

УДК 581.632.121

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА НЕКОТОРЫЕ
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АКТИВНОСТИ
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ
В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ**

Жижина М. Н., Омельченко А. В.

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

Изучали влияние синтетических регуляторов роста – ивина и 6-БАП – на структурно-функциональные показатели фотосинтетического аппарата растений кукурузы на ранних этапах онтогенеза в условиях засоления. Установлено, что засоление в динамике опыта у 7–21-дневных растений снижает в большей степени содержание хлорофилла *a*, чем хлорофилла *b*, и повышает содержание каротиноидов у 14–21-дневных растений, что является одной из защитно-приспособительных реакций в ответ на экстремальные воздействия. Показано снижение показателей восстановительной активности хлоропластов растений кукурузы под влиянием солевого стресса. Препарат ивин в биологически активной концентрации оказывает более существенное влияние на структурно-функциональные показатели кукурузы и чистую продуктивность фотосинтеза на фоне засоления по сравнению с препаратом БАП, что подтверждает его протекторное действие.

Ключевые слова: кукуруза (*Zea mays* L.), ивин, 6-БАП, пигменты, восстановительная активность хлоропластов, чистая продуктивность фотосинтеза.

ВВЕДЕНИЕ

Почвенное засоление в настоящее время стало важной проблемой для растениеводства во многих государствах, в том числе для южных регионов Российской Федерации, особенно для Крыма. Площадь засоленных почв РФ включает 23,3 млн га, что составляет 20 % площади сельскохозяйственных угодий России [1].

Особенно важной стороной негативного действия солей на растения является изменение состояния фотосинтетического аппарата и снижение фотосинтетической продуктивности культурных растений в целом [2, 3].

В целях повышения солеустойчивости и продуктивности культурных растений применяются регуляторы роста, которые способствуют адаптации растений к солевому стрессу. К числу таких препаратов относятся синтетические регуляторы роста 6-БАП и ивин (2,6-диметилпиридин-N-оксид), физиологические механизмы защитного действия которых в последнее время активно изучаются. Однако их влияние на пигментный состав фотосинтетического аппарата растений на фоне засоления в литературе практически не освещено.

Целью данной работы явилось изучение адаптирующего действия ивина и 6-БАП в условиях хлоридного засоления на показатели фотосинтетического аппарата растений кукурузы в начальный период онтогенеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования были взяты растения кукурузы (*Zea mays* L.) сорта Краснодарский 280 СВ, широко районированного в Крыму.

Исследования проводили в условиях лаборатории. Семена в количестве 100 штук помещали в кюветы на фильтровальную бумагу, смоченную в растворах в соответствии со схемой опыта: 1 – контроль (отстоянная водопроводная вода); 2 – 100 мМ NaCl; 3 – 100 мМ NaCl + 6-БАП 5 мкг/л; 4 – 100 мМ NaCl + ивин 50 мкг/л [4]. Семена проращивали при температуре 24 °С.

Проросшие семена высаживали в вегетационные сосуды емкостью 2 кг (контрольного варианта – в пресную почву, опытных вариантов – в засоленную). В качестве субстрата для растений контрольного варианта была взята лугово-черноземная почва без признаков засоления в долине реки Салгир. Опытным образцом служила эта же почва, содержащая 0,2 % NaCl на единицу сухой массы почвы.

Засоление моделировалось внесением в сосуды хлорида натрия с поливной водой. Влажность почвы в сосудах поддерживали на уровне 60 % от полевой влагоемкости (ПВ). Температура в лаборатории составляла 24–25 °С, освещенность – 10 кЛК. Продолжительность опыта – 1 месяц.

В ходе эксперимента определяли восстановительную активность хлоропластов, содержание пигментов и чистую продуктивность фотосинтеза растений. Эксперименты проводили в 3-кратной биологической повторностях. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г. Ф. Лакину [5], в таблицах и на рисунках представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные нами исследования показали, что в динамике опыта в контрольном варианте наблюдалось возрастание хлорофилла *a* (Хл *a*), хлорофилла *b* (Хл *b*) и каротиноидов во всех вариантах, что, по-видимому, связано с онтогенетическим состоянием растений (рисунок).

Засоление умеренной концентрации (100 мМ) оказало негативное влияние на содержание хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов в листьях растений кукурузы. Как показывают данные рисунка, под влиянием засоления особенно существенно снизилось содержание Хл *a* у исследуемых растений и, соответственно, уменьшилось и содержание суммы зеленых пигментов по сравнению с контрольным вариантом. Содержание Хл *a* и Хл *b* у растений кукурузы на солевом фоне составило 77,1 % и 78,1 % против контроля. Установленное влияние хлорида натрия на содержание Хл *a* и Хл *b*, по нашему мнению, обусловлено принадлежностью данных растений к C₄-пути фиксации углерода.

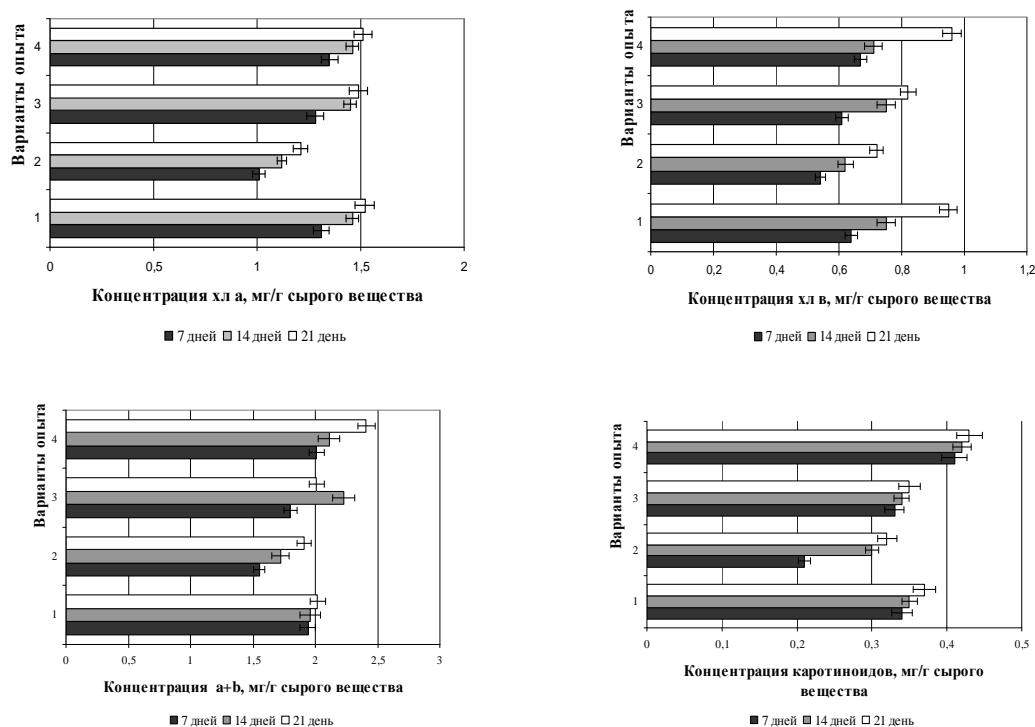


Рис. Влияние засоления и стимуляторов роста на содержание фотосинтетических пигментов и их соотношение в листьях растений кукурузы: 1 – контроль, 2 – 100 мМ NaCl, 3 – 100 мМ NaCl + БАП; 4 – 100 мМ NaCl + ивин.

Содержание в растениях зеленых пигментов зависит от активности ферментов, катализирующих биосинтез и гидролиз пигментных комплексов. Одним из таких пигментов является хлорофиллаза (хлорофилл-хлорофиллид-гидролаза 3.1.1.14.), катализирующая гидролиз эфирной связи между фитолом и С-17³ группой пропионовой кислоты хлорофиллов *a* и *b* с образованием хлорофиллида и фитола. Содержание хлорофилла во многом зависит от активности этого фермента, и под действием стрессовых факторов активность хлорофиллазы повышается [6]. Следовательно, одной из важнейших причин снижения содержания хлорофиллов (в первую очередь Хл *a*) в условиях засоления можно считать активацию фермента хлорофиллазы [2, 3, 7].

Изменения в содержании хлорофиллов в листьях растений на солевом фоне могут быть вызваны разбалансированием процессов синтеза и распада пигментов, а также изменением свойств липопротеидного комплекса мембран хлоропластов [8]. Так как большинство пигментов фотосинтеза является мембраносвязанными, на их активность существенно влияют изменения структуры и физико-химических свойств мембран, наблюдаемые при действии засоления. Показано, что в этих условиях уменьшается текучесть мембран и снижается соотношение белки/липиды, изменяется состав жирных кислот. Кроме того, засоление вызывает изменение

транспортных функций мембран, трансмембранного потенциала и в результате – активности мембраносвязанных ферментов, что приводит к перекисному окислению мембранных липидов, наблюдаемое в этих условиях [3, 7–9].

Как следует из данных рисунка, экзогенные регуляторы роста способствуют повышению содержания хлорофиллов в листьях кукурузы на солевом фоне. В вариантах с регуляторами роста содержание Хл *a* приближается к контролю под действием БАП, в большей степени ивина. Для Хл *b* установлена аналогичная закономерность, с той лишь разницей, что позитивное действие ивина было выражено больше.

Положительное влияние цитокининов распространяется на состояние фотосинтетического аппарата, обмен веществ и структурные компоненты клеток (мембраны тилакоидов) [6, 7]. В результате происходит активация основной функции листа – фотосинтеза. Установлено также, что фитогормоны оказывают регуляторное действие на функции растительной клетки на мембранном уровне. Действие гормонов на мембраны приводит к уменьшению пассивной проницаемости мембран, к изменению функций ионных насосов. Кроме того, фитогормоны регулируют функциональную активность мембран через изменение внутриклеточного метаболизма (окислительное фосфорилирование, рН-стат и др.) [2, 9, 10].

Исследования показали, что синтетический аналог цитокининов БАП в условиях солевого стресса оказал позитивное действие не только на содержание пластидных пигментов в листьях кукурузы, но и на функциональные характеристики системы фотосинтеза (восстановительная активность хлоропластов, чистая продуктивность фотосинтеза).

Следовательно, в основе активации функции роста фитогормонами цитокининовой группы на фоне действия неблагоприятных факторов среды лежит их регуляторное действие на фотосинтетический аппарат, что подтверждает теоретическое предположение о том, что фитогормоны способны включать большие функциональные программы [11].

Наглядно выраженное позитивное действие препарата ивина на пигментный состав кукурузы в условиях солевого стресса можно объяснить характеристикой его свойств. В работе С. П. Пономаренко [4, 12] показано, что 2,6 –диметилпиримидин-N-оксид оказывает физиологическое действие, аналогичное фитогормонам, так как он проявляет ауксиновую и цитокининовую активность, повышает интенсивность процессов транскрипции и трансляции. Было показано также, что экзогенный ивин в условиях засоления оказывает регуляторное действие на транспортные функции мембран, способствует поддержанию ионного гомеостаза клеточных компартментов [8].

На фоне засоления содержание каротиноидов у 7-дневных растений кукурузы уменьшилось на 39,2 % против контрольного варианта. В последующие сроки определения эта разница нивелировалась и составляла 14,2 % у 14-дневных и 13,4 % у 21-дневных растений. На фоне экзогенного препарата БАП содержание каротиноидов было близко к контролю, а на фоне ивина наблюдается весьма существенное увеличение содержания каротина на солевом фоне (рисунок).

Основным критерием функциональных свойств хлоропластов, обеспечивающих их роль в процессе фотосинтеза, является их восстановительная активность [13].

При исследовании восстановительной активности хлоропластов, изолированных из листьев 14-дневных растений кукурузы, выявлено, что на солевом фоне она уменьшалась по сравнению с контролем в 1,3 раза в мезофилле и в 1,2 раза в обкладке (табл. 1). В процессе опыта в варианте 100 NaCl происходит небольшое увеличение данного показателя: в мезофилле восстановительная активность хлоропластов у 21-дневных растений возрастает в 1,3 раза, а в обкладке – в 1,4 раза по сравнению с 7 дневными растениями.

Таблица 1

Влияние ивина и БАП при солевом стрессе на восстановительную активность хлоропластов, изолированных из листьев кукурузы

Количество восстановленного ДХФИФ, ммоль/ г ·chl·час ⁻³				
14-дневные растения				
Варианты опыта	Контроль	100 mM NaCl	100 mM NaCl + БАП	100 mM NaCl + ивин
мезофилл	5,72±0,13	4,58±0,25	5,48±0,37	6,01±0,27
%	100,0	80,1	95,8	105,1
обкладка	3,54±0,01	2,96±0,30	3,01±0,29	3,64±0,12
%	100,0	83,8	85,0	102,8
21-дневные растения				
мезофилл	7,50±0,14	6,17±0,34	7,30±0,35	7,98±0,27
%	100,0	82,3	97,3	106,4
обкладка	4,70±0,04	3,97±0,25	4,09±0,27	4,81±0,30
%	100,0	84,4	87,0	102,3

Увеличение показателя на солевом фоне под действием регуляторов роста наблюдается как у 14-дневных, так и у 21-дневных растений: и в мезофилле, и в обкладке данный показатель в процессе опыта увеличивается в 1,2–1,3 раза.

Как показано, восстановительная активность хлоропластов зависит от работы ферментов электронтранспортной цепи. У растений C₄-пути восстановительная активность в клетках мезофилла зависит от наличия восстановленных эквивалентов НАДФН, что, в свою очередь, определяется активностью ферментов малатдегидрогеназного комплекса [2, 3, 8].

Действие стимулятора роста ивина в динамике увеличивало восстановительную активность хлоропластов на солевом фоне в клетках мезофилла и обкладки в 1,3–1,5 и 1,2–1,3 раза соответственно. На фоне действия БАП показатель более существенно возрастал в клетках мезофилла, и его значение приближалось к контролю.

Таким образом, хлоропласты клеток мезофилла оказались более чувствительными к воздействию засоления и стимуляторов роста, что проявляется в изменении их функциональной активности. Наглядно показано, что препарат ивин более эффективно снимает стрессовое воздействие, о чем свидетельствует возрастание данного показателя по сравнению не только с солевым, но и с контрольным вариантом.

По литературным данным, влияние засоления на восстановительную активность хлоропластов зависит от концентрации соли и продолжительности действия стрессора. Как показали исследования К. Сафарова [3], воздействие фактора низкой напряженности приводит к интенсификации как циклического фосфорилирования, так и к скорости реакции Хилла. Увеличение синтеза АТФ приводит, в свою очередь, к поддержанию активной структуры хлоропластов и повышению интенсивности фотосинтеза [14, 15].

Согласно многочисленным данным большинства исследователей, при влиянии солевого стресса на фотохимическую активность хлоропластов культурных растений наблюдается снижение их восстановительной активности при действии засоления определенной концентрации, что было отмечено на растениях томатов, хлопчатника, ячменя. Показано, что негативное влияние солевого стресса на световые реакции фотосинтеза во многом зависит от концентрации солей и продолжительности их действия [2, 3, 9, 13, 14, 16, 17].

В ходе исследования предполагалось, что адаптирующее действие регуляторов роста на растения на солевом фоне осуществляется в большей мере через их влияние на чистую продуктивность фотосинтеза (по сравнению с непосредственным влиянием на процессы фотосинтеза).

Исходя из данных таблицы 2, под влиянием засоления чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) снижалась у растений кукурузы и составила 93,8–95,4 % против контрольного варианта.

Таблица 2

Определение чистой продуктивности фотосинтеза под влиянием засоления и стимуляторов роста, г сух. в-ва/м²·в сутки

Варианты опыта	14-дневные растения	21-дневные растения
Контроль	3,91±0,3	4,17±0,3
100 мМ NaCl	3,65±0,1	3,96±0,2
100 мМ NaCl +БАП	4,28±0,2	4,35±0,2
100 мМ NaCl+ивин	4,46±0,3	5,02±0,3

Стимуляторы роста ивин и 6-БАП на засолении увеличивали данный показатель. У растений кукурузы на засоленном фоне чистая продуктивность фотосинтеза под влиянием препарата ивин составила 114,1 % и 120,4 % по сравнению с контрольным вариантом. На солевом фоне препарат 6-БАП увеличивал ЧПФ по сравнению с «чистым» засолением, но в меньшей степени, чем препарат ивин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исходя из полученных данных, в листьях растений кукурузы под влиянием солевого стресса (100 мМ NaCl) происходит снижение содержания Хл *a*, *b* и повышение содержания каротиноидов. Действие регуляторов роста на солевом фоне приближает содержание Хл *a*, Хл *b* и каротиноидов в листьях исследуемых растений к контрольному варианту.

В результате полученных исследований выявлено снижение показателей восстановительной активности хлоропластов и чистой продуктивности фотосинтеза растений кукурузы сорта Краснодарский 280 СВ под влиянием солевого стресса. Препарат ивин в биологически активной концентрации оказывает более существенное ($p < 0,01$) влияние на данные показатели на фоне засоления по сравнению с препаратом 6-БАП.

Список литературы

1. Оценка площадей засоленных почв на территории европейской части России (по электронной версии карты засоления почв масштаба 1 : 2,5 млн) / Н. Б. Хитров, Д. И. Рухович, Н. В. Калинина [и др.] // Почвоведение. – 2009. – № 6. – С. 627–637.
2. Алина Б. А. Рибосомы хлоропластов гороха в условиях хлоридного засоления / Б. А. Алина, Л. К. Клышев // Физиология и биохимия культурных растений. – 1992. – Т. 14, № 4 – С. 342–345.
3. Сафаров К. Состояние энергетических функций митохондрий и хлоропластов растений при воздействии экстремальных факторов среды : автореф. дис. на соиск. учен. степени доктора биол. наук: спец. 03.00.12. «Физиология растений», 03.00.04. «Биохимия» / Сафаров К. – Ташкент, 1994. – 44 с.
4. Пат. 57370А Україна, МПК 7А01С1/00 Спосіб передпосівної обробки насіння зернових культур / Кабузенко С. М., Пономаренко С. П., Жижина М. М. Заявник і патентовласник Таврійський національний університет В. І. Вернадського. – № 2002031812; заявл. 05.03.02, опубл. 15.11.2002, Бюл. № 11.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
6. Фомишина Р. Н. Хлорофиллаза при хлоридном хлорозе: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. биол. наук.: спец.: 03.00.12. «Физиология растений» / Р. Н. Фомишина. – Киев, 1984. – 22 с.
7. Влияние синтетических регуляторов роста ивина и БАП на показатели водообмена проростков кукурузы и ячменя на фоне хлоридного засоления / С. Н. Кабузенко, М. Н. Жижина, С. П. Пономаренко [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – № 2. – С. 146–152.
8. Епринцев А. Т. Функционирование малатдегидрогеназной системы в мезофилле и обкладке листьев кукурузы в условиях солевого стресса / А. Т. Епринцев, О. С. Федорина // Физиология растений. – 2007. – Т. 54, № 6. – С. 820–827.
9. Изучение индуцибельных и конститутивных механизмов устойчивости к солевому стрессу у гравилата городского / Н. Л. Радюкина, Ю. В. Иванов, А. В. Карташев [и др.] // Физиология растений. – 2007. – Т. 54, № 5. – С. 692–698.
10. Йонева Ж. Биометрические показатели и осмотический потенциал органов растений в условиях хлоридного засоления / Ж. Йонева, А. Е. Петров-Спиридонов // Известия ТСХА. – 1995. – № 3 – С. 120–125.
11. Троян В. М. Частичная синхронизация клеточного деления в меристематических клетках корней / Троян В. М., Калинин Ф. Л. // Физиология и биохимия культурных растений. – 1991. – Т. 3. – № 1. – С. 26–32
12. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина. Физико-химические свойства и механизм действия / С. П. Пономаренко, Т. К. Николаенко, В. М. Троян [и др.] // Регуляторы роста растений. – К., 1992. – С. 28–53.
13. Кефели В. И. Фотоморфогенез, фотосинтез и рост как основа продуктивности растений. / Кефели В. И. – Пуццино: ЩНТИ ПНЦ АН СССР, 1991. – 134 с.

14. Кабузенко С. Н. Влияние засоления и экзогенных фитогормонов на рост и некоторые физиолого-биохимические функции растений на ранних этапах онтогенеза: авторефер. дис. на соискание уч. степ. д-ра биол. наук: спец. 03.00.12 «Физиология растений» / С. Н. Кабузенко. – К., 1997. – 47 с.
15. Костюк А. Н. Ответная реакция растений на солевой стресс / А. Н. Костюк, А. Н. Остаплюк, Б. А. Левенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26, № 6. – С. 525–541.
16. Структурно-функциональное состояние тилакоидов у галофита *Suaeda altissima* L. в норме и при нарушении водно-солевого режима под действием экстремально высоких концентраций NaCl / Балнокин Ю. В., Куркова Е. Б., Мясоедов Н. А. [и др.] // Физиология растений. – 2004. – Т. 51, № 6. – С. 905–912.
17. Шаркова В. Е. Влияние теплового стресса на структуру тилакоидной системы хлоропластов в клетках зрелых листьев пшеницы / В. Е. Шаркова, П. С. Бубли // Физиология растений. – 1996. – Т. 43, № 3 – С. 409–417.

INFLUENCE OF REGULATORS OF GROWTH ON SOME STRUCTURALLY FUNCTIONAL INDICATORS OF ACTIVITY OF THE PHOTOSYNTHETIC DEVICE OF PLANTS OF CORN IN THE CONDITIONS OF SALINIZATION

Zhizhina M. N., Omelchenko A. V.

*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail: mnzzhizhina@mail.ru*

Studied the effect of synthetic growth regulators – ivin, 6-BAP on the structural and functional parameters of photosynthetic apparatus of maize plants at early stages of ontogenesis in the conditions of salinization.

Set that salinity in the dynamics of the experience at 7–21 day plant decreases to a greater extent the content of chlorophyll *a*, than in chlorophyll *b* and increases the content of carotenoids in the 14–21 day plant, which is one of the protective-adaptive reactions in response to extreme impact. Exogenous growth regulators negate the negative effect of salinity and increase of chlorophyll in leaves of maize. Under the influence of the drug BAP this figure is closer to the control option. The contents of Chl *a* and Chl *b* under the effect of the medicine ivin, even exceed the control saline background.

The salinity indication regenerative activity of chloroplasts isolated from the leaves of 14-day maize plants is reduced in the mesophyll and in the lining. Under the action of the growth regulators ivin and 6-BAP in the salt background there is the increase of a 14-day and 21-day plants. In the process of experience in the mesophyll, and in the lining it increases to 1.2–1.3 times.

The difference in the content of Chl *a* and Chl *b* in the recovery and activity of chloroplasts in leaves of maize plants are closely associated to changes in net productivity of photosynthesis.

So, at influence to salt stress (100 mM NaCl) happen decrease productivity of photosynthesis in 14 and 21 - day plants. Exogenous growth stimulator ivin and 6-BAP on the salinity increased this figure. The effect of drug BAP on the salt background is less than the product ivina. Indicators of neat productivity of photosynthesis under the influence of the drug ivin made 114,1 % of 120.4 % compared to the control variant.

So, the drug ivin in biologically active concentrations (50 mg/l) against salinity (100 mm NaCl) had a more significant impact on the concentrations of Chl *a*, Chl *b* and carotenoids, restorative activity of chloroplasts and neat productivity of photosynthesis of corn in the background salinity, in comparison with a preparation of BAP, which confirms the more pronounced its protective effect.

Keywords: corn (*Zea mays* L.), ivin, 6-BAP, pigments, recovery activity of chlorolayers, net productivity of photosynthesis.

References

1. Hitrov N. B., Ruhovich D. I., Kalinina N. V., Novikova A. F., Pashkova E. I., Chernousenko O. Ocenka ploshhadej zasolennyh pochv na territorii evropejskoj chasti Rossii (po jelektronnoj versii karty zasolenija pochv masshtaba 1 : 2.5 mln.), *Pochvovedenie*, **6**, 627 (2009).
2. Alina B. A., Ribosomy hloroplastov goroha v uslovijah hloridnogo zasolenija, *Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij*, **14**, (4), 342 (1992).
3. Safarov K. *Sostojanie jenergeticheskikh funkcij mitohondrij i hloroplastov rastenij pri vozdeystvii jekstremal'nyh faktorov sredy* : avtoref. dis. na soisk. uchen. stepeni doktora biol. nauk, 44 (Tashkent, 1994).
4. Pat. 57370A Ukraïna, MPK 7A01S1/00 Sposib peredposivnoi obrobki nasinnja zernovih kul'tur / Kabuzenko S. M., Ponomarenko S. P., Zhizhina M. M. zajavnik i patentovlasnik Tavrijs'kij nacional'nij universitet V. I. Vernads'kogo. – № 2002031812; zajavl. 05.03.02, opubl. 15.11.2002, Bjul. № 11.
5. Lakin G. F., *Biometrija* (Moskov, Vyssh. shk., 1990).
6. Fomishina R. N., *Hlorofillaza pri hloridnom hloroze* : avtoref. dis. na soisk. uchen. stepeni kand. biol. Nauk, 22 (Kiev, 1984).
7. Kabuzenko S. N., Zhizhina M. N., Ponomarenko S. P., Vlijanie sinteticheskikh reguljatorov rosta ivina i BAP na pokazateli vodoobmena prorostkov kukuruzy i jachmenja na fone hloridnogo zasolenija, *Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij*, **2**, 146 (2009).
8. Eprincev A. T., Fedorina O. S. Funkcionirovanie malatdegidrogenaznoj sistemy v mezofille i obkladke list'ev kukuruzy v uslovijah solevogo stressa, *Fiziologija rastenij*, **54**, (6) 820 (2007).
9. Radjukina N. L., Ivanov Ju. V., Kartashev A. V., Shevjakova N. I., Rakin Ju. V., Izuchenie inducibel'nyh i konstitutivnyh mehanizmov ustojchivosti k solevomu stressu u gravilata gorodskogo, *Fiziologija rastenij*, **54**, (5), 692 (2007).
10. Joneva Zh., Petrov-Spiridonov A. E., Biometricheskie pokazateli i osmoticheskij potencial organov rastenij v uslovijah hloridnogo zasolenija, *Izvestija TSHA*, **3**, 120 – 125 (1995).
11. Trojan V. M., Kalinin F. L., Chastichnaja sinhronizacija kletohnogo delenija v meristematiceskikh kletkah kornej, *Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij*, **3**, (1). 26 – 32 (1991).
12. Ponomarenko S. P., Nikolaenko T. K., Trojan V. M., Javorskaja V. K., Paladina T. A., Borovikov Ju. Ja., Reguljatory rosta rastenij na osnove N-oksidov proizvodnyh piridina. Fiziko-himicheskie svojstva i mehanizm dejstvija, *Reguljatory rosta rastenij*, 53 (1992).
13. Kefeli V.I., *Fotomorfogenez, fotosintez i rost kak osnova produktivnosti rastenij* (Pushhino, 1991).
14. Kabuzenko S. N., Vlijanie zasolenija i jekzogenykh fitogormonov na rost i nekotorye fiziologo-biohimicheskie funkcii rastenij na rannih jetapah ontogeneza: avtorefer. dis. na soiskanie uch. step. d-ra biol. nauk, 47 (Kiev, 1997).
15. Kostjuk A. N., Ostapljuk A. N., Levenko B. A., Otvetnaja reakcija rastenij na solevoj stress, *Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij*, **26**, (6), 525 (1994)
16. Balnokin Ju. V., Kurkova E. B., Mjasoedov N. A., Lun'kov R. V., Shamsutdinov N. A., Egorova E. A., Buhov N. G., Strukturno-funkcional'noe sostojanie tilakoidov u galofita Suaeda altissima L. V norme i pri narushenii vodno-solevogo rezhima pod dejstviem jekstremal'no vysokih koncentracij NaCl, *Fiziologija rastenij*, **51**, (6), 905 (2004).
17. Sharkova V. E., Bublo P. S., Vlijanie teplovogo stressa na strukturu tilakoidnoj sistemy hloroplastov v kletkah zrelyh list'ev pshenicy, *Fiziologija rastenij*, **43**, (3). 409 (1996).