

УДК 631.811.98:633.8

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОКСИКОРИЧНЫХ КИСЛОТ НА ЛЕКАРСТВЕННЫХ КУЛЬТУРАХ

© 2022 г. Н. И. Ковалев

Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений
117216 Москва, ул. Грина, 7, Россия

E-mail: kovalevteam@mail.ru

Поступила в редакцию 21.02.2022 г.

После доработки 28.03.2022 г.

Принята к публикации 16.05.2022 г.

В обзоре рассмотрены вопросы использования регуляторов роста на основе гидроксикоричных кислот в лекарственном растениеводстве. Многолетние исследования показали, что гидроксикоричные кислоты оказывают на растительный организм полифункциональное действие: способствуют активизации физиологических процессов в растениях, усиливают их рост и развитие. Кроме того, рострегуляторы на их основе повышают адапционные свойства культурных растений к неблагоприятным факторам среды как абиотической (погодные условия), так и биотической природы (вредители и фитопатогены). Включение рострегуляторов на основе гидроксикоричных кислот является важной компонентой экологически безопасных и в то же время высокоэффективных технологий возделывания лекарственных культур.

Ключевые слова: регуляторы роста, лекарственные растения, фенольные соединения, гидроксикоричные кислоты.

DOI: 10.31857/S0002188122080099

ВВЕДЕНИЕ

Ключевая позиция в регуляции жизнедеятельности растений принадлежит не только природным фитогормонам, но и вторичным метаболитам. Фенольные соединения, в том числе фенолкарбоновые, или гидроксикоричные кислоты (ГКК) относятся к обширному и повсеместно распространенному классу фенольных соединений и играют активнейшую роль в процессах жизнедеятельности растительного организма. Выполняя различные функции в растениях, производные фенольных соединений (в частности, гидроксикоричные кислоты) оказывают положительное влияние на продуктивность и качество получаемого сырья сельскохозяйственных культур. Механизм действия гидроксикоричных кислот связан с изменением эндогенного уровня фитогормонов из класса ауксинов в растительном организме. Они обладают полифункциональностью, участвуя в таких важных для растений процессах как рост и дыхание. При освещении *транс*-формы ГКК преобразуются в более богатые энергией *цис*-формы. При обратном переходе происходит преобразование поглощенной энергии, которая используется, например, для улуч-

шения поступления воды или на иные физиологические процессы [1–3].

Интересно отметить, что первоначально было установлено значение гидроксикоричных кислот в целях лечения заболеваний человека благодаря их иммуномодулирующему действию. Одним из наиболее изученных и востребованных в данном направлении растений стала эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* L.), основными биологически активными веществами которой являются полисахариды и производные оксикоричных кислот (кофейной, цикориевой и др.) [4–6]. Цикориевая и хлорогеновая кислоты, входящие в состав эхинацеи, имеют большое иммунологическое и фармакологическое значение и способны ингибировать интегразу вируса иммунодефицита человека. Как препараты эхинацеи пурпурной в целом, так и отдельные оксикоричные кислоты могут применяться в качестве радиопротекторных средств. К настоящему моменту разработаны методики получения производных кофейной кислоты из эхинацеи пурпурной и эхинацеи узколистной с помощью их культивирования *in vitro* [7–10].

В литературе имеются данные об участии кофейной кислоты в фотосинтетической деятельности, транспорте ассимилятов и в ростовой ак-

тивности растений картофеля. Их обработка кофейной кислотой способствовала повышению количества ауксинов (ИУК), увеличению массы клубней, объема корневой системы и площади листовой поверхности растений на фоне активизации фотосинтетической деятельности.

Способность гидроксикоричных кислот влиять на функционирование растительного организма широко используют в растениеводстве. В последние годы наблюдается постоянный рост объемов использования регуляторов роста растений фенольной природы, что объясняется их полифункциональным действием на растительный организм: они осуществляют контроль за прорастанием семян, их вегетативным развитием, ростом и развитием растений, способствуют ускоренному созреванию плодов, повышают устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды, а также отличаются высокой окупаемостью [1, 2, 11, 12].

Это соответствует общему направлению развития практики сельского хозяйства – все большее внимание уделяется использованию препаратов рострегулирующего и иммуномодулирующего действия, которые, оказывая положительное влияние на рост и развитие растений, активизируя физиологические и биохимические процессы, стимулируют защитные свойства растений, способствуют повышению урожайности сырья и улучшению его качества. Включение в современные технологии возделывания лекарственных культур регуляторов роста растений позволяет направленно регулировать отдельные этапы онтогенеза растений с целью максимальной мобилизации потенциала их биопродуктивности [13–15].

К настоящему моменту разработан и разрешен к применению ряд рострегулирующих препаратов на основе различных действующих веществ хвойных растений и лекарственных трав (тритерпеновые кислоты, дигидрокверцетин, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты) [16]. В 2001 г. российской фирмой НЭСТ М на основе смеси гидроксикоричных кислот и их производных был разработан и зарегистрирован рострегулятор Циркон. Производство данного препарата основано на выделении биологически активных компонентов из растительного сырья (травы эхинацеи пурпурной) и не связано с процессом химического преобразования. Многолетние широкие опытные и производственные испытания Циркона на многих сельскохозяйственных культурах, в том числе лекарственных, показали его высокую эффективность на всех стадиях развития растительного организма – от предпосевной и предпосадочной обработки до уборки урожая [11]. Дан-

ный препарат применяется в сельском хозяйстве в малых нормах расхода (1–120 мл/га). Гидроксикоричные кислоты, входящие в состав рострегулятора, естественным путем включаются в метаболизм растений и почвенной микрофлоры. При этом и в растениях, и в почве, и водоемах они довольно быстро метаболизируются. Например, период полураспада экзогенной хлорогеновой кислоты в клубнях картофеля равен 18 ч, листьях дурнишника – 24 ч, период полураспада кофейной кислоты в листьях виноградной лозы – всего 15 ч [17, 18].

Циркон обладает ростстимулирующим и рострегулирующим действием, связанным с активизацией фитогормонов и защитой ИУК через механизм ингибирования ауксиноксидазы. Кроме того, наряду с ростстимулирующим действием он проявляет свойства индуктора устойчивости к ряду заболеваний (в т.ч. вызываемых патогенными грибами из родов *Fusarium*, *Alternaria*, *Mucor*), кроме фунгицидных показывает антибактериальные и противовирусные свойства [19–21]. Под влиянием данного регулятора роста повышается активность фермента фенилаланинаммиаклиаза, что обеспечивает синтез фенилпропаноидных фитоалексинов, которые являются низкомолекулярными растительными антибиотиками, оказывающими подавляющее действие на патогены [22]. Эти свойства Циркона способствуют повышению иммунитета растений и их устойчивости к действию ионизирующего облучения, неблагоприятного температурного и водного режима, в стрессовых условиях восполняют недостаток биологически активных соединений иммуномодулирующего и адаптогенного характера, особенно в условиях засухи [1, 23, 24]. Кроме того, имеются сведения о том, что применение Циркона способствует повышению устойчивости растений в условиях загрязнения почвы токсикантами и снижению содержания тяжелых металлов в получаемой продукции за счет связывания их ионов в устойчивые комплексы и активизации ряда ферментов [25–27].

В данном обзоре приведены результаты применения гидроксикоричных кислот на лекарственных культурах в различных целях: от повышения качества посевного и посадочного материала, урожайности и качества лекарственного сырья до стимулирования адаптивного потенциала растений к абиотическим и биотическим факторам окружающей среды.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Лекарственные культуры в большинстве своем отличаются неравномерным прорастанием семян, длительностью периода от посева до всходов, медленным ростом в начальные периоды онтогенеза. Особенно это характерно для многолетних культур, дающих на первом году вегетации лишь розетку листьев. Гормональное регулирование процессов прорастания семян связывается и с природными фитогормонами, и с вторичными метаболитами. Для получения полноценных всходов в технологиях возделывания ряда лекарственных культур предусмотрена обработка семян гиббереллином, который является природным фитогормоном и позволяет исключить трудоемкий и длительный процесс стратификации. Однако применение гиббереллина не всегда оказывает положительное влияние на растения — исследования, проведенные на серпухе венценосной, показали, что обработка семян данным регулятором роста, усиливая рост надземной части проростков, приводит к торможению роста их корневой системы. В то же время на синергизм в корнеобразовании при совместном применении ИУК и фенолкарбоновых (гидроксикоричных) кислот указано еще в ранней работе Турецкой и Гуськова. Использование комбинационных смесей природного фитогормона гиббереллина и вторичных метаболитов Циркона позволяет направлено регулировать отдельные этапы роста и развития растений, способствует более интенсивному росту как корневой системы проростков, так и надземной части растений [28–31].

Лабораторные и полевые испытания смеси гиббереллина (0.1%) и Циркона (0.05%) на серпухе венценосной показали положительное влияние рострегуляторов на всхожесть семян, при этом отрицательный эффект гиббереллина на рост корней снимался, наблюдали стимуляцию роста проростков в большей степени, чем каждым рострегулятором в отдельности. Всходы растений появлялись на 5–6 сут раньше, чем в контроле, в то время как при обработке одним Цирконом — на 2–3 сут. Густота стояния растений через 40 сут после посева превышала контроль в варианте с Цирконом на 21%, при совместном использовании Циркона и гиббереллина — на 34%. Через 50 сут после посева площадь ассимилирующей поверхности в этом варианте превышала контроль на 98%. Подобное совместное применение Циркона (0.01%) и гиббереллина (0.1%) позволило отказаться от стратификации семян ослинника двулетнего, способствовало раннему

появлению всходов, повышению на 78% густоты стояния, площадь ассимилирующей поверхности растений возросла на 81%, масса растений — более чем в 2 раза [31]. Обработка семян белладонны смесью рострегуляторов гиббереллин + Циркон способствовала повышению у нестратифицированных семян энергии прорастания на 50 и всхожести — на 80%, при этом длина корней и высота надземной части проростков увеличивались в 1.86–2.00 раза. При данной предпосевной обработке увеличивалась густота стояния посевов, степень покрытия делянки культурой через 40 сут после посева превосходила контроль на 23–30%. За счет увеличения на 29% количества листьев, площади ассимилирующей поверхности на 13–37% и массы растений на 11%, урожайность травы белладонны в опытном варианте возросла на 15% [32].

Предпосевная обработка различных лекарственных культур одним рострегулятором Циркон также показала положительные результаты. Применение биорегулятора при обработке семян валерианы лекарственной, копеечника альпийского, наперстянки шерстистой, белладонны в норме расхода 0.2–0.5 кг/га способствовало более раннему появлению массовых всходов (на 2–5 сут) и повышению густоты стояния лекарственных растений на 8–24%, а также усилению ростовых процессов проростков в начале вегетации. Необходимо отметить, что обработка семян копеечника альпийского и наперстянки шерстистой биорегулятором Циркон способствовала не только повышению энергии прорастания и всхожести семян, но и снижала зараженность семян патогенами на 12.9–23.8% [33, 34].

Семена женьшеня характеризуются длительным периодом покоя, для их прорастания необходима длительная двухэтапная стратификация. В работе [35] было показано, что дополнительная обработка стратифицированных семян женьшеня Цирконом обеспечивала повышение их всхожести на 11–20%, при этом стимулировались ростовые процессы.

Наибольший эффект от применения биорегуляторов на энергию прорастания и всхожесть наблюдали при обработке семян лекарственных культур с низкой исходной всхожестью. Известно, что при хранении семян лекарственных культур снижается их всхожесть. Например, обработка семян ноготков лекарственных с низкой всхожестью Цирконом обеспечила повышение энергии прорастания на 19, всхожести — на 15.4%, при высокой всхожести семян эти показатели составляли 4.3 и 4.5% соответственно. Наряду с повышением полевой всхожести под влиянием регулятора ро-

ста наблюдали усиление стартовых ростовых процессов, площадь ассимилирующей поверхности растений возрастала на 36–52% [36].

При размножении ряда лекарственных культур, как кустарниковых, так и травянистых, возникает необходимость применения рострегуляторов, способствующих усилению корнеобразования, лучшей приживаемости, стимуляции роста и развития растений. Одним из важных аспектов применения гидроксикоричных кислот является их использование при вегетативном размножении растений. В практике лекарственного растениеводства Циркон показал свою эффективность при черенковании, обработке корневых систем, пересадке растений за счет улучшения роста и развития корневых систем и повышения их адаптационных возможностей. Применение Циркона для замачивания зеленых черенков роз перед посадкой способствовало усилению процессов корнеобразования: на 2–4 сут сокращалась продолжительность укоренения, увеличивалось количество и средняя длина основных корней, а также усиливался рост и развитие надземной части черенков, выход укорененных черенков роз повышался на 11.6–33.1%. Использование Циркона оказалось более экономичным, чем применение ИМК, за счет сопоставимой эффективности при значительно меньшем расходе препарата. Кроме того, замачивание щитков перед окулировкой роз в растворе Циркона существенно увеличивало (на 12–30%) выход товарных саженцев по сравнению с контролем [37].

При обработке Цирконом (0.2 мл/л) зеленых черенков облепихи крушиновидной массовое образование корней отмечено на 7–9-е сут после высадки, в то время как в контроле в этот период наблюдали лишь единичное укоренение. Приживаемость саженцев в питомнике в варианте с биорегулятором была выше контрольной на 20–21% и составила 98–100%. При этом высота надземной части растений увеличивалась на 30–35, число скелетных ветвей – на 13–23%. За счет повышения приживаемости и усиления ростовых процессов выход стандартных саженцев увеличивался на 63–71%. Замачивание рассады Melissa лекарственной в 0.1%-ном растворе Циркона способствовало лучшей приживаемости растений в полевых условиях, высота растений увеличивалась по отношению к контролю на 14, урожайность культуры – на 23%. При заготовке корневых отпрысков шиповника наблюдали нарушение целостности корневой системы, для улучшения приживаемости корнеотпрысков некоторых слабоукореняемых сортов и получение саженцев за один вегетационный период применение Циркона было так-

же актуально. Приживаемость корнеотпрысков шиповника формы 1-6-3 (Башкирская) повышалась при замачивании в растворе Циркона (1 мл/л) на 14%, в дальнейшем наблюдалось усиление роста и развития саженцев: высота растений через 1.5 мес. превышала контроль на 41–43, через 2.5 мес. – на 14–23%, увеличивалось количество скелетных ветвей и выход стандартных саженцев [38].

Как и в случае с предпосевной обработкой семян, Циркон может усиливать эффект других рострегуляторов при вегетативном размножении растений в случае их комплексного использования. В селекции белладонны для сохранения перспективных сортообразцов и высокопродуктивных форм имеет значение вегетативное размножение. Совместное применение смеси рострегуляторов Циркон и Корневин (4(индол-3ил) масляной кислоты) при вегетативном размножении белладонны (*Atropa belladonna* L.) способно повышать приживаемость зеленых черенков культуры (до 47%), в то время как при раздельном применении данных регуляторов роста повышение составляло 20–27%. При этом смесь Циркона и Корневина благоприятно влияла и на биоморфологические показатели культуры: высота растений превышала контроль на 45, ассимилирующая поверхность и число боковых побегов – на 40% [39, 40].

Испытания нового рострегулирующего препарата ДваУ (к настоящему моменту не включен в “Список разрешенных к применению препаратов...”), действующими веществами которого являются индолил-масляная кислота и комплекс гидроксикоричных кислот, также показали эффективность препарата при вегетативном размножении лекарственных культур. Замачивание корневой поросли маклеи и рассады лапчатки белой в водном растворе ДваУ способствовало интенсивному корнеобразованию и активации ростовых процессов: приживаемость маклеи увеличивалась на 18–19, лапчатки белой – на 22–25%. Положительное действие биорегулятора отразилось как на росте корневой системы, так и надземной части растений. У маклеи суммарная длина корней увеличивалась по сравнению с контролем в 3.9 раза, число листьев – на 16, площадь листовой поверхности – на 21%. Биомасса надземной части растений лапчатки белой возрастала на 51%, масса корней – в 2 раза [41].

РЕГУЛИРОВАНИЕ БИОПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ КУЛЬТУР (УРОЖАЙНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В СЫРЬЕ)

Важной задачей лекарственного растениеводства является получение максимальной урожайности культур в сочетании с высоким содержанием биологически активных веществ в сырье. Регуляторы роста растений, в том числе на основе вторичных метаболитов, оказывают значительное влияние на синтез основных биологически активных веществ в лекарственных растениях [42].

Применение Циркона с целью повышения биопродуктивности оказалось эффективным на разных лекарственных культурах. Двукратное опрыскивание Цирконом посевов змееголовника молдавского в различных климатических зонах (Краснодарский край, Московская и Самарская обл.) способствовало более интенсивному росту и развитию культуры, к моменту уборки урожая высота растений превышала контрольный вариант на 16–23, кустистость – на 18–21%, при этом цветение растений наступало на 3–4 сут раньше, чем в контроле. Стимуляция ростовых процессов привела к повышению урожайности травы на 16–22% и повышению содержания в ней эфирного масла на 48–51% [43]. Применение Циркона при внекорневой обработке растений белладонны в первый год вегетации обеспечило активный рост и формирование ассимиляционного аппарата, площадь которого возрастала на 54%. Усиление роста и развития растений при использовании Циркона с микроудобрением Феровит повышало урожайность семян на 25–33% и позволило получать полноценные семена уже в первый год вегетации, ускоряя таким образом селекционный процесс [40]. Испытание Циркона на женьшене показало, что при обработке семян и вегетирующих растений их масса возрастала на 92, масса корней – на 89%, площадь листовой поверхности – в 1.5–2.5 раза, при этом гибель растений от корневых гнилей снижалась на 10%. Выход качественной рассады женьшеня в варианте применения Циркона возрастал в 1.2–1.4 раза [35, 44].

Наряду с усилением роста лекарственных культур, Циркон ускоряет прохождение фенофаз и способствует раннему и дружному созреванию семян. Учеты количества плодов (многосемянной ягоды) белладонны показали, что количество незрелых плодов в варианте с двукратной обработкой вегетирующих растений рострегулятором составляло 10.2%, в то время как в контроле – 25.8%. Количество незрелых корзинок календулы в варианте с биорегулятором снижалось в 3 раза.

В результате влияния рострегулятора урожайность семян белладонны повышалась на 56, календулы – на 62% [45]. Исследования, связанные с регулированием семенной продуктивности на копеечнике альпийском, показали, что действие рострегулятора Циркон способствовало повышению урожайности семян на 31%, а также их качества: массы 1000 шт. – на 12, всхожести – на 17% по сравнению с контролем [46]. Двукратная обработка кустов шиповника рострегулятором Эпин-экстра (80 мл/га) в фазе отрастания побегов и Цирконом (100 мл/га) в фазе цветения способствовала повышению завязываемости плодов по сравнению с контролем на 35–72% [47].

Важным показателем качества лекарственного сырья является содержание в нем биологически активных веществ. Изучение влияния Циркона на накопление биологически активных веществ показало, что под влиянием данного препарата их содержание увеличивалось в различных лекарственных культурах. У календулы лекарственной повышалось количество каротиноидов на 29.8, у белладонны алкалоидов – на 26, у наперстянки шерстистой ланатозида С – до 45, содержание эфирного масла в корнях валерианы – на 28%, а у пажитника сеного формировались семена с повышенным содержанием стероидных сапонинов (до 4.26% от сухой массы семян) [13, 34, 48].

Высокую эффективность показали комплексные обработки, включавшие применение Циркона с органо-минеральными и микроудобрениями. При совместном применении на шалфее лекарственном Циркона и органо-минерального удобрения ЭкоФус наблюдали повышение урожайности эфиромасличного сырья (листа): при первом укосе – на 1.4–1.99, при втором – на 0.30–0.48 ц/га. Включение в технологию возделывания шалфея лекарственного органо-минерального удобрения ЭкоФус с микроудобрением Цитовит (1-я обработка) и микроудобрения Силиплант с регулятором роста Циркон (2-я обработка) позволило регулировать процессы роста и получать стабильные урожаи 2-х видов лекарственного сырья (трава и корни). По сумме 2-х укосов урожайность надземной части (травы) превышала контроль на 23%. Кроме того, активный синтез ауксинов под влиянием кремния (микроудобрение Силиплант), на фоне их меньшего разрушения при действии гидроксикоричных кислот (рострегулятор Циркон) позволил обеспечить лучший рост корневой системы шалфея и повышение его урожайности по сравнению с контролем на 40% [49, 50].

На синюхе голубой обработка бинарной смесью Циркона с микроудобрением Силиплант

оказала стимулирующее влияние на рост растений и обеспечило повышение урожайности корней синюхи голубой на 41 и урожайности семян – на 21% [51]. На плантациях зюзника европейского 1-го года выращивания двукратная некорневая подкормка бинарной смесью органо-минерального удобрения Абсолют с рострегулятором Циркон способствовала увеличению высоты растений, повышению количества боковых побегов, что за счет лучшего развития растений обеспечило прибавку урожайности лекарственного сырья на 22–30% [52]. Некорневая обработка вегетирующих растений арники Цирконом (30 мл/га) способствовала лучшему развитию культуры, прибавка урожайности соцветий составила 12–18, семян – 9–18%, но наиболее результативным оказался вариант совместного применения Циркона и микроудобрения Феровит, которые обеспечили прибавку урожая семян 0.08–0.09 т/га (на 32–36%), урожая сухих соцветий – на 0.29–0.32 т/га (на 22–30%) [53]. Двукратная обработка вегетирующих растений амми большой и змеголовника молдавского баковой смесью Циркона с микроудобрением Феровит обеспечивало дружное созревание и получение стабильного урожая семян высоких посевных кондиций: прибавка урожайности по отношению к контролю составила 26 и 44% соответственно. Использование бинарной смеси данных препаратов повышало урожайность надземной массы пажитника сеного и урожайность семян – на 23.8% по сравнению с контролем [54–56].

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ К НЕСТАБИЛЬНЫМ ПОГОДНЫМ УСЛОВИЯМ, ВРЕДИТЕЛЯМ И БОЛЕЗНЯМ

Нестабильные климатические условия требуют разработки приемов повышения адаптационного статуса лекарственных растений для обеспечения их оптимальной продуктивности. Наиболее важной регуляторной системой, обеспечивающей процесс адаптации растений к погодным условиям, является их гормональная система, которая быстро реагирует на меняющиеся стресс-факторы. Согласно литературным данным, фенольные соединения, входящие в состав Циркона, проявляют свойства стрессовых метаболитов и участвуют в адаптации растений к неблагоприятным условиям среды [2]. Установлено, что применение Циркона наиболее эффективно в засушливых условиях, при повышенных температурах и недостатке влаги. В этом случае фенольные соединения (оксикоричные кислоты), являющиеся основой препарата Циркон, активизируют процессы

фотосинтеза и ингибируют дыхание, что позволяет растениям адаптироваться к засушливым погодным условиям [57]. Например, применение Циркона на мяте перечной способствовало увеличению урожайности листа различных сортов: у Лекарственной 4 – на 19, у Медички – на 16, у Москвички – на 12%, на сорте Кубанская 6 действие препарата не проявилось. Однако наибольшая эффективность препарата отмечена в засушливых погодных условиях: прирост урожайности сорта Лекарственная 4 составил 24, сорта Медичка – 23, сорта Москвичка – 25, сорта Кубанская 6 – 12%. Несмотря на то что содержание эфирного масла в сырье изученных сортов не изменялось, за счет повышения урожайности сбор эфирного масла в зависимости от сорта увеличивался при благоприятных погодных условиях на 6–8 л/га, в засушливых – на 11–17 л/га, или на 14–31% по отношению к контрольному варианту [58]. Обработка Цирконом растений календулы лекарственной, пустырника сердечного и змеголовника молдавского в условиях недостаточного количества осадков и высоких температур способствовала повышению урожайности на 51, 36, 32% соответственно, в то время как при оптимальных условиях произрастания – на 32, 21 и 18 [45]. Площадь ассимиляционной поверхности растений календулы и белладонны при засушливых погодных условиях в варианте с биорегулятором, несмотря на отставание растений в росте, превышала контроль на 33–52%, в то время как при оптимальных условиях произрастания этот показатель составлял 25–32%, урожайность сырья повышалась на 23–25 и 36–39% соответственно. При этом повышалось качество лекарственного сырья: содержание каротиноидов в календуле возрастало на 1/3, алкалоидов белладонны – на 34–41% [59]. На зюзнике европейском применение регулятора роста Циркон с микроудобрением Феровит или органо-минеральным удобрением Абсолют в годы с погодными условиями, различающимися по количеству осадков и температурному режиму, показало, что использование данных комплексов позволило повысить устойчивость растений и сократить потери урожая в условиях гидротермального стресса. Усиление ростовых процессов (высоты растений и количества боковых побегов) привело к сокращению потерь урожая лекарственного сырья на 20–22% по сравнению с контролем [60].

Современные технологии возделывания и защиты лекарственных культур от вредителей и болезней предусматривают наряду с использованием препаратов биоцидного действия применение и рострегулирующих препаратов, способствующих

щих повышению экологической безопасности растениеводства. Отмечено, что Циркон обладает полифункциональным действием на иммунологический статус растений, стимулирует возникновение защитных гистогенных реакций пораженной ткани, повышает содержание салициловой кислоты до 2.0–2.5 раза. В работах разных авторов указано на то, что добавление Циркона в системы защиты лекарственных культур оказывало положительное влияние на их рост и развитие, стимулировало защитные свойства, способствовало улучшению фитосанитарного состояния посевов, повышению урожайности сырья, улучшению его качества и снижению пестицидной нагрузки [34, 61, 62].

Совместное применение инсектоакарицидов и Циркона на розах в период вегетации позволило снизить до 2-х и более раз норму основного препарата без снижения биологической эффективности обработок. Использование баковых смесей Актары, Фитоверма, Неорона и Циркона обеспечило сохранение токсичности при уменьшении концентрации препаратов в 2–5 раз [37]. Копеечнику альпийскому первого года большой вред наносят клубеньковые долгоносики, при высокой степени поврежденности вредителем изреженность посевов может достигать до 50%. Обработка семян Цирконом с последующим опрыскиванием баковой смесью инсектицида Каратэ в сниженной норме расхода с рострегулятором и повторной обработкой Цирконом позволила добиться высокой биологической эффективности (92%), сопоставимой с эталонным вариантом (полной нормой расхода инсектицида). При этом, проведенные исследования показали, что под влиянием Циркона растения активно наращивали биомассу, увеличение которой составляло от 30 до 52, а прибавка урожая составила 19–21% [34, 63]. Отрастающая энотера 2-го года вегетации повреждается блошками, но применение химических инсектицидов на ее плантациях нежелательно. Испытания баковой смеси биологического инсектицида Фитоверм (0.3 л/га) с Цирконом (40 мл/га) показали ее высокую биологическую эффективность – 82.9% (численность блошек снизилась до экономически незначимого порога вредности), при этом урожайность в варианте с применением одного Фитоверма была на 18–19% меньше [64].

Включение Циркона в комплексную систему защиты наперстянки шерстистой от болезней и сорняков (предпосевная обработка семян (0.1 мл/кг) и опрыскивание баковой смесью гербицида Зеллек-супер, КЭ с фунгицидом Топаз, КЭ + Циркон (1 л/га + 0.2 л/га + 35 мл/га)) приводило к

усилению роста растений, засоренность посевов снижалась на 89.8%, а развитие септориоза не превышало 6.3%. При этом урожайность лекарственного сырья по сравнению с эталоном повышалась на 18, содержание ланатозидов – на 15.4%, а первые признаки поражения растений септориозом появлялись на 7–10 сут позже, что позволило провести уборку в более ранние сроки при высоком содержании ланатозидов в сырье [65].

При использовании комплексной технологии защиты лапчатки белой от ржавчины, включавшей применение бордоской смеси с регулятором роста Циркон и микроудобрением Феровит, развитие заболевания не превышало уровень экономического порога вредности, а повышение массы корней составляло 28–31% [66].

Наблюдения за культурой шиповника показали, что при последовательной обработке биорегуляторами Эпин-экстра и Циркон пораженность растений пятнистостями была слабой, в то время как в контрольном варианте листья были поражены в средней степени при 100%-ном распространении заболевания. При этом в засушливых погодных условиях данные препараты компенсировали потери урожайности на 36–57% [47].

Использование Циркона позволило в отдельных случаях полностью избежать ситуаций, при которых применение пестицидов на лекарственных культурах становится необходимым. Для ряда лекарственных культур, таких как мята перечная, шалфей лекарственный, серпуха венценосная, значительную опасность представляют мучнистые росы, снижение урожайности данных культур достигает в зависимости от степени развития заболевания от 10 до 65%. В то же время применение рострегуляторов и микроудобрений обеспечивает более ранние сроки их уборки на сырье.

На мяте перечной и шалфее лекарственном двукратная обработка рострегулятором Циркон вегетирующих растений оказывала стимулирующее действие на ростовые процессы, способствовала ускорению прохождения фенофаз – цветение наступало на 4–6 сут раньше, чем в контроле, что позволило приступить к уборке сырья до поражения растений мучнистой росой. Кроме того, урожайность листа повышалась на 15–20%, а сбор эфирного масла с гектара – на 24–28%. Аналогичное действие оказало комплексное применение препарата Циркон с микроудобрением Феровит на серпухе венценосной: интенсивный рост и развитие растений позволили провести уборку на сырье раньше, в опытном варианте не отмечали поражение растений мучнистой росой.

При этом повышались урожайность сырья серпухи на 16–20% и содержание в нем биологически активных веществ (фитоэкдистероидов) на 6–8% [64, 67].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, многолетние исследования, проведенные на различных видах лекарственных растений, показали высокую эффективность применения на них гидроксикоричных кислот: использование препаратов на их основе повышало эффективность сельскохозяйственного производства и являлось важной компонентой в экологически приемлемых технологиях возделывания лекарственных культур. Полученные рядом авторов экспериментальные данные показали, что гидроксикоричные кислоты обладают широким спектром действия на всех этапах развития растительного организма, способствуют усилению роста и развития растений, увеличению урожайности и улучшению качества полученного лекарственного сырья, повышают адаптационный статус лекарственных культур при негативном воздействии погодных условий, вредителей и болезней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прусакова Л.Д., Кефели В.И., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В., Кузнецова С.А. Роль фенольных соединений в растениях // Агрохимия. 2008. № 7. С. 86–96.
2. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Можарова И.П. Как повысить устойчивость растений к засухе // Защита и карантин раст. 2011. № 3. С. 61–62.
3. Hesham R. El-Seedi, Asmaa M.A. El-Said, Shaden A.M. Khalifa, Ulf Göransson, Bohlin L., Borg-Karlson A.-K., Verpoorte R. Biosynthesis, natural sources, dietary intake, pharmacokinetic properties, and biological activities of hydroxycinnamic acids // J. Agricult. Food Chem. 2012 № 60(44). P. 10877–10895. <https://doi.org/10.1021/jf301807g>
4. Самородов В.Н., Поспелов С.В., Моисеева Г.Ф., Середина А.В. Фитохимический состав представителей рода эхинацея (*Echinacea* Moench) и его фармакологические свойства (обзор) // Хим. фарм. журн. 1996. Т. 30. № 4. С. 32–37.
5. Wills F., Stuart T. Alkylamide and cichoric acid level in *Echinacea purpurea* grown in Australia // Food Chem. 1999. V. 67. P. 385–388.
6. Баширова Р.М., Никитина Т.И., Шайдуллина Г.Г. Особенности химического состава растений *Echinacea purpurea* (L.) Moench, интродуцированной в республике Башкортостан // Раст. ресурсы. 2000. Т. 36. № 2. С. 105–109.
7. Robinson W., Reinicke M., Abdel-Malek S., Chow S. Inhibitor of HIV-1. Replication that inhibit HIV integrase // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1996. № 93. P. 6326–6331.
8. Aboueilla A.M., Shahein Y.E., Tawfik S.S., Zahran A.M. Phytotherapeutic effects of *Echinacea purpurea* in gamma-irradiated mice // Vet. Sci. 2007. № 8(4). P. 341–351.
9. Joks G., Petrovic S., Joksic I., Leskovac A. Biological effects of *Echinacea purpurea* on human blood cells // Arh. Hig. Rada Toksikol. 2009. V. 60. P. 165–172.
10. Murthy H.N., Kim Y.S., Park S.Y., Paek K.Y. Biotechnological production of caffeic acid derivatives from cell and organ cultures of *Echinacea* species // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2014. № 98(18) P. 7707–7717.
11. Малеванная Н.Н. Циркон – иммуномодулятор нового типа // Циркон – природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве. М.: “НЭСТ М”, 2010. С. 3–8.
12. Макеева И.Ю. Физиолого-биохимические ответы *Solanum tuberosum* на действие кофейной кислоты: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2017. 23 с.
13. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Тхаганов Р.Р., Сидельников Н.И. Влияние Циркона на урожайность и качество лекарственного растительного сырья // Циркон – природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве. М., 2010. С. 151–162.
14. Бобрешова И.Ю., Зимица Т.В. Биопрепараты на основе растительных биологически активных веществ // Защита и карантин раст. 2016. № 8. С. 30–32.
15. Сидельников Н.И., Ковалев Н.И., Хазиева Ф.М. Роль регуляторов роста и микроудобрений при введении лекарственных растений в культуру // Вестн. рос. сел.-хоз. науки. 2018. № 3. С. 62–66.
16. Шаповал О.А., Можарова И.П. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве // Защита и карантин раст. 2019. № 4. С. 9–14.
17. Дурмишидзе С.В. Биохимия растений и охрана окружающей среды // Plant Biochem. Environ. Protect. Тбилиси, 1984. 44 с.
18. Blum U., Staman L.R., Flint J.L., Shafer R.S. Induction and/or selection of phenolic acid-utilizing bulk-soil and rhizosphere bacteria and their influence on phenolic acid phytotoxicity // J. Chem. Ecol. 2000. № 26. P. 2059–2078.
19. Алексеева К.Л., Малеванная Н.Н. Механизм полифункционального действия препарата Циркон // Индуцированный иммунитет сельскохозяйственных культур – важное направление в защите растений / Под ред. С.С. Санина, В.А. Павлюшина. СПб.: ВНИИФ, 2006. С. 69–70.
20. Бушковская Л.М., Пушкина Г.П., Вакулин К.Н. Перспективы использования биорегулятора Циркон в системе защиты лекарственных культур от вредных организмов // Интродукция нетрадиционных и редких растений. Мичуринск, 2008. Т. III. С. 102–105.
21. Талиева М.Н., Павленко Е.П., Рункова Л.В. Влияние Циркона на устойчивость моркови к поражающую корнеплодов болезнями // Циркон – природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве. М., 2010. С. 216–220.

22. Чурикова В.В., Малеванная Н.Н. К вопросу о механизме защитного действия Циркона // Примененные препараты Циркон в производстве сельскохозяйственной продукции. М., 2004. С. 3–4.
23. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрохимия. 2005. № 11. С. 76–86.
24. Вакуленко В.В. Влияние регуляторов роста на урожайность сельскохозяйственных культур в различных зонах России // Зерн. хоз-во России. 2015. № 1. С. 24–26.
25. Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Каспировский А.В. Влияние регуляторов роста на содержание тяжелых металлов в зерне яровой пшеницы сорта Землячка в условиях среднего Поволжья // Вестн. Казан. ГАУ. 2013. Т. 8. № 1(27). С. 103–107.
26. Прудников П.С., Прудникова Е.Г. Протекторный эффект гидроксикоричных кислот в условиях интоксикации растений *Fragaria ananassa* Duch свинцом // Вестн. Орел. ГАУ. 2016. № 2(59). <https://doi.org/10.15217/issn1990-3618.2016.2.96>
27. Серегина И.И., Белопухов С.Л. Защитно-стимулирующая роль микроэлементов и регуляторов роста в растениеводстве. М.: Проспект, 2021. 184 с.
28. Турецкая Р.Х., Гуськов А.В. Роль ауксинов, их кофакторов и ингибиторов в ризогенезе // Метаболизм и механизм действия фитогормонов: тр. Всесоюз. конф. Иркутск, 1979. С. 21–27.
29. Шаин С.С. Биорегуляция продуктивности растений. Красногорск: Оверлей, 2005. 228 с.
30. Сергеев А.Ю., Климахин Г.И., Пушкина Г.П. Исследование способов повышения энергии прорастания и всхожести семян серпухи венценосной (*Serratula coronata* L.) // Лекарств. растениеводство. М.: ВИЛАР, 2006. С. 179–182.
31. Пушкина Г.П., Шаин С.С., Малеванная Н.Н. Комплексное использование регулятора роста циркон и фитогормона гиббереллин на лекарственных культурах // Циркон – природный регулятор роста. Применение в сельском хозяйстве М.: Нэст М, 2010. С. 172–181.
32. Сидельников Н.И., Пушкина Г.П., Бушковская Л.М. Эффективность совместного применения фитогормонов и биорегуляторов на белладонне // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2013. № 11. С. 31–34.
33. Вакулин К.Н. Мобилизация биологически адаптивного потенциала некоторых лекарственных культур при комплексном применении регуляторов роста и пестицидов: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 146 с.
34. Бушковская Л.М., Пушкина Г.П., Сидельников Н.И., Быкова В.А. Перспективы использования регуляторов роста в системе защиты лекарственных культур от вредителей и болезней // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2012. № 1. С. 45–52.
35. Курносое В.Н., Бушковская Л.М., Пушкина Г.П., Загуменников В.Б. Применение биопрепаратов и почвенно-грунтовых смесей при выращивании женьшеня // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. М.: РУДН, 2005. Т. 3. С. 357–359.
36. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М. Эффективность регуляторов роста на лекарственных культурах // АГРО XXI. 2011. № 4–6. С. 27–29.
37. Медведев И.А. Оптимизация способов размножения и защиты роз от вредителей в условиях Москвы и Московской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2006. 22 с.
38. Морозов В.И., Антипов В.И., Быкова О.А., Ларина Л.А. Использование регуляторов роста при размножении кустарниковых и травянистых лекарственных культур // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. М., 2009. Т. II. С. 221–224.
39. Хазиева Ф.М., Пушкина Г.П. Влияние регуляторов роста на укоренение черенков белладонны // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Мат-лы VIII Международ. симп. М., 2009. Т. II. С. 221–224.
40. Басалаева И.В. Оценка и создание исходного материала для селекции белладонны (*Atropa belladonna* L.) в Нечерноземной зоне РФ: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2013. 24 с.
41. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Тхаганов Р.Р., Сидельников А.Н. Применение универсального регулятора роста ДваУ при вегетативном размножении лекарственных культур // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2015. № 5. С. 26–30.
42. Jamwal K., Bhattacharya S., Puri S. Plant growth regulator mediated consequences of secondary metabolites in medicinal plants // J. App. Res. Med. Aromat. Plants. 2018. V. 9. P. 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.12.003>
43. Пушкина Г.П., Шаин С.С., Антипов В.И., Быкова О.А. Пути повышения продуктивности змееголовника молдавского // АГРО XXI. 2008. № 7–9. С. 44.
44. Курносое В.В., Бушковская Л.М. Повышение ростовых процессов и устойчивости женьшеня к болезням при применении циркона типа // Природный регулятор роста Циркон. Применение в сельском хозяйстве. М.: НЭСТ М, 2010. 384 с.
45. Пушкина Г.П., Маланкина Е.Л., Тхаганов Р.Р., Морозов А.И. Эффективность применения регуляторов роста и микроудобрений на эфирномасличных культурах // Достиж. науки и техн. АПК. 2010. № 7. С. 17–19.
46. Ромашкина С.И., Хазиева Ф.М. Перспективы выращивания *Hedysarum alpinum* L. в Нечерноземной зоне Российской Федерации // Вестн. КрасГАУ. 2020. № 12(165). С. 63–68.
47. Мельникова Г.В., Куштель Д.А., Сетин В.Н. Использование регуляторов роста и микроудобрений в технологиях выращивания шиповника // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине. М.: ВИЛАР, 2016. С. 126–128.
48. Савченко О.М. Влияние регуляторов роста на основные хозяйственно-ценные признаки и содержание стероидных сапонинов в семенах *Trigonella foeniculum-graecum* L. // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2017. Т. 20. № 7. С. 31–34.

49. Ковалев Н.И., Маланкина Е.Л. Эффективность комплексного применения органо-минерального удобрения ЭкоФус с биорегулятором Циркон на шалфее лекарственном (*Salvia officinalis* L.) // Овощи России. 2019. № 6. С. 76–79. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-76-79>
50. Ковалев Н.И., Пушкина Г.П. Влияние микроудобрений и регулятора роста на продуктивность лопуха большого (*Arctium lappa* L.) и шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.) // Овощи России. 2020. № 4. С. 79–83.
51. Глазунова А.В. Влияние регулятора роста Циркон и микроудобрения Силиплант на растения синюхи голубой // Молодые ученые и фармация XXI века. М.: ВИЛАР, 2018. С. 36–39.
52. Сидельников Н.И., Ковалев Н.И. Агротехнические приемы возделывания зюзника европейского (*Lycopus europaeus* L.) в условиях центральной Нечерноземной зоны России // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2017. Т. 20. № 7. С. 13–19.
53. Грязнов М.Ю., Тоцкая С.А. Приемы выращивания *Apnica foliosa* Nutt. при возделывании в центральном регионе РФ // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений. 2019. С. 170–175.
54. Тоцкая С.А. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество семян *Ammi majus* // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. Мат.-лы VIII Международ. симп. М., 2009. С. 270–273.
55. Тоцкая С.А., Станишевская И.Е., Хазиева Ф.М., Сидельников Н.И. Приемы повышения урожайности и качества семян змееголовника молдавского (*Dracoscephalum moldavica* L.) // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2012. № 7. С. 47–50.
56. Савченко О.М., Хазиева Ф.М. Урожайность пажитника сеного в зависимости от обработок ростстимулирующими препаратами и ретардантом // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8(161). С. 3–8.
57. Ильина Л.В. Влияние Циркона на урожайность и качество продукции зерновых культур // Применение препарата Циркон в производстве сельскохозяйственной продукции. М., 2004. С. 35–36.
58. Морозов А.И. Влияние регулятора роста Циркон на адаптивность сортов мяты перечной к нестабильным погодным условиям нечерноземной зоны России // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. 28. № 2. С. 83–89.
59. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Сидельников Н.И., Морозов А.И., Тхаганов Р.Р., Мельникова Г.В. Адаптация лекарственных культур к абиотическим и биотическим стрессам // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2012. № 7. С. 14–17.
60. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Ковалев Н.И. Экзогенное регулирование адаптивности зюзника европейского (*Lycopus europaeus* L.) к засушливым погодным условиям // Новые и нетрадиц. раст. и перспективы их использования. 2017. № S12. С. 239–241.
61. Малеванная Н.Н. Ростстимулирующая и иммуномодулирующая активности природного комплекса гидроксикоричных кислот (препарат Циркон) // Регуляция роста, развития и продуктивности растений. Минск: Право и экономика, 2005. С. 289.
62. Чурикова В.В., Нечаева М.Ю., Малеванная Н.Н. Защитно-стимулирующие свойства препарата Циркон // Там же. С. 247.
63. Вакулин К.Н. Рострегулятор Циркон на копеечнике альпийском // Защита и карантин раст. 2006. № 11. С. 28.
64. Бушковская Л.М., Пушкина Г.П., Морозов А.И. Регуляторы роста растений в технологиях защиты лекарственных культур // Защита и карантин раст. 2011. № 9. С. 31–32.
65. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Сидельников Н.И. Применение Циркона в технологии защиты наперстянки шерстистой // Защита и карантин раст. 2017. № 9. С. 47–49.
66. Масляков В.Ю., Мурадасилова Н.В., Зайко Л.Н., Бушковская Л.М., Пушкина Г.П., Журба О.В., Сидельников Н.И., Фадеев Н.Б. Лапчатка белая (*Potentilla alba* L.): фитопатогены в природе и в условиях выращивания // Вопр. биол., мед. и фармацевт. химии. 2013. № 11. С. 35–39.
67. Бушковская Л.М., Пушкина Г.П. Роль препаратов небиоцидной природы в регулировании вредоносности мучнистой росы на лекарственных культурах // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. СПб.: ВИЗР, 2016. С. 87.

Applying of Hydroxycinnamic Acids on Medicinal Crops

N. I. Kovalev

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants
ul. Grina 7, Moscow 117216, Russia
E-mail: kovalevteam@mail.ru

The review discusses the use of growth regulators based on hydroxycinnamic acids in medicinal plant production. Long-term studies have shown that hydroxycinnamic acids have a multifunctional effect on the plant organism: they contribute to the activation of physiological processes in plants, enhance their growth and development. In addition, growth regulators based on them increase the adaptive properties of cultivated plants to adverse environmental factors of both abiotic (weather conditions) and biotic nature (pests and phytopathogens). The inclusion of growth regulators based on hydroxycinnamic acids is an important component of environmentally safe and at the same time highly effective technologies for the cultivation of medicinal crops.

Key words: growth regulators, medicinal plants, phenolic compounds, hydroxycinnamic acids.