УДК 547.541.2 DOI: 10.69537/VKNIIRAN. 2024.19.4.002

ПРИМЕНЕНИЕ АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

© **Мамедов Джалал Ш. оглу (a), Султанова Джамиля Фахрад гызы (b)**

(a) Институт Нефтехимических процессов Министерства Науки и Образования Азербайджана, доктор биологических наук, зав. лабораторией «Биологически активные природные соединения», mammadov_dj@mail.ru, Баку
(b) Институт Нефтехимических процессов Министерства Науки и Образования Азербайджана, докторант, н.с. лаборатории «Биологически активные природные соединения», djamasultanova23@gmail.com, Баку

Аннотация. Аммонийные соли различных кислот в последнее время нашли широкое применение в качестве регуляторов и стимуляторов роста растений. Некоторые аммонийные соли, такие сульфат и нитрат аммония издавна используются в качестве достаточно дешевых азотных удобрений. Однако впоследствии экспериментально было установлено, что аммонийные соли способны оказывать также рост стимулирующие свойства на растения. В этой работе нами рассмотрены результаты исследований в области применения аммонийных солей в качестве регуляторов роста растений, а также показаны результаты собственных исследований авторов.

Ключевые слова: аммонийные соли, ростовые вещества, стимуляторы роста, фитогормоны, регуляторы роста растений.

USE OF AMMONIUM SALTS AS PLANT GROWTH REGULATORS

© **Mammadov Jalal Sh. (a), Sultanova Jamila Fakhrad (b)**

(a) Institute of Petrochemical Processes of Ministry of Science and Education of Azerbaijan doctor of biological sciences, head of laboratory «Biologically active natural compounds», mammadov_dj@mail.ru
(b) Institute of Petrochemical Processes of Ministry of Science and Education of Azerbaijan doctoral student, researcher of laboratory «Biologically active natural compounds», djamasultanova23@gmail.com

Abstract. Ammonium salts of various acids have recently found wide use as plant growth regulators and stimulants. Some ammonium salts, such as ammonium sulfate and ammonium nitrate, have long been used as fairly cheap nitrogen fertilizers. However, it was later experimentally established that ammonium salts are also capable of exerting growth-stimulating properties on plants. In this work, we reviewed the results of research in the field of using ammonium salts as plant growth regulators, and also showed the results of the authors' own research.

Key words: ammonium salts, growth substances, growth stimulants, phytohormones, plant growth regulators.

Соли аммония получили широкое распространение для применения в качестве регуляторов роста растений. Исследования в этой области интенсивно развиваются и нахождение новых областей применения аммонийных солей в агрономической практике, а также эффективное их применение в качестве фитогормонов и стимуляторов роста растений получили бурное развитие на современном этапе. Нами рассмотрены наиболее основные результаты исследований, проведенных в этой области. Так, в работе [1] рассматриваются результаты исследований по получению аммонийных солей кислот растительных масел, полученных путем гидролиза кукурузного масла в щелочной среде и испытания их влияния на семенах гороха. Для получения кислоты на основе кукурузного масла в трехгорлую колбу добавляли кукурузное масло и такое же количество воды, к 1 молю кукурузного масла добавляли 3 моль 20% NaOH при температуре 45-50°C с последующим повышением температуры смеси до 95-98°C и перемешиванием в течение 8-10 ч при той же температуре. На следующем этапе получали аммонийные соли кислоты кукурузного масла. Полученные соли были испытаны в качестве регуляторов роста на семенах гороха. Для этого были приготовлены 0,001 и 0,0001% растворы этих солей и апробированы на семенах гороха. Семена хранились в растворах и, как контрольный вариант, в дистиллированной воде в течение 24 часов, а затем переносились в чашку Петри. Образцы с более высокими результатами были высажены в пластиковые горшки, заполненные почвой, и наблюдался рост растений.

Сообщается [2], что регулятор роста растений 2-метил-4-хлорфеноксиуксусная кислота (MCPA) взаимодействует с рядом поверхностно-активных соединений, распределенных в виде монослоев в ванночке Ленгмюра, для изучения факторов, участвующих в его механизме действия на растение. При использовании четвертичной аммониевой соли $C_{18}H_{37}N^{+}(CH_3)_3Cl^{-}$ было установлено, что MCPA взаимодействует в ионной форме при pH выше 4,0. Она также взаимодействует в низкой концентрации с длинноцепочечными аминами и кетонами. Оценки адсорбции MCPA на монослоях белка, липоида, липопротеина и, наконец, на монослоях, полученных непосредственно из растительной ткани, подтверждают предположение о том, что в основе видовой чувствительности может лежать степень его адсорбции на участках, не заинтересованных в физиологической реакции.

Многие биологически активные кислоты можно легко перевести в ионную форму и объединить с соответствующим катионом четвертичного аммония для улучшения их прикладных свойств или биологической активности [3]. В данной работе описан синтез новых солей четвертичного аммония с анионами гиббереллиновой кислоты, обычного регулятора роста растений из группы гиббереллинов, или L-триптофана, важного предшественника биосинтеза ауксина. Источниками катионов были поверхностно-активный ион тетрапентиламмония и природные вещества, такие как ацетилхолин, холин и хинин. Новые соли гиббереллиновой кислоты и L-триптофана получены с высокими выходами, превышающими 97%, в результате реакции метатезиса или нейтрализации гидроксидов четвертичного аммония. Для всех полученных солей определены температуры фазового перехода, термическая и химическая стабильность, растворимость в растворителях различной полярности. На основании исследований влияния синтезированных солей на послеуборочную долговечность и качество листьев *Convallaria majalis* установлено, что биологическая активность природных растительных регуляторов в большинстве случаев сохраняется. Таким образом,

можно сделать вывод, что перевод действующего вещества в форму четвертичной аммониевой соли приводит к получению новых форм регуляторов роста растений с благоприятными физико-химическими свойствами при сохранении эффективности биологически активных веществ.

Разработан простой, эффективный и экологически безопасный метод синтеза биопрепаратов на основе индол-3-масляной кислоты и аминокислот глицина-бетаина или холина [4]. Спектральный анализ и молекулярные расчеты были использованы для определения того, являются ли продукты солями аммония или бинарными смесями. Более того, было замечено, что соли аммония под воздействием света разлагаются быстрее, чем бинарные смеси. Структура продуктов существенно повлияла на их термическую стабильность и фазовые переходы. Биологические исследования убедительно показали, что синтезированные продукты более эффективны, чем эталонный коммерческий препарат, в качестве средства для корнеобразования и имеют значительный потенциал в качестве новых биологически активных средств с низким воздействием на окружающую среду.

С целью получения потенциальных регуляторов роста растений, в работе [5] синтезированы аммонийные соли бензойных кислот с этаноламином. Известно, что наличие в молекуле ароматического ядра и карбоксильной группы или ее функциональных производных определяет растительно-стимулирующую активность ауксина. Исходя из этого утверждения, авторами предполагалось получить некоторые новые ауксины.

В патенте [6] предложено новое средство регулирования роста растений, содержащее смесь четвертичной аммонийной соли и производного фосфоновой кислоты, которое способно замедлять рост в высоту некоторых злаком и трав.

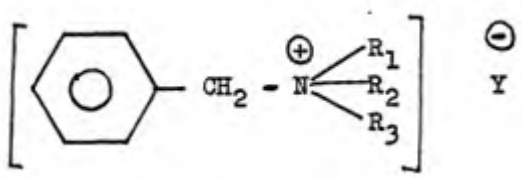
В работе [7] отбирали 1,0 г навески водорастворимого удобрения и добавляли 80 мл воды. Смесь растворяли ультразвуком в течение 10 мин, объем полученного раствора доводили до 100 мл, а затем фильтровали через фильтрующую мембрану с размером пор 0,22 мкм. Смесь 0,4% (φ) раствора триэтиламина (доводя pH до 6,0 с помощью уксусной кислоты) и ацетонитрила в объемном соотношении 90:10 использовали для разделения 3 четвертичных аммониевых солей регуляторов роста растений, включая холинхлорид, хлормекват и мепикватхлорид. из фильтрата на колонке CNWSIL SCX. Выделенные целевые соединения обнаруживали детектором по испарительному светорассеянию. Температура испарения и температура распыления были установлены на 80 ℃, расход распыляющего газа составлял 1,8 л/мин, а значение коэффициента усиления составляло 8. Как показали результаты, линейные зависимости между логарифмическими значениями массовой концентрации и соответствующей площадью пика Регуляторы роста растений на основе четвертичных аммониевых солей были обнаружены в том же диапазоне 20-200 мг/л, с теми же пределами обнаружения 4 мг/л.

Суспензионные культуры клеток сои выращивали на определенных средах с применением солей аммония в качестве единственного источника азота в цикле Кребса и добавили кислоты [8]. Удовлетворительный рост был получен при использовании аммониевыех солей цитрата, малата, фумарата или сукцината, по сравнению с обычной средой, содержащей нитраты и аммоний. Рост был незначительным или отсутствовал вообще, когда использовали аммониевые соли шикимата, тартрата, ацетата, карбоната или сульфата Клетки также хорошо росли с L-глутамином как источником азота. Удельная активность глутаминсинтетазы и изоцитратдегидрогеназы (никотинамидадениндинуклеотидфосфата) была

ниже, чем в выращенных клетках на нитратной среде, но ионы аммония усиливали активность глутаматдегидрогеназы.

В работе [9] было проведено полевое исследование с целью определения влияния стимуляторов роста и замедлителей роста растений, вносимых в листву, на повышение эффективности использования почвенных серных удобрений при выращивании хлопка в течение двух лет подряд в 2014 и 2015 годах. Экспериментальные испытания включали три различных источника серы (сульфат аммония, калий сульфат и элементарная сера) и опрыскивание листьев стимулятором роста растений и замедлителем роста, включая водопроводную воду, которую использовали в качестве контроля. Среди обработок почвы сульфат аммония с нанесенной на листву аминокислотой обеспечил максимальную высоту растений, симподиальные ветви, количество стручков на растение, урожайность семенного хлопка, выход волокна, биологический выход, содержание белка, содержание масла и поглощение азота листьями по сравнению с другими обработками. В то же время внесение в почву сульфата калия и опрыскивание листьев хлоридом мепиквата на хлопке значительно улучшило массу коробочек и поглощение калия листьями. Авторы пришли к выводу, что внесение в почву сульфата аммония и опрыскивание листвы аминокислотами было более эффективным в улучшении продуктивности и качественных показателей хлопка.

В патенте [10] предложена композиция для регулирования роста возделываемых растений, в основном злаковых, мотыльковых, подсолнечника, хлопка и кукурузы, содержащая в качестве действующего вещества 0,1-90% по массе четвертичного аммонийного соединения нижеприведенной общей формулы, где R_1, R_2 и R_3 являются одинаковыми или различными и представляют собой C_1-C_{16} прямой или разветвленный алкил или C_2-C_{16} алкенильный радикал, а Y представляет собой нефитотоксичный анион, предпочтительно галоген, и инертный твердый или жидкий носитель или растворитель и необязательно поверхностно-активное вещество и/или диспергирующий агент и/или добавку, благоприятно влияющую на активность композиции.



Чувствительность к аммонию считается глобальным стрессовым состоянием, которое влияет на общую урожайность сельскохозяйственных культур [11]. Основным токсическим симптомом, связанным с питанием аммонием, является задержка роста, которая связана с высокими затратами энергии на поддержание гомеостаза ионов, pH и гормонов и, в конечном итоге, уровня NH_3/NH_4^+ в тканях растений. В то время как некоторые виды/генотипы проявляют чрезвычайную чувствительность к аммонию, другие виды/генотипы предпочитают аммоний нитрату в качестве формы азота. Некоторые из ключевых механизмов толерантности, используемых растением для борьбы с токсичностью NH_4^+, включают повышенную активность альтернативного пути оксидазы в митохондриях, большую ассимиляцию NH_4^+ плюс сохранение минимального уровня NH_4^+ в листьях и/или слабую реакцию на внешнее подкисление или падение pH. За исключением токсичности, аммоний можно рассматривать как энергетически эффективное питание по сравнению с нитратом, по-

скольку он уже находится в восстановленной форме для использования в метаболизме аминокислот. Благодаря эффективному манипулированию соотношением NH_4^+/NO_3^- аммиачное питание может использоваться для повышения производительности, качества и устойчивости к различным биотическим и абиотическим стрессам сельскохозяйственных культур. В этом обзоре освещаются последние достижения в области механизмов токсичности и толерантности аммония, возможные стратегии повышения толерантности к аммонию и понимание эффективности использования азота растениями.

Количество исследований по производству микрокорневищ имбиря невелико, несмотря на осознание недостатков традиционного метода выращивания и известной пользы для здоровья, связанной с эфирными маслами имбиря [12]. Авторы изучили влияние нескольких факторов на индукцию микроризомы, чтобы разработать метод производства сорта, обнаруженного в Хюэ, Вьетнам. Для определения оптимальных условий получения микрокорневищ имбиря исследовали различные концентрации сахарозы, регуляторов роста растений, нитрата аммония и нитрата серебра. Масса и диаметр свежего микрокорневища увеличивались до максимальных значений при применении БАП (6-бензиламинопурина), НУК (α-нафталинуксусной кислоты), ИМК (индол-3-масляной кислоты) и низкой концентрации нитрата аммония - 0,433. г при 9,03 мм, 0,437 г при 9,73 мм, 0,478 г при 10,80 мм и 0,449 г при 9,53 мм соответственно. Кроме того, авторы продемонстрировали, что кинетин оказывает ингибирующее действие на рост микроризом. Самые крупные микрокорневища выращивали на средах MS, содержащих оптимальные концентрации каждого фактора – 80 г/л сахарозы, 1,9 мг/л $AgNO_3$, 550 мг/л аммиачной селитры, 4 мг/л БАП, 6 мг/л НУК и 4 мг/л. /Л ИБА.

Регулятор роста растений - хлорид 2-хлорэтилтриметиламмония (CCC) в реакции метатезиса превращался в ионную жидкость [13]. Новые формы CCC, такие как ИЖ, были стабильны на воздухе, а также при контакте с водой и органическими растворителями. Биологическое действие катиона (CCC) в ИЖ увеличивало активность регулятора роста растений. Все исследованные соли замедляли рост стеблей озимой пшеницы и при этом большинство из них повышали урожайность по сравнению с контролем и стандартным хлоридом 2-хлорэтилтриметиламмония.

Открытие экологически чистых и недорогих регуляторов роста растений (РГР) для агрономически важных культур является необходимостью и должно считаться приоритетом во всем мире [14]. Это исследование обеспечивает синтез, определение структуры и биологическую оценку двух бинарных органических солей как потенциальных РГР. Новые соединения обладают двойной биологической активностью и основаны на природном метаболите *п*-аминобензойной кислоты (*п*АБАК) и различных алканоламинах. Исследованные соединения обладают 3D-супрамолекулярной архитектурой с водородными связями и различной кристаллической упаковкой за счет образования одного гомосинтона и различных гетеросинтонов. Биологический профиль новых соединений был исследован в лаборатории и теплице на *Solanum lycopersicum L*., что выявило эффективность в стимулировании укоренения растений и продуктивности растений. Результаты могут оказать положительное влияние на экономику сельского хозяйства, создавая новые устойчивые РГР для томатов.

Соли аммония обеспечивают растения необходимым азотом, способствуя росту и усиливая выработку белков и ДНК [15-17]. Соли аммония, такие как нитрат аммония,

обычно используются в удобрениях из-за высокого содержания азота. Азот является жизненно важным питательным веществом для растений, поскольку он является ключевым компонентом аминокислот, белков и ДНК, которые необходимы для роста и развития растений. Когда соли аммония добавляются в почву, они растворяются в воде, образуя ионы аммония (NH_4^+) и ионы нитрата (NO_3^-). Затем эти ионы поглощаются корнями растений и используются для построения белков и ДНК. Процесс поглощения азота облегчается корневой системой растения. Корни имеют полупроницаемую мембрану, которая позволяет поглощать питательные вещества из почвы. Ионы аммония поглощаются корнями посредством процесса, называемого активным транспортом, где энергия используется для перемещения ионов против градиента концентрации из области низкой концентрации (в почве) в область высокой концентрации (в клетках корня). Попав в растение, ионы аммония преобразуются в аминокислоты, строительные блоки белков. Затем эти белки используются в различных процессах внутри растения, включая рост и фотосинтез. Ионы нитрата также поглощаются растением и используются в производстве ДНК, что имеет решающее значение для деления клеток и роста. Помимо стимулирования роста, соли аммония также помогают улучшить качество растения. Они усиливают способность растения к фотосинтезу, что приводит к получению более здоровых, зеленых растений. Они также повышают устойчивость растения к болезням и вредителям, тем самым улучшая общую урожайность. Подводя итог, соли аммония играют решающую роль в росте растений, обеспечивая необходимым питательным веществом — азотом. Этот азот используется в производстве белков и ДНК, стимулируя рост и улучшая общее здоровье и производительность растения.

Четвертичные соли аммония представляют собой тип органических соединений, молекулярная структура которых включает центральный атом азота, соединенный с четырьмя органическими группами, образующими катионный участок, и отрицательно заряженный кислотный радикал, образующий анионный участок [18]. Эти соединения нашли свое применение в качестве дезинфицирующих средств, поверхностно-активных веществ, смягчителей тканей, моющих средств, антиэлектростатиков, фармацевтических препаратов, замедлителей роста растений и т.д. В настоящих исследованиях третичные амины, необходимые для синтеза солей четвертичного аммония, были получены из различных арилальдегидов (4-Cl , 3-NO_2, 2-Cl и 4-CH_3) и арилкетонов (ацетофенон и бензофенон) за счет образования их оксимов. Оксимы, полученные из различных альдегидов их взаимодействием с гидрохлоридом гидроксиламина в присутствии NaOH с использованием этанола в качестве растворителя, подвергали взаимодействию с эпихлоргидрином и K_2CO_3 с получением соответствующих эпоксидных соединений. Полученные таким образом эпоксиды расщепляли вторичными аминами, а именно. диэтиламином и пиперидином для получения желаемых гидрокси-третичных аминов. Строение этих аминов установлено методами ИК- и ЯМР-спектроскопии. Кватернизацию этих третичных аминов проводили с помощью 1,2-дибромэтана и 1,4-дибромбутана с получением бис-четвертичных аммониевых солей. Эти соли затем были протестированы в качестве регуляторов роста растений на *Oryza sativa* в лабораторных условиях при 28±2°C. Все соединения показали эффект, замедляющий рост растений.

В работе [19] фталевая кислота была превращена в бис(оксиран-2-илметил)фталат с последующим раскрытием кольца в дитретичные амины, а именно: бис(3-[диэтиламино)-2-

гидроксипропил]фталат и бис[2-гидрокси-3]. -[пиперидин-1-ил)пропил]фталат. Конверсию осуществляют как традиционными, так и нетрадиционными методами (микроволновое облучение на твердом носителе). Ди-третичные амины были кватернизированы с образованием циклических бис-четвертичных аммониевых солей, которые, в свою очередь, тестировались на эффективность в качестве регуляторов роста растений на рисе (*Oryza sativa*). Все протестированные соединения оказались хорошими ингибиторами роста растений.

Обработкой аллилбромидом синтезирован известный регулятор роста растений Альден [1-(3,7-диметилоктил)-1-аллилпипериди́ний бромид], а также 1-(3,7-диметилоктил)-1-метилпипериди́ния иодид [20]. Воздействием алкилгалогенидов на продукты теломеризации изопрена и пиперидина или морфолина в присутствии комплексов палладия получены различные четвертичные аммониевые соли, имеющие терпеновый заместитель с неприродным диметилоктановым скелетом, эффективно стимулирующие цветение *Aster Chinensis L.*

Сульфат аммония обычно используется при выращивании голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum L.*), но при внесении высоких доз соли часто вызывает повреждение солями, особенно у молодых растений [21]. Было проведено три эксперимента, чтобы определить чувствительность голубики *Bluecrop* к сульфату аммония и определить порог солености, при котором рост растений нарушается. В первом опыте растения выращивали в горшках и удобряли два-три раза в неделю 0, 0,25, 0,75 и 1,5 гл-1 раствора сульфата аммония. Электропроводность растворов (ECw) линейно увеличивалась с увеличением нормы внесения удобрений и составляла в среднем 0,1, 0,5, 1,5 и 3,0 дСм/м соответственно. Растения, удобренные 1,5 г/л сульфата аммония, дали меньше листьев и корней и имели более низкое соотношение сухой массы листьев и стеблей, чем растения, удобренные 0 или 0,25 г/л, что указывает на то, что рост корней и листьев у голубики был чувствительным. до ECw > 1,5 дСм/м. Во втором эксперименте растения в горшках удобряли сульфатом аммония или мочевиной с частотой три раза в неделю, еженедельно или каждые 28 дней, используя одинаковое общее количество азота (N) при каждой обработке в течение 4-недельного периода. В этом случае рост растений был выше при использовании сульфата аммония, чем при использовании мочевины, но также выше, независимо от источника удобрения, когда растения удобряли чаще. В третьем эксперименте растения выращивали в поле без азотных удобрений или с сульфатом аммония или мочевиной, вносимыми еженедельными фертигациями или трехкратным внесением гранулированных удобрений в общей норме 133 кг/га N в течение года после посадки. Урожайность растений была выше при фертигации или при использовании гранулированной мочевины, чем при использовании гранулированного сульфата аммония, последний из которых приводил к уровням ECw в почвенном растворе до 13 дСм/м. В полевых условиях для высокорослой голубики рекомендуются программы и методы внесения удобрений, такие как фертигация, которые поддерживают ECw < 2 дСм/м.

Целью работы [22] была оценка эффекта от применения ацетата цинка-аммония на урожайность, морфологические особенности и избранные показатели вегетации тимофеевки сорта. «Овача». В проведенном эксперименте использовали ацетат цинка-аммония, обладающий биостимулирующим действием. Эксперимент был поставлен по рандомизированной блочной схеме, в четырех вариантах площадь экспериментальных площадок составляла 10 м^2. На участке присутствовал деградированный чернозем, образовавшийся из лёсса (отнесенный к почвам первого класса качества). Эксперимент заключался в применении

ацетата в виде спрея в трех дозах: 0,214, 0,267 и 0,400 кг ($ZnNH_4(CH_3CO_2)_3$)/га. На основании полученных предварительных результатов установлено, что внекорневая подкормка ацетатом в более высокой дозе (0,400 кг/га) вызывала достоверное ($p < 0,05$) увеличение урожайности семян и их всхожесть по отношению к контролю. Также наблюдалось улучшение морфологических свойств. Кроме того, определяли индекс зелености листьев. Наибольшее его значение обнаружено у растений, для которых применялась самая высокая доза ацетата цинка-аммония. Семена, полученные от растений, обработанных ацетатом были более спелыми (спелость измеряли по массе 1000 семян) и имели более высокую всхожесть по отношению к контрольным обработкам.

В работе [23] показано, что опрыскивания 2,2-диметилгидразидом янтарной кислоты (SADH) или (2-хлорэтил)триметиламмоний хлоридом (CCC) можно использовать для увеличения урожайности томатов и обеспечения более равномерное созревания плодов, что позволяет сократить период сбора урожая. Наиболее эффективной была обработка, при которой 2500 ppm SADH применялись на первой или четвертой стадии роста настоящего листа или в оба этих периода. Концентрация урожая была улучшена, а ранняя урожайность увеличена за счет последующего применения 5000 частей на миллион SADH в качестве опрыскивания для срезки цветов после достижения желаемого завязывания плодов. Последняя обработка имеет желательные последствия для механического сбора урожая, поскольку она практически исключает «выбор» зеленых плодов и замедляет вегетативный рост, что приводит к более концентрированному сбору урожая из-за более быстрого созревания плодов. Увеличение урожайности объясняется сочетанием эффектов, включая устойчивость к водному и тепловому стрессу, большее количество цветков на гроздь и, следовательно, больше плодов на растение

В наших исследованиях [30-32] были синтезированы полные и неполные аммонийные соли ряда дикарбоновых кислот, в частности щавелевой, малоновой и янтарной кислот. Испытано их рост стимулирующее действие в отношении некоторых сельскохозяйственных культур, в частности, кукурузы, гороха, пшеницы. Показано, что как полные, так и неполные соли этих двухосновных карбоновых кислот оказывают положительное влияние на рост указанных растений, причем полные соли проявляют более выраженный эффект рост стимулирующего средства по сравнению с неполными солямикислот.

ЛИТЕРАТУРА

1.Abbasov V.M., Mursalov N.I., Rasulov Ch.Q., Mammadov J.Sh. Obtaining plant growth regulators on the basis of corn oil acids // PPOR. 2023. Vol. 24. N 4. Pp. 631-638

2.Brian R.C. On the action of plant growth regulators // Biochimica and Biophysica acta. 1952. Vol. 9. Pp. 1-18

3.Szymanial D., Pernak J., Rzemieniecki T., Kaczmarek D.K. Synthesis and characterization of biobased quarternary ammonium salts with gibberellate or L-tryptophanate anion // Chemical Monthly. 2020. Vol. 151. Pp. 1365-1373

4.Kaczmarek D.K., Parus A., Lozynski M., Pernak J. Use of ammonium salts or binary mixtures derived from amino acids, glycine betaine, choline and indole-3-butyric acid as plant regulators // RSC Advances. 2020. Vol. 10. Pp. 43058-43065

5.Grozay M., Neamtin I., Crisan M. The synthesis of some ammonium salts of benzoic acids

with etanolamine, possible plant growth stimulators // Revista de Chimie. 2003. Vol. 54. N 3. Pp. 287-289

6.Patent 2411564A1. FR. 1977. Plant growth regulators agent containing a thianium or ammonium salt and a phosphonic acid derivative

7.Chen J., Lanqi H., Lin M., Zhan X., Zhao L. Determination of 3 Quaternary Ammonium Salt Plant Growth Regulators in Water-Soluble Fertilizer by High Performance Liquid Chromatography with Evaporation Light Scattering Detector // Physical Testing and Chemical Analysis Part B:Chemical Analysis. 2022. Vol. 58. Pp. 299-303

8.Gamborg O., Shyluk J.P. The Culture of Plant Cells with Ammonium Salts as the Sole Nitrogen Source // Plant Physiology. 1970. Vol. 45. Pp. 598-600

9.Ullah A., Qamash T., Khan F.A., Sultan A., Ahmad S. Characterization of a Coliphage AS1 isolated from sewage effluent in Pakistan // Braz. Journal of Biol. 2022. Vol. 82. Pp. 731-738

10.Patent 1986007237A1. WO. 1986. Plant growth regulating compositions and process for regulating plant growth / Karsai J., Sebestyen E., Gaal S. /

11.Shipha J., Song J., Jeong B. Ammonium Phytotoxicity and Tolerance: An Insight into Ammonium Nutrition to Improve Crop Productivity // Agronomy. 2023. Vol. 13. N 6. Pp. 1487-1495

12.Hoamg N., Chien T., Nhi H., Thien T. The Effects of Sucrose, Silver Nitrate, Plant Growth Regulators, and Ammonium Nitrate on Microrhizome Induction in Perennially-Cultivated Ginger (Zingiber officinale Roscoe) From Hue, Vietnam // Acta Agrobotanica. 2020. Vol. 73. N 2. Pp. 13-26

13.Preczyk T., Zakrocka K., Wyrzykowska D., Pernek J. Ionic liquids based on 2-chloroethyltrimethylammonium chloride (CCC) as plant growth regulators // Central European Journal of Chemistry. 2013. Vol. 11. N 11. Pp. 1818-1821

14.Sumalan R-L., Croitor L., Petric M., Radulov I. *p*-Aminobenzoate Organic Salts as Potential Plant Growth Regulators for Tomatoes // Molecules. 2020. Vol. 25. N 7. Pp. 1635-1641

15.Krewson C.F., Wood J.W., Wolfe W.C., Mitchell I.W. Plant Growth Regulators, Synthesis and Biological Activity of Some Quaternary Ammonium and Related Compounds That Suppress Plant Growth // J. Agricult. Food Chem. 1959. Vol. 7. N 4. Pp. 264-268

16.Hussain N., Yasmeen A., Bilal M. The application of ammonium sulphate and amino acid on cotton: effects on can improve growth, yield, quality and nitrogen absorption // Brazilian Journal of Biology. 2020. Vol. 82. N 3. Pp. 1-8

17.Marino D., Moran J.F. Can Ammonium Stress Be Positive for Plant Performance? // Front. Plant Sci. 2019. Vol. 10. N 1. Pp. 14-27

18.Rani S. Synthesis of quaternary salts of ammonia having oxime moiety and their plant growth regulating activity on *Oryza sativa* // Master thesis. Punjab Agricultural University. 2009. 154 p.

19.Banqar J., Sharma M.I. Studies on synthesis and plant growth retardant activity of cyclic bis-quaternary salts of ammonia from phthalic acid using conventional and microwave methods // Periodicals Repository. 2009. N 2. Pp. 1299-1306

20.Petrushkina E.A., Zakharkina L.I. Synthesis of new plant growth regulators, isomeric 1-(dimethyloctyl)-and 1-alkylpiperidinium and –morpholinium halides by telomerization of isoprene with secondary amines // Russian Journal of General Chemistry. 2003. Vol. 73. Pp. 1653-1657

21.Machado R.M., Bryla D.R., Vargas O. Effects of salinity induced by ammonium sulphate fertilizer on root and shoot growth of *Hihgbush Blueberry* // Acta Holiculturae. 2014. Vol. 1017. Pp. 407-414

22.Radkowski A., Radkowska I., Lemek T., Jakubowski T. Effect of zinc ammonium acetate on characteristics of *Timoty Canopy* and seed yield // Ecol. Chem. Eng. S. 2019. Vol. 26. N 4. Pp. 797-806

23.Castro P.R. Plant growth regulators in tomato crop production // Acta Horticulturae. 2016. Vol. 100. Pp. 46-52

24.Marth P., Preston W.H., Mitchell J.W. Growth-Controlling Effects of some Quaternary Ammonium Compounds on Various Species of Plants // Botanical Gazette. 1953. Vol. 115. N 2. Pp. 200-204

25.Tsuneo O. Research for inorganic salts enhancement on bio-activity of plant growth registers and its practical use for crop production // Master thesis. 2002. Osaka Prefecture University. 118 p.

26.Melnikov N.N. Synthetic Plant Growth Regulators and Herbicides // Russian Chemical reviews. 1976. Vol. 45. N 8. Pp. 744-761

27.Nelson L.S., Getsinger K.D., Lun K.T. Effect of Chemical Treatments on Bahiagrass (*Paspalum notatum*) Suppression // Weed Technology. 1993. Vol. 7. N 1. Pp. 127-133

28.Beknozarova Z., Nazirov K. Study, production and environmental impact of arylamide derivatives of pesticide substances // EIS Web of Conference. 2023. Vol. 410. Pp. 3033-3035

29.Liu Y., Wiren N. Ammonium as a signal for physiological and morphological responses in plants // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68. N 10. Pp. 2581-2592

30.Sultanova, J.F. Etanolaminlərin qeyri-üzvi komplekslərinin bitkilərin inkişafına stimullaşdırıcı rolunun tədqiqi / J.F. Sultanova, L.I. Aliyeva, D.Sh. Mammadov, A.G. Piraliyev // Abstracts of International Scientific Conference «Actual Problems of Modern Chemistry» dedicated to the 90-th anniversary of the academician Y.H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes. - 2019. - October 2-4. - p. 299

31.Sultanova, J.F. Plant nutrients as an important environmentally friendly tool in the development of agriculture / J.F. Sultanova, F.A. Nabiyev, G.A. Aliyeva // International scientific conference "Actual problems of modern natural and economic sciences". - Ganja. - 2023. - Pp. 19-21

32.Mammadov, Dzh.Sh. Исследование stimulatory action of some derivatives of malonic acid on the development of plants / D.Sh. Mammadov, F.A. Nabiyev, F.D. Gambarova et al. // Proceedings. Natural and technical sciences series. - 2023. - N 1. - Pp. 35-42

REFERENCES

1.Abbasov V.M., Mursalov N.I., Rasulov Ch.Q., Mammadov J.Sh. Obtaining plant growth regulators on the basis of corn oil acids // PPOR. 2023. Vol. 24. N 4. Pp. 631-638

2.Brian R.C. On the action of plant growth regulators // Biochimica and Biophysica acta. 1952. Vol. 9. Pp. 1-18

3.Szymanial D., Pernak J., Rzemieniecki T., Kaczmarek D.K. Synthesis and characterization of biobased quarternary ammonium salts with gibberellate or L-tryptophanate anion // Chemical Monthly. 2020. Vol. 151. Pp. 1365-1373

4.Kaczmarek D.K., Parus A., Lozynski M., Pernak J. Use of ammonium salts or binary

mixtures derived from amino acids, glycine betaine, choline and indole-3-butyric acid as plant regulators // RSC Advances. 2020. Vol. 10. Pp. 43058-43065

5.Grozay M., Neamtin I., Crisan M. The synthesis of some ammonium salts of benzoic acids with etanolamine, possible plant growth stimulators // Revista de Chimie. 2003. Vol. 54. N 3. Pp. 287-289

6.Patent 2411564A1. FR. 1977. Plant growth regulators agent containing a thianium or ammonium salt and a phosphonic acid derivative

7.Chen J., Lanqi H., Lin M., Zhan X., Zhao L. Determination of 3 Quaternary Ammonium Salt Plant Growth Regulators in Water-Soluble Fertilizer by High Performance Liquid Chromatography with Evaporation Light Scattering Detector // Physical Testing and Chemical Analysis Part B:Chemical Analysis. 2022. Vol. 58. Pp. 299-303

8.Gamborg O., Shyluk J.P. The Culture of Plant Cells with Ammonium Salts as the Sole Nitrogen Source // Plant Physiology. 1970. Vol. 45. Pp. 598-600

9.Ullah A., Qamash T., Khan F.A., Sultan A., Ahmad S. Characterization of a Coliphage AS1 isolated from sewage effluent in Pakistan // Braz. Journal of Biol. 2022. Vol. 82. Pp. 731-738

10.Patent 1986007237A1. WO. 1986. Plant growth regulating compositions and process for regulating plant growth / Karsai J., Sebestyen E., Gaal S. /

11.Shipha J., Song J., Jeong B. Ammonium Phytotoxicity and Tolerance: An Insight into Ammonium Nutrition to Improve Crop Productivity // Agronomy. 2023. Vol. 13. N 6. Pp. 1487-1495

12.Hoamg N., Chien T., Nhi H., Thien T. The Effects of Sucrose, Silver Nitrate, Plant Growth Regulators, and Ammonium Nitrate on Microrhizome Induction in Perennially-Cultivated Ginger (Zingiber officinale Roscoe) From Hue, Vietnam // Acta Agrobotanica. 2020. Vol. 73. N 2. Pp. 13-26

13.Preczyk T., Zakrocka K., Wyrzykowska D., Pernek J. Ionic liquids based on 2-chloroethyltrimethylammonium chloride (CCC) as plant growth regulators // Central European Journal of Chemistry. 2013. Vol. 11. N 11. Pp. 1818-1821

14.Sumalan R-L., Croitor L., Petric M., Radulov I. *p*-Aminobenzoate Organic Salts as Potential Plant Growth Regulators for Tomatoes // Molecules. 2020. Vol. 25. N 7. Pp. 1635-1641

15.Krewson C.F., Wood J.W., Wolfe W.C., Mitchell I.W. Plant Growth Regulators, Synthesis and Biological Activity of Some Quaternary Ammonium and Related Compounds That Suppress Plant Growth // J. Agricult. Food Chem. 1959. Vol. 7. N 4. Pp. 264-268

16.Hussain N., Yasmeen A., Bilal M. The application of ammonium sulphate and amino acid on cotton: effects on can improve growth, yield, quality and nitrogen absorption // Brazilian Journal of Biology. 2020. Vol. 82. N 3. Pp. 1-8

17.Marino D., Moran J.F. Can Ammonium Stress Be Positive for Plant Performance? // Front. Plant Sci. 2019. Vol. 10. N 1. Pp. 14-27

18.Rani S. Synthesis of quaternary salts of ammonia having oxime moiety and their plant growth regulating activity on *Oryza sativa* // Master thesis. Punjab Agricultural University. 2009. 154 p.

19.Banqar J., Sharma M.I. Studies on synthesis and plant growth retardant activity of cyclic bis-quaternary salts of ammonia from phthalic acid using conventional and microwave methods // Periodicals Repository. 2009. N 2. Pp. 1299-1306

20.Petrushkina E.A., Zakharkina L.I. Synthesis of new plant growth regulators, isomeric

1-(dimethyloctyl)-and 1-alkylpiperidinium and –morpholinium halides by telomerization of isoprene with secondary amines // Russian Journal of General Chemistry. 2003. Vol. 73. Pp. 1653-1657

21.Machado R.M., Bryla D.R., Vargas O. Effects of salinity induced by ammonium sulphate fertilizer on root and shoot growth of *Hihgbush Blueberry* // Acta Holiculturae. 2014. Vol. 1017. Pp. 407-414

22.Radkowski A., Radkowska I., Lemek T., Jakubowski T. Effect of zinc ammonium acetate on characteristics of *Timoty Canopy* and seed yield // Ecol. Chem. Eng. S. 2019. Vol. 26. N 4. Pp. 797-806

23.Castro P.R. Plant growth regulators in tomato crop production // Acta Horticulturae. 2016. Vol. 100. Pp. 46-52

24.Marth P., Preston W.H., Mitchell J.W. Growth-Controlling Effects of some Quaternary Ammonium Compounds on Various Species of Plants // Botanical Gazette. 1953. Vol. 115. N 2. Pp. 200-204

25.Tsuneo O. Research for inorganic salts enhancement on bio-activity of plant growth registers and its practical use for crop production // Master thesis. 2002. Osaka Prefecture University. 118 p.

26.Melnikov N.N. Synthetic Plant Growth Regulators and Herbicides // Russian Chemical reviews. 1976. Vol. 45. N 8. Pp. 744-761

27.Nelson L.S., Getsinger K.D., Lun K.T. Effect of Chemical Treatments on Bahiagrass (*Paspalum notatum*) Suppression // Weed Technology. 1993. Vol. 7. N 1. Pp. 127-133

28.Beknozarova Z., Nazirov K. Study, production and environmental impact of arylamide derivatives of pesticide substances // EIS Web of Conference. 2023. Vol. 410. Pp. 3033-3035

29.Liu Y., Wiren N. Ammonium as a signal for physiological and morphological responses in plants // Journal of Experimental Botany. 2017. Vol. 68. N 10. Pp. 2581-2592

30.Sultanova, J.F. Etanolaminlərin qeyri-üzvi komplekslərinin bitkilərin inkişafına stimullaşdırıcı rolunun tədqiqi / J.F. Sultanova, L.I. Aliyeva, D.Sh. Mammadov, A.G. Piraliyev // Abstracts of International Scientific Conference «Actual Problems of Modern Chemistry» dedicated to the 90-th anniversary of the academician Y.H. Mammadaliyev Institute of Petrochemical Processes. - 2019. - October 2-4. - p. 299

31.Sultanova, J.F. Plant nutrients as an important environmentally friendly tool in the development of agriculture / J.F. Sultanova, F.A. Nabiyev, G.A. Aliyeva // International scientific conference "Actual problems of modern natural and economic sciences". - Ganja. - 2023. - Pp. 19-21

32.Mammadov, Dzh.Sh. Study of stimulatory action of some derivatives of malonic acid on the development of plants / D.Sh. Mammadova, F.A. Nabiyev, F.D. Gambarova et al. // Proceedings. Natural and technical sciences series. - 2023. - N 1. - Pp. 35-42