

ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ФИТОГОРМОНОВ
НА РАЗВИТИЕ СЕМЯЗАЧАТКОВ ПРИ ГИБРИДИЗАЦИИ
SOLANUM LYCOPERSICUM И *SOLANUM SISYMBRIIFOLIUM*

А.В. ВИШНЯКОВА, А.З. МАРТИРОСЯН, А.Д. КОБЯШОВА, С.Г. МОНАХОС

(Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Томат – культура, подверженная большому числу заболеваний, снижающих урожай и качество продукции, что предполагает усовершенствование генетического разнообразия и создание генетически устойчивого сортимента. *Solanum sisymbriifolium* Lam. является источником устойчивости к бактериальному вилту, вертициллезному увяданию, корневым нематодам и карминовым паутинным клещам, фитофторозу. Гибридизация томата и паслена гулявниколистного возможна, но сопряжена со сложностями преодоления пре- и постзиготических барьеров нескрещиваемости. Данная работа посвящена изучению влияния экзогенных фитогормонов зеатина и абсцизовой кислоты на завязываемость плодов и количество развивающихся семязачатков при скрещиваниях *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium*. В гибридизации использовали 6 линий томата с функциональной мужской стерильностью и образец паслена гулявниколистного, предоставленные ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева». Обработку рыльца пестика кастрированных в стадии лимонно-желтого бутона линий томата проводили за 10 мин и 2 ч до опыления растворами зеатина и абсцизовой кислоты (АБК). В результате исследований обнаружена генотип-специфичная реакция на обработку фитогормонами. У двух генотипов томата обработка зеатином в течение 2 ч привела к увеличению завязываемости плодов в 2 раза, кратковременная обработка зеатином также положительно влияла на завязываемость плодов всех генотипов. Обработка АБК имела разнонаправленное влияние на завязываемость плодов: снижение завязываемости плодов наблюдали у генотипа Роз.сон2–6, у генотипа st8 обработка АБК в течение 2 ч привела к отсутствию завязываемости плодов, а при обработке в течение 10 мин плоды завязывались из всех опыленных цветков. Влияние фитогормонов на среднее количество развивающихся семязачатков было существенным у крупноплодных томатов: обработка зеатином увеличивала количество развивающихся семязачатков, реакция на обработку АБК зависела от генотипа и времени обработки. У томатов Черри обработка фитогормонами показала существенный эффект в отношении числа развивающихся семязачатков только у генотипа st8, длительная обработка фитогормонами негативно влияла на количество развивающихся семязачатков, в то время как обработка в течение 10 мин зеатином позволила повысить среднее число развивающихся семязачатков в плоде в 3 раза.

Ключевые слова: томат, паслен гулявниколистный, отдаленная гибридизация, фитогормоны, зеатин, абсцизовая кислота, завязываемость плодов.

Томат – высоко востребованная овощная культура на мировом рынке, Россия занимает 12-е место в мире по производству этих овощей. Наличие у томата большого количества специфических патогенов, непосредственно снижающих урожай

и качество продукции, предполагает активное создание генетически устойчивого сортимента [2–4]. Дикие виды и родственники томатов могут являться источником устойчивости к различным видам биотического и абиотического стресса [9, 16].

Solanum sisymbriifolium Lam. – дикий родственник *Solanum lycopersicum* L., в котором была обнаружена устойчивость к многочисленным патогенам, которые вызывают серьезные заболевания у культур семейства *Solanaceae* [15]. Паслен гулявниколистный (*Solanum sisymbriifolium* Lam.) является источником устойчивости к бактериальному вилту, вертициллезному увяданию, корневым нематодам и карминовым паутинным клещам [5]. По нашим наблюдениям, при выращивании паслена гулявниколистного в открытом грунте средней полосы России он проявляет устойчивость к фитофторозу – заболеванию, наносящему огромный ущерб томатам в открытом грунте России. Отдаленной гибридизацией между томатом и пасленом гулявниколистным занимались некоторые исследователи [6, 7, 15]. Результаты исследований различны: одни сообщают о получении гаплоидных растений и удвоенных гаплоидов [6, 7], другие – о получении межвидовых гибридов, которые оказались стерильными. Характерным явлением всех исследований стала низкая завязываемость плодов при отдаленной гибридизации, которую исследователи связывают с постзиготическими барьерами несовместимости в случае, если томат выступает материнским компонентом [15] и презиготическими барьерами несовместимости, когда томат выступает отцовским компонентом скрещиваний. Исследователи констатируют наличие проблемы нескрещиваемости видов, однако не предлагают способов их преодоления, кроме спасения развивающихся зародышей *in vitro*.

Одним из способов преодоления барьеров несовместимости является обработка фитогормонами до или после проведения гибридизации. Возможность применения фитогормонов для обработки рыльца пестика перед опылением для преодоления несовместимых скрещиваний у гибридной петунии была описана Л.В. Ковалевой с соавт. [11–13]. Об успешной стимуляции оплодотворения при использовании фитогормонов при отдаленной гибридизации хлопчатника сообщает Д.М. Даминова с соавт. [1]. У томата исследование влияния фитогормонов на завязывание плодов и семян проводили с целью изучения механизмов, влияющих на развитие плода [14], или для поиска способа увеличения формирования партенокарпических плодов и снижения завязываемости семян [10], что важно для перерабатывающей отрасли.

Цель исследований: изучить влияние экзогенных фитогормонов зеатина и абсцизовой кислоты на завязываемость плодов и развитие семязачатков при опылении *Solanum lycopersicum* и *Solanum sisymbriifolium*.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние предобработки зеатином и абсцизовой кислотой рыльца пестика томатов в экспозиции 10 мин и 2 ч до проведения отдаленной гибридизации на завязываемость плодов.

2. Изучить влияние предобработки рыльца пестиков томата экзогенными фитогормонами зеатином на частоту развития семязачатков от опыления томата пасленом гулявниколистным.

Материал и методы исследований

Для гибридизации использовали линии крупноплодного томата Роз.сон 2–6, Розst9 и томатов Черри st8, St6(лик)6, St6, st4. Все линии обладали функциональной мужской стерильностью. Все линии томата, использованные в эксперименте,

и образец паслена гулявниколистного были предоставлены ООО «Селекционная станция имени Н.Н. Тимофеева».

Растения выращивали в защищенном грунте на территории селекционно-селекционного центра овощных культур РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Гибридизацию томата и паслена гулявниколистного проводили в утренние часы, растения томата использовали только в качестве материнского компонента в скрещиваниях. Для исключения возможности самоопыления проводили кастрацию томата в стадии лимонно-желтого бутона с последующей изоляцией рыльца пестика ватой. Пыльцу паслена гулявниколистного собирали непосредственно перед опылением из свежераскрывшихся цветков и наносили на рыльца пестиков сразу после кастрации материнских бутонов. В контрольном варианте эксперимента опыление кастрированных бутонов проводили без дополнительных обработок рыльца пестика. Влияние экзогенных фитогормонов абсцизовой кислоты и зеатина в концентрации 10 мкМ изучали при обработке рыльца пестика путем нанесения на него капли водного раствора фитогормона за 10 мин и 2 ч перед опылением пыльцой паслена гулявниколистного. Обработанные рыльца изолировали с помощью ваты. Было опылено не менее 6–30 цветков на каждый вариант опыта в зависимости от генотипа. Учет числа завязавшихся плодов производили, начиная с 20 дня после опыления (ДПО). Завязываемость плодов определяли как отношение числа завязавшихся плодов к числу опыленных цветков. Количество развивающихся семязачатков подсчитывали при их инокуляции на питательную среду с 22 по 36 ДПО и в зрелых плодах, оставленных для оценки завязывания полноценных семян без применения технологии спасения зародышей.

Статистическую обработку данных проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа. Существенность различий между вариантами определяли на уровне значимости $P = 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Завязываемость плодов и количество развивающихся семязачатков при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* зависели от генотипа материнского растения (табл. 1). Средняя завязываемость плодов среди изученных генотипов была на уровне 50%. Высокой завязываемостью плодов при отдаленной гибридизации отличались линия крупноплодного томата Розst9 и линия Черри st6(лик) с частотой завязывания плодов 70 и 67% соответственно. Низкой завязываемостью плодов характеризовался генотип Черри st8 с завязываемостью плодов на уровне 23%.

Завязываемость плодов не всегда коррелировала со средним числом развивающихся семязачатков в плоде ($r = 0,47$). Высокой завязываемостью плодов и существенно большим числом развивающихся семязачатков по сравнению с остальными генотипами характеризовалась линия томата Черри st6(лик) (рис. 1). У линии Роз st9, которая также отличалась высокой завязываемостью плодов, в среднем начинали развитие 7,5 семязачатка на плод, что почти в 3 раза ниже, чем у линии st6(лик) (табл. 1). Практически у всех опыленных пасленом гулявниколистным материнских образцов томата, кроме st6(лик), в плодах развивалось от $5,8 \pm 2,8$ до $14,2 \pm 12,0$ семязачатков.

Обработка рыльца пестика в бутонах томата перед опылением пасленом гулявниколистным, фитогормонами зеатином и абсцизовой кислотой (АБК) повлияла на завязываемость плодов от межвидовой гибридизации (рис. 2).

**Завязываемость плодов и среднее число развивающихся семязачатков
при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* в зависимости
от генотипа материнского растения**

Генотип материнского компонента скрещивания	Завязываемость плодов, %	Среднее количество развивающихся семязачатков, шт/плод
Розсон2–6	55	11,6±11,9 а*
Роз t 9	70	7,5±4,8 а
st8	23	5,8±2,8 а
St6(лик)	67	22,0±11,8 b
St6	50	14,2±12,0 а
st4	51	6,1±5,7 а

Примечание. Значения в столбце, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, b, с), согласно t-критерию Стьюдента не имеют существенного различия на 5%-ном уровне значимости ($P \leq 0.05$).



Рис. 1. Плоды линии st4 (A, C) и st6(лик) (B, D), завязавшиеся от опыления пасленом гулявниколистым

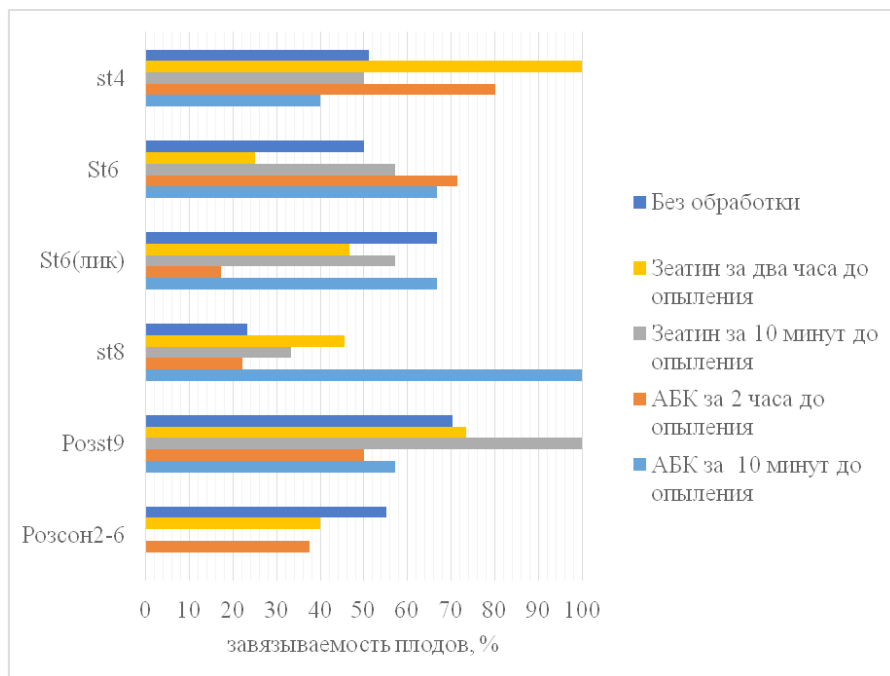


Рис. 2. Завязываемость плодов при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* в зависимости от предобработки рыльца пестика фитогормонами

Увеличение завязываемости плодов в 2 раза наблюдали при обработке зеатином рыльца пестиков за 2 ч перед опылением у генотипов Черри st8 и st4 (рис. 3). Обработка зеатином в течение 10 мин увеличила завязываемость плодов у крупноплодного томата Pozst9 с 70 до 100%, а у томата Черри st8 – с 23 до 33%. Обработка АБК за 2 ч до опыления увеличила завязываемость плодов у генотипов Черри st4 и st6 с 51 до 80% и с 50 до 71% соответственно, однако у остальных изученных генотипов наблюдали снижение завязываемости плодов на 18–39%. Обработка АБК за 10 мин до опыления существенно увеличила завязываемость плодов у генотипа Черри st8 (с 23 до 100%), а у генотипа Розсон2–6 завязываемость снизилась с 55 до 0%. У остальных генотипов наблюдали снижение или увеличение завязываемости плодов в пределах 10–15%.

Влияние фитогормонов на количество развивающихся семязачатков было разнонаправленным в зависимости от генотипа, фитогормона и времени обработки (табл. 2).

Существенно увеличилось количество развивающихся семязачатков у крупноплодных томатов Розсон2–6 и Pozst9 при обработке зеатином за 2 ч до опыления. Обработка рыльца пестика линий крупноплодных томатов АБК за 2 ч до опыления привела к существенному увеличению количества развивающихся семязачатков у линии Розсон2–6, а у линии Pozst9 не оказала существенного влияния. У линий томатов Черри St6, St6(лик) и St4 обработка фитогормонами не оказала существенного влияния на количество развивающихся семязачатков. У линии St8, которая отличалась низкой завязываемостью плодов, обработка фитогормонами в течение 2 ч привела к существенному снижению количества развивающихся семязачатков. Кратковременная обработка АБК (10 мин) несущественно снизила число развивающихся семязачатков у линии St8, а обработка зеатином в течение 10 мин позволила увеличить число развивающихся семязачатков в 3 раза по сравнению с вариантом без обработки.

Гормоны играют важную роль в развитии плодов томата [18]. Показано, что применение экзогенных ауксинов [17], гиббереллинов [10, 17] и цитокининов [14]

на неопыленных завязях может индуцировать закладку партенокарпических бессемянных плодов, причем на инициацию развития плодов влияют не только группа фитогормона, но и конкретный представитель группы. В нашем эксперименте применение экзогенных фитогормонов группы цитокининов и абсцизинов повлияло на завязываемость плодов при отдаленной гибридизации. При этом часть формирующихся плодов оказалась бессемянной, однако связать это явление с обработкой фитогормонами было бы некорректно, так как бессемянные плоды в небольшом количестве (10%) формировались при гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* без применения фитогормонов.

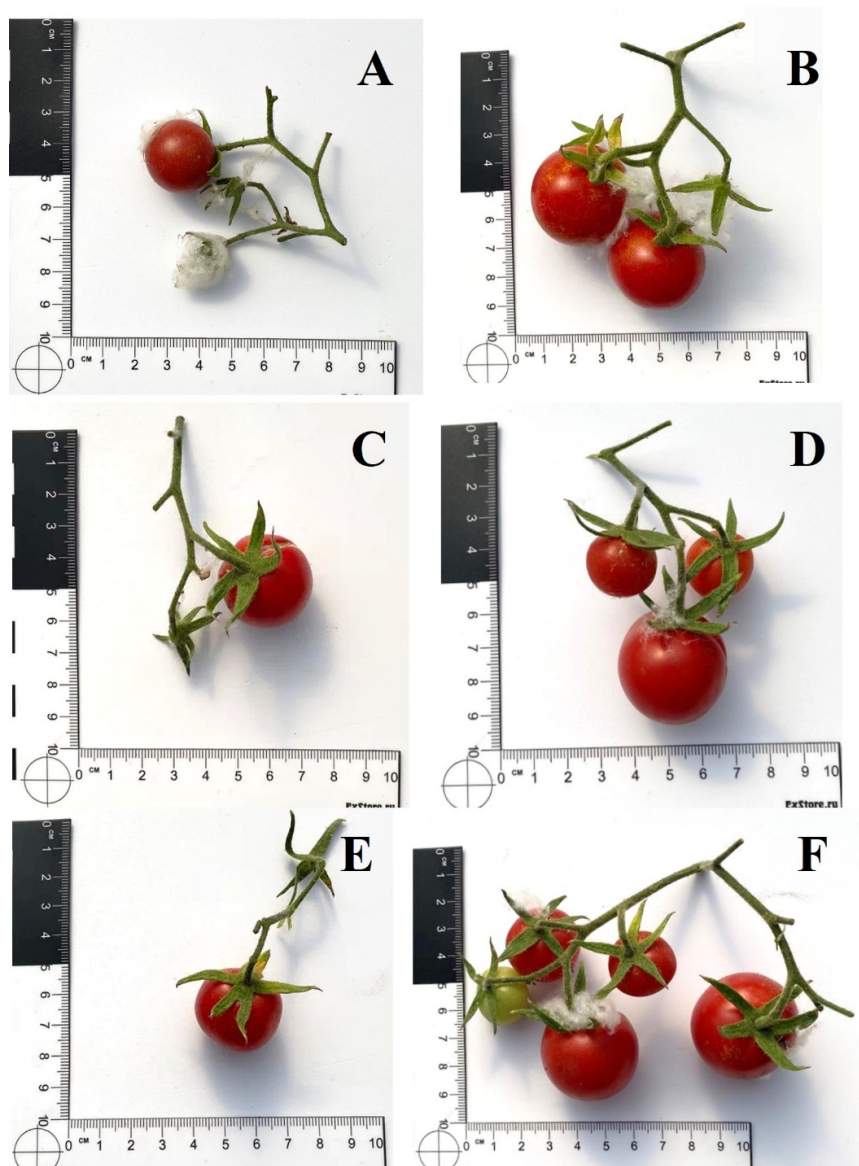


Рис. 3. Завязываемость плодов линии st4 от опыления пыльцой паслена гулявниколистного: А, В – без обработки фитогормонами; С – обработка зеатином до опыления в течение 10 мин; D – обработка зеатином до опыления в течение 2 ч; Е – обработка АБК до опыления в течение 10 мин; D – обработка АБК до опыления в течение 2 ч

Влияние фитогормонов на количество развивающихся семязачатков при опылении томата пыльцой паслена гулявниколистного, шт/плод

Генотип томата	Вариант обработки рыльца пестика перед опылением				
	Без обработки	Зеатин за 2 ч до опыления	Зеатин за 10 мин до опыления	АБК за 2 ч до опыления	АБК за 10 мин до опыления
Розсон2–6	11,6±11,9 а	30,0±10,1 b	н/д	38,5±14,0 b	н/д
Розst9	7,5±4,8 а	40,8±6,0 b	12,5±3,2 с	5,3±4,5 а	4,5±1,2 а
st8	5,8±2,8 а	2,4±2,5 b	19,0±2,8 с	0,00±0,0 b	3,0±2,8 ab
St6(лик)	22,0±11,8 а	23,7±18,9 а	24,9±10,1 а	21,7±12,0 а	26,0±16,3 а
St6	14,2±12,0 а	6,0±0,0 а	3,6±2,3 а	1,2±2,7 а	11,5±2,1 а
st4	6,1±5,7 а	5,0±8,7 а	1,0±1,0 а	13,0±14,5 а	8,3±1,5 а

Примечание. н/д – данные не получены ввиду отсутствия завязавшихся плодов; значения в строке, отмеченные одинаковыми строчными буквами (а, b, с), согласно t-критерию Стьюдента не имеют существенного различия на 5%-ном уровне значимости ($P \leq 0.05$).

Д.М. Даминова и соавт. сообщают, что экзогенные фитогормоны могут влиять на нормальное деление зиготы и первичного ядра эндосперма, что позволяет получить межвидовые гибриды. Кроме того, они показывают, что реакция на фитогормоны индивидуальна и зависит от компонентов скрещивания [1]. Влияние экзогенных фитогормонов на завязываемость плодов и частоту формирующихся семязачатков в зависимости от родительских компонентов скрещивания показано и в наших исследованиях.

Выводы

При отдаленной гибридизации *Solanum lycopersicum* × *Solanum sisymbriifolium* применение экзогенных фитогормонов оказывало независимое влияние на завязываемость плодов и среднее количество развивающихся семязачатков в плоде. Отмечена генотип-специфичная реакция материнских растений томата на вид фитогормона и длительность обработки до опыления пасленом гулявниколистным. Применение зеатина и абсцизовой кислоты перед опылением увеличивало завязываемость плодов и количество развивающихся семязачатков, однако для получения высоких результатов необходим индивидуальный подбор фитогормона и времени обработки.

Работа выполнена за счет средств тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2024 г.

Библиографический список

1. Даминова Д.М., Рахманкулов С., Семенихина Л.В. Влияние экзогенных фитогормонов на преодоление нескрещиваемости при межгеномной гибридизации хлопчатника // Генофонд и селекция растений: Доклады и сообщения I Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2013. – Т. 1. – С. 137–143.

2. Монахос Г.Ф., Нгуен Т.Л. Томат: селекция на устойчивость для весенних теплиц // Картофель и овощи. – 2014. – № 12. – С. 28–29.
3. Монахос С.Г. и др. Селекция растений на устойчивость – основа защиты от болезней в органическом земледелии // Картофель и овощи. – 2019. – Т. 6. – С. 38–40.
4. Огнев В.В., Терешонкова Т.А., Ховрин А.Н. Томат: селекция на страже здоровья // Известия ФНЦО. – 2020. – № 2. – С. 32–37.
5. Alconero R. et al. Verticillium wilt resistance in eggplant, related *Solanum* species, and interspecific hybrids. // HortScience. – 1988. – Vol. 23, № 2. – Pp. 388–390.
6. Bal U., Abak K. Attempts of haploidy induction in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) via gynogenesis I. pollination with *Solanum sisymbriifolium* Lam. pollen // Pakistan Journal of Biological Sciences. – 2003. – Vol. 6, № 8. – Pp. 745–74.
7. Chambonnet D. Essais d'haploidisation de la tomate // Report D'Activite 1995–1996 Station D'Amelioration Des Plantes Maraicheres D; Avignon-Montfavet. – 1996. – Pp. 84–85.
8. Collonnier C. et al. Somatic hybrids between *Solanum melongena* and *S. sisymbriifolium*, as a useful source of resistance against bacterial and fungal wilts // Plant Science. – 2003. – Vol. 164, № 5. – Pp. 849–861.
9. Ghani M.A. et al. Production and characterisation of tomato derived from interspecific hybridisation between cultivated tomato and its wild relatives // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2020. – Vol. 95, № 4. – Pp. 506–520.
10. Gultom T., Silitonga D.Y. Effect of hormones gibberelin (Ga3) to produce parthenocarp fruit on tomato tree (*Solanum Betaceum*, Cav) // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing. – 2018. – Vol. 420, № 1. – Art. 012074. DOI: 10.1088/1757-899X/420/1/012074.
11. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Timofeeva G.V., Zakharova E.V. Auxin abolishes inhibitory effects of methylcyclopropan and amino oxyacetic acid on pollen grain germination, pollen tube growth, and the synthesis of ACC in petunia // Russian Journal of Developmental Biology. – 2017. – Vol. 48, № 2. – Pp. 122–129. DOI: 10.1134/S1062360417020059.
12. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Minkina Y.V. et al. Exogenous IAA and ABA stimulate germination of petunia male gametophyte by activating Ca²⁺-dependent K⁺-channels and by modulating the activity of plasmalemma H⁺-ATPase and actin cytoskeleton // Russian Journal of Developmental Biology. – 2016. – Vol. 47, № 3. – Pp. 109–121. DOI: 10.1134/S1062360416030036.
13. Kovaleva L.V., Zakharova E.V., Minkina Yu.V. et al. Germination and In Vitro Growth of Petunia Male Gametophyte are Affected by Exogenous Hormones and Involve the Changes in the Endogenous Hormone Level // Russian Journal of Plant Physiology. – 2005. – Vol. 52, № 4. – Pp. 521–526. DOI: 10.1007/s11183-005-0077-7.
14. Matsuo S. et al. Roles and regulation of cytokinins in tomato fruit development // Journal of Experimental Botany. – 2012. – Vol. 63, № 15. – Pp. 5569–5579.
15. Piosik E. et al. Development of interspecific hybrids between *Solanum lycopersicum* L. and *S. sisymbriifolium* Lam. via embryo calli // Euphytica. – 2019. – Vol. 215. – Pp. 1–20.
16. Rezk A., Abhary M., Akhkha A. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) breeding strategies for biotic and abiotic stresses // Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops. – 2021. – Vol. 9. Fruits and Young Shoots. – Pp. 363–405.
17. Serrani J.C. et al. Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv Micro-Tom of tomato // Journal of Plant Growth Regulation. – 2007. – Vol. 26. – Pp. 211–221.
18. Srivastava A., Handa A.K. Hormonal regulation of tomato fruit development: a molecular perspective // Journal of plant growth regulation. – 2005. – Vol. 24. – Pp. 67–82.

EFFECT OF EXOGENOUS PHYTOHORMONES ON THE OVULE DEVELOPMENT IN THE HYBRIDIZATION OF *SOLANUM LYCOPERSICUM* AND *SOLANUM SISYMBRIIFOLIUM*

A.V. VISHNYAKOVA, A.Z. MARTIROSYAN, A.D. KOPYASHOVA, S.G. MONAKHOS

(Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*Tomato crops are susceptible to a significant number of diseases that reduce both yield and product quality, requiring the improvement of genetic diversity and the creation of genetically resistant varieties. *Solanum sisymbriifolium* Lam. is a source of resistance to bacterial wilt, verticillium wilt, root nematodes, carmine spider mites and late blight. The hybridization of tomato and sticky nightshade is feasible, but involves difficulties in overcoming prezygotic and postzygotic barriers to non-crossing. This study investigates the effect of exogenous phytohormones, specifically zeatin and abscisic acid, on fruit set and the number of developing ovules in crosses between *Solanum lycopersicum* and *Solanum sisymbriifolium*. Six tomato lines with functional male sterility and a sample of sticky nightshade (OOO Breeding Station named after N.N. Timofeyeva) were used in the hybridization process. The stigmas of tomato lines, which had been emasculated at the lemon-yellow bud stage, were treated with zeatin and abscisic acid (ABA) solutions for ten minutes and for two hours before pollination. The studies showed that the phytohormone treatment induced a genotype-specific response. Application of zeatin for two hours doubled fruit set in two of the tomato genotypes. In addition, short-term treatment with zeatin had a positive effect on fruit set in all genotypes. The application of ABA had a multidirectional effect on fruit set. A significant decrease in fruit set was observed in the Roz.son2–6 genotype. In contrast, in the st8 genotype, two hours of ABA treatment resulted in no fruit set, whereas ten minutes of exposure facilitated successful fruit set from all pollinated flowers. The effect of phytohormones on the mean number of developing ovules was remarkable in large-fruited tomatoes. Zeatin treatment increased the number of developing ovules, while the response to ABA treatment depended on genotype and time of treatment. In cherry tomato, phytohormone application had a statistically significant effect on the number of developing ovules only in the st8 genotype. However, prolonged phytohormone treatment decreased the number of developing ovules. Conversely, a brief 10-minute zeatin treatment showed a threefold increase in the average number of developing ovules in the fruit.*

Key words: tomato, sticky nightshade, distant hybridization, phytohormones, zeatin, abscisic acid, fruit set, ovule development

References

1. Daminova D.M., Rakhmankulov S., Semenikhina L.V. Effect of exogenous phytohormones on overcoming non-crossability in intergenomic hybridization of cotton. *I Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Genofond i selektsiya rasteniy'*. November 23–25, 2022. Novosibirsk, Russia: Federal'niy issledovatel'skiy tsentr Institut tsitologii i genetiki Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk, 2013;1:137–143. (In Russ.)
2. Monakhos G.F., Nguen T.L. Tomato: selection for resistance in spring greenhouses. *Potato and Vegetables*. 2014;12:28–29. (In Russ.)
3. Monakhos S.G., Voronina A.V., Baidina A.V., Zubko O.N. Plant breeding for disease resistance is a base of plant protection in organic farming. *Potato and Vegetables*. 2019;6:38–40. (In Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.92.83.009>

4. Ognev V.V., Tereshonkova T.A., Khovrin A.N. Tomato: selection on health guard. *News of FSVC*. 2020;2:32–37. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-2-32-37>
5. Alconero R. et al. Verticillium wilt resistance in eggplant, related Solanum species, and interspecific hybrids. *HortScience*. 1988;23(2):388–390.
6. Bal U., Abak K. Attempts of haploidy induction in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) via gynogenesis I. pollination with *Solanum sisymbriifolium* Lam. Pollen. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2003;6(8):745–749. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.745.749>
7. Chambonnet D. Essais d'haploïdisation de la tomate. *Report D'Activite 1995–1996 Station D'Amelioration Des Plantes Maraicheres D; Avignon-Montfavet*. 1996:84–85.
8. Collonnier C. et al. Somatic hybrids between *Solanum melongena* and *S. sisymbriifolium*, as a useful source of resistance against bacterial and fungal wilts. *Plant Science*. 2003;164(5):849–861. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00075-X](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00075-X)
9. Ghani M.A. et al. Production and characterisation of tomato derived from interspecific hybridisation between cultivated tomato and its wild relatives. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2020;95(4):506–520. <https://doi.org/10.1080/14620316.2019.1689182>
10. Gultom T., Silitonga D.Y. Effect of hormones gibberelin (Ga3) to produce parthenocarp fruit on tomato tree (*Solanum Betaceum*, Cav). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2018;420(1):012074. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/420/1/012074>
11. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Timofeeva G.V., Zakharova E.V. Auxin abolishes inhibitory effects of methylcyclopropan and amino oxyacetic acid on pollen grain germination, pollen tube growth, and the synthesis of ACC in petunia. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2017;48(2):122–129. <https://doi.org/10.1134/S1062360417020059>
12. Kovaleva L.V., Voronkov A.S., Minkina Yu.V. et al. Exogenous IAA and ABA stimulate germination of petunia male gametophyte by activating Ca²⁺-dependent K⁺-channels and by modulating the activity of plasmalemma H⁺-ATPase and actin cytoskeleton. *Russian Journal of Developmental Biology*. 2016;47(3):109–121. <https://doi.org/10.1134/S1062360416030036>
13. Kovaleva L.V., Zakharova E.V., Minkina Yu.V. et al. Germination and In Vitro growth of petunia male gametophyte are affected by exogenous hormones and involve the changes in the endogenous hormone level. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2005;52(4):521–526. <https://doi.org/10.1007/s11183-005-0077-7>
14. Matsuo S. et al. Roles and regulation of cytokinins in tomato fruit development. *Journal of Experimental Botany*. 2012;63(15):5569–5579. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers207>
15. Piosik Ł. et al. Development of interspecific hybrids between *Solanum lycopersicum* L. and *S. sisymbriifolium* Lam. via embryo calli. *Euphytica*. 2019;215:1–20. <https://doi.org/10.1007/s10681-019-2358-9>
16. Rezk A., Abhary M., Akhkha A. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) breeding strategies for biotic and abiotic stresses. In: *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops: Volume 9: Fruits and Young Shoots*. Springer, Cham., 2021:363–405. https://doi.org/10.1007/978-3-030-66961-4_10
17. Serrani J.C. et al. Effect of gibberellin and auxin on parthenocarpic fruit growth induction in the cv Micro-Tom of tomato. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2007;26:211–221. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-9014-7>
18. Srivastava A., Handa A.K. Hormonal regulation of tomato fruit development: a molecular perspective. *Journal of plant growth regulation*. 2005;24:67–82. <https://doi.org/10.1007/s00344-005-0015-0>

Сведения об авторах

Вишнякова Анастасия Васильевна, канд. с.-х. наук, доцент кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–41–71; e-mail: a.vishnyakova@rgau-msha.ru

Мартиросян Алина Заликовна, студент 4 курса Института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (985) 168–24–77; e-mail: alinalmartirosyan@gmail.com

Кобяшова Алена Дмитриевна, студент 4 курса Института садоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (965) 883–73–77; e-mail: alyoni.kobyashova@gmail.com

Монахос Сократ Григорьевич, д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, селекции и семеноводства садовых растений, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: (499) 976–41–71; e-mail: s.monakhos@rgau-msha.ru

Information about authors

Anastasiya V. Vishnyakova, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Botany, Plant Breeding and Seed Technology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–41–71; e-mail: a.vishnyakova@rgau-msha.ru

Alina Z. Martirosyan, 4th year student of the Institute of Horticulture and Landscape Architecture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (985) 168–24–77; e-mail: alinalmartirosyan@gmail.com

Alena D. Kobyashova, 4th year student of the Institute of Horticulture and Landscape Architecture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (965) 883–73–77; e-mail: alyoni.kobyashova@gmail.com

Sokrat G. Monakhos, DSc (Ag), Professor, Head of the Department of Botany, Plant Breeding and Seed Technology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation); phone: (499) 976–41–71; e-mail: s.monakhos@rgau-msha.ru