекции растений / С.П. Мартынов // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 6. – С. 122–124.
6. Подбор исходного материала для различных направлений селекции кукурузы на основе многокритериальной оценки / Г.Я. Кривошеев [и др.] // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 3 (63). – С. 44–47.
7. Кадыров, А.М. Селекционный процесс как объект оптимизационных исследований: идеи, реализация, приоритеты / А.М. Кадыров. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 219 с.
8. Методические указания по селекции льна-долгунца. — Москва, 2004. – 44 с.
9. Рogaш, А.Р. Создание высоковолокнистых источников для селекции льна-долгунца / А.Р. Рogaш // Селекция, семеноводство и агротехника возделывания льна долгунца : сб. науч. тр. – Торжок, 1988. – Вып. 25. – С. 46–48.
10. Вавилов, Н.И. Пути советской селекции / Н.И. Вавилов // Избранные сочинения, генетика и селекция. – М., 1966. – С. 134–163.
11. Богдан, В.З. Создание и изучение исходного материала льна-долгунца для селекции сортов раннеспелой биологической группы : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / В.З. Богдан. – Жодино, 2002. – 116 с.

**USE OF A MULTI-CRITERIA EVALUATION METHOD WHEN
SELECTING HYBRID MATERIAL OF FIBRE FLAX AT EARLY STAGES
OF BREEDING**
S.A.Ivanov

The article demonstrates the results of the use of a multi-criteria evaluation method at different stages of fibre flax breeding for optimizing the breeding process on the example of culling of the second generation hybrids obtained according to the full diallel mating design. The results of the comprehensive assessment of 439 plants are presented. It's established that the best integrated assessment indicators are obtained due to the following crosses: Yarok x Smena and Yarok x Lider.

УДК 633.521:631.527

**ПОЛИМОРФИЗМ ПО ОКРАСКЕ ЦВЕТКА У ОБРАЗЦОВ ЛЬНА-
ДОЛГУНЦА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНОПРОДУКЦИИ**

М.А. Литарная, кандидат с.-х. наук

РУП «Институт льна»

(Поступила 12.03.2020)

Рецензент: канд. с.-х. наук И.С. Матыс

***Аннотация.** Представлены результаты изучения сравнительной характеристики по формированию показателей урожайности соломы, тресты, волокна и семян у образцов льна-долгунца в зависимости от полиморфизма по окраске венчика. Показано, что образцы с белой окраской венчика различного происхождения уступают по комплексу хозяйственно ценных признаков синецветковым образцам, отселектированным в Беларуси и в Украине, что затрудняет использование окраски венчика в качестве маркерного признака в селекционном процессе.*

Лен-долгунец – единственный источник натурального сырья для текстильной промышленности в Беларуси. Доля тканей из льна для технических целей в западноевропейских странах составляет около 4 %, в то время как в восточноевропейских – 45 % [1]. Поскольку лен – традиционная для Беларуси культура, а отрасль – окупаемая, то льноводство относится к числу приоритетных направлений развития агропромышленного комплекса. Дальнейшее развитие льноводства зависит от возможностей увеличения производства конкурентно-способной продукции льна, которое во многом определяется качеством получаемого льноволокна. Особенно, если учесть что в настоящее время Беларусь занимает второе место в мире по площади возделывания прядильного льна после Франции.

В последние годы посевные площади льна-долгунца в Республике Беларусь стабилизировались на уровне 47–50 тыс. га. По данным 2012 г. сорта отечественной селекции в структуре посевов занимали 60,4 % от общей площади