

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра генетики

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИНИЙ-ГАПЛОИНДУКТОРОВ  
КУКУРУЗЫ РОССИЙСКОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ**

Автореферат бакалаврской работы  
студента 4 курса 422 группы  
направления 06.03.01 Биология  
биологического факультета  
Карлова Андрея Владиславовича

Научный руководитель

д.б.н., доцент



О. И. Юдакова

Зав. кафедрой генетики

д.б.н., доцент



О. И. Юдакова

Саратов 2021

**Введение.** Широкое использование в мировом земледелии кукурузы требует её постоянного селекционно-генетического улучшения, и, в частности, создания гибридов на основе инбредных родительских линий. Одним из современных способов создания таких линий является технология получения дигаплоидных линий, ДН, основанная на удвоении числа хромосом у гаплоидных растений. Дигаплоидные линии существенно ускоряют селекционный процесс и повышают качество семеноводческой продукции гибридной кукурузы. Гаплоиндукция - это способность пыльцы некоторых растений вызывать партеногенетическое развитие яйцеклеток у материнских форм. В результате при использовании в скрещиваниях линий-гаплоиндукторов в качестве отцовских форм на материнских растениях образуются зерновки с гаплоидными матроклинными зародышами.

Несмотря на то, что в арсенале селекционеров уже имеется более 50 видов линий-гаплоиндукторов, создание новых гаплоиндукторов остается актуальной задачей. Необходимы линии, приспособленные к разным агроклиматическим условиям, устойчивые к биотическим и абиотическим факторам среды, с разной реакцией на фотопериод, и имеющие разные сроки цветения.

Цель: Тестирование линий-гаплоиндукторов кукурузы зарубежной и отечественной селекции на способность к гаплоиндукции в различных по влагообеспеченности агроклиматических зонах Кабардино-Балкарии.

Для достижения данной цели, были поставлены следующие задачи:

1. Осуществить тесткроссы между линиями-гаполоиндукторами и тестером ГК-26М в двух районах Кабардино-Балкарии, различающихся по влагообеспеченности.

2. Провести анализ морфофизиологических признаков линий-гаплоиндукторов (озерненности, высоты растений, сроков цветения, полегаемости).

3. Определить частоту гаплоиндукции у изученных линий на зерновках тесткроссных початков.

**Структура и объем работы.** Работа изложена на 45 страницах машинописного текста и включает 6 разделов: введение, обзор литературы, материалы и методы, результаты исследований и их обсуждение, заключение, список использованных источников, содержащий 37 наименований.

**Основное содержание работы:** В первой главе представлен обзор современной литературы по вопросу гаплоидии у растений и использования этого явления в генетике и селекции. В ней рассматриваются методы получения гаплоидов *in vivo* и *in vitro*, особое внимание уделено явлению гаплоиндукции и технологии ДН у кукурузы.

Материалом для исследования послужили линии-гаплоиндукторы отечественной селекции, из мировой коллекции ВИР (С-799, ГИ-128, ГИ-135, ГИ-148), и линий зарубежной селекции ГИ-Китай и ГИ-Мексика, которые были созданы на основе линии Stock 6 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Початки линий-гаплоиндукторов кукурузы: *а* - ГИ-128; *б* – ГИ – Китай; *в* – ГИ-135; *г* – ГИ-148; *д* – ГИ-Мексика; *е* – С-799

В качестве материнской формы для тестирования частоты гаплоиндукции использовали тестерную линию ГК26М, характеризующаяся ЦМС.

Опыты были проводимые в степной и предгорной зонах Кабардино-Балкарской республики, различающихся по влагообеспеченности в период

цветения кукурузы, на территории селекционно-семеноводческой компании ООО ИПА ОТБОР НИИСХ и ИСХ КБНЦ РАН в 2019-2020 гг.

Методика исследования: тест кроссы проводили в период цветения растений в июле 2020 г. Для этого свежесобранную пыльцу гаплоиндуктора переносили на рыльца тестера и фиксировали опыленный початок пергаментным изолятором до уборки урожая. Уборка производилась вручную, после полного созревания початков. Учет гаплоидных зерновок и частоту гаплоиндукции проводили на спелых початках, по высушенным зерновкам 13% влажности в лаборатории.

После зацветания кукурузы проводили морфофизиологический анализ, оценивали такие признаки как: рост, сроки цветения женских и мужских соцветий, полегаемость, растений. Далее проводили сбор урожая и, среди завязавшихся зерновок отбирали семена с гаплоидными зародышами. Частоту гаплоиндукции определяли, как отношение количества семян с окрашенным эндоспермом и неокрашенным (гаплоидным) зародышем к общему количеству завязавшихся семян, выраженное в процентах.

Все линии были маркированы гомозиготным доминантным геном *R1 - Navajo (R1-nj)*, который детерминирует антоциановую зародыша и алейронового слоя эндосперма. Ген *R1-nj* используется в селекции в качестве доминантного маркера окраски с различной степенью экспрессии окраски. Он помогает отличить гаплоидные зерновки от диплоидных. При тест кроссах зерновки с гаплоидным зародышем, имеют окрашенный эндосперм и неокрашенный щиток с зародышем, тогда как зерновки с диплоидным зародышем, окрашенные и эндосперм, и зародыш.

Анализ озерненности початков и частоты гаплоиндукции у изученных линий кукурузы показали, что наибольшее количество семян, завязавшихся на початках, наблюдалось у ГИ-Китай и С-799 (таблица 1).

Таблица - 1 Эффективность гаплоиндукции и озерненность початков у линий-гаплоиндукторов в предгорной и степной зоне Кабардино-Балкарии

№	Линия-гаплоиндуктор (фактор А)	Среднее количество завязавшихся зерен на початке, шт.			Частота гаплоиндукции, %		
		при выращивании растений в разных условиях (фактор В)		средняя по фактору А*	при выращивании растений в разных условиях (фактор В)		средняя по фактору А*
		предгорная зона	степная зона		Предгорная зона	Степная зона	
1	ГИ-128	120	115	117,5а	5,2	4,2	4,7d
2	ГИ-135	165	150	157,5с	5,5	5,1	5,3е
3	ГИ-148	165	146	155,5в	4,5	4,9	4,7d
4	ГИ Китай	285	250	267,5f	2,3	2,0	2,2а
5	С-799	201	200	200,0е	3,6	3,1	3,4с
6	ГИ Мексика	178	165	172d	2,6	2,3	2,4в
Средняя по фактору В		185,7в*	171а*		4в*	3,6а*	

Примечание: Данные обозначенные разными буквами в одном столбце достоверно

отличаются друг от друга по результатам двухфакторного анализа;  $p \leq 0,5$ .

Вместе с тем, эти линии характеризовались низкими значениями гаплоиндукции 2,2 и 3,4 % соответственно. Линии ГИ-128 и ГИ-135,

напротив, имели низкую озерненность початков, но более высокую частоту семян с гаплоидными немаркированными зародышами.

ГИ-Мексика показал средние значения озерненности початков и низкую частоту гаплоиндукции, которая составляет 2,4%.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа было установлено, что оба изученных показателя (количество завязавшихся зерен на початках и частота гаплоиндукции) демонстрируют зависимость, как от генотипа линий, так и от условий выращивания растений (различия статистически достоверны при  $p \leq 0,5$ ). В среднем в степной зоне у всех

гаплоиндуцирующих линий завязалось меньше семян на початках, чем в предгорной зоне.

В степной зоне у большинства линий наблюдалась более низкая частота гаплоиндукции, только у ГИ-148 количество зерен с гаплоидными зародышами наоборот увеличилось.

В работе проводили анализ растений по морфометрическим признакам: сроки цветения мужских и женских соцветий, высота растений, полегаемость.

Анализ сроков цветения женских и мужских соцветий у изученных линий показал, что линии ГИ-148, ГИ-Китай и ГИ-Мексика характеризуются минимальной разницей между началом цветения мужских и женских соцветий - 1сутки

Линии ГИ-128, ГИ-135 и С-799 цвели раньше выше указанных линий, но женские соцветия зацветали у них на 2-3 суток позже мужских. ГИ-Мексика был самым позднецветущим, мужские и женские соцветия, зацветали 28 июля (таблица 2).

Совпадение сроков цветения мужских и женских соцветий у гаплоиндуктора является важным признаком, характеризующим его семенную продуктивность.

Таблица 2 – Сроки цветения женских и мужских соцветий в предгорной и степной зонах Кабардино-Балкарии

№	Линия-гаплоиндуктор	Дата начала цветения мужских соцветий	Дата начала цветения женских соцветий
1	ГИ-128	13.07.2020	15.07.2020
2	ГИ-135	14.07.2020	16.07.2020
3	ГИ-148	20.07.2020	19.07.2020
4	ГИ (Китай)	20.07.2020	19.07.2020
5	С-799	20.07.2020	23.07.2020
6	ГИ-Мексика	28.07.2020	28.07.2020

Высота растения очень важный показатель для оценки качества гаплоиндуктора. Поскольку гаплоиндукторы используют как опылителей и желательно, чтобы их мужские соцветия располагались выше початков материнских форм.

Результаты исследований показали (таблица 3), что из изученных нами линий самые высокие значения были у гаплоиндукторов ГИ-148, ГИ Китай и ГИ Мексика.

Эти растения характеризуются самым высоким ростом из изученных линий, как в предгорной, так и степной зоне. Тогда как гаплоиндукторы ГИ-128, ГИ-135 и С-799, показали невысокие показатели роста в двух зонах, что их характеризует, как менее эффективных опылителей, по сравнению с другими изученными линиями.

При сравнении показателя роста растения отечественной и зарубежной селекции, можно сказать, что зарубежные гаплоиндукторы выше отечественных. Самой высокие растения были у линии ГИ-148.

Таблица 3 – Значения высоты растений гаплоиндукторов в разных агроклиматических зонах Кабардино-Балкарии, 2020 г

№	Линия-гаплоиндуктор (Фактор А)	Высота растения, м		Средняя по фактору А*
		в предгорной зоне	в степной зоне	
1	ГИ-128	1,60	1,57	1,58с
2	ГИ-135	1,23	1,15	1,19а
3	ГИ-148	2,80	2,81	2,81f
4	ГИ (Китай)	2,01	2,08	2,05е
5	С-799	1,53	1,60	1,57в
6	ГИ-Мексика	2,05	2,03	2,04d
Средняя по фактору В		1,87а*	1,87а*	



Примечание: Данные обозначенные разными буквами в одном столбце достоверно отличаются друг от друга по результатам двухфакторного анализа;  $p \leq 0,5$ .

Устойчивость к полеганию является важным фактором при оценке качества гаплоиндуктора. Он показывает устойчивость растения к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды.

Несмотря на сильные ветра, характерные для третьей декады июля в предгорной зоне образцы иностранной селекции имели небольшие значения частоты полегших растений. Летом 2020 г., в предгорном и степном районах агроклиматический фон был благоприятен для роста и развития растений кукурузы, не было сильных бурь, ливневых осадков, вызывающих полегание (таблица 4).

Таблица 4- Устойчивость к полеганию растений линий-гаплоиндукторов в разных агроклиматических зонах Кабардино-Балкарии (2020г.).

№	Линия-гаплоиндуктор (Фактор А)	Количество полегших растений, %		Средняя по фактору А*
		в предгорной зоне	в степной зоне	
1	ГИ-128	0	0	0а
2	ГИ-135	0	0	0а
3	ГИ-148	2,5	0	1,25в
4	ГИ Китай	0	0	0а
5	С-799	0	0	0а
6	ГИ Мексика	2,5	0	1,25в

Средняя по фактору В	0a*	0a*	
----------------------	-----	-----	--

Примечание: Данные обозначенные разными буквами в одном столбце достоверно

отличаются друг от друга по результатам двухфакторного анализа;  $p \leq 0,5$ .

**Закключение:** Анализ полученных нами в данной работе результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Анализ способности растений кукурузы к гаплоиндукции показал, что линии отечественной селекции ГИ-128 и ГИ-135 характеризуются наиболее высокими частотами образования гаплоидов в потомстве (4,7 и 5,3%, соответственно), но низкой озерненностью початков (в среднем 117,5 и 157,5 зерновок на початке, соответственно). Линии зарубежной селекции ГИ-Китай и ГИ-Мексика, напротив, характеризуются низкими показателями гаплоиндукции (2,2 и 2,4%, соответственно) и высокой озерненностью початков (267,5 и 172,0, соответственно).
2. Условия выращивания растений оказывали влияние как на частоту гаплоиндукции, так и на количество зерновок, завязавшихся на початках. У всех изученных линий, за исключением линии ГИ-148, наблюдалось снижение обоих показателей при выращивании растений в степной зоне Кабардино-Балкарии по сравнению с предгорным районом.
3. Результаты анализа морфобиологических признаков линий-гаплоиндукторов показали, что высота растений у изученных линий варьирует от 1,1 м у ГИ-135 до 2,8 м у ГИ-148.
4. Линии ГИ-128 и ГИ-135 относятся к раннецветущим, линии ГИ-148, ГИ-Китай и С-799 – к среднецветущим, линия ГИ-Мексика – к позднецветущим. При этом мужские и женские соцветия одновременно зацветают только у растений линии ГИ-Мексика, тогда как у растений других линий мужские соцветия зацветают на 1-3 суток раньше женских.

5. Растения всех изученных линий устойчивы к полеганию. У линий ГИ-148 и ГИ-Мексика полегаемость составила всего 2,5%, у остальных линий полегших растений не обнаружено.
6. Линия ГИ-148 может быть рекомендована для массового получения гаплоидов в условиях Кабардино-Балкарии, поскольку она продемонстрировала высокую частоту гаплоиндукции (4,7%) и хорошую озерненность початков (в среднем 155,0 зерновок на початке). Растения данной линии имели большую высоту (до 2,8 м) и при этом были достаточно устойчивы к полеганию.