2. *Гонтаровский, В.А.* Изучение реакции самоопыленных линий кукурузы на ЦМС парагвайского типа / В.А. Гонтаровский, Л.В. Кирикашвили // Селекция и семеноводство кукурузы. – Днепропетровск, 1986. – С. 35-40.

3. *Мику, В.Е.* Изучение и использование ЦМС в селекции и семеноводстве кукурузы / В.Е. Мику, Е.К. Партас // Селекция и семеноводство раннеспелых гибридов кукурузы. – Кишинев, 1991. – С. 149-162.

4. *Мику, В.Е.* Реакция линий кукурузы на различные типы и источники ЦМС / В.Е. Мику, Е.К. Партас // Создание гибридов кукурузы и сорго и технология их возделывания. – Кишинев, 1992. – С. 58-65.

5. *Партас, Е.К.* Стабильность и изменчивость проявления ЦМС у гибридов кукурузы / Е.К.Партас // Создание гибридов кукурузы и сорго и технология их возделывания. – Кишинев. – 1992. – С. 65-72.

STUDY OF MAIZE INITIAL MATERIAL IN TERMS OF SPECIFIC INTERRELATION OF GENOTYPE AND TYPE OF CYTOPLASMIC MALE STERILITY

V.I. Kravtsov, E.M. Govor, L.P. Shimansky

The article states the results of the study of maize initial material (100 breeding samples) in terms of the reaction to different CMS types. The initial material is classified in accordance with the reaction into C and M types of maize: 32 sterility fixers and 7 fertility restorers of CMS C-type, 7 sterility fixers and 57 fertility restorers of CMS M-type are identified. The possibility to use sterility fixers and fertility restorers of different CMS types in breeding programs on transferring seed production of hybrids to sterile basis is established.

УДК 633.854.78:631.527

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Шиманский Л.П., *кандидат с.-х.,* ***Туровец О.А.,*** *ст.н.с.,* ***Говор Е.М.,*** *ст.н.с.*
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 26.03.2021)

Рецензент: Гордей С.И., кандидат биол. наук

Аннотация. *В статье приведены результаты изучения селекционного материала подсолнечника по генотипическим различиям и установлению взаимосвязи между молекулярной, фенотипической дивергенцией самоопыленных линий и урожайностью гибридов первого поколения. Метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным фенотипическим признакам, можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий подсолнечника. Более урожайные гибриды получены при скрещивании линий, имеющих различия по морфологическим и генетическим признакам.*

Современная селекция растений, в том числе и селекция подсолнечника, основана на широком использовании всего генетического потенциала вида. Для повышения эффективности селекционных работ большое значение имеет изу-

чение генетического разнообразия и классификация исходного материала, позволяющие привести его в определенную систему для более рационального использования [6].

Основа классификации и идентификации – наличие изменчивости, т.е. генетического полиморфизма. В большинстве случаев идентификацию сортов, линий и гибридов подсолнечника проводят по морфологическим признакам. По таким признакам не всегда удается идентифицировать близкие по происхождению образцы, выявить скрытую генетическую изменчивость и осуществить контроль однородности исходного материала. Число морфологических признаков ограничено и они не всегда стабильны [4]. Более информативным и стабильно воспроизводимым является метод электрофореза запасных белков и изоферментов [1, 2, 3, 5]. Благодаря его использованию стали возможны и значительные успехи в области генетики и селекции подсолнечника. Наиболее ранние работы зарубежных исследователей (M. Durante, R. Bernardi, 1989; J. Raymond, 1991, Quillet, 1992, Н.Н. Анисимова, 1992), выполненные с их привлечением, касались оценки характера межвидовых связей, изучения геномного состава и эволюции рода *Helianthus*. Результаты этих исследований указывают на возможность использования запасных белков и изоферментов в селекции и семенном контроле [7, 8]. В дальнейшем, в связи с интенсивным развитием в селекции линейно-гибридизационного метода, большое значение приобрел поиск молекулярных маркеров, позволяющих оценивать генетическую чистоту самоопыленных линий, определять гибридность семян и идентифицировать индивидуальные генотипы, а также осуществлять подбор родительских форм при гибридизации с целью создания высокогетерозисных межлинейных гибридов подсолнечника.

Методика и объекты исследований. Полевые опыты проведены в РНДУП «Полесский институт растениеводства» (п. Криничный), лабораторные исследования в лаборатории электрофореза согласно утвержденным методикам. В качестве объектов исследований использованы 30 самоопыленных линий подсолнечника из рабочей коллекции и 45 гибридов первого поколения.

Качественные морфологические признаки учитывали визуально и кодировали по трехбалльной системе. Генетическая дивергенция испытанных линий подсолнечника рассчитывалась как генетическая дистанция (дистанции Махаланобиса, дистанции Нея - Ли). Генетические дистанции обрабатывали кластерным анализом. По матрицам обоих типов построены эволюционные деревья связей между линиями (дендрограммы).

Выделение и электрофорез гелиантинина проводились по «Методике идентификации семян подсолнечника с использованием электрофореза гелиантинина» (ВИР, 1988). В качестве метода математической обработки результатов электрофореза вычисляли коэффициент подобия (КП) при попарном анализе по Жаккарду.

Статистическая достоверность экспериментальных данных определялась с помощью дисперсионного анализа, параметры варьирования и коэффициент корреляции по методике Г.Ф. Лакина (1990).

Результаты исследований и их обсуждение. Для морфологического описания линий подсолнечника были использованы 16 признаков, которые кодировались по трехбалльной системе. Все качественные (дискретные) и количественные (морфометрические) признаки растений оценивались визуально. Генетические дистанции Нея – Ли, рассчитанные по трехбалльной матрице качественных и количественных признаков для всех возможных пар, варьировали в пределах 0,0625-0,8750. Кластерный анализ генетических дистанций Нея-Ли позволил разделить линии на 6 кластеров (рисунок 1). Девять линий не вошли ни в один из кластеров, что указывает на генетическую отдаленность данных линий. В первый кластер вошли 5 линий. Линии *Ех-81ок* и *Ех-68, ВКУ-138В* и *ОПСР-58-07* попарно связаны между собой, генетические дистанции между ними составляют 0,0625 и 0,1875. Во второй кластер вошли 4 линии (*ЛВ-636В, ВКУ-64В, ЛВ-631В, Гел-2*). Линии *Л-24л, ЛВ-581В, Олг-1, Гел-1* попали в третий кластер. Генетические дистанции между линиями внутри кластера составляют 0,1250-0,3125. Линия *Ех-81мк*, не вошедшая ни в один из кластеров, проявила отдаленную связь с линиями второго и третьего кластеров (0,3125). Линии *ЛВ-437В, ОПСР-54-07, ИЗ-6, ИЗ-4* составляют четвертый кластер. С линиями четвертого кластера имеет отдаленную связь линия *РДЛ-2* (0,3225). В пятый и шестой кластеры входят по две взаимосвязанные линии – *Агт* и *ЭЛЗ-19* (0,2500), *Л-51е* и *Г-3583* (0,1875). Из всего изученного материала отдельно расположена линия *Он-55*, которая не попала ни в один из кластеров, что указывает на генетическую отдаленность данной линии от других.

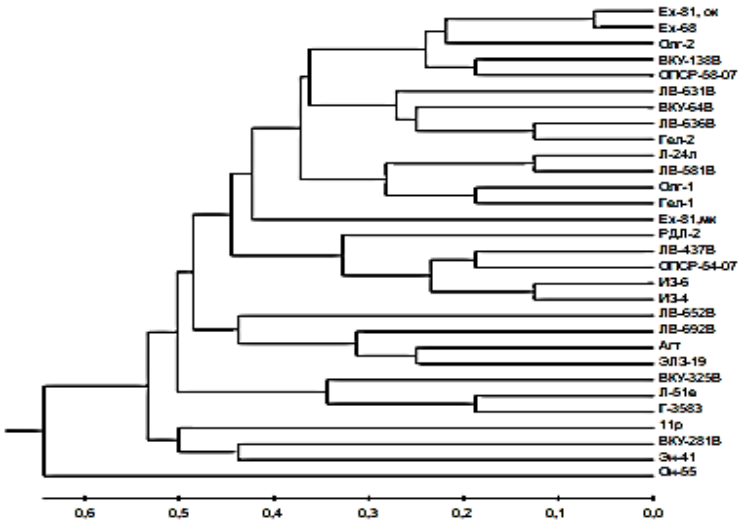

Рисунок 1 – **Дендрограмма связей между самоопыленными линиями подсолнечника по дистанциям Нея – Ли**

Дистанции Махаланобиса, рассчитанные по совокупным оценкам, варьировали в пределах 1,00-4,80. Линии были сгруппированы в 7 кластеров (рисунок 2). Распределение линий по кластерам по данным расчета генетических дистанций Нея-Ли, в основном подтверждается данными дендрограммы дистанций Махаланобиса. Однако наблюдаются и несоответствия. В первый кластер попали 5 линий – *Ех-81ок, Ех-68, Олг-2, ВКУ-138В, ОПСР-58-07*. Наименьшая генетическая дистанция наблюдалась между линиями *Ех-68* и *Ех-81ок* и составила 1,00, что указывает на идентичность данных линий. Минимальные генетические дистанции отмечены между линиями *ВКУ-138В* и *ОПСР-58-07* (1,41), *Ех-81ок* и *Олг-2* (1,73), *Ех-81ок* и *ОПСР-58-07* (1,73). Линии *ЛВ-636В, ВКУ-64В, ЛВ-631В, Гел-2* составляют второй кластер. В третий кластер вошли 4 линии (*Л-24л, ЛВ-581В, Олг-1, Гел-1*). Генетические дистанции между линиями внутри кластера составляют 1,41-2,24. Линия *РДЛ-2* при расчете генетических дистанций Нея-Ли не попала ни в один из кластеров, согласно же дендрограммы связей по дистанциям Махаланобиса – в четвертый кластер вместе с линиями *ЛВ-437В, ОПСР-54-07, ИЗ-6* и *ИЗ-4*. Линия *Агт*, имеющая тесную связь, согласно расчетам дистанций Нея-Ли, с линией *ЭЛЗ-19*, не попала ни в один из кластеров и расположена на дендрограмме связей Махаланобиса отдельно. Между линиями *ЛВ-692В, ЭЛЗ-19*, вошедшими в пятый кластер, отмечена тесная взаимосвязь (2,24). В отдельный кластер попали две линии *11р* и *Эн-41*. Линии *ВКУ-325, Л-51е, Г-3583* составляют седьмой кластер, дистанции между ними находятся в пределах 1,73-2,65. Линии *ВКУ-281, ЛВ-652В, Он-55* по данным дендрограммы не вошли ни в один из кластеров. Линии *Он-55* и *Л-652В* попарно связаны между собой, но рассчитанное генетическое расстояние между ними на уровне 3,46 свидетельствует об их отдаленном родстве.

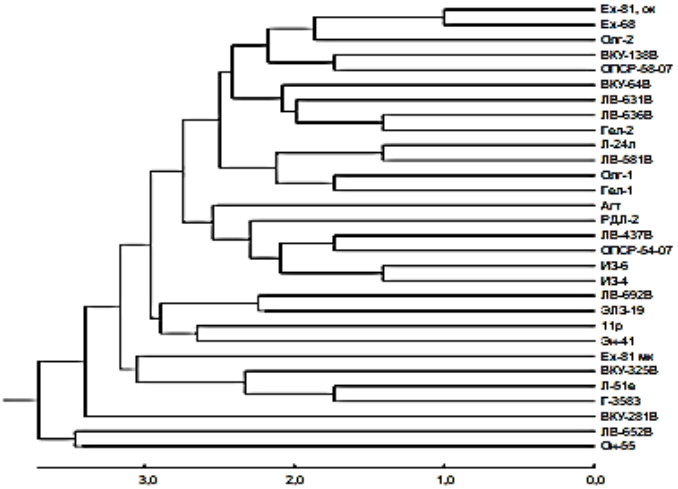

Рисунок 2 – **Дендрограмма связей между самоопыленными линиями подсолнечника по дистанциям Махаланобиса**

Коэффициент корреляции между генетическими расстояниями, рассчитанными по Нею-Ли и Махаланобису, составляет 0,79±0,03, что указывает на сильную корреляционную связь между величинами.

Изменчивость гелиантинина семян подсолнечника генетически детерминирована. Структура получаемого электрофоретического спектра запасных белков не имеет модификационной изменчивости и отражает конкретное проявление гена или блока генов, и потому может служить модельным признаком. В исследованиях изучался компонентный состав спектров гелиантинина 30 самоопыленных линий подсолнечника.

Линии обладали специфическим распределением компонентов гелиантинина в миграционной зоне элекрофоретического спектра (рисунок 3).

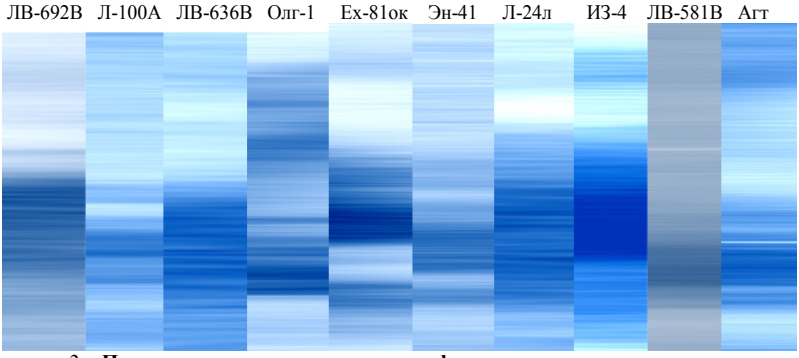

Рисунок 3 – **Проявление компонентов электрофоретических спектров гелиантинина семян самоопыленных линий подсолнечника**

Суммарный электрофоретический спектр полипептидов гелиантинина подсолнечника содержит до 33 главных и минорных компонентов. Зона основных полипептидов гелиантинина включает компоненты 1-16, зона кислых – компоненты от 17 до 33. Компоненты 3, 10, 24, 28, 29 являются реперными, их присутствие в спектрах гелиантинина обязательно. К числу довольно распространенных компонентов относятся 1, 2, 4, 5, 11, 12, 17, 19, 20 с частотой встречаемости 63,3-90,0 %. К редким компонентам можно отнести 23 и 31 с частотой встречаемости 13,3-16,7 %. Компоненты 22 и 27 можно наблюдать в спектрах двух линий. Отдельные полипептиды гелиантинина были выражены в разной степени. Интенсивность компонентов, так же как и их наличие-отсутствие, служат характеристикой генотипа.

В качестве метода математической обработки результатов электрофореза вычисляли коэффициент подобия (КП) при попарном анализе по Жаккарду. Коэффициент подобия колебался в пределах от 0 до 69,23 %. На основании полученных данных составлена матрица генетических расстояний. По результатам анализа коэффициента подобия построена дендрограмма генетических связей самоопыленных линий подсолнечника (рисунок 4).

Наибольшее значение коэффициента подобия (КП) отмечено между линиями *ИЗ-4* и *Л-51е* (69,23), *ИЗ-4* и *Гел-1* (64,00), *ОПСР-58-07* и *Ех-81мк* (64,71), что указывает на близкое родство линий между собой. КП, равный 0, отмечен между линиями *ИЗ-6* и *ЛВ-652В*. Низкий уровень КП наблюдался между линиями *ЛВ-636В* и *ЛВ-652В* (3,70), *РДЛ-2* и *ОПСР-54-07* (4,17), *ЛВ-652В* и *Он-55* (8,33), что может указывать на различное генетическое происхождение данных линий.

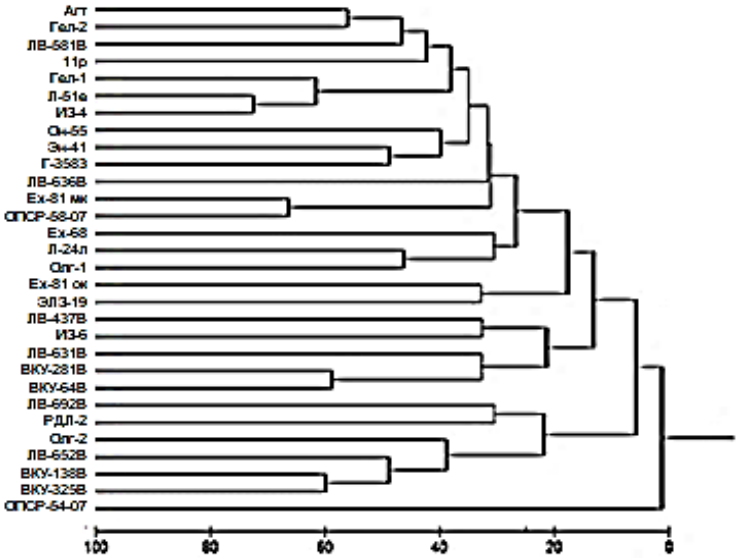

Рисунок 4 – **Дендрограмма генетических связей самоопыленных линий подсолнечника**

Для определения степени влияния генетической дивергенции родительских линий при подборе пар в создании высокогетерозисных гибридов были определены корреляционные связи между генетическими дистанциями родительских линий, урожайностью и масличностью гибридов, полученных в диаллельной схеме, и уровнем гетерозиса по данным признакам.

Проведенный корреляционный анализ показал среднюю положительную корреляцию между урожайностью гибридов и генетическими дистанциями Нея-Ли (r =0,53±0,13), Махаланобиса (r =0,48±0,13) (таблица 1). Связь между коэффициентом подобия компонентов гелиантинина и урожайностью гибридов была отрицательной средней силы на уровне r=-0,41±0,14. Корреляционный анализ между уровнем проявления гетерозиса по масличности и величиной генетических дистанций родителей не выявил статистически достоверных связей.

Выявлена тенденция, что более урожайные гибриды получены при скрещивании линий, имеющих различия по морфологическим и генетическим признакам. Это подтверждается анализом продуктивности скрещиваний одной ма-

теринской стерильной формы *Л-100А* с 16 отцовскими линиями, различающимися по спектру полипептидов гелиантинина.

Таблица 1 – **Коэффициент корреляции между генетическими дистанциями, признаками урожайности, масличности и уровнем гетерозиса по этим признакам**

	Год	Урожайность		Содержание масла в семенах	
		ц/га	уровень гетерозиса, %	%	уровень гетерозиса, %
КП по Жаккарду	2017	-0,34±0,15	-0,24±0,16	0,26±0,15	0,15±0,16
	2018	-0,41±0,14	-0,27±0,15	0,21±0,15	0,23±0,15
GD Махаланобиса	2017	0,45±0,14	0,28±0,15	-0,44±0,14	-0,39±0,15
	2018	0,48±0,13	0,27±0,15	-0,49±0,13	-0,40±0,14
GD Нея-Ли	2017	0,51±0,14	0,27±0,15	-0,35±0,15	-0,27±0,15
	2018	0,53±0,13	0,30±0,15	-0,45±0,14	-0,25±0,15

Коэффициент подобия (КП) между родительскими линиями гибридов подсолнечника варьировал в пределах от 10,53 до 41,18 (таблица 2). Наибольшая урожайность была получена в гибридных комбинациях тестерной линии *Л-100А* с линиями *ЛВ-631В* (49,0 ц/га), *ЛВ-652В* (48,0 ц/га) и *Он-55* (47,5 ц/га), наименьшая – с участием линий *ВКУ-325В* (26,4 ц/га), *Агт* (30,4 ц/га) и *Гел-1* (31,9 ц/га). По результатам корреляционного анализа между КП и урожайностью выявлена сильная отрицательная взаимосвязь – r = -0,71±0,13. Проведенный анализ показал среднюю отрицательную корреляцию между уровнем гетерозиса по урожайности и коэффициентом подобия (r = -0,51±0,16). Между масличностью, уровнем гетерозиса по масличности и значением КП заметной корреляции не выявлено (r = 0,27±0,18 и r = 0,28±0,18 соответственно).

Вероятность получения высокоурожайных гибридов при гетерозисной селекции возрастает с увеличением значений генетических дистанций между родительскими компонентами.

Выводы

1. Метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным фенотипическим признакам, можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий подсолнечника.

2. Более урожайные гибриды получены при скрещивании линий, имеющих различия по морфологическим и генетическим признакам

3. Изученная маркерная система имеет потенциал для идентификации линий подсолнечника, а данные о зависимости генетических дистанций и урожайности могут быть использованы в дальнейшей работе для планирования эффективных скрещиваний в селекции подсолнечника.

Таблица 2 – **Коэффициент подобия между родительскими компонентами и уровень гетерозиса в простых межлинейных гибридах подсолнечника**

Гибридная комбинация	Урожайность		Содержание масла в семенах		КП (коэффициент подобия)
	ц/га	уровень гетерозиса, %	%	уровень гетерозиса, %	
Л-100А×ЛВ-636В	45,9	173,2	34,0	10,0	19,23
Л-100А×ЛВ-631В	49,0	206,3	32,3	4,9	22,22
Л-100А×ЛВ-652В	48,0	105,1	31,9	7,8	25,00
Л-100А×ЛВ-692В	43,2	127,4	33,9	15,3	20,00
Л-100А×ЛВ-581В	39,1	92,6	33,5	10,2	39,13
Л-100А×ЛВ-437В	44,8	160,5	32,2	6,6	10,53
Л-100А×Он-55	47,5	117,9	29,9	5,3	21,74
Л-100А×Олг-1	46,1	191,8	32,8	0	19,05
Л-100А×Агт	30,4	71,8	34,4	25,5	36,84
Л-100А×11р	46,0	127,7	33,3	20,2	16,67
Л-100А×Л-24л	37,2	100,0	34,9	14, 4	33,33
Л-100А×ОПСР-58-07	37,7	165,5	33,4	13,6	25,00
Л-100А×ВКУ-138В	43,3	132,8	36,1	19,9	26,32
Л-100А×ВКУ-325В	26,4	127,6	33,9	12,3	41,18
Л-100А×Гел-1	31,9	67,0	29,9	0,3	23,81
Л-100А×РДЛ-2	34,5	98,3	28,2	-0,7	26,32

Литература

1. *Аксёнов, И.В.* Использование белковых спектров в процессе отбора и создания исходного материал подсолнечника / И.В. Аксенов // Наукова-технічний бюллетень Інститутуолійны культур НААН. – 2014. – Вип.20. – С.21-32.

2. *Анисимова, И.Н.* Идентификация, анализ и регистрация сортов, линий и гибридов подсолнечника методом электрофореза гелиантинина / И.Н. Анисимова // Методич. указания (под ред. И.П.Гаврилюк). – Л.: ВИР. – 1988. – 21 с.

3. *Анисимова, И.Н.* Идентификация сортов, линий и гибридов подсолнечника по составу полипептидов гелиантинина / И.Н.Анисимова // Тр.прикл.бот.ген.сел. – 1987. – Т. 114. – С. 114-125.

4. *Гронин, В.В.* Идентификация растений инбредных линий подсолнечника по признакам определителя UPOV / В. В. Гронин. // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ – http://www.ej .kubagro.ni/2006/01/09/

5. *Гронин, В.В.* Стабильность морфометрическнх признаков родительских линий гибридов подсолнечника под модифицирующим влиянием условий внешней среды / В. В. Гронин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: матер.7-й региональной науч.-практ. конф. молодых ученых (Краснодар, 8-9 декабря 2005 г). – Краснодар. – С. 82-83.

6. *Дьяков, Л.Б.* Выявление и изучение маркерных признаков у родительских линий и гибридов подсолнечника / А.В.Дьяков, Т.А. Васильева, В.В. Пронин // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. — Вып. 124. – Краснодар, 2001. – С. 8-11.

7. *Конарев, В.Г.* Белки растений как генетические маркёры. – М.:Колос, 1983. – 319 с.

8. *Конарев, В.Г.* Белковые маркёры в сортовой идентификации генетических ресурсов культурных растений / В.Г.Конарев // Тр. прикл. Бот. ген. сел. ВНИИ растениевод. – 1987. – Т. 114. – С. 3-14.

GENETIC DIVERGENCE OF SUNFLOWER SELF-POLLINATED LINES
Shimansky L.P., O.A. Turovets, E.M. Govor

The paper demonstrates the results of the research on sunflower breeding material in terms of genotypic differences and establishing the interrelation between molecular, phenotypic divergence and yield of first generation hybrids. Storage protein electrophoresis technique and Nei's-Li's and Mahalanobis genetic distances calculated in terms of phenotypic traits can be applied for identification and classification of sunflower self-pollinated lines. Hybrids with a higher yield were obtained due to crossing lines, differing in morphological and genetic traits.

УДК 633.174.1:631[526.32+527]

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА СОРГО САХАРНОГО ПО КОМПЛЕКСУ ПРИЗНАКОВ

В.Л. Копылович, Н.М. Шестак, *кандидаты с.-х. наук*
РНДУП «Полесский институт растениеводства»
(Поступила 31.03.2021)

Рецензент: Надточаев Н.Ф., кандидат с.-х. наук

Аннотация. *Представлены результаты комплексного изучения коллекции сорго сахарного. Проведена оценка хозяйственно-ценных признаков сортообразцов. Изучение коллекционного материала сорго кормового направления позволило выделить 6 образцов с высокой продуктивностью сухого вещества, 4 скороспелых образца. Выявлено значительное варьирование основных хозяйственно-ценных признаков, позволяющее использовать их в практической селекции по тем или иным направлениям с целью создания новых сортов и гибридов.*

Сорго, как универсальная кормовая культура, обладает ценными хозяйственно-биологическими признаками – высокой урожайностью зеленой массы с отличными качественными показателями, засухоустойчивостью, способностью формировать стабильные урожаи на песчаных почвах, отавностью, универсальностью использования и другими полезными свойствами [1, 2].

Наиболее актуально возделывание сорго в засушливых условиях южной части Беларуси. Оптимальный тепловой режим для сорго с начала стеблевания и до созревания создается при средней температуре воздуха от 27 до 32 ºС с минимумом 14-15 ºС. Для получения хороших урожаев в оптимальные сроки скороспелые сорта должны получать за вегетацию не меньше 2000-2300 ºС, позднеспелые – 2400-3000 ºС (с уровнем тепла не ниже 10 ºС). Кроме того что сорго исключительно теплолюбивое растение, оно еще и наиболее засухоустойчивое. Среди полевых культур почти не встречается равных ему по способности переносить длительные засухи. Высокая засухоустойчивость культуры связана с особенностями корневой системы, которая уже в первые фазы энергично разрастается, значительно опережая надземную массу. Причем растут и работают все 3 типа корней: зародышевые (первичные), узловые (вто-