

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

НАО «КОСТАНАЙСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АХМЕТА БАЙТУРСЫНОВА»

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ УМИРЗАКА СУЛТАНГАЗИНА

АЗИЯ ДАЛАЛАРЫНДАҒЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ ӘРТҮРЛІК

*IV халықаралық ғылыми конференцияның материалдары
(Қазақстан Республикасы, Қостанай қ., 2022 жылдың 14 сәуірі)*



БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ АЗИАТСКИХ СТЕПЕЙ

*Материалы IV международной научной конференции
(14 апреля 2022 г., Костанай, Казахстан)*

BIOLOGICAL DIVERSITY OF ASIAN STEPPES

*Proceedings of the IV International Scientific Conference
(April 14, 2022, Kostanay, Kazakhstan)*

Костанай 2022

УДК 502/504

ББК 20.18

А 30

коллективный труд

А 30 Азия далаларындағы биологиялық әртүрлілік IV халықар. ғыл. конф. Материалдары (Қазақстан Республикасы, Қостанай қ., 2022 жылдың 14 сәуірі) / ғылыми редакторлары Т.М. Брагина, Е.М. Исакаев. – Қостанай: А. Байтұрсынов атындағы ҚОУ, 2022. – 482 с.

Биологическое разнообразие азиатских степей: Материалы IV междунар.научн. конф. (14 апреля 2022 г., г. Костанай, Казахстан) / под научн. редакцией Т.М. Брагиной, Е.М. Исакаева. – Костанай: КПУ им.А.Байтұрсынова, 2022. – 482 с.

Biological Diversity of Asian Steppe. Proceedings of the III International Scientific Conference (April 14, 2022, Kostanay, Kazakhstan) /science editors Т.М. Bragina, Ye. M. Isakaev. – Kostanay: A. Baitursynov KRU, 2022. – 482 pp.

ISBN 978-601-356-141-7

**РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ
РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Жауапты редакторлары:

Брагина Т.М., биология ғылымдарының докторы, профессор

Исакаев Е.М., биология ғылымдарының кандидаты, доцент

Исмуратова Г.С., экономика ғылымдарының докторы, профессор

Ахметов Т.А. педагогика ғылымдарының кандидаты, профессор

Редакция алқасының мүшелері

Баубекова Г.К., педагогикалық білім магистрі; *Рулёва М.М.*, биология магистрі; *Суюндикова Ж.Т.*, биология магистрі; *Бобренко М.А.* биология магистрі; *Коваль В.В.* география магистрі; *Омарова К.И.* география магистрі.

В сборнике опубликованы материалы IV Международной научной конференции «Биологическое разнообразие азиатских степей». В докладах рассмотрены итоги исследований и перспективы сохранения биологического разнообразия степных экосистем, островных и ленточных лесов и водно-болотных угодий степной зоны Евразии, охраны природных территорий и популяций видов особого природоохранного значения, формирования экологической сети и вклада вузов в изучение биоразнообразия, вопросы интеграции естественных наук и образования. Книга предназначена для ученых и практиков, работающих в области изучения и сохранения биологического разнообразия, преподавателей вузов, аспирантов, студентов, работников природоохранных учреждений.

УДК 502/504

ББК 20.18

*Рекомендовано к изданию Ученым советом
Костанайского регионального университета им.А.Байтұрсынова*

*За достоверность предоставленных в сборнике сведений и использованной
научной терминологии ответственность несут авторы статей*



© Костанайский региональный университет
им.А.Байтұрсынова, 2022

© Научно-исследовательский центр проблем
экологии и биологии, 2022

Әдебиеттер тізімі:

1. Айпеисова С. А. Ақтөбе облысының жабайы өсетін пайдалы өсімдіктері. – Ақтөбе, 2017. – 200 б.
2. Айпеисова С.А. Редкие и исчезающие растения Актюбинской области. – Ақтөбе, 2011. – 165 с.
3. Айпеисова С.А. Флористические комплексы Актюбинского флористического округа /Монография/ Ақтөбе, 2016. – 160 с.
4. Базарғалиева А.А., Аралбаев Н.К. Қобда өзені аңғарының табиғи флорасын талдау. – Ақтөбе, 2005. – 150 б.
5. Гельдыева Г.В. Ландшафты Казахстана: учеб. пос. / Г.В. Гельдыева, Л.К. Веселова. – Алма-Ата: Ғылым, 1992. – 175 с.
6. Қазкеев Е.Т. Ырғыз жайылымының флорасы мен өсімдіктері. – Ақтөбе, 2015. – 192 б.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИК ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И
УСТОЙЧИВОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗИСТЕНТНОСТИ РАСТЕНИЙ
К ЗАГРЯЗНИТЕЛЯМ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ (ОБЗОР)**

Development of techniques for using growth and resistance regulators to increase plants' resistance to pollutants of mining and mineral processing (a review)

**М.Ш. Шәріп
M.Sh. Sharip**

*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
e-mail: sharip_margulan@mail.ru*

Аннотация. Қазақстанда пайдалы қазбалар өндірісінің көлемдері өсіп келе жатқандықтан, қоршаған ортаға түсетін ластағыштардың көлемі де өсті. Олар өсімдіктерді күйзеліске ұшыратып, топырақ құнарлығын қалпына келтіруге және оны қалпына келтіруге мүмкіндік бермейді. Бұл жұмыстың мақсаты – өсімдіктердің тау-кен өндірістерінің ластағыштарына төзімділігін арттыру үшін қолданылатын өсу реттеуіштерінің тізіміне шолу жасау.

Түйінді сөздер: өсу реттеуіштері, фитогормондар, цитокининдер, ауксиндер, өсімдіктердің тұрақтылығы, стрессорлар, ластағыштар, топырақ құнарлығын қалпына келтіру.

Аннотация. Из-за растущих объемов добычи полезных ископаемых в Казахстане растет объем загрязнителей, попадающих в окружающую среду. Они подвергают растения стрессу, не давая возможности выполнить восстановление и рекультивацию земель. Цель данной работы выполнить обзор перечня регуляторов роста растений, применяемых для повышения сопротивляемости растений к загрязнителям горно-обогатительных производств.

Ключевые слова: регуляторы роста, фитогормоны, цитокинины, ауксины, резистентность растений, стрессоры, загрязнители, рекультивация земель.

Abstract. Due to the growing volume of mining, the volume of pollutants entering the environment is increasing. They expose plants to a stress, making it impossible to perform land reclamation and restoration. The purpose of this work is to review the list of plant growth regulators used to increase plant resistance to pollutants of mining and mineral processing.

Keywords: growth regulators, plant hormones, cytokinins, auxins, plant resistance, stressors, pollutants, land reclamation.

1. Введение

1.1. Фитогормоны и регуляторы роста растений

Все растения естественным образом вырабатывают гормоны, регулирующие обмен веществ, рост и развитие в ответ на окружающую среду. Фитогормоны производятся в различных местах (например, в почках, листьях, корнях) и перемещаются по всей системе растения, пока не свяжутся с рецепторами и не вызовут реакции в целевых клетках [22, с. 495], [28, с. 845]. Фитогормоны влияют на деление клеток (количество клеток), рост клеток (размер клеток), структуру и функцию клеток (дифференцировку клеток) и обладают способностью контролировать реакцию растения на стресс окружающей среды [8, с. 161]. Они могут иметь множество эффектов и вызывать разные реакции в зависимости от целевых клеток/тканей, стадии развития растения, концентрации относительно других гормонов, доступности питательных веществ и воды, поглощения и хранения, а также от климатических/экологических условий [8, с. 161].

Существует небольшое количество фитогормонов, способных регулировать физиологические процессы растений [8, с. 161], которые изучаются с 1930-х годов для улучшения развития и производства сельскохозяйственных культур [28, с. 845]. Эти фитогормоны существуют в низких концентрациях в тканях растений, что создает большие проблемы при выделении, определении и извлечении подходящих количеств для лабораторных испытаний [28, с. 845]. Применяя синтетические фитогормоны, можно контролировать аналогичные процессы, такие как образование и рост корней, побегов, почек, цветов и плодов [9, с. 123]. Это открытие привело к коммерческому производству синтетических фитогормональных продуктов, также называемых регуляторами роста растений.

Было установлено, что регуляторы роста растений благотворно влияют на прорастание, рост и развитие растений за счет изменения гормональной активности внутри растения [14, с. 1], [15, с. 560]. Факторы, которые контролируют рост растений в ответ на регуляторы роста, включают тип растения, тип регулятора, количество применяемого регулятора, время применения, стадия роста и точка применения регулятора [22, с. 495]. Регуляторы роста растений широко используются в сельском хозяйстве, виноградарстве и садоводстве для улучшения роста в неидеальных или стрессовых условиях (например, низкое плодородие почвы, болезни, короткий вегетационный период) [38, с. 289], и для увеличения урожайности и облегчения сбора урожая (например, предотвращение опадания плодов перед сбором урожая, ускорение созревания и созревания и т. д.) [14, с. 2].

1.2. Проблемы, вызываемые загрязнителями горно-обогатительных производств

Как естественное, так и антропогенное загрязнение земель характерны для всех ландшафтов, они являются основной формой экологического стресса при восстановлении растительных сообществ. Поэтому проводится рекультивация – восстановление земель, нарушенных при природопользовании, до естественного или полезного состояния. При восстановлении среды часто растения подвергаются стрессу из-за нехватки питательных веществ, недостатка верхнего слоя почвы, влажности, а также загрязнителей таких как соли, тяжелые металлы и т.д.

Регуляторы роста растений могут усиливать прорастание, рост, развитие и укоренение семян и саженцев при тепличном производстве растительного сырья, а также во время высаживания растительного материала на восстанавливаемые или рекультивируемые почвы.

В данной обзорной статье сначала будут рассмотрены сами регуляторы роста, чтобы дать представление об их свойствах и потенциале. В конце будут приведены факторы и загрязнители горно-обогатительных производств, при этом к каждому загрязнителю или фактору будет приведен тот или иной регулятор роста растений, который может решить смягчить воздействие данного фактора.

2. Типы регуляторов роста растений

Существует пять основных типов регуляторов роста растений, включая ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен и абсцизовую кислоту. Было обнаружено, что недавно открытые регуляторы роста растений, включают brassinosteroids и жасмонаты, контролируемые фитогормональные функции [28, с. 845].

2.1. Ауксины

Ауксины – это низкомолекулярные органические фитогормоны, участвующие во всех аспектах роста и развития растений, включая регуляцию морфогенеза и стимуляцию или контроль деления и удлинения клеток [10, с. 175], [32, с. 741]. Органические и полярные по своей природе, ауксины могут мигрировать внутри растения через сосудистую ткань растения [10, с. 175]. В литературе предполагается, что ауксины синтезируются как в меристематических областях, так и в растущих органах. Концентрация наиболее высока в листьях, почках и концах ветвей, а наименьшая – в корнях. В результате ауксины наиболее распространены в молодых растениях (т.е. сеянцах, побегах) и играют большую роль в раннем развитии растений [10, с. 175].

Поскольку на них напрямую влияет свет, ауксины ответственны за фототропизм (рост растения в ответ на свет); однако ауксины также влияют на апикальное доминирование, зарождение боковых корней, развитие сосудов и гравитропизм [28, с. 845], [7, с. 2]. Было обнаружено, что ауксины взаимодействуют с абсцизовой кислотой и салициловой кислотой, чтобы регулировать рост во время адаптации растений к абиотическому стрессу [25, с. 306].

Было обнаружено, что разные части растений (например, побеги, почки, корни) по-разному реагируют на ауксины. Следовательно, тип и концентрация ауксина, выбранного для улучшения роста растений, должны зависеть от вида растения, скорости поглощения и транспорта в целевые ткани, существующих естественных уровней ауксинов в растении, чувствительности к ауксинам, скорости метаболизма и взаимодействия между гормонами. внутри растения [10, с. 176].

2.2. Цитокинины

Цитокинины – это фитогормоны, которые естественным образом вырабатываются в развивающихся или меристематических тканях и органах (т.е. на верхушках побегов, незрелых органах, кончиках корней) [24, с.4]. Существует около 20 природных цитокининов растений [4, с. 351]. Хотя их конкретный механизм действия остается неизвестным [10, с. 200], влияние цитокининов на рост и развитие растений очевидно. Цитокинины имеют решающее значение для деления растительных клеток, поскольку они напрямую регулируют синтез белков, участвующих в митозе. В отсутствие цитокининов клеточный цикл заходит в тупик [10, с. 201]. Цитокинины противодействуют ауксинам в апикальном доминировании и способствуют боковому росту растений, что приводит к образованию боковых побегов и корней [28, с. 845]. Стимулируя деление клеток, синтез белка, увеличение клеток, старение и транспорт аминокислот в растениях, цитокинины способствуют образованию побегов из междоузлий, способствуют созреванию хлоропластов, высвобождают почки из состояния покоя, инициируют образование каллуса и увеличивают распространение толстых узлов корней [14, с. 3], [10, с. 175]. Помимо стимуляции роста корней, цитокинины также увеличивают скорость роста корней [4, с. 352]. В результате цитокинины играют важную роль на протяжении всего жизненного цикла растения.

Также было обнаружено, что цитокинины регулируют реакцию растений на свет, питательные вещества, доступность воды, абиотические и биотические стресс-факторы. Они делают это, предотвращая клеточную деграцию, сигнализируя о синтезе белка и усиливая защитные ферменты, такие как антиоксиданты [4, с. 353].

2.3. Гиббереллины

Гиббереллины являются эндогенными регуляторами роста растений, биосинтезируемыми как за счет воздействия роста, так и за счет воздействия окружающей среды [16, с. 77]. Гиббереллины изначально были выделены из гриба *Gibberella* и с тех пор были обнаружены в различных активно растущих тканях растений [12, с. 2]. Гиббереллины названы в соответствии с порядком их обнаружения (ГК1-ГК7); наиболее часто производимым и используемым гиббереллином является гибберелловая кислота (ГК3) [12, с. 2].

Хотя место биосинтеза и прямой механизм действия остаются неясными, гиббереллины могут контролировать удлинение клеток, удлинение междоузлий стебля, удлинение листьев травы и деление клеток в побегах растений путем прямой стимуляции синтеза рибонуклеиновой кислоты и белка [13, с. 7232], [17, с. 31]. Следовательно, гиббереллины способствуют продольному росту в ответ на свет, меристематическое развитие тканей [12, с. 2].

Было обнаружено, что пыльца является богатым источником гиббереллинов [12, с. 3]. Исследователи обнаружили, что гиббереллины также обладают способностью регулировать плодородие, рост и развитие цветков. Было показано, что у аномальных растений без жизнеспособной пыльцы прямое применение биоактивных гиббереллинов приводит к развитию нормальных цветов [12, с. 3]. Гиббереллины также были классифицированы как эндогенные гормоны, регулирующие рост, синтезируемые семенами и непосредственно участвующие в нарушении покоя семян [35, с. 7], [36, с. 137]. В частности, было обнаружено, что гиббереллины индуцируют гидролитические ферменты и питательные вещества, увеличивая потенциал роста прорастающих семян [28, с. 845], [12, с. 3]. Было показано, что гибберелловая кислота эффективна для снижения и даже обращения вспять эффектов водного стресса во время прорастания и роста проростков [17, с. 31].

Кроме того, было отмечено, что гибберелловая кислота (ГК3) смягчает неблагоприятное воздействие солевого стресса на соевые бобы, восстанавливая нормальный рост и развитие [35, с. 9]. Исследователи предположили, что ГК3 напрямую противодействует засолению, улучшая проницаемость мембран и уровень питательных веществ, обеспечивая непрерывный рост и развитие растений [35, с. 9].

2.4. Абсцизовая кислота

Абсцизовая кислота считается критически важной из-за ее роли в контроле и интеграции стрессовых сигналов и реакций во время изменения окружающей среды и физиологических условий [36, с. 137]. Абсцизовая кислота биосинтезируется, когда растения подвергаются абиотическому стрессу окружающей среды, включая засуху, низкие и высокие температуры, засоление и наводнения. Выработка абсцизовой кислоты вызывает акклиматизацию растений и устойчивость к стрессу [36, с. 137], [23, с. 3]. Было также обнаружено, что абсцизовая кислота вырабатывается некоторыми фитопатогенными грибами, такими как *Sergospora rosicola* и *Botrytis cinerea*. Абсцизовая кислота, вырабатываемая *B. cinerea*, в настоящее время производится для экзогенного применения в растениях [28, с. 845].

Выработка эндогенной абсцизовой кислоты в растениях часто связано с замедлением общего роста растений и изменениями как проницаемости клеточных мембран, так и поглощения воды/питательных веществ [17, с. 31], [23, с. 3]. Известно, что во время засух абсцизовая кислота ответственна за изменение устьичной проводимости молекул воды листьями, что приводит к снижению межклеточной потери воды и транспирации [28, с. 845], [23, с. 3]. Для этого абсцизовая кислота сигнализирует о замыкающих клетках, которые непосредственно вызывают закрытие устьиц [36, с. 138]. Когда условия окружающей среды способствуют прорастанию и росту семян, абсцизовая кислота помогает семенам преодолевать стрессовые условия и прорасти [36, с. 138].

В отсутствие абсцизивой кислоты растения, подвергающиеся постоянному негативному воздействию окружающей среды, увядают, замедляют рост и в конечном итоге умирают [36, с. 138].

Известно, что уровни абсцизовой кислоты быстро повышаются в тканях растений в ответ на абиотический стресс, активируя сигнальные пути и изменяя выражение генов, улучшая адаптацию растений к условиям окружающей среды [23, с. 3]. Было обнаружено, что внеклеточное применение абсцизовой кислоты, обычно в виде спрея, имитирует эффект стрессового состояния, вызывая дальнейший биосинтез абсцизовой кислоты растением через β -каротин и несколько ферментативных стадий [36, с. 138], [37, с. 597].

2.5. Этилен

Этилен вырабатывается всеми живыми тканями растений, участвующими в регуляции роста растений. Было обнаружено, что влияние на рост и развитие различается в зависимости от растения и связанных с ним уровней ауксинов, абсцизовой кислоты, цитокининов, углекислого газа и света [10, с. 190]. Этилен считается фитогормоном «старения» из-за его роли в созревании растений [33, с. 2]. Было показано, что у некоторых растений производство этилена является побочным продуктом активно делящихся клеток и связано с регуляцией размера клеток [10, с. 191].

Выработка этилена также связана с увеличением количества ауксинов растительного происхождения [31, с. 8], поскольку он необходим для биосинтеза, транспорта и метаболизма ауксина. Сообщалось также, что этилен увеличивается в корнях растений в ответ на высокий уровень цитокининов [23, с. 5].

Было обнаружено, что этилен играет множество ролей в растениях, в том числе: способствует созреванию плодов, цветению и общему росту растений; регулирование размера клеток, деления клеток и образования столонов; стимуляции роста корней; и снижению вторичных метаболитов [33, с. 3]. Производство этилена также связано со стрессом, таким как засоление, токсичность, засуха и повреждение растений [29, с. 177]. Исследователи обнаружили, что под воздействием засухи концентрация этилена в проростках сосны Банка увеличивалась почти на 350% [29, с. 178]. Мониторинг уровня этилена в растении может дать полезную информацию об уровне стресса у растений.

2.6. Брассиностероиды

Голосеменные, однодольные, двудольные и водоросли могут биосинтезировать стероиды, обладающие способностью действовать как фитогормоны. Эти стероиды влияют на рост и развитие растений, они называются брассиностероидами [19, с. 443]. На сегодняшний день определено более 60 видов брассиностероидов в составе растений; из них только 29 были охарактеризованы [6, с. 11].

Брассиностероиды считаются повсеместными в царстве растений; однако концентрации в тканях растений чрезвычайно низкие [30, с. 1240]. Утверждается, что брассиностероиды были активны в растениях бобов и риса в дозах 10 и 0,5 нг соответственно [30, с. 1240]. Следовательно, для наблюдения желаемого положительного воздействия на рост растений необходимо применение небольших концентраций [19, с. 445]. Например, 5–50 мг/га – необходимая концентрация для наружного применения на активно растущих сельскохозяйственных растениях [19, с. 445]. Из-за высокой стоимости извлечения этих малых концентраций синтетические аналоги брассиностероидов были разработаны и запатентованы для практического использования.

2.7. Жасмонаты

Было обнаружено, что тип и концентрация жасмоната в растительной ткани варьируются в зависимости от типа ткани или клеток, стадии развития растения и условий окружающей среды [5, с. 1213].

Их содержания были измерены у более чем 206 видов растений, включая папоротники, мхи и грибы, и считаются повсеместными во всем царстве растений [26, с. 58]. Самые высокие концентрации были измерены у высших растений и у растений, которые испытывают стресс. Биосинтез жасмоната был описан как рецепторно-опосредованный процесс, являющийся следствием повреждения мембраны и высвобождения линоленовой кислоты [5, с. 1215], [20, с. 6].

Сообщалось, что жасмонаты перемещаются по растению в жидкой или паровой фазе, влияя на различные аспекты роста и развития растений [5, с. 1217]. Одно исследование показало, что концентрация жасмоната увеличивается в семенах, которые пытаются впитать воду [5, с. 1218]. В других исследованиях сообщалось об увеличении концентрации жасмоната, когда растения подвергались атакам насекомых и болезням [26, с. 61]. Следовательно, предполагается, что размножающиеся растения и растения, испытывающие абиотический или биотический стресс, физические повреждения, вырабатывают жасмонаты.

Другие исследователи обнаружили, что есть прямая польза от производства жасмоната во время биотического стресса. В частности, растения производят жасмонат в ответ на травму, чтобы помочь защититься от укусов насекомых и патогенов [23, с. 7]. В результате жасмонаты могут играть важную роль в устойчивости к насекомым и болезням за счет выработки системных сигнальных молекул, которые взаимодействуют с рецепторами на плазматической мембране [5, с. 1219]. Выработка жасмонатов приводит к выработке противогрибковых белков; эти барьеры против инфекции также повышают устойчивость к грибкам при экзогенном применении [5, с. 1221].

3. Применение регуляторов роста растений против загрязнителей горно-обогатительных производств

Исследований и литературы по использованию регуляторов роста растений в рекультивации очень мало. В следующем разделе излагаются некоторые ключевые вопросы рекультивации и потенциального применения регуляторов роста растений в рекультивации и в борьбе с влиянием от загрязнителей и негативных факторов горно-обогатительных производств.

3.1. Загрязнение почв солями и тяжелыми металлами

Выбросы соли в наземные экосистемы часто происходят в связи с антропогенной деятельностью, такой как добыча металлов, нефти и газа, переработка соли или песка, стоки с дорожных настилов и транспортировка солевых материалов для промышленного использования [11, с. 425], [39, с. 172], [40, с. 675]. Первичной солью, связанной с пластовой водой, является хлорид натрия, которая в основном попадает в окружающую среду из-за отвалов пород, разрывов трубопроводов и утечек. Это часто приводит к образованию засоленных почв [40, с. 678].

Засоленные почвы также существуют естественным образом по всему ландшафту, что является результатом одного или нескольких факторов почвообразования: засоленного и содержащий натрий коренной породы; низкого рельефа, разгрузки соленых и неглубоких грунтовых вод [21, с. 891]. Засоленность считается одним из самых серьезных факторов экологического стресса для растений [39, с. 172], [3, с. 234]. Прорастание семян и ранний рост проростков – это физиологические процессы, на которые сильнее всего влияет воздействие солей [27, с. 128], которое в конечном итоге влияет на выживаемость в засоленных почвах. Исследования показали, что даже низкие концентрации соли вызывают состояние покоя у растений, снижая скорость прорастания [18, с. 40], [34, с. 31].

Цитокинины в концентрации более 30% использовались в качестве агента для обработки семян и развития корней, чтобы снизить стресс от засоленной почвы [4, с. 352]. Исследования показали, что обработка семян может улучшить всхожесть семян, обеспе-

чить более быструю и синхронизированную скорость прорастания [2, с. 6]. Обработка семян может смягчить или противодействовать неблагоприятному влиянию засоленности на прорастание и рост проростков, способствуя накоплению калия и кальция. Оно снижает осмотический потенциал растения и увеличивает водопоглощение [1, с. 369].

4. Выводы и дальнейшая работа

Преимуществом регуляторов роста растений является их эффективность для роста и развития растений. Это дает потенциальные возможности для применения регуляторов роста растений в рекультивации, экологическом восстановлении и мелиорации. Данные о регуляторах роста растений можно использовать для испытаний при разработке различных методик, в зависимости от ландшафта и условий окружающей среды, сроков применения и целей восстановления растительного покрова.

В целом, в литературе показано, что регуляторы роста растений улучшают прорастание, укоренение, рост и развитие растений. Однако существует ограниченное количество исследований по применению регуляторов роста растений для повышения эффективности рекультивации, включая озеленение, восстановление и мелиорацию почв. Выполненные на сегодняшний день фундаментальные и прикладные исследования по регуляторам роста растений предполагают, что имеющиеся виды фитогормонов, применяемых для сельского хозяйства, могут быть подходящими для использования при рекультивации. Это включает обработку или подготовку семян; пересадку рассады, обеспечение усиленного роста, снижение стресса и сокращение воздействия болезней и насекомых на укоренившуюся растительность.

Использование значительных возможностей регуляторов роста растений в тепличных и полевых условиях потребует дополнительных исследований и доказательств. По-прежнему требуется много фундаментальных и прикладных исследований по нормам внесения регуляторов роста растений, методикам по отдельным травам, разнотравьям, кустарникам и деревьям, а также по видам травосмесей, обычно используемых при рекультивации. Поскольку коммерчески доступные продукты еще не используются для рекультивации, также неизвестно, как общественность и регулирующие органы воспримут применение регуляторов роста растений на отведенных под восстановление территорий. Это открывает уникальные возможности для исследований и взаимодействия с заинтересованными сторонами.

Поскольку регуляторы роста растений, исследованные в этом обзоре литературы, были определены как повсеместно распространенные во всем царстве растений, преимущества их применения, вероятно, применимы к местным видам, обычно используемым для восстановления окружающей среды на разных ландшафтах. Эти регуляторы роста растений могут иметь потенциал применения и коммерциализации в проектах по рекультивации в Республике Казахстан. Поскольку использование регуляторов роста растений для рекультивации является новой областью, потребуются фундаментальные исследования, чтобы собрать массу доказательств для коммерциализации методик и получения разрешений регулирующих органов.

Список литературы:

1. Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora Morphol. Distrib. Funct. Ecol. Plants* 199, pp. 361–376.
2. Beckers, Gjm, Conrath, U., 2007. Priming for stress resistance: from the lab to the field. *Curr. Opin. Plant Biol.* 10, pp. 1–7.
3. Bibha, R., Sharma, V.K., 2015. Standardization of methodology for obtaining the desired salt stress environment for salinity effect observation in rice seedlings. *Int. J. Environ. Sci.* 6, pp. 232–236.
4. Carrow, R.N., Duncan, R.R., 2012. Best management practices for saline and sodic turf-grass soils: assessment and reclamation. *CRC Press, Boca Raton, Fl*, pp. 350–355.

5. Creelman, R.A., Mullet, J.E., 1997. Oligosaccharins, brassinolides, and jasmonates: non-traditional regulators of plant growth, development, and gene expression. *Plant Cell* 9, pp. 1211–1223.
6. Davies P. J. (ed.). *Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology*. – Springer Science & Business Media, 2013. – p. 11.
7. Davies, P.J., 1995. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. In: *Plant Hormones, Physiology, Biochemistry, and Molecular Biology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1–5.
8. Ferguson, L., Grafton-Cardwell, E.E., 2014. *Citrus production manual*. University of California, Agriculture and Natural Resources, Richmond, CA. Fine Americas, pp. 161-182
9. Flasiński, M., Hac-Wydro, K., 2014. Natural vs synthetic auxin: studies on the interactions between plant hormones and biological membrane lipids. *Environ. Res.* 133, pp. 123–134.
10. George, E.F., Hall, M.A., De Klerk, G., 2008. Plant growth regulators I: introduction; auxins, their analogues and inhibitors. In: Springer, Netherlands (Ed.), *Plant Propagation by Tissue Culture 3rd ed.* The Netherlands, Dordrecht, pp. 175–204.
11. Greenberg, B., Huang, Z., Gerhardt, K., Mosley, P., Yu, X., Liddycoat, S., Lu, X., McCallum, B., MacNeill, G., Knezevich, N., Hannaberg, M., Gerwing, P., Obal, T., Chubb, B. Phytoremediation of petroleum and salt impacted soils: a scientifically-based innovative remediation process //Proceedings of the 35th AMOP Technical Seminar on Environmental Contamination and Response, Vancouver, BC, Canada. Environment Canada, Ottawa. – 2012. – pp. 420-433.
12. Gupta R, Chakrabarty SK. Gibberellic acid in plant: still a mystery unresolved. *Plant Signal Behav.* 2013; 8(9): e25504. doi:10.4161/psb.25504.
13. Hamayun, M., Khan, S.A., Khan, A.L., Shin, J., Ahmad, B., Shin, D., Lee, I., 2010. Exogenous gibberellic acid reprograms soybean to higher growth and salt stress tolerance. *J. Agric. Food. Chem.* 58, pp. 7226–7232.
14. Harms C. L., Oplinger E. S. *Plant growth regulators: their use in crop production*. – 1988. – pp. 1-5
15. Hopkins, W.G., Hüner, N.P., 2004. *Introduction to plant physiology*, 3rd edition. John Wiley and Sons Inc. p. 560.
16. Iqbal, M., Ashraf, M., 2013. Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. *Environ. Exp. Bot.* 86, pp. 76–85.
17. Kaur, S., Gupta, A.K., Kau, N., 1998. Gibberellic acid and kinetin partially reverse the effect of water stress on germination and seedling growth in chickpea. *Plant Growth Regul.* 25, pp. 29–33.
18. Қһан M.A., Khan M.A., Weber D.J. (ed.). *Ecophysiology of high salinity tolerant plants*. – Springer Science & Business Media, 2006. – p. 40.
19. Khripach, V., Zhabinskii, V., De Groot, A., 2000. Twenty years of brassinosteroids: steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century. *Ann. Bot.* 86, pp. 441–447.
20. Meyer, A., Miersch, O., Buttner, C., Dathe, W., Sembdner, G., 1984. Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plants. *J. Plant Growth Regul.* 3, pp. 1–8.
21. Miller, J.J., Brierley, J.A., 2011. Solonchaks soils of Canada: Genesis, distribution, and classification. *Can. J. Soil Sci.* 91, pp. 889–902.
22. Mitchell, J.W., 1942. *Plant-growth regulators*. Department of Agriculture., Misc. Pub, U.S., pp. 495.
23. O'Brien, J.A., Benkova, E., 2013. Cytokinin cross-talking during biotic and abiotic stress responses. *Front. Plant Sci.* 4, pp. 1–11.
24. Osugi, A., Sakakibara, H., 2015. Q&A: how do plants respond to cytokinins and what is their importance. *BMC Biol.* 13, pp. 1–10.
25. Park, C., 2007. Auxin homeostasis in plant stress adaptation response. *Plant Signaling Behav.* 24, pp. 306–307.
26. Parthier, B., 1990. Jasmonates: hormonal regulators or stress factors in leaf senescence? *J. Plant Growth Regul.* 9, pp. 57–63.
27. Patade, V.Y., Maya, K., Zakwan, A., 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. *Res. J. Seed Sci.* 4, pp. 125–136.

28. Rademacher, W., 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *J. Plant Growth Regul.* 34, pp. 845–872.
29. Rajasekaran, L.R., Blake, T.J., 1999. New plant growth regulators protect photosynthesis and enhance growth under drought of jack pine seedlings. *J. Plant Growth Regul.* 18, pp. 175–181.
30. Rao, S.S.R., Vardhini, B.V., Sujatha, E., Anuradha, S., 2002. Brassinosteroids – a new class of phytohormones. *Curr. Sci.* 82, pp. 1239–1245.
31. Reinecke, D.M., 1999. 4-Chloroindole-3-acetic acid and plant growth. *Plant Growth Regul.* 4, pp. 3–13.
32. Saini, S., Sharma, I., Kaur, N., Pati, P.K., 2013. Auxin: a master regulator in plant root development. *Plant Cell Rep.* 32, pp. 741–757.
33. Schaller, G.E., 2012. Ethylene and the regulation of plant development. *BMC Biol.* 10, pp. 1–3.
34. Shannon, M.C., Grieve, C.M., 1999. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Sci. Hortic.* 78, pp. 5–38.
35. Tuna, A.L., Kaya, C., Dikilitas, M., Higgs, D., 2008. The combined effects of gibberellic acid and salinity on some antioxidant enzyme activities, plant growth parameters and nutritional status in maize plants. *Environ. Exp. Bot.* 62, pp. 1–9.
36. Tuteja, N., 2007. Abscisic acid and abiotic stress signaling. *Plant Signaling Behav.* 2, pp. 135–138.
37. Watts, S., Rodriguez, J.L., Evans, S.E., Davies, W.J., 1981. Root and shoot growth of plants treated with abscisic acid. *Ann. Bot.* 47, pp. 595–602.
38. Weintraub, R.L., Norman, A.G., 1949. Plant growth-regulators. *Econ. Bot.* 3, pp. 289–298.
39. Wu, S.S., 2009. Enhanced phytoremediation of salt-impacted soils using plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). Masters Thesis. University of Waterloo, Waterloo, ON. p. 172.
40. Young, M.A., Rancier, D.G., Roy, J.L., Lunn, S.R., Armstrong, S.A., Headley, J.V., 2011. Seeding conditions of the halophyte *Atriplex patula* for optimal growth on a salt impacted site. *Int. J. Phytorem.* 13, pp. 674–680.