

УДК 581.14: 632.122.1: 631.811.98: 635.63

**ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ *CUCUMIS SATIVUS* L.
К ОСМОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО
РЕГУЛЯТОРА РОСТА ЦИРКОН**

Чмелёва С. И., Павлюченкова О. А.

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

Впервые проведено исследование устойчивости *Cucumis sativus* L., сорт Феникс 640 к осмотическому стрессу, вызванному хлоридным засолением, под действием синтетического регулятора роста Циркон. Приведены доказательства стимулирующего влияния регулятора роста растений на прорастание семян и линейные параметры ростовых процессов (длина надземной части растений и длина корневой системы) огурца посевного. Установлено, что препарат оказывает положительное действие на общую оводненность листьев, снижая водный дефицит в листьях огурца при хлоридном засолении у опытных растений по сравнению с контрольными. Данный эффект зависит от концентрации действующего вещества и сохраняется на протяжении всего эксперимента. Оптимальной концентрацией препарата Циркон для стимуляции ростовых процессов при осмотическом стрессе установлена 0,025 %.

Ключевые слова: солеустойчивость, хлоридный стресс, *Cucumis sativus* L., регулятор роста растений, препарат Циркон.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с изменением климатических условий, а также с возрастающим антропогенным воздействием, в Республике Крым актуальной является проблема солеустойчивости культурных растений. Засоление почв и недостаточное водоснабжение приводят к снижению продуктивности агро- и биоценозов, падению биоразнообразия и ограничивает возможность получения высоких урожаев различных сельскохозяйственных культур. В условиях хлоридного засоления почвы тормозится клеточное деление и растяжение, что приводит к формированию мелких клеток. Вследствие этого задерживается рост самого растения, в первую очередь листьев и стеблей. Таким образом, засоленность почв вызывает значительные и постепенно усиливающиеся изменения большинства физиологических процессов в организме растений [1–8].

Изучение механизмов устойчивости растений к повреждающему действию абиотических факторов является одной из фундаментальных проблем современной физиологии растений. Для повышения солеустойчивости культурных растений в сельском хозяйстве используют регуляторы роста, воздействие которых направлено на увеличение урожая и повышение устойчивости растений к экстремальным условиям внешней среды различной природы [9; 10]. Препарат Циркон является

физиологически активными аналогом эндогенных фитогормонов. При этом, будучи естественным соединением, он непосредственно включается в метаболизм растений, не оказывая вредного влияния на почву и окружающую среду [10–15].

Действие данного препарата на рост и развитие *Cucumis sativus* L. на ранних этапах онтогенеза при воздействии хлоридного засоления в настоящее время не изучено, что и послужило целью наших исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили семена и растения *Cucumis sativus* L., сорт Феникс 640.

Отобранные по средним размерам и протравленные в слабом растворе перманганата калия, семена закладывали в чашки Петри на фильтровальную бумагу по 50 шт. в трехкратной повторности. При моделировании осмотического стресса испытывали различные концентрации солей NaCl (50 мМ; 100 мМ; 150 мМ и 200 мМ), контроль – дистиллированная вода. Для исследования действия препарата Циркон на прорастание семян огурца при осмотическом стрессе использовали вышеперечисленные концентрации NaCl с добавлением 0,025 % регулятора роста. Семена проращивали в термостате типа ТС-80 М-2 согласно ГОСТ 12038 – 84 [16]. Проростки переносили на водную культуру (среда Кнопа) с сохранением соответствующей концентрации раствора NaCl и выращивали при естественном освещении в вегетационных сосудах емкостью 0,5 л. У 7–21-дневных растений устанавливалась величина морфометрических показателей (высота растений, длина корней, масса сырого и сухого вещества) по общепринятым в физиологии растений методам [17] для оценки влияния различных концентраций препарата на повышение устойчивости *Cucumis sativus* L. к осмотическому стрессу.

При определении показателем служила всхожесть семян по методике В. Н. Синельниковой [18]. Для оценки солеустойчивости *Cucumis sativus* L. проводили подсчет проросших семян. В зависимости от прорастания семян растения делили на 6 групп: I – высоко устойчивые (прорастание семян более 80 %), II – устойчивые (61–80 %), III – среднеустойчивые (41–60 %), IV – слабоустойчивые (21–40 %), V – очень слабоустойчивые (<20 %), VI – неустойчивые (прорастания не было).

Водный дефицит (ВД) растений и относительное содержание воды (ОСВ) определяли, рассчитывая по следующим формулам:

$$\text{ОСВ} = 100 * (\text{MF} - \text{MD}) / (\text{MT} - \text{MD}),$$

$$\text{ВД} = 100 * (\text{MT} - \text{MF}) / \text{MT},$$

где MF – масса листьев до насыщения; MT – масса листьев после насыщения; MD – сухая масса листьев [19].

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли, рассчитывая среднюю арифметическую и стандартную ошибку средней арифметической. Для определения достоверных отличий распределений биометрических данных использовали t-критерий Стьюдента [20; 21].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Засоление задерживает прорастание семян, рост растений и значительно снижает их продуктивность. Отрицательное воздействие засоления обусловлено низким осмотическим потенциалом почвенного раствора, токсичностью ионов и дисбалансом питательных компонентов [22].

Засоление нарушает физиолого-биохимические процессы (водный статус, ионный и окислительно-восстановительный гомеостаз, баланс фитогормонов, проницаемость мембран) и, как следствие, тормозит рост растений [23]. Наиболее губительный эффект NaCl оказывает на ранних этапах развития растений.

При оценке культурных растений стандартными лабораторными методами критериями солеустойчивости обычно являются такие показатели, как энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян. Для получения более достоверных и объективных результатов исследований рекомендуется, кроме учета всхожести или энергии прорастания семян, определять также количество зародышевых корней, длину проростков и корней, интенсивность роста проростков во времени [24].

В наших исследованиях показано, что хлоридное засоление значительно задерживало прорастание семян огурца посевного. Обобщенные данные по влиянию препарата Циркон на энергию прорастания и лабораторную всхожесть *Cucumis sativus* L. в условиях осмотического стресса представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние препарата Циркон на посевные качества семян *Cucumis sativus* L. при хлоридном засолении

Варианты опыта	Посевные качества семян ($\bar{x} \pm S_x$)			
	энергия прорастания, %	в % к контролю 1	лабораторная всхожесть, %	в % к контролю 1
Контроль (H ₂ O)	85,3 ± 0,04	100,0	90,1 ± 0,07	100,0
NaCl 50 мМ	53,3 ± 0,02**	62,5	60,8 ± 0,08**	67,5
NaCl 50 мМ + Циркон 0,0125 %	63,3 ± 0,05**	74,2	65,2 ± 0,07**	72,4
NaCl 50 мМ + Циркон 0,025 %	80,3 ± 0,06*	94,1	83,8 ± 0,07*	93,0
NaCl 50 мМ + Циркон 0,05 %	73,3 ± 0,01**	85,9	74,4 ± 0,13*	82,6
NaCl 50 мМ + Циркон 0,075 %	70,4 ± 0,03**	82,5	71,6 ± 0,12*	79,5

Примечание к таблице: звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при *P≤0,05, **P≤0,01, ***P≤0,001; н/д – разница не достоверна.

Показано, что энергия прорастания и всхожесть *Cucumis sativus* L. при осмотическом стрессе достоверно ниже значений, установленных при проращивании семян в нормальных условиях (контроль 1). Использование

регулятора роста Циркон оказало положительное воздействие на показатели прорастания семян. Оптимальной концентрацией синтетического регулятора роста, при которой энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян при хлоридном засолении достигает наибольших показателей, установлена 0,025 %. Проращивание семян с использованием препарата данной концентрацией позволяет повысить энергию прорастания семян с 53,3 % в контроле 1 до 80,3 %, а всхожесть – с 60,8 % до 83,8 % (табл. 1).

Показателем устойчивости растений можно считать количество проросших семян, а именно процент их всхожести при определенных концентрациях соли по сравнению с контрольным вариантом (семенами, пророщенными в дистиллированной воде) [9]. Проведенными исследованиями установлено, что регулятор роста в оптимальной концентрации повышает солеустойчивость *Cucumis sativus*. Отмечено, что на фоне действия различных концентраций NaCl использование синтетического регулятора роста при проращивании семян исследуемого сорта огурца посевного оказало адаптогенное действие и значительно повысило всхожесть семян, изменив группу их солеустойчивости (табл. 2).

Таблица 2
Влияние препарата на изменение солеустойчивости *Cucumis sativus* L. при хлоридном засолении

Варианты опыта	Всхожесть семян, %	Группы по солеустойчивости
Контроль (H ₂ O)	90,1 ± 0,07	I
Циркон 0,025 %	100,0 ± 0,07	I
50 мМ NaCl	60,8 ± 0,08	II
50 мМ NaCl + Циркон (0,025 %)	83,8 ± 0,07	I
100 мМ NaCl	21,13 ± 0,03	IV
100 мМ NaCl + Циркон (0,025 %)	37,0 ± 0,04	IV
150 мМ NaCl	19,53 ± 0,02	V
150 мМ NaCl + Циркон (0,025 %)	26,14 ± 0,01	IV
200 мМ NaCl	5,80 ± 0,01	V
200 мМ NaCl + Циркон (0,025 %)	11,7 ± 0,01	V

Примечание к таблице: разница средних значений контроля и опыта достоверна при $P \leq 0,05$ для всех вариантов; группы растений по солеустойчивости указаны согласно таблице 2

Изменение линейных параметров ростовых процессов отражает солеустойчивость растений более достоверно, чем оценка показателей прорастания семян, что связано с общей природой устойчивости растений. Подавление клеточного деления и особенно растяжения при действии неблагоприятных условий приводит к задержке роста растений, которую рассматривают как защитную

реакцию. Степень солеустойчивости определяется величиной отклонения выбранных параметров от контроля под влиянием засоления [7].

При использовании оптимальной концентрации регулятора роста (0,025 %) морфометрические показатели опытных растений *Cucumis sativus* L. превышают аналогичные показатели контрольных вариантов. Средняя длина корневой системы опытных 11-дневных растений достигала 9,44 см, что на 1,2 см больше, чем у контрольных растений, выращенных в условиях хлоридного засоления. Длина побега опытных растений превышала контрольные в среднем на 1,7 см. При этом с повышением концентрации регулятора роста, как свидетельствуют полученные нами данные, стимулирующий эффект снижается, а в вариантах с использованием Циркона 0,075 %, длина корня и побега имеет достоверно ниже показатели по сравнению с вариантами, выращенными в условиях осмотического стресса (табл. 3).

Таблица 3

Влияние препарата Циркон на морфометрические показатели 11-дневных растений

Варианты опыта	Длина корневой системы, см	В % к контролю	Длина побега, см	В % к контролю
Контроль (H ₂ O)	8,26 ± 0,17	100,00	11,16 ± 0,07	100,00
50 мМ NaCl	6,95 ± 0,07*	84,10	9,30 ± 0,06*	83,30
NaCl 50 мМ + Циркон 0,0125 %	8,00 ± 0,05 ^{н/д}	96,90	9,55 ± 0,07*	85,57
NaCl 50 мМ + Циркон 0,025 %	9,44 ± 0,07**	114,30	10,97 ± 0,06 ^{н/д}	98,30
NaCl 50 мМ + Циркон 0,05 %	7,86 ± 0,08*	95,20	6,99 ± 0,08**	62,63
NaCl 50 мМ + Циркон 0,075 %	6,50 ± 0,11**	78,70	7,70 ± 0,22**	69,00

Примечание к таблице: звездочками отмечены достоверные различия по сравнению с контролем при *P≤0,05, **P≤0,01, ***P≤0,001; н/д – разница не достоверна.

Основная реакция растительного организма на засоление – это нарушение водного баланса и минерального обмена. В условиях избыточного действия солей у растений возникает водный дефицит и вследствие этого их рост и развитие ослабляется. При осмотическом стрессе задерживается деление клеток, уменьшается транспирация. Избыток солей в почве нарушает водообмен у растений. Снижение оводненности тканей изменяет состояние биокolloидов клетки, что приводит к повреждению тонкой структуры протопласта, существенным сдвигам в состоянии и деятельности всех ферментных систем и, как следствие, к нарушению обмена веществ растения. Уменьшение содержания воды в растении вызывает резкое падение интенсивности фотосинтеза, интенсивность дыхания возрастает, но нарушается сопряженность окисления и фосфорилирования, в результате чего сильно снижается энергетическая эффективность дыхания. В

качестве показателя напряженности водного обмена растений используют показатель водного дефицита [25; 26].

Наши исследования выявили уменьшение относительного содержания воды в листьях растений огурца сорта Феникс 640 под влиянием избытка соли (контроль 2) по сравнению с растениями, выращиваемыми в условиях оптимального режима (контроль 1). Все используемые концентрации препарата Циркон (0,0125 %; 0,025 %, 0,05 % и 0,075 %) оказывают положительное влияние на снижение водного дефицита в листьях огурца в опытных вариантах в условиях осмотического стресса, в среднем в 2,9–4,5 раз по сравнению с контрольными.

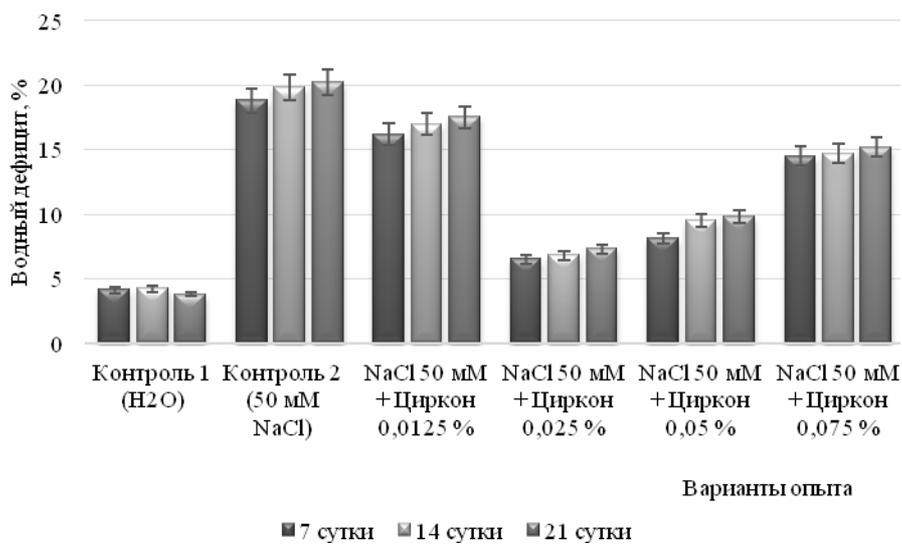


Рис. 1. Влияние регулятора роста на водный дефицит листьев растений *Cucumis sativus* L. при хлоридном засолении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что регулятор роста Циркон повышает солеустойчивость *Cucumis sativus* L., оказывая стимулирующее действие на прорастание семян и значения параметров линейного роста растений в условиях хлоридного засоления.
2. Показано, что оптимальная концентрация препарата (0,025 %) оказывает положительное действие на общую оводненность листьев, снижая водный дефицит при хлоридном засолении у опытных растений по сравнению с контрольными. Данный эффект зависит от концентрации действующего вещества и сохраняется на протяжении всего эксперимента.

Список литературы

1. Генкель П. А. Основные пути изучения солеустойчивости растений / П. А. Генкель // Сельскохозяйственная биология. – 1970. – № 2. – С. 292–302.

2. Генкель П. А. Солеустойчивость растений и пути ее направленного повышения / П. А. Генкель // XII Тимирязевские чтения. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1954. – 84 с.
3. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство) / под ред. Г. В. Удовенко. – Л.: ВИР, 1988. □ 228 с.
4. Удовенко Г. В. Особенности различных методов оценки солеустойчивости растений. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды // Г. В. Удовенко, Л. А. Семушина, В. Н. Синельникова. – Л.: Колос, 1976. – С. 228–238.
5. Беловолова А. А. Солеустойчивость сельскохозяйственных культур и их урожайность на солонцеватых слитых черноземах / А. А. Беловолова, Ю. А. Безгина, Н. В. Громова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 74. – С. 676–686.
6. Ефимова М. В. Влияние брассиностероидов на прорастание семян и рост рапса на начальных этапах онтогенеза при хлоридном засолении / М. В. Ефимова, Д. А. К. Хасан, В. П. Холодова, В. В. Кузнецов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2012. – № 3. – С. 12–20.
7. Белозерова А. А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков / А. А. Белозерова, Н. А. Боме // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12–2. – С. 300–306.
8. Петрова А. А. Эффективность использования пабк в повышении солеустойчивости яровой мягкой пшеницы / А. А. Петрова, А. А. Белозерова // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 2–3. – С. 262–263.
9. Чмелёва С. И. Адаптогенное действие регулятора роста циркон на прорастание семян и ростовые процессы *Glycine max* L. на фоне хлоридного засоления / С. И. Чмелёва, Е. Н. Кучер, Т. М. Рыжих // В сборнике: Актуальные проблемы ботаники и охраны природы Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г. Ф. Морозова. Под редакцией С. Ф. Котова. – 2017. – С. 212–216.
10. Чмелёва С. И. Использование препарата циркон для повышения холодоустойчивости пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / С. И. Чмелёва, Е. Н. Кучер, Я. Н. Соловей // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2015. – Т. 1 (67), № 3 – С. 73–80.
11. Прусакова Л. Д. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л. Д. Прусакова, Н. Н. Малеванная, С. Л. Белопухов, В. В. Вакуленко // Агрохимия. – 2005. – № 11. – С. 76–86.
12. Малеванная Н. Н. Продуктивность, рост и развитие огурца в зависимости от предпосевной обработки семян цирконом / Н. Н. Малеванная, Н. Т. Ниловская, И. И. Серегина // Мат-лы Международн. конф. «Проблемы Севера» (15–18 июня 2004 г., Петрозаводск). – 121 с.
13. Серегина И. И. Сравнительная оценка действия регуляторов роста на растения огурца / И. И. Серегина // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 20.
14. Малеванная Н. Н. Циркон – препарат нового поколения / Н. Н. Малеванная, К. Л. Алексеева // Защита и карантин растений. – 2006. – № 8. – С. 28.
15. 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.
16. 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 14.02.2018).
17. Третьяков Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Т. В. Карнаухова, Л. А. Паничкин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
18. 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.
19. Виктор Д. П. Малый практикум по физиологии растений. – М: Высшая школа, 1983. – 135 с
20. Павленко В. Б. Анализ экспериментальных данных на компьютере. Учебное пособие для студентов биологического факультета / В. В. Павленко. – Симферополь, 2007. – 43 с.
21. Протасов К. В. Статистический анализ экспериментальных данных / К. В. Протасов. – М.: Мир. 2005. – 232 с.

22. Munns R. Mechanisms of salinity tolerance / Munns R., Tester M. // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2008. – Vol. 59. – P. 651–681.
23. Guimarães F. V. A. Calcium can moderate changes on membrane structure and lipid composition in cowpea plants under salt stress / Guimarães F. V. A., de Lacerda C. F., Marques E. C., de Miranda M. R. A., de Abreu C. E. B., Prisco J. T., Gomes-Filho E. // *Plant Growth Regul.* – 2011. – Vol. 65. – P. 55–63.
24. Удовенко Г. В. Особенности различных методов оценки солеустойчивости растений / Г. В. Удовенко, Л. А. Семушина, В. Н. Синельникова // *Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды.* – Л.: Колос, 1976. – С. 228–238.
25. Жук О. І. Формування адаптивної відповіді рослин на дефіцит води / О. І. Жук // *Фізіологія і біохімія культурних рослин.* – 2001. – Т. 43, № 1. – С. 26–37.
26. Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости растений. Водный режим и засухоустойчивость растений. – Водный режим и засухоустойчивость растений / Н. А. Максимов. – М.: Наука, 1952. – Т. 1. – 476 с

STUDY OF THE STABILITY OF *CUCUMIS SATIVUS* L. TO THE OSMOTIC STRESS UNDER THE ACTION OF SYNTHETIC GROWTH REGULATOR ZIRCON

Chmeleva S. I., Pavlyuchenkova O. A.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: chmeleva-s@mail.ru*

Currently, due to changes in climatic conditions, as well as to increasing anthropogenic impact, the problem of salt tolerance of cultivated plants is topical in the Republic of Crimea. Soil salinity and inadequate water supply lead to a decrease in the productivity of agro- and biocenosis, fall of biodiversity and limits the possibility of obtaining high yields of various agricultural crops. In conditions of chloride soil salinity, cellular division and stretching are inhibited, which leads to the formation of small cells. As a consequence, the growth of the plant itself, especially the leaves and stems, is delayed. Thus, soil salinity causes significant and gradually increasing changes in the majority of physiological processes in the plant organism.

The study of the mechanisms of plant resistance to the damaging effect of abiotic factors is one of the fundamental problems of modern plant physiology. To increase the salt tolerance of cultivated plants, growth regulators are used in agriculture, the effect of which is directed to increase the yield and increase the resistance of plants to extreme environmental conditions of different nature. Zircon is a physiologically active analogue of endogenous phytohormones. At the same time, being a natural compound, it is directly involved in the metabolism of plants, without adverse effect to the soil and the environment.

The effect of this drug on the growth and development of *Cucumis sativus* L. in the early stages of ontogenesis under the influence of chloride salinization has not been studied at the present time, which served as the purpose of our studies.

The object of the study was the seeds and plants of *Cucumis sativus* L, sort Phoenix 640.

Sampled on average size and etched in a weak solution of potassium permanganate, seeds were placed in Petri dishes on filter paper of 50 pcs. in triplicate. When modeling

osmotic stress, various concentrations of NaCl salts (50 mM, 100 mM, 150 mM and 200 mM) were tested, and the control was distilled water. To study the effect of Zircon on the germination of cucumber seeds under osmotic stress, the above concentrations of NaCl were used with the addition of 0.025 % of the growth regulator. The seeds were germinated in a TS-80 M-2 thermostat according to GOST 12038 – 84. The seedlings were transferred to an aqueous culture (Knop substrate) while maintaining the appropriate concentration of the NaCl solution and grown under natural illumination in 0.5 l growth pots. In 7–21-day plants, the value of morphometric parameters (plant height, root length, mass of raw and dry matter) was established according to the methods generally accepted in plant physiology to assess the effect of different concentrations of the drug on increasing the resistance of *Cucumis sativus* L. to osmotic stress.

The water deficiency (WD) of plants and the relative water content (RWC) were determined by calculating the following formulas:

$$RWC = 100 * (MF-MD) / (MT-MD),$$

$$WD = 100 * (MT - MF) / MT,$$

where MF is the mass of the leaves before saturation; MT – mass of leaves after saturation; MD is the dry weight of the leaves.

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

As a result of the conducted studies, it was found that the use of the Zircon growth regulator had a positive effect on seed germination rates under conditions of osmotic stress caused by chloride salinization. The optimal concentration of the synthetic growth regulator, at which the germination energy and laboratory germination of seeds reaches the highest values, is set at 0.025 %. Germination of seeds using the preparation with this concentration leads to increasing of seed germination energy from 53.3 % in control 1 to 80.3%, and germination – from 60.8 % to 83.8 %.

When using the optimal concentration of the growth regulator, the morphometric parameters of the experimental plants of *Cucumis sativus* L. exceed those of the control variants. The average length of the root system of experimental 11-day plants reached 9.44 cm, which is 1.2 cm more than in control plants grown in modeling osmotic stress. The length of the shoot of experimental plants exceeded the control ones by an average of 1.7 cm. At the same time, as the concentration of the growth regulator increases, as shown by the data obtained by us, the stimulating effect decreases, and in the variants with the use of Zircon 0,075 %, the length of the root and shoot is significantly lower compared with the options grown in chloride salinity.

Our investigations revealed a decrease in the relative water content in the leaves of the Phoenix 640 cucumber plants under the influence of an excess of salt in comparison with plants grown under optimal conditions. All used concentrations of the preparation Zircon (0.0125 %, 0.025 %, 0.05 % and 0.075 %) have a positive effect on reducing the water deficit in cucumber leaves under conditions of osmotic stress, on average, in 2.9–4.5 times.

Keywords: salt tolerance, chloride stress, *Cucumis sativus* L., plant growth regulator, Zircon preparation.

References

1. Henkel P. A., Main ways of studying salt tolerance of plants, *Agricultural biology*, **2**, 292 (1970).
2. Henkel P. A. Salt tolerance of plants and ways of its directional increase, *XII Timiryazevskaya reading*, 84 (Publishing house of the USSR Academy of Sciences, Moscow, 1954).
3. Udovenko G. V., *Diagnostics of plant resistance to stress factors (methodological instructions)*, 228 (VIR, Leningrad, 1988).
4. Udovenko G. V., Semushina L. A., Sinelnikova V. N., Peculiarities of different methods of evaluation of salt resistance of plants. *Methods for assessing plant resistance to adverse environmental conditions*, 228 (Kolos Publishing House, Leningrad 1976).
5. Belovolova A. A., Bezgina J. A., Gromova N. V., Salt tolerance of agricultural crops and their yield in saline drained Chernozem, *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*, **74**, 676 (2011).
6. Efimova M. V., Khasan D. A. K., Kholodova V. P., et al., Influence of brassinosteroids on seed germination and rape growth in the initial stages of ontogenesis in chloride salinization, *Vestnik Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry*, **3**, 12 (2012).
7. Belozeroва A. A., Bome N. A., Study of the reaction of spring wheat on salinity by variability of morphometric parameters of seedlings, *Fundamental research*, **12-2**, 300 (2014).
8. Petrova A. A., Belozeroва A. A., The effectiveness of the use of PABA in improving salt tolerance of spring wheat, *International Student Scientific Bulletin*, **2-3**, 262 (2015).
9. Chmeleva S. I., Kucher E. N., Ryzhikh T. M., Adaptogenic effect of Zircon growth regulator on seed germination and growth processes of *Glycine max* L. in the background of chloride salinity, *Actual problems of botany and nature protection, Collection of scientific articles of The international scientific-practical conference dedicated to the 150th anniversary of Professor G. F. Morozov*. (Edited by S. F. Kotov), 212 (2017).
10. Chmeleva S. I., Kucher E. N., Solovey J. N., The use of the drug Zircon for enhance of the cold resistance of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Series "Biology. Chemistry"*, **1 (67)**, **3**, 73 (2015).
11. Prusakova L. D., Malevannaya N. N., Belopukhov S. L., Vakulenko V. V., Plant growth regulators with antistress and immunoprotective properties, *Agrochemistry*, **11**, 76 (2005).
12. Malevannaya N. N., Dilovska N. T., Seregina I. I., Productivity, growth and development of cucumber depending on presowing treatment of seeds by Zircon, *Proceedings of the international Conference "Problems of the North"*, 121 (Petrozavodsk, 2004).
13. Seregina I. I., Comparative evaluation of growth regulators action on cucumber plants, *Vegetable growing and greenhouse economy*, **3**, 20 (2008).
14. Malevannaya N. N., Alekseeva K. L., Zircon as a drug of new generation, *Protection and quarantine of plants*, **8**, 28 (2006).
15. Voronina L. P., Duration of treatment of seeds of radish, cucumber, oats with Zircon preparation in various concentrations, *Reports of Russian Academy of Agricultural sciences*, **3**, 13 (2003).
16. 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 (accessed 14.02.2018).
17. Tretyakov N. N., Karnaukhova T. V., Panichkin L. A., *Workshop on Plant Physiology*, 271 (Agropromizdat, Moscow, 1990).
18. 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 (VIR, Leningrad, 1975).
19. Viktorov D. P., *Small workshop on physiology of plants*, 135 (High school Publishing House, Moscow, 1983).
20. Pavlenko V. B., *Analysis of experimental data on a computer. Textbook for students of the Faculty of Biology*, 43 (Simferopol, 2007).
21. Protasov K. V., *Statistical analysis of experimental data*, 232 (Mir Publishing House, Moscow, 2005).
22. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance, *Annu. Rev. Plant Biol*, **59**, 651 (2008).

23. Guimarães F. V. A., de Lacerda C. F., Marques E. C., de Miranda M. R. A., de Abreu C. E. B., Prisco J. T., Gomes-Filho E. Calcium can moderate changes on membrane structure and lipid composition in cowpea plants under salt stress, *Plant Growth Regul.*, **65**, 55 (2011).
24. Udovenko G. V., Semushina L. A., Sinelnikova V. N., Peculiarities of different methods of evaluating salt tolerance of plants, *Methods for evaluating the resistance of plants to adverse environmental conditions*, 228 (Kolos Publishing House, Leningrad, 1976).
25. Zhuk O. I. Formation of adaptive reaction of plants on water deficiency, *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, **43**, No. 1, 26 (2001).
26. Maximov N. A., *Selected works on drought resistance of plants. Water regime and drought resistance of plants*, 476 (Science Publishing House, Moscow, 1952).