

сенокосы при внесении тех же высоких доз удобрений. Во всех парциальных флорах отмечалось незначительное число внедрившихся видов за период наблюдений. В условиях преимущественного и интенсивного влияния антропогенных экзогенных факторов динамика видового состава парциальных флор приобретает однонаправленный необратимый характер.

Сравнение воздействия на динамику видового состава парциальных флор различного комплекса антропогенного давления на природные экосистемы показывает, что при их хозяйственном использовании следует подбирать такие режимы и методы, которые будут обеспечивать динамику видов на флуктуационном уровне.

Литература.

1. Вынаев Г.В. О понятии “флора” и задачах науки о “флоре” // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Изд-во “Наука”. Ленинградское отд. 1987. СПб. - С. 28—30.
2. Егорова В.Н. Пойменные луга средней Оки: Мониторинг, проблемы сохранения и восстановления биоразнообразия и генофонда. Москва. 2013. - 409 с.
3. Егорова В.Н., Астафьева К.С., Джамус В.М. Фитоценотическая роль аборигенных и адвентивных видов в формировании флоры и растительности внутри ландшафтных антропогенно нарушенных местообитаний поймы реки Оки // Экологические проблемы сохранения исторического и культурного наследия. Москва. 2008. - С.412 – 419.
4. Работнов Т.А. Влияние минеральных удобрений на луговые растения и луговые фитоценозы. М., 1973. - 177 с.
5. Серебрякова Т.И. Побегообразование и ритм сезонного развития растений заливных лугов средней Оки // Уч. Зап. Моск. гос. пед. ин-та им. В. И. Ленина. 1956. Т. 9. Вып. 3. - С. 1–120.
6. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., 1995. - 990 с.
7. Юрцев Б. А. . Элементарные естественные флоры и опорные единицы сравнительной флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. Изд-во “Наука”. Ленинградское отд. 1987. СПб. - С. 4 –66.
8. Юрцев Б. А. Мониторинг биоразнообразия на уровне локальных флор // Бот. журн. 1997. Т. 82, № 6. - С. 60–69.
9. Хитун О. В., Зверев А. А., Ребристая О. В. Изменения структуры широтных географических элементов локальных и парциальных флор Западносибирской Арктики // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 12. - С. 1857–1874.
10. Шушпанникова Г. С., Ямалов С. М. Флористическое разнообразие пойменных лугов рек Вычегды и Печоры (Республика Коми) // Изв. Самарского научного центра РАН. 2012. Т.14. № 1(4). - С. 1161—1163.

УДК 631.527

ГРНТИ 68.35.03

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И НАСЛЕДУЕМОСТЬ РЯДА ПРИЗНАКОВ У ПРОСТЫХ ГИБРИДОВ F₁ КУКУРУЗЫ ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ И В ОБЫЧНЫХ УСЛОВИЯХ.

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.789](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.789)

Клименко О.А.

*Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук
Институт Генетики, Физиологии и Защиты Растений
Кишинев, Республика Молдова*

VARIABILITY AND HERITABILITY OF SOME TRAITS IN SIMPLE MAIZE HYBRIDS F₁ AT LOW TEMPERATURES AND UNDER NORMAL CONDITIONS.

Climenco O.A

*senior research scientist
Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection
Chisinau, Republic of Moldova*

АННОТАЦИЯ

Определены значения коэффициентов наследуемости родительских генотипов по признакам «частота образования каллуса», «частота соматического эмбриогенеза», «частота регенерации растений» в нормальных и стрессовых условиях *in vitro* у простых гибридов F₁ кукурузы. Наибольший показатель коэффициента наследуемости материнских генотипов у признаков изученных в условиях *in vitro*, был выявлен для признака «частота соматического эмбриогенеза» при пониженных температурах. Оценена изменчивость и наследуемость признаков, характеризующих начальные этапы развития растений, при действии пониженных температур, а также количественных признаков растения и мужского гаметофита. Гибриды, у которых в качестве материнских генотипов использовали инбредные линии A239 и 092, демонстрировали в стрессовых условиях более высокие показатели изученных признаков *in vitro* и на уровне семян. Для признаков «количество зерен в рядке» и «высота растения» были отмечены наибольшие коэффициенты наследуемости взаимодействия материнских и отцовских генотипов. По средним

значениям изученных количественных признаков выделены гибриды A239xP502 и Co125xMK159. Гибридные комбинации, имеющие достаточно высокие показатели по большинству изученных признаков, могут быть использованы для создания холодостойких и урожайных гибридов кукурузы.

ABSTRACT

The values of heritability coefficients of parental genotypes were determined for such characters as "frequency of callus formation", "frequency of somatic embryogenesis", "frequency of plant regeneration" under normal and stressful *in vitro* conditions in simple maize F₁ hybrids. The highest value of the coefficient of heritability of maternal genotypes in traits studied *in vitro* was found for "frequency of somatic embryogenesis" at low temperatures. The variability and heritability of characters during the initial stages of plant development under the action of low temperatures, as well as quantitative characteristics of the plant and male gametophyte, were evaluated. Hybrids in which the inbred lines A239 and 092 were used as maternal genotypes showed under stress higher indices of the studied traits both *in vitro* conditions and at the seed level. For the characters "number of grains per row" and "plant height", the highest heritability coefficients of the interaction of maternal and paternal genotypes were noted. Hybrids A239xP502 and Co125xMK159 were selected by the higher values of the studied quantitative traits. Hybrid combinations with significantly high meanings of the most of the studied characters can be used to create cold-resistant and productive corn hybrids.

Ключевые слова: холодостойкость, кукуруза, *in vitro*, количественные признаки, наследуемость.

Key words: cold-resistant, maize, *in vitro*, quantitative traits, heritability.

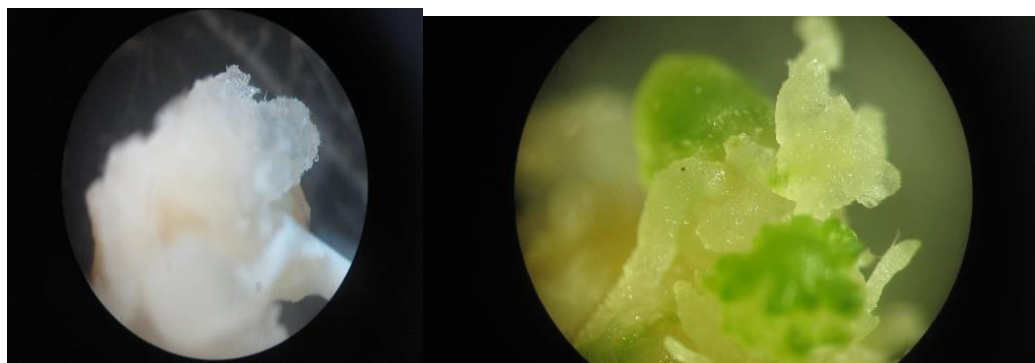
Изучение Введение

механизмов устойчивости растений к абиотическим стрессам (в том числе к пониженным температурам) является важной задачей [1, p.1]. Выяснено, что оценка роста и физиологических параметров у гибридов кукурузы при холодовом стрессе дает возможность классифицировать их на группы по холодостойкости [2, p.639]. Были идентифицированы три геномных области в хромосомах 2, 4 и 8, которые регулируют развитие проростков кукурузы в холодных условиях [3, p.2]. Способ прорастания семян, в котором определяется соотношение роста корня и проростка в условиях пониженных температур, считается эффективным и недорогим для оценки генотипов кукурузы на устойчивость к холоду [4, p.1]. Также отмечено, что соотношение площадь корня и площадь листа является надежным параметром для выявления и отбора холодостойких генотипов [5, p.2662]. Изучение реакции на холод инбредных линий кукурузы показало, что признак «длина мезокотилия» хорошо коррелирует с чувствительностью к этому стрессовому фактору [6, p.2902]. Следует отметить, что скрининг *in vitro* генотипов на устойчивость к пониженной температуре является важным методом селекции зерновых культур [7, p.77]. Так, у 14 инбредных линий признаки «частота соматического эмбриогенеза» и «частота регенерации растений» достоверно коррелировали друг с другом в условиях пониженных температур *in vitro* [8, p.123]. При этом в нормальных условиях *in vitro* были определены достоверные корреляции между признаками «частота образования каллуса» (разные типы), «частота соматического эмбриогенеза» и «частота регенерации растений» у гибридных комбинаций и их родительских линий, а также показано, что коэффициенты наследуемости отцовских генотипов, в отличие от материнских, были достоверны для всех изученных признаков и наблюдалась сильная вариация их значений в зависимости от каждого материнского генотипа в отдельности [9, p.71]. В данном исследовании с

целью выявления лучших по комплексу признаков генотипов, изменчивость и наследуемость признаков у гибридов F₁ оценивали при действии пониженных температур (в культуре *in vitro* и во время прорастания семян) и в нормальных условиях (по количественным признакам растений и на гаплоидном уровне по признаку «диаметр пыльцевого зерна»).

Материалы и методы

В качестве исходного материала использовали простые гибриды F₁ кукурузы: материнские генотипы — инбредные линии Co125, 092, A239, Л459 и отцовские генотипы — инбредные линии МК01, МК159, МК390, P101, P502, всего 20 генотипов. Реакцию генотипов на действие стрессового фактора (пониженная температура +10°С - +8°С) определяли на ранних этапах развития растений (по признакам «всхожесть семян» (%), «длина проростка» (см), «длина корешка» (см)) и в культуре незрелых зародышей *in vitro* (по признакам «образование каллуса» (%), «частота соматического эмбриогенеза» (%), «регенерация растений» (%)). Семена раскладывали на влажную фильтровальную бумагу в чашках Петри по 30 штук в каждой (все генотипы изучали в трёх повторностях) и обрабатывали пониженной температурой 10 дней. Для получения каллуса использовали незрелые (12-13 дней после опыления) зародыши, которые высаживали на питательную среду Мурасиге-Скуга [10], дополненную концентрациями 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота) 1 и 2 мг/л. Также добавляли сахарозу 30 г/л и L-пролин 3 г/л. Культуру незрелых зародышей обрабатывали пониженной температурой (+10°С - +14°С) сразу после высадки эксплантов на питательную среду. Время обработки составляло 72 часа. Для каждого генотипа высаживали 3 повторности по 10-12 зародышей. Частота каллусообразования учитывалась от количества высаженных эксплантов, а частота соматического эмбриогенеза и регенерации растений от количества рассаженных каллусных эксплантов. Образцы каллуса представлены на фотографиях 1 и 2.



Фотография 1 Фотография 2

Диаметр пыльцевых зерен определяли с помощью микроскопа и окуляр микрометра. Исходные данные по признакам «частота образования каллуса» (%), «частота соматического эмбриогенеза» (%), «регенерация растений» (%) преобразовывали по формуле $\sqrt{x+1}$, а после оценки существенности частных различий делали обратный переход к исходным показателям [11, с.217-218]. Полученные результаты обрабатывали двухфакторным дисперсионным анализом и по его результатам рассчитывали коэффициенты наследуемости [11, с.308-313].

Результаты исследований

Двухфакторный дисперсионный анализ выявил достоверную зависимость таких признаков как «частота образования каллуса», «частота соматического эмбриогенеза», «частота регенерации растений» в нормальных и стрессовых условиях от материнского генотипа и от взаимодействия родительских генотипов (таблица 1). Что касается отцовских генотипов, то достоверная зависимость данных признаков от них была отмечена только в стрессовых условиях. В целом, показатели их коэффициентов наследуемости были в пределах от 0.0531* до 0.2431*** и являлись достоверными для признаков «частота образования каллуса», «частота соматического эмбриогенеза», «частота регенерации растений», «длина проростка», «длина

корешка». Материнские генотипы в условиях *in vitro* характеризовались невысокими величинами коэффициента наследуемости, но в стрессовых условиях его показатели были почти на том же уровне для признаков «частота образования каллуса», «частота соматического эмбриогенеза» и в 2.6 раза выше для признака «частота регенерации растений». Наибольший показатель коэффициента наследуемости материнских генотипов у признаков изученных в условиях *in vitro*, был выявлен для признака «частота соматического эмбриогенеза» в нормальных условиях. В тоже время, по признакам, которые учитывались на уровне семян в стрессовых условиях, наибольшая величина коэффициента наследуемости материнских генотипов была определена у признака «всхожесть семян» и она оказалась более чем в три раза выше, чем величины данного показателя у признаков «длина проростка» и «длина корешка». Следует отметить, что в стрессовых условиях наибольшие показатели наследуемости взаимодействия материнских и отцовских генотипов были выявлены у признаков «частота образования каллуса», «длина проростка» и «длина корешка». Для признаков «частота соматического эмбриогенеза», «частота регенерации растений» данный показатель взаимодействия родительских генотипов был выше в нормальных условиях.

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа и показатели наследуемости признаков в условиях *in vitro* и на уровне семян.

Д	У	Каллусогенез,%						Соматический эмбриогенез,%					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
♀	н	114.1	3	38.0	4.07	0.01	0.095	113.0	3	37.7	10.1	0.001	0.1598
	с	65.2	3	21.7	9.6	0.001	0.0748	81.4	3	27.1	7.23	0.001	0.1105
♂	н	16.6	4	4.14	0.44	0.77	-	25.7	4	6.43	1.73	0.16	-
	с	99.2	4	24.8	10.7	0.001	0.0944	157.4	4	39.3	10.5	0.001	0.2431
♀ и ♂	н	221.7	12	18.5	1.98	0.05	0.2225	188.1	12	15.7	4.2	0.001	0.435
	с	163.0	12	13.6	6.0	0.001	0.5193	134.7	12	11.2	3.0	0.01	0.2586
ост	н	373.7	40	9.34				150.0	40	3.72			
	с	90.6	40	2.26				149.7	40	3.74			
об	н	726.1	59					475.9	59				

	с	418.0	59					522.9	59				
Регенерация растений,%							Всхожесть семян в стрессе,%						
♀	н	56.03	3	18.7	9.3	0.001	0.0446	25710	3	8570	27.0	0.001	0.9231
	с	49.5	3	16.5	5.23	0.01	0.1175						
♂	н	48.3	4	12.1	6.0	0.001	-	969.3	3	323	1.02	0.39	-
	с	62.8	4	15.7	4.98	0.01	0.1354						
♀ и ♂	н	172.6	12	14.4	7.14	0.001	0.6418	2877	9	320	1.01	0.45	-
	с	77.5	12	6.5	2.05	0.05	0.1935						
ост	н	80.58	40	2.01				10156	32	317			
	с	126.1	40	3.15									
об.	н	357.6	59					39712	47				
	с	316.0	59										
Длина проростка в стрессе, см							Длина корешка в стрессе, см						
♀		7.86	3	2.62	5.94	0.01	0.2406	53.4	3	17.8	10.3	0.001	0.2686
♂		4.64	3	1.55	3.51	0.05	0.1423	14.7	3	4.9	2.84	0.05	0.0531
♀ и ♂		16.23	9	1.8	4.1	0.01	0.4959	60.16	9	6.68	3.86	0.01	0.331
ост.		14.1	32	0.44				55.45	32	1.73			
об.		42.8	47					18ч3.8	47				

Д-дисперсия, ост.- остаточная дисперсия, об. - общая дисперсия, У-условия, Н-нормальные, С-стрессовые, 1 — сумма квадратов, 2 — степени свободы, 3 — средний квадрат, 4 — F соотношение, 5 — уровень значимости, 6 — коэффициент наследуемости. ♀-дисперсия материнских генотипов, ♂ нормальных условиях in vitro -дисперсия отцовских генотипов, ♀и♂ -дисперсия взаимодействия материнских и отцовских генотипов.

У двух гибридов с материнским генотипом инбредной линией Co125 отмечена более высокая частота образования каллуса в стрессовых условиях, гибрид Co125xMK390 по показателю частоты соматического эмбриогенеза в стрессовых условиях не уступал такому же показателю в нормальных условиях (таблица 2). В случае когда отцовским генотипом являлась инбредная линия

МК159 данный признак характеризовался более высоким значением в стрессовых условиях. Также при пониженных температурах у гибрида Co125xP502 при крайне низких показателях признаков «частота соматического эмбриогенеза», «частота регенерации растений» отмечены высокие значения признаков «всхожесть семян» и «длина корешка».

Таблица 2

Средние значения признаков у гибридных генотипов.

ГЕНОТИП	КА		СЭ		РР		ВС	ДП	ДК
	норма	стресс	норма	стресс	норма	стресс	стресс	стресс	стресс
Co125 xP502	12.7	10.7	7.82	0.05	7.83	0.04	98.9	0.94	3.14
Co125 xMK390	24.8	56.6	49.6	49.7	49.8	24.8	93.55	0.62	2.8
Co125 xMK159	15.4	0.04	22.04	36.2	22.05	7.88	91.8	1.05	2.53
Co125xMK01	6.3	0.1	22.12	0.1	0.08	0.15	62.6	0.36	0.52
Co125xP101	44.0	79.1	80.0	36.5	49.7	36.2	30.54	0.68	2.13
L459xP502	0.08	0.17	0.09	0.18	0.15	0.2	40.2	0.35	1.74
L459xMK390	40.1	35.7	15.2	46.3	20.1	31.5	27.17	1.31	3.54
L459 xMK159	10.8	0.06	15.08	0.2	8.1	0.3	52.3	2.32	3.27
L459xMK01	0.12	0.12	0.19	0.3	0.23	0.35	38.17	0.52	1.52
L459xP101	21.1	0.13	0.25	0.4	0.3	0.4	-	-	-
A239xP502	85.3	0.06	63.0	60.15	60.5	25.5	84.4	1.12	3.07

A239xMK390	30.9	0.12	0.32	30.25	0.4	21.1	90.0	0.7	2.8
A239xMK159	24.1	0.12	16.4	41.12	5.71	25.5	100.0	2.08	7.27
A239xMK01	62.1	12.6	8.12	8.24	8.3	8.42	97.8	3.3	6.43
A239xP101	0.01	6.02	6.95	6.95	6.9	7.0	96.7	1.9	4.68
092xP502	6.02	7.12	0.57	0.54	0.52	0.53	94.44	1.1	3.22
092xMK390	0.14	13.2	15.8	30.25	16.0	8.5	96.02	0.59	1.52
092xMK159	17.1	0.14	0.56	15.6	0.61	8.6	100.0	0.8	3.1
092xMK01	0.04	0.08	0.64	0.65	0.7	0.6	96.7	0.1	2.9
092xP502	0.1	0.08	22.9	0.7	16.1	0.7	81.5	0.9	2.6
Средняя опыта	14.1	5.61	11.89	11.94	9.1	7.24	77.5	1.14	3.1
НСР _{0,05}	2.52	1.24	1.6	1.6	1.18	0.72	27.8	1.12	2.11

КА-частота образования каллуса, СЭ-частота соматического эмбриогенеза, РР- частота регенерации растений, ВС-всхожесть семян, ДП-длина проростка, ДК-длина корешка.

Из 5 гибридов, у которых материнский генотип инбредная линия Л459, выделяется генотип Л459xMK390 с почти равными показателями частоты образования каллуса в нормальных и стрессовых условиях. Кроме того, значения его признаков «частота соматического эмбриогенеза» и «частота регенерации растений» были выше в стрессовых условиях, а на уровне семян он характеризовался неплохим показателем признака «длина корешка» (при воздействии на семена пониженной температурой). Следует отметить, что два гибрида с материнским генотипом инбредной линией А239 продемонстрировали наибольшие (среди всех использованных в опыте генотипов) показатели частоты образования каллуса в нормальных условиях, а показатели частоты соматического эмбриогенеза и частоты регенерации у них сильно варьировали (от 8.12% до 63%). Однако в стрессовых условиях, величины этих же признаков остались либо на уровне показателей в нормальных условиях, либо были ниже. Также при действии пониженных температур у этих двух гибридов

были отмечены высокие значения признаков «всхожесть семян» и «длина корешка», а гибрид с отцовским генотипом инбредной линией МК159 превосходил все использованные в опыте генотипы по признаку «длина корешка». Гибридные комбинации с материнским генотипом инбредной линией 092 и отцовскими генотипами инбредными линиями МК390 и МК159 также выделялись на фоне действия стресса более высокими показателями признаков «частота образования каллуса», «частота соматического эмбриогенеза», «частота регенерации растений», «всхожесть семян», «длина корешка».

Дальнейшее изучение гибридов по количественным признакам показало, что коэффициенты наследуемости (таблица 3) материнских генотипов (инбредные линии Л459, А239, Со125) были достаточно низкими у двух признаков («длина метелки», «количество рядков зерен на початке») и хорошими у признаков «количество веточек метелки», «диаметр пыльцевого зерна» (самый высокий).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа и коэффициенты наследуемости родительских генотипов по количественным признакам у гибридов.

д	Высота растения, см						Длина метелки, см					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
♀	330.3	2	165.1	1.74	0.2	-	20.4	2	10.2	4.22	0.05	0.1745
♂	2771.6	3	923.9	9.71	0.001	0.1656	24.7	3	8.3	3.43	0.05	0.1756
♀ и ♂	2584.4	6	430.7	4.53	0.01	0.4508	25.7	6	4.3	1.77	0.15	-
Ост.	2283.7	24	95.2				58.0	24	2.4			
Общ.	7970.1	35					128.9	35				
	Количество веточек метелки, шт						Количество рядков на початке, шт					
♀	230.1	2	115.1	105	0.001	0.3564	31.1	2	15.5	10.6	0.001	0.1476
♂	210.1	3	70.1	63.9	0.001	0.2414	53.4	3	17.8	12.1	0.001	0.2457
♀ и ♂	141.5	6	23.6	21.5	0.001	0.3507	38.5	6	6.42	4.36	0.01	0.3205
Ост.	26.3	24	1.1				35.3	24	1.47			

Общ.	608.1	35					158.3	35					
Количество зерен в рядке, шт							Диаметр пыльцевого зерна, единицы окуляр микрометра						
♀	14.4	2	7.2	0.42	0.66	-	1198.5	2	599.2	24.6	0.001	0.5757	
♂	186.3	3	62.1	3.62	0.05	0.0975	384.3	3	128.1	5.27	0.01	0.1260	
♀ и ♂	420.4	6	70.1	4.1	0.01	0.5675	213.5	6	35.6	1.46	0.2	-	
Ост.	411.7	24	17.2				1459.8	60					
Общ.	1032.9	35					3256.1	71					

Д-дисперсия, ост.- остаточная дисперсия, об. - общая дисперсия, 1 — сумма квадратов, 2 — степени свободы, 3 — средний квадрат, 4 — F соотношение, 5 — уровень значимости, 6 — коэффициент наследуемости. ♀-дисперсия материнских генотипов, ♂-дисперсия отцовских генотипов, ♀ и ♂-дисперсия взаимодействия материнских и отцовских генотипов.

Отцовские генотипы (инбредные линии МК390, МК01, МК159, P502) характеризовались невысокими значениями коэффициентов наследуемости всех изученных количественных признаков, в то время как аналогичные показатели взаимодействия родительских генотипов были достоверны у четырех признаков из шести, но значения их выше, чем у коэффициентов наследуемости материнских и отцовских генотипов по отдельности. Следует отметить, что показатель коэффициента наследуемости материнских генотипов по признаку «длина метелки» был почти равен значению коэффициента наследуемости отцовских генотипов, а по признаку «количество

веточек метелки» был на уровне величины коэффициента наследуемости взаимодействия родительских генотипов.

По средним значениям изученных количественных признаков (таблица 4) выделен гибрид А239хР502 (лучшие показатели признаков «высота растения», «длина метелки», «количество зерен в рядке», «диаметр пыльцевого зерна»), также можно отметить гибрид Со125хМК159. Гибрид А239хМК01 характеризовался наибольшим показателем признака «количество веточек в метелке» и вместе с гибридом А239хР502 намного опережал по значению данного признака остальные генотипы.

Таблица 4

Средние значения количественных признаков у гибридов.

генотип	ВР	ДМ	КВМ	КРП	КЗР	ДПЗ
L459 хМК159	242.8	35.8	6.0	18.7	34.9	140.8
L459хМК01	216.8	33.1	9.7	17.7	41.4	141.0
L459хР502	229.7	33.7	10.6	17.3	40.4	141.8
L459хМК390	239.6	35.6	7.8	15.0	27.8	138.1
A239 хМК159	239.8	35.5	9.75	15.3	34.5	146.1
A239хМК01	226.4	32.5	20.5	16.0	38.1	145.8
A239хР502	259.0	36.6	16.7	16.7	41.7	153.6
A239хМК390	221.7	35.1	8.22	13.3	33.7	144.2
Со125 хМК159	236.4	32.8	6.75	18.7	40.3	149.9
Со125хМК01	210.8	33.0	9.05	14.0	39.4	152.1
Со125хР502	228.8	32.5	9.06	13.7	32.0	151.4
Со125хМК390	241.4	34.4	8.5	14.0	39.0	147.7
Средняя опытка	232.8	34.4	10.2	15.9	36.9	145.9
НСР _{0,05}	9.47	3.5	1.02	1.19	4.023	2.07

ВР-высота растения, ДМ-длина метелки, КВМ-количество веточек метелки, КРП-количество рядков на початке, КЗР-количество зерен в рядке, ДПЗ-диаметр пыльцевого зерна.

На фотографиях 3 и 4 представлены гибриды L459хМК01 (и его родительские генотипы), А239хМК01 (и его родительские генотипы) и соответственно.



Фотография 3 Фотография 4

Выводы

Величина коэффициента наследуемости материнских генотипов (инбредные линии Co125, L459, A239, 092) по признакам «частота образования каллуса», «частота соматического эмбриогенеза» была выше в нормальных условиях, в то время как аналогичный показатель по признаку «частота регенерации растений» был выше в стрессовых условиях.

Наибольший коэффициент наследуемости отцовских генотипов (инбредные линии МК01, МК159, МК390, Р101, Р502) в стрессовых условиях был отмечен по признаку «частота соматического эмбриогенеза». Показатели коэффициентов наследуемости взаимодействия материнских и отцовских генотипов по признакам «частота соматического эмбриогенеза» и «частота регенерации растений» были выше в нормальных условиях, но признак «частота образования каллуса» характеризовался более высоким значением коэффициента наследуемости в стрессовых условиях.

Среди признаков характеризующих начальные этапы развития растения в условиях пониженных температур, было выявлено самое высокое значение коэффициента наследуемости материнских генотипов в опыте (признак «всхожесть семян»), но значения коэффициентов наследуемости отцовских генотипов были наименьшими. У количественных признаков растения наибольшими были коэффициенты наследуемости взаимодействия родительских генотипов, тогда как у признака «диаметр пыльцевого зерна» показатель коэффициента наследуемости материнских генотипов уступал только аналогичному показателю признака «всхожесть семян» в стрессовых условиях.

Гибриды, у которых в качестве материнского генотипа была использована инбредная линия A239, характеризовались довольно высокими показателями признаков в стрессовых условиях и хорошими значениями количественных признаков. Данные гибридные комбинации можно использовать в селекционных схемах по созданию холодоустойчивых гибридов.

Список литературы

- Hussain H.A., Hussain S., Khaliq A., et al. Chilling and Drought Stresses in Crop Plants: Implications, Cross Talk, and Potential Management Opportunities. *Front. Plant Sci.* 2018; (9):393. doi:10.3389/fpls.2018.00393
- Wijewardana C., Henry W.B., Hock M.W., et al. Growth and physiological trait variation among corn hybrids for cold tolerance. *Canadian Journal of Plant Science* 2016; 96(4): 639-656. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0286>
- Rodriguez V.M., Butron A., Rady M.O.A., et al. Identification of quantitative trait loci involved in the response to cold stress in maize (*Zea mays* L.). *Molecular Breeding* 2014; 33(2), 363-371. <https://doi.org/10.1007/s11032-013-9955-4>
- Di Fenza M., Hogg B., Grant J., et al. Transcriptomic response of maize primary roots to low temperatures at seedling emergence. *Peer J* 2017; 5:e2839. <https://doi.org/10.7717/peerj.2839>
- WANG L., ZHANG P., WANG R., et al. Effects of variety and chemical regulators on cold tolerance during maize germination. *Journal of Integrative Agriculture* 2018; 17(12): 2662-2669. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61880-X
- M. Grzybowski J., Adamczyk M., Jonczyk A., et al. Increased photosensitivity at early growth as a possible mechanism of maize adaptation to cold springs. *Journal of Experimental Botany* 2019; 70 (10): 2887-2904. doi:10.1093/jxb/erz096
- Maleki M., Ghorbanpour M., Nikabadi S., et al. In Vitro Screening of Crop Plants for Abiotic Stress Tolerance. In: *Recent Approaches in Omics for Plant Resilience to Climate Change*. Springer, Cham. 2019. pp75-91.
- Клименко О.А., Кравченко А.Н. Влияние пониженной температуры на процесс регенерации растений кукурузы in vitro. // *Intellectus* 2010; (4):122-126. [Climenco O.A., Cravenco A.N. Effect of low temperatures on the regeneration of maize plants in vitro. *Intellectus* 2010; (4):122-126. (In Russ).]
- Climenco O.A., Jacotă A.G. Particularitățile procesului de regenerare a plantelor in vitro la hibridii F₁ de porumb. // *Intellectus* 2006; (3):70-73. [Climenco O.A., Jacotă A.G. Specific features of the process for plant regeneration in vitro to the corn F₁ hybrids. *Intellectus* 2006; (3):70-73. (In Roman).]

10. Murashige T., Skooge F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum* 1962.15(3):473 11—497.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов

исследований). Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. [Dosphehov B. *Metodika polevogo opyta*. Moskva. Agropromizdat. 1985. (In Russ).]

УДК: 579.873.11.017:631.46.(479.22)

ШТАММ ГРИБА РОДА *TRICHODERMA HARZIANUM*-25/П ПРОДУЦЕНТ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.794](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2020.9.74.794)

¹Б.К.Мухаммадиев,

к.б.н., доцент,

²Р.Д.Муминова,

к.с/х н.

^{1,2}Ташкентский Государственный аграрный университет,
100140, Узбекистан, г.Ташкент, ул. Университетская-2

АБСТРАКТ

Подобран ряд сред для культивирования и оптимизированы условия для биосинтеза фермента, в дальнейшем можно использовать при разработке технологии ферментация дешевых целлюлозосодержащих отходов и получения на основе этого ферментов. В результате исследований установлены оптимальные условия для культивирования гриба *Trichoderma harzianum*-25/П, способствующие активному синтезу целлюлолитических ферментов: среда Чапека-Докса с 0,5% кукурузного экстракта и 3% фильтровальной бумаги, pH 5,0; культивирование глубинное в течение 8-10 суток; температура 30-35 °С.

Ключевые слова: биосинтез, фермент, отход, сахар, продуцент, целлюлаза, целлюлоза, гриб, гидролиз, субстрат.

Введение: За последние годы изучены многие представители грибов, продуцирующие целлюлолитические ферменты. Однако относительно целлюлолитической активности *Trichoderma harzianum* данных в литературе мало. Имеющиеся сведения касаются активности термотолерантных штаммов этого гриба [1-4].

Настоящая работа посвящена изучению влияния условий культивирования на синтез целлюлолитических ферментов мезофильного штамма *Trichoderma harzianum*-25/П, выделенного нами из почвы Ташкентской области.

Материалы и методы исследования: Гриб выращивали в лабораторных условиях глубинным способом в 250 мл колбах (100 мл среды) на круговой качалке (скорость вращения 180-200 об/мин) при температуре 30°C на среде Чапека-Докса с 2-3% фильтровальной бумаги.

В фильтрате культуральной жидкости определяли активность S_1 и S_x -ферментов. Активность S_1 -фермента, гидролизующего нативную целлюлозу, определяли по количеству растворимых сахаров, образовавшихся при действии фермента на хлопковое волокно. За единицу активности S_1 -

фермента принимали такое его количество, которое за 24 часа действия в принятых условиях (t 40°, pH 4,5) образовывало 1 мг глюкозы.

Активность S_x -фермента, действующего на растворимые производные целлюлозы, определяли вискозиметрическим методом по падению вязкости 0,3%-ного раствора Na-КМЦ и по количеству редуцирующих сахаров, образовавшихся при гидролизе 1%-ного раствора Na-КМЦ под действием культуральной жидкости. Культуральную жидкость перед определением активности разводили фосфатным буфером в 50 раз. За единицу активности S_x -фермента принимали такое его количество, которое за 1 час действия при принятых условиях (температура 30° и pH 5,0) образовывало 1 мг глюкозы.

Результаты исследования: Изучение динамики накопления ферментов в культуральной жидкости гриба показало, что активность S_1 -фермента достигает максимума на 8 сутки культивирования. Активность S_x -фермента максимально проявляется на 10 сутки, а затем происходит медленный спад активности ферментов (рис.1).