

## ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОЙ И ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС ПРОРАСТАНИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА КУКУРУЗЫ

А.Н. Кравченко, О.А. Клименко

Институт генетики, физиологии и защиты растений, Кишинев, Республика Молдова, *climenco@mail.ru*

**Аннотация.** В условиях температурного стресса оценены 15 линий кукурузы на уровне мужского гаметофита. Отмечена достоверная зависимость жизнеспособности и устойчивости пыльцы от взаимодействия «генотип×стресс». Выяснено, что между признаками «жизнеспособность пыльцы» и «устойчивость пыльцы» существуют достоверные положительные корреляционные связи. Генотипы W23, Л1362 и МК390 оказались устойчивы, как к повышенной, так и к пониженной температуре и представляют интерес для создания адаптивных гибридов.

**Ключевые слова:** мужской гаметофит, кукуруза, жизнеспособность пыльцы

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-944-947

В настоящее время исследование по устойчивости мужского гаметофита растений к температурным стрессовым факторам являются весьма важными и актуальными. В первую очередь это связано с проблемой глобального потепления, так как развитие и функционирование пыльцы в условиях повышенных температур во многом обуславливает фертильность растения, которая в свою очередь, является основой пищевой безопасности [Rieu et al., 2017]. Повышенные температуры отрицательно влияют на жизнеспособность и прорастание пыльцы [Harsant et al., 2013]. Изучение влияния как повышенной так и пониженной температур на жизнеспособность пыльцы выявило снижение показателей этого признака в данных стрессовых условиях [Dehestani-Ardakami et al., 2016]. Эффективность оценки устойчивости к повышенной температуре методом проращивания пыльцы *in vitro* отмечена в работе [Yunfei et al., 2018]. В наших исследованиях пыльцу кукурузы проращивали на питательной среде в нормальных условиях (+22...+26 °С), при повышенной температуре (+37 °С) и при пониженной температуре (+10...+12 °С). Определяли показатели жизнеспособности (процент проросших пыльцевых зерен) и устойчивости (отношение показателей жизнеспособности пыльцы в опыте к контролю умноженное на 100 процентов). Всего было изучено 22 генотипа кукурузы. Среди них были выделены те, у которых жизнеспособность пыльцы в контроле была выше 70% (линии Л459, P502, 092, МК390, W47), что составило 22,7% от общего количества генотипов, использованных в опыте. При температуре +37 °С только у 18,2% генотипов жизнеспособность пыльцы была выше 67% (линии Л459, P502, 092, МК390), в то же время при температуре +10 °С данный показатель был выше 64% только у 9% генотипов (линии Л459, МК390). Лучшие линии по жизнеспособности пыльцы в условиях стрессовых температур: Л459 (76,6% (контроль), 67,5% (+37 °С), 64,5% (+10 °С)) и МК390 (94,1% (контроль), 81,1% (+37 °С), 71,4% (+10 °С)). Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что жизнеспособность пыльцы достоверно зависела от факторов (табл. 1) «генотип» (49,95%), «стрессовая температура» (29,87%), а также от их взаимодействия (16,04%). Линия МК390 сохраняла высокую (более 70%) жизнеспособность пыльцы в стрессовых условиях, как и линия Л459 (более 60%). Следует отметить линию Мо17, у которой данный показатель был выше 40%, как при повышенной, так и при пониженной температуре. Линии P502 и 092 сохраняли жизнеспособность пыльцы выше 70% только при повышенной температуре. Выяснено, что линии W47, W23 и 4nW23

характеризовались достоверно более высокой жизнеспособностью пыльцы при пониженной температуре по сравнению с таким же показателем при повышенной температуре. Анализ зависимости изучаемого признака от взаимодействия факторов «генотип» и «стрессовые температуры» показал, что генотипы Фаворит и Р343, Со125 и F2, Р346 и Л276 несущественно отличались друг от друга. Однако восковидный аналог линии Р346 достоверно превосходил показатели исходного генотипа при разных температурах, такая же тенденция была отмечена и для тетраплоидного аналога линии W23.

**Таблица 1.**

**Результаты дисперсионного анализа признака «жизнеспособность пыльцы»**

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F критерий	Уровень значимости
Генотип (А)	602,51	21	28,7	75,8	0,001
Стрессовые температуры (В)	360,33	2	180,16	476,0	0,001
А×В	193,44	42	4,6	12,17	0,001
Остаточная	49,96	132	0,4		
Общая	1206,24	197			

Корреляционный анализ выявил достоверные корреляционные связи между признаками «жизнеспособность пыльцы в контроле» и «жизнеспособность пыльцы при повышенной температуре», а также между признаками «жизнеспособность пыльцы в контроле» и «жизнеспособность пыльцы при пониженной температуре». Коэффициенты корреляции составили 0,68\*\*\* и 0,62\*\*\*, соответственно. Также была достоверна корреляция ( $r=0,7***$ ) между признаками «жизнеспособность пыльцы при +37 °С» и «жизнеспособность пыльцы при +10 °С». Регрессионный анализ выявил, что с увеличением жизнеспособности пыльцы в контроле на 1% (для использованных в опыте генотипов) жизнеспособность пыльцы при +37 °С увеличивается на 0,66%, а при +10 °С – на 0,5%. Коэффициент детерминации изучаемых признаков показывает, что 44,92% изменений признака «жизнеспособность при +37 °С» определены изменениями признака «жизнеспособность пыльцы в контроле», а при температуре +10 °С этот показатель на 10% меньше.

Дисперсионный анализ признаков «устойчивость пыльцы к повышенной температуре» и «устойчивость пыльцы к пониженной температуре» показал достоверную их зависимость от факторов «генотип», «стрессовые температуры», а также взаимодействия данных факторов (табл. 2). Наибольшими показателями устойчивости (в среднем на обоих стрессовых фонах) обладали линии W23 (88,3%), Л1362 (81,8%) и МК390 (80,7%). Отметим, что тетраплоидный аналог линии W23 уступал 36% по этому показателю исходному генотипу. Наименьшими показателями устойчивости характеризовались генотипы МК01 (6,33%), Р346 (12,2%) и Л459 (10,6%). В среднем по опыту, устойчивость генотипов к повышенной температуре была достоверно выше на 12% среднего показателя устойчивости к пониженной температуре. Следует отметить, что у линий 092 и Р346wx1wx1 обработка повышенной температурой вызывала стимуляцию прорастания пыльцевых зерен, при этом устойчивость к пониженной температуре была очень слабой (22,6% и 5,23%, соответственно). Высокие показатели устойчивости только к повышенной температуре

были зарегистрированы у линий Л1866 (89,6%), Со125 (77,3%), Р502 (81,34%). Линии Мо17, W47, 4nW23 отличались более высокими показателями устойчивости к пониженной температуре по сравнению с показателями устойчивости к повышенной температуре.

Таблица 2.

**Результаты дисперсионного анализа признака «устойчивость пыльцы»**

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F критерий	Уровень значимости
Генотип (А)	63752,4	17	3750,14	565,6	0,001
Стрессовые температуры (В)	12971,8	1	12971,8	1956,4	0,001
А×В	48627,6	17	2860,45	431,4	0,001
Остаточная	477,4	72	6,63		
Общая	125829,0	107			

Так, у линии Мо17 показатель устойчивости к температуре +10 °С превосходил на 46% показатель устойчивости к температуре +37 °С, у линии 4nW23 разница этих же показателей составила 41%, а у линии W47 – 11%. Обращает на себя внимание тот факт, что у линии W23 при довольно высокой устойчивости к повышенной температуре выявлена стимуляция прорастания пыльцевых зерен пониженной температурой.

Корреляционный анализ показал, что между признаками «жизнеспособность пыльцы» при +37 °С и «устойчивость пыльцы к повышенной температуре», а также между признаками «жизнеспособность пыльцы при пониженной температуре» и «устойчивость пыльцы к пониженной температуре», существуют достоверные корреляционные связи ( $r=0,7^{***}$  и  $r=0,58^{***}$ , соответственно). Коэффициенты детерминации составили  $r^2=0,49^{***}$  и  $r^2=0,34^{**}$ , соответственно. Таким образом, выявлены генотипы с хорошей жизнеспособностью и устойчивостью мужского гаметофита к стрессовым температурам, которые можно использовать в селекционных схемах по созданию устойчивых гибридов кукурузы.

Литература

- Dehestani-Ardakani M., Shafiey F., Tajabadipour A. Effects of heat and cold stresses on pollen grain germination of three male genotypes of pistachio trees // *EC Agriculture*. – 2016. – V. 3.1. – P. 539–547.
- Harsant J., Pavlovic L., Chiu G., Sultmanis S., Sage T.L. High temperature stress and its effect on pollen development and morphological components of harvest index in the C<sub>3</sub> model grass *Brachypodium distachyon* // *J. Exp. Bot.* – 2013. – V. 64. – P. 2971–2983.
- Rieu I., Twell D., Firon N. Pollen Development at high temperature: from acclimation to collapse // *Plant Physiology*. – 2017. – V. 173. – P. 1967–1976.
- Yunfei J., Bueckert R.A., Warkentin T.D., Davis A.R. High temperature effects on *in vitro* pollen germination and seed set in field pea // *Canadian Journal of Plant Science*. – 2018. – V. 98. – P. 71–80.

## THE EFFECT OF HIGH AND LOW TEMPERATURES ON VIABILITY AND RESISTANCE OF MAIZE MALE GAMETOPHYTE

A.N. Cravenco, O.A. Climenco

The Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection of the Moldovan Academy of Sciences, Chisinau, Republic of Moldova, *climenco@mail.ru*

**Abstract.** Under conditions of temperature stress 15 inbred lines of maize were evaluated. Pollen viability and resistance significantly depended on the interaction of genotype and stress factor. The significant positive correlations between pollen viability and pollen resistance were found. Such genotypes as W23, L1362, MK390 proved to be more resistant both to high and low temperatures and can be used for obtaining adaptive hybrids.

**Keywords:** *male gametophyte, maize, pollen viability*