

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИВЕРГЕНЦИЯ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ

*Говор Е.М., Шиманский Л.П., кандидат с.-х. наук
Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Полесский
институт растениеводства»*

***Аннотация.** Генетические дистанции Ней-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным признакам, и метод электрофореза запасных белков обеспечили проведение кластеризации линий кукурузы в гетерозисные группы с высокой разрешающей способностью. Коэффициенты корреляции между коэффициентом подобия компонентов зеина по Жаккарду и генетическими дистанциями, рассчитанными по фенотипу, составили -0,71 (дистанции Ней-Ли) и -0,83 (дистанции Махаланобиса). Высокие корреляционные связи указывают на тот факт, что метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Ней-Ли и Махаланобиса можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий кукурузы в селекционных программах. Ключевые слова: кукуруза, электрофорез запасных белков, генетические дистанции, гетерозисные группы.*

Genetic distances Ney-Lee and Mahalanobis calculated for qualitative characters, and the method of electrophoresis of proteins has provided Pro-maintenance clustering maize lines in heterotic groups with high resolution. The correlation coefficients between the similarity factor components Zein from Jacquard and genetic distances, calculated according to the phenotype, was -0,71(distance Ney-Lee) and -0,83(Mahalanobis distance). The high correlations point to the fact that the method of electrophoresis of proteins and genetic distances Ney-Lee and Mahalanobis can be used for identification and classification samoilenki lines of maize in breeding programs.

Key words: maize, electrophoresis of proteins, genetic distances, heterotic groups.

Многочисленными исследованиями зарубежных ученых была установлена четкая взаимосвязь между гетерозисом по урожаю и генетическим разнообразием, которая преобразована в представление о генетической дистанции между скрещиваемыми формами. Развитие этих исследований привело селекционную практику к дифференциации генофонда кукурузы на гетерозисные группы зародышевой плазмы. Это обусловило широкие исследования по идентификации самоопыленных линий относительно существующих гетерозисных групп и определения наиболее продуктивных межгрупповых кроссов – гетерозисных типов [1, 2, 3].

Системы классификации кукурузы основывались на фенотипических признаках. Однако, они были искусственными и могли служить только

достаточно полными каталогами. С развитием селекции кукурузы на гетерозис возникла необходимость классификации самоопыленных линий, которая, помимо таксономического разделения, позволяла бы прогнозировать уровень гетерозиса и целенаправленно подбирать родительские формы для продуктивных гибридных комбинаций. Одной из таких систем была классификация линий по фенотипу, предложенная в 1970-х годах Э.Н. Кобелевой, Ю.К. Кобелевым, которая предусматривала объединение самоопыленных линий в фенотипические классы по подобию комплекса качественных признаков: типа зерна, метелки, початка, строения листьев, окраски и габитуса растения. В последние десятилетия используют различные оценки самоопыленных линий при классификации, основанные на их родословных, их биохимических и молекулярных маркерах и т.д.

Нами была исследована возможность получения информации о степени генетических различий линий кукурузы, относящихся к разным группам зародышевой плазмы на основании изучения качественных морфологических признаков.

Методика проведения исследований. Изучаемый материал представлен 38 линиями кукурузы из 9 гетерозисных групп: Кремнистая Оттава (СМ 7), Лакон (F 2), Лизаргарат (Ер 1), Зубовидная Канады (Со 72-75), Зубовидная Канады (Со 125) Зубовидная Канады (СG 12), Ланкастер, Рейд и Айодент и 9 линиями с неизвестной родословной.

Качественные морфологические признаки учитывали визуально и кодировали по трехбалльной системе (Кобелев, Кобелева, 1980). Для идентификации признаков использовали рекомендованные эталонные образцы, а по отсутствующим – соответствующие аналоги из нашей коллекции линий.

Генетические дистанции (GO) Нея-Ли рассчитывали для всех возможных пар линий непосредственно по трехбалльной матрице качественных признаков $GO = 1 - (2N_{xy} / (N_x + N_y))$, где N_{xy} - число признаков, общее для линий x ; N_x / N_y - число признаков в линии x .

Для расчета дистанции Махаланобиса (Mahalanobis, 1936) оценки в баллах приводили к количественному виду, как рекомендовал Доспехов (1979), по формуле $A = \sqrt{\sum_{i=1}^N (x - y)^2}$, где A - средняя трансформированная оценка качественного признака; $x|y$ - балльная оценка признака.

Генетические дистанции обрабатывали кластерным анализом. По матрицам обоих типов дистанций строили эволюционные деревья (дендрограммы) связей между линиями.

Выделение и электрофорез зеина в 10% полиакриламидном геле проводили по «Методике идентификации семян кукурузы с использованием электрофореза зеина» (ВИР, 2002, С-Пб.).

В качестве метода математической обработки результатов электрофореза вычисляли коэффициент подобия (КП) при попарном анализе по Жаккарду. При этом в анализе спектров белка использовали следующую формулу:

S_j (КП) = $m/m+(i+k+l)$; где: m – число пар полос сравниваемых спектров, одинаковых по подвижности и по плотности; i – полосы, присутствующие в спектре В и отсутствующие в спектре А, k - полосы, присутствующие в спектре А и отсутствующие в спектре В, l – пары полос, занимающие одинаковую позицию, но значительно различающиеся по плотности.

Результаты и их обсуждение.

В наших исследованиях генетическая дивергенция испытанных линий кукурузы рассчитана как генетическая дистанция. Генетические дистанции Нея-Ли, рассчитанные для всех возможных пар линий непосредственно по трехбалльной матрице качественных признаков, варьировали в пределах 0,067-0,930. Наибольшие дистанции 0,800-0,930 наблюдались между линиями групп Ланкастер и Лакон. Наименьшие дистанции 0,067-0,400 наблюдались у родственных линий.

Кластерный анализ генетических дистанций Нея-Ли позволил разделить линии на 5 кластеров. Связи линий совпадали с их действительной принадлежностью к группам зародышевой плазмы (рисунок 1). Так линии ДК129 и ДК 261 (Со 125) или БЛ 87 и БЛ 40 (СМ 7) были попарно связаны, а дистанции между ними (0.133 и 0.200) приближались к минимальным в опыте, однако наблюдалось и несоответствие. Линия К 410 (Со 125) проявила связь с линиями из группы Лизаргарат, что не соответствует ее родословной. Линия с неизвестной родословной БКР 109 связана, согласно дендрограммы, с линиями гетерозисной группы Лизаргарат, БКР 46 с линиями гетерозисной группы СМ 7, линии БКР 105, БКР 200, БКР 42, БКР 43, БКР 44, БКР 45, имеют связи между собой и вошли в кластер группы Лакон.

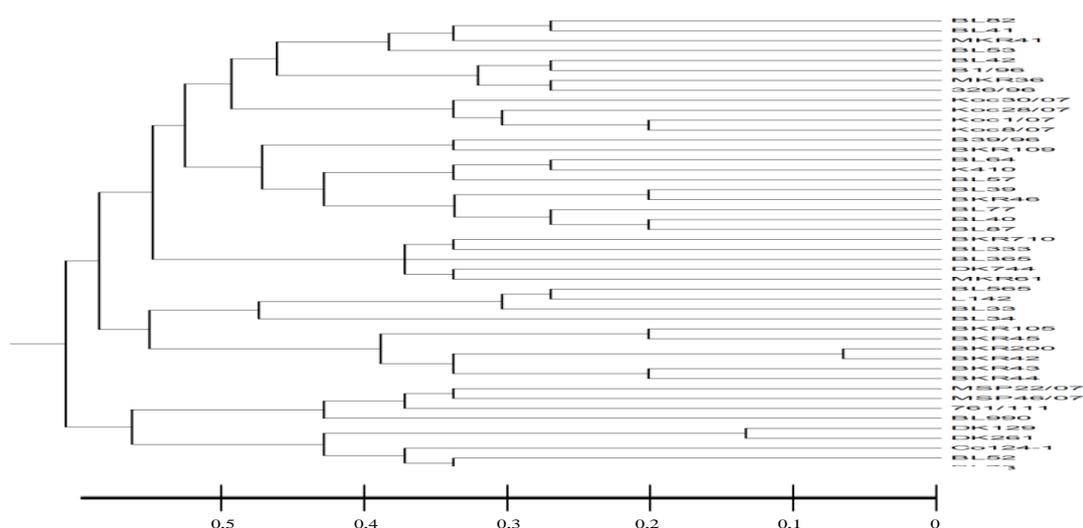


Рисунок 1 – Дендрограмма связей между самоопыленными линиями кукурузы по дистанциям Нея-Ли, 2017 г.

Дистанции Махаланобиса, рассчитанные по совокупным оценкам, проявили большую разрешающую способность у различных видов линий и

широко варьировали в пределах 1,00-5,48 (рисунок 2). Линии были сгруппированы в 5 кластеров. По данным дендрогаммы попарно связанными были родственные линии из одних и тех же гетерозисных групп. Линии с неизвестной родословной вошли в кластер с линиями гетерозисной группы Кремнистая Оттава (СМ 7).

Таким образом, кластеризация по генетическим дистанциям Махаланобиса и Нея-Ли, основанная на фенотипических признаках, позволила выявить взаимосвязи между линиями, которые в большинстве случаев ожидалось на основе известной гетерозисной принадлежности. Распределение линий в гетерозисные группы по генетическим дистанциям Махаланобиса и Нея-Ли, рассчитанным на основании степени проявления морфологических признаков, соответствует в 97% случаях генетическому происхождению линий, т.к. отдельно изученные линии были созданы с участием различных гетерозисных групп и несут морфологические признаки данных групп. Метод может рассматриваться, как первичный этап дифференциации линий.

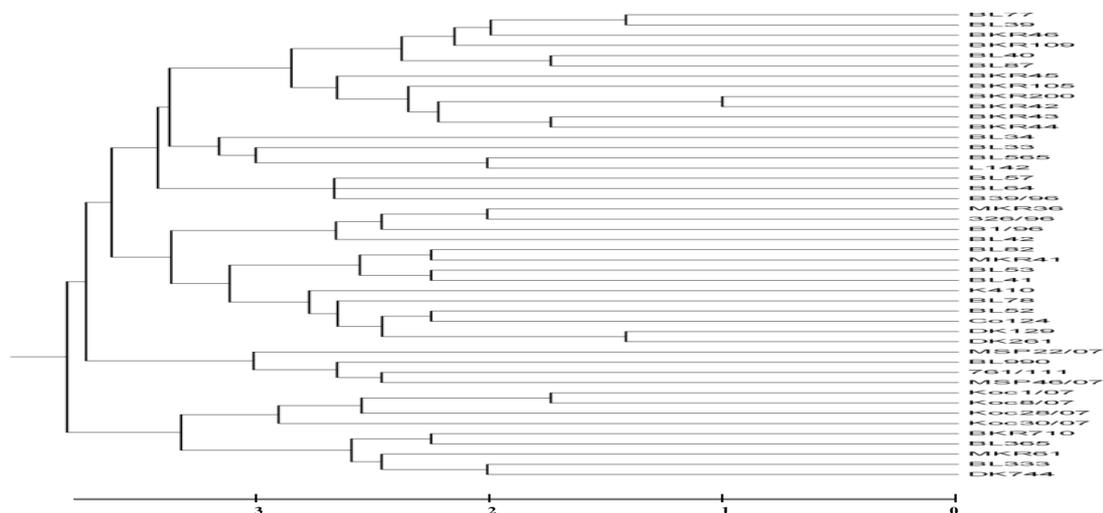


Рисунок 2 – Дендрогамма связей между самоопыленными линиями кукурузы по дистанциям Махаланобиса, 2017 г.

Была исследована возможность получения информации о степени генетических различий линий кукурузы, относящихся к разным группам зародышевой плазмы, на основании анализа электрофоретических спектров запасных белков семян кукурузы. На основе электрофоретической подвижности белковых профилей было рассчитано генетическое сходство линий из девяти гетерозисных групп. Изученные образцы проявили существенную связь внутри отдельных гетерозисных групп - коэффициент подобия (КП) имел значения в группе Лакон 79,3-96,2; Лизаргарат – 68,4-81,5; СМ 7 – 82,5-94,4; Со 125 – 64,9-83,8; Со 72-75 – 68,4-75,0; СГ 12 – 68,8-81,8; Ланкастер -77,1-82,5; Рейд – 64,9-81,8 и Айодент – 71,4- 81,5 (рисунок 3).

В наших исследованиях были рассчитаны средние внутри- и среднегрупповые коэффициенты подобия по Жаккарду, которые позволяют

оценить соответствующие уровни генетической дивергенции внутри и между группами.

Средняя внутригрупповая дивергенция была минимальна. Наибольшее рассеяние наблюдалось в группах Со 72-75 и Рейд. Наиболее удаленными оказались группы Лизаргарат и CG 12, Кремнистая Оттава и CG 12 (таблица 1). Минимально дивергентными оказались группы Лизаргарат и Кремнистая Оттава. Обособление гетерозисных групп было очевидным, поскольку внутригрупповые дистанции генетического сходства превосходили межгрупповые в опытах в среднем в 6,3 раза.

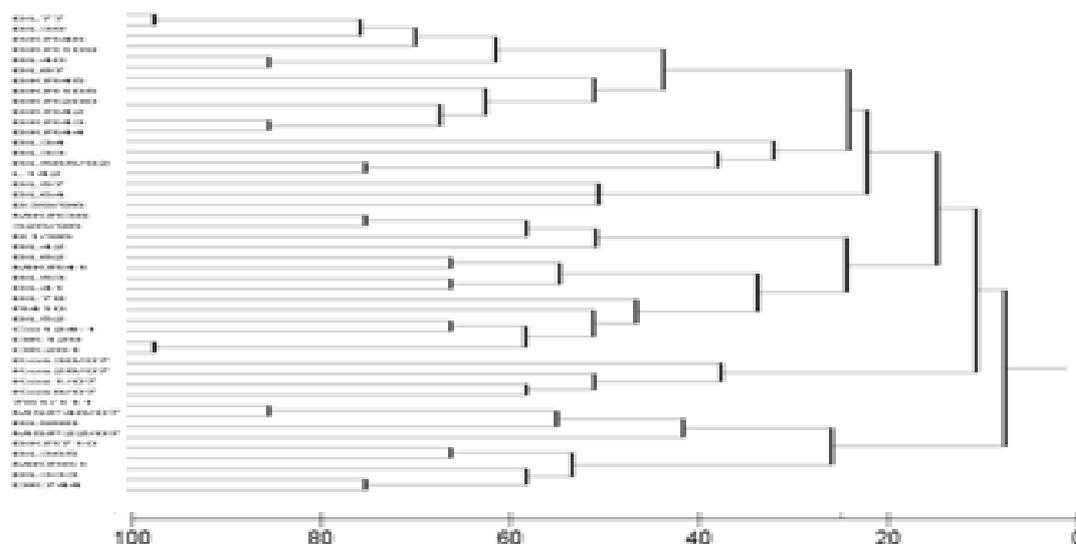


Рисунок 3 – Дендрограмма связей между самоопыленными линиями кукурузы по коэффициенту подобия Жаккарда, 2017 г.

Таблица 1 – Внутри- и среднегрупповые коэффициенты подобия по Жаккарду

Гетерозисные группы	Лакон	Лизаргарат	СМ7	Со 125	Со 72-75	CG 12	Айодент	Рейд	Ланкастер
Лакон	87,75	13,57	8,76	13,82	13,23	15,89	9,2	7,39	19,55
Лизаргарат		74,95	21,97	11,23	6,9	6,54	15,4	13,30	11,79
СМ7			88,45	11,23	6,91	6,54	15,4	13,30	11,79
Со125				74,35	7,98	7,98	7,01	17,44	9,25
Со72-75					71,7	19,06	13,46	13,29	20,14
CG 12						75,30	7,11	17,36	18,17
Айодент							76,45	12,34	14,45
Рейд								73,35	10,9
Ланкастер									79,8

Коэффициенты корреляции между коэффициентом подобия компонентов зеина по Жаккарду и генетическими дистанциями,

рассчитанными по фенотипу, составили -0,71(дистанции Нея-Ли) и - 0,83(дистанции Махаланобиса).

Выводы. Метод электрофореза запасных белков и генетические дистанции Нея-Ли и Махаланобиса, рассчитанные по качественным фенотипическим признакам, можно использовать для идентификации и классификации самоопыленных линий кукурузы в селекционных программах.

Литература

1. Мустяца, С.И. Определение генетических различий между сестринскими линиями кукурузы / С.И. Мустяца, С.И. Мистрец // Кукуруза и сорго. – 2000. - № 6. – С. 12-16.

2. Соколов, В.М. Использование качественных признаков для генотипической классификации самоопыленных линий кукурузы / В.М. Соколов, Д.В. Гужва // Кукуруза и сорго.- 1997.- №3.- С. 8-12.

3. Соколов, В.М. Селекционная оценка элитных линий кукурузы из основных гетерозисных групп зародышевой плазмы / В.М. Соколов, Б.Ф. Вареник, А.С. Пилюгин, Д.В. Гужва // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 1999. – С. 92-96.