

УДК 581.14: 632.122.1: 631.811.98: 633.15

МИТОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ АПИКАЛЬНОЙ МЕРИСТЕМЫ КОРНЕЙ *ZEА MAYS L.* ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРЕПАРАТА ЦИРКОН ПРИ ХЛОРИДНОМ СТРЕССЕ

Чмелёва С. И., Собчук Н. А.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: sob4uk.n@gmail.com*

Впервые получены данные по исследованию действия регулятора роста нового поколения Циркон на митотическую активность апикальной меристемы корней проростков кукурузы под влиянием хлоридного стресса. Отмечено действие препарата на митотический и фазные индексы. Получены экспериментальные данные, свидетельствующие о повышении солеустойчивости растений кукурузы в результате предпосевной обработки препаратом Циркон в концентрации 0,05 %.

Ключевые слова: препарат Циркон, регулятор роста, хлоридный стресс, митотический индекс, фазные индексы, солеустойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на благоприятные условия для возделывания многих сельскохозяйственных культур, Крым относится к рискованной зоне земледелия. Значительное воздействие на природную среду Присивашья произошло с введением в строй Северо-Крымского канала. Вследствие произошел подъем уровня грунтовых вод, затопление почв, повышение засоленности почвы [1, 2]. Данный фактор оказывает отрицательное воздействие на все культивируемые виды растений, и уровень его тем выше, чем больше степень засоления. Негативное воздействие засоления выражается в ухудшении множества свойств и функций растений, что в результате приводит к понижению их продуктивности [3–6].

Кукуруза (*Zea mays L.*) в мире занимает третье место по посевным территориям и первое место – по урожайности. Значительный спектр ее применения связан с высокой продуктивностью, которая обусловлена C4-типом фотосинтеза и активными ростовыми процессами. При этом кукуруза требовательна к водному режиму, так как при интенсивном росте и образовании значительного объема вегетативной массы в короткий промежуток времени идет потребление большого количества микро- и макроэлементов [7, 8].

В практике сельского хозяйства применяют различные регуляторы роста растений с целью повышения урожайности и усиления устойчивости растений к экстремальным действиям внешней среды, в том числе, и к солевому стрессу [9–12]. К таким регуляторам относится стимулятор роста нового поколения Циркон,

действующим веществом которого является смесь гидроксикоричных кислот (ГКК), выделенная из растительного сырья *Echinacea purpurea* (L.) Moench [13]. В растениях Циркон осуществляет функции стимулятора роста, иммуномодулятора и адаптогена к стрессу [14–16].

Действие этого регулятора роста на растения в настоящее время достаточно изучено [17–21], однако данные по применению препарата Циркон с целью повышения солеустойчивости растений и изучению его действия на митотическую активность при засолении в литературе нами не обнаружены. Поэтому, целью нашей работы было исследовать митотическую активность апикальной меристемы корней проростков *Zea mays* L. под влиянием препарата Циркон при хлоридном стрессе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования мы использовали растения кукурузы *Zea mays* L., CV / ТАР 349 МВ.

Отобранные по средним размерам и протравленные в слабом растворе перманганата калия, семена предварительно замачивали на 4 ч в исследуемых растворах. После замачивания семена раскладывали в кюветах на фильтровальную бумагу по 50 шт. Для моделирования солевого стресса в кюветы приливали по 300 мл раствора с различными вариантами концентрации солей NaCl (50 мМ; 100 мМ; 150 мМ; 200 мМ; контроль 1 – дистиллированная вода). Для исследования действия препарата Циркон на прорастание семян кукурузы при хлоридном засолении использовали вышеперечисленные концентрации NaCl с добавлением 0,05 % регулятора роста (контроль 2 – 0,05 % Циркон). Семена проращивали в термостате согласно ГОСТ 12038–84 [22]. На 4-е сутки у проростков кукурузы отрезали корень (5–7 мм) и погружали его в раствор фиксатора (уксусный алкоголь) на сутки, далее фиксированные кончики корней переносили в раствор 70 % этилового спирта и таким образом сохраняли в холодильнике. Окрашивание проводили ацетокармином в течение 72 часов, после чего готовили временные препараты [23].

Контроль изготовления препарата осуществили под увеличением микроскопа $\times 100$, а его исследование – под увеличением $\times 400$. Каждый опыт проводили в трехкратной повторности. По каждому варианту эксперимента анализировали кончики корней 3 проростков, в каждом кончике корня – не менее 1000 клеток [24].

Митотический и фазные индексы рассчитывали по формулам Прохоровой [25].

Морфометрические параметры растений определяли по стандартным в физиологии растений методикам [26], оценку солеустойчивости – по методике Синельниковой [27], индекс толерантности – по методу Вилкинса [28].

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической. Для определения достоверных отличий распределений биометрических данных использовали t-критерий Стьюдента [29, 30].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В основе активации процессов роста растительного организма на органном уровне лежит стимуляция процессов клеточного роста, составной частью которой является митотическая активность меристемы. Меристематические ткани являются наиболее чувствительными и активно реагирующими на внешние воздействия [31]. Продолжительность митотических циклов растений зависит от видовых особенностей растения, его возраста, различных факторов внешней среды (температуры, увлажненности, освещенности и т. п.), а также может различаться у растений одного вида, например, у разных сортов кукурузы [32]. Для выяснения изменения процессов роста проростков кукурузы при осмотическом стрессе, вызванном хлоридным засолением, нами были определены митотические индексы ядер апикальных корневых меристем, как центров регулирования клетки после экзогенного воздействия регулятора роста.

Как показали наши исследования, в клетках апикальной меристемы корней проростков кукурузы препарат Циркон достоверно повышает митотическую активность в условиях хлоридного засоления.

Результаты статистической обработки данных исследования о влиянии регулятора роста Циркон на митотическую активность клеток апикальной меристемы корней проростков кукурузы при хлоридном засолении представлены на рис.1. и в табл. 1.

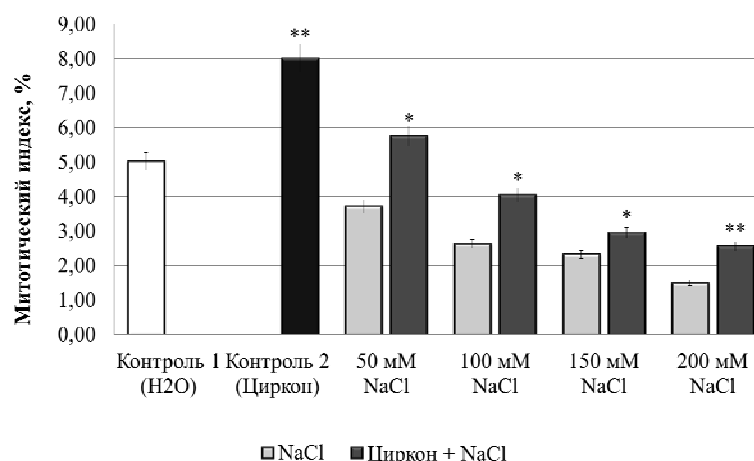


Рис. 1. Влияние препарата Циркон на митотический индекс клеток апикальной меристемы корней растений кукурузы при хлоридном засолении

При моделировании солевого стресса наблюдается ингибирование пролиферации клеток меристемы по сравнению с контролем 1. Отмечается обратно пропорциональная зависимость между концентрацией солевого раствора и митотическим индексом. Так, митотический индекс в вариантах опыта 50 мМ NaCl – 200 мМ NaCl понижается на 29,79–73,84 % по сравнению с контролем 1 (см.рис. 1).

Добавление регулятора роста Циркон в растворы солей вызывает стимуляцию пролиферации клеток меристемы. Статистически подтверждается достоверный положительный эффект препарата. Митотический индекс в контрольном варианте 2 – Циркон 0,05 % превышает митотический индекс в контроле 1 на 60,85 %. Данный показатель в вариантах опыта, содержащих Циркон и 50–200 мМ NaCl, достоверно больше на 27,29–70,81 % по сравнению с вариантами 50 мМ NaCl – 200 мМ NaCl. В вариантах опыта, пророщенных на солевых растворах, наблюдается торможение обеих фаз клеточного роста – деления и растяжения. Повышение митотического индекса в вариантах с добавлением препарата происходит за счет интенсивного деления клеток апикальной меристемы корней проростков, что значительно повышает скорость роста корневой системы всего растения.

Таблица 1
Влияние препарата Циркон на фазные индексы апикальной меристемы корней растений кукурузы при хлоридном засолении

Вариант опыта	Pi, %	Mi, %	Ai, %	Ti, %
Контроль 1 - H₂O dist	25,75±0,81	25,77±0,32	24,54±0,52	23,93±1,09
50 мМ NaCl	26,68±0,78	24,97±0,96	25,03±0,61	23,32±0,24
100 мМ NaCl	28,58±0,26	27,53±1,27	23,12±1,88	20,77±1,47
150 мМ NaCl	28,15±0,55	25,42±0,97	23,91±0,66	22,52±0,92
200 мМ NaCl	29,11±1,33	25,07±0,91	22,84±1,48	22,98±2,30
Контроль 2 - Циркон 0,05%	25,81±0,26	23,79±0,61	24,61±0,44	25,80±0,81
Циркон 0,05% + 50 мМ NaCl	22,95±1,46	21,81±1,77	27,91±1,19	27,34±1,71
Циркон 0,05% + 100 мМ NaCl	24,51±2,10	21,94±2,37	28,22±2,94	25,33±2,34
Циркон 0,05% + 150 мМ NaCl	21,59±3,07	22,53±1,44	28,05±2,65	27,84±3,35
Циркон 0,05% + 200 мМ NaCl	23,26±2,76	20,79±1,54	27,93±1,70	28,02±2,13

Примечание: M ± m; разница средних значений контроля и опыта достоверна при P<0,01 для всех вариантов.

Одновременно с изучением митотического индекса был проведен анализ длительности фаз митоза (см. табл. 1). Во всех исследованных вариантах не наблюдается достоверных отличий фазных индексов как при сравнении исследуемых вариантов с контролем 1, так и при сравнении вариантов с одинаковой концентрацией соли между собой.

По сравнению с контролем 1 профазный индекс в исследуемых вариантах находится в интервале -16,17...+13,04 %, метафазный индекс – в интервале -19,35...+6,83 %, анафазный индекс – в интервале -6,91...+15,01 %, телофазный индекс – в интервале -13,21...+17,08 %. При отсутствии достоверных отличий в фазных индексах, можно утверждать, что митоз в клетках протекает без каких-либо нарушений хромосом и клеточных структур.

Прорастание семян – сложный и обуславливаемый влиянием комплекса разнообразных факторов период в жизни растительного организма. Начальные фазы этого периода сопровождаются процессами, эффективность которых характеризует посевные качества семян и определяет состояние формирующихся проростков. Среди посевных качеств семян важную роль играют энергия прорастания, лабораторная всхожесть. На основании данных показателей энергии прорастания и всхожести семян можно судить о солеустойчивости растений [33].

В табл. 2 приведены данные по энергии прорастания и всхожести семян кукурузы, на основании которых проведена группировка вариантов опыта с различным уровнем засоления по уровню хлоридной солеустойчивости.

Таблица 2
Оценка солеустойчивости растений кукурузы под действием регулятора роста Циркон

Варианты опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Солевая устойчивость растений
Контроль 1 – H₂O dist	91,67±4,32	95,00±3,17	высоко устойчивый
50 мМ NaCl	75,00±3,71	78,33±1,99	устойчивый
100 мМ NaCl	38,33±1,89	60,00±2,98	среднеустойчивый
150 мМ NaCl	30,00±1,02	56,67±2,80	среднеустойчивый
200 мМ NaCl	11,67±0,58	55,00±1,79	среднеустойчивый
Контроль 2 – Циркон 0,05 %	93,33±3,25	98,33±3,82	высоко устойчивый
50 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	91,67±3,34	96,67±3,95	высоко устойчивый
100 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	85,00±3,09*	95,00 ±4,41	высоко устойчивый
150 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	61,67±3,07*	85,00±4,23	высоко устойчивый
200 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	33,33±1,55*	63,33±3,12	устойчивый

Примечание: М ± m; разница средних значений контроля и опыта достоверна при P≤0,01 для всех вариантов.

Как свидетельствует статистическая обработка полученных данных, препарат Циркон 0,05 % в исследуемых вариантах оказывает стимулирующее действие на процесс прорастание семян кукурузы. Регулятор роста повышает энергию прорастания в 1,02–2,86 раза, а всхожесть – в 1,04–1,58 раз по сравнению с контролем 1 и вариантами солевых растворов. При добавлении препарата Циркон в солевые растворы солеустойчивость возрастает. Так, при 50–150 мМ NaCl растения высоко солеустойчивые, а в варианте 200 мМ – устойчивые.

Индекс толерантности является показателем солеустойчивости растений. В результате анализа данных опыта по определению индекса толерантности растений кукурузы, выращенных на фоне хлоридного засоления (табл. 3), отмечено, позитивное действие Циркона на исследуемый показатель.

Таблица 3.

Индекс толерантности 11-дневных растений кукурузы, выращенных на фоне хлоридного засоления

Варианты	Прирост массы сухого вещества растений, мг	Прирост массы сухого вещества растений в контроле, мг	Индекс толерантности, %
50 мМ NaCl	89,21±4,33	110,19±5,31	81,10
100 мМ NaCl	30,15±1,41		27,41
150 мМ NaCl	25,42±1,21		23,11
200 мМ NaCl	14,11±0,69		12,83
50 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	102,51±4,88		93,19
100 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	88,23±4,31		80,21
150 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	43,31±2,03		39,37
200 мМ NaCl + Циркон 0,05 %	16,67±0,80		15,15

Примечание: М ± m; разница средних значений контроля и опыта достоверна при P≤0,01 для всех вариантов.

Как свидетельствуют данные таблицы, индекс толерантности обратно пропорционален концентрации солевых растворов. При увеличении концентрации NaCl в растворах индекс толерантности понижается. Во всех вариантах с применением препарата Циркон индекс толерантности значительно выше аналогичных по содержанию солей вариантах. Так, индекс толерантности к засолению варианта Циркон + 50 мМ NaCl на 12,09 % превышает индекс

толерантности варианта 50 мМ NaCl, а у варианта Циркон + 150 мМ NaCl индекс толерантности больше на 16,26 % по сравнению с вариантом 150 мМ NaCl.

Таким образом, на основании полученных нами данных можно сделать вывод о достоверном положительном влиянии регулятора роста Циркон на митотическую активность клеток апикальной меристемы корней проростков. Предварительное замачивание семян в 0,05 % растворе биорегулятора при хлоридном засолении будет стимулировать митотическую активность апикальной меристемы, ускорять ростовые процессы в корнях, повышать их поглотительную способность, и, в конечном итоге, приведет к увеличению солеустойчивости и продуктивности растений при выращивании их в условиях осмотического стресса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В клетках апикальной меристемы корней проростков кукурузы препарат Циркон достоверно повышает митотическую активность в условиях хлоридного засоления. При добавлении биорегулятора в солевые растворы митотический индекс достоверно больше на 27,3–70,8 % по сравнению с вариантами солевых растворов.

Во всех исследованных вариантах не наблюдается достоверных отличий фазных индексов как при сравнении исследуемых вариантов с контролем 1, так и при сравнении вариантов с одинаковой концентрацией соли между собой.

Регулятор роста в концентрации 0,05 % оказывает положительное влияние на солеустойчивость растений кукурузы. Варианты с Цирконом устойчивые и высокоустойчивые, индекс толерантности больше на 2,3–52,8 % по сравнению с вариантами со схожей концентрацией соли.

Список литературы

1. Парубец О. В. Система хозяйствования как фактор трансформации физико-географических процессов в Крыму в XX-XXI веках / О. В. Парубец // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2010. – Вып. 3. – С. 155–166.
2. Сташкина А. Ф. Геоэкологическая угроза опустынивания ландшафтов зоны Присивашья Крымского полуострова / А. Ф. Сташкина // Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво. – 2013. – № 9. – С. 203–209.
3. Жученко А. А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции растений / А. А. Жученко // Сельскохозяйственная биология. – 2000. – № 3. – С. 3–29.
4. Удовенко Г. В. Солеустойчивость растений / Г. В. Удовенко. – Л., 1977. – 215 с.
5. Шихмурадов, А. З. Генетические аспекты солеустойчивости культурных растений / А. З. Шихмурадов // Известия ДГПУ. – 2011. – № 1. – С. 46–49.
6. Shabala S. N. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level / S. N. Shabala // Annals of Botany. – 2003. – V. 92. – P. 627–634.
7. Влияние препарата Циркон на рост и развитие растений кукурузы на начальных этапах онтогенеза в условиях почвенной засухи / С. И. Чмелева, Е. Н. Кучер, Ю. О. Дашкевич [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2014. – Т. 27 (66). – № 1. – С. 223–231.
8. Семина С. А. Водопотребление кукурузы в зависимости от приемов возделывания / С. А. Семина, А. Г. Иняхин // Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные технологии в АПК: теория и практика». – Пенза, 2013. – С. 98–100.

9. Золотарева Е. В. Регуляторы роста повысят урожайность томатов к неблагоприятным погодным условиям / Е. В. Золотарева, З. В. Ошланова // Главный агроном. – 2004. – № 10. – С. 57–59.
10. Методические указания по применению регуляторов роста растений на овощных, бахчевых культурах и картофеле / Ш. Б. Байрамбеков [и др.] – Астрахань : ГНУ ВНИИОБ; М-во сельского х-ва; ЗАО «Глория», 2009. – 78 с.
11. Постников А. Н. Управление продуктивностью посадок картофеля и качеством урожая с помощью регуляторов роста / А. Н. Постников, О. Б. Осетрова. // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 8. – С. 28–29.
12. Пушкина Г. П. Пути повышения эффективности защиты лекарственных культур от вредных организмов / Г. П. Пушкина, Л. М. Бушковская // Регуляция роста, развития и продуктивности растений. Материалы IV международной научной конференции. – Минск, 2005. – С. 193–288.
13. Малеванная Н. Н. Циркон – новый регулятор роста растений полифункционального действия / Н. Н. Малеванная // Средства защиты растений, регуляторы роста, агрохимикаты и их применение при возделывании сельскохозяйственных культур: мат-лы конф. – Анапа, 2005. – С. 49–53. Малеванная Н. Н. Взрывной темперамент Циркона на службе растений / Н. Н. Малеванная // Новый садовод и фермер. – 2001. – № 1. – С. 45–47.
14. Малеванная Н. Н. Препарат Циркон – иммуномодулятор нового типа / Н. Н. Малеванная // Научно-практическая конференция «Применение препарата Циркон в производстве сельскохозяйственной продукции». – М., 2004. – С. 17–20.
15. Ткачук О. А. Эффективность применения регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / О. А. Ткачук, Е. В. Павликова, А. Н. Орлов // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 677–679.
16. Алексеева К. Л. Влияние Циркона на урожайность и качество продукции капусты белокочанной и моркови столовой / К. Л. Алексеева, Л. Г. Сметанина, Л. А. Багров // Применение препарата Циркон в сельском хозяйстве: тез. докл. научн.-практ. конф. – М., 2004. – С. 12–13.
17. Барчукова А. Я. Циркон – стимулятор продуктивности овощных культур / А. Я. Барчукова // Применение препарата Циркон в сельском хозяйстве: тез. докл. научн.-практ. конф. – М., 2004. – С. 16–18.
18. Воронина Л. П. Продолжительность обработки семян редиса, огурца, овса препаратом Циркон в различной концентрации / Л. П. Воронина, Н. Н. Малеванная // Докл. РАСХН. – 2003. – № 3. – С. 13–15.
19. Серегина И. И. Влияние препарата Циркон на продуктивность яровой пшеницы и содержание тяжелых металлов в продукции при загрязнении почвы цинком, кадмием, свинцом / И. И. Серегина, Е. В. Чурсина // Агрохимия. – 2010. – № 9. – С. 66–71.
20. Собчук Н. А. Влияние препарата Циркон на прорастание семян кукурузы (*Zea mays* L.) / Н. А. Собчук, С. И. Чмелева // Экосистемы. – Симферополь, 2015. – Вып. 4. – С. 45–51.
21. Устименко И. Ф. Эффективность препарата Циркон при возделывании картофеля / И. Ф. Устименко, А. Н. Постников // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 4. – С. 38–39.
22. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями N 1, 2) [Электронный ресурс]. – Режим доступа к статье: http://docs.nevacert.ru/files/gost/gost_12038-1984.pdf (дата обращения 23.09.2017).
23. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1988. – 271 с.: ил.
24. Физиолого-биохимические изменения в проростках пшеницы при инокуляции бактериями рода *Azospirillum* / Н. В. Евсеева [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2011. – Т. 43. – № 2. – С. 171–178.
25. Прохорова И. М. Оценка митотического и мутагенного действия окружающей среды: Метод. указания / И. М. Прохорова, М. И. Ковалева, А. Н. Фомичева; Яросл. гос. ун-т. – Ярославль, 2003. – 32 с.
26. Третьяков Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
27. Методические указания для определения солеустойчивости овощных культур по прорастанию семян в солевых растворах. Томаты / Сост.: В. Н. Синельникова, Е. И. Смирнова. ВИР. – Л., 1975. – 18 с.

28. Wilkins D. S. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth / D. S. Wilkins // *New Phytol.* – 1978. – V. 80, № 3. – P. 623–633.
29. Павленко В. Б. Анализ экспериментальных данных на компьютере. Учебное пособие для студентов биологического факультета / В. Б. Павленко. – Симферополь, 2007. – 43 с.
30. Протасов К. В. Статистический анализ экспериментальных данных / К. В. Протасов. – М. : Мир. 2005. – 232 с.
31. Дмитриева С. А. Митотический индекс меристематических клеток и рост корней гороха *Pisum sativum* при действии модуляторов инозитольного цикла / С. А. Дмитриева, Ф. В. Минибаева, Л. Х. Гордон // *Цитология.* – 2006. – Т. 48. – № 6. – С. 475–479.
32. Собчук Н. А. Влияние предпосевной обработки кукурузы препаратом Циркон на митотическую активность апикальной меристемы корней кукурузы / Н. А. Собчук, С. И. Чмелева // *Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия».* – 2015. – Т. 1 (67). – № 1. – С. 107–114.
33. Чмелева С. И. Влияние препарата Циркон на рост и растений кукурузы на начальных этапах / С. И. Чмелева, Е. Н. Кучер, Ю. О. Дашкевич, М.И. Ситник // *Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия.* – 2013. – Т. 26 (65), № 4. – С. 188–195.

MITOTIC ACTIVITY OF THE APICAL MERISTEM OF *ZEA MAYS* L. ROOTS UNDER INFLUENCE OF ZIRCON PREPARATION UNDER CHLORIDE STRESS

Chmeleva S. I., Sobchuk N. A.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: sob4uk.n@gmail.com*

Despite the favorable conditions for the cultivation of many crops, Crimea belongs to the risky zone of agriculture. Significant impact on the natural environment of Prisivashia was made by the introduction of the North Crimean Canal. As a result, the groundwater level rose, soil was flooded, and soil salinity increased. The factor has a negative impact on all cultivated plant species, and its level is higher, the greater the degree of salinity. The negative effect of salinization is expressed in the deterioration of many properties and functions of plants, which as a result leads to a decrease in their productivity.

Maize (*Zea mays* L.) takes the third place in the world in sowing areas, and the first place – in productivity. A significant range of its application is associated with high productivity, which is due to S4-type of photosynthesis and active growth processes. In this case, maize is demanding for the water regime, because with intensive growth and the formation of a significant volume of vegetative mass, a large number of micro- and macroelements are consumed in a short period of time.

In the practice of agriculture, various plant growth regulators are used to increase the yield and enhance the resistance of plants to extreme environmental actions, including salt stress. These regulators include a new generation Zircon growth stimulant, whose active ingredient is a mixture of hydroxycinnamic acids (HCA) extracted from the plant material *Echinacea purpurea* (L.) Moench. Zircon performs in plants the functions of growth stimulant, immunomodulator and adaptogen to stress.

The effect of this growth regulator on plants has often been studied under optimal non-stress conditions, and data on the use of Zircon to improve the salt tolerance of plants and to study its effect on mitotic activity under such conditions have not been observed. Therefore, the aim of our work was to investigate the mitotic activity of the apical meristem of the roots of *Zea mays* L. sprouts under the influence of Zircon in condition of chloride stress.

As an object of study, we used maize plants *Zea mays* L., CV / TAP 349 MB.

Sampled on average size and etched in a weak solution of potassium permanganate, the seeds were pre-soaked for 4 hours in the solutions under study. After soaking, the seeds, 30 in number, were placed in cuvettes on a filter paper. To simulate salt stress, 300 ml of a solution with various concentrations of NaCl salts (50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM; control 1 – distilled water) were poured into the cuvettes. To study the effect of the Zircon preparation on the germination of maize seeds in chloride salinity, the above concentrations of NaCl were used with the addition of 0.05% growth regulator (control 2 – 0.05% Zircon). Seeds were germinated in a thermostat according to GOST 12038-84. On day 4, rootlets (5–7 mm) were cut off from corn seedlings and immersed in a fixation solution (acetic alcohol) per day, then the fixed root tips were transferred to a solution of 70° ethyl alcohol and thus stored in a refrigerator. Staining was performed with acetocarmine for 72 hours, after that temporary preparations were made.

The control of the preparation was carried out under the magnification of the ×100 microscope, and its investigation – under the increase ×400. Each experiment was carried out in triplicate. For each variant of the experiment, the root tips of 3 seedlings were analyzed, at least 1000 cells in each root tip.

The mitotic and phase indices were calculated by Prokhorova's formulas.

Morphometric parameters of plants were determined by standard methods in plant physiology.

Statistical processing of experimental data was carried out by calculating the arithmetic mean and standard error of the arithmetic mean. To determine the reliable differences in the distribution of biometric data, Student's t-test was used.

As our studies have shown, in the cells of the apical meristem of the roots of maize seedlings, the Zircon preparation significantly increases the mitotic activity in conditions of chloride salinity.

In the modeling of salt stress, there is an inhibition of the proliferation of meristem cells compared to control 1. There is an inverse relationship between the concentration of saline and the mitotic index. Thus, the mitotic index in the variants of the experiment of 50 mM NaCl – 200 mM NaCl is reduced by 29.79–73.84 % compared to control 1.

The addition of Zircon growth regulator to salt solutions stimulates the proliferation of meristem cells. A reliable positive effect of the preparation is statistically confirmed. The mitotic index in control variant 2 – Zircon 0.05% exceeds the mitotic index in Control 1 by 60.85%. This indicator in the variants of the experiment containing Zircon and 50–200 mM NaCl is significantly larger by 27.29–70.81 % compared to the variants of 50 mM NaCl – 200 mM NaCl. In variants of the experiment with sprouting in saline solutions, inhibition of both phases of cell growth – division and extension – is observed. The increase in the mitotic index in variants with the addition of the preparation is due to

the intensive division of the cells of the apical meristem of the roots of the seedlings, which significantly increases the growth rate of the root system of the whole plant.

In all the investigated variants, there are no significant differences in the phase indices either in comparing the variants studied with the control 1 or in comparing the variants with the same salt concentration among themselves. Compared with the control 1, the prophase index in the variants studied is in the range -16.17... +13.04%, the metaphase index is in the interval -19.35... +6.83%, the anaphase index is in the interval -6.91... +15.01%, the telophase index is in the interval -13.21... +17.08%. In the absence of significant differences in the phase indices, it can be argued that mitosis in cells proceeds without any chromosome disturbances and cellular structures.

Zircon 0.05% in the studied variants has a stimulating effect on the process of germination of maize seeds. The growth regulator raises the germination energy in 1.02–2.86 times, and the germination rate in 1.04–1.58 times compared to control 1 and variants of saline solutions. When Zircon is added to saline solutions, salt tolerance increases. Thus, at 50–150 mM NaCl, the plants are highly salt tolerant, and in the 200 mM version, they are stable.

In all variants with the use of Zircon, the tolerance index is significantly higher than the salt-like variants. Thus, the tolerance index to salinity of the Zircon + 50 mM NaCl variant is 12.09% higher than the tolerance index of the variant 50 mM NaCl, and in the Zircon + 150 mM NaCl version the tolerance index is 16.26% higher than the variant 150 mM NaCl.

Thus, on the basis of the data obtained, we can conclude that the positive regulator of Zircon growth regulator has a positive effect on the mitotic activity of the cells of the apical meristem of the seedlings roots. Pre-soaking seeds in a 0.05 % solution of the bioregulator with chloride salinity will stimulate the mitotic activity of the apical meristem, accelerate growth processes in the roots, increase their absorption capacity, and ultimately lead to an increase in salt tolerance and plant productivity when grown under osmotic conditions stress.

Keywords: Zircon preparation, growth regulator, chloride stress, mitotic index, phase indices, salt tolerance.

References

1. Parubets O.V., The management system as a factor in the transformation of physico-geographical processes in Crimea in the XX–XXI centuries, *Ecosystems, their optimization and protection*, **3**, 155 (2010).
2. Stashkina A. F., Geoeological Threat to Desertification of Landscapes of the Prisivashie Zone of the Crimean Peninsula, *News of V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agricultural University, Crop, seed, fruit and vegetable production, and breeding Series*, **9**, 203 (2013).
3. Zhuchenko A.A., Ecological and genetic foundations of the adaptive plant breeding system, *Agricultural Biology*, **3**, 3 (2000).
4. Udovenko G. V., *Salt-resistance of plants*, 215 p. (Leningrad, 1977).
5. Shikhmuradov A.Z., Genetic aspects of salt tolerance of cultivated plants, *Izvestiya of DSPU*, **1**, 46 (2011).
6. Shabala S. N., Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level, *Annals of Botany*, **92**, 627 (2003).

7. Chmeleva S.I., Kucher E.N., Dashkevich Yu. O., Effect of Zircon on the growth and development of maize plants in the initial stages of ontogeny in conditions of soil drought, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Biology, Chemistry*, **27 (66)**, 223, (2014).
8. Semina S.A., Inyakhin A.G., Water consumption of maize depending on cultivation methods, *Proceedings of All-Russian scientific-practical conference "Innovative technologies in the agroindustrial complex: theory and practice"* (Penza, 2013), p. 98.
9. Zolotareva, Ye. V., Oshlanov Z.V., Growth regulators to increase the yield of tomatoes to unfavorable weather conditions, *Chief agronomist*, **10**, 57 (2004).
10. Bayrambekov Sh. B., *Methodical instructions on the application of plant growth regulators in vegetable, melons and potatoes*, 78 p. ("Gloria" Publishing House, Astrakhan, 2009).
11. Postnikov A.N., Osetrova O.B., Management of potato planting productivity and crop quality with the help of growth regulators, *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, **8**, 28 (2009).
12. Pushkina G.P., Bushkovskaya L.M., Ways to increase the effectiveness of protection of medicinal crops from harmful organisms, *Proceedings of the IV International Scientific Conference "Regulation of growth, development and productivity of plants"* (Minsk, 2005), p. 193.
13. Malevannaya N.N., Zirkon – a new plant growth regulator of polyfunctional action, *Proceedings of the Conference "Plant protection products, growth regulators, agrochemicals and their application in the cultivation of crops"* (Anapa, 2005). p. 49. Malevannaya, N.N. The explosive temperament of Zirkon in the plants service, *New horticulturist and farmer*, **1**, 45 (2001).
14. Malevannaya N. N., Zirkon preparation – immunomodulator of a new type, *Proceedings of the Scientific and Practical Conference "Application of Zirkon in the production of agricultural products"* (Moscow, 2004), p. 17.
15. Tkachuk O.A., Pavlikova E.V., Orlov A.N., Efficiency of the use of growth regulators in the cultivation of spring wheat in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga Region, *Young Scientist*, **4**, p. 677 (2013).
16. Alekseeva K.L., Smetanina L.G., Bagrov L.A., Zirkon's influence on productivity and quality of production of cabbage and carrots, *Proceedings of the Scientific and Practical Conference "Application of Zirkon in agriculture"* (Moscow, 2004), p. 12.
17. Barchukova A. Ya., Zirkon – a stimulator of the productivity of vegetable crops, *Proceedings of the Scientific and Practical Conference "Application of Zirkon in agriculture"* (Moscow, 2004), p. 16.
18. Voronina L.P., Malevannaya N.N., Duration of treatment of seeds of radish, cucumber, oats with Zirkon preparation in various concentrations, *Reports of Russian Academy of Agricultural sciences*, **3**, 13 (2003).
19. Seregina I.I., Chursina E.V., Influence of the Zirkon preparation on the productivity of spring wheat and the content of heavy metals in production with soil contamination with zinc, cadmium, *Agrochemistry*, **9**, 66 (2010).
20. Sobchuk N.A., Chmeleva S.I., Effect of the Zirkon preparation on the germination of maize seeds (*Zea mays* L.), *Ecosystems*, **4**, 45 (Simferopol, 2015).
21. Ustimenko, I.F., Postnikov A.N., Effectiveness of the Zirkon preparation in potato cultivation, *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*, **4**, 38, 2009.
22. State standard GOST 12038–84. Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination (with Changes No 1, 2), [Electronic resource], Mode of access to the article: http://docs.nevacert.ru/files/gost/gost_12038-1984.pdf (circulation date: September 23, 2017).
23. Pausheva, Z.P., *Practice on plant cytology*, 271 p (Agropromizdat Publishing House, Moscow, 1988).
24. Evseeva N.V., Physiological and biochemical changes in wheat germs during inoculation with bacteria of the genus *Azospirillum*, *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, **43**, № 2, 171 (2011).
25. Prokhorova I.M., Kovalev M.I., Fomichev A.N., *Evaluation of the mitotic and mutogenic action of the environment: Method. instructions*, 32 p. (Yaroslavl state university, Yaroslavl, 2003).
26. Tretyakov N.N., Karnaukhova T.V., Panichkin L.A., Workshop on Plant Physiology, 271 p. (Agropromizdat Publishing House, Moscow, 1990).
27. Sinelnikova V.N., Smirnova E.I., *Methodical instructions for determining the salt tolerance of vegetable crops by germination of seeds in saline solutions. Tomatoes*, 18 p. (VIR, Leningrad, 1975).
28. WilkinsD. S., The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth, *New Phytol.*, **80**, 3, 623 (1978)

29. Pavlenko V.B., *Analysis of experimental data on a computer. Textbook for students of the Faculty of Biology*, 43 p. (Simferopol, 2007).
30. Protasov K.V., *Statistical analysis of experimental data*, 232 p. (Mir Publishing House, Moscow, 2005).
31. Dmitrieva S.A., Minibaeva F.V., Gordon L. Kh., Mitotic index of meristematic cells and growth of pea roots of *Pisum sativum* under the action of modulators of the inositol cycle, *Cytology*, **48, 6**, 475 (2006).
32. Sobchuk N.A., Chmeleva S.I., Effect of presowing maize treatment with Zircon on the mitotic activity of the apical meristem of maize roots, *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Series "Biology, Chemistry"*, **1 (67), 1**, 107 (2015).
33. Chmeleva S.I., Kucher E.N., Dashkevich Yu.O., Sitnik M.I., Effect of Zircon on the growth and planting of corn in the initial stages, *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Biology, Chemistry*, **26 (65), 4**, 188 (2013).