

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА)

На правах рукописи

Почуев Петр Викторович

**ПРИМЕНЕНИЕ АУКСИНОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И
ГЛИЦИНА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ОБЛАСТИ
РФ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ УКРОПА ОГОРОДНОГО И КОРИАНДРА
ПОСЕВНОГО**

Специальность: 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и
лекарственные культуры

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
Маланкина Елена Львовна,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

МОСКВА – 2024

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. УКРОП ПАХУЧИЙ И КОРИАНДР ПОСЕВНОЙ КАК ИСТОЧНИКИ ЭФИРНОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	11
1.1 Укроп пахучий.....	12
1.2 Кориандр посевной	23
1.3 Заключение	34
ГЛАВА 2. НЕКОРНЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЛИЦИНА И АУКСИНОПОДОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ	36
2.1. Эффект некорневой обработки растений глицином	39
2.2. Эффект некорневой обработки растений ауксинподобными препаратами.....	45
2.3 Заключение	48
ГЛАВА 3. СХЕМА ОПЫТОВ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	50
3.1 Предмет и объекты исследования	50
3.2 Характеристика территории, природно-климатические условия	52
Рисунок 8 - Посевы кориандра посевного до внесения гербицида	56
3.3. Методика проведения опытов	56
3.4. Схема эксперимента	58
3.5. Статистическая обработка	59
3.6. Расчет экономической эффективности производства эфиромасличного сырья.....	59
ГЛАВА 4. ЭФФЕКТ ОТ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ РАСТВОРОМ АМИНОКИСЛОТЫ ГЛИЦИН РАСТЕНИЙ УКРОПА ПАХУЧЕГО И КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ И СБОР ЭФИРНОГО МАСЛА	61
4.1 Урожайность плодов и масса 1000 плодов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина	63
4.2 Содержание и сбор эфирного масла и основных его компонентов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина	74
4.3 Заключение	85

ГЛАВА 5. ЭФФЕКТ ОТ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ АУКСИНОПОДОБНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ РАСТЕНИЙ УКРОПА ПАХУЧЕГО И КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ И СБОР ЭФИРНОГО МАСЛА	87
5.1 Урожайность плодов и масса 1000 плодов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами	88
5.2 Содержание и сбор эфирного масла и основных его компонентов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами	99
5.3. Заключение	109
ГЛАВА 6. ЭФФЕКТ ОТ КОМБИНИРОВАННОЙ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ УКРОПА ПАХУЧЕГО И КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО ГЛИЦИНОМ И АУКСИНОВЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ И СБОР ЭФИРНОГО МАСЛА.....	111
6.1 Урожайность плодов и масса 1000 плодов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами	112
6.2 Содержание и сбор эфирного масла и основных его компонентов укропа пахучего и кориандра посевного от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами	121
6.3. Заключение	130
ГЛАВА 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГЛИЦИНА И АУКСИНОПОДОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА РАСТЕНИЯХ CORIANDRUM SATIVUM И ANETHUM GRAVEOLENS .	132
7.1 Анализ эффекта некорневой обработки растений глицином и ауксинподобными препаратами на сбор эфирного масла	132
7.2. Производственная проверка научных разработок.....	138
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Сельдерейные (Ariaceae) - одно из важнейших семейств цветковых растений, включающее 3780 видов и 434 родов. Оно распространено по всему миру, в основном в северных умеренных районах и на больших высотах в тропиках. Растения обычно используются в пищевых, ароматических и медицинских целях. В последнее время проведено множество экспериментальных и биологических исследований для подтверждения этномедицинских свойств растений, принадлежащих к этому семейству. Более того, повторное открытие этого семейства фармакологами может привести к запуску нового поколения биологических средств защиты растений для промышленного применения. Несколько видов этого семейства являются промышленно значимыми источником эфирных масел.

Содержание эфирного масла у разных видов по своей природе различается, на него сильно влияют условия культивирования и окружающая среда, а также обработка урожая и послеуборочная доработка (Работягов и др., 2017).

Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA) эфирные масла классифицируются как «общепризнанные безопасными» (GRAS) и благодаря своему натуральному происхождению более широко одобряются потребителями, чем «синтетические» средства (<https://www.fda.gov/>), если их использовать разумно и осторожно.

Среди возделываемых в Российской Федерации эфирносов преобладают культуры, выращиваемые для получения зернового сырья - плоды кориандра (*Coriandri fructus*) и укропа пахучего (*Anethi graveolentis fructus*) (Паштецкий и др., 2021). В 2014 г. Европейская комиссия разрешила размещение на рынке масла семян кориандра как пищевой ингредиент в соответствии с Регламентом (ЕС) № 258/97 Европейского парламента и Совета, поскольку оно содержит петрозелиновую кислоту (Nguyen et al., 2015).

Объем рынка масла семян укропа пахучего в 2018 г. составил более 1,5 млрд долларов США, и к 2025 г. отрасль ожидает, что спрос превысит 82,5 тыс. т. По оценкам, к концу 2025 г. рынок масла семян укропа превысит 1,45 миллиарда долларов США. Растущий интерес к эфирным маслам в таких областях, как продукты питания, фармацевтика, сельское хозяйство, борьба с вредителями и органический синтез, должен увеличить спрос на продукцию. Сегмент рынка масла семян укропа является конкурентоспособным и умеренно фрагментированным.

Ожидается, что на рынке кориандрового масла будет наблюдаться рост рынка на 9,52 % в прогнозируемый период с 2021 по 2028 гг. Ученые из Центра развития вкусов и ароматов (Индия, г. Каннауж) в 2016 г. оценили ежегодное мировое потребление эфирного масла кориандрового – 0,7 тыс. т (http://www.ffdcindia.org/pdf/global_scenario_19032015.pdf).

Среди видов эфирных масел, производимых в Российской Федерации, иностранные эксперты отмечают кориандровое. Значительное увеличение объемов выращивания зернового эфиромасличного сырья в 2019-2020 гг. вызвано расширением площадей кориандра, который продолжает оставаться основной эфиромасличной культурой Российской Федерации. Доля кориандра в посевных площадях эфиромасличных культур в 2020 г. составила 87,6 %. При этом урожайность плодов в 2020 г. в целом по Российской Федерации составила 0,6 т/га, по Республике Крым – 0,53 т/га (Паштецкий и др., 2021).

В последние десятилетия на плодородие и качество почвы негативно повлияли многие стратегии внесения удобрений (Souri, Natamian, 2019). В основном это связано с низкой эффективностью применяемых удобрений, которые могут даже привести к снижению урожайности при увеличении их количества (Ercolano et al., 2015). При неблагоприятных климатических условиях внекорневые подкормки вместо почвенных (Golubkina et al., 2018) или хелатные формы вместо простых химических форм удобрений (Garcia et al., 2011; Marschner, 2011; Souri, Aslani, 2018) могут улучшить усвоение питательных веществ и эффективность использования вносимых удобрений.

Аминокислоты уже более двух десятилетий включают в составы удобрений для повышения эффективности их использования (Souri, 2016). Внекорневое внесение аминокислот может оказать благотворное влияние на рост и продуктивность растений (Sadak et al., 2015; Shams et al., 2016; Hussain et al., 2018; Souri, Aslani, 2018).

В последнее время возрос интерес к изучению влияния соединений, обладающих гормональными свойствами на растения. Ауксин используется в коммерческих целях для повышения урожайности и регулирования роста и развития растений. Ауксин является одним из растительных гормонов, которые регулируют многие процессы развития и морфогенеза, такие как реакция на окружающую среду, фото- и геотропизм, увеличение клеток, апикальное доминирование и инициация корней (Enders, Strader, 2015; Frick, Strader, 2018; Malankina et al., 2021).

Степень научной разработанности проблемы. Большинство известных современных работ по изучению химического состава укропа пахучего проведены учеными Ирана (Kazemi et al., 2012; Khani, Basavand, 2013), Пакистана (Singh et al., 2005; Babri et al., 2012), Индии (Singh, 2012; Chahal et al., 2016), Таиланда (Peerakam et al., 2014; Tanurean et al., 2014), Таджикистана (Sharopov et al., 2013), России (Шелепова, Хуснетдинова, 2018); кориандра посевного – Индии (Pande et al., 2010), Туниса (Sriti et al., 2011), Египта (Romeilah et al., 2010), России (Зыкова и др., 2014; Солонникова и др., 2015; Раджабов и др., 2017). Результаты этих исследований показывают, что эфирное масло укропа состоит из большего количества *d*-карвона, *d*-лимонена и α -фелландрена, а кориандра посевного – линаоол, с которыми связывают фармакологически доказанную антибактериальную, гипогликемическую, антиоксидантную, цитотоксическую и противовоспалительную активности. Важный и значительный вклад в изучение действия аминокислоты глицина на выход эфирного масла кориандра посевного оказали исследования Mohammadipour, Souri (2019); индолилуксусной кислоты на растения укропа

пахучего - Said-Al Ahl et al. (2016a) и Malankina et al. (2021), кориандра посевного – Маланкина и др. (2013) и Malankina et al. (2021).

Цель исследований – научное обоснование и разработка элементов технологии экзогенного регулирования продукционного процесса для повышения адаптивного потенциала и эффективности выращивания культуры укропа огородного и кориандра посевного в условиях ЦЧО РФ.

Реализация поставленной цели предусматривало выполнение следующих **задач**:

- выявить эффект от внекорневой обработки в фазу розетки и фазу бутонизации растений укропа пахучего и кориандра посевного раствором аминокислоты глицин на урожайность плодов, сбор эфирного масла и его компонентный состав в зависимости от условий года и сортовых особенностей;

- изучить влияние некорневой обработки растений укропа пахучего и кориандра посевного в фазе бутонизации препаратами ауксинового действия на урожайность плодов, сбор эфирного масла и его компонентный состав в зависимости от условий года и сортовых особенностей;

- оценить действие комбинированной обработки растений укропа пахучего и кориандра посевного глицином в фазе розетки и ауксиновыми препаратами в фазе бутонизации на упомянутые выше показатели в зависимости от условий года и сортовых особенностей;

- определить оптимальные концентрации исследуемых препаратов;

- дать экономическую оценку применения глицина и ауксинподобных препаратов на укропе пахучем и кориандре посевном.

Научная новизна заключается в том, что впервые для условий ЦЧО РФ обоснованы способы и сроки применения аминокислоты глицин и ауксиновых регуляторов как по отдельности, так и совместно. Подтверждены регуляторные механизмы ауксинов и глицина в процессе плодообразования сельдерейных культур, приводящие к притоку ассимилятов к генеративным органам, а также повышению адаптивного потенциала к неблагоприятным

условиям среды. Научно обоснованны сроки применения изучаемых физиологически активных соединений. Показана сортоспецифическая реакция на применяемые препараты и их концентрации у укропа огородного и кориандра посевного в зависимости от условий года.

Теоретическая и практическая значимость заключается в определении биологически обоснованных сроков и эффективных концентраций применения глицина и ауксиновых препаратов в качестве физиологически активных соединений, повышающих адаптивный потенциал растений в неблагоприятные по погодным условиям периоды с целью направленного воздействия на метаболические процессы в растении для увеличения урожайности плодов, а также содержания и сбора эфирного масла укропа пахучего и кориандра посевного. Внекорневая обработка глицином повышала урожайность плодов укропа на 17,6-18,6 %, кориандра – на 8,1-17,9 %; ауксиновыми препаратами - на 23,4-29,1 % и 7,1-11,4 %; глицином и ауксиновыми препаратами - на 8,8-20,5 % и 9,3-38,1 % соответственно. Некорневая обработка растений в фазе бутонизации ИУК-ГФ нормой 10 мг/л увеличивал сбор эфирного масла плодов укропа сорта Симфония в 1,37 раза, плодов кориандра сорта Янтарь – в 1,30 раза по сравнению с контролем без снижения его качества. Экологически безопасное применение глицина может быть легко интегрировано в технологический процесс производства сырья укропа и кориандра при производстве органической продукции.

Методология и методы исследований

Основой методологии экспериментального исследования являются заключения, сделанные в ходе анализа доступной научной литературы о степени изученности тематики. В процессе фитохимического изучения были применены методики анализа (фармакогностические, химические, физико-химические, фармакологические). Достоверность результатов проведенного соискателем исследования подтверждается применением высокоточного сертифицированного оборудования; использованием современной методики

сбора и обработки исходной информации; верификацией материалов исследований методами статистической обработки и апробацией работы.

Основные положения, выносимые на защиту:

- научные основы применения растворов глицина и ауксиновых регуляторов для формирования высокопродуктивных посевов укропа пахучего и кориандра посевного в условиях ЦЧО РФ.

- сроки и концентрации некорневых обработок растворами глицина и ауксиновых регуляторов, а также при их совместном применении;

- сортовая реакция на применяемые вещества;

- экономическое обоснование эффективности разработанных приёмов на культурах кориандра и укропа.

Степень достоверности: Объективность и достоверность подтверждена многолетними экспериментальными данными, полученными в лабораторных и опытно полевых условиях с применением современных методик и статистических обработок. Основные положения ежегодно рассматривались на заседаниях кафедры овощеводства РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.

Апробация результатов. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на XIII Международном симпозиуме «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (г. Москва, РУДН, 2019 г.); 7-ой научной конференции с международным участием «Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения» (г. Москва, ВИЛАР, 2019 г.); Международной научной конференции «30. Bernburger Winterseminar Arznei- und Gewürzpflanzen» (Германия, 2020 г.); Международной научной конференции «90 лет – от растения до лекарственного препарата: достижения и перспективы» (г. Москва, ВИЛАР, 2021 г.).

Личный вклад автора. Автором проведен подбор и анализ литературы по теме диссертации, все полевые и лабораторные исследования выполнены в течение 2019-2021 гг. лично автором или при его непосредственном участии. Автору принадлежит обработка и интерпретация результатов лабораторных и

полевых исследований, их статистический анализ, представление результатов исследований на научных конференциях, подготовка статей и написание диссертации.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 научных работ, в том числе 2 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 2 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 174 страницах. Состоит из введения, основной части, содержащей 39 рисунков, 36 таблиц, заключения, списка литературы (включает 287 источников, в т.ч. 235 на иностранном языке).

Благодарности. Автор благодарен научному руководителю, профессору, д.с.-х.н. Е.М. Маланкиной за квалифицированное руководство, методическую помощь в проведении исследований и подготовке диссертации; к.т.н. Б.Ц. Зайчику и А.О. Ружицкому за помощь в проведении хроматографического анализа, к.х.н. Грязнову А.П. и к.с.-х.н. Ковалёву Н.И. за предоставленные препараты.

ГЛАВА 1. УКРОП ПАХУЧИЙ И КОРИАНДР ПОСЕВНОЙ КАК ИСТОЧНИКИ ЭФИРНОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

История применения эфирных масел насчитывает несколько тысячелетий. Египтяне, индусы, греки и арабы были хорошо знакомы с добычей и использованием эфирных масел. Их использовали в медицинских и оздоровительных целях. Эфирные масла представляют собой летучие вторичные метаболиты, которые вырабатываются растениями для различных целей и о их роли в растении учёные продолжают спорить. Эфирное масло может содержать от 20 до 60 ароматических соединений, и эта смесь соединений придает маслу характерный аромат и вкус. Эфирные масла получают из ароматических растений многих родов, которые произрастают по всему миру. Применение эфирного масла варьируется от средств личной гигиены, бытовых чистящих средств до ароматерапевтических процедур и натуральной медицины. Эфирные масла и экстракты широкого спектра ароматических растений и специй используются в консервации пищевых продуктов, фармацевтике, альтернативной медицине (Salma et al., 2018; Sumalan et al., 2019).

Польза эфирных масел заключается в их антимикробных, антиоксидантных свойствах и противовоспалительных свойствах. Популярность этих терапевтических масел быстро растет, потому что они действуют как натуральное лекарство и не имеют побочных эффектов (Satyal et al., 2020).

Семейство Apiaceae включает в себя большое число видов важных лекарственных и ароматических растений, культивируемых во всем мире (Sayed-Ahmad et al., 2017). Кориандр посевной (*Coriandrum sativum* L.) и укроп пахучий (*Anethum graveolens* L.) являются наиболее коммерчески и хозяйственно важными лекарственными и ароматическими растениями этого семейства (Sousa et al., 2021), так как они богаты жирными кислотами и аминокислотами, клетчаткой, минералами, витаминами, флавоноидами,

фенолами и летучими компонентами (Mohsin et al., 2020). Следовательно, кориандр посевной и укроп пахучий полезны для получения антибактериальных, противогрибковых, антиоксидантных, инсектицидных, противовоспалительных, противодиабетических, спазмолитических, гиполипидемических и других веществ (Gautam et al., 2013; Rostaei et al., 2018; Rao et al., 2019; Javed et al., 2020).

1.1 Укроп пахучий

Укроп пахучий происходит из Восточного Средиземноморья. Однолетнее растение, достигающее в зависимости от условий высоты 50-150 см. Для него характерны полые, бороздчатые, разветвленные стебли и тройчатые листья с линейными листочками. Желтоватые цветки собраны в сложные зонтики, из которых образуются сухие спелые плоды, обычно называемые шизокарпами (Бухаров и др., 2019; Солдатенко и др., 2020).

Плоды укропа имеют сильный пряный запах, поэтому их используют в качестве ароматизатора в пищевой промышленности для приготовления салатов, соусов, супов, чая, морепродуктов и особенно солений (Isbilir, Sagiroglu, 2011; Vabri et al., 2012). Также используются в парфюмерии для ароматизации косметики, моющих средств и мыла. Свежие надземные части растения используют в качестве съедобного овоща (Peerakam et al., 2014; Иванова, Кашлева, 2016б). Листья укропа богаты минералами, такими как фосфор, калий и магний, и используются в салатах и чае. Семена укропа обычно используются при воспалении мочевого пузыря, заболеваниях печени и бессоннице (Kaur, Arora, 2010). Кроме того, эфирное масло укропа обладает антимикробной (Peerakam et al., 2014; Tanurean et al., 2014; Hussein et al., 2015), антигиперхолестеринемической (Sahib et al., 2012; Mohamed et al., 2013), спазмолитической (Naseri, Heidari, 2007), адаптогенной (Koppula, Choi, 2011), антидиабетической (Panda, 2008), противовоспалительной (Naseri et al., 2012; Rezaee-Asl et al., 2013), инсектицидной (Ebadollahi et al., 2012) активностью, может использоваться в качестве кардиозащитного средства для снижения

уровня холестерина в крови (Hajhashemi, Abbasi, 2008). В Европе укроп упоминался как тонизирующее средство для мозга еще в 17 веке (Stannad, 1982). Укроп также можно использовать в качестве лактагона и для лечения рвоты (Stavri, Gibbons, 2005). Кроме того, он используется как спазмолитическое, противосудорожное, противорвотное и противосудорожное (у детей) средство, а также рекомендуется местно как ранозаживляющее средство (Naseri et al., 2012). Антиоксидантная активность в основном обусловлена фенольными компонентами и играет важную роль в поглощении и дезактивации свободных радикалов, гашении синглетного и триплетного кислорода или разложении перекисей (Choi et al., 2017).

Фитохимический анализ растения укропа показал наличие алкалоидов, углеводов, смол, терпеноидов, флавонозидов, сапонинов, стероидов, танинов, флаваноидов и отсутствие редуцирующих сахаров, гликозидов, антрахинона, флобатанинов (Dahiya, Purkayastha, 2012; Pathak et al., 2014).

Эфирное масло плодов укропа бледно-желтого цвета с удельным весом, 0,66-0,88, показателем преломления 1,48-1,50, рН около 6 и оптическим вращением +87.4' (Nazish et al., 2008; Chahal et al., 2016). Как видно из анализа литературы, показатель рН относительно стабилен, в то время как плотность может существенно изменяться, что связано вероятно с соотношением основных компонентов.

Масло укропа содержит различные насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, такие как лауриновая (1,29 %), стеариновая (0,9-3,86 %), каприновая (5,97 %), миристиновая (0,08-0,25 %), пальмитиновая (2,31-4,66 %), олеиновая (36,38–53,87 %), линоленовая (0,26–0,4 %), линолевая (5,8–45,13 %), пальмитолеиновая (0,2 %), эйкозеновая (0,04 %) и арахидовая кислоты (0,1–1,32 %) (Nazish et al., 2008; Orhan et al., 2013). Ряд фенольных кислот, таких как ванилиновая, кофейная, протокатеховая, *n*-кумаровая, феруловая, хлорогеновая, сиреневая, розмариновая, *o*-кумаровая и транскоричная кислоты, обнаружены в этанольных экстрактах укропа (Orhan et al., 2013).

Эфирное укропное масло по качеству должно соответствовать требованиям, представленным в табл. 1.

Таблица 1 - Органолептические и физико-химические показатели качества эфирного укропного масла (ГОСТ 31791 Эфирные масла и цветочно-травянистое эфиромасличное сырье. Технические условия)

Наименование показателя	Минимум, %	Максимум, %
Внешний вид	легкоподвижная, прозрачная жидкость	
Цвет	от светло-желтого, с зеленоватым оттенком до желтого	
Запах	характерный для растения укропа, без постороннего запаха	
Вкус	горьковато пряный	
Относительная плотность при 20°C	0,870	0,920
Показатель преломления при 20°C	1,4810	1,4900
Угол вращения плоскости поляризации света при 20°C, градус	+ 60	+ 90
Кислотное число, мг КОН/г		1,0
Массовая доля карвона, %	26,0	-
Растворимость в % (v/v) водноспиртовых растворах (этанол): в 80% этаноле в 85% этаноле в 90% этаноле	полная: 1 см ³ эфирного масла не более чем в 10 см ³ этанола 6 см ³ этанола 1 см ³ этанола	

Код для идентификации эфирного укропного масла (Dill seed; Dill weed) CAS-USA 8006-75-5.

Эфирное масло можно извлечь из различных частей растений, включая листья, цветки и плоды, однако его состав существенно отличается по содержанию карвакрола. Выход эфирного масла различен для разных частей одного и того же растения (Said-Al Ahl et al., 2016a,b). Выход эфирного масла из плодов, надземных частей и корней растения укропа составлял 2,0, 0,3 и 0,06 % соответственно, тогда как выход из корней составлял только 0,02 % (Santos et al., 2002). Эфирное масло, полученное из плодов укропа (3,4 %), отличалось от содержания в цветках (3,2 %) (Radlescu et al., 2010). Выход

фракций эфирного масла немного различался из свежего (0,65 %) и сухого (0,56 %) растительного материала (Vokk et al., 2011). Содержание его повышается в процессе онтогенеза растений, достигая в фазе стеблевания 0,32-0,84 % (в пересчете на абсолютно сухую массу), в фазе цветения – 0,85-1,44 %, в фазе молочно-восковой спелости плодов в центральном зонтике – 1,56-2,52 %, в созревших плодах – 3,42-7,17 % (Культурная флора СССР: Т.ХІ, 1988).

Выход эфирного масла также зависит от способа получения. Выход эфирного масла, экстрагированного из плодов укропа с помощью гидродистилляции (2,01 %), отличался от масла, полученного паровой дистилляцией (1,02 %) (Ruagamart et al., 2015). Наиболее перспективный, но вместе с тем достаточно дорогой метод – это экстракция с помощью сжиженных газов и сверхкритических флюидов, прежде всего CO₂-экстракция. При использовании в качестве экстрагента сверхкритического диоксида углерода выход эфирного масла из плодое укропа составил 4,77 % (Zorca et al., 2007) и 6,7 % (Li et al., 2019), сжиженного диоксида углерода – 3,0-4,5 % (Касьянов и др., 1978), Хладон 134а – 0,65 % (Nenov et al., 2013), Noves 1230 – 3.6 % (Бойко и др., 2019), Noves 7100 – 1,37 % (Бойко и др., 2019).

Способ культивирования также влияет на выход эфирного масла. Выход воздушно-сухих надземных частей укропа, выращиваемого в органических и обычных условиях, составлял 0,07 и 0,23 % соответственно (Orhan et al., 2013).

При большой площади производственной плантации укропа переработку сырья с целью получения эфирного масла можно начинать со стадии полного цветения соцветий первого порядка. При этом уже в первых партиях эфирного масла содержание карвона составит более 30 %. В дальнейшем как массовая доля эфирного масла в сырье, так и содержание в нем основного компонента - карвона будут увеличиваться. Купажирование всех партий эфирного масла, полученных при переработке сырья с производственной плантации, позволит получить качественное эфирное масло с высоким содержанием ценного компонента – карвона (Невкрытая и др., 2016).

Выход эфирного масла варьировался в зависимости от географического региона: Алжир (2,1 %) (Khaldi et al., 2015), Китай (1,8-3,5 %) (Tian et al., 2011; Ma et al., 2015), Турция (0,23 %) (Orhan et al., 2013), Узбекистан (4,2 %) (Yilli et al., 2009), Иран (1,2 %) (Salehiarjmand et al., 2014), Пакистан (0,66 %) (Babri et al., 2012; Nazish et al., 2008), Таиланд (1,5 %) (Peerakam et al., 2014), Египте (2,4 %) (Mahran et al., 1992), Россия (2,6 %) (Шелепова, Хуснетдинова, 2018).

Компонентный состав варьировал в зависимости от органа растения, из которой он был извлечен. Выявлены некоторые широкие различия в относительном количестве основных компонентов эфирных масел из разных частей укропа, связанные с разным географическим происхождением, генетической изменчивостью, условиями выращивания, развитием органов, сезонными колебаниями, обработкой перед изоляцией и процедурами изоляции. Сравнение данных показало, что как качественный, так и количественный состав основных компонентов эфирного масла укропа, произрастающего в разных географических зонах, значительно различается (табл. 2).

Сравнение исследований показало, что основными соединениями эфирных масел плодов укропа являются карвон и лимонен, тогда как апиол укропа, транс-дигидрокарвон и α -фелландрен присутствуют в заметных количествах. В эфирном масле также присутствовали следовые количества α -туйена, апинена, сабинена), мирцена, *n*-цимола, γ -терпинена, укропного эфира, изо-дигидрокарвеола, транс-карвеола и анетола (Babri et al., 2012; Kaur et al., 2021) (рис.1).

Химический состав эфирного масла укропа в зависимости от органов растения выглядел следующим образом: эфирные масла из высушенных листьев, цветков и плодов укропа, выращенного в Румынии имели процентное содержание α -фелландрена и лимонена в листьях - 62,71 % и 13,28 %, а в цветках 32,26 % и 33,22 % соответственно. Укропный эфир присутствовал в листьях (16,42 %) и цветках (22 %), но не был обнаружен в масле плодов.

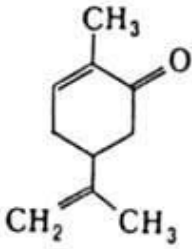
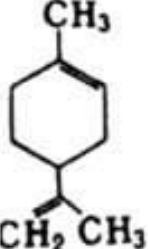
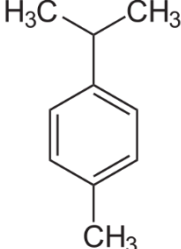
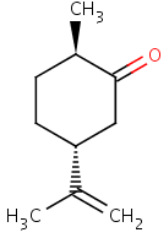
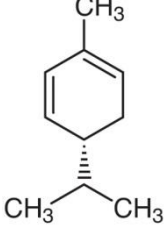
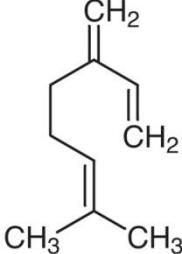
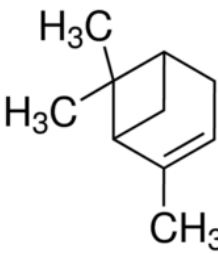
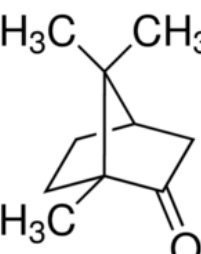
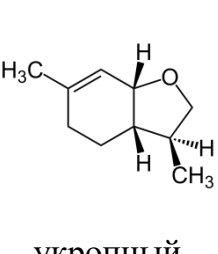
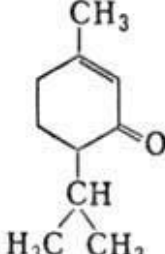
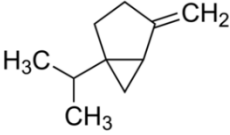
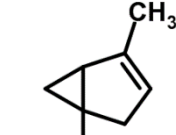
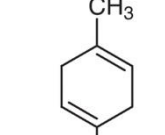
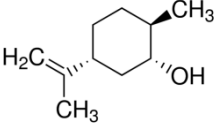
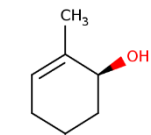
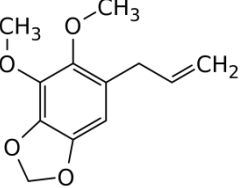
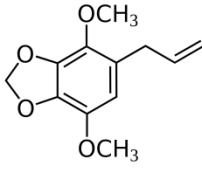
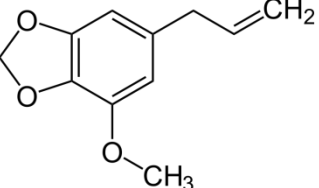
 карвон	 лимонен	 <i>n</i> -цимол	 транс- дигидрокарво н	 α -фелландрен
 мирцен	 α -пинен	 камфора	 укропный эфир	 пиперитон
 сабинен	 α -туйен	 γ -терпинен	 изо- дигидрокарвео л	 транс-карвеол
 укропный апиол	 апиол	 Миристицин		

Рисунок 1- Структуры соединений, присутствующих в эфирном масле укропа пахучего

Основным соединением в эфирном масле плодов был карвон (1,7-5,21 %), а содержание α -фелландрена и лимонена составляло 21,56 % и 0,12 % (Radlescu et al., 2010). Santos et al. (2002) изучали изменчивость химического состава эфирных масел плодов, надземной части и корней растения укропа. Карвон (67 %) и лимонен (23 %) были основными компонентами масла плодов укропа, тогда как в масле трав преобладал α -фелландрен (62 %). Другими основными компонентами растительного масла были апиол укропа (10 %) и миристицин (7 %). Карвон, лимонен, α -фелландрен и фалькаринол (28, 16, 15

и 11 % соответственно) были выделены из корней растения. Фалькаринол (21 %) и укропный апиол (14 %) составляли второй и третий по важности компоненты этого масла.

Исследовали химический состав эфирных масел, полученных из вегетативной, цветущей травы и плодов укропа. Основными компонентами эфирных масел вегетативных трав были α -фелландрен (46,33 %), лимонен (13,72 %), β -фелландрен (11,01 %) и *n*-цимен (17,88 %). Основными компонентами цветущей травы были карвон (13,10 %), *n*-цимол (33,42 %) и укропный эфир (19,63 %), тогда как карвон (62,48 %), укропный апиол (19,51 %) и лимонен (14,61 %) были идентифицированы как основные соединения в эфирном масле плодов. Сообщалось о самых высоких процентах α -фелландрена (46,33 %) и β -фелландрена (11,01 %) на вегетативной стадии и самых низких процентах (0,59; 2,70 %) на стадии цветения, соответственно. Карвон и укропный апиол показали обратное поведение. Самая высокая концентрация карвона (62,48 %) и самая низкая концентрация укропного апиола (4,16 %) были на стадии плодоношения соответственно, а самая высокая концентрация укропного апиола (19,51 %) и самая низкая концентрация карвона (2,11%) были на стадии вегетации. Самый высокий (19,63 %) и самый низкий процент (0,45 %) укропного эфира получен из растения укропа на стадии цветения и вегетации, соответственно, а средний процент (1,64 %) был на стадии плодоношения (Hussein et al., 2015).

Таблица 2 - Изменение химического состава масла плодов укропа пахучего в разных географических регионах

Компонент	Концентрация, %													
	Иран		Египет	Пакистан		Канада	Индия		Таджикистан	Китай	Узбекистан	Таиланд		Россия
	Kazemi et al., 2012; Khani, Basavand, 2013	Mahran et al., 1992	Babri et al., 2012; Singh et al., 2005	Khalidi et al., 2015	Singh, 2012; Chahal et al., 2016	Sharopov et al., 2013	Ma et al., 2015	Yilli et al., 2009	Peerakam et al., 2014; Tanurean et al., 2014	Шелепова, Хуснетдинова, 2018				
α -фелландрен	18,36	6,0	1,0	-	-	3,28	-	0,8	8,0	0,51	0,03	-	-	-
Укропный эфир	5,02	-	-	-	-	0,67	-	1,02	13,2	-	-	0,07	0,15	-
β -фелландрен	3,38	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-
Миристицин	3,31	-	3,2	-	-	-	-	-	-	0,40	0,04	0,08	0,22	-
<i>n</i> -цимол	2,34	-	0,5	-	-	0,51	-	0,1	1,1	0,18	-	0,13	-	-
<i>m</i> -цимол	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,19	-	-
α -пинен	1,90	-	0,7	-	-	0,54	-	1,06	0,1	-	-	-	-	-
β -пинен	-	-	0,5	-	-	-	-	0,29	-	-	-	-	0,10	-
Лимонен	1,11	10,2	30,3	15,94	14,4	21,26	83,0	23,11	6,9	32,63	21,42	18,08	12,19	8,8
α -туйен	1,0	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Апиол	0,8	6,9	-	30,8	-	32,78	-	-	-	16,79	-	-	-	-
Карвон	-	30,2	22	-	55,2	31,04	-	41,15	51,7	41,51	73,61	20,73	45,16	88,0
транс-дигидрокарвон	-	11,7	2,1	10,99	2,8	0,30	-	3,75	14,7	3,35	1,44	5,81	6,70	2,1
цис-дигидрокарвон	-	1,3	-	2,6	1,18	-	-	1,6	2,56	5,87	-	4,70	-	0,3
Апиол укропа	-	11,5	26,8	-	14,4	-	-	1,65	0,4	-	-	19,64	26,26	-
R-карвон	-	-	-	38,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S-карвон	-	-	-	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Анетол	0,46	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	1,08	-	-
E, E-2,6-диметил-3,5-октатетраен	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ү-терпинен	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	0,1	-	0,06	0,21	-
Мирицен	-	-	0,7	-	-	0,19	-	2,36	0,1	-	-	-	-	-

Можно наблюдать некоторые широкие вариации относительного количества основных компонентов эфирных масел растений укропа, произрастающих в разных условиях. Химический состав эфирного масла воздушно-сухих надземных частей укропа, выращиваемого в органических (AG-O) и обычных (AG-C) условиях, изучали Orhan et al. (2013). Монотерпены преобладали в обоих эфирных маслах, где α -фелландрен был ведущим соединением в обоих маслах (47,75 % для AG-O и 27,94 % для AG-C). Однако остальные составы различались в обоих маслах. Например, сабинен (0,12 % AG-O и 6,8 % для AG-C), оцимен (0,3 % AG-O и 17,7 % AG-C), и транс-анетол (9,4 % AG-O и 0,32 % AG-C) в обоих эфирных маслах заметно различались. Компоненты эфирного масла AG-C, такие как транс-лимоненксид, карвоментон, транс-циклогексанон, пиперитол, криптон, β -кубебен и фелландрал, даже не присутствовали в образце масла AG-O; в эфирном масле AG-C отсутствовали β -фелландрен и *n*-цимол.

Nariri et al. (2014) изучали изменение химического состава укропного масла, полученного из Ирана, на разных стадиях онтогенеза, т.е. стадии цветения и начала формирования плодов, формирования плодов и до полного созревания, полного созревания. Основными соединениями на всех трех стадиях были карвон (48,82–64,86 %), транс-дигидрокарвон (2,22–10,60 %), лимонен (14,21–17,71 %), укропный эфир (1,49–15,71 %) и α -фелландрен (5,63–19,2 %). Более высокое содержание укропного эфира и α -фелландрена отмечено на стадии начала формирования плодов; на стадии формирования плодов до их полного созревания карвон и лимонен присутствовали в большем количестве, тогда как на стадии полного созревания обнаружено более высокое содержание транс-дигидрокарвона.

Содержание и состав масла плодов укропа варьировали в зависимости от метода экстракции. Ruangamart et al. (2015) изучали химический состав эфирного масла, выделенного методом паровой дистилляции и гидродистилляции из плодов укропа, культивируемых в Таиланде. Основными составляющими укропных масел были укропный апиол (19,98–48,9 %), карвон

(18,05-28,02 %) и лимонен (26,96-44,61 %). Второстепенные компоненты, β -пинен (0-0,79 %), β -мирцен (0,16-0,21 %), декан (0,44-0,49 %), 1,5,8-*n*-ментатриен (0,19-0,27 %), ундекан (0,34-0,38 %), нафталин (1,63-2,11 %), цис-дигидрокарвон (0,38-0,95 %), транс-дигидрокарвон (1,49-1,57 %) и миристицин (0,67-1,41 %). Эфирное масло, полученное методом паровой дистилляции, имело более высокое содержание лимонена и карвона, чем масло, полученное методом гидродистилляции.

Некоторые исследования выявили наличие в растении укропа совершенно других соединений. Основными компонентами эфирного масла плодов укропа, произрастающего в Китае, были *n*-пентакозан (27,96 %), диоктиловый эфир 1,2-фенилдикарбоновой кислоты (25,10 %), октакозан (13,81 %), трикозан (9,14 %) и нонакозан (6,85 %) (Yilli et al., 2006). Восемь чистых соединений, таких как 8-гидроксигераниол-*D*-глюкопиранозид, *n*-мент-2-ен-1,6-диол-*D*-глюкопиранозид, (Е)-2,6-диметил-6-гидрокси-окта-2,7-диеновая кислота, 3-гидрокси- α -ионол, 3-гидрокси β -ионол 3-*O*- β -*D*-глюкопиранозид, хлорогеновая кислота (10), (*Z*)-3-гексенил- β -*D*-глюкопиранозид и кверцетин 3-*O*- β -*D*-глюкурониды выделены из гликозидного экстракта травы укропа (Bonnlander, Winterhalter, 2000). Новый фуранокумарин, 5-[4"-гидрокси-3"-метил-2"-бутенилокси]-6,7-фурукумарин, выделен из цельной травы укропа. Другие известные соединения оксипеucedанин, оксипеucedанингидрат и фалькариндиол также выделены из этого растения (Stavri, Gibbons, 2005).

Коммерческие партии укропного масла обычно имеют в своем составе 10-20 % α -фелландрена, 30-40 % лимонена, 3-10 % укропного эфира и 30-40 % карвона. Им обычно сопутствуют дигидрокарвон, карвеол и несколько процентов диллапиола (Войткевич, 1999).

Как показал анализ литературы, в последние годы опубликовано большое число работ касающихся новых направлений использования укропа в различных отраслях и в частности в медицине. Отмечается широкий спектр фармакологического действия препаратов укропа и его эфирного масла и при

этом относительная безопасность их применения. Таким образом, укроп представляет интерес как эфирномасличная культура благодаря высокому содержанию эфирного масла как в плодах, так и в надземной части растения, срезанного начиная с фазы молочной и молочно-восковой спелости плодов. Основными компонентами эфирного масла являются лимонен и карвон, соотношение которых может сильно варьировать в зависимости от органа растения, фазы уборки, сорта и географического происхождения сырья. Вместе с тем относительно мало работ, отражающих влияние удобрений и регуляторов роста на продуктивность укропа и компонентный состав эфирного масла, что говорит о необходимости дальнейших исследований в этом направлении. Укроп имеет большие перспективы для разработки новых препаратов для лечения различных заболеваний в связи с его эффективностью и безопасностью.

1.2 Кориандр посевной

Кориандр посевной - однолетнее травянистое растение, является одним из важных пряных растений. Он происходит из Средиземноморья и выращивается во всем мире (Mahendra, Bisht, 2011; Sriti et al., 2011). Быстрый жизненный цикл некоторых генотипов кориандра позволяет культивировать их в самых разных географических зонах по всему миру (López et al., 2008). Все части растения съедобны; однако чаще всего используют его свежие листья и сушеные плоды. Розетка листьев, содержащая белки, витамины и минералы (такие как кальций, фосфор и железо), волокна и углеводы, используется в качестве овоща в салатах (Иванова, Кашлева, 2016а; Kačaniová et al., 2020), в то время как плоды содержат эфирное масло, содержащее прежде всего линалоол, что обеспечивает типичный вкус, при добавлении в пищевые продукты и действует как консервант (Kalembe, Kunicka, 2003; Nejad Ebrahimi et al., 2010). В эфирномасличной отрасли кориандр культивируют из-за его плодов, которые используются для различных пищевых целей, фармацевтической, косметической и парфюмерной промышленности, а

линалоол служит сырьём для синтеза парфюмерных компонентов с различными ароматами (Salamon et al., 2018; Hu et al., 2019).

Плоды кориандра представляют собой почти овальные шаровидные сухие шизокарпии с двумя мерикарпами, обладающие сладким, слегка острым цитрусовым вкусом с оттенком шалфея (Coskuner, Karababa, 2007).

Эфирное масло кориандра также имеет долгую историю использования в качестве средства народной медицины. Его использовали в древнегреческих лекарствах и он упоминается Гиппократом (460-377 до н.э.). Отвар и настойка измельченных в порошок плодов отдельно или в сочетании с другими растительными средствами рекомендуются при диспептических явлениях, потере аппетита, судорогах, бессоннице и беспокойстве. Эфирное масло улучшает контроль уровня глюкозы в крови и, таким образом, он перспективен для использования в качестве антигипергликемического средства (Gallagher et al., 2003).

Исследования продемонстрировали потенциал масла кориандра в качестве антимикробного, антибактериального и цитотоксического средства. Эта биологическая активность может быть связана с синергетическим эффектом отдельных компонентов эфирного масла и других физиологически значимых соединений (Elhidara et al., 2018; Salamon et al., 2018; Hu et al., 2019) или с изолированной активностью некоторых компонентов, таких как линалоол. Несмотря на вариации концентрации монотерпенового спирта линалоола в проанализированных фитохимических профилях, независимо от: i) оцениваемых хемотипов; ii) стадии его фенологического цикла; или, iii) эдафоклиматических и экофизиологических условий, этот монотерпен, как правило, является метаболитом, присутствующим в наибольшей концентрации в эфирном масле плодов кориандра (Ben et al., 2018).

Листья кориандра являются хорошим источником вторичных растительных метаболитов, таких как полифенолы, особенно фенольные кислоты и флавоноиды (Zeković et al., 2014). Плоды имеют промышленное применение в фармацевтике и табачной промышленности, где используют для

противодействия неприятным запахам. Они содержат фермент $\Delta 6$ пальмитатдесатуразу, который позволяет маслу накапливать более 85 % промышленно полезных жирных кислот и петроселиновой кислоты (Jaworski, Cahoon, 2003).

Плоды кориандра содержат масла с высокой концентрацией мононенасыщенных жирных кислот (Msaada et al., 2009; Sriti et al., 2009). Масла с различным составом жирных кислот важны для потребления человеком и для промышленного использования. Олеиновая, линолевая и петрозелиновая кислоты являются основными компонентами жирных кислот кориандра. Масла с высокой долей олеиновой кислоты более стабильны, чем другие растительные масла, и их рекомендуют в диетическом питании для снижения риска сердечно-сосудистых заболеваний у человека (Jacotot, 1994). С другой стороны, линолевую кислоту предпочитают в тех отраслях промышленности, где требуется гидрогенизация масла, и она является незаменимой жирной кислотой в рационе человека. Петроселиновая кислота может быть расщеплена на адипиновую (C6) и лауриновую (C12:0) кислоты путем окислительного расщепления. Адипиновая кислота используется для производства широкого спектра полимеров, включая высококачественные инженерные пластмассы. Лауриновая кислота используется в качестве сырья для мыл, эмульгаторов, детергентов и смягчителей (Moser, Vaughn, 2010).

Плоды кориандра содержат 0,8 % желтого масла с приятным ароматом, которое содержит оксигенированные монотерпены (80,47 %) и монотерпеновые углеводороды (6,45 %) (Pande et al., 2010). Эфирное масло кориандра бесцветно, с характерным запахом и мягким, сладким, теплым и ароматным вкусом, а линалоол является его основным компонентом (Msaada et al., 2007). В сухих плодах линалоол составляет 59,6 % (Wahba et al., 2020). Согласно ГОСТ ISO 3516-2018 массовая доля линалоола в масле должна быть не менее 65 %.

Эфирное масло из плодов кориандра по качеству должно соответствовать требованиям, представленным в табл. 3.

Таблица 3 - Органолептические и физико-химические показатели качества эфирного масла из плодов кориандра (ГОСТ ISO 3516-2018 Масло эфирное из плодов кориандра (*Coriandrum sativum* L.). Технические условия)

Наименование показателя	Минимум, %	Максимум, %
Внешний вид	легкоподвижная, прозрачная жидкость	
Цвет	бесцветный или бледно-желтый	
Запах	характерный, пряный, напоминающий линалоол	
Вкус	пряный, без постороннего привкуса	
Относительная плотность при 20°C	0,862	0,878
Показатель преломления при 20°C	1,4620	1,4700
Угол вращения плоскости поляризации света при 20°C, градус	от + 7 до + 13	
Кислотное число, мг КОН/г		3,0
Эфирное число		17,0
Массовая доля камфоры, %	2,0	6,0
Массовая доля линалоола, %	65,0	
Растворимость в 70 % (v/v) водноспиртовом растворе (этанола) при 20°C	полная: 1 см ³ масла не более чем в 3 см ³ этанола	

Примечание. Массовая доля линалоола в ректифицированном кориандровом эфирном масле должна быть не менее 70 %.

Стоит подчеркнуть, что в литературе показаны выраженные различия между составами эфирного масла кориандра по органам растения, показывающие, что их биосинтез различается в различных тканях и говорит об особенностях функционирования ферментных систем, ответственных за синтез эфирного масла. (Freires et al., 2014). Например, эфирное масло листьев содержит четыре альдегида и жирные кислоты в качестве основных компонентов (деканаль, 2-деценаль, 2-додеканаль, тетрадеценаль и пальмитиновая кислота), но линалоол не был идентифицирован при фитохимическом анализе листьев кориандра. Mandal, Manda (2015) с соавт. сообщали, что концентрация линалоола в семенах, а также фитохимические различия обусловлены изменениями, происходящими в процессе онтогенеза, а неприятный запах, свойственный незрелым плодам кориандра, проявляется

из-за содержащегося в его масле транстридеценового компонента, который исчезает по мере созревания и в процессе хранения семян. Аромат плода кориандра полностью отличается от аромата травы.

На количество и состав жирных кислот могут влиять условия роста, в том числе водно-дефицитный стресс, который может приводить к изменению морфологии, физиологии и биохимии растений (Petropoulos et al., 2008; Bettaieb et al., 2009).

Плоды являются богатым источником липидов, 28,4 % от общей массы плодов, что может иметь большое значение в пищевой промышленности (Nadeem et al., 2013). Жирное масло семян кориандра посевного представляет собой триглицеридное масло. Петроселиновая кислота, мононенасыщенная жирная кислота, является основной жирной кислотой в жирном масле. Таким образом, растение является потенциальным источником липидов (с высоким содержанием петрозелиновой кислоты) и эфирных масел (с высоким содержанием линалоола), выделенных из плодов и надземных частей.

Типичный композиционный анализ кориандрового масла показан в табл. 4.

Таблица 4 - Композиционный анализ кориандрового масла (Nadeem et al., 2013)

Химическая группа	Состав
Спирты	Линалоол (60–80 %), гераниол (1,2–4,6 %), терпинен-4-ол (3 %), α -терпинеол (0,5 %)
Углеводороды	γ -терпинен (1–8 %), <i>p</i> -цимол (3,5 %), лимонен (0,5–4,0 %), α -пинен (0,2–8,5 %), камфен (1,4 %), мирцен (0,2–2,0 %)
Кетоны	Камфора (0,9–4,9 %)
Эфиры	Геранилацетат (0,1–4,7 %), линалилацетат (0–2,7 %)

Основные компоненты эфирного масла плодов кориандра представлены на рисунке 2.

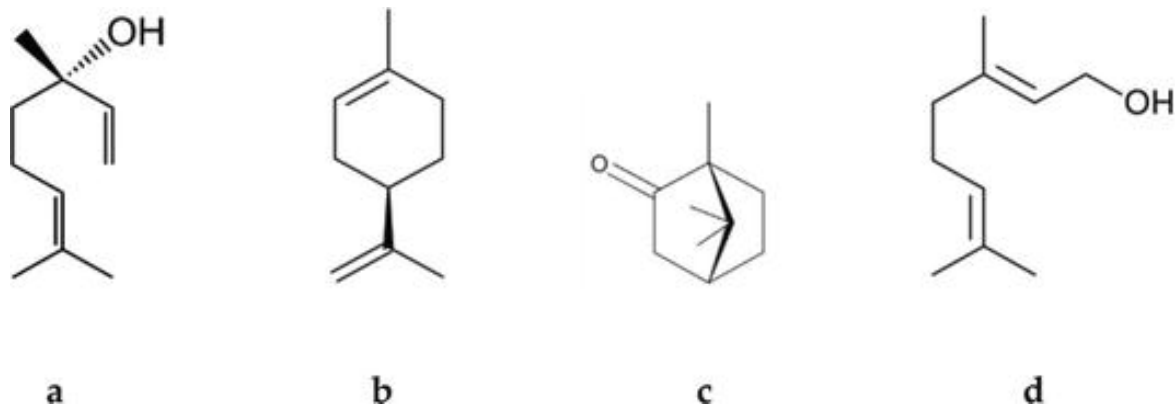


Рисунок 2 - Основные компоненты эфирного масла плодов кориандра: (a) линалоол, (b) лимонен, (c) камфора и (d) гераниол

Как уже было сказано выше, компонентный состав эфирного масла кориандра существенно отличается в зависимости от органа растения не только по соотношению компонентов, но и даже по их перечню. Это говорит о существенных различиях в путях изменения отдельных соединений в процессе превращения геранилпирофосфата в последующие компоненты. Эфирное масло плодов характеризуется к менее разветвлённой тарнсформацией первичных компонентов. В таблице 5 представлен компонентный состав эфирного масла в зависимости от органа растения. Например, эфирное масло, полученное из плодов, отличается по составу от эфирного масла цветков и незрелых листьев (табл. 5).

Масло из полностью созревших и высушенных плодов представляет собой бесцветную или бледно-желтую жидкость с характерным запахом и мягким, сладким, теплым и ароматным вкусом, основным компонентом которого является линалоол (Burdock, Carabin, 2009).

В то время как алифатические альдегиды (в основном альдегиды C10-C16) с их неприятным запахом являются основными компонентами эфирного масла из свежей травы; в масле, полученном из плодов, преобладают линалоол и другие окисленные монотерпены, а также монотерпеновые углеводороды (Bhuiyan et al., 2009).

Таблица 5 - Изменение состава эфирного масла кориандра из разных частей растения

Источники	Состав	Регион	Ссылка
Семена	Линалоол (58,0–80,3 %), γ -терпинен (0,3–11,2 %), α -пинен (0,2–10,9 %), <i>n</i> -цимол (0,1–8,1 %), камфора (3,0–5,1 %) и геранилацетат (0,2–5,4 %)	Европа	Raal et al., 2004
Семена	α -пинен – 7,22 %; <i>n</i> -цимен – 1,90 %; лимонен – 1,95 %; γ -терпинен – 13,28 %; линалоол – 22,20 %; нонаналь – 1,27 %; камфора – 1,63 %; <i>n</i> -деканаль – 9,65 %; транс-2-деканаль – 7,27 %; 2-децен-1-ол – 6,78 %; дециловый спирт – 4,51 %; <i>n</i> -ундеканаль – 1,76 %; геранил ацетат – 2,53 %; <i>n</i> -додеканаль – 1,75 %; транс-2-додеценаль – 2,96 %; транс-тетрадеценаль-2 – 1,59 %.	Россия, Дагестан	Раджабов и др., 2017
Семена	Геранилацетат - 4,52-6,47 %, гераниол – 1,04-2,0 %, нерол – 0,11-1,21, камфора – 4,98-6,21 %, линалоол – 51,28-54,64 %, β -терпинеол – 0,64-1,25 %, α -терпиниол – 6,24-7,92 %, лимонен – 0,34-0,55 %, мирцен – 2,74-3,71 %, ρ -пинен – 0,23-1,34 %, α -пинен – 9,51-11,96 %	Россия, Краснодар	Солонникова и др., 2015
Цветки	Бензофуран, 2,3-дигидро (15,4 %), гексадекановая кислота, метиловый эфир (10,32 %) 2,4а-эпиокси-3,4,5,6,7,8,-гексагидро-2,5,5,8а-тетраметил-2h-1-бензофуран (9,35 %), 2-метокси-4-винилфенол (8,8 %), 2,3,5,6-тетрафторанизол (8,62 %), 2,6-диметил-3-аминобензохинон (6,81 %), додекановая кислота (5 %)	Индия	Dharmalingam, Nazni, 2013
Листья	деканал (19,09 %), транс-2-деценаль (17,54 %), 2-децен-1-ол (12,33 %) и циклодекан (12,15 %), цис-2-додецена (10,72 %), додеканал (4,1 %), додекан-1-ол (3,13 %)	Бразилия	Freires et al., 2014

Во фракциях расколотых плодов, выделенных из длительно хранившихся промышленных партий сырья, массовая доля эфирного масла в 2-3 раза ниже, чем в целых плодах. В составе эфирного масла из расколотых плодов несколько выше содержание ценных компонентов - линалоола, гераниола, геранилацетата и ниже содержание нежелательных углеводов и камфоры (Мустафаев и др., 2016).

Плоды кориандра содержат около 0,2–1,5 % эфирного масла и 13–20 % жирного масла (Olle, Bender, 2010), однако зафиксировано, что некоторые сорта содержат до 2,6 % эфирного масла (Momin et al., 2012). По данным Zawislak (2011), содержание эфирного масла колебалось в пределах 1,87–2,33 %. В состав жирного масла спелых плодов в основном входят петроселиновая (68,8 %), линолевая (16,6 %), олеиновая (7,5 %) и пальмитиновая кислоты (3,8 %) (Momin et al., 2012). Гидродистилляция надземных частей кориандра давала эфирные масла на стадии вегетации, полного цветения, зеленых плодов (незрелых) и коричневых плодов (зрелых) с выходом 0,14 %, 0,23 %, 0,37 % и 0,31 %, в пересчете на сухую массу соответственно (Ramezani et al., 2009).

Существуют различия в урожайности семян и содержании эфирных масел у сортов, выращиваемых в разных местах. Содержание эфирного масла в плодах очень различно, 0,5–2,5 % (Mahendra, Bisht, 2011) и увеличивается по мере созревания плодов (Msaada et al., 2007), тогда как листья содержат меньше эфирного масла, чем плоды. Существуют различия в выходе эфирного масла из плодов кориандра различного происхождения (табл. 6).

Таблица 6 - Выход эфирного масла из плодов кориандра посевного из разных географических регионов

Происхождение	Выход эфирного масла (%)	Ссылка
Тунис	0,37	Sriti et al., 2011
Канада	0,44	Khaldi et al., 2015
Египет	0,31	Romeilah et al., 2010
Турция	0,43	Telci et al., 2006
Индия	0,82	Ravi et al., 2007
Россия	0,7-2,5	Зыкова и др., 2014

Диапазоны соотношения различных классов соединений эфирного масла из различных образцов плодов были представлены Sriti et al. (2011): монотерпеновые углеводороды (16,2–20,7 %), монотерпеновые спирты (59,4–73,8 %), монотерпеновые эфиры (3,7–9,1 %), альдегиды (0,3–0,9 %), кетоны (3–6,5 %) и фенолы (0,06 %). По данным Pande et al., семена кориандра формировали 0,8 % по массе желтого масла с приятным ароматом, содержащего оксигенированные монотерпены (80,47 %), монотерпеновые углеводороды (6,45 %), жирные кислоты (5,06 %) и спирты с длинной цепью (3,54 %) (Pande et al., 2010). Плоды кориандра содержали в основном линалоол (72,7 %), за которым следовали λ -терпинен (8,8 %), α -пинен (5,5 %), камфора (3,7 %), лимонен (2,3 %), геранилацетат (1,9 %) и *n*-цимол (1,5 %) (Mageed et al., 2012).

Изменение состава эфирного масла плодов кориандра на разных стадиях развития растений представлено в таблице 7 и 8.

Таблица 7 - Различия в содержании эфирного масла в семенах *C. sativum* на разных стадиях развития (Msaada et al., 2009)

Стадия развития	Состав эфирного масла
Розетка листьев	Линалоол (36 %), геранилацетат (35 %), различные моно- и сесквитерпены (следовые количества)
Цветение	Линалоол (40 %), геранилацетат (8 %), камфора (4 %), ментол (3 %), другие моно- и сесквитерпены (следовые количества)
Формирование плодов	Линалоол (45 %), монотерпеновые эфиры, за исключением геранилацетата (22 %); моно- и сесквитерпеновые углеводороды (а именно, лимонен) и кетоны (а именно, камфора) в уменьшенных количествах
Созревание плодов	Монотерпеновые спирты (78 %): линалоол (72 %), монотерпеновые углеводороды (5 %), монотерпеновые эфиры (2 %), монотерпеновые кетоны (1 %)

Таблица 8 - Состав эфирного масла плодов *C. sativum*, собранных на разных стадиях зрелости из двух географических регионов

Регион	Стадия развития	Соединение	Ссылка
Индия	незрелые плоды	Геранилацетат (46,27 %), линалоол (10,96 %), нерол (1,53 %), нерал (1,42 %)	Pande et al., 2010
	плоды восковой спелости	линалоол (76,33 %), цис-дигидрокарвон (3,21 %), геранилацетат (2,85 %)	
	зрелые плоды	линалоол (87,54 %), цис-дигидрокарвон (2,36 %)	
Тунис	незрелые плоды	Монотерпеновые эфиры (46,27 %), монотерпеновые спирты (14,66 %), монотерпеновые альдегиды (2,07 %), монотерпеновые кетоны (0,97 %), фенолы (1,06 %)	Msaada et al., 2007
	плоды восковой спелости	Монотерпеновые эфиры (2,85 %), монотерпеновые спирты (76,77 %), монотерпеновые альдегиды (0,01 %), монотерпеновые кетоны (3,43 %), фенолы (1,1 %)	
	зрелые плоды	Монотерпеновые эфиры (0,90 %), монотерпеновые спирты (88,51 %), монотерпеновые альдегиды (0,16 %), монотерпеновые кетоны (2,61 %), фенолы (2,31 %)	

Как уже было сказано выше, вариабельность компонентного состав в зависимости от фазы развития обсуждается в большом числе современных работ, посвящённым биохимическим исследованиям кориандра. Причём этот факт вызывает интерес как с точки зрения овощеводства, так и с точки зрения эфирномасличного производства. Состав масла меняется в зависимости от степени зрелости плодов, что важно при оптимизации сроков уборки. Хроматографический профиль репрезентативных и характерных компонентов эфирного кориандрового масла представлен в таблице 9.

Код для идентификации эфирного кориандрового масла (Coriander fruit; Coriander leaf) CAS-USA 8008-52-4.

Таблица 9 – Хроматографический профиль эфирного масла из плодов кориандра (ГОСТ ISO 3516-2018 Масло эфирное из плодов кориандра (*Coriandrum sativum* L.). Технические условия)

Название компонента	Минимум, %	Максимум, %
α -пинен	3	7
Мирцен	0,5	1,5
Лимонен	2	5
γ -терпинен	2	7
Линалоол	65	78
Камфора	4	6
α -терпинеол	0,5	1,5
Гераниол	0,5	3
Геранилацетат	1	3,5

Таким образом, эфирное масло и экстракты кориандра обладают антибактериальной, противогрибковой и антиоксидантной активностью благодаря наличию различных химических компонентов в разных частях растения. Эфирное масло играет большую роль в поддержании срока годности пищевых продуктов, предотвращая их порчу. Это съедобное растение нетоксично для человека, поэтому эфирное масло используется по-разному, а именно в пищевых продуктах (например, ароматизаторы и консерванты) и в фармацевтических продуктах (терапевтическое действие), а также в парфюмерии (ароматизаторы и лосьоны). Эфирное масло и экстракты можно использовать в качестве природных антиоксидантов, в пищевых продуктах, в качестве заменителя широко используемых химических и токсичных антиоксидантов. Зеленые листья кориандра, богатые витаминами и другими минералами, используют в салатах, а плоды, содержащие эфирное масло, богатые линалоолом, применяют в основном в качестве компонента специй и лекарств. Различный состав эфирного масла обуславливает различную направленность применения растения в разные периоды жизни. Розетка и молодые листья используют для приготовления карри, супов и соусов, тогда как плоды в основном используются в качестве приправы для солений, колбасных изделий, кондитерских изделий и смесей приправ. Основываясь на

истории потребления масла кориандра без сообщений о побочных эффектах, отсутствии токсичности растения в научных исследованиях и его основного компонента - линалоола, использование масла кориандра в качестве добавляемого пищевого ингредиента считается безопасным.

Вместе с тем, анализ литературы также, как и в случае с укропом показал малое число исследований, посвященных влиянию ауксобринов, регуляторов роста и микроэлементов на биохимический состав и прежде всего состав эфирного масла этой культуры.

1.3 Заключение

В результате проведенного анализа современного состояния исследований по применению укропа огородного и кориандра посевного, выявлены растущий интерес и соответственно потребность в продуктах их переработки, прежде всего эфирного масла. Плоды укропа и кориандра в настоящее время являются широко возделываемыми во всем мире эфирномасличными культурами.

Перспективными направлениями использования их эфирных масел и плодов являются пищевая, медицинская и парфюмерная промышленность (прежде всего для кориандра). Анализ литературы показал относительную стабильность по перечню компонентов эфирного масла у этих культур (линалоол у кориандра и лимонен и карвон у укропа), но сильную вариабельность по соотношению компонентов в зависимости от фазы уборки, географического происхождения и сортовой принадлежности сырья.

Вместе с тем нами практически не встречено работ по этим культурам, касающихся влияния регуляторов роста, макро и микроэлементов, аминокислот и других средств на содержание и состав эфирного масла.

Рост растений, развитие и онтогенез органов являются сложными процессами, которые в высокой степени регулируются эндогенными растительными гормонами и генетическим и эпигенетическим контролем регуляторных путей. В связи с этим возникает необходимость изучить влияние

экзогенного внекорневого применения аминокислот и ауксинподобных препаратов в качестве регуляторов роста на основе управления продукционным процессом с целью увеличения урожайности плодов и содержания эфирного масла укропа и кориандра.

ГЛАВА 2. НЕКОРНЕВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЛИЦИНА И АУКСИНОПОДОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ В КАЧЕСТВЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

Аминокислоты относятся к числу наиболее важных органических соединений, поскольку они являются одним из строительных блоков белков, гормонов и ферментов (Wu, 2009). Клетки растений содержат низкий уровень белка по сравнению с клетками животных, что объясняется большим количеством углеводов (целлюлозы, пектинов, слизей, специфических полисахаридов и др.), составляющих большую часть растительной структуры и выполняющих такие функции как механическая, запасающая, осмотическая и многие другие. Однако здесь нельзя недооценивать важность белков и аминокислот. Помимо белковых компонентов, аминокислоты также участвуют во многих клеточных реакциях и, следовательно, влияют на ряд физиологических процессов, таких как рост и развитие растений, а также на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам (Häusler et al., 2014; Pratelli, Pilot, 2014; Hildebrandt et al., 2015). Например, глицин и глутаминовые кислоты играют важную роль в формировании вегетативной ткани и хлорофилла (Mustafa et al., 2018; Khan et al., 2019).

В последнее время применение аминокислот для растений, особенно в неблагоприятных условиях окружающей среды, находится в центре внимания сельскохозяйственной науки (Garcia et al., 2011; Sourì et al., 2017; Ma et al., 2017). Аминокислоты представляют собой молекулы цвиттер-иона, которые могут действовать либо как кислота, либо как основание, в зависимости от pH среды, и поэтому они эффективны в восполнении дефицита в растениях (Sourì et al., 2017).

Растения могут напрямую поглощать широкий спектр азотистых соединений, в том числе различные аминокислоты (Marschner, 2011). Эти аминокислоты находятся в почве, и на их поглощение влияют различные факторы, в том числе их тип и концентрация (Geshnizjani, Khosh-Khui, 2016).

Они быстро поглощаются корнями растений из среды в виде неповрежденных молекул (Svennerstam et al., 2008; Näsholm, 2009) и быстро встраиваются в клеточный метаболизм. Это поглощение происходит быстрее, чем поглощение других форм азота, вероятно, из-за специфических переносчиков, которые участвуют в транспортировке аминокислот к органам растений и способности клеточных мембран к их быстрому пропуску в клетку (Jämtgård et al., 2008; Tegeder, 2014).

Аминокислоты могут стимулировать рост растений за счет активации фотосинтеза и действовать в составе ферментов (Amin et al., 2011). Они участвуют в формировании мРНК, сахаров, белков и минеральных групп за счет ассоциации с карбоксильной группой (-COO) и амином (NH₂). Аминокислоты играют роль в защитной деятельности растений, включая клеточную осмотическую регулировку при тепловом и холодном стрессе, детоксикацию активных форм кислорода, поддержание целостности мембран и стабилизацию ферментов и белков при стрессовых ситуациях, когда наблюдается активный распад белков для получения необходимых свободных аминокислот (Talukder et al., 2018).

Показано, что внекорневое или корневое (через питательный раствор) внесение аминокислот улучшает рост и развитие растений, урожайность и усвоение питательных веществ, а также стимулирует активность ризосферы, которая, как показали последние исследования имеет важнейшее значение для роста, развития растений и их устойчивости к болезням. Некоторые аминокислоты являются предшественниками таких фармакологически значимых соединений как алкалоиды. (Garcia et al., 2011; Cerdán et al., 2013; Galili, Amir, 2013; Ma et al., 2017).

Ауксины являются основным регулятором роста растений, который действует практически во всех аспектах роста и развития растений (Weijers, Wagner, 2016). Ауксины представляют собой индольные соединения, которые структурно родственны и синтезируются из аминокислоты триптофана (Raue, Weijers, 2016). Тщательные исследования ауксинов в последние десятилетия

значительно продвинулись в выяснении пути их транскрипции (Weijers, Wagner, 2016), механизмов, участвующих в однонаправленном транспорте (Adamowski, Friml, 2015), и их биосинтеза (Korasick et al., 2013). Можно сказать, что различные гены регулируют биосинтез ауксинов, катаболизм, конъюгацию и гидролиз конъюгатов (Normanly, 2010; Zhao, 2012; Korasick et al., 2013; Ljung, 2013). Ауксин регулирует различные другие фитогормоны (Vert, Chory, 2011), а также играет жизненно важную роль во взаимодействии растений с различными полезными микроорганизмами (Boivin et al., 2016). Ауксин регулирует экспрессию генов и клеточные ответы посредством белков Aux/IAA вместе с факторами ответа Aux (ARF), чтобы индуцировать рост и развитие растений (Tiwari et al., 2003). Индолуксусная кислота (ИУК) регулирует клеточное деление, удлинение клеток и развитие придаточных корней, эмбриогенез и приводит к размягчению клеточных стенок при более низких концентрациях (Taiz, Zeiger, 2006). ИУК увеличивает содержание пигмента, скорость фотосинтеза, устьичную проводимость и накопление сахаров, таких как глюкоза, фруктоза, и общее количество растворимых сахаров в растениях (Singh, Prasad, 2015; Li et al., 2019). Кроме того, ауксин повышает скорость фотосинтеза за счет увеличения плотности жилок листа, координируемой за счет их хорошо организованного размещения, что способствует улучшению фотосинтетической способности листьев (McAdam et al., 2017). Применение ИУК также повышает активность нитратредуктазы и способствует росту *Solanum melongena* (Hayat et al., 2006). ИУК, а также ее предшественники, такие как L-триптофан и индол, увеличивают содержание минеральных питательных веществ в корнях и листьях растений (San-Francisco et al., 2005; López et al., 2007). Кроме того, ауксин усиливает ферментативные (аскорбатпероксидаза, супероксиддисмутаза, каталаза) и неферментативные (глутатион, аскорбат) антиоксиданты и подавляет различные уровни АФК, включая перекисное окисление липидов и перекись водорода (Piotrowska-Niczyporuk, Bajguz, 2014).

2.1. Эффект некорневой обработки растений глицином

Глицин – простая органическая алифатическая аминокислота, относится к классу карбоновых кислот (рис.3). Глицин необходим для нормального роста и размножения клеток (Marschner, 2011; Souri, 2016).

У *Gladiolus* L. самая низкая концентрация любой из используемых аминокислот (глицина 75 мг/л, метионина 150 мг/л, или триптофана 300 мг/л) вызывала наилучший выход вегетативных, репродуктивных и биохимических показателей независимо от метода применения, т.е. предварительного замачивания клубнелуковиц или внекорневой подкормки (Khattab et al., 2016).

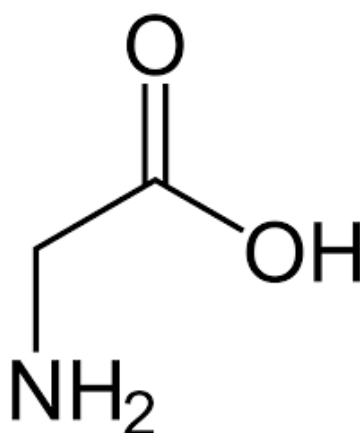


Рисунок 3 - Химическая структура глицина

Abd-Elkader et al. (2020) сообщили, что смешанное внекорневое применение (100 мг/л) аминокислот глицина, аргинина, аспарагина, аланина и триптофана у одномесячных растений *Gerbera* L. Приводило к самым высоким значениям сырой и сухой массы, диаметра цветка и фотосинтетических пигментов по сравнению с однократным применением аминокислот и контролем.

Под действием глицина увеличивается продуктивность, повышается стрессоустойчивость и усиливаются адаптационные способности картофеля, включая образование раневой перидермы клубней (Мурашев, 2015).

Некорневая подкормка глицином оказала благотворное влияние на рост *Lactuca sativa* L. В результате обработки растений низкими и умеренными концентрациями глицина отмечены более высокая урожайность в свежей

продукции, а также повышенное содержание хлорофилла и витамина С в листьях (Noroozlo et al., 2019).

Внекорневая подкормка глицином или глутамином в различных концентрациях 0 (дистиллированная вода), 250, 500, 1000 мг/л, а также обработка 250 мг/л глицина + 250 мг/л глутамин оказывала влияние на рост растений *Ocimum basilicum* L. Результаты показали, что внекорневое применение глицина или глутамин в очень высокой дозе (1000 мг/л) не показало улучшения по сравнению с контролем по всем признакам, за исключением концентрации L-аскорбиновой кислоты в листьях. Однако внекорневое применение этих аминокислот в концентрации 250 мг/л и особенно 500 мг/л показало многообещающий эффект на рост базилика. Свежая и сухая масса побегов растений, площадь листьев, содержание хлорофилла в листьях повышались при некорневой подкормке 500 мг/л глицина или глутамин по сравнению с контрольными растениями. Внекорневая подкормка аминокислотами увеличивала содержание азота в листьях (глутамин 250 и 500 мг/л), калия (глицин 250 мг/л), магния (глутамин 250 или 500 мг/л, глицин 250 мг/л, глицин + глутамин 250 + 250 мг/л), железа (глицин и глутамин при 500 мг/л и глутамин при 250 мг/л) и цинка (глицин и глутамин при 250 или 500 мг/л), тогда как увеличение содержания питательных веществ в листьях, вызванное другими видами обработки, существенно не отличалось от контрольных растений. Концентрация кальция в листьях не изменялась при обработке аминокислотами. Результаты показывают, что внекорневое применение глутамин или глицина в умеренных и низких концентрациях положительно сказывается на росте и продуктивности базилика, а также на качестве сырья (Noroozlo et al., 2020).

Опрыскивание листьев огурца 500 ppm глицина привело к лучшим результатам, поскольку концентрация 1000 ppm глицина показала неблагоприятные и токсические эффекты, включая некроз листьев (Shooshtari et al., 2020). Таким образом оба исследования на разных культурах показывают эффективность именно низких концентраций аминокислот.

Проведен эксперимент с питательным раствором на песке для оценки влияния различных уровней глицина на рост и поглощение питательных веществ растениями кориандра. Различные концентрации глицина 0, 5, 10, 20 и 40 мг/л применяли к растениям через питательный раствор Хоагланда в тепличных условиях. Результаты показали, что значение SPAD листьев (анализ почвы и растений; показатель зелени листьев), диаметр стеблей, а также свежая и сухая масса побегов и корней были значительно увеличены на 10 мг/л глицина по сравнению с контрольными растениями. Применение глицина в дозе 40 мг/л снижал многие параметры роста растений, тогда как концентрация пролина в листьях повышалась. Все уровни глицина, кроме 40 мг/л, увеличивали сырую массу корней. Содержание белка в листьях увеличивалось при применении глицина в дозе 10 или 20 мг/л, в то время как антиоксидантная активность листьев повышалась при всех уровнях содержания глицина. Применение глицина увеличило концентрацию азота и калия в листьях (при 10 мг/л), магния (при 5 мг/л) и цинка (при всех уровнях глицина) по сравнению с контрольными растениями. Результаты показали, что умеренный уровень глицина (10 мг/л) в питательном растворе может улучшить рост и качество питания растений кориандра (Mohammadipour, Souri, 2019). Увеличение отдельных параметров роста под влиянием умеренных концентраций глицина может быть связано со стимулирующим эффектом и различной ролью этой аминокислоты в метаболизме растений (Marschner, 2011; Souri et al., 2016; Shams et al., 2016). Об этом влиянии аминокислот на рост растений сообщалось и в других исследованиях (Ge et al., 2009; Garcia et al., 2011). Аминокислоты являются ключевыми элементами метаболизма растений, так как многие физиологические процессы прямо или косвенно связаны с этими метаболитами. Самая высокая концентрация глицина (40 мг/л) была токсична для растений и оказывала негативное влияние на рост растений (Mohammadipour, Souri, 2019). Глицин является одной из основных аминокислот и предшественников, необходимых для биосинтеза белка в растительных клетках (Ge et al., 2009; Marschner, 2011; Ma et al., 2017).

Рост растений в значительной степени связан с биосинтезом белка листьев и содержанием белка (Marschner, 2011; Sourí et al., 2017). Умеренные концентрации глицина (10 или 20 мг/л) увеличивали концентрацию белка в листьях (Mohammadipour, Sourí, 2019), вероятно, из-за более высокого биосинтеза белка или снижения деградации белка (Marschner, 2011). Также возможно, что глицин действовал как сигнал стресса, что приводило к усилению биосинтеза белков листьев (Sourí et al., 2017). Показано, что внекорневое применение аминокислот увеличивает количество цитокининоподобных соединений в тканях растений, которые могут усиливать биосинтез белка (Marschner, 2011; Sourí et al., 2017).

Экзогенное применение аминокислот может увеличить скорость биосинтеза хлорофилла и фотосинтеза, что приводит к улучшению роста растений, особенно в неблагоприятных климатических условиях (García et al., 2011; Shams et al., 2016). Растения, обеспеченные в достаточном количестве аминокислотами, обычно имеют более высокое содержание сахаров, белков и других питательных элементов, что указывает на существенное улучшение их потребительских качеств. Это качество также способствует лучшей защите растений от засоления, засухи или температурных стрессов (Cerdán et al., 2015; Sourí et al., 2017). Таким образом, исследования подтверждают роль низких и умеренных концентраций глицина не только как источника азота для роста растений, но и стимулирующий эффект и защитное действие при стрессе (Mohammadipour, Sourí, 2019). Применение аминокислот также может усилить контроль над устьицами и экспрессией генов для улучшения роста растений (Svennerstam et al., 2008; Sourí et al., 2017).

Выявлено увеличение концентрации питательных веществ в листьях растений при внекорневом или корневом применении аминокислот (García et al., 2011; Cerdán et al., 2013; Galili, Amir, 2013; Sourí et al., 2017). В биологических системах показано, что аминокислоты обладают хелатирующим действием на ионы металлов и, таким образом, играют защитную роль и улучшают усвоение микроэлементов, в частности железа

(Souri et al., 2017). Фактически аминокислоты могут выступать в качестве лигандов для металлов с низкой растворимостью, таких как Fe или Zn, или они могут использоваться либо для мобилизации питательных веществ из почвы, либо для их транслокации/ретранслокации внутри растения (Souri et al., 2017). Обычно это приводит к лучшей доступности питательных веществ для корней растений или тканей листьев. Кроме того, более высокая активность корней растений, вызванная глицином, может способствовать более высокому поглощению питательных веществ и их концентрации в различных органах растений (García et al., 2011). Более высокий уровень питательных веществ в листьях может усилить фотосинтез и, следовательно, повысить ассимиляционную продукцию, а также улучшить рост и урожайность растений (Cerdán et al., 2013; Galili, Amir, 2013; Souri et al., 2017; Ma et al., 2017). При применении глицина может происходить улучшение роста корней и биомассы, вызванное сигналами глицина или ограниченным поглощением нитратов (Marschner, 2011; Souri et al., 2017). Изменения уровня фитогормонов растений также могут быть вторичной причиной наблюдаемого ростостимулирующего действия глицина (Marschner, 2011; Souri et al., 2017).

Антиоксидантные механизмы являются распространенными стратегиями повышения солеустойчивости растений (Marschner, 2011; Shams et al., 2016). Различные компоненты могут быть вовлечены в антиоксидантную активность экстрактов листьев, включая ферменты, такие как супероксиддисмутаза, аскорбатпероксидаза, каталаза, и антиоксидантные молекулы, такие как аскорбиновая кислота, α -токоферол, различные фенольные соединения, каротиноиды и восстановленный глутатион (Ahmed et al., 2009).

Высокие концентрации пролина в растениях, обработанных глицином в концентрации 20 мг/л, и, особенно в дозе 40 мг/л, могут быть обусловлены индуцированными стрессовыми условиями (Mohammadipour, Souri, 2019). Вместе с тем, представляя из себя восстановленную форму азота глицин в высоких концентрациях может вызывать фитотоксичность, аналогичную

эффектам чрезмерного удобрения аммонием у многих видов растений (Souri, Römheld, 2009; Marschner, 2011). Высвобождение протонов и связанное с этим повреждение при ассимиляции глицина (Fahimi et al., 2016) и/или хелатирующие микроэлементы, делающие их недоступными для растений (Souri et al., 2017), вероятно, являются основными механизмами, связанными с токсичностью высоких концентраций глицина. Это также может быть связано со снижением активности пролиноксидазы и/или повышением активности γ -глутамилкиназы при применении глицина (Marschner, 2011).

У кориандра применение различных уровней глицина 5, 10, 20 и 40 мг/л значительно повышало антиоксидантную активность листьев, в то время как белок листьев увеличивался только при 10 или 20 мг/л глицина в питательном растворе (Mohammadipour, Souri, 2019). У *Glycine max* L. значительное увеличение общего количества аминокислот в листьях произошло после листовой обработки глицином (Teixeira et al., 2018).

В настоящее время в сельском хозяйстве широко распространено применение аминокислот в виде аминокислотных удобрений, содержащих один или несколько элементов питания. Несмотря на улучшение состояния питания растений, металлические лиганды, такие как аминокислоты, могут играть внутриклеточную роль в качестве хелаторов для связывания ионов металлов в цитозоле или в субклеточных компартментах. Кроме того, аминокислоты могут действовать как осмолиты и защищать растения от неблагоприятных условий внешней среды (Marschner, 2011; Cerdán et al., 2015). Их роль в детоксикации токсинов и микроэлементов в растениях хорошо задокументирована (Souri et al., 2017). Производные глицина, цистеина и глутамина участвуют в защите и устойчивости растений в стрессовых условиях, вероятно, по фитохелатиноподобному действию (Marschner, 2011). Биостимулирующий эффект аминокислот вызывает интерес в последние годы, и их защитная роль от стрессовых состояний может быть связана с их различными эффектами, в основном их гормоноподобной активностью и действием в передаче сигнала (Souri et al., 2017). Применение аминокислот

может привести к ограничению поглощения нитратов и накоплению нитратов в тканях растений, что очень важно для листовых овощных культур (Ertani et al., 2009).

Поглощение аминокислот, таких как глицин, корнями происходит очень быстро, но судьба усвояемого глицина может быть совершенно иной. Глицин может входить и участвовать в метаболическом пути и использоваться для биосинтеза белка или синтеза других аминокислот. Более того, он может активно способствовать транспорту питательных веществ по ксилеме и/или флоэме. Также возможно, что в тканях растений глицин инактивируется в результате реакций окисления или может превращаться в производные глицина, такие как триметилглицин (глицин-бетаин), или при попадании в ризосферу корневой экссудации (Souri, 2015).

Таким образом, на сегодняшний день глицин является одной из наиболее широко используемых аминокислот в питании растений. Его часто используют для производства широкого спектра аминокислотных удобрений (аминокислотно-хелатные питательные вещества). Экзогенное применение аминокислот может повысить азотный статус и концентрацию минеральных элементов в тканях растений. Однако эффективность применяемой аминокислоты (глицина) определяется многими факторами, включая виды растений, стадию роста, климатические условия, количество внекорневых применений и, в частности, применяемую концентрацию. Высокая эффективность чистого глицина, как регулятора роста и обменных процессов, экологическая безопасность в сочетании с низкой стоимостью создают благоприятные экономические предпосылки для создания новых высокопродуктивных технологий получения растительной продукции.

2.2. Эффект некорневой обработки растений ауксинподобными препаратами

Ауксины представляют собой класс регуляторов роста растений, влияющих на многие физиологические процессы растений. Наиболее

важными экзогенными синтетическими ауксинами являются гетероауксин (β -индолилуксусная кислота) индол-3-масляная кислота, бета-нафталинуксусная кислота, 1-нафталинуксусная кислота, 2,4-дихлорфеноксипропионовая кислота (Taiz et al., 2015).

Индолилуксусная кислота (ИУК, гетероауксин) - один из наиболее распространенных ауксинов, основной гормон растений из группы ауксинов; производное индола, химический состав $C_{10}H_9NO_2$ (рис.4).

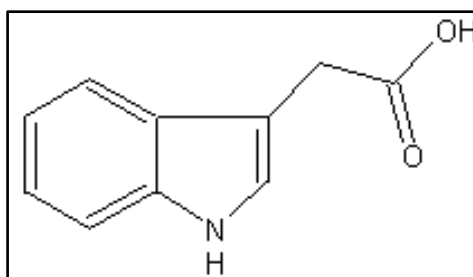


Рисунок 4 - Индолилуксусная кислота

Хотя многие природные и синтетические соединения проявляют ауксинподобную активность в биопробах, ИУК является наиболее известным и физиологически наиболее активным природным ауксином в растении и признан ключевым ауксином в большинстве растений. Индол-3-уксусная кислота, основной природный ауксин, обнаруженный в растениях, является сигнальным веществом, участвующим почти во всех процессах развития растений, и играет ключевую роль на ранних стадиях адвентивного укоренения (Ludwig-Müller, 2011; Tivendale, Cohen, 2015).

Среди различных растительных гормонов, играющих роль в регуляции репродуктивного роста растений, ауксины запускают программы развития цветков и плодов, тесно связанные с их развитием (Brcko et al., 2012). ИУК является наиболее распространенным растительным гормоном и связана как с вегетативным, так и с репродуктивным развитием растений хмеля (*Humulus lupulus*) (Villacorta et al., 2008).

Учитывая значение ауксина и его потенциальное применение, проведено исследование воздействия ИУК, наиболее активной и

распространенной формы ауксина на растения *Brassica juncea*, растущие в естественных условиях окружающей среды. Различные концентрации (0 , 10^{-10} , 10^{-8} , 10^{-6} М) ИУК применяли один раз в сутки на 25-дневной стадии роста в течение 5 дней. Различные параметры (рост, фотосинтетические, биохимические, окислительные биомаркеры и состав питательных веществ) оценивали в разные дни после посева. Результаты показали, что все концентрации ИУК были эффективны в стимулировании роста и снижении АФК, однако 10^{-8} М ИУК демонстрировали максимальное улучшение всех вышеупомянутых параметров по сравнению с контролем (Mir et al., 2020).

Регуляторы роста растений могут влиять на биохимические пути и физиологические процессы, а также могут изменять метаболизм растений и биосинтез эфирных масел. Они влияют на количество и состав компонентов эфирного масла при наружном применении. Воздействие регуляторов роста на растения, вероятно, меняет пути биосинтеза терпеноидов и создает стрессовый фактор, стимулирующий защитные реакции. Ауксины регулируют большую часть физиологической активности и роста растений (Paque, Weijers, 2016). Установлено, что применение ИУК повышало содержание нерола и гераниола у *Melissa officinalis* (Silva et al., 2005), аромадендрена, β -селинена и α -гумулена у *Sambucus ebulus* (Feizbakhsh et al., 2014), содержание оксида α -бисаболола у ромашки лекарственной (Reda et al., 2010), содержание линалоола у *O. basilicum* (Monfort et al., 2018), содержание карвакрола и тимола у *Lippia origanoides* (Castilho et al., 2019) и выход эфирного масла в *O. gratissimum* (Hazzoumi et al., 2014). Регуляторы роста растений повышали урожайность растений базилика, пажитника и кориандра (Rohamare et al., 2013; Nourafcan et al., 2014); влияли на монотерпены у растений *O. gratissimum* (Hazzoumi et al., 2014) и *Lavendula dentata* (Li et al., 2007). Применение ИУК увеличивало содержание тимола в масле *Thymus vulgaris* (Affonso et al., 2009); содержание β -пинена, камфена и кариофиллена в *Alpinia zerumbet* (Victório et al., 2011); выход эфирного масла у *O. gratissimum* (Hazzoumi et al., 2014) и ароматических трав *Cymbopogon martinii* и *C. winterianus* (Farooqi et al., 2005);

также определяли содержание нероля и 1,8-цинеола в *Lippia citriodora* (Nourafcan et al., 2014), число и массу корней *Salvia fruticosa* (Sağlam et al., 2014). ИУК вызывала увеличение выхода эфирного масла (0,30 %) *O. gratissimum* L. без особого влияния на основные соединения, но с некоторым изменением состава в виде появления гермакрена-Д и исчезновения аристоленона (Hazzoumi et al., 2014).

В условиях Египта при некорневой обработке растений укропа ИУК семенная продуктивность составила 16,5 г/растение, выход соломы – 25-26 г/растение; выход эфирного масла из плодов – 3,03 %, из соломы – 0,34 %. При этом основными компонентами эфирных масел из соломы были α -филландрен (27,2 %), лимонен (12,44 %), β -филландрен (11,01 %), *n*-цимен (11,0 %), эфир укропный (8,5 %), карфон (5,9 %), дигидрокарвон (4,3 %), α -пинен (4,61 %), диллапиол (7,36 %); из плодов – карвон (28,6 %), дигидрокарвон (23,16 %), лимонен (17,58 %), диллапиол (15,12 %), α -филландрен (6,76 %), транс-дигидрокарвон (3 %) (Said-Al Ahl et al., 2016).

Таким образом, ауксины являются первичными регуляторами роста, которые регулируют почти все аспекты роста и развития растений. Они играют жизненно важную роль в различных процессах растений, помимо контроля ключевых аспектов клеточного деления, расширения клеток и дифференцировки клеток.

2.3 Заключение

Анализ мировой и отечественной литературы показал, что в последние годы важность вторичных метаболитов стала важной областью интересов, особенно в производстве биоактивных и коммерчески ценных вторичных метаболитов растений, используемых, в частности, в лекарственных препаратах, агрохимических, фармацевтических, вкусовых и ароматических веществах, красителях, пигментах и пищевых добавках. Некорневая обработка ароматических растений регуляторами роста увеличивала рост, биомассу, фотосинтез и их пигменты, питательные вещества, разветвление и длину

корней, а также общее количество эфирного масла и его выход, продукцию монотерпенов и биосинтез основных компонентов эфирного масла, а также продукцию летучих вторичных метаболитов; индуцирует реакции вторичных метаболитов, влияет на поток специфических стадий метаболизма монотерпенов и путей фенольных соединений.

Состав эфирного масла зависит от внешних и внутренних факторов, влияющих на рост растений, таких как климат и условия окружающей среды, сезон сбора урожая, возраст растений, стадия созревания плодов и генетические данные. Использование аминокислот и ауксинподобных препаратов снижает потребность в химических удобрениях и пестицидах, применяемых к культивируемым лекарственным и ароматическим видам растений. Аминокислоты и ауксинподобные препараты являются эффективным биотехнологическим инструментом для стимуляции параметров роста растений и вторичного метаболизма у ароматических растений, и будущие исследования их действия улучшат наше понимание некоторых адаптивных процессов, которые недостаточно изучены в настоящее время.

ГЛАВА 3. СХЕМА ОПЫТОВ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Предмет и объекты исследования

Предмет исследования – научно-обоснованная закономерность повышения урожайности плодов и содержания эфирного масла плодов укропа пахучего и кориандра посевного путем экзогенного некорневого применения аминокислоты глицина и ауксинподобных препаратов в условиях Липецкой области.

Объект исследования – агроценозы укропа пахучего и кориандра посевного, аминокислота глицин и ауксинподобные препараты, эфирные масла.

Растительные объекты

Краткая характеристика используемых сортов представлена ниже.

Укроп пахучий **Грибовский**

Заявитель: ФГБНУ 'Федеральный научный центр овощеводства'

Раннеспелый, высокоэфирномасличный. Розетка листьев высотой 15-25 см и массой 12-15 г. Листья сильно-изрезанные, темно-зеленые, с ярко-выраженным восковым налетом. Урожайность зелени 1 кг/м². Пригоден для выращивания на зелень и специи, для получения плодов и эфирных масел.

Включен в Госреестр [1974] по Российской Федерации.

Укроп пахучий **Симфония**

Заявители: ООО 'Интерсемя', ЗАО Научно-производственная фирма 'Российские семена'

Среднеспелый, овощной. Розетка листьев полуприподнятая. Лист среднего размера, зеленый, среднерассеченный. Растение в фазе цветения высотой 130-140 см, раскидистое, сильнооблиственное. Зонтик среднего размера, выпуклый, многолучевой. Масса одного растения при уборке на зелень 25-30 г. Ароматичность хорошая. Товарная урожайность на зелень 2,5-3,5 кг/м², на специи - 3,5-4,8 кг/м².

Включен в Госреестр [2004] по Российской Федерации.

Кориандр посевной **Янтарь**

Заявитель: ФГБУН 'Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма'

Среднеспелый, эфиромасличный. Ярового срока сева. Растение прямостоячее, разветвлённое, высотой 50-60 см, с очень сильным ароматом. Розетка листьев полураскидистая. Листья тёмно-зелёные, нежные. Устойчив к полеганию и осыпанию плодов. Урожайность зелени 1,2 кг/м². Урожайность плодов 1,4-1,8 т/га.

Включен в Госреестр [1976] по Российской Федерации.

Кориандр посевной **Авангард**

Заявитель: ООО 'Агрофирма Поиск'

Среднеспелый, овощной. Растение низкорослое. Розетка листьев приподнятая. Лист средний, гладкий, зеленый. Волнистость края отсутствует. Масса розетки листьев 16-18 г. Урожайность зелени 1,3-1,5 кг/м².

Включен в Госреестр [2012] по Российской Федерации.

Агрохимикаты

Глицин – (аминоуксусная кислота, аминоэтановая кислота, химическая формула – $C_2H_5NO_2$) – простейшая органическая алифатическая аминокислота, относящаяся к классу карбоновых кислот. Глицин приобретали в аптеке в виде таблеток по 100 мг (Биотики МНПК, РФ).

Индолилуксусная кислота (ИУК, гетероауксин, химическая формула - $C_{10}H_9NO_2$) - органическое соединение, производное индола. **ИУК гликофосфата** (ИУК-ГФ) – ауксиновый регулятор роста, полученный на основе 3-индолилуксусной кислоты (Пржевальский, Грязнов, 2011). Способ получения ИУК-ГФ включает 2 стадии: взаимодействие индола, хлоруксусной кислоты, гидроксида калия и воды в автоклаве при температуре +250...+290°C и давлении 40–70 атм.; нейтрализация продукта реакции фосфорной кислотой до pH 7,5–8,0 (Пржевальский, Грязнов, 2011). В состав синтезированного

ИУК-ГФ входят, помимо калиевой соли индолилуксусной кислоты, хлорид калия, гликолят калия и дигидрофосфат калия (масс. %): калиевая соль 3-индолилуксусной кислоты - 4,5–4,7; хлорид калия - 2,4–2,6; калиевая соль гликолевой кислоты - 1,2–1,4; дигидрофосфат калия - 11,1–11,5; вода - остальное. Количество и соотношение побочных веществ (относительно ИУК), а именно, хлорида калия, гликолята калия и дигидрофосфата калия, обусловлены материальным балансом химической реакции, по которой синтезирован стимулятор. Повышенное содержание калия в испытываемом комплексном препарате предположительно должно увеличивать проницаемость мембран и усиливать поглощение физиологически активных веществ, а гликолят калия способствует процессу фотодыхания в цикле Кальвина, в котором происходит окислительное расщепление рибулозо-1,5-дифосфата на 3-фосфоглицериновую кислоту и 2-фосфогликолевую кислоту (Маланкина и др., 2013).

ДваУ – регулятор роста - корнеобразователь, действующими веществами являются индолилмасляная кислота и гидроксикоричные кислоты. Комплекс биологических веществ препарата ингибирует ауксиноксидазу - фермент, разрушающий ауксины, и стимулирует корнеобразовательные процессы в растениях. Правообладатель: АНО Научно-производственный центр НЭСТ-М.

3.2 Характеристика территории, природно-климатические условия

Исследования проводили в 2019-2021 гг. в Липецкой области (Данковский район, с. Баловнево) (географические координаты 53.215553, 39.035922).

Климат района умеренный (атлантико-континентальный) с мягкой зимой и теплым летом. Средняя температура января $-5,2^{\circ}\text{C}$, июля $+18,8^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур составляет 2300°C , а сумма годовых осадков - 520 мм.

В мае 2019 г. фактическая температура месяца составила 16,9°C, отклонение от нормы +1,9°C. Осадков выпало 60,4 мм, что составило 143 % от нормы. В июне фактическая температура составила 20,8°C, отклонение от нормы +3,2°C. Осадков выпало 72,3 мм, это количество составило 113 % от нормы. В июле фактическая температура составила 17,4°C, отклонение от нормы -1,4°C. Осадков выпало 89,9 мм, что составило 128 % от нормы. В августе фактическая температура составила 17,3°C, отклонение от нормы +0,9°C. Осадков выпало 53,4 мм, эта сумма составило 111 % от нормы. В сентябре фактическая месячная температура составила 12,3°C, отклонение от нормы +0,3°C. Осадков выпало 39,4 мм, это количество составило 80 % от нормы (рис. 5-6). В целом, вегетационный период 2019 г. характеризовался теплой весной и повышенной влажностью в период созревания плодов.

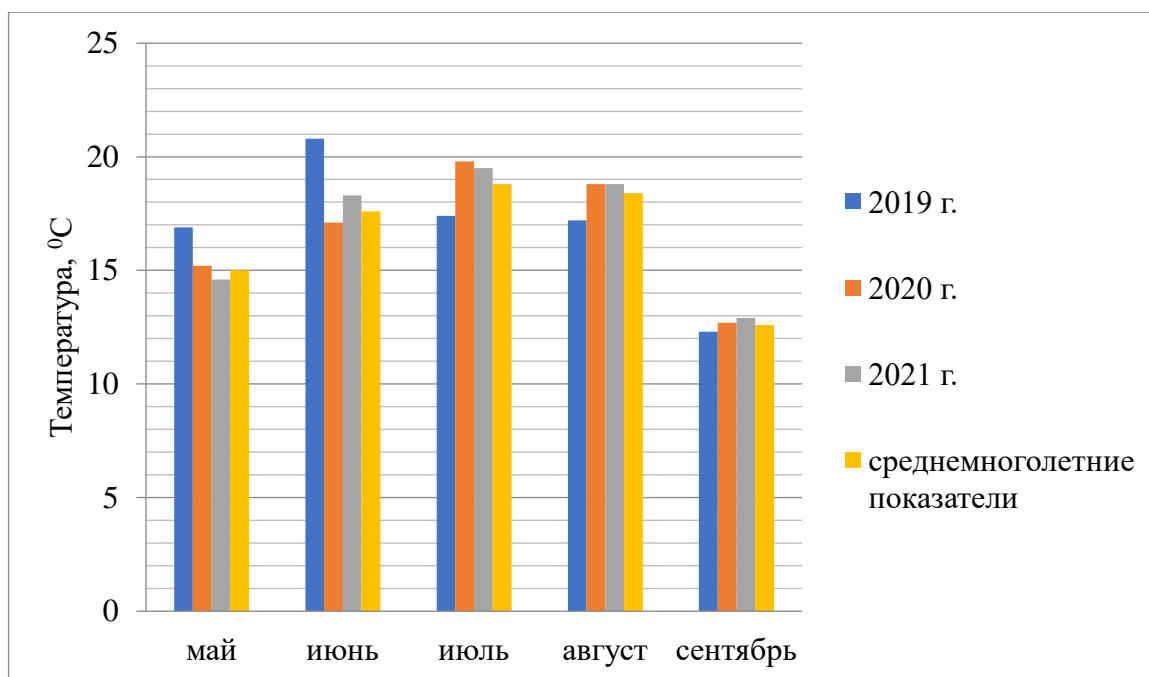


Рисунок 5 - Среднемесячные температуры воздуха, °С

В мае 2020 г. фактическая температура составила 15,2°C, отклонение от нормы +0,2°C. Осадков выпало 94,4 мм, что составило 225 % от нормы. В июне фактическая температура составила 17,1°C, отклонение от нормы -0,5 °С. Осадков выпало 99 мм, что составило 155 % от нормы. В июле фактическая температура составила 19,8°C, отклонение от нормы +1,0°C. Осадков выпало 124,2 мм, что составило 177 % от нормы. В августе фактическая температура

составила 18,8°C, отклонение от нормы +0,4°C. Осадков выпало 46,7 мм, что составило 97,3% от нормы. В сентябре фактическая температура составила 12,7°C, отклонение от нормы +0,1°C. Осадков выпало 31,7 мм, это в сумме составило 64,7 % от нормы. В целом, вегетационный период 2020 г. характеризовался более поздним наступлением весны и соответственно более поздними сроками сева. В период созревания урожая зафиксирована температура +32...+34°C.

В мае 2021 г. фактическая температура составила 14,6°C, отклонение от нормы составило -0,4°C. Осадков выпало 69,0 мм, это количество составило 165 % от нормы. В июне фактическая температура составила 18,3°C, отклонение от нормы составило +0,9°C. Осадков выпало 99,3 мм, это количество составило 156 % от нормы. В июле фактическая температура составила 19,5°C, отклонение от нормы +0,7°C. Осадков выпало 103,0 мм, это количество составило 148 % от нормы. В августе фактическая температура составила 18,8°C, отклонение от нормы +0,4°C. Количество осадков выпало на 40,8 мм, это количество составило 85 % от нормы. В сентябре фактическая температура составила 12,9°C, отклонение от нормы +0,3°C. Осадков выпало на 45,4 мм, это количество составило 93 % от нормы.

В целом, вегетационный период 2021 г. были благоприятными для роста и развития растений укропа пахучего и кориандра посевного.

Таким образом, погодные условия в течение вегетационных периодов 2019 – 2021 гг. отличались разнообразием, что дало возможность полноценно проанализировать влияние погодного фактора на развитие растений и их урожайность, оценить адаптационные возможности культуры и эффективность применяемых регуляторов роста.

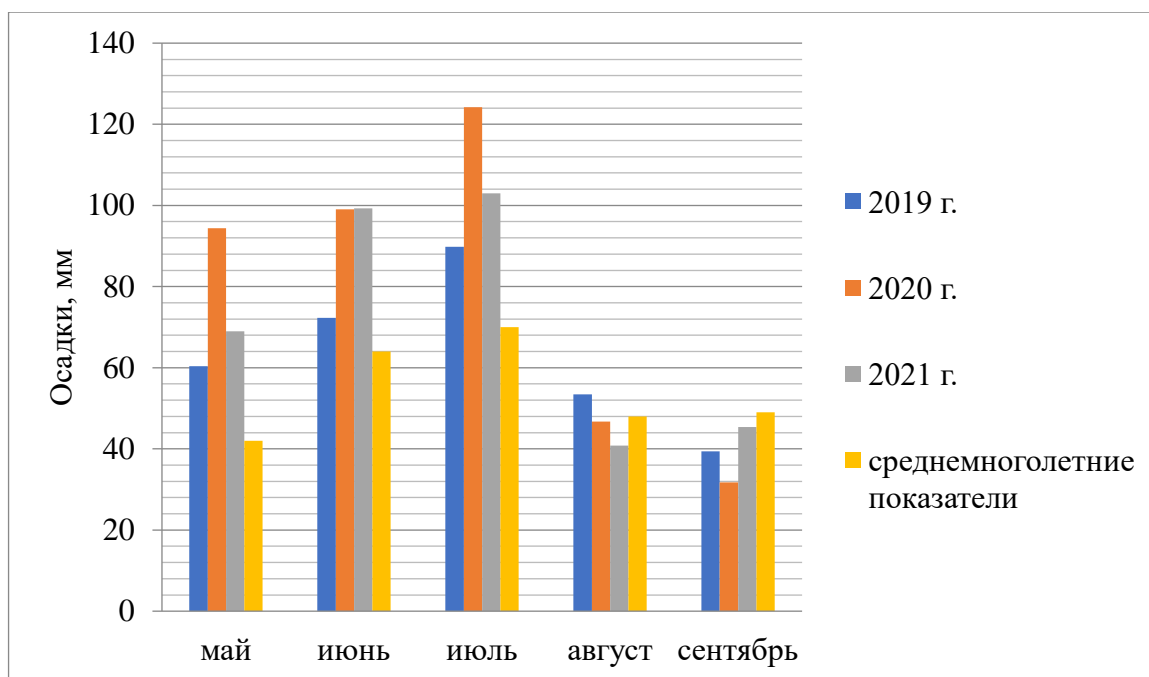


Рисунок 6 - Месячное количество осадков, мм

Краткая характеристика почвы: содержание гумуса - 5,4%, рН - 6,5, содержание подвижного азота в почве - 13,35 мг/100 г, подвижного фосфора (P_2O_5) - 6,80 мг/100 г, подвижного калия - 6,26 мг/100 г. Предшественник - озимая пшеница.

Подготовка почвы и основные агротехнические операции соответствовали зональным особенностям и требованиям культуры (рис. 7).



Рисунок 7 - Подготовка почвы под закладку опытов

Посев плодов проводили с междурядьями 15 см, норма высева 25 кг/га по кориандру и 20 кг/га по укропу сеялкой СЗТ-3,6. Глубина заделки семян – 1-2 см. В зависимости от погодных условий посев в 2019 г. проходил в первой декаде апреля, в 2020-2021 гг. - в третьей декаде апреля. В 2020 и 2021 гг. была сырая весна и раньше вспахать почву было невозможно. Внесение минеральных удобрений во время экспериментов не предусматривалось. Для борьбы с сорняками применяли гербицид «Гезагард» (Syngenta AG, Switzerland) в дозе 4 л/га в фазу трех-четырех пар листьев культуры (рис.8).



Рисунок 8 - Посевы кориандра посевного до внесения гербицида

3.3. Методика проведения опытов

В каждом опыте площадь учетной делянки 4 м², повторность 4-х кратная. В опытах испытывали укроп пахучий (сорта Грибовский и Симфония) и кориандр посевной (сорта Янтарь и Авангард) (рис. 9). Уборку урожая проводили в фазу технической спелости плодов в центральном зонтике. После сбора образцы сушили в хорошо проветриваемом помещении

при температуре около $+20...+25^{\circ}\text{C}$ до воздушно-сухого состояния, затем ворох обмолачивали, отделяя грубые стебли и далее просеивая ворох через сита диаметром 0,5, 1, 2, 3 и 5 мм.

Плоды взвешивали отдельно с каждой делянки. Подсчет массы 1000 плодов проводили в 6-ти кратной повторности.



Рисунок 9 – Укроп пахучий и кориандр посевной в фазе цветения

Пробоподготовка.

Содержание эфирного масла определяли методом гидродистилляции на аппарате Клевенджера по методике Российской фармакопеи (Фармакопея РФ, XIV издание, 2019). Образцы эфирного масла растворяли в гексане (1:300). Состав масла проверяли на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 с масс-спектрометром GCMS-QP 2010 и идентифицировали по NIST 11. В качестве газа-носителя использовали гелий («высокой чистоты»), скорость потока в разделительной колонке 1,2 мл/мин, деление потока 1:20, объем вводимой пробы 2 мкл. Разделительная колонка - капиллярная неполярная "Optima-1" (Macherey-Nagel DBR), длина 25 м, внутренний диаметр 0,25 мм. Градиент температуры $60^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, затем $5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до 200°C , далее $25^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до 275°C , изотерма 1 мин. Диапазон обнаружения детектора 33–400 m/z.

3.4. Схема эксперимента

При планировании эксперимента были запланированы опыты, включающие отдельно использование аминокислот и ауксиновых регуляторов, что позволило сравнить сроки внесения и концентрации для глицина и препарат и концентрации для ауксиновых препаратов.

Опыт 1. Эффект от некорневой обработки раствором аминокислоты глицин растений укропа пахучего и кориандра посевного на урожайность плодов и сбор эфирного масла

Схема опыта:

№	Фаза	Кратность обработки	Концентрация, мг/л
1	Контроль – без обработки		
2	Розетка листьев	однократная	10, 50, 100
3	Розетка листьев, бутонизация	двукратная	10

Опыт 2. Эффект от некорневой обработки растений укропа пахучего и кориандра посевного ауксинподобными препаратами на урожайность плодов и сбор эфирного масла

Схема опыта:

№	Фаза	Кратность обработки	Препарат	Концентрация, мг/л, мл/л
1	Контроль – без обработки			
2	Бутонизация	однократная	ИУК - ГФ	10, 25, 50
3	Бутонизация	однократная	ДваУ	1, 2

Опыт 3. Эффект от комбинированной некорневой обработки растений укропа пахучего и кориандра посевного глицином и ауксинподобными препаратами на урожайность плодов и сбор эфирного масла

Схема опыта

№	Фаза	Препарат, норма расхода	Фаза	Препарат, норма расхода
1	Контроль – без обработки			
2	Розетка листьев	Глицин 10 мг/л	Бутонизация	ИУК-ГФ 10 мг/л
3	Розетка листьев	Глицин 10 мг/л	Бутонизация	ИУК-ГФ 25 мг/л
4	Розетка листьев	Глицин 10 мг/л	Бутонизация	ИУК-ГФ 50 мг/л
5	Розетка листьев	Глицин 10 мг/л	Бутонизация	ДваУ 2 мл/л

В опытах: фактор А – препарат, фактор В – год, фактор С – сорт.

3.5. Статистическая обработка

При обработке экспериментальных данных трёх факторных экспериментов использовали метод дисперсионного анализа с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) с обработкой данных в «Statistica 6.0» («Stat Soft Inc.», США).

Факторами для расчёта были: условия года, сорт и вариант с регулятором.

3.6. Расчет экономической эффективности производства эфиромасличного сырья

Основная часть зернового сырья укропа пахучего и кориандра посевного используется в необработанном виде, следовательно, экономическая эффективность выращивания эфирносов зерновой группы рассмотрена без дальнейшей переработки, а именно перегонки эфирного масла.

Показатели для расчета экономической эффективности производства зернового сырья приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Показатели экономической эффективности выращивания эфиромасличного сырья

Показатель	Единица измерения	Обозначение
Урожайность сырья	т/га	У
Затраты на выращивание сырья	руб./га	$Z_{га}$
Цена реализации 1 кг эфиромасличного сырья	руб./кг	P_c
Стоимость продукции с 1 га	руб./га	$ВП = P_c \times В$
Прибыль с 1 га	руб./га	$П_{га} = ВП - Z_{га}$
Рентабельность с 1 га	%	$PT_{га} = \frac{П_{га}}{Z_{га}} \times 100 \%$

ГЛАВА 4. ЭФФЕКТ ОТ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ РАСТВОРОМ АМИНОКИСЛОТЫ ГЛИЦИН РАСТЕНИЙ УКРОПА ПАХУЧЕГО И КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ И СБОР ЭФИРНОГО МАСЛА

Интенсификация сельского хозяйства стимулирует увеличение производства основных сельскохозяйственных культур и ведет к повышению продовольственной безопасности постоянно растущего населения мира (Godfray et al., 2010). Интенсивные методы в современном сельском хозяйстве за счет широкого использования химических удобрений в почве также изменяют биотические взаимодействия и влияют на модели доступности ресурсов в экосистемах, что приводит к повышению осведомленности о неблагоприятных воздействиях на окружающую среду (Hartman et al., 2018).

С начала 1980-х годов всплеск исследований был сосредоточен на применении внекорневых удобрений, которые могут обеспечить быстрое поглощение, высокую доступность питательных веществ и большие экономические выгоды; поэтому внекорневые удобрения в настоящее время становятся все более популярными (Wang et al., 2017).

В настоящее время большое внимание уделяется оценке значения растворенного органического азота, особенно свободных аминокислот и пептидов, для поглощения растениями (Cao et al., 2013). Важность аминокислот объясняется их широким использованием для биосинтеза большого количества различных органических соединений (El-Said et al., 2016). Аминокислоты уже показали свою эффективность в схеме питания сельскохозяйственных растений для получения более высоких урожаев, повышения качества и сокращения продуктивного цикла с повышенным сухим веществом. Некорневая подкормка аминокислотами важна для растений в различных экосистемах (Wahba et al., 2015).

Аминокислоты могут играть различную роль в растениях, таких как источник азота и предшественники гормонов, а также средства, снижающие стресс (Zhao, 2010; Maeda, Dudareva, 2012). Другим важным фактом является роль аминокислот как сигнального фактора различных физиологических процессов в растениях. У *Arabidopsis thaliana* идентифицированы глутаматные рецепторы, которые также способны связываться с другими аминокислотами (Vincill et al., 2012; Forde, Roberts, 2014). Эти рецепторы при активации аминокислотами способны запускать ряд физиологических процессов, таких как регуляция поглощения азота (Miller et al., 2007), развитие корневой системы (Weiland et al., 2015) и метаболизм антиоксидантов (Hildebrandt et al., 2015; Weiland et al., 2015).

Некоторые исследования показали эффективность усвоения аминокислот растениями (Gioseffi et al., 2012; Koukounaras et al., 2013; Sadak et al., 2014; Teixeira et al., 2017).

В настоящее время глицин является одной из наиболее часто используемых аминокислот в питании растений. Его часто используют для приготовления различных аминокислотных удобрений (Souri, Natamian, 2019). Глицин снижает потребность сельскохозяйственных культур в удобрениях и способствует их более эффективному использованию растением. Опрыскивание глицином увеличивало площадь листовой поверхности и содержание аскорбиновой кислоты в растениях огурца (Noroozlo et al., 2019; Shooshtari et al., 2020).

Однако из литературы известно, что эффективность глицина определяется многими факторами, в том числе видом растений, сортом, стадией роста, климатическими условиями, количеством обработок, внекорневым опрыскиванием или заделкой в почву и, в частности, используемой концентрацией (Garcia et al., 2011). После обработки листьев или полива почвы глицином в теплице при выращивании кориандра обнаружено более высокое содержание микроэлементов. Значительно повышены концентрации питательных веществ в листьях: азота (N), кальция

(Ca), калия (K), фосфора (P), железа (Fe) и цинка (Zn), а также содержание аскорбиновой кислоты (Mohammadipour, Kazem, 2019). Среди аминокислот, испытанных при микроклональном размножении сахарного тростника, глицин стимулировал максимальное образование побегов при концентрации 0,75 мМ (Shaheen, Zafar, 2018).

Таким образом, задача опыта состояла в том, чтобы оценить влияние различных концентраций глицина, применяемого при некорневой обработке, на урожайность плодов и выход эфирных масел укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от сорта и условий года. Сортовые особенности во многих случаях являются решающими при разработке рекомендаций по применению тех или иных приёмов или использованию определённых препаратов и установлению оптимальных концентраций.

В опыте глицин применяли для некорневой обработки однократно в фазе розетки листьев растений укропа пахучего и кориандра посевного нормой 10, 50 и 100 мг/л, а также двукратно в фазах розетки листьев и бутонизации нормой 10 мг/л. Контролем служили растения без обработки.

4.1 Урожайность плодов и масса 1000 плодов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина

Масса 1000 плодов – показатель крупности и выполненности кондиционных по влажности плодов. Масса 1000 плодов сорта Грибовский в 2020-2021 гг. была выше, чем в 2019 г. во всех вариантах опыта. У сорта Симфония изменчивость данного показателя незначительная.

В среднем за 3 года масса 1000 плодов укропа эфиромасличного раннеспелого сорта Грибовский в контрольном варианте составила 1,72 г, овощного направления среднеспелого сорта Симфония – 1,38 г (табл. 11).

В условиях Московской области масса 1000 плодов укропа сорта Грибовский была на уровне 1,14-1,17 г (Зуева и др., 2020), сорта Кентавр – 1,50-1,59 г (Солдатенко и др., 2020). В условиях Индии этот показатель

составил 2,87 г (Singh et al., 2016), Польши – 1,8 г (Hołubowicz, Morozowska, 2011).

Таблица 11 - Масса 1000 плодов укропа пахучего в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
фаза растения	кратность обработки	концентрация, мг/л		Грибовский	Симфония
Контроль – без обработки			2019	1,63	1,45
			2020	1,80	1,35
			2021	1,74	1,33
			среднее	1,72	1,38
Розетка листьев	однократная	10	2019	1,68	1,33
			2020	1,93	1,43
			2021	1,87	1,41
			среднее	1,83	1,39
	50	2019	1,50	1,47	
		2020	1,83	1,57	
		2021	1,85	1,43	
		среднее	1,73	1,49	
	100	2019	0,92	1,52	
		2020	1,87	1,48	
		2021	1,88	1,45	
		среднее	1,56	1,48	
Розетка листьев, бутонизация	двукратная	10	2019	1,90	1,67
			2020	1,85	1,47
			2021	1,92	1,32
			среднее	1,89	1,49
НСР ₀₅	Фактор А		0,07		
	Фактор В		0,05		
	Фактор С		0,03		
	Взаимодействие АВ		0,15		
	Взаимодействие АС		0,11		
	Взаимодействие ВС		0,08		
	Взаимодействие АВС		0,22		

Максимальный показатель массы 1000 плодов получен при двукратной некорневой обработке растений укропа в фазах розетки листьев и бутонизации глицином нормой 10 мг/л: у сорта Грибовский – 1,89 г, Симфония – 1,49 г. Также однократная обработка в фазу розетки листьев глицином нормой 50 и

100 мг/л привела к формированию наибольшего показателя массы 1000 плодов (1,49 г и 1,48 г соответственно) у сорта Симфония.

Дисперсионный анализ массы 1000 плодов за три года исследований позволил выявить высокую достоверность различий между эффектами фактора некорневой обработки глицином (А), года (В), сорта (С) и их взаимодействия (табл.11).

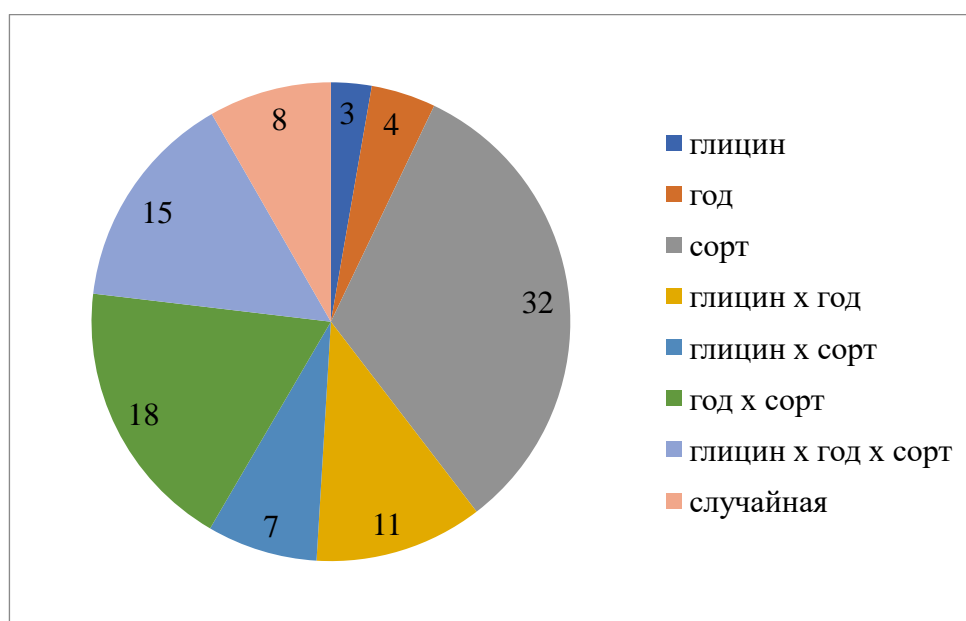


Рисунок 10 - Доля влияния факторов на показатель массы 1000 плодов укропа при некорневой обработке растений различной концентрацией глицина, % (2019-2021 гг.)

Выявлено, что за три года исследований максимальное влияние на показатель массы 1000 плодов укропа оказал сорт, вклад которого в изменчивость показателя составил 32 %. Доля влияния года составила 4 %, некорневой обработки глицином – 3 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год x сорт (18 %), некорневая обработка глицином x год x сорт (15 %), некорневая обработка глицином x год (11 %), некорневая обработка глицином x сорт (7 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлись год x сорт и некорневая обработка глицином x год x сорт) составлял 51 %.

В наших исследованиях в среднем за 3 года исследований в условиях Липецкой области в контрольном варианте урожайность плодов укропа сорта

Грибовский составила 1,1 т/га, сорта Симфония – 0,74 т/га (табл. 12). В условиях Московской области урожайность плодов укропа сорта Грибовский зафиксирована на уровне 0,85 т/га (Зуева и др., 2020), Амурской области сорта Аллигатор – 0,38-0,46 т/га (Епифанцев и др., 2016).

Таблица 12 - Урожайность плодов укропа пахучего в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, т/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
фаза растения	кратность обработки	концентрация, мг/л		Грибовский	Симфония
Контроль – без обработки			2019	1,18	1,00
			2020	1,11	0,91
			2021	1,10	0,74
			среднее	1,13	0,88
Розетка листьев	однократная	10	2019	1,43	1,06
			2020	1,30	0,83
			2021	1,28	0,81
			среднее	1,34	0,90
	50	2019	1,15	1,15	
		2020	1,25	0,96	
		2021	1,20	0,81	
		среднее	1,20	0,97	
	100	2019	0,83	1,13	
		2020	1,06	0,96	
		2021	1,08	0,91	
		среднее	0,99	1,00	
Розетка листьев, бутонизация	двукратная	10	2019	1,26	1,03
			2020	1,33	0,98
			2021	1,25	0,89
			среднее	1,28	0,97
НСР ₀₅	Фактор А			0,11	
	Фактор В			0,07	
	Фактор С			0,05	
	Взаимодействие АВ			0	
	Взаимодействие АС			0,18	
	Взаимодействие ВС			0,13	
	Взаимодействие АВС			0	

Низкая урожайность плодов сорта Симфония связана с тем, что этот сорт является овощным, и выведен для использования розетки листьев в пищу. Кроме того, данный сорт позднеспелый, поэтому у него очень длительный

вегетационный период от всходов до созревания семян. Растение образует множество зонтиков второго и третьего порядков, которые формируют семена значительно позже главного зонтика и гораздо мельче и хуже по качеству. В 2021 г. созрели не все плоды на зонтиках боковых побегов, что связано с неблагоприятными, холодными и влажными условиями августа-сентября. Известно, что растения укропа характеризуются постепенно распускающимися и созревающими зонтиками, положение которых на семенных побегах влияет на массу 1000 плодов и их всхожесть (Pereira et al., 2008; Panayotov, 2010). Чем ниже положение зонтика на семенном побеге, тем ниже урожай плодов и их всхожесть. Лучшие плоды по массе 1000 плодов собраны с наружной части главного зонтика (Dragomir et al., 2010; Hołubowicz, Morozowska, 2011).

Наибольшая урожайность плодов в контрольном варианте получена в 2019 г. (теплая весна и достаточная влажность почвы во время формирования плодов): Грибовский – 1,18 т/га, Симфония – 1,0 т/га.

Урожайность плодов сорта Грибовский была максимальной (1,34 т/га) во все годы исследований после некорневой обработки растений в фазе розетки листьев глицином в концентрации 10 мг/л, что на 0,21 т/га больше по сравнению с контролем. Достоверную наибольшую урожайность плодов сорта Симфония обеспечили однократная некорневая обработка глицином в концентрации 50 и 100 мг/л (0,97 и 1,00 т/га соответственно) и/или двукратная некорневая обработка глицином в концентрации 10 мг/л в фазах розетки листьев и бутонизации (0,97 т/га), что на 0,09-0,12 т/га больше по сравнению с контролем (Почуев и др., 2021).

Отмечено, что вариабельность морфологических элементов плода укропа сортоспецифична.

Дисперсионный анализ урожайности плодов за три года исследований позволил выявить высокую достоверность различий между эффектами фактора некорневой обработки глицином (А), года (В), сорта (С) и их взаимодействия А х В х С (рис. 11).

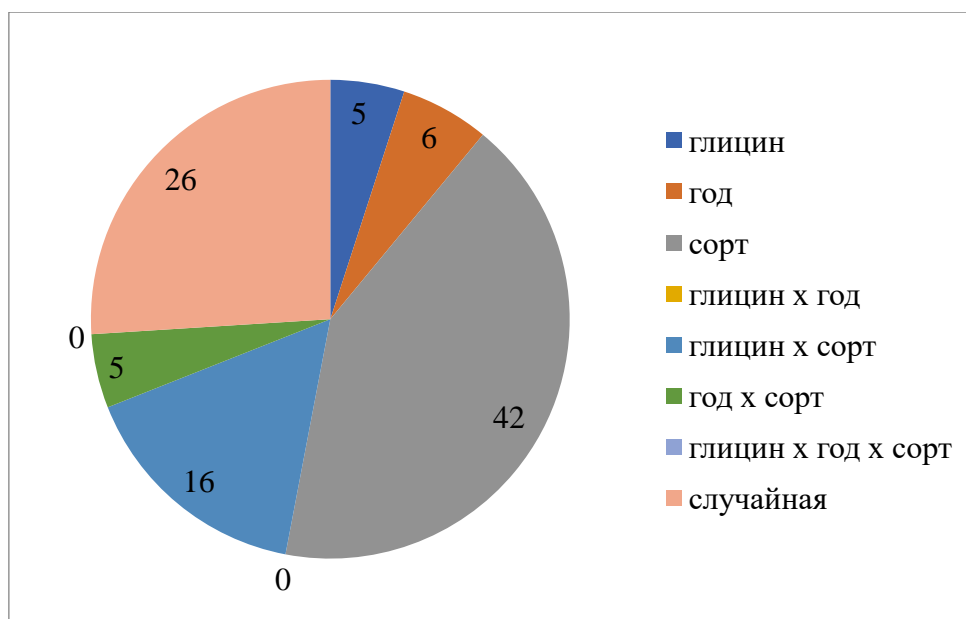


Рисунок 11 - Доля влияния факторов на показатель урожайности плодов укропа при некорневой обработке растений различной концентрацией глицина, % (2019-2021 гг.)

Установлено, что наибольшее влияние на урожайность плодов укропа оказал сорт, вклад которого в изменчивость показателя составил 42 %. Доля влияния года составила 6 %, некорневой обработки глицином – 5 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: некорневая обработка глицином x сорт (16 %), год x сорт (5 %), некорневая обработка глицином x год x сорт (0 %), некорневая обработка глицином x год (0 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлась некорневая обработка глицином x сорт) составлял 21 %. Доля случайного фактора составила 26 %.

В целом, в условиях Липецкой области, где сумма активных температур составляет 2300°C, а сумма годовых осадков - 520 мм, для получения максимальной урожайности плодов укропа раннеспелого сорта Грибовский (1,34 т/га) эффективна некорневая обработка растений в фазе розетки листьев глицином в концентрации 10 мг/л; сорта Симфония - однократная некорневая обработка глицином в концентрации 50 и 100 мг/л (0,97 и 1,00 т/га соответственно) и/или двукратная некорневая обработка глицином в концентрации 10 мг/л в фазах розетки листьев и бутонизации (0,97 т/га).

Существуют две разновидности кориандра: *C. sativum* L. var. *microcarpum* DC – мелкоплодная разновидность (диаметр плодов от 1,5 до 3 мм), называемая масличным русским кориандром, и *C. sativum* L. var. *vulgare* Alef. - более крупноплодная разновидность (диаметр плодов от 3 до 5 мм) с низким содержанием масла, называемая марокканским, индийским и некоторыми другими азиатскими типами (Смолянов, Ксендз, 1976).

Испытанный нами сорт Янтарь – эфиромасличный, относится к var. *microcarpum*. В контрольном варианте масса 1000 плодов у этого сорта составила в среднем 8 г, диаметр – 2,5-3,0 мм. Сорт Авангард – овощного направления, относится к var. *vulgare*, масса 1000 плодов равна 10,4 г, диаметр – 3,5-4,0 мм (табл. 13).

У 10 изученных образцов кориандра диаметр плода изменялся от 2,92 мм (Местный, Азербайджан) до 3,67-3,83 мм соответственно у сортообразцов овощного направления Стимул и 5/19 селекции ФГБНУ ФНЦО) (Бухаров и др., 2021).

Выявлено, что за три года исследований максимальное влияние на показатель массы 1000 плодов кориандра оказал сорт, вклад которого в изменчивость показателя составил 30 %. Доля влияния года составила 23 %, некорневой обработки глицином – 4 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: некорневая обработка глицином x сорт (21 %), некорневая обработка глицином x год (8 %), некорневая обработка глицином x год x сорт (7 %), год x сорт (4 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлась некорневая обработка глицином x год x сорт) составлял 40 % (рис.12).

Теплообеспеченность вегетационного периода - основной фактор, определяющий распространение кориандра. Она выражается суммой средних суточных температур, по накоплению которых завершаются такие фазы развития, как стеблевание, цветение, созревание плодов. Наилучшая урожайность плодов кориандра (свыше 2,2 т/га) получены при умеренной

температуре воздуха (+16...+18°C) и сумме осадков за период всходы - созревание около 300 мм (Савчук, 1977).

Таблица 13 - Масса 1000 плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
фаза растения	кратность обработки	концентрация, мг/л		Янтарь	Авангард
Контроль – без обработки			2019	6,8	9,4
			2020	8,6	12,4
			2021	8,6	9,3
			среднее	8,0	10,4
Розетка листьев	однократная	10	2019	8,2	10,3
			2020	8,7	12,2
			2021	8,7	11,1
			среднее	8,5	11,2
		50	2019	7,8	7,7
			2020	8,9	11,9
			2021	8,9	10,1
			среднее	8,5	9,9
	100	2019	6,9	8,6	
		2020	9,2	8,2	
		2021	9,2	10,0	
		среднее	8,4	8,9	
Розетка листьев, бутонизация	двукратная	10	2019	8,0	7,7
			2020	9,6	12,7
			2021	7,6	10,5
			среднее	8,4	10,3
НСР ₀₅	Фактор А			0,25	
	Фактор В			0,17	
	Фактор С			0,12	
	Взаимодействие АВ			0,54	
	Взаимодействие АС			0,41	
	Взаимодействие ВС			0,29	
	Взаимодействие АВС			0,81	

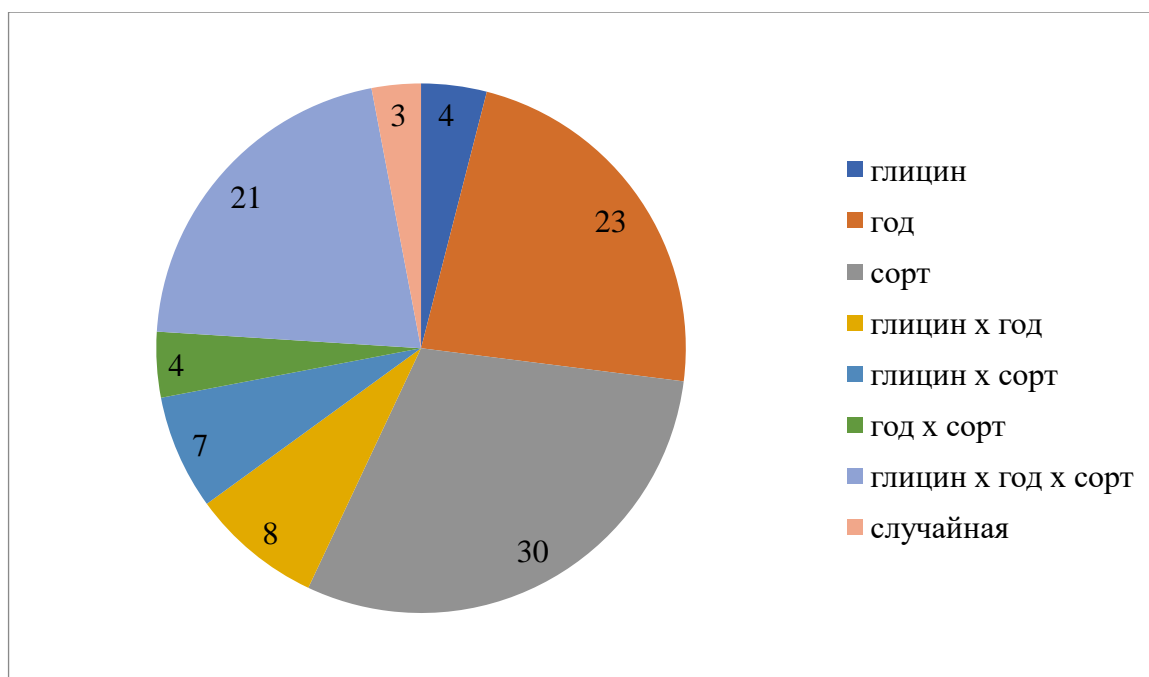


Рисунок 12 - Доля влияния факторов на показатель массы 1000 плодов кориандра при некорневой обработке растений различной концентрацией глицина, % (2019-2021 гг.)

Уверенное возделывание этой культуры, когда семена созревают не менее 9 лет из 10, возможно на той территории, где сумма среднесуточных температур выше 10°C равна 2200°C . Поэтому за границу гарантированного вызревания кориандра принята изотерма 2200°C , которая проходит через Могилев – Ульяновск – Магнитогорск - Семипалатинск. Аналогичные условия имеются на Дальнем Востоке, по Амуру и в районе Владивостока (Савчук, 1977). Урожайность плодов кориандра в 2020 г. в целом по Российской Федерации составила 0,6 т/га, по Республике Крым – 0,53 т/га (Паштецкий и др., 2021).

В наших исследованиях в условиях Липецкой области вызревание семян кориандра происходит при накоплении за период вегетации суммы активных температур 2300°C при средней температуре за этот период $16,8^{\circ}\text{C}$ и сумме осадков за период всходы – созревание плодов 320 мм. В среднем за 3 года исследований урожайность плодов в контрольном варианте была на уровне 1,37 т/га (сорт Янтарь) и 1,61 т/га (сорт Авангард) (табл. 14).

Таблица 14 - Урожайность плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, т/га, (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
фаза растения	кратность обработки	концентрация, мг/л		Янтарь	Авангард
Контроль – без обработки			2019	1,56	1,81
			2020	1,50	1,80
			2021	1,04	1,21
			среднее	1,37	1,61
Розетка листьев	однократная	10	2019	1,56	1,83
			2020	1,62	1,94
			2021	1,09	1,29
			среднее	1,42	1,69
	50	2019	1,58	1,84	
		2020	1,72	2,01	
		2021	1,11	1,20	
		среднее	1,47	1,68	
	100	2019	1,56	1,83	
		2020	1,73	2,07	
		2021	1,16	1,31	
		среднее	1,48	1,74	
Розетка листьев, бутонизация	двукратная	10	2019	1,68	1,93
			2020	1,77	1,89
			2021	1,29	1,32
			среднее	1,58	1,71
НСР ₀₅	Фактор А			0,08	
	Фактор В			0,05	
	Фактор С			0,04	
	Взаимодействие АВ			0,16	
	Взаимодействие АС			0	
	Взаимодействие ВС			0,08	
	Взаимодействие АВС			0	

В 2021 г. урожайность плодов кориандра, как и укропа, была ниже, чем в 2019 и 2020 гг., что связано с неравномерным распределением температур и осадков, сильной засухой и очень высокими температурами с засухой в конце июля, когда формировались зонтики и плоды, а затем аномально обильными осадками, вызвавшими осыпание плодов.

Двукратная обработка растений сорта Янтарь глицином в концентрации 10 мг/л в фазах розетки и бутонизации способствовала повышению

урожайности плодов на 0,21 т/га (на 15,3 %) по сравнению с контролем, на 0,1-0,11 т/га (на 6,8-7,5 %) по сравнению с некорневой обработкой растений глицином 100 и 50 мг/л в фазе розетки листьев.

Для сорта Авангард эффективными были некорневая обработка растений в фазе розетки листьев глицином в концентрации 100 мг/л и двукратная обработка растений глицином в концентрации 10 мг/л в фазах розетки и бутонизации: урожайность плодов составила 1,74 и 1,71 т/га, что на 0,13 т/га (на 8,1 %) и на 0,1 т/га (на 6,2 % выше) по сравнению с контролем.

За три года исследований максимальное влияние на урожайность плодов кориандра оказал год, вклад которого в изменчивость показателя составил 72 % (рис. 13).

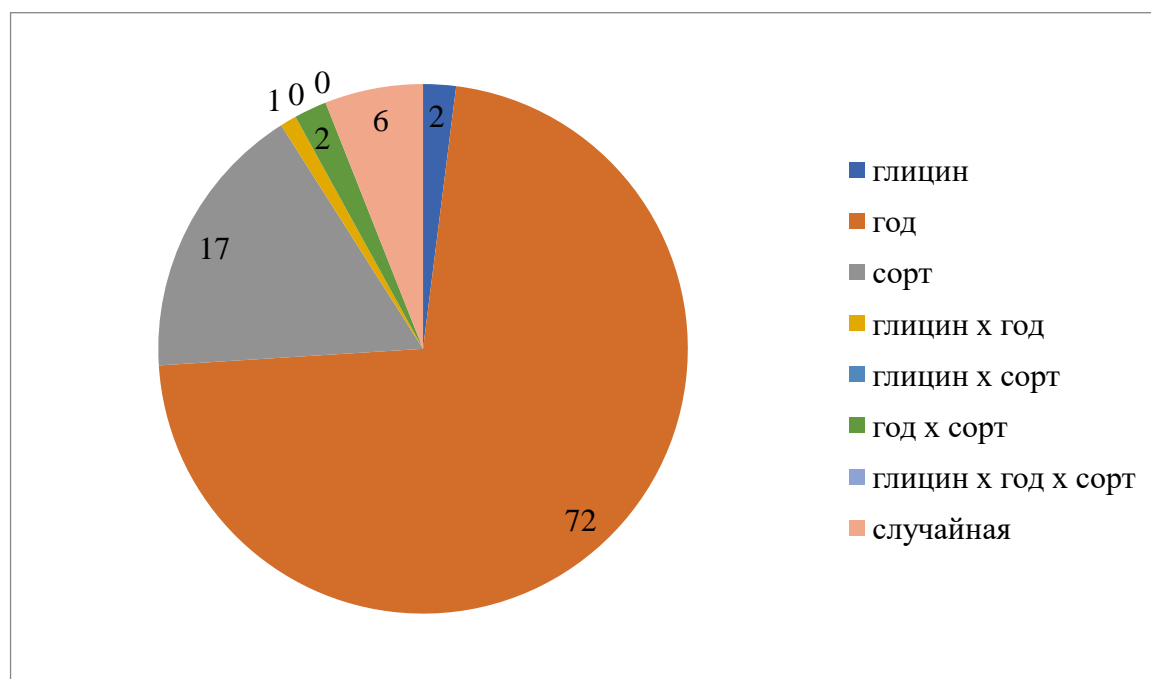


Рисунок 13 - Доля влияния факторов на урожайность плодов кориандра при некорневой обработке растений различной концентрацией глицина, % (2019-2021 гг.)

Доля влияния сорта составила 17 %, некорневой обработки глицином – 2 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год x сорт (2 %), некорневая обработка глицином x год (1 %), некорневая обработка глицином x год x сорт (0 %), некорневая обработка глицином x сорт (0 %). Суммарный вклад всех форм

взаимодействия факторов (основным из которых являлся год x сорт) составлял 3 %. Доля случайного фактора отмечена на уровне 6 %.

Таким образом, формирование высокой урожайности плодов кориандра в основном зависело от погодных условий вегетационного периода. Вклад сорта в изменчивость показателя урожайности плодов около 17 %. Вклад эффекта «некорневая обработка растений» на формирование урожайности незначителен.

4.2 Содержание и сбор эфирного масла и основных его компонентов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина

Основным показателем эффективности эфиромасличного сорта является содержание эфирного масла. Поскольку этот показатель существенно зависит от метеоусловий и варьирует в широких пределах, то и значения значительно различались у испытанных сортов. В контрольном варианте в среднем за три года исследований величина содержания эфирного масла изменялась: у раннеспелого сорта Грибовский - от 4,58 % (2021 г.) до 4,99 % (2019 г.), в среднем – 4,74 %; у овощного сорта Симфония – от 3,42 % (2021 г.) до 5,92 % (2020 г.), в среднем – 4,45 % (рис. 14). Незначительное понижение содержания эфирного масла в плодах укропа во всех вариантах опыта в 2021 г. связано с тем, что погодные условия были очень неблагоприятными, т.к. в конце июля – начале августа зафиксированы относительно высокие среднесуточные температуры и обильные осадки.

Согласно ФС.2.5.0043.15 «Укропа пахучего плоды» немолотые плоды должны содержать не менее 2 % эфирного масла. В наших исследованиях значения содержания эфирного масла во всех вариантах и в контроле превышали данные фармакопеи. Полученные результаты согласуются с данными Çelik, Ayran (2020), где в условиях Турции выход эфирного масла составил у укропа 3,5 %.

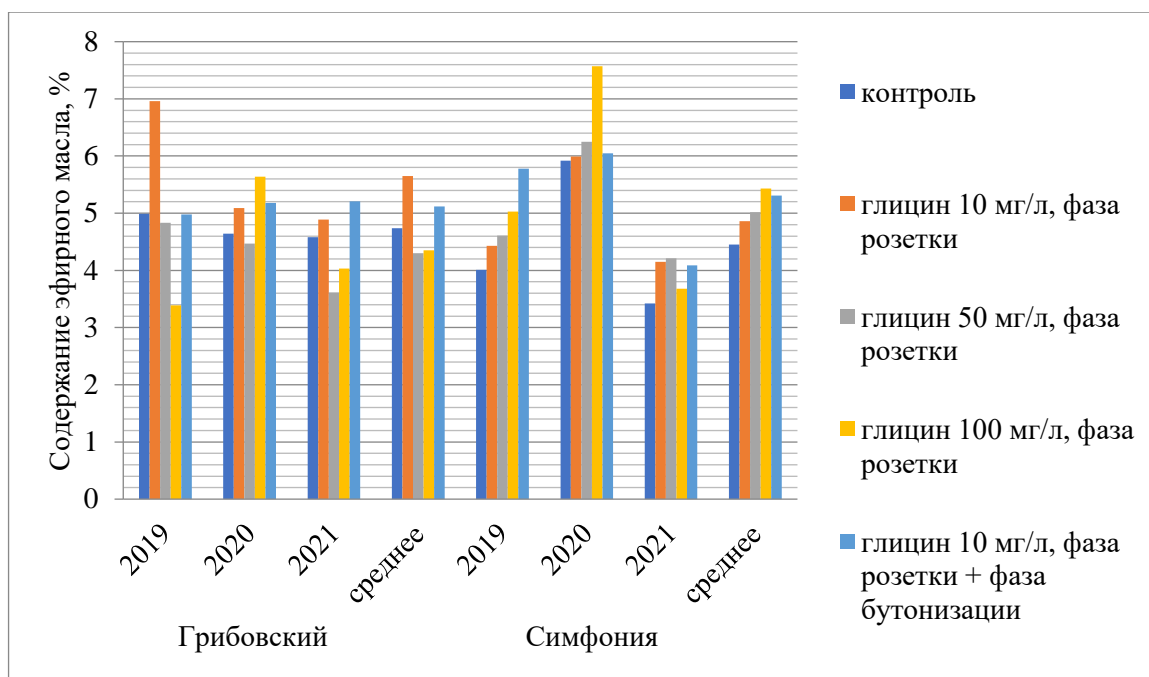


Рисунок 14 - Содержание эфирного масла в плодах укропа пахучего в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

У раннеспелого сорта Грибовский некорневая обработка растений глицином в концентрации 10 мг/л в фазе розетки листьев способствовала повышению содержания эфирного масла на 0,91 % по сравнению с контролем и на 0,53 % по сравнению с двукратной некорневой обработкой глицином 10 мг/л в фазах розетки листьев и бутонизации.

У сорта Симфония максимальное содержание эфирного масла в плодах отмечено при некорневой обработке растений глицином 100 мг/л в фазе розетки листьев (5,43 %), что на 1,0 % больше по сравнению с контролем и на 0,12 % больше по сравнению с двукратной некорневой обработкой глицином 10 мг/л в фазах розетки листьев и бутонизации.

Исследования, выполненные в системе трехфакторного опыта, показали, что некорневая обработка (А), фактор года (В), фактор сорта (С) и их взаимодействие (АхВхС) оказывали существенное влияние содержание эфирного масла в плодах укропа на 0,05 % уровне значимости (табл. 15).

Таблица 15 – Дисперсионный анализ влияния факторов и их взаимодействия на изменение содержания эфирного масла из плодов укропа в системе трехфакторного опыта

Фактор	SS	df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	P, %	НСР ₀₅
Общая	136,18	119	-	2,229	-	-	-	-	-
Фактор А	9,30	4	2,32	0,089	12,73	2,47	3,55	4	0,34
Фактор В	44,66	2	22,33	0,554	122,32	3,09	4,85	25	0,22
Фактор С	0,86	1	0,86	0,011	4,70	3,98	6,92	1	0,15
Взаимодействие АВ	17,21	8	2,15	0,246	11,79	2,05	2,72	11	0,73
Взаимодействие АС	13,53	4	3,38	0,267	18,53	2,47	3,55	12	0,56
Взаимодействие ВС	21,39	2	10,70	0,526	58,59	3,11	4,85	24	0,38
Взаимодействие АВС	12,79	8	1,60	0,354	8,76	2,05	2,72	16	1,09
Случайная	16,43	90	0,18	0,183	-	-	-	8	-

За три года исследований максимальное влияние на значение содержания эфирного масла в плодах укропа оказал год, вклад которого в изменчивость значения составил 25 %. Доля влияния сорта составила только 1 %, некорневой обработки глицином – 4 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год x сорт (24 %), некорневая обработка глицином x год x сорт (16 %), некорневая обработка глицином x сорт (12 %), некорневая обработка глицином x год (11 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлся год x сорт) составлял 63 %. На долю случайного фактора приходилось не более 8 % изменчивости содержания эфирного масла (рис. 15).

При пересчете на единицу площади сбор эфирного масла из плодов укропа в контрольном варианте достигал 65,0 кг/га (сорт Грибовский) и 73,5 кг/га (сорт Симфония). В среднем за три года исследований у сорта Грибовский максимальный сбор эфирного масла обеспечила некорневая обработка растений глицином в концентрации 10 мг/л: в фазе розетки (81,5 кг/га) и двукратная в фазах розетки листьев и бутонизации (81,8 кг/га).

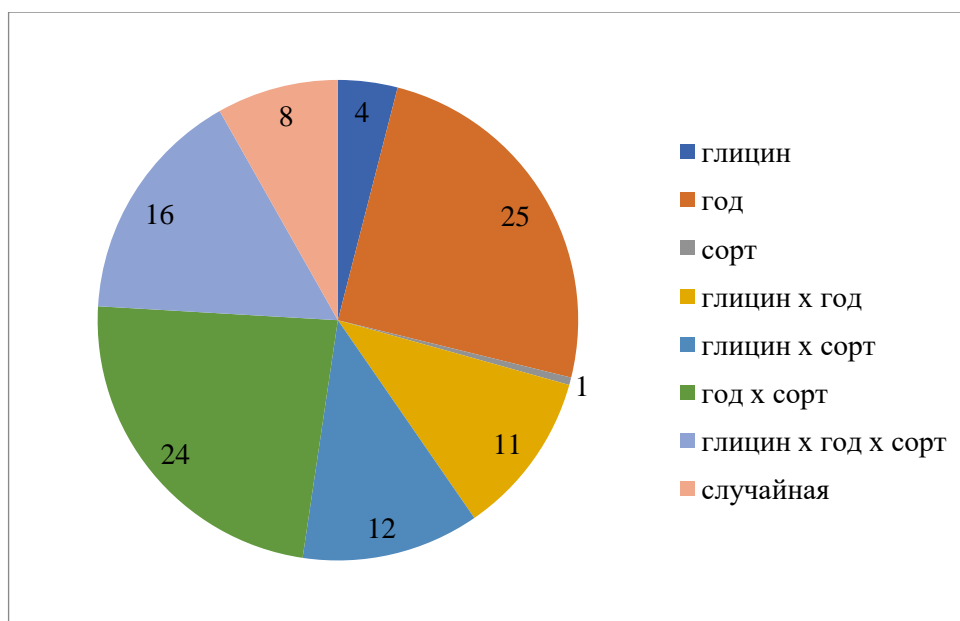


Рисунок 15 - Доля влияния факторов на содержание эфирного масла плодов укропа при некорневой обработке растений различной концентрацией глицина, % (2019-2021 гг.)

Некорневая обработка растений сорта Симфония глицином 100 мг/л в фазе розетки листьев способствовала наибольшему сбору эфирного масла – 99 кг/га (рис. 16).

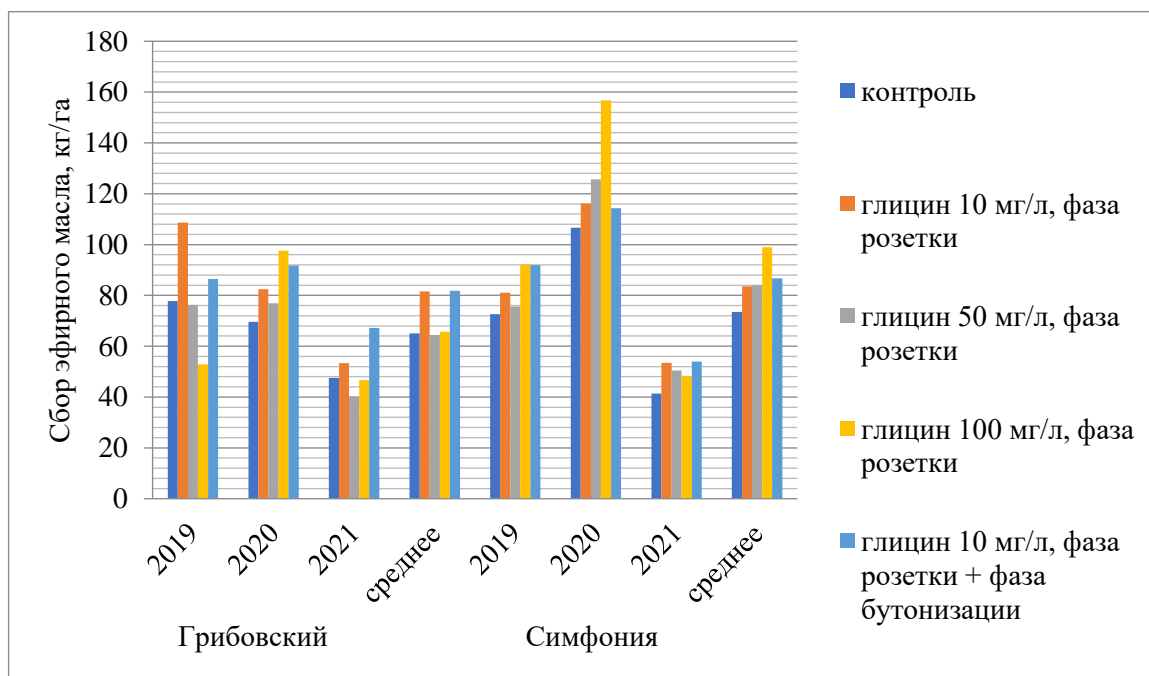


Рисунок 16 - Сбор эфирного масла из плодов укропа пахучего с единицы площади в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, кг/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

В таблице 16 приведено содержание основного компонента эфирного масла в плодах изученных сортов в контрольном варианте и после некорневой обработки растений глицином 100 мг/л в фазе розетки листьев.

Исследования показали, что три основных компонента составляют около 99 % эфирного масла, а содержание карвона варьирует от 51,92 % для сорта Симфония до 66,79 % для сорта Грибовский. Существенной разницы между контрольным и опытным вариантами не отмечено.

Таблица 16 - Содержание основных компонентов в эфирном масле плодов укропа в зависимости от некорневой обработки растений глицином 100 мг/л в фазе розетки листьев, %

Компонент	*RI	Основной компонент укропного масла, %			
		Грибовский		Симфония	
		контроль	глицин, 100 мг/л	контроль	глицин, 100 мг/л
Лимонен	1014	30,37	33,87	45,23	43,74
транс-Дигидрокарвон	1177	1,55	1,6	2,0	1,01
Карвон	1217	66,79	63,46	51,92	54,26

*RI – индекс удерживания (Ковача) компонента на неподвижной жидкой фазе.

В условиях Турции при изучении компонентов эфирного масла плодов укропа основными были карвон (45,22 %), лимонен (35,91 %), транс-дигидрокарвон (9,34 %), анетол (3,72 %), дилапиол (1,68 %) и дилэфир (0,11 %). Всего было определено 25 компонентов, а общая сумма составила 100 %. Помимо этих компонентов определяли пара-анисовый альдегид (0,019 %), цисдигидрокарвон (1,598 %), α -фелландрен (0,34 %). Основные компоненты (карвон, лимонен, транс-дигидрокарвон, анетол, дилапиол и дилэфир) составляли 96,01 % от суммы всех компонентов. Карвон является основным компонентом эфирного масла плодов укропа (Çelik, Ayran, 2020).

Şanlı et al. (2012) обнаружили основными компонентами эфирного масла плодов укропа D-карвон (71,80 %), α -фенхен (11,85 %) и лимонен (9,75 %). В других исследованиях уровень карвона определялся как 18,18-81,15 % (Charles et al., 1995), 81,35-89,98 % (Nah, Ea, 2016), 75,2 % (Radulescu et al., 2010), 85,9% (Stanojevic et al., 2016), 37,87-67,76 % (Keskin, Baydar, 2016).

Различные показатели содержания основных компонентов эфирного масла укропа во многом зависят от географического происхождения, климатических и почвенных условий, стадии вегетативного цикла, сезонных колебаний и т.д.

Согласно требованиям пунктов Фармакопейной статьи 2.5.0018.15 в неразрезанных плодах кориандра должно содержаться не менее 0,5 % эфирного масла (ГФ РФ XIV). Как видно из рисунка 17, значения содержания эфирного масла в контроле и во всех вариантах превышали данные фармакопейных правил, достигая у сорта Янтарь 0,85-2,2 %, у сорта Авангард – 0,56-2,63 % в зависимости от нормы и кратности применения глицина.

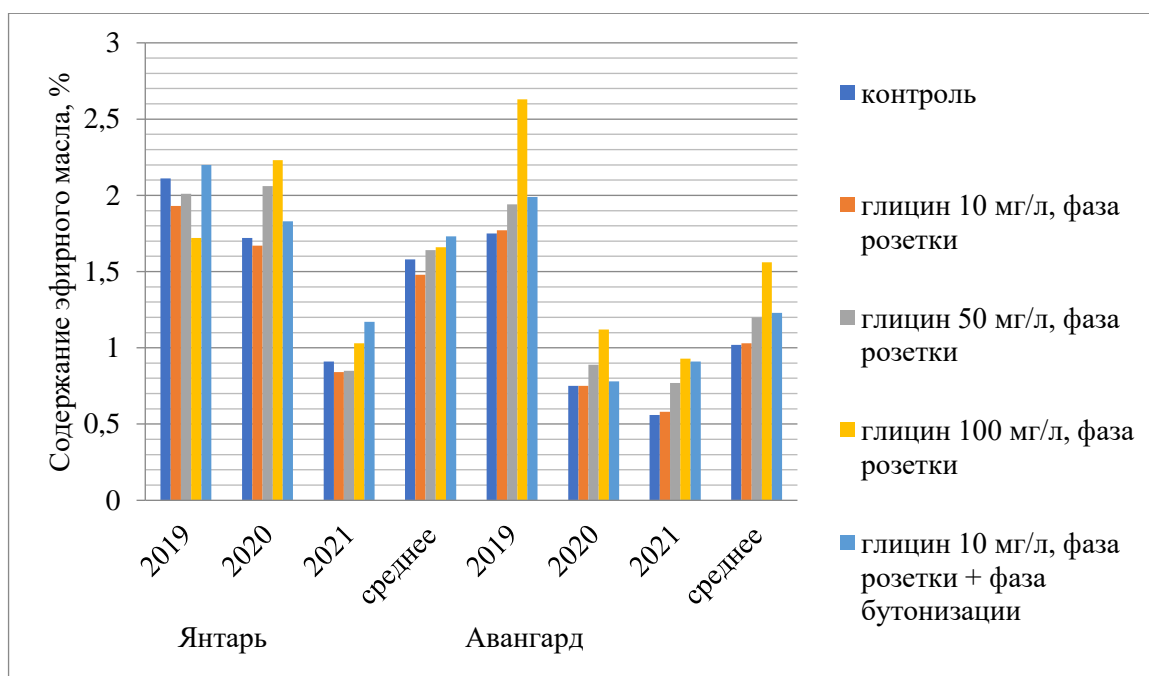


Рисунок 17 - Содержание эфирного масла плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

Для сорта Янтарь оптимальным вариантом является двукратная некорневая обработка растений глицином нормой 10 мг/л в фазах розетки листьев и бутонизации: содержание эфирного масла в плодах составила 1,73 % против 1,58 % в контроле.

Для сорта Авангард эффективна некорневая обработка растений в фазе розетки листьев глицином 100 мг/л: содержание эфирного масла в плодах была на уровне 1,56 % против 1,02 % в контроле.

Анализ трехфакторного опыта показал, что некорневая обработка (А), фактор года (В), фактор сорта (С) и их взаимодействие (АхВхС) оказывали существенное влияние содержание эфирного масла плодов кориандра на 0,05 % уровне значимости (табл. 17).

Таблица 17 – Дисперсионный анализ влияния факторов и их взаимодействия на изменение содержания эфирного масла плодов кориандра в системе трехфакторного опыта

Фактор	SS	df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	P, %	HCP ₀₅
Общая	45,40	119	-	0,675	-	-	-	-	-
Фактор А	1,93	4	0,48	0,019	14,93	2,47	3,55	3	0,14
Фактор В	26,50	2	13,25	0,330	410,57	3,09	4,85	49	0,09
Фактор С	5,03	1	5,03	0,083	155,99	3,98	6,92	12	0,06
Взаимодействие АВ	0,52	8	0,06	0,004	2,01	2,00	2,72	1	0,30
Взаимодействие АС	0,77	4	0,19	0,013	5,95	2,47	3,55	2	0,23
Взаимодействие ВС	6,28	2	3,14	0,155	97,28	3,11	4,85	23	0,16
Взаимодействие АВС	1,46	8	0,18	0,038	5,67	2,05	2,72	6	0,46
Случайная	2,90	90	0,03	0,032	-	-	-	5	-

За три года исследований максимальное влияние на значение содержания эфирного масла плодов кориандра оказал год, вклад которого в изменчивость значения составил 49 %. Доля влияния сорта составила 12 %, некорневой обработки глицином – 3 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год х сорт (23 %), некорневая обработка глицином х год х сорт (6 %), некорневая обработка глицином х сорт (2 %), некорневая обработка глицином х год (1 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлся год х сорт) составлял 32 %. На долю случайного фактора приходилось не более 5 % изменчивости содержания эфирного масла (рис.18).

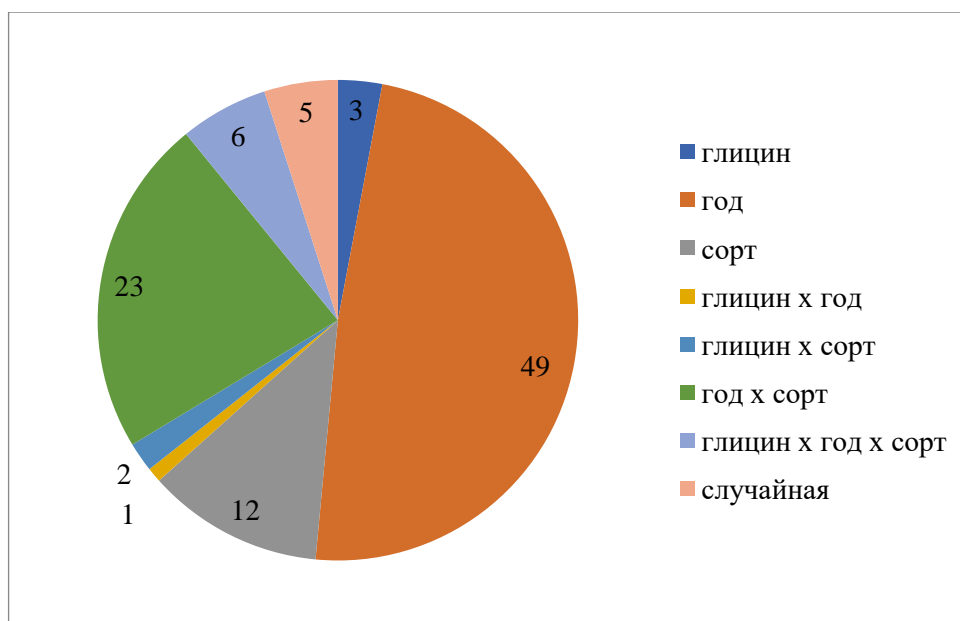


Рисунок 18 - Доля влияния факторов на содержание эфирного масла плодов кориандра посевного при некорневой обработке растений различной концентрацией глицина, % (2019-2021 гг.)

При пересчете на единицу площади сбор эфирного масла плодов кориандра в контрольном варианте достигал 21,6 кг/га (сорт Янтарь) и 16,4 кг/га (сорт Авангард). В среднем за три года исследований у сорта Янтарь максимальный сбор эфирного масла обеспечила двукратная некорневая обработка растений в фазах розетки листьев и бутонизации глицином нормой 10 мг/л (27,3 кг/га).

Некорневая обработка растений сорта Авангард глицином 100 мг/л в фазе розетки листьев способствовала наибольшему сбору эфирного масла – 27,1 кг/га (рис.19).

Наибольшее количество сырья и эфирного масла кориандра посевного (свыше 2 т плодов и более 30 кг эфирного масла с 1 га) может быть выращено в Юго-Восточной части Белоруссии и граничащих с ними районах России, Крыму и в предгорье Северного Кавказа. В этой зоне период всходы-созревание плодов кориандра характеризуется суммой осадков 260-280 мм, температурой воздуха +16...+18°C, а период цветения - соответственно 70 мм и +18...+22°C (Савчук, 1977). В наших исследованиях в условиях Липецкой области только в вегетационный период 2019 г. сбор эфирного масла составил

от 30,1 до 48,1 кг/га в зависимости от сорта и концентраций глицина. Оптимальными условиями для накопления эфирного масла являются умеренная температура воздуха и относительно невысокая влажность в период цветения и формирования плодов (Невкрытая и др., 2021).

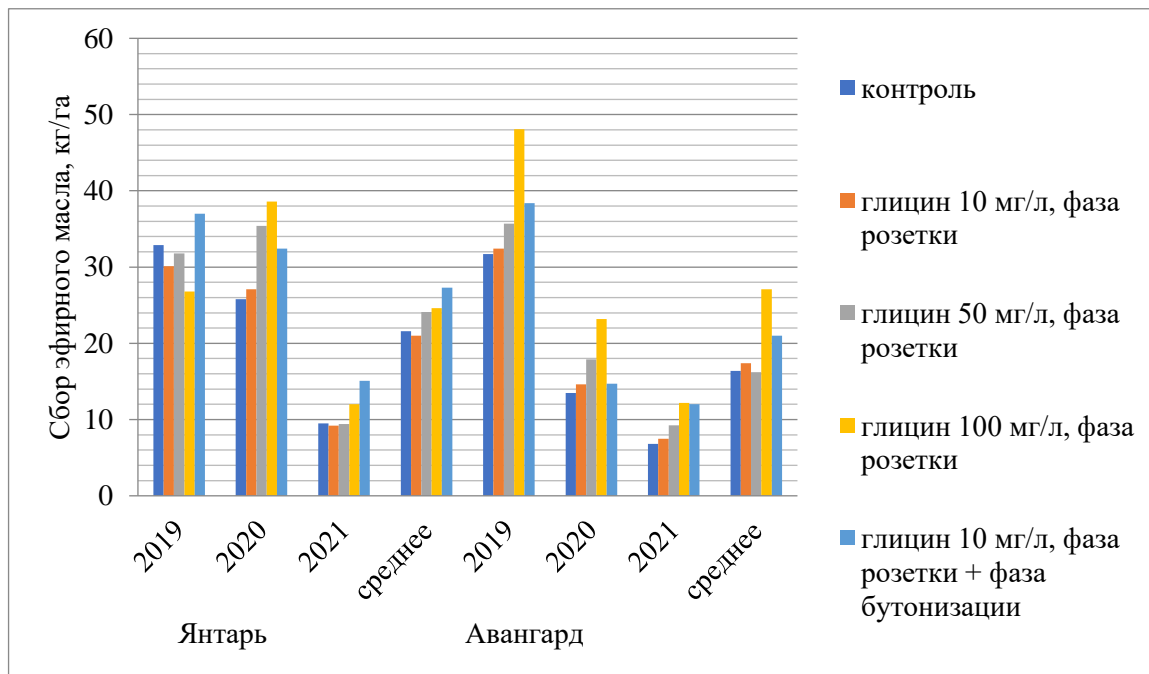


Рисунок 19 - Сбор эфирного масла плодов кориандра посевного с единицы площади в зависимости от некорневой обработки растений различными концентрациями глицина, кг/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

Качество эфирного масла кориандра зависит от его компонентного состава и наличия основного компонента линалоола. Согласно стандарту (ГОСТ ISO 3516–2018) содержание линалоола должно находиться в пределах от 65 до 78 %. В наших исследованиях содержание линалоола, основного компонента кориандрового масла, было очень высоким и составило 84,81 % у сорта Янтарь и 88,04 % у сорта Авангард (Potschuev et al., 2022). После обработки глицином 100 мг/л содержание линалоола несколько уменьшилось примерно на 3 % у обоих сортов (табл. 18). Это указывает на то, что глицин практически не влияет на компонентный состав масла, существенно увеличивая его выход с единицы площади не снижает качество.

Таблица 18 - Содержание основных компонентов в эфирном масле плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений глицином 100 мг/л в фазе розетки листьев, % (2019-2021 гг.)

Компонент	*RI	Компонент кориандрового масла, %			
		Янтарь, контроль	Янтарь, глицин 100 мг/л	Авангард, контроль	Авангард, глицин 100 мг/л
Линалоол	1083	84,81	82,11	88,04	85,18
Камфор	1120	5,71	4,93	4,40	4,83
Карвон	1217	0,29	1,45	0,60	1,05
Нерол	1236	1,94	1,83	2,87	2,83
Нерол ацетат	1263	3,42	3,95	1,95	2,79

На повышение парфюмерного качества эфирного масла кориандра, наиболее ценным компонентом которого является линалоол, благоприятствует сухая жаркая погода. В эфирном масле кориандра при сумме осадков менее 60-70 мм и температуре воздуха выше 20°C в большинстве случаев содержалось максимальное количество линалоола - более 70 %. Однако при пониженной температуре воздуха сухая погода образованию линалоола не благоприятствовала. Условия погоды, способствующие активному синтезу эфирного масла в плодах кориандра посевного, ухудшают его качество - тормозят образование в нем линалоола (Савчук, 1977).

Из других компонентов обнаружены камфор (4,40-5,71 %), нерол ацетат (1,95-3,95 %), нерол (1,83-2,87 %), карвон (0,29-1,45 %). Выявлено, что у сорта Янтарь обработка глицином повышает содержание карвона и нерол ацетата, но снижает содержание линалоола, камфора и нерола. У сорта Авангард обработка глицином повышает содержание камфора, карвона и нерол ацетата, но снижает содержание линалоола и нерола.

В свежих листьях *var. vulgare* и *var. microcarpum* обнаружено 0,025 % и 0,1 % эфирного масла соответственно. Согласно анализу ГХ-МС эфирное масло свежих листьев *var. vulgare* показало 48 соединений, из которых 12 были основными соединениями: деканаль (7,645 %), деканол (25,122 %), ундеканал (1,204 %), додеканал (7,068 %), тридецен-1-ал (6,669 %),

додецен-1-ол<2E-> (16,677 %), 1,9-нонандиол (1,251 %), 13-тетрадеценаль (9,528 %), тетрадеканаль (5,609 %), 1-октадеканол (1,252 %). В *var. microcarpum* идентифицировано 49 соединений, из которых 13 были основными: деканалаль (7,744 %), деценаль <4E-> (3,714 %), деканол<3-> (39,349 %), ундеканал (2,613 %), ундеценаль (1,746 %), E-2-тетрадецен-1-ол (8,602 %), додеценаль (3,667 %), 2-додеценаль (3,678 %), додецен-1-ол <2E-> (8,048 %), 7-тетрадеценаль (4,350 %), тетрадеканал (1,534 %), тридеканал (1,208 %) (Priyadarshi et al., 2016). Однако концентрация летучих веществ может варьироваться в зависимости от сорта, а также географического положения и сезонных условий. Основные дескрипторы, такие как цветочный, травяной, пряный, землистый, свежий, приятный, стойкий аромат, являются ключевыми дескрипторами вкуса, которые могут различать профиль кориандра между *var. vulgare* и *var. microcarpum*. Понятно, что между разновидностями обычно нет существенной разницы, но именно летучие соединения на уровне частей на миллион определяют небольшие различия (Prakash et al., 2007).

В условиях Турции выход эфирного масла и сырого масла составил у кориандра 0,95 % и 18,48 %. Основными компонентами эфирных масел плодов кориандра был линалоол (87,238 %). В сыром масле основной компонент определяли как C18:1 (олеиновая кислота) (Çelik, Ayran, 2020). Линалоол (87,238 %), гераниол (4,076 %), геранилацетат (3,542 %), камфора (2,160 %), (2E) додеценал (1,347 %) были идентифицированы как основные компоненты в эфирном масле плодов кориандра. Всего было идентифицировано 28 соединений, что составляет 99,994 % от общего количества компонентов эфирного масла. В качестве других компонентов эфирного масла кориандра определяли лимонен (0,027 %), (2E) деканаль (0,120 %), α -терпинеол (0,240 %) и оксид цислиналоола (0,092 %). Основные компоненты (линалоол, гераниол, геранилацетат, камфора, (2E) додеценал) составили 98,363% от суммы всех компонентов (Çelik, Ayran, 2020). Согласно исследованиям, основным компонентом эфирного масла плодов кориандра является линалоол. Согласно

другим исследованиям, количество линалоола составляло 37,7 % (Bhuiyan et al., 2009), 95,56 % (Sanlı et al., 2012), 59,14 % (Niamah, Alali, 2016), 69,60 % (Anwar et al., 2011), 58,0-80,3% (Orav et al., 2010), 81,85-88,94% (Keskin, Baydar, 2016).

4.3 Заключение

Некорневая обработка растений укропа и кориандра в фазе розетки листьев / фазе розетки листьев и бутонизации аминокислотой глицин может повысить урожайность, увеличить массу тысячи плодов и содержание эфирного масла. Однако, эффективность использованного приёма сильно зависит от концентрации глицина, вида, сорта и погодных условий.

На укропе максимальное влияние на урожайность плодов оказал сорт, вклад которого в изменчивость показателя составлял 42 %. Доля влияния года - 6 %, некорневой обработки глицином – 5 %. Вклад эффектов взаимодействия «некорневая обработка глицином x сорт» составлял 16 %, «год x сорт» - 5 %. Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов был в пределах 21 %. Однако максимальное влияние на значение содержания эфирного масла в плодах оказал год, вклад которого в изменчивость значения составил 25 %, что лишний раз подчёркивает на сколько сильно влияют погодные условия на синтез и накопление эфирного масла. Доля влияния сорта - только 1 %, некорневой обработки глицином – 4 %. Вклад эффектов взаимодействия «год x сорт» - 24 %, «некорневая обработка глицином x год x сорт» - 16 %, «некорневая обработка глицином x сорт» - 12 %, «некорневая обработка глицином x год» - 11 %. Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов составлял 63 %.

У кориандра максимальное влияние на урожайность плодов оказал год, вклад которого в изменчивость показателя составлял 72 %. Это говорит о том, что эта культура больше подвержена влиянию погоды и урожайность может очень сильно колебаться по годам. Доля влияния сорта - 17 %, некорневой обработки глицином – 2 %. Вклад эффектов взаимодействия «год x сорт» - 2 %, «некорневая обработка глицином x год» - 1 %. Суммарный вклад всех форм

взаимодействия факторов - 3 %. Аналогичная тенденция прослеживается и в накоплении эфирного масла в плодах. Фактор условий года оказал также самое большое влияние и на содержание эфирного масла и составил 49 %, что почти в 2 раза больше, чем у укропа. Это говорит о гораздо больших колебаниях по рентабельности культуры в зависимости от условий года при выращивании её на эфирное масло. Доля влияния сорта - 12 %, некорневой обработки глицином – 3 %. Вклад эффектов взаимодействия «год x сорт» - 23 %, «некорневой обработка глицином x год x сорт» - 6 %, «некорневой обработка глицином x сорт» -2 %, «некорневой обработка глицином x год» - 1 %. Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов составлял 32 %.

В целом, накопление эфирного масла в плодах укропа и кориандра зависело от погодных условий вегетационного периода. При этом эффект от некорневой обработки растений глицином был в пределах 3-4 %. Однако для условий каждого конкретного года прибавка по сравнению с контролем была очень существенна. Соответственно рекомендуемый приём позволяет максимально сгладить неблагоприятное действие погодных условий. эффект взаимодействия факторов на укропе выражен сильнее по сравнению с кориандром. Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов на укропе почти в 2 раза выше, чем на кориандре.

Применение глицина для некорневой обработки листьев увеличивает содержание эфирного масла без изменения компонентного состава и соотношения компонентов. Это четко отличает его от синтетических регуляторов, особенно ауксинов. В то же время использование глицина и, возможно, других аминокислот является перспективным путем повышения урожайности и увеличения содержания вторичных метаболитов, в том числе эфирного масла.

ГЛАВА 5. ЭФФЕКТ ОТ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ АУКСИНОПОДОБНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ РАСТЕНИЙ УКРОПА ПАХУЧЕГО И КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ И СБОР ЭФИРНОГО МАСЛА

Качество лекарственного растительного сырья является одним из основных направлений выращивания лекарственных и ароматических растений. Качество сырья определяется не только его чистотой, отсутствием примесей, но и регламентированным в фармакопее или других документах содержанием фармацевтически важных соединений. Синтетические растительные гормоны или различные регуляторы роста уже много лет используются для повышения интенсивности биосинтеза вторичных метаболитов в лекарственных и ароматических растениях (Шаин и др., 2000).

Механизмы действия фитогормонов хорошо изучены и можно с большой долей вероятности предсказать механизм действия и результат. Однако их применение требует очень точного подбора концентрации агента и ее корректировки в зависимости от условий (Маланкина и др., 2013).

В настоящее время все большую популярность приобретают смеси, содержащие фитогормон и дополнительные вещества для повышения его эффективности (Пушкина и др., 2016). Ауксины являются важными представителями фитогормонов растений. Помимо таких эффектов, как апикальное доминирование, деление и дифференцировка клеток, ауксин также контролирует плодоношение и развитие плодов. После опыления ауксины из пыльцы стимулируют деление клеток для завязывания плодов, а позднее удлинение тканей плода вызывается ауксинами из развивающихся семян. Это свойство ауксинов может положительно влиять на процесс плодоношения, а использование экзогенных ауксинов позволяет увеличить урожайность семян (Hazzoumi et al., 2014).

β -индолилуксусная кислота, ИУК или гетероауксин является наиболее известным и наиболее распространенным представителем ауксинов в

сельском хозяйстве. Из синтетических соединений с ауксиновой активностью особое практическое значение имеет β -индолилмасляная кислота (ИБК). ИУК и ИБА очень благоприятны в питомнической практике при укоренении черенков. Существуют также вещества, активирующие образование ауксинов в растениях, такие как гидроксикоричные кислоты и производные кремния (кремниевые кислые хелатные комплексы или хелаты). Смеси регуляторов роста, например, ауксинов и других вспомогательных веществ с ауксин-подобным эффектом или веществ, усиливающих рост, уже доступны.

В наших исследованиях мы испытывали два препарата. ИУК–ГФ содержит β -индолилуксусную кислоту с калиевой солью гликолевой кислоты и дигидрофосфатом калия (Пржевальский, Грязнов, 2011). ДваУ (НЕСТ-М) содержит два активных компонента - индолилмасляную кислоту и гидроксикоричные кислоты (Пушкина и др., 2015).

5.1 Урожайность плодов и масса 1000 плодов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами

В наших исследованиях масса 1000 плодов укропа в контрольном варианте была максимальной в 2019 г.: у сорта Грибовский – 2,6 г, Симфония – 1,45 г. Во влажный вегетационный период 2021 г. эти показатели были на 0,86 и 0,12 г соответственно ниже по сравнению с 2019 г. В среднем за 3 года исследований значения данного показателя составили 2,05 и 1,38 г соответственно (табл. 19).

В среднем за 3 года наибольшая масса 1000 плодов укропа получена: у сорта Грибовский - при некорневой обработке растений ИУК – ГФ в фазе бутонизации нормой 25 мг/л (2,56 г); у сорта Симфония - при некорневой обработке растений ИУК – ГФ в фазе бутонизации нормой 10 мг/л (1,78 г).

Отмечено, что при некорневой обработке растений ДваУ в фазе бутонизации при обеих испытанных концентрациях у сорта Грибовский

максимальные значения массы 1000 плодов в 2019 г. были существенно ниже, чем в 2020 и 2021 гг.; у сорта Симфония, наоборот, в 2019 г. выше по сравнению с другими годами.

Таблица 19 - Масса 1000 плодов укропа пахучего в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат	фаза растения, кратность обработки	концентрация		Грибовский	Симфония
Контроль – без обработки			2019	2,60	1,45
			2020	1,80	1,35
			2021	1,74	1,33
			среднее	2,05	1,38
ДваУ	бутонизация, однократная	1 мл/л	2019	1,70	1,82
			2020	2,40	1,42
			2021	2,48	1,37
			среднее	2,19	1,54
	2 мл/л	2019	2,20	1,72	
		2020	2,42	1,38	
		2021	2,42	1,30	
		среднее	2,35	1,47	
ИУК - ГФ	бутонизация, однократная	10 мг/л	2019	2,30	2,30
			2020	2,23	1,55
			2021	2,23	1,48
			среднее	2,49	1,78
	25 мг/л	2019	2,52	1,33	
		2020	2,58	1,45	
		2021	2,58	1,32	
		среднее	2,56	1,37	
	50 мг/л	2019	2,63	1,60	
		2020	2,10	1,37	
		2021	2,10	1,22	
		среднее	2,28	1,40	
НСР ₀₅	Фактор А			0,10	
	Фактор В			0,06	
	Фактор С			0,04	
	Взаимодействие АВ			0,20	
	Взаимодействие АС			0,15	
	Взаимодействие ВС			0,10	
	Взаимодействие АВС			0,30	

За три года исследований максимальное влияние на значение массы 1000 плодов укропа оказал сорт, вклад которого в изменчивость значения составил 63 %. Доля влияния года составила 2 %, некорневой обработки ауксином – 2 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: некорневая обработка ауксином x год x сорт (16 %), некорневая обработка ауксином x сорт (6 %), некорневая обработка ауксином x год (5 %), год x сорт (2 %). некорневая вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлся некорневая обработка ауксином x год x сорт составлял 16 %. На долю случайного фактора приходилось не более 4 % изменчивости показателя массы 1000 семян (рис. 20).

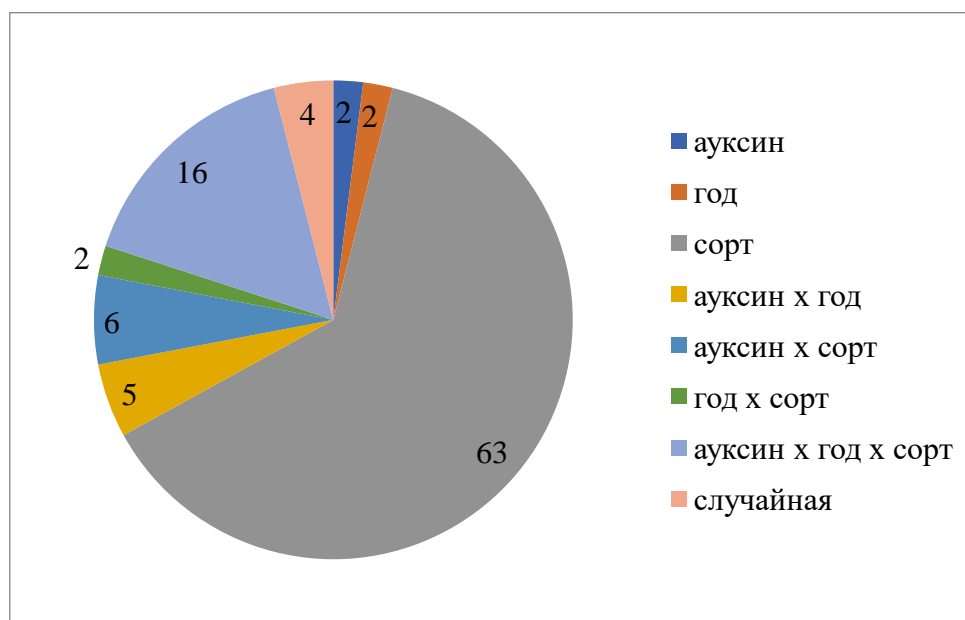


Рисунок 20 - Доля влияния факторов на показатель массы 1000 плодов укропа при некорневой обработке растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

Некорневая обработка растений укропа ауксиновыми препаратами показала неоднозначное влияние на формирование урожайности плодов. В среднем за 3 года исследований максимальная урожайность плодов сорта Грибовский получена при некорневой обработке в фазе бутонизации растений препаратом ДваУ нормой 1 мл/л (1,37 т/га) и ИУК – ГФ нормой 25 мг/л (1,36

т/га), что существенно больше на 0,26 и 0,25 т/га по сравнению с контролем (табл. 20).

Таблица 20 - Урожайность плодов укропа пахучего в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, т/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат	фаза растения, кратность обработки	концентрация		Грибовский	Симфония
Контроль – без обработки			2019	1,10	1,05
			2020	1,10	0,85
			2021	1,12	0,68
			среднее	1,11	0,86
ДваУ	бутонизация, однократная	1 мл/л	2019	1,45	1,15
			2020	1,44	1,12
			2021	1,21	0,81
			среднее	1,37	1,03
	2 мл/л	2019	1,36	1,26	
		2020	1,38	1,15	
		2021	1,27	0,82	
		среднее	1,34	1,08	
ИУК - ГФ	бутонизация, однократная	10 мг/л	2019	1,37	1,19
			2020	1,33	1,12
			2021	1,28	0,94
			среднее	1,33	1,08
	25 мг/л	2019	1,44	1,29	
		2020	1,36	1,27	
		2021	1,28	0,76	
		среднее	1,36	1,11	
	50 мг/л	2019	1,26	0,93	
		2020	1,17	0,98	
		2021	1,19	0,71	
		среднее	1,21	0,87	
НСР ₀₅	Фактор А			0,10	
	Фактор В			0,06	
	Фактор С			0,04	
	Взаимодействие АВ			0	
	Взаимодействие АС			0	
	Взаимодействие ВС			0,10	
	Взаимодействие АВС			0	

Действие ауксиновыми препаратами на растения сорта Симфония было эффективным в 2019 г., урожайность плодов в зависимости от варианта опыта оказалась существенно выше по сравнению с контролем. Максимальную урожайность плодов сорта Симфония обеспечила некорневая обработка растений в фазе бутонизации ИУК – ГФ нормой 25 мг/л – 1,11 т/га, что на 0,25 т/га больше по сравнению с контролем. Вместе с тем наибольший эффект был отмечен у сорта Грибовский, когда урожайность увеличивалась с 1,1 т /га в контроле до 1,44 т/га (25 мг/л ИУК ГФ). В целом, на обоих испытанных сортах ИУК – ГФ нормой 25 мг/л привела к увеличению урожайности плодов в 1,2 раза по сравнению с контрольным вариантом.

В предыдущих исследованиях показан положительный эффект от применения ауксинового препарата ДваУ на лекарственных растениях. В опытах по вегетативному размножению маклеи сердцевидной (корневой порослью) и лапчатки белой (делением куста), обработка корневой системы ДваУ в норме расхода 1 мл/л обеспечила повышение приживаемости рассады на 19 % и 24 %, соответственно, при этом наблюдалось усиление ее ростовых процессов. При использовании ДваУ на маклее сердцевидной масса надземной части увеличивалась на 26 %, масса корней в 2 раза, у лапчатки - на 52 % и в 2,1 раза, соответственно (Сидельников, 2014; Бушковская и др., 2015). Обработка ДваУ черенков плектрантуса амбоинского не только повышала приживаемость на 8-11 %, но и активизировала ростовые процессы: количество листьев возрастало на 29-36 %, площадь листовой поверхности - на 46-52 %, масса надземной части на 48-54 %, а масса корневой системы - на 81-89 % (Бушковская и др., 2016). Препарат положительно показал себя на плодовых и декоративных культурах при укоренении черенков (Вакуленко и др., 2016). В опытах О.М. Савченко (2017) показано, что применение ДваУ на рассаде родиолы розовой положительно сказывалось на приживаемости растений, которая превышала контроль на 16,6-30,4 %, и на их росте и развитии: кустистость увеличивалась на 36,3%, количество почек возобновления - на 21 %, масса корней – на 33,17 %. В целях повышения

приживаемости посадочного материала, усиления роста корневой системы и надземной части растений зюзника европейского рекомендуется проводить обработку корневой системы перед посадкой корнеобразователем ДваУ в норме расхода 1 мл/л, время экспозиции 12-16 ч (Сидельников и др., 2018).

Нашими исследованиями установлено, что наибольшее влияние на урожайность плодов укропа оказал сорт, вклад которого в изменчивость показателя составил 39 %. Доля влияния года составила 17 %, некорневой обработки ауксиновыми препаратами – 7 % (рис. 21). Вместе с тем, если рассматривать результаты каждого отдельного года, то в сравнении с контролем прибавка после обработки препаратами в зависимости от концентрации и условий года на 10-25 % превышала контроль, что говорит о повышении адаптивного потенциала растений под действием ауксинов, особенно в неблагоприятные годы и позволяет получить более высокий урожай.

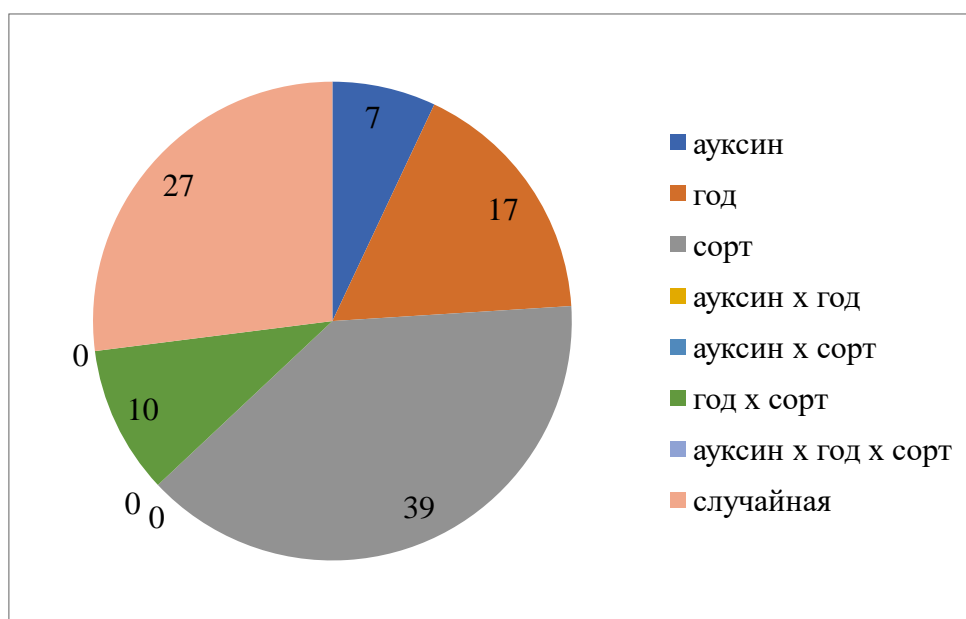


Рисунок 21 - Доля влияния факторов на показатель урожайности плодов укропа при некорневой обработке растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

Вклад эффекта взаимодействия год \times сорт в изменчивость показателя зафиксирован в порядке 10 %. На долю случайного фактора приходилось не более 27 % изменчивости показателя урожайности семян.

Таким образом, урожайность плодов укропа зависела в первую очередь от сорта, далее от года испытаний и некорневой обработки ауксиновыми препаратами. Эффект взаимодействия год \times сорт был на уровне 10%. Не отмечено вклада эффектов взаимодействия других факторов на показатель урожайности плодов.

У кориандра в контрольном варианте в среднем масса 1000 плодов составила для сорта Янтарь – 7,99 г, Авангард – 10,4 г (табл. 21).

Максимальные значения этого показателя зафиксированы для сорта Янтарь в 2020 и 2021 гг. (8,6 г), Авангард – в 2020 г. (12,4 г). Хотя Carrubba et al. (2006), тестируя кориандр в климатических условиях Сицилии, не обнаружили влияния года исследований на массу 1000 плодов.

В среднем за 3 года наибольшая масса 1000 плодов кориандра получена: у сорта Янтарь - при некорневой обработке растений в фазе бутонизации ИУК – ГФ нормой 25 мг/л (8,20 г) и ДваУ нормой 2 мл/л (8,21 г); у сорта Авангард - при некорневой обработке растений ИУК – ГФ в фазе бутонизации нормой 10 мг/л (1,78 г).

Отмечено, что в целом некорневой обработка растений обоих сортов кориандра ауксиновыми препаратами оказала положительное влияние на массу 1000 плодов в вегетационном периоде 2020 г., когда в период созревания плодов зафиксирована температура +32...+34⁰С, а осадков в сумме составило 64,7 % от нормы. За три года исследований максимальное влияние на показатель массы 1000 плодов оказал сорт, вклад которого в изменчивость значения составил 43 %. Доля влияния года составила 23 %, некорневой обработки ауксином – 1 % (рис. 22).

Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год \times сорт (23 %), некорневая обработка

ауксином х год х сорт (4 %), некорневая обработка ауксином х сорт (2 %), некорневая обработка ауксином х год (1 %).

Таблица 21 - Масса 1000 плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат	фаза растения, кратность обработки	концентрация		Янтарь	Авангард
Контроль – без обработки			2019	6,77	9,37
			2020	8,60	12,40
			2021	8,60	9,30
			среднее	7,99	10,40
ДваУ	бутонизация, однократная	1 мл/л	2019	8,28	8,12
			2020	7,92	12,75
			2021	7,72	9,72
			среднее	7,97	10,20
	2 мл/л	2019	8,30	9,78	
		2020	8,73	13,27	
		2021	7,60	9,55	
		среднее	8,21	10,87	
ИУК - ГФ	бутонизация, однократная	10 мг/л	2019	7,38	10,28
			2020	8,13	13,55
			2021	7,38	10,30
			среднее	7,63	11,38
	25 мг/л	2019	8,12	8,73	
		2020	8,57	13,22	
		2021	7,92	7,65	
		среднее	8,20	9,87	
	50 мг/л	2019	7,33	8,35	
		2020	8,52	12,77	
		2021	7,62	9,77	
		среднее	7,82	10,30	
НСР ₀₅	Фактор А			0,26	
	Фактор В			0,15	
	Фактор С			0,11	
	Взаимодействие АВ			0,56	
	Взаимодействие АС			0,43	
	Взаимодействие ВС			0,26	
	Взаимодействие АВС			0,82	

Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлся год x сорт) составлял 30 %. На долю случайного фактора приходилось не более 3 % изменчивости показателя массы 1000 плодов.

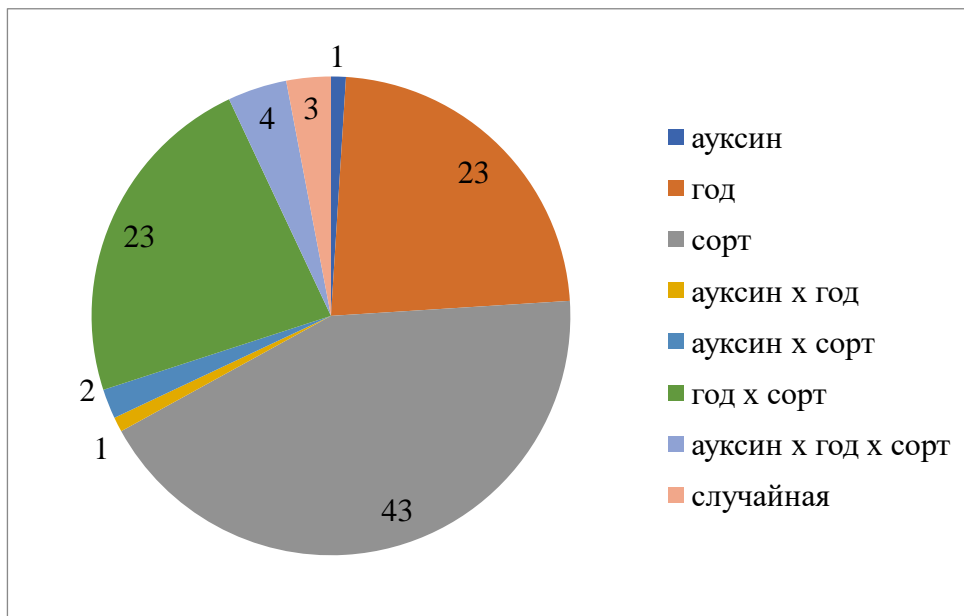


Рисунок 22 - Доля влияния факторов на показатель массы 1000 плодов кориандра посевного при некорневой обработке растений ауксинподобными препаратами, % (2019-2021 гг.)

Урожайность служит интегральным показателем эффективности применяемых технологических приемов в сочетании с потенциальными возможностями сорта, которые реализуются под действием этих приёмов. Как и на укропе пахучем, некорневая обработка растений обоих испытанных сортов кориандра посевного в фазе бутонизации ИУК - ГФ нормой 25 мг/л способствовала формированию максимальной урожайности плодов: сорта Янтарь – 1,51 т/га, Авангард – 1,86 т/га, что на 0,1 и 0,19 т/га соответственно больше по сравнению с контролем (табл. 22). Выявлено существенное снижение урожайности при норме 50 мг/л по сравнению с нормой 25 мг/л: на 0,21 т/га у сорта Янтарь и на 0,14 т/га у сорта Авангард.

В целом, на сорте Янтарь действие ауксиновыми препаратов неоднозначное по годам исследований. На сорте Авангард эффект некорневой обработки ауксиновыми препаратами в 2019 г. был очень значительный:

урожайность плодов в зависимости от варианта опыта увеличилась от 1,85 т/га в контроле до 2,1-2,25 т/га в вариантах с ДваУ и ИУК ГФ соответственно.

Таблица 22 - Урожайность плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, т/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А			Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат	фаза растения, кратность обработки	концентрация		Янтарь	Авангард
Контроль – без обработки			2019	1,65	1,85
			2020	1,60	1,84
			2021	0,98	1,32
			среднее	1,41	1,67
ДваУ	бутонизация, однократная	1 мл/л	2019	1,55	1,90
			2020	1,54	1,82
			2021	1,08	1,34
			среднее	1,39	1,69
	2 мл/л	2019	1,60	2,10	
		2020	1,72	1,98	
		2021	1,12	1,29	
		среднее	1,48	1,79	
ИУК - ГФ	бутонизация, однократная	10 мг/л	2019	1,60	1,90
			2020	1,66	1,98
			2021	1,14	1,42
			среднее	1,47	1,77
		25 мг/л	2019	1,75	2,25
			2020	1,79	2,16
			2021	0,98	1,18
			среднее	1,51	1,86
	50 мг/л	2019	1,40	2,20	
		2020	1,49	1,76	
		2021	1,01	1,21	
		среднее	1,30	1,72	
НСР ₀₅	Фактор А			0,07	
	Фактор В			0,04	
	Фактор С			0,03	
	Взаимодействие АВ			0,16	
	Взаимодействие АС			0,12	
	Взаимодействие ВС			0,07	
	Взаимодействие АВС			0	

Очень сильные колебания урожайности были отмечены у сортов в зависимости от условий года: у сорта Авангард она была в 1,34-1,90 раза выше в 2019 г. по сравнению с 2021 г.

Эффекты действия и взаимодействия факторов некорневой обработки ауксиновыми препаратами, года и сорта представлены на рисунке 23. За три года исследований максимальное влияние на показатель урожайности плодов кориандра оказал год, вклад которого в изменчивость значения составил 63 %. Доля влияния сорта составила 23 %, некорневой обработки ауксином – 3 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год x сорт (4 %), некорневая обработка ауксином x год (2 %), некорневая обработка ауксином x сорт (1 %), некорневая обработка ауксином x год x сорт (0 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлся год x сорт) составлял 7 %. Доля случайного фактора составила 0 %.

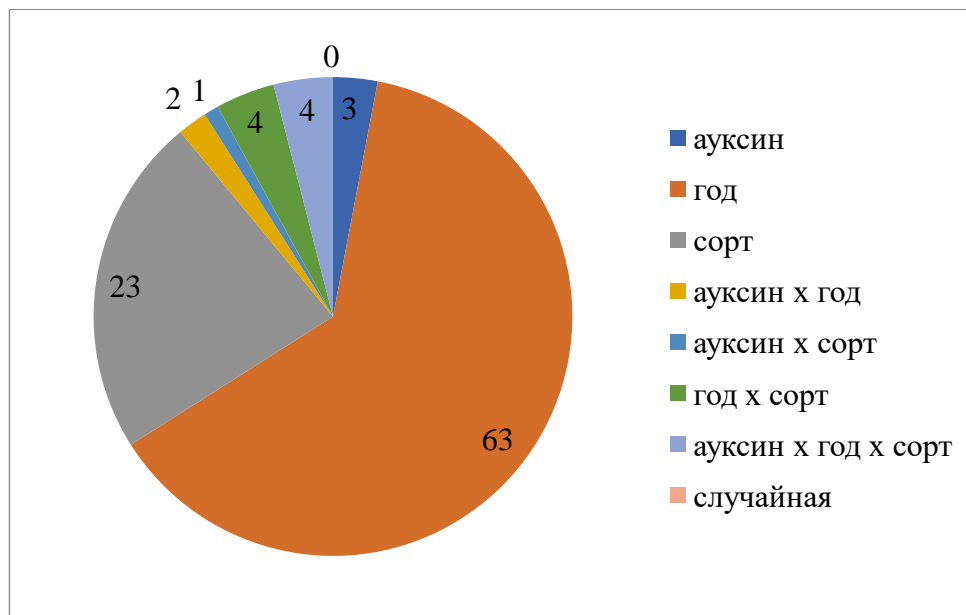


Рисунок 23 - Доля влияния факторов на урожайность плодов кориандра посевного при некорневой обработке растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

Таким образом, урожайность плодов кориандра посевного в значительной степени (63 %) зависит от года возделывания. Доля влияния некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами не существенна если сравнивать этот показатель с особенностями конкретных сортов. Но для каждого конкретного года был отмечен положительный эффект, отличавшийся в зависимости от условий года, сорта и концентрации.

В целом, выявлено существенное снижение урожайности плодов укропа и кориандра от некорневой обработки в фазе бутонизации растений ИУК - ГФ при норме 50 мг/л по сравнению с нормой 25 мг/л, что указывает на неэффективность высоких концентраций. Известно, что ауксины действуют на рост растений двухфазно в зависимости от концентрации: при низких дозах ускоряют рост, а при более высоких тормозят его, т.е. отдельные растительные органы реагируют на действие ауксинов стимуляцией или торможением роста, при этом стимулирующие концентрации не только видо и сортоспецифичны, но и зависят от условий года.

5.2 Содержание и сбор эфирного масла и основных его компонентов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами

Как и следовало ожидать, содержание эфирных масел сильно варьировало и зависело от внешних условий и сорта. В среднем за 3 года исследований в контрольном варианте у сорта Грибовский содержание эфирного масла составило 4,74 %, Симфония – 4,45 %.

У сорта Грибовский эффект ауксиновых регуляторов роста сильно выражен и зависел от концентрации препарата. некорневая обработка растений ДваУ нормой 1 мл/л в фазе бутонизации способствовала накоплению эфирного масла на 0,41 % больше по сравнению с контролем и на 0,18 % больше по сравнению с нормой этого же препарата 2 мл/л. Аналогичная тенденция отмечена и при некорневой обработке растений ИУК-ГФ нормой 25 мг/л: содержание эфирного масла составило 5,18 %, что на 0,44 % больше

по сравнению с контролем и на 0,2 % больше по сравнению с нормой 10 мг/л. Эффект от некорневой обработки растений ДваУ нормой 2 мл/л и ИУК-ГФ нормой 10 мг/л равнозначен: содержание эфирного масла составило 4,97-4,98 % (рис.24).

У сорта Симфония максимальное содержание эфирного масла отмечено при некорневой обработке ИУК-ГФ нормой 50 мг/л – 5,81 %, что на 1,36 % больше по сравнению с контролем и на 0,1 % по сравнению с ИУК-ГФ нормой 10 мг/л. Стоит отметить, что у сорта Грибовский в этом варианте опыта, наоборот, установлено существенное снижение эфирного масла на 0,8 % по сравнению с контролем.

В целом, эффект от некорневой обработки растений укропа пахучего ауксиновыми препаратами зависел от концентрации препарата, сорта и года.

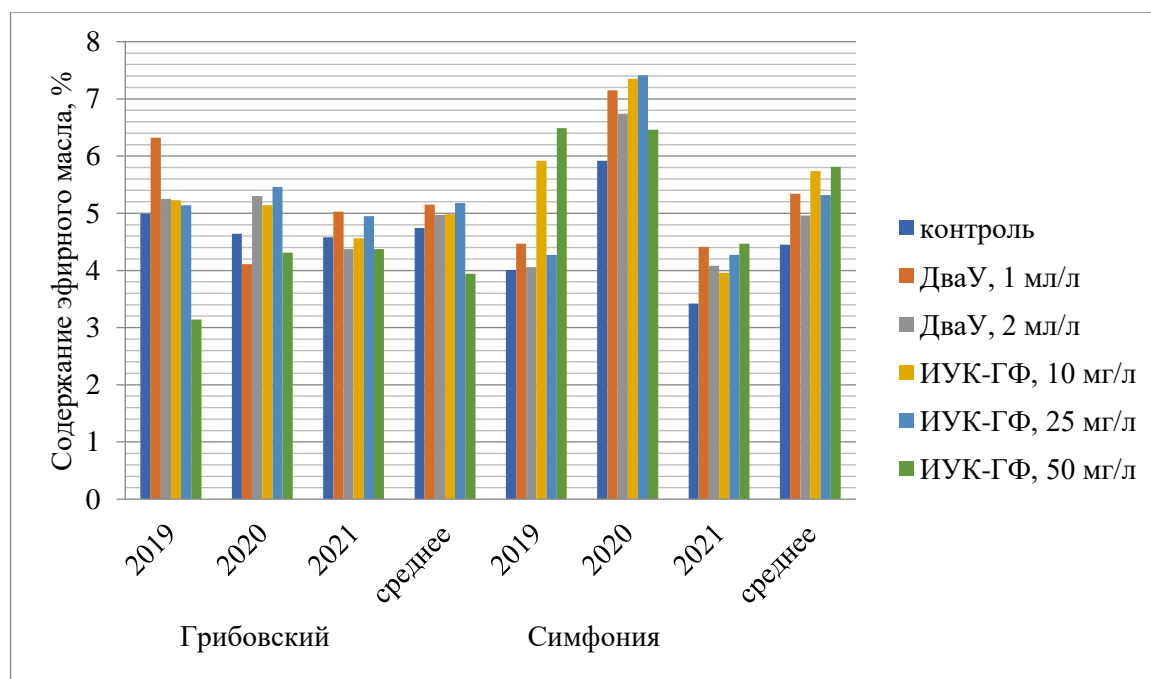


Рисунок 24 - Содержание эфирного масла в плодах укропа пахучего в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

За три года исследований максимальное влияние на значение содержания эфирного масла плодов укропа оказал год, вклад которого в изменчивость значения составил 18 %. Доля влияния сорта составила 3 %, некорневой обработки ауксинподобными препаратами – 2 % (табл. 23, рис.25).

Таблица 23 – Дисперсионный анализ влияния факторов и их взаимодействия на изменение содержания эфирного масла плодов укропа в системе трехфакторного опыта

Фактор	SS	df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	P, %	HCP ₀₅
Общая	218,14	143	-	2,884	-	-	-	-	-
Фактор А	10,08	5	2,02	0,064	4,14	2,31	3,21	2	0,57
Фактор В	52,03	2	26,01	0,532	53,40	3,11	4,82	18	0,33
Фактор С	7,07	1	7,07	0,091	14,51	3,95	6,89	3	0,23
Взаимодействие АВ	9,26	10	0,93	0,055	1,90	1,89	2,51	2	1,21
Взаимодействие АС	18,11	5	3,62	0,261	7,44	2,31	3,21	9	0,93
Взаимодействие ВС	45,20	2	22,60	0,921	46,39	3,11	4,82	32	0,57
Взаимодействие АВС	23,78	10	2,38	0,473	4,88	1,94	2,51	16	1,78
Случайная	52,61	108	0,49	0,487	-	-	-	17	-

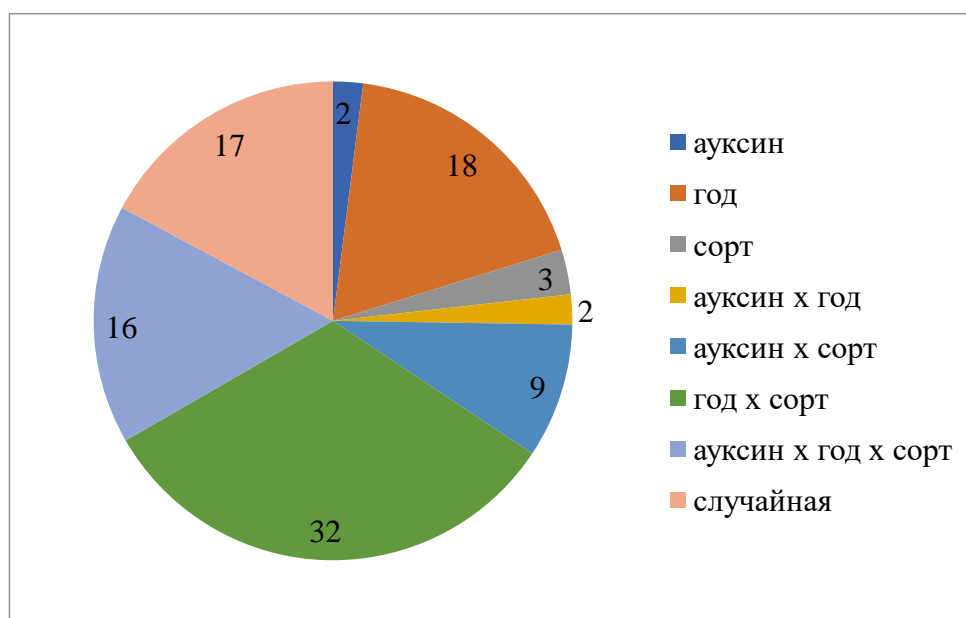


Рисунок 25 - Доля влияния факторов на содержание эфирного масла плодов укропа пахучего при некорневой обработке растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год x сорт (32 %), некорневая обработка ауксином x год x сорт (16 %), некорневая обработка ауксином x сорт (9 %), некорневая обработка ауксином x год (2 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлся год x сорт) составлял

59 %. На долю случайного фактора приходилось не более 17 % изменчивости содержания эфирного масла.

В среднем за 3 года исследований при пересчете на единицу площади сбор эфирного масла плодов укропа в контрольном варианте достигал 66,8 кг/га (сорт Грибовский) и 74,3 кг/га (сорт Симфония). При этом у сорта Грибовский наибольший сбор эфирного масла отмечен в 2019 г. (82,3 кг/га), у сорта Симфония – в 2020 г. (108,9 кг/га).

У сорта Грибовский максимальный сбор эфирного масла обеспечила некорневая обработка растений ИУК – ГФ нормой 25 мг/л – 78,2 кг/га, что на 11,4 кг/га больше по сравнению с контролем. В среднем за 3 года исследований эффект от некорневой обработки препаратом ДваУ в испытанных концентрациях и ИУК – ГФ нормой 10 мг/л равнозначен: сбор эфирного масла был в пределах 71,6-73,6 кг/га (рис. 26).

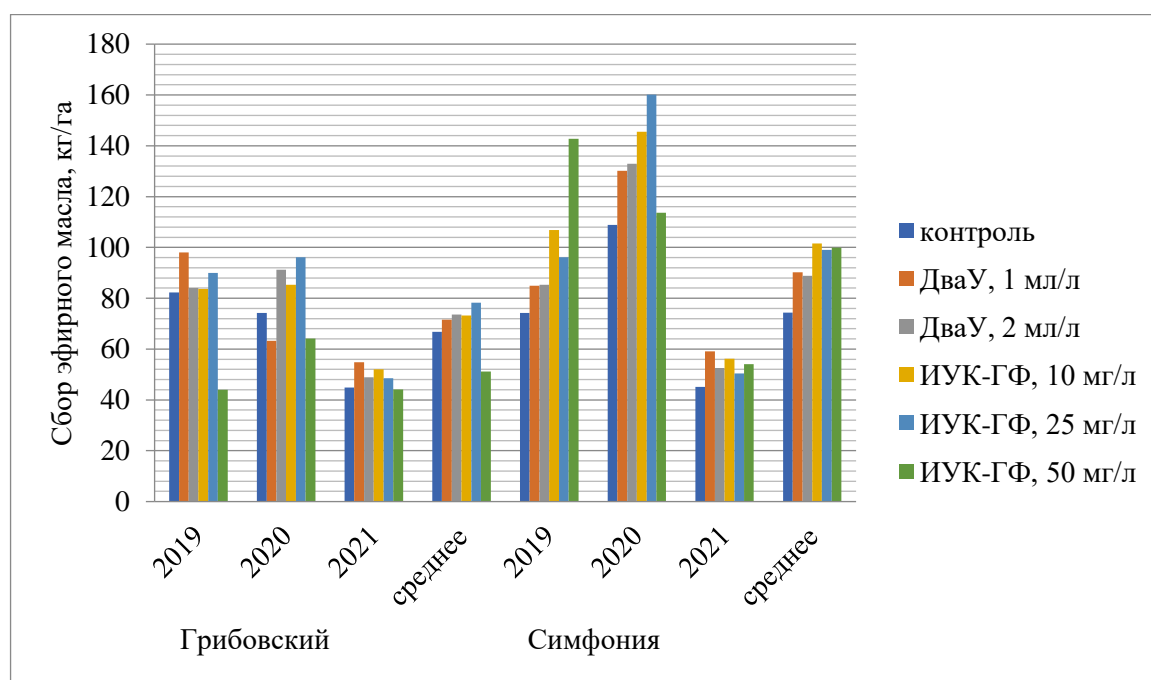


Рисунок 26 - Сбор эфирного масла плодов укропа пахучего с единицы площади в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, кг/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

Однако некорневая обработка растений ИУК – ГФ нормой 50 мг/л снизила этот показатель на 15,6 кг/га по сравнению с контролем; на 22,0 и 27,0 кг/га по сравнению с нормами 10 и 25 мг/л.

На сорте Симфония высокая концентрация ИУК ГФ не оказывала отрицательного влияния, а в отдельные годы наоборот существенно повышала по сравнению с контролем. Эффект от действия ИУК – ГФ во всех испытанных концентрациях существенно выше (99,0-101,6 кг/га) по сравнению с ДваУ (88,8-90,2 кг/га).

Отмечен значительный эффект от ауксиновых препаратов в целом в 2020 г.

В результате ГХ-МС анализа идентифицировано всего 13 компонентов эфирного масла плодов укропа, состоящих в основном из монотерпенов (табл. 24).

Таблица 24 - Результаты ГХ-МС анализа эфирных масел плодов укропа в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

Компонент	RI	Грибовский			Симфония		
		контроль	ДваУ, 2 мл/л	ИУК-ГФ, 50 мг/л	контроль	ДваУ, 2 мл/л	ИУК-ГФ, 50 мг/л
α -Туйен	928	-	-	-	0,02	-	-
β -Мирцен	975	0,16	0,14	0,12	0,28	0,18	0,21
α -Фелландрен	989	0,43	0,54	0,44	0,31	0,35	0,37
Цимен	1005	-	0,05	-	-	0,05	0,05
Лимонен	1014	<u>30,37</u>	<u>41,31</u>	<u>39,39</u>	<u>45,24</u>	<u>43,24</u>	<u>51,49</u>
Изопулегон	1116	0,09	-	-	-	-	-
Линаоол	1083	-	0,12	0,09	-	0,44	0,1
Изоментон	1132	0,1	-	-	-	-	-
Неоментол	1157	0,25	-	-	-	-	-
цис- Дигидрокарвон	1171	0,26	-	-	0,13	-	-
α -Терпинеол	1172	-	0,12	-	-	-	-
транс- Дигидрокарвон	1177	-	1,36	1,08	2,00	0,92	0,92
Карвон	1217	<u>66,79</u>	<u>56,36</u>	<u>58,88</u>	<u>51,92</u>	<u>54,82</u>	<u>46,86</u>
Лимонен + Карвон	-	97,16	97,67	98,27	97,16	98,06	98,35

Оба сорта укропа содержали лимонен и карвон в качестве основных компонентов. Суммарное содержание линалоола и карвона независимо от сорта и варианта составляло от 97,16 до 98,35 %. В контрольном варианте эфирное масло сорта Симфония содержало больше лимонена и меньше

карвона, чем Грибовский (51,92 % и 45,24 % против 66,79 % и 30,37 % соответственно). Сумма всех остальных компонентов составила около 2%.

После некорневой обработки ДваУ и ИУК - ГФ содержание лимонена у сорта Грибовский увеличилось примерно на 10 %. У сорта Симфония после обработки ДваУ нормой 2 мл/л содержание лимонена уменьшилось на 2 %, а после ИУК - ГФ нормой 50 мг/л увеличилось на 6 % (Malankina, Potschuev, 2021).

Полученные нами результаты совпадают с исследованиями других ученых. Применение ИУК повышало содержание линалоола у *O. basilicum* (Monfort et al., 2018) и выход эфирного масла у *O. gratissimum* (Hazzoumi et al., 2014) и ароматических трав *Symbopogon martinii* и *C. winterianus* (Farooqi et al., 2005).

В целом, после обработки растений укропа регуляторами роста, содержащими ауксин, доля лимонена увеличивалась, а доля карвона, наоборот, уменьшалась. Это свидетельствует о том, что действие исследуемого продукта угнетает биосинтез на стадии образования конечного продукта (карвона).

Для повышения содержания эфирного масла кориандра посевного Е.Л. Маланкина и др. (2013) рекомендуют обрабатывать растения препаратом ИУК-ГФ нормой 25 мг/л в фазе бутонизации, что способствует увеличению содержания эфирного масла в сырье на 83 % по сравнению с контролем и на 43,3 % по сравнению с ИУК нормой 25 мг/л. В наших исследованиях у кориандра в контрольном варианте наибольшее содержание эфирного масла в плодах отмечено в вегетационный период 2019 г.: у сорта Янтарь – 2,11 % против 0,91 % в 2021 г.; у сорта Авангард – 1,75 % против 0,56 % в 2021 г. Аналогичная тенденция выявлена и в вариантах применения ауксинподобных препаратов на обоих сортах.

В среднем за 3 года исследований содержание эфирного масла плодов кориандра посевного после некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами варьировало: на сорте Янтарь – от 1,85 до 1,98 % при 1,58 % в

контроле, на сорте Авангард – от 0,91 до 1,11 % при 1,00 % в контроле. Очевидно, что действие ауксинподобных препаратов на содержание эфирного масла плодов сорта Авангард оказалось несущественным (рис. 27).

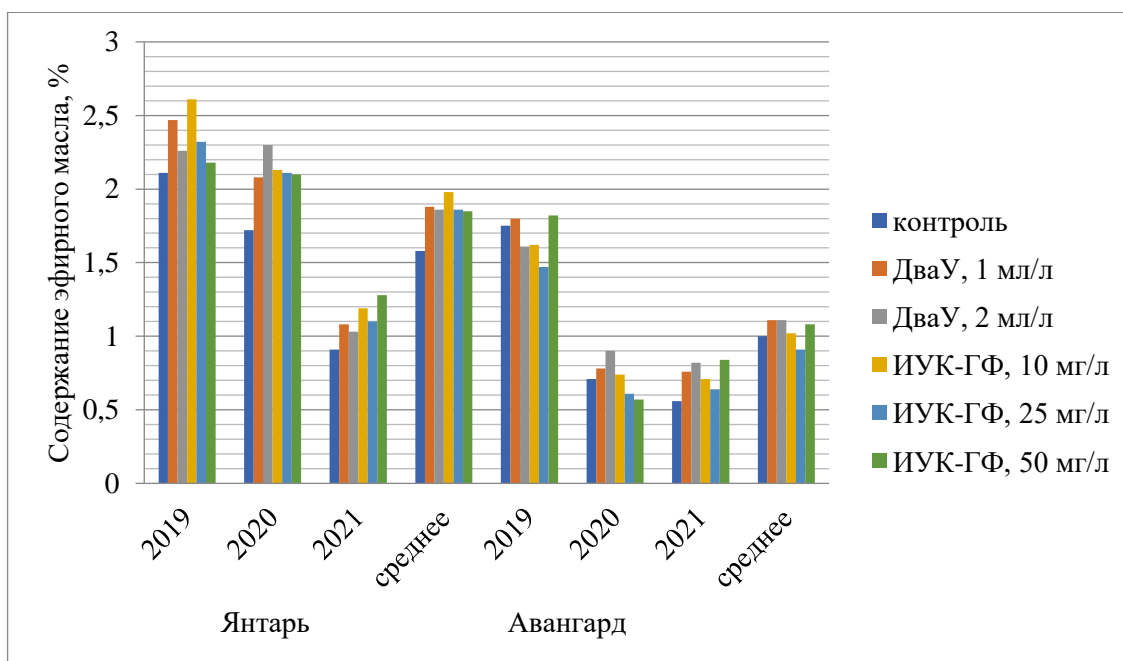


Рисунок 27 - Содержание эфирного масла плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

Таблица 25 – Дисперсионный анализ влияния факторов и их взаимодействия на изменение содержания эфирного масла плодов кориандра посевного в системе трехфакторного опыта

Фактор	SS	df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	P, %	HCP ₀₅
Общая	63,22	143	-	0,785	-	-	-	-	-
Фактор А	0,80	5	0,16	0,005	5,14	2,31	3,21	1	0,14
Фактор В	28,44	2	14,22	0,296	458,75	3,11	4,82	38	0,08
Фактор С	22,80	1	22,80	0,316	735,78	3,95	6,89	40	0,06
Взаимодействие АВ	0,69	10	0,07	0,005	2,24	1,94	2,51	1	0,30
Взаимодействие АС	0,63	5	0,13	0,008	4,05	2,31	3,21	1	0,23
Взаимодействие ВС	6,00	2	3,00	0,124	96,86	3,11	4,82	16	0,14
Взаимодействие ABC	0,52	10	0,05	0,000	1,67	1,94	2,51	4	0,00
Случайная	3,35	108	0,03	0,031	-	-	-	0	-

Максимальное влияние на значение содержания эфирного масла оказал сорт, вклад которого в изменчивость значения составил 40 %. Доля влияния года составила 38 %, некорневой обработки ауксином – 1 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость показателя зафиксирован в порядке убывания: год x сорт (16 %), некорневая обработка ауксином x год x сорт (4 %),

некорневая обработка ауксином x сорт (1 %), некорневая обработка ауксином x год (1 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлся год x сорт) составлял 22 %. На долю случайного фактора приходилось 0 % изменчивости содержания эфирного масла (табл. 25, рис.28).

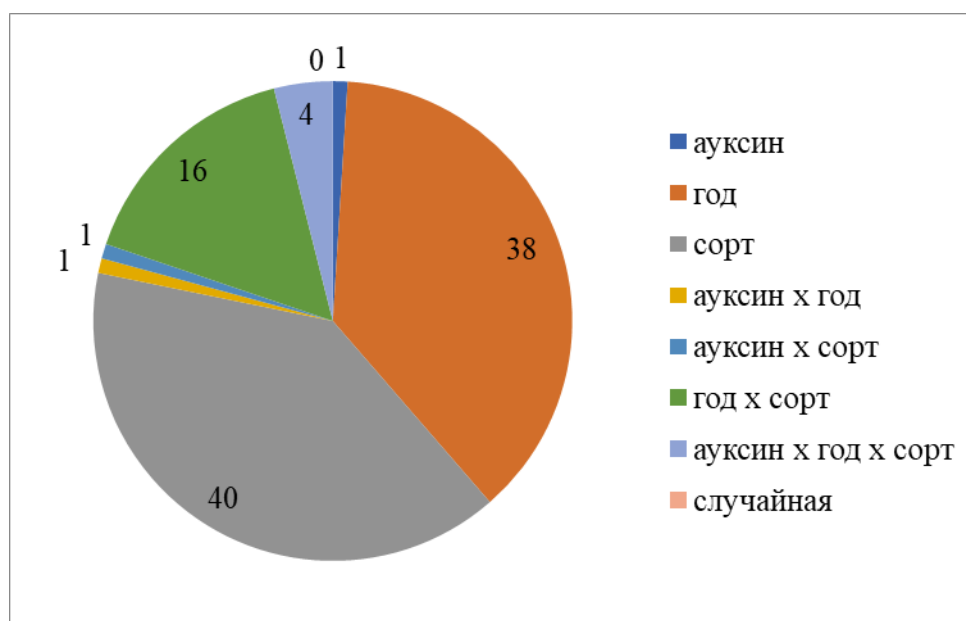


Рисунок 28 - Доля влияния факторов на содержание эфирного масла плодов кориандра посевного при некорневой обработке растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

При пересчете на единицу площади сбор эфирного масла плодов кориандра в среднем за 3 года исследований в контрольном варианте достигал 22,3 кг/га (эфиромасличный сорт Янтарь) и 16,7 кг/га (овощного направления сорт Авангард). Максимальный сбор эфирного масла кориандра получен в 2019 г. (34,8 и 32,4 кг/га соответственно), минимальный (8,9 и 7,4 кг/га соответственно) – в 2021 г. (рис. 29).

У сорта Янтарь максимальный сбор эфирного масла (29,1 кг/га) получен при некорневой обработке ИУК – ГФ нормой 10 мг/л, что на 6,8 кг/га больше по сравнению с контролем. Отмечено, что с повышением нормы расхода препарата до 50 мг/л этот показатель уменьшался на 5,0 кг/га, т.е. в 1,17 раза, что связано со снижением урожайности плодов и эфирного масла. При применении препарата ДваУ нормой 1 мл/л сбор эфирного масла составил 26,1

кг/га, 2 мл/л – 27,5 кг/га, что на 3,8 и 5,2 кг/га больше по сравнению с контролем.

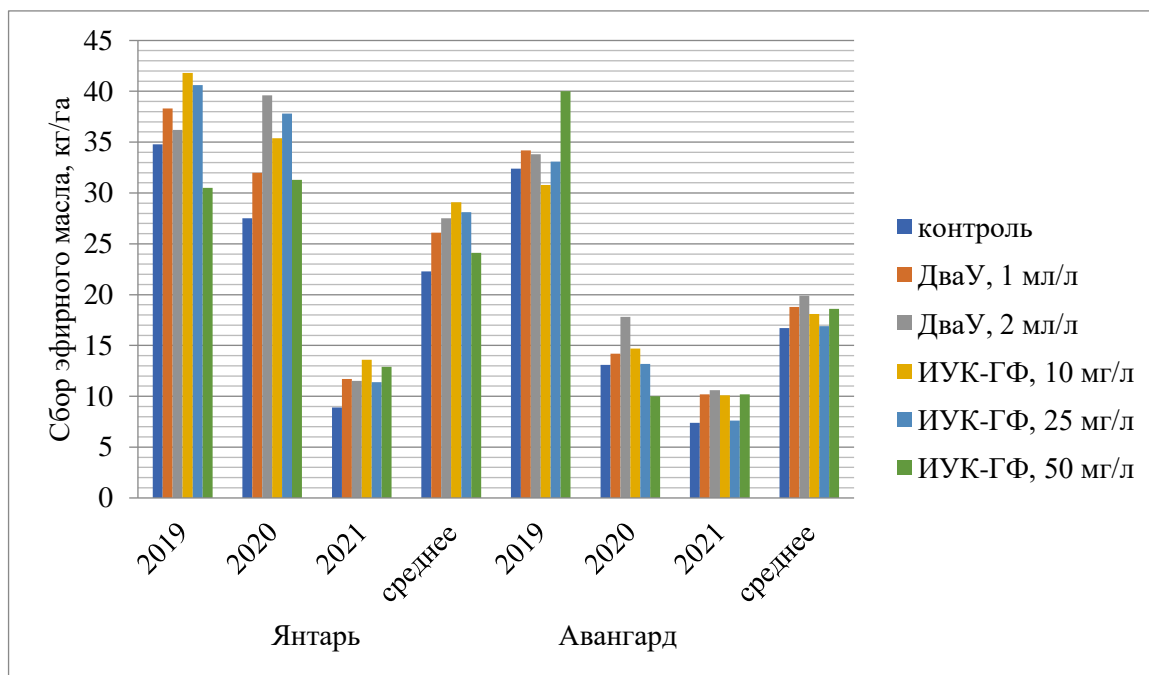


Рисунок 29 - Сбор эфирного масла плодов кориандра посевного с единицы площади в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, кг/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

На сорте Авангард наибольший эффект получен от применения препарата ДваУ: сбор эфирного масла при концентрации препарата 1 мл/л составил 18,8 кг/га, 2 мл/л – 19,9 кг/га против 16,7 кг/га в контроле. Действие препарата ИУК – ГФ оказалось неоднозначным. Отмечено увеличение сбора эфирного масла до 18,1-18,6 кг/га при применении концентрации 10 и 50 мг/л, а при 25 мг/л этот показатель был практически на уровне контроля (16,9 кг/га).

В целом, показатель «сбор эфирного масла плодов кориандра» при некорневой обработке растений ауксиновыми препаратами был выше в 2019 г., низкий – в 2021 г. Изменения уровня ИУК и/или его перераспределение в ответ на сигналы окружающей среды регулируют рост и развитие растений. Локальная концентрация ауксина и его распределение могут регулироваться изменениями транспорта ауксина при абиотических стрессах (Чумикина и др., 2021). Исследования, проведенные на рисе, показали, что после 3 дней стресса от засухи уровень ИУК снизился до 72%. Напротив, после 3 дней холодового

стресса уровень ИУК был оценен в 1.6 раза выше, а после 6 часов теплового стресса уровень ИУК был в 1.3 раза выше по сравнению с контролем. В целом, эти наблюдения показывают, что абиотические стрессы модулируют эндогенные уровни ИУК (Du et al., 2009). Используя же экзогенные ауксины мы изменяем гормональный баланс растений и смягчаем действие стресса.

В результате ГХ-МС анализа из кориандрового эфирного масла идентифицировано всего 23 компонента, состоящего в основном из монотерпенов (табл. 26). Хорошо известно, что предшественником монотерпенов является геранилпирофосфат, а одним из первых образовавшихся компонентов - линалоол. Поэтому биосинтетическая цепь компонентов, характерных для кориандра, очень короткая, а линалоол наиболее представлен в эфирном масле. Биосинтетическая цепь карвона, циклического монотерпена, длиннее и включает ряд промежуточных соединений, в основном лимонен.

После обработки растений регуляторами роста, содержащими ауксины, доля лимонена увеличивалась, а доля карвона уменьшалась. Это показывает, что действие исследуемого препарата угнетает биосинтез на стадии образования карвона - конечного продукта.

Результат исследований выявил высокую эффективность ауксиновых веществ на кориандре. После некорневой обработки состав эфирного масла испытанных сортов не изменился.

Таблица 26 - Результаты ГХ-МС анализа эфирных масел плодов кориандра пахучего в зависимости от некорневой обработки растений ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

Компонент	RI	Янтарь			Авангард		
		контроль	ДваУ, 2 мл/л	ИУК-ГФ, 50 мг/л	контроль	ДваУ, 2 мл/л	ИУК-ГФ, 50 мг/л
α -пинен	929	0,34	0,27	1,15	1,02	1,71	0,95
Камфен	939	0,05	0,03	0,18	0,19	0,32	0,17
Сабинен	960	-	-	0,06	-	0,07	-
β -пинен	964	-	-	0,11	0,07	0,12	0,05

β -мирцен	975	-	0,03	0,16	0,13	0,19	0,09
Цимен	1005	0,09	0,1	0,31	0,19	0,33	0,1
Лимонен	1014	0,11	0,21	0,7	0,53	0,66	0,39
γ -терпинен	1045	0,58	0,92	2,1	1,12	1,27	0,71
4-карен	1049	-	-	0,06	0,08	0,09	0,05
Терпинолен	1077	-	-	0,1	-	-	-
Линаоол	1083	88,04	87,89	85,43	84,86	84,1	85,92
Камфор	1120	4,44	4,33	4,14	5,71	5,4	5,62
Изоментон	1132	0,1	0,05	-	-	-	-
Борнеол	1149	0,06	0,06	0,07	0,13	0,13	0,14
Ментол	1158	0,23	0,09	0,11	-	0,13	0,09
4-терпинеол	1162	0,19	0,12	0,13	-	0,1	0,06
α -терпинеол	1172	0,26	0,23	0,2	0,26	0,24	0,24
транс- Дигидрокарвон	1177	-	-	-	-	0,26	-
Карвон	1217	0,6	0,98	0,81	0,29	1,65	0,47
Нерол	1236	2,87	2,8	3,08	1,94	-	1,68
Миртенилацетат	1306	-	-	-	0,06	0,05	0,07
Нерил ацетат	1363	1,95	1,89	1,06	3,42	3,18	3,2
β -кариофиллен	1417	0,09	-	0,04	-	-	-

У сорта Янтарь доля линалоола составила 88,04 % в контроле, после обработки регуляторами роста - 85,43-87,89 %. У сорта Авангард эти показатели составили и 84,86 % и 84,10-85,92 % соответственно (Malankina, Potschuev, 2021).

5.3. Заключение

Рост и развитие регулируется реакциями, вызванными фитогормонами, которые в конечном итоге определяют форму и функцию на протяжении всей жизни растения. Ауксин является важным растительным гормоном, который регулирует все аспекты роста и развития растений. Ауксин продуцируется, в частности, в меристемах побегов и корней и транспортируется на большие расстояния неполярным образом по сосудистой сети к другим частям растения. Второй способ включает межклеточный или полярный транспорт ауксина с использованием переносчиков в плазматической мембране. Эндогенный уровень различных фитогормонов, в том числе ауксина, изменяется в ответ на абиотические стрессы. Применение экзогенных ауксинов позволяет изменить гормональный баланс растения и

компенсировать их недостаток, наблюдающийся в результате стресса, и соответственно нормализовать или даже стимулировать метаболические реакции, необходимые для получения конечных целевых продуктов, в нашем случае эфирного масла.

Наши исследования показали, что на укропе максимальное влияние на значение содержания эфирного масла в плодах оказал фактор года, вклад которого в изменчивость значения составил 18 %, год x сорт – 32 %, ауксин x год x сорт – 16 %. На кориандре посевном, наоборот, вклад фактора сорта в изменчивость содержания эфирного масла записан на уровне 40 %, года – 38 %, ауксин x год x сорт – 4 %.

Таким образом, использование ауксинподобных препаратов для некорневой обработки растений перспективно для повышения урожайности плодов укропа пахучего и кориандра посевного и способствует увеличению биосинтеза эфирного масла. Испытания подтвердили, что реакция растений кориандра посевного на ауксинподобные препараты зависит от погоды, вида и сорта.

ГЛАВА 6. ЭФФЕКТ ОТ КОМБИНИРОВАННОЙ НЕКОРНЕВОЙ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ УКРОПА ПАХУЧЕГО И КОРИАНДРА ПОСЕВНОГО ГЛИЦИНОМ И АУКСИНОВЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВ И СБОР ЭФИРНОГО МАСЛА

Некорневая обработка фитогормонами - наиболее прогрессивный современный метод регулирования синтеза эфирных масел у эфиромасличных растений. Некорневая обработка осуществляется путем опрыскивания растений соответствующим раствором фитогормона с дальнейшей адсорбцией их надземной поверхностью. Эффективность некорневой обработки зависит от стадии развития растений, вносимой формы препарата, его концентрации, а также от погодных факторов. Существенным преимуществом этого метода является экономия препаратов.

На сегодняшний день применение фитогормонов, в т.ч. и ИУК, стало приобретать массовый характер. Достаточно сказать, что в зарубежных странах используют различные фитогормоны для обработки от 50 до 80 % посевов всех сельскохозяйственных культур (Шаповал и др., 2008; Чумикина и др., 2021).

В настоящее время существенная роль в качестве показателей устойчивости растений к стрессам отводится ряду незаменимых аминокислот. Наиболее часто применяется глицин – клеточный метаболит, с низкой молекулярной массой и высокой степенью усвояемости быстро используется растениями для синтеза белков. Низкомолекулярные пептиды являются запасом медленно освобождающегося азота. Перемещаясь по растению, эти вещества стимулируют синтез белка и регулируют выработку растением собственных гормонов роста. Глицин существенно улучшает состояние посевов после действия стрессовых факторов (засуха, низкая или высокая температура, последствие пестицидов, интоксикация).

Нами изучено экзогенное комбинированное некорневого применение глицина и ИУК для направленного управления продукционным процессом укропа пахучего и кориандра посевного.

6.1 Урожайность плодов и масса 1000 плодов укропа пахучего и кориандра посевного в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами

С агрономической точки зрения большое значение имеют признаки, менее варьирующие под влиянием условий среды. К ним относится, прежде всего, масса 1000 плодов, которая является надёжным индикаторным показателем при учете урожайности. Масса 1000 плодов находится в зависимости, как от факторов внешней среды, так и от биологических особенностей сорта, в результате чего может варьировать в широких пределах.

В наших исследованиях масса 1000 плодов укропа в контрольном варианте в среднем составила у раннеспелого сорта Грибовский – 2,05 г, овощного направления Симфония – 1,38 г. Отмечено, что этот показатель у обоих изученных сортов был выше в вегетационный период 2019 г. (табл. 27).

Комбинированная некорневая обработка растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 25 мг/л в фазу бутонизации обеспечила наибольшую массу 1000 плодов укропа: у сорта Грибовский – 2,14 г, Симфония – 1,40 г, что на 0,09 и 0,02 г соответственно больше по сравнению с контролем. Также в варианте некорневой обработки растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 10 мг/л в фазу бутонизации способствовала формированию максимальной массы 1000 плодов укропа сорта Симфония – 1,42 г против 1,38 г в контроле.

Отмечено существенное снижение массы 1000 плодов у обоих испытанных сортов при некорневой обработке растений глицином в концентрации 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 50 мг/л в фазу бутонизации, а также глицином в концентрации 10 мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ нормой 2 мл/л в фазу бутонизации.

Таблица 27 - Масса 1000 плодов укропа пахучего в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А				Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат, норма расхода	фаза растения	препарат, норма расхода	фаза растения		Грибовский	Симфония
Контроль – без обработки				2019	2,60	1,45
				2020	1,80	1,35
				2021	1,74	1,33
				среднее	2,05	1,38
Глицин, 10 мг/л	розетка листьев	ИУК-ГФ, 10 мг/л	бутонизация	2019	2,40	1,45
				2020	1,93	1,45
				2021	1,72	1,35
				среднее	2,02	1,42
		ИУК-ГФ, 25 мг/л	2019	2,27	1,30	
			2020	2,27	1,47	
			2021	1,88	1,42	
			среднее	2,14	1,40	
		ИУК-ГФ, 50 мг/л	2019	1,88	1,13	
			2020	2,10	1,57	
			2021	1,58	1,18	
			среднее	1,85	1,29	
		ДваУ, 2 мл/л	2019	1,67	1,43	
			2020	1,87	1,22	
			2021	1,75	1,30	
			среднее	1,76	1,32	
НСР ₀₅	Фактор А				0,09	
	Фактор В				0,06	
	Фактор С				0,04	
	Взаимодействие АВ				0,19	
	Взаимодействие АС				0,14	
	Взаимодействие ВС				0,10	
	Взаимодействие АВС				0,28	

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа данных по массе 1000 плодов, представленные на рисунке 30, показали, что на изменчивость анализируемого признака оказывал влияние фактор сорта (61 %). Доля влияния фактора вегетации составила 5 %. При этом доля комбинированной некорневой обработки глицином и ауксинподобными препаратами в общем варьировании признака была на уровне 3 %. Вклад эффектов взаимодействия в изменчивость признака зафиксирован в порядке убывания: глицин + ауксин x год и глицин + ауксин x год x сорт (по 8 %), год x сорт (6 %), глицин + ауксин x сорт (2 %). Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов (основным из которых являлись глицин + ауксин x год и глицин + ауксин x год

х сорт) составлял 24 %. На долю случайного фактора приходилось 6 % изменчивости параметра массы 1000 семян).

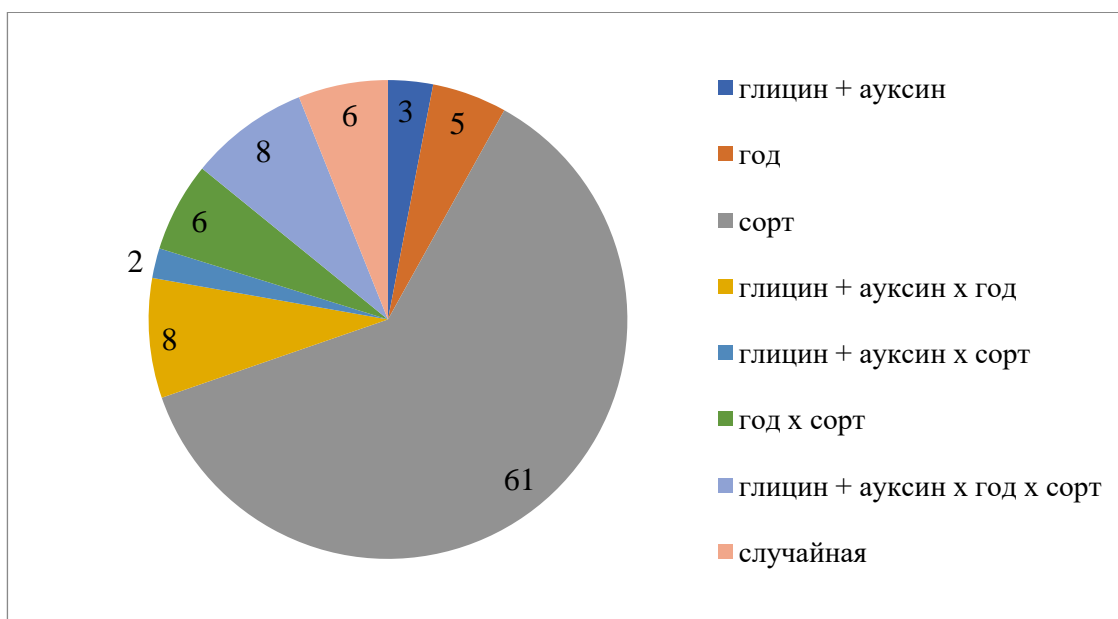


Рисунок 30 - Доля влияния факторов на показатель массы 1000 плодов укропа пахучего при комбинированной некорневой обработке растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

Во все годы исследований взаимосвязь между массой 1000 плодов и урожайностью незначительно варьировала по сортам и вариантам некорневой обработки экзогенными препаратами. В среднем по фактору А (некорневая обработка) наибольшая урожайность плодов укропа сорта Грибовский отмечена в варианте глицин 10 мг/л + ИУК-ГФ 25 мг/л и составила 1,23 т/га, что на уровне контрольного варианта при $НСР_{05}=0,11$ т/га по фактору А (табл. 28). У сорта Симфония максимальная урожайность отмечена в варианте глицин 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л и составила 1,06 т/га, что на 0,18 т/га больше по сравнению с контролем. Также некорневая обработка растений глицином 10 мг/л + ИУК-ГФ 10 и 25 мг/л обеспечила достоверное повышение урожайности на 0,14 т/га по сравнению с контролем. Доля влияния фактора А составила всего 4 % (рис.31).

Таблица 28 - Урожайность плодов укропа пахучего в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А				Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат, норма расхода	фаза растения	препарат, норма расхода	фаза растения		Грибовский	Симфония
Контроль – без обработки				2019	1,18	1,00
				2020	1,12	0,91
				2021	1,10	0,74
				среднее	1,13	0,88
Глицин, 10 мг/л	розетка листьев	ИУК-ГФ, 10 мг/л	бутонизация	2019	1,22	1,02
				2020	1,19	1,03
				2021	1,19	1,01
				среднее	1,20	1,02
		ИУК-ГФ, 25 мг/л	2019	1,25	1,08	
			2020	1,27	1,04	
			2021	1,16	0,93	
			среднее	1,23	1,02	
		ИУК-ГФ, 50 мг/л	2019	1,23	1,13	
			2020	1,19	0,98	
			2021	1,11	0,80	
			среднее	1,18	0,97	
		ДваУ, 2 мл/л	2019	1,17	1,11	
			2020	1,17	1,11	
			2021	1,19	0,96	
			среднее	1,18	1,06	
НСР ₀₅	Фактор А				0,11	
	Фактор В				0,07	
	Фактор С				0,05	
	Взаимодействие АВ				0	
	Взаимодействие АС				0	
	Взаимодействие ВС				0	
	Взаимодействие АВС				0	

Максимальный вклад в изменчивость показателя урожайности плодов укропа огородного внес сорт (44 %). Доля влияния фактора года составила 8 %, комбинированной некорневой обработки – 4 %. Нами не отмечено вклада взаимодействия факторов на изменчивость показателя урожайности. Доля случайного фактора составила 44 %.

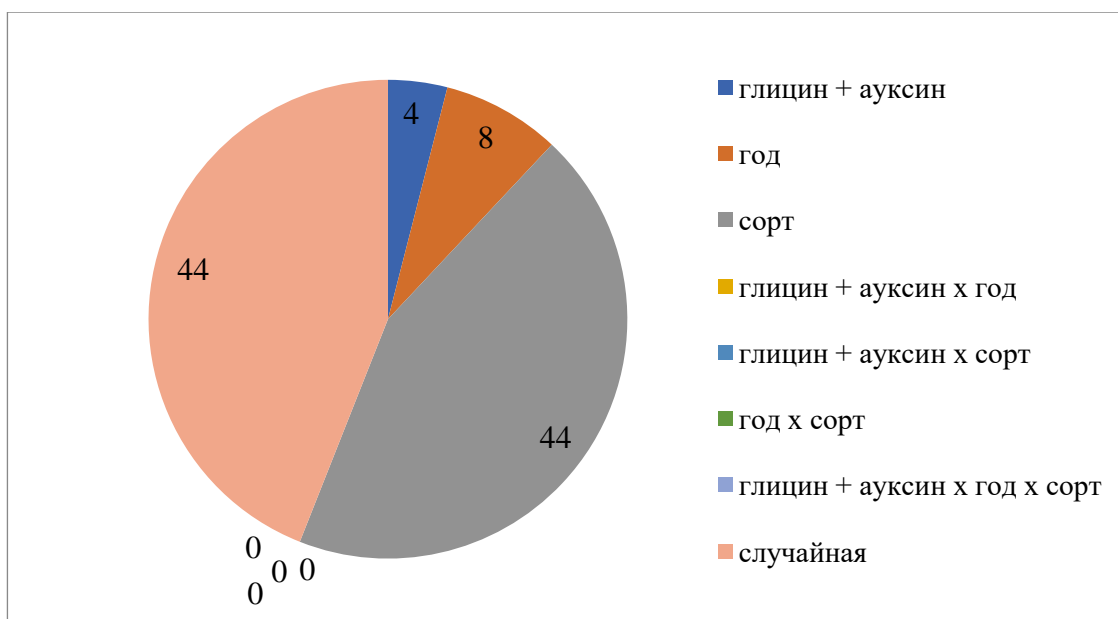


Рисунок 31 - Доля влияния факторов на показатель урожайности плодов укропа при комбинированной некорневой обработке растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

На урожайность кориандра в основном влияет масса 1000 плодов (Nadian et al., 2010; Szempliński, Nowak, 2015). В наших исследованиях в среднем за 3 года исследования максимальный показатель массы 1000 плодов отмечен у сорта Янтарь (8,48 г против 8,01 г в контроле) в варианте комбинированного применения глицина 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ 10 мг/л в фазе бутонизации, у сорта Авангард (10,5 г против 10,33 г в контроле) – при применении глицина 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ 25 мг/л в фазе бутонизации (табл. 29).

Статистическая обработка экспериментальных данных показала, что в формировании массы 1000 плодов кориандра посевного определяющую роль играли генотип и погодные условия. На их долю приходилось соответственно 43 и 23 % от общего варьирования массы 1000 плодов. На долю влияния комбинированной некорневой обработки приходилось всего 1 %. На долю взаимодействия изучаемых факторов приходилось 30 %, случайного фактора - 3 % изменчивости показателя урожайности плодов (рис.32).

Таблица 29 - Масса 1000 плодов кориандра посевного в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А				Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат, норма расхода	фаза растения	препарат, норма расхода	фаза растения		Янтарь	Авангард
Контроль – без обработки				2019	6,77	9,37
				2020	8,63	12,35
				2021	8,63	9,27
				среднее	8,01	10,33
Глицин, 10 мг/л	розетка листьев	ИУК-ГФ, 10 мг/л	бутонизация	2019	7,87	8,95
				2020	8,72	11,92
				2021	8,85	9,35
				среднее	8,48	10,07
		ИУК-ГФ, 25 мг/л		2019	7,90	9,58
				2020	8,87	12,20
				2021	7,95	9,72
				среднее	8,24	10,50
	ИУК-ГФ, 50 мг/л	2019	8,40	8,38		
		2020	8,38	11,58		
		2021	8,15	8,72		
		среднее	8,31	9,56		
	ДваУ, 2 мл/л	2019	7,92	9,18		
		2020	8,03	12,53		
		2021	8,25	9,43		
		среднее	8,07	10,38		
НСР ₀₅	Фактор А				0,26	
	Фактор В				0,17	
	Фактор С				0,12	
	Взаимодействие АВ				0,55	
	Взаимодействие АС				0,42	
	Взаимодействие ВС				0,29	
	Взаимодействие АВС				0,83	

Урожайность плодов кориандра значительно различалась между тремя годами исследований (табл. 30). Это свидетельствует о том, что урожайность обусловлена ходом погодных условий в данный период вегетации растений. На высокую изменчивость урожайности плодов кориандра также указывали другие исследователи (Carrubba et al., 2006, 2009; Zheljazkov et al., 2008).

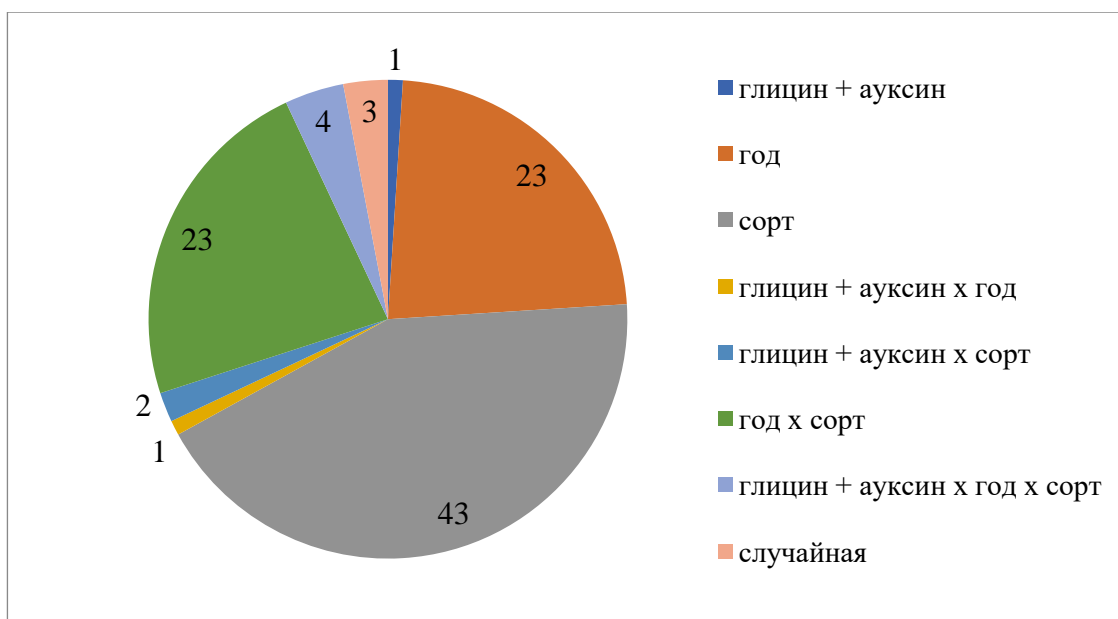


Рисунок 32 - Доля влияния факторов на показатель массы 1000 плодов кориандра посевного при комбинированной некорневой обработке растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

В контроле самая высокая урожайность плодов получена в 2019 г.: у сорта Янтарь – 1,56 т/га, Авангард – 1,81 т/га. В два других сезона урожайность плодов кориандра была значительно ниже: 1,50 и 1,80 т/га в 2020 г. и 1,04 и 1,21 т/га в 2021 г. соответственно. Современные исследования показывают, что кориандр реагирует на влажность и условия влажности во время роста, что сказывается на урожайности плодов. В исследовании, проведенном на Сицилии, Carrubba et al. (2006) продемонстрировали очень значимую корреляцию между урожайностью кориандра и количеством осадков в течение вегетационного периода. По сравнению с урожайностью плодов кориандра 0,87 т/га при общем количестве осадков 200 мм, более обильные осадки, такие как 420 и 505 мм, позволили увеличить урожайность до 1,71 и 2,13 т/га, т.е. на 97 и 145% выше соответственно (Szempliński, Nowak, 2015). Rzekanowski et al. (2008) добились наибольшей урожайности плодов кориандра (1,75 т/га) при сумме естественных осадков и сезонной поливной нормы, равной от 350 до 450 мм.

Таблица 30 - Урожайность плодов кориандра посевного в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, г (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта – фактор А				Год – фактор В	Сорт – фактор С	
препарат, норма расхода	фаза растения	препарат, норма расхода	фаза растения		Янтарь	Авангард
Контроль – без обработки				2019	1,56	1,81
				2020	1,50	1,80
				2021	1,04	1,21
				среднее	1,13	1,61
Глицин, 10 мг/л	розетка листьев	ИУК-ГФ, 10 мг/л	бутонизация	2019	1,76	1,99
				2020	1,76	1,99
				2021	1,16	1,31
				среднее	1,56	1,76
		ИУК-ГФ, 25 мг/л		2019	1,61	2,01
				2020	1,61	2,01
				2021	1,10	1,18
				среднее	1,44	1,73
	ИУК-ГФ, 50 мг/л	2019	1,61	1,93		
		2020	1,61	1,93		
		2021	1,04	1,09		
		среднее	1,42	1,65		
	ДваУ, 2 мл/л	2019	1,69	2,04		
		2020	1,69	2,04		
		2021	1,09	1,14		
		среднее	1,49	1,74		
НСР ₀₅	Фактор А				0,08	
	Фактор В				0,05	
	Фактор С				0,03	
	Взаимодействие АВ				0	
	Взаимодействие АС				0	
	Взаимодействие ВС				0,08	
	Взаимодействие АВС				0	

Максимальная урожайность плодов кориандра у обоих изученных сортов отмечена при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 10 мг/л в фазе бутонизации: сорта Янтарь – 1,56 т/га, Авангард – 1,76 т/га, что существенно выше на 0,43 т/га и на 0,15 т/га соответственно по сравнению с контролем. Также у сорта Авангард максимальную урожайность плодов обеспечил вариант глицин в концентрации 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ (25 мг/л) в фазе бутонизации (1,73 т/га), а также глицин нормой 10

мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ в концентрации 2 мл/л в фазе бутонизации (1,74 т/га).

В среднем за годы исследований влияние изучаемых факторов на урожайность плодов кориандра определялось в основном их действием. Вклад фактора год в изменчивость показателя урожайности плодов составил 74 %, сорта – 15 % (рис. 33). Взаимодействие выявлено у факторов год x сорт (5 %) и глицин + ауксин x сорт (4 %). Исследования Кауа et al. (2000) и Inan et al. (2014) также констатируют, что различия в значениях урожайности могут быть связаны с взаимодействием генотип × среда.

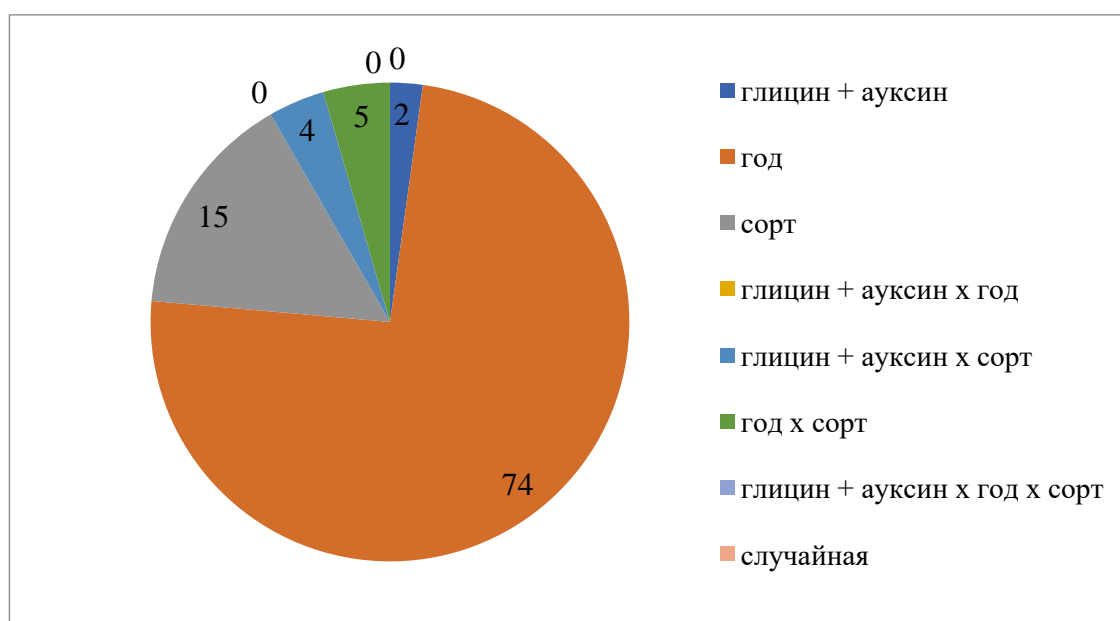


Рисунок 33 - Доля влияния факторов на показатель урожайности плодов кориандра посевного при комбинированной некорневой обработке растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

Таким образом, у укропа максимальный вклад в изменчивость показателя урожайности внес генотип (44 %), доля влияния фактора года составила 8 %. Не выявлено влияния взаимодействия факторов на изменчивость показателя урожайности плодов. У кориандра вклад фактора год в изменчивость показателя урожайности составил 74 %, сорта – 15 %. Взаимодействие выявлено у факторов год x сорт (5 %) и глицин + ауксин x сорт (4 %).

6.2 Содержание и сбор эфирного масла и основных его компонентов укропа пахучего и кориандра посевного от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами

В ранних работах исследован компонентный состав эфирного масла плодов растений укропа пахучего, выращенных с использованием регуляторов роста: органо-минерального препарата Идеал и стероидного фитогормона (24-эпибрассинолид) Эпин-экстра. Выход эфирного масла из семян при некорневой обработке препаратом Идеал составил 4,16 %, Эпин-экстра – 3,08 % против 2,64 % в контроле. При этом в эфирном масле возросло содержание лимонена (в 1,7–1,9 раза) и снизилось карвона (в 1,1 раз). Применение препарата Эпин-экстра вызвало более существенные изменения содержания мажорных компонентов эфирного масла растений укропа (Шелепова, Хуснетдинова, 2016).

В наших исследованиях в среднем за 3 года исследований значительное накопление эфирного масла отмечено при комбинированной некорневой обработке растений глицином в концентрации 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ 10 мг/л в фазе бутонизации: сорта Янтарь – 5,38 %, Авангард – 5,08 %, что существенно выше на 0,64 и на 0,63 % соответственно по сравнению с контролем. Также выявлено существенное увеличение накопления эфирного масла при комбинированной некорневой обработке растений глицином в концентрации 10 мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ (2 мл/л) в фазе бутонизации: сорта Янтарь – 5,28 %, Авангард – 5,46 %, что существенно выше на 0,54 и на 1,01 % соответственно по сравнению с контролем (рис.34) (Почуев, Романова, 2022). Эти данные согласуются с исследованиями по динамике продуктивности эфиромасличных растений при применении регуляторов роста (Пушкина и др., 2010).

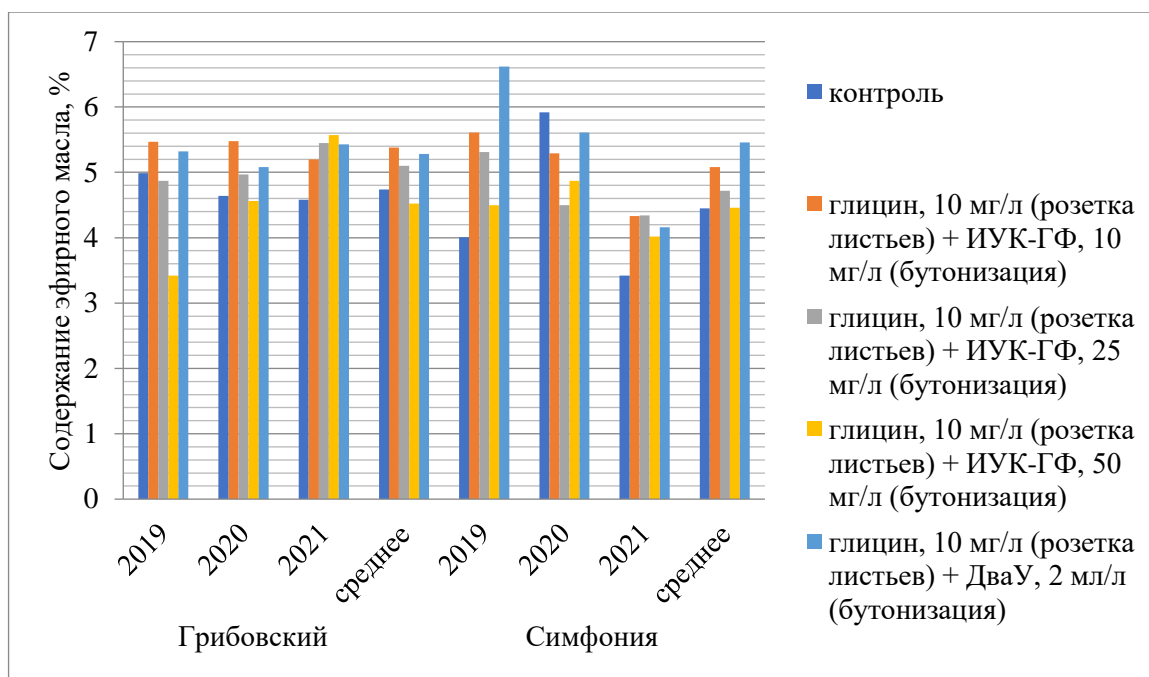


Рисунок 34 - Содержание эфирного масла в плодах укропа пахучего в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

Анализ долевого влияния различных факторов и их взаимодействия на изменение содержания эфирного масла укропа показал, что доля влияния фактора глицин + ауксин составила 11 %, года - 4 %, а генотипа – 1 %. При этом значительную роль в изменчивости показателя содержания эфирного масла сыграли взаимодействия факторов: глицин + ауксин x сорт (31 %), год x сорт (20 %), глицин + ауксин x год (16 %), глицин + ауксин x год x сорт (16 %). Долю влияния случайного фактор на изменчивость показателя содержания эфирного масла в плодах укропа не отмечено (табл. 31, рис. 35).

Сбор эфирного масла с единицы площади напрямую связан с урожайностью плодов и содержанием эфирного масла. В исследованиях прослеживается положительная тенденция эффективности оптимальных концентраций препаратов и на сбор эфирного масла с единицы площади. В среднем за 3 года исследований комбинированная некорневой обработка растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 10 мг/л в фазе бутонизации способствовала наибольшему сбору эфирного

масла: сорта Грибовский – 64,6 кг/га, Симфония – 51,8 кг/га, что существенно выше на 11,0 кг/га и на 12,6 кг/га соответственно по сравнению с контролем.

Таблица 31 – Дисперсионный анализ влияния факторов и их взаимодействия на изменение содержания эфирного масла плодов укропа в системе трехфакторного опыта

Фактор	SS	df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	P, %	HCP ₀₅
Общая	77,98	119	-	1,224	-	-	-	-	-
Фактор А	14,16	4	3,54	0,139	17,88	2,47	3,55	11	0,35
Фактор В	4,45	2	2,23	0,051	11,24	3,09	4,85	4	0,23
Фактор С	0,83	1	0,83	0,011	4,19	3,98	6,92	1	0,16
Взаимодействие АВ	14,32	8	1,79	0,199	9,05	2,05	2,72	16	0,76
Взаимодействие АС	1,29	4	0,32	0,000	1,63	2,47	3,55	31	0,00
Взаимодействие ВС	15,78	2	7,89	0,385	39,87	3,11	4,85	20	0,40
Взаимодействие ABC	9,33	8	1,17	0,242	5,89	2,05	2,72	16	1,13
Случайная	17,81	90	0,20	0,198	-	-	-	0	-

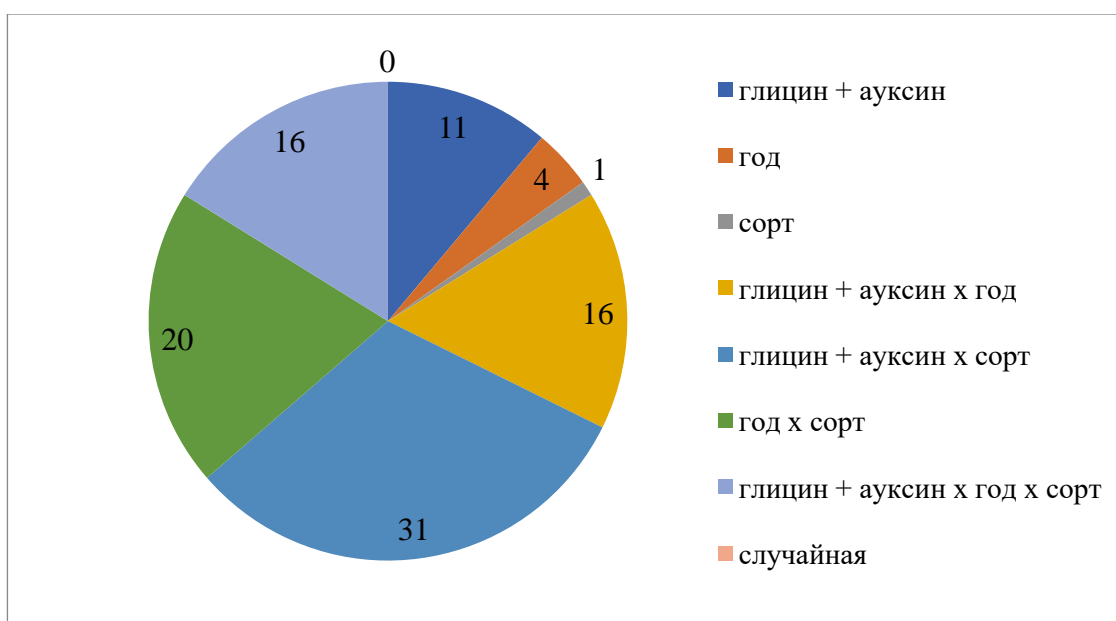


Рисунок 35 - Доля влияния факторов на показатель сбора эфирных масел укропа пахучего при комбинированной некорневой обработке растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

Также выявлено существенное увеличение сбора эфирного масла при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ нормой 2 мл/л в фазе бутонизации: сорта Грибовский – 62,3 кг/га, Симфония – 57,9 кг/га, что существенно выше на 8,7 и на 18,7 кг/га соответственно по сравнению с контролем (рис. 36). Эти данные

согласуются с исследованиями по динамике продуктивности эфиромасличных растений при применении регуляторов роста (Пушкина и др., 2010).

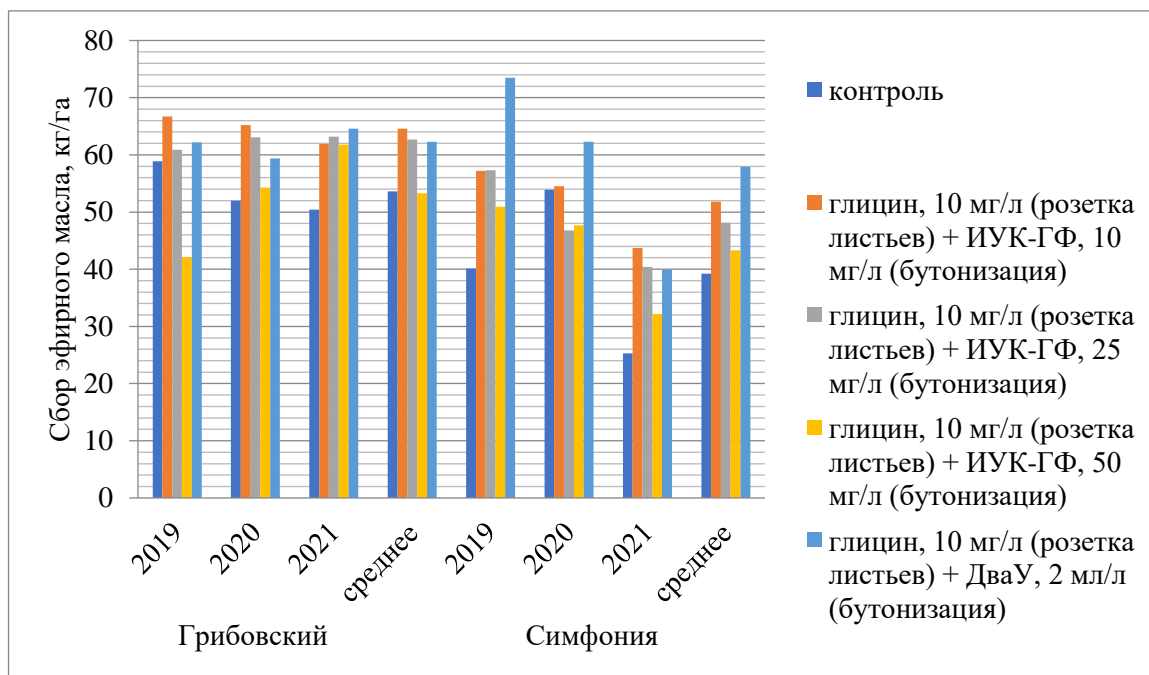


Рисунок 36 - Сбор эфирного масла плодов укропа пахучего в зависимости от некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, кг/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

В целом, на укропе сорта Грибовский при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 10 мг/л в фазе бутонизации сбор эфирного масла увеличился в 1,21 раза, сорта Симфония при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ нормой 2 мл/л в фазе бутонизации – в 1,48 раза по сравнению с контролем.

Результаты ГХ-МС анализа эфирных масел из плодов укропа показал, что у сорта Грибовский при комбинированной некорневой обработке отмечено снижение основного компонента – карвона на 7,8-8,9 % по сравнению с контролем. Напротив, у сорта Симфония содержание карвона увеличивалось на 13,7-17,0 %. Отмечено, что применение глицина 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л способствовало у сорта Симфония повышению содержания карвона на 17 % по сравнению с контролем и на 3,3 % по сравнению с глицин 10 мг/л + ИУК-ГФ 50 мг/л (табл. 32).

Таблица 32 - Результаты ГХ-МС анализа эфирных масел плодов укропа пахучего в зависимости от комбинированной некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

RI	Название	Грибовский			Симфония		
		глицин, 10 мг/л + ДваУ, 2 мл/л	глицин, 10 мг/л + ИУК-ГФ, 50 мг/л	контроль	глицин, 10 мг/л + ДваУ, 2 мл/л	глицин, 10 мг/л + ИУК-ГФ, 50 мг/л	контроль
975	β -Мирцен	0,14	0,14	0,12	0,18	0,21	0,21
1005	Цимен	0,15	0,05	-	0,05	0,19	0,05
1014	Лимонен	44,27	43,56	39,39	43,24	44,56	51,49
1083	Линаоол	0,13	0,11	0,13	0,49	0,12	0,17
1172	α -Терпинеол	0,11	0,12	-	0,12	-	0,06
1217	Карвон	53,62	54,31	58,88	54,82	53,28	46,86

Обратная тенденция нами отмечено в накоплении лимонена. У сорта Грибовский при комбинированной некорневой обработке отмечено увеличение лимонена на 10,6-12,4 % по растению с контролем. Напротив, у сорта Симфония содержание лимонена снизилось на 13,5-16,0 %. Отмечено, что применение глицина 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л способствовало у сорта Грибовский повышению содержания лимонена на 12,4 % по сравнению с контролем и на 1,8 % по сравнению с глицин 10 мг/л + ИУК-ГФ 50 мг/л.

Ценность плодов кориандра для переработки зависит от содержания и химического состава эфирного масла (Telci et al., 2006; Burdock, Carabin, 2009). В нашем исследовании, как и в отчетах других исследователей (Gil et al., 2002; Rzekanowski et al., 2007; Zheljaskov et al., 2008; Zawislak, 2011), содержание масла кориандра в семенах варьировало от года к году, что, очевидно, было связано с изменением погодных условий. Исследования Szempliński, Nowak (2015) показали, что при температуре воздуха в период вегетации растений 14,9°C и сумме осадков 224,3 мм содержание эфирного масла составило 1,50 %, что на 0,43 % выше по сравнению с более теплым и влажным периодом (средняя температура 15,5°C, осадки 398,0 мм, что составило 59% при формировании плодов). Значительное влияние осадков на содержание эфирного масла в плодах кориандра также подразумевают Rzekanowski et al. (2007), которые пришли к выводу, что содержание эфирного масла было

значительно выше в плодах орошаемых растений (1,78 %), чем в контроле (1,53 %).

На кориандре сорта Янтарь при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ с концентрацией 50 мг/л в фазе бутонизации содержание эфирного масла в плодах составила 2,04 % против 1,58 % в контроле (прибавка на 0,46 %). На сорте Авангард при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ нормой 2 мл/л в фазе бутонизации этот показатель был на уровне 1,43 % против 1,01 % в контроле (прибавка на 0,42 %) (рис. 37). Наши результаты по содержанию эфирного масла кориандра согласуются с данными других авторов. В зависимости от анализируемых факторов сообщаемое содержание эфирного масла кориандра колебалось от 0,20 до 2,83% (Stoyanova et al., 2002; Telci et al., 2006; Rzekanowski et al., 2007; Kucharski, Mordalski, 2008; Asgarpanah, Kazemivash, 2012).

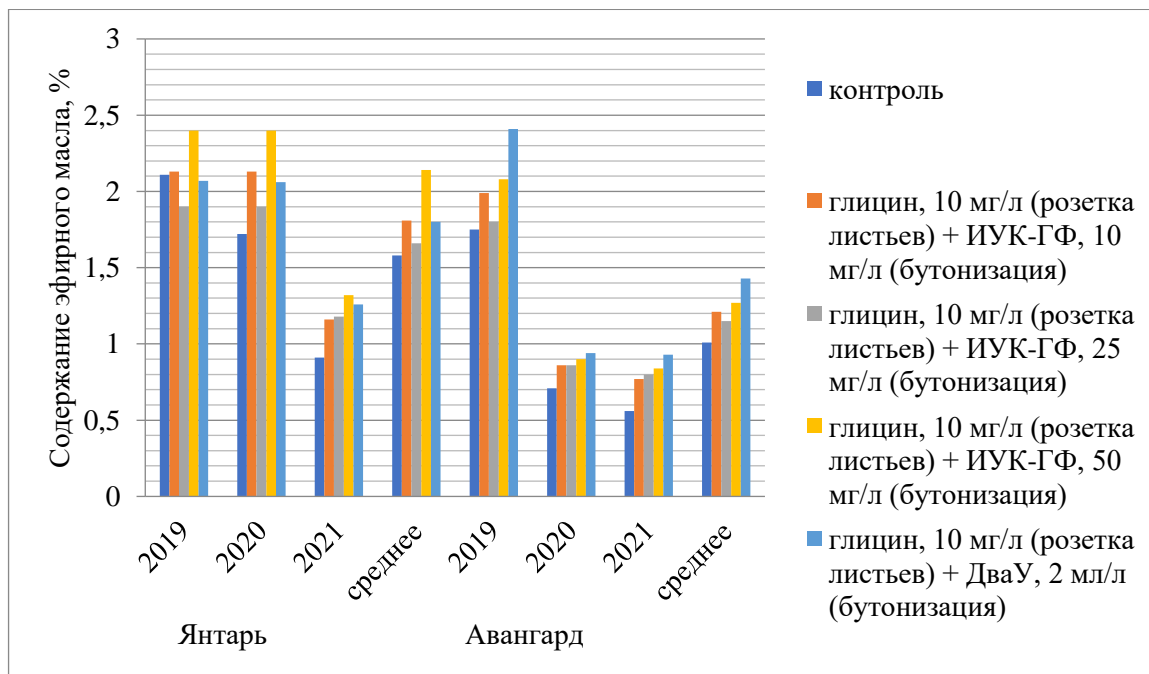


Рисунок 37 - Содержание эфирного масла в плодах кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

В отдельные годы приведенных опытов процентное содержание эфирного масла в плодах кориандра колебалось от 0,65 до 2,20 % (Zheljazkov et al., 2008), от 1,87 до 2,33 % (Zawiślak, 2011) или от 0,28 до 0,50 % (Telci et al., 2006). Эти различия могли быть связаны с разными генотипами плодов кориандра, использованными в экспериментах.

Проведенный трехфакторный дисперсионный анализ показал, что на изменение содержания эфирного масла существенный вклад внес фактор года (44 %). Доля влияния фактора генотипа составила 23 %, глицин + ауксин – 3 %. Отмечен существенный вклад взаимодействия факторов глицин + ауксин x сорт (23 %) в изменчивость содержания эфирного масла. Суммарный вклад всех форм взаимодействия факторов составил 29 % (табл. 33, рис.38).

Таблица 33 – Дисперсионный анализ влияния факторов и их взаимодействия на изменение содержания эфирного масла плодов кориандра в системе трехфакторного опыта

	SS	df	ms	σ^2	F	F ₀₅	F ₀₁	P, %	HCP ₀₅
Общая	46,31	119	-	0,673	-	-	-	-	-
Фактор А	2,09	4	0,52	0,020	14,47	2,47	3,55	3,0	0,15
Фактор В	23,90	2	11,95	0,298	330,40	3,09	4,85	44,3	0,10
Фактор С	9,48	1	9,48	0,157	261,94	3,98	6,92	23,4	0,07
Взаимодействие АВ	0,39	8	0,05	0,000	1,36	2,05	2,72	1,1	0,00
Взаимодействие АС	0,50	4	0,13	0,007	3,47	2,47	3,55	22,8	0,25
Взаимодействие ВС	6,21	2	3,11	0,154	85,88	3,11	4,85	5,4	0,17
Взаимодействие АВС	0,48	8	0,06	0,000	1,64	2,05	2,72	0,0	0,00
Случайная	3,26	90	0,04	0,036	-	-	-	0,0	-

У сорта Янтарь при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 50 мг/л в фазе бутонизации сбор эфирного масла составила 29,0 кг/га против 17,9 кг/га в контроле (прибавка на 11,1 кг/га). Также в варианте ИУК-ГФ нормой 10 мг/л прибавка была на уровне 10,3 кг/га.

На сорте Авангард при комбинированной некорневой обработке растений глицином в концентрации 10 мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ - 2 мл/л в фазе бутонизации этот показатель был на уровне 24,9 кг/га против 16,3

кг/га в контроле (прибавка на 8,6 кг/га). Следует отметить, что на этом сорте эффект между другими вариантами равнозначен (рис. 39).

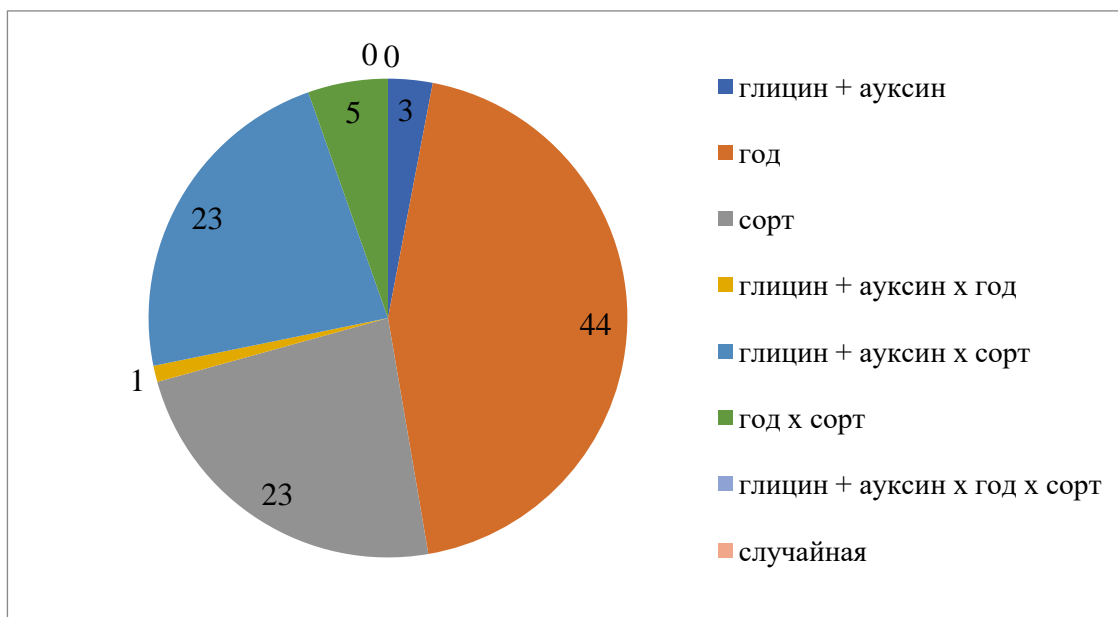


Рисунок 38 - Доля влияния факторов на показатель сбора эфирных масел кориандра посевного при комбинированной некорневой обработке растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг.)

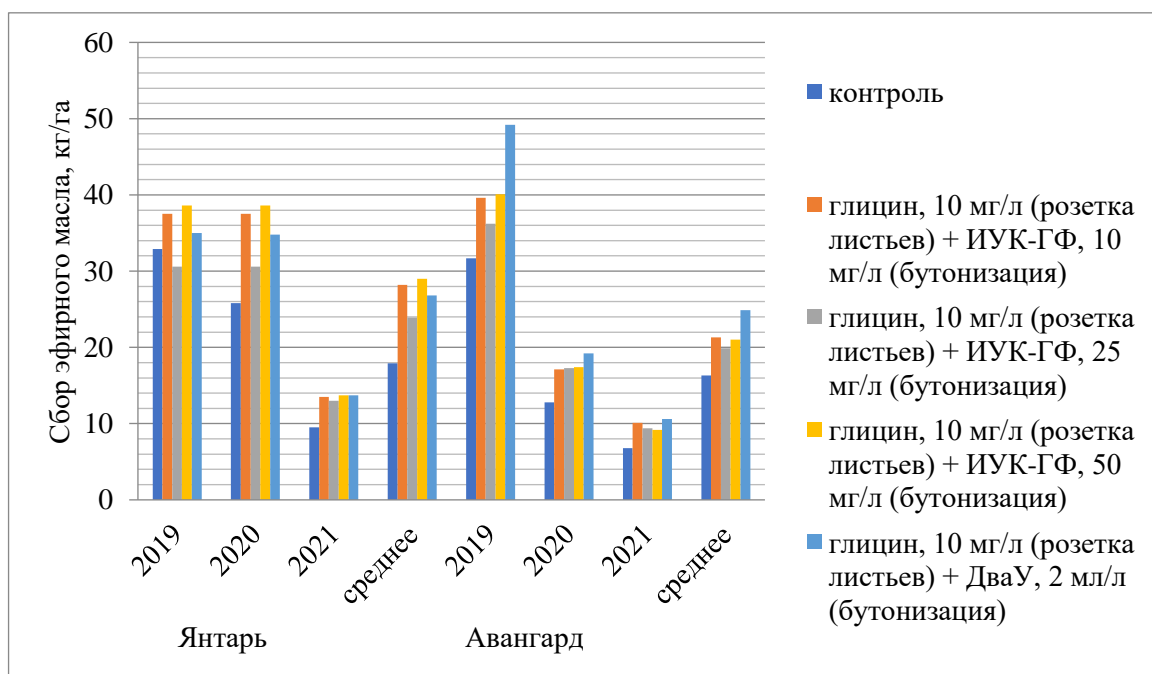


Рисунок 39 - Сбор эфирного масла в плодах кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, кг/га (2019-2021 гг., Липецкая область)

Анализ фракционного состава показал, что из 17 определяемых химических веществ линалоол был основным компонентом химического профиля эфирного масла кориандра. Линалоол составлял более 84 % всех выделенных химических веществ (табл. 34).

Таблица 34 - Результаты ГХ-МС анализа эфирных масел из плодов кориандра посевного в зависимости от некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами, % (2019-2021 гг., Липецкая область)

RI	Название	Авангард			Янтарь		
		глицин, 10 мг/л + ДваУ, 2 мл/л	глицин, 10 мг/л + ИУК- ГФ, 50 мг/л	контроль	глицин, 10 мг/л + ДваУ, 2 мл/л	глицин, 10 мг/л + ИУК- ГФ, 50 мг/л	контроль
929	α -Пинен	0,31	0,34	0,34	1,2	1,05	1,02
939	Камфен	0,06	0,16	0,05	0,43	0,07	0,19
964	β -Пинен		0,08		0,32	0,05	0,07
975	β -Мирцен	0,08	0,11	-	0,29	0,09	0,13
1005	Цимен	0,21	0,16	0,09	0,33	0,1	0,19
1014	Лимонен	0,18	0,49	0,11	0,66	0,39	0,53
1045	γ -Терпинен	0,87	1,25	0,58	1,27	0,71	1,12
1083	Линалоол	88,13	87,24	88,04	85,6	84,87	84,86
1120	Камфор	4,45	4,74	4,44	5,36	5,48	5,71
1149	Борнеол	0,07	0,11	0,06	0,13	0,14	0,13
1158	Ментол	0,09	0,14	0,23	0,13	0,09	-
1162	4-Терпинеол	0,11	0,12	0,19	0,1	0,06	-
1172	α -Терпинеол	0,23	0,29	0,26	0,24	0,24	0,26
1217	Карвон	0,98	1,05	0,6	1,65	0,47	0,29
1236	Нерол	2,8	2,83	2,87		1,68	1,94
1363	Нерол ацетат	1,89	2,79	1,95	3,05	2,94	3,42
1417	β -Кариофиллен	0,08	0,06	0,18	-	-	-

Аналогичное содержание линалоола было определено Carrubba et al. (2009) в эфирном масле кориандра, извлеченном из растений, выращенных на Сицилии, и его количество было значительно выше в самый теплый и влажный сезон вегетации растений. Содержание линалоола в эфирном масле кориандра составляет от 33,7 до 87,5% (Misharina, 2001; Gil et al., 2002; Telci et al., 2006; Msaada et al., 2007; Zheljazkov et al., 2008; Zawislak, 2011). Это соединение отвечает за характерный аромат масла кориандра (Carrubba et al., 2006). Carrubba et al. (2009) продемонстрировали, что содержание линалоола и

других основных компонентов кориандрового масла значительно варьировалось между годами экспериментов.

Результаты ГХ-МС анализа эфирных масел плодов кориандра показали, что у сорта Авангард содержание основного компонента – линаола было максимальным при комбинированной некорневой обработке растений глицином 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л и составило 88,13 % против 88,04 % в контроле. Отмечено снижение этого показателя при применении глицина 10 мг/л + ИУК-ГФ 50 мг/л на 0,8 % по сравнению с контролем и на 0,89 % по сравнению с глицином 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л.

У сорта Янтарь содержание линаола было максимальным также при комбинированной некорневой обработке растений глицином 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л и составило 85,6 %, что на 0,74 % больше по сравнению с контролем и на 0,73 % по сравнению с глицин 10 мг/л + ИУК-ГФ 50 мг/л. Эффект от действия глицина 10 мг/л + ИУК-ГФ 50 мг/л на содержание линаола равнозначен контрольному варианту.

6.3. Заключение

В этой главе проанализировали интерактивную роль экзогенного комбинированного применения глицина и ауксинподобных препаратов на сбор эфирного масла плодов укропа пахучего и кориандра посевного, целенаправленно стимулируя метаболические процессы в необходимом для конечного результата направлении. Максимальная прибавка сбора эфирного масла укропа сорта Грибовский (11,0 кг/га) выявлена при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ нормой 10 мг/л в фазе бутонизации; сорта Симфония (18,7 кг/га) - при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ДваУ нормой 2 мл/л в фазе бутонизации. Комбинированная некорневая обработка глицином 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л привела у сорта Симфония к повышению содержания карвона на 17 % по сравнению с контролем.

Максимальная прибавка сбора эфирного масла кориандра сорта Янтарь (11,1 кг/га) отмечена при комбинированной некорневой обработке растений глицином нормой 10 мг/л в фазе розетки листьев и ИУК-ГФ при концентрации раствора 50 мг/л в фазе бутонизации; сорта Авангард (8,6 кг/га) – при комбинированной некорневой обработке растений глицином (10 мг/л) в фазе розетки листьев и ДваУ (2 мл/л) в фазе бутонизации. Комбинированная некорневой обработка растений глицином 10 мг/л + ДваУ 2 мл/л обеспечила повышению содержания линаоола в испытанных сортах на 0,09-0,74 % по сравнению с контролем.

ГЛАВА 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОРНЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГЛИЦИНА И АУКСИНОПОДОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА РАСТЕНИЯХ *CORIANDRUM SATIVUM* И *ANETHUM GRAVEOLENS*

Разработанные элементы технологии возделывания укропа пахучего и кориандра посевного направлены на получение стабильных урожаев высококачественного эфиромасличного сырья и повышение адаптивности культуры к неблагоприятным погодным условиям. Однако при разработке приемов возделывания той или иной эфиромасличной культуры необходимо принимать во внимание требования экономической целесообразности. Для этого необходимо провести экономическую оценку, позволяющую определить эффективность разработанных мероприятий.

7.1 Анализ эффекта некорневой обработки растений глицином и ауксинподобными препаратами на сбор эфирного масла

Анализ эффективности некорневого применения глицина и ауксинподобных препаратов показал, что максимальный сбор эфирного масла плодов укропа пахучего сорта Грибовский обеспечили глицин 10 мг/л (розетка листьев + бутонизация) и глицин 10 мг/л (розетка листьев), что на 25,4 и 25,8 % больше по сравнению с контролем; для сорта Симфония - глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ДваУ 2 мл/л (бутонизация), что на 47,7 % больше по сравнению с контролем (табл. 35).

На кориандре посевном сорта Янтарь максимальный сбор эфирного масла отмечено в варианте глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ИУК-ГФ 50 мг/л (бутонизация), что на 62,0 % больше контрольного варианта; сорта Авангард - Глицин 100 мг/л (розетка листьев), что на 65,2 % больше контрольного варианта (табл. 36).

Таблица 35 – Эффект некорневой обработки растений глицином и ауксинподобными препаратами на сбор эфирного масла плодов укропа пахучего (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта	Сбор эфирного масла, кг/га	% к контролю	Сбор эфирного масла, кг/га	% к контролю
Грибовский			Симфония	
Глицин				
Контроль	65,0	100,0	73,5	100,0
Глицин 10 мг/л (розетка листьев)	81,5	125,4	83,6	113,7
Глицин 50 мг/л (розетка листьев)	64,4	99,1	83,9	114,1
Глицин 100 мг/л (розетка листьев)	65,7	101,1	99,0	134,7
Глицин 10 мг/л (розетка листьев + бутонизация)	81,8	125,8	86,7	118,0
ИУК				
Контроль	66,8	100,0	74,3	100,0
Два У, 1 мл/л (бутонизация)	71,6	107,2	90,2	121,4
Два У, 1 мл/л (бутонизация)	73,6	110,2	88,8	119,5
ИУК-ГФ 10 мг/л (бутонизация)	73,2	109,6	101,6	136,7
ИУК-ГФ 25 мг/л (бутонизация)	78,2	117,1	99,0	133,2
ИУК-ГФ 50 мг/л (бутонизация)	51,2	76,6	99,9	134,5

Глицин + ИУК				
Контроль	53,6	100,0	39,2	100,0
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ИУК-ГФ 10 мг/л (бутонизация)	64,6	120,5	51,8	132,1
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ИУК-ГФ 25 мг/л (бутонизация)	62,7	117,0	48,1	122,7
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ИУК-ГФ 50 мг/л (бутонизация)	53,3	99,4	43,3	110,5
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ДваУ 2 мл/л (бутонизация)	62,3	116,2	57,9	147,7

Таблица 36 – Эффект некорневой обработки растений глицином и ауксиновыми препаратами на сбор эфирного масла плодов кориандра посевного (2019-2021 гг., Липецкая область)

Вариант опыта	Сбор эфирного масла, кг/га	% к контролю	Сбор эфирного масла, кг/га	% к контролю
Янтарь			Авангард	
Глицин				
Контроль	21,6	100,0	16,4	100,0
Глицин 10 мг/л (розетка листьев)	21,0	97,2	17,4	106,1
Глицин 50 мг/л (розетка листьев)	24,1	111,6	16,2	98,8
Глицин 100 мг/л (розетка листьев)	24,6	113,9	27,1	165,2
Глицин 10 мг/л (розетка листьев + бутонизация)	27,3	126,4	21,0	128,1
ИУК				
Контроль	22,3	100,0	16,7	100,0
Два У, 1 мл/л (бутонизация)	26,1	117,0	18,8	112,6
Два У, 1 мл/л (бутонизация)	27,5	123,3	19,9	119,2
ИУК-ГФ 10 мг/л (бутонизация)	29,1	130,5	18,1	108,4
ИУК-ГФ 25 мг/л (бутонизация)	28,1	126,0	16,9	101,2
ИУК-ГФ 50 мг/л (бутонизация)	24,1	108,1	18,6	111,4

Глицин + ИУК				
Контроль	17,9	100,0	16,3	100,0
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ИУК-ГФ 10 мг/л (бутонизация)	28,2	157,5	21,3	130,7
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ИУК-ГФ 25 мг/л (бутонизация)	23,9	133,5	19,9	122,1
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ИУК-ГФ 50 мг/л (бутонизация)	29,0	162,0	21,0	128,8
Глицин 10 мг/л (розетка листьев) + ДваУ 2 мл/л (бутонизация)	26,8	149,7	24,9	152,8

Установлено, что максимальный сбор эфирного масла плодов укропа пахучего обеспечил для сорта Грибовский (81,8 кг/га) некорневая обработка глицином 10 мг/л (розетка листьев + бутонизация), Симфония (101,6 кг/га) - ИУК-ГФ 10 мг/л (бутонизация). Максимальный сбор эфирного масла плодов кориандра посевного обеспечил для сорта Янтарь (29,1 кг/га) - ИУК-ГФ 10 мг/л (бутонизация), Авангард (27,1 кг/га) - глицин 100 мг/л (розетка листьев).

В целом, для сбора эфирного масла укропа порядка 100 кг/га и выше целесообразно выращивать сорт Симфония, а кориандра 29 кг/га и выше – сорт Янтарь. При этом рекомендуется некорневая обработка растений в фазе бутонизации ИУК-ГФ нормой 10 мг/л.

Далее этот вариант опыта использовали для расчета экономической эффективности применения эндогенных препаратов с целью увеличения сбора эфирного масла укропа пахучего сорта Симфония и кориандра посевного сорта Янтарь.

Для расчета экономической эффективности выращивания эфиромасличного сырья укропа пахучего сорта Симфония и кориандра посевного сорта Янтарь использовали примерную технологическую карту выращивания кориандра посевного, изложенного в «Технологии выращивания традиционных и перспективных эфиромасличных культур в Республике Крым» (2020).

Расчет экономической эффективности разработанного агроприема показал, что в условиях Липецкой области выращивание укропа и кориандра на эфиромасличное сырье экономически выгодно. Рентабельность выращивания сырья укропа сорта Симфония составила 151,6 %, кориандра сорта Янтарь – 93,7 % (табл. 37).

Таблица 36 - Показатели экономической эффективности выращивания эфиромасличного сырья укропа пахучего сорта Грибовский и кориандра посевного сорта Янтарь при некорневой обработке растений ИУК-ГФ нормой 10 мг/л в фазе бутонизации

Показатель	Укроп пахучий Симфония	Кориандр посевной Янтарь
Урожайность сырья, т/га	1,08	1,47
Затраты на выращивание сырья, руб./га	64392	68305
Цена реализации 1 кг эфиромасличного сырья, руб./кг	150	90
Стоимость сырья с 1 га, руб./га	162000	132300
Прибыль с 1 га, руб./га	97608	63995
Рентабельность выращивания сырья с 1 га, %	151,6	93,7

Некорневая обработка растений укропа пахучего и кориандра посевного в фазу бутонизации ИУК-ГФ нормой 10 г/л является экономически оправданным агроприемом.

7.2. Производственная проверка научных разработок

Научные разработки в 2022 г. прошли производственную проверку в ООО «Растительное лекарственное сырье» Липецкой области (Данковский район, с. Баловнево) на суммарной площади 30 га. Некорневая обработка вегетирующих растений в фазе бутонизации ИУК-ГФ нормой 10 мг/л с расходом рабочей жидкости 300 л/га обеспечила сбор эфирного масла укропа пахучего сорта Симфония 99,7 кг/га и кориандра посевного сорта Янтарь 27,4 кг/га, что на 14,5 и 15,1 % больше по сравнению с контролем (Приложение А).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Некорневое опрыскивание раствором глицина в фазе розетки повышало урожайность плодов укропа пахучего на 17,6-18,6 %, кориандра посевного – на 8,1-17,9 %. Некорневая обработка ауксинподобными препаратами обеспечила увеличение урожайности плодов укропа на 23,4-29,1 %, кориандра – на 7,1-11,4 %. Комбинированная некорневая обработка растений глицином и ауксинподобными препаратами увеличивала урожайность плодов укропа на 8,8-20,5 %, кориандра – на 9,3-38,1 %.

2. Содержание эфирного масла в результате обработок в среднем за три года увеличивалось по сравнению с контролем: в результате обработки глицином у укропа на 0,53-0,91% и 0,15-0,54 %, после обработки ауксиновыми препаратами на 0,41-0,44% и 0,10-0,40 %, после совместного применения глицина (10 мг/) и ауксиновых препаратов в фазе бутонизации на 0,26-1,04 и 0,42-0,58 % соответственно.

3. На накопление эфирного масла в плодах укропа максимальное влияние оказал фактор «год» - 15 % при некорневой обработке ауксинами и 25 % при некорневой обработке глицином, а при комбинированном применении препаратов его доля составила лишь 4 %, вклад фактора «сорт» был только на уровне 1-3 %. Взаимодействие факторов «год» x «сорт» составило от 20 % (некорневая обработка глицином и/или глицином + ауксиновыми препаратами) до 32 % (некорневая обработка ауксиновыми препаратами), факторов «препарат» x «сорт» – от 9 % (некорневая обработка ауксинподобными препаратами) до 31 % (при комплексной обработке). Вклад взаимодействия факторов «препарат» x «год» x «сорт» в изменчивость содержания эфирного масла составил 16 %.

4. У кориандра посевного доля влияния фактор «год» в изменчивость содержания эфирного масла в плодах составила от 38 % (некорневая обработка ауксинподобными препаратами) до 49 % (некорневая обработка глицином). Вклад фактора «сорт» был от 12 % (некорневая обработка глицином) до 40 %

(некорневая обработка ауксинподобными препаратами). Вклад взаимодействия факторов «препарат» x «сорт» составил от 16 % (некорневая обработка ауксинподобными препаратами) до 23 % (некорневая обработка глицином и/или глицином + ауксинподобными препаратами).

5. Наибольший сбор эфирного масла плодов укропа пахучего сорта Грибовский (81,8 кг/га) обеспечила двухкратная некорневая обработка растений в фазе розетки листьев и бутонизации глицином в концентрации 10 мг/л, сорта Симфония (101,6 кг/га) - ИУК-ГФ 10 мг/л в фазе бутонизации. Максимальный сбор эфирного масла плодов кориандра посевного сорта Янтарь (29,1 кг/га) получен при некорневой обработке растений в фазе бутонизации ИУК-ГФ нормой 10 мг/л, сорта Авангард (27,1 кг/га) - глицином нормой 100 мг/л в фазе розетки листьев.

6. В результате обработки раствором глицина не отмечено изменения компонентного состава эфирного масла укропа и кориандра, в то же время при использовании ауксиновых препаратов у укропа отмечено снижение содержания карвона у сорта Грибовский с 66,79 до 56,36-58,88% и у сорта Симфония с 51,92 до 46,78 после обработки ИУК-гликольфосфатом.

7. Возделывание укропа и кориандра с применением элементов экзогенной регуляции продукционного процесса в условиях Липецкой области является экономически обоснованным. Рентабельность выращивания сырья при обработке в фазе бутонизации индолилуксусной кислотой-гликольфосфатом у укропа сорта Симфония составила 151,6 %, кориандра сорта Янтарь – 93,7 %.

Рекомендации по использованию результатов исследований

1. В качестве источника лекарственного сырья укропа огородного для условий Липецкой области следует рекомендовать сорт Грибовский, а у кориандра сорт Янтарь, которые продемонстрировали высокую адаптивность к условиям засухи, стабильно высокую урожайность, высокое содержание эфирного масла в сырье.

2. Для реализации адаптивного потенциала сортов и повышения продуктивности посевов рассмотреть вопрос о применении раствора аминокислоты Глицин в концентрации 10 мг/л в фазе розетки на культурах укропа и кориандра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31791 Эфирные масла и цветочно-травянистое эфиромасличное сырье. Технические условия.
2. ГОСТ ISO 3516-2018 Масло эфирное из плодов кориандра (*Coriandrum sativum* L.). Технические условия.
3. Бойко, Н.Н. Новая технология выделения эфирного масла из плодов укропа пахучего / Н.Н. Бойко, Д.И. Писарев, Е.Т. Жилиякова, А.Ю. Малютина, О.О. Новиков // Тонкие химические технологии. - 2019. - Т. 14. - № 2. - С. 33-40.
4. Бухаров, А.Ф. Морфометрические параметры семян коммерческих партий различных сортов укропа. Вестник Марийского государственного университета / А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, М.И. Иванова, А.Р. Бухарова, О.А. Деревенских // Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. - 2019. - Т. 5. - № 2 (18). - С. 145-149.
5. Бухаров, А.Ф. Вариабельность морфологических параметров семян в популяциях кориандра / А.Ф. Бухаров, В.А. Харченко, Н.А. Еремина // Овощи России. – 2021. - № 2. – С. 62-66.
6. Бушковская, Л.М. Применение регуляторов роста и микроудобрений при защите лапчатки белой от вредителей и болезней / Л.М. Бушковская, Г.П. Пушкина, А.Н. Сидельников // В сборнике: Инновационные технологии в АПК: теория и практика: сборник статей III Всеросс. науч.-практ. конф. - 2015. - С. 21-24.
7. Бушковская, Л.М. Эффективность нового полифункционального корнеобразователя "ДваУ" на лекарственных культурах / Л.М. Бушковская, Г.П. Пушкина, А.Н. Сидельников, Ф.М. Хазиева // В сборнике: Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. Материалы докладов участников 9-ой науч.-практ. конф. "Анапа-2016". Под редакцией В.Г. Сычева. - 2016. - С. 33-36.

8. Вакуленко, В.В. ДваУ – новый стимулятор корнеобразования / В.В. Вакуленко, А.В. Исачкин, В.А. Крючкова // Защита и карантин растений. – 2016. – № 3. – С. 41.
9. Вердыш, М.В. Развитие эфиромасличного производства в Крыму как перспективное направление диверсификации агропромышленного комплекса региона / М.В. Вердыш, А.А. Попова // Материалы XXIII междунар. науч.-практ. конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики». Симферополь: ИТ «Ариал», 2018. – С. 105-110.
10. Войткевич С.А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии / С. А. Войткевич. – М.: «Пищевая промышленность», 1999. – С. 212–213.
11. Демченко, Н.П. Анализ показателей импорта и экспорта эфирных масел Российской Федерацией / Н.П. Демченко, М.В. Вердыш, А.А. Попова, Н.Ю. Полякова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. - 2019. - Т. 5(71). - № 4. - С. 28-35.
12. Епифанцев, В.В. Особенности технологии выращивания семян укропа в условиях Амурской области / В.В. Епифанцев, О.А. Ковальчук, Л.И. Перепелкина // Дальневосточный аграрный вестник. - 2016 - № 4 (40). – С. 23-30.
13. Зуева, Е.В. Влияние Никосульфурона на изменения соотношения витаминов в укропе (*Anethum graveolens* L.) / Е.В. Зуева, Р.Ф. Байбеков, С.Л. Белопухов и др. // Земледелие. – 2020. - № 5. – С. 34-37.
14. Зыкова, И.Д. Компонентный состав эфирного масла плодов *Coriandrum sativum*, произрастающего в сибирском регионе / И.Д. Зыкова, А.А. Путинцева, А.А. Ефремов // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2014. - № 7. – С. 117-119.
15. Иванова, М.И. Кориандр на зелень / М.И. Иванова, А.И. Кашлева // Картофель и овощи. – 2016а. - № 6. - С. 10-11.

16. Иванова, М.И. Укроп на зелень / М.И. Иванова, А.И. Кашлева // Картофель и овощи. – 2016б. - № 9. - С. 18-20.
17. Караман, М.М. Экономическая эффективность производства эфиромасличных культур / М.М. Караман, И.П. Байрак, О.А. Макарова. - М.: ЦНИИТЭИ пищепром, 1979. - 27 с.
18. Касьянов, Г.И. Натуральные пищевые ароматизаторы – CO₂ экстракты / Г.И. Касьянов, А.В. Пехов, А.А. Таран. - М.: Пищевая промышленность, 1978. - 176 с.
19. Культурная флора СССР: Т.ХII. Листовые овощные растения / М.М. Гиренко, К.В. Иванова, Р.А. Комарова и др. – Л.: Агропромиздат, Ленинградское отд., 1988. – С. 158-208.
20. Маланкина, Е.Л. Использование ауксиновых регуляторов роста для повышения продуктивности кориандра посевного (*Coriandrum sativum* L.) в условиях Нечерноземной зоны РФ / Е.Л. Маланкина, Н.М. Пржевальский, Н.И. Кузнецов, П.Д. Денисов, А.П. Грязнов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 3. - С. 146-150.
21. Масло эфирное из плодов кориандра (*Coriandrum sativum* L.) Технические условия [ISO 3516:1997, Oil of coriander fruits (*Coriandrum sativum* L.), IDT]. 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: files.stroyinf.ru/Data2/1/4293735/4293735072.pdf (дата обращения 19.02.2022)
22. Мишнев, А.В. Крым как ключевой регион развития производства эфиромасличных растений / А.В. Мишнев, Н.В. Невкрытая, М.В. Вердыш, О.Б. Скипор, В.А. Золотилов, О.М. Золотилова / В книге: Научный и инновационный потенциал развития производства и переработки эфиромасличных и лекарственных растений Евразийского экономического союза. Симферополь, 2021. - С. 140-155.
23. Мустафаев, С.К. Выход и состав эфирного масла из расколотых плодов кориандра / С.К. Мустафаев, Т.В. Пелипенко, А.П. Усов, Е.А. Калиенко //

- Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2016. - № 118. - С. 827-839.
24. Мурашев, С.В. Стимулирующее действие глицина на формирование раневой перидермы в клубнях картофеля / С.В. Мурашев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2015. - № 40. - С. 33–37.
25. Невкрытая, Н.В. Анализ динамики накопления эфирного масла в растениях укропа для уточнения оптимальной стадии переработки сырья / Н.В. Невкрытая, Э.Д. Аметова, М.П. Марченко, И.Л. Данилова // В сборнике: Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине. Сборник научных трудов Междун. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию ВИЛАР. - 2016. - С. 508-512.
26. Невкрытая, Н.В. Анализ коллекции кориандра посевного по селекционно ценным показателям / Н.В. Невкрытая, С.И., Кривда, С.С. Бабанина, Э.Д. Аметова, И.А. Новиков, Н.С. Кривчик, В.С. Паштецкий // Таврический вестник аграрной науки. - 2021. - № 2 (26). - С. 167-177.
27. Паштецкий, В.С. Анализ рынков эфиромасличной продукции и состояния эфиромасличного производства в Российской Федерации / В.С. Паштецкий, М.В. Вердыш, А.А. Попова, А.В. Колесникова // Экономика строительства и природопользования. - 2017. - № 4 (65). - С. 49-54.
28. Паштецкий, В.С. Значение эфиромасличных и лекарственных растений в социально-экономическом развитии стран и регионов / В.С. Паштецкий, М.В. Вердыш, Н.Ю. Полякова // В книге: Научный и инновационный потенциал развития производства и переработки эфиромасличных и лекарственных растений Евразийского экономического союза. Симферополь, 2021. - С. 12-22
29. Пименов, М.Г. Зонтичные (Umbelliferae) России / М.Г. Пименов, Т.А. Остроумова. - М.: Изд-во КМК, 2012. - 477 с.
30. Почуев П.В., Маланкина Е.Л., Козловская Л.Н. Перспективы некорневой обработки раствором глицина для повышения продуктивности укропа

- огородного // Овощи России. - 2021. - № 5. – С. 64-68.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-5-64-68>
31. Почуев П.В. Эффективность комбинированной внекорневой обработки кориандра посевного глицином и ауксинподобными препаратами на урожайность плодов и сбор эфирного масла. / Почуев П.В., Романова Н.Г., Маланкина Е.Л. // Овощи России. 2022;(5):76-81.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-76-81>
32. Пржевальский, Н.М. Стимулятор роста растений на основе 3-индолилуксусной кислоты и способ его получения / Н.М. Пржевальский, А.П. Грязнов // заявл. 04.12.2009 Пат. № 2 430 513 РФ; опубл. 10.10.2011. Бюлл. №28. - 2 с.
33. Пушкина, Г.П. Эффективность применения регуляторов роста и микроудобрений на эфиромасличных культурах / Г.П. Пушкина, Е.Л. Маланкина, Р.Р. Тхаганов, А.И. Морозов // Достижения науки и техники АПК. - 2010. - №7. - С. 17–19.
34. Пушкина, Г.П. Применение универсального регулятора роста "ДваУ" при вегетативном размножении лекарственных культур / Г.П. Пушкина, Л.М. Бушковская, Р.Р. Тхаганов, А.Н. Сидельников // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. - 2015. - № 5. - С. 26-30.
35. Пушкина, Г.П. Особенности применения регуляторов роста и микроудобрений на эфиромасличных культурах / Г.П. Пушкина, Н.С. Тропина, Л.М. Бушковская, Н.И. Сидельников, Р.Р. Тхаганов, А.И. Морозов // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2016. - № 19(1). – С. 38-44.
36. Работягов, В.Д. Эфирные масла ароматических растений: монография / В.Д. Работягов, А.Е. Палий, О.Н. Курдюкова - Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. - С. 29–30.
37. Раджабов, Г.К. Компонентный состав эфирного масла *Coriandrum sativum* L. в условиях Дагестана / Г.К. Раджабов, Ф.А. Вагабова, А.М. Алиев, Ф.И.

- Исламова, А.М. Мусаев, М.М. Мамалиева // Ботанический вестник Северного Кавказа. - 2017. - № 1. – С. 70-71.
38. Савченко, О.М. Использование полифункционального корнеобразователя "ДваУ" на рассаде родиолы розовой *Rhodiola rosea* L. / О.М. Савченко // В сборнике: Молодые учёные и фармация XXI века: сборник науч. трудов пятой науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых, 2017. - С. 250-254.
39. Савчук, Л.П. Эфирно-масличные культуры и климат / Л.П. Савчук - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 103 с.
40. Сидельников, Н.И. Экзогенная регуляция биопродуктивности лекарственных культур при возделывании в Центральном Черноземном регионе Российской Федерации / Н.И. Сидельников. – М., 2014. - 295 с.
41. Сидельников, Н.И. Роль регуляторов роста и микроудобрений при введении лекарственных растений в культуру / Н.И. Сидельников, Н.И. Ковалев, Ф.М. Хазиева // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2018. - № 3. - С. 62-66.
42. Смолянов, А.М. Эфиромасличные культуры / А.М. Смолянов, А.Т. Ксендз. – М.: Колос. – 1976. – 331 с.
43. Солдатенко, А.В. Рост зародыша и прорастание гетероморфных семян *Anethum graveolens* L. (Апиaceae) под действием высокой температуры / А.В. Солдатенко, А.Ф. Бухаров, Д.Н. Балеев, М.И. Иванова, П.А. Назаров, О.А. Разин, А.Ф. Разин // Сельскохозяйственная биология. - 2020. - Т. 55. - № 5. - С. 932-944.
44. Солонникова, Н.В. Технологические особенности кориандра и накопление эфирного масла при СВЧ-нагреве / Н.В. Солонникова, С.Ю. Ксандопуло, Д.А. Солонников // Научные труды КубГТУ. – 2015. - № 4. – С. 1-12.
45. Технологии выращивания традиционных и перспективных эфиромасличных культур в Республике Крым / В.С. Паштецкий, О.Б. Скипор, Г.Д. Кравченко, О.М. Золотилова, В.А. Золотилов, Е.Ф. Мягких, М.В. Вердыш, А.А. Попова, Н.Ю. Полякова, А.В. Колесникова. - Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. – 36 с

46. Фармакопейная статья (ФС) 2.5.0043.15. Укропа пахучего плоды. - 7 с.
47. Фармакопея РФ, XIV издание, 2019.
48. ФС.2.5.0043.15 «Укропа пахучего плоды»
49. Чумикина, Л.В. Фитогормоны и абиотические стрессы (обзор) / Л.В. Чумикина, Л.И. Арабова, В.В. Колпакова, А.Ф. Топунов // Химия растительного сырья. - 2021. - № 4. - С. 5–30.
50. Шаповал, О.А. Регуляторы роста растений / О.А. Шаповал, В.В. Вакуленко, Л.Д. Прусакова // Защита и карантин растений. - 2008. - № 12. - С. 54-71.
51. Шаин, С.С. Гормональная регуляция биопродуктивности в онтогенезе эфиромасличных растений: мята перечная, змееголовник молдавский, монарда двойчатая / С.С. Шаин, П.Б. Курапов, Е.Л. Маланкина, В.Л. Дмитриева // Биотехнология. – 2000. - № 1. – С. 179-186.
52. Шелепова, О.В. Влияние применения регуляторов роста на компонентный состав эфирного масла надземной массы и плодов укропа пахучего / О.В. Шелепова, Т.И. Хуснетдинова // Химия растительного сырья. - 2018. - № 1. - С. 217-220.
53. Abd-Elkader, H.H. Effect of amino acids spray on growth, flowering and keeping quality of *Gerbera jamesonii* L. as a pot plant / H.H. Abd-Elkader, H.Y. Massoud, T.T. El-Baz, M.A. El-Erian // Journal of Plant Production. - 2020. - V.11. - № 2. – P. 201-206.
54. Adamowski, M. Friml J. PIN-dependent auxin transport: action, regulation, and evolution / M. Adamowski, J. Friml // Plant Cell. – 2015. - № 27. – P. 20–32.
55. Affonso, V.R. Influence of growth regulators in biomass production and volatile profile of *in vitro* plantlets of *Thymus vulgaris* L. / V.R. Affonso, H.R. Bizzo, C.L.S. Lage, A. Sato // Agr Food Chem. - 2009. - № 57. – P. 6392–6395.
56. Ahmed, C.B. Saline water irrigation effects on antioxidant defense system and proline accumulation in leaves and roots of field-grown olive / C.B. Ahmed, B.B.

- Rouina, S. Sensoy, M. Boukhriss, F.B. Abdullah // *Agric. Food Chem.* -2009. - № 57. – P. 11484–11490.
57. Amin, A.A. Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine / A.A. Amin, F.A. Gharib, M. El-Awadi, E.S. Rashad // *Scientia Horticulturae.* – 2011. - V. 129. - № 3. – P. 353-360.
58. Anwar, F. Physicochemical composition of hydro-distilled essential oil from coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds cultivated in Pakistan / F. Anwar, M. Sulman, A.I. Hussain, N. Saari, S. Iqbal, U. Rashid // *Journal of Medicinal Plants Research.* - 2011. - № 5(15). – P. 3537-3544.
59. Asgarpanah, J. Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Coriandrum sativum* L. / J. Asgarpanah, N. Kazemivash // *Afr. J. Pharm. Pharmacol.* - 2012. - № 6(31). – P. 2340–2345.
60. Athar, M. Taxonomic perspective of plant species yielding vegetable oils used in cosmetics and skin care products / M. Athar, S.M. Nasir, // *African J. Biotechnol.* - 2005. - № 4. – P. 36–44.
61. Babri R.A. Chemical composition and insecticidal activity of the essential oil of *Anethum graveolens* L. / R.A. Babri, I. Khokhar, Z. Mahmood, S. Mahmud // *Sci. Int. (Lahore).* – 2012. - № 24. – P. 453–455.
62. Ben, Y.M. Evaluation of Protective Impact of Algerian *Cuminum cyminum* L. and *Coriandrum sativum* L. Essential Oils on *Aspergillus flavus* Growth and Aflatoxin B 1 Production / Y.M. Ben, D. Djenane // *Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS.* – 2018. - № 21. – P. 67-77.
63. Bettaieb, I. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition / I. Bettaieb, N. Zakhama, W.A. Wannes, M. Kchouk, B. Marzouk // *Sci. Hortic.* – 2009. - № 120. – P. 271–275.
64. Bhuiyan M.D.N.İ. Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh / M.D.N.İ. Bhuiyan, J. Begum, M. Sultana // *Bangladesh J. Pharmacol.* - 2009. - № 4. – P. 150-153.

65. Boivin, S. How auxin and cytokinin phytohormones modulate root microbe interactions / S. Boivin, C. Fonouni-Farde, F. Frugier // *Front Plant Sci.* -2016. - № 7. – P. 1240.
66. Brcko, A. Endogenous auxin profile in the christmas rose (*Helleborus niger* L.) flower and fruit: free and amide conjugated IAA / A. Brcko, A. Pěňčík, V. Magnus et al. // *J. Plant Growth Regul.* – 2012. - № 31. – P. 63–78.
67. Burdock, G.A. Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil as a food ingredient / G.A. Burdock, I.G. Carabin // *Food Chem. Toxicol.* – 2009. - № 47. – P. 22-34.
68. Cao, X.C. Rice uptake of soil adsorbed amino acids under sterilized environment / X.C. Cao, X.Y. Chen, X.Y. Li, L. Yuan, L.H. Wu, Y.H. Zhu // *Soil Biol Biochem.* 2013, 62: 13–21.
69. Carrubba, A. Effect of sowing time on coriander performance in a semiarid Mediterranean environment / A. Carrubba, R. Torre, F. Saiano, G. Alonzo // *Crop Sci.* – 2006. - № 46. – P. 437–447.
70. Carrubba, A. Effects organic and conventional N-fertilization on quality traits in coriander (*Coriandrum sativum* L.) / A. Carrubba, C. Catalano, M. Militello. *More Sustainability in Agriculture: New Fertilizers and Fertilization Management.* 18th Symposium of the International Scientific Centre of Fertilizers, 2009. – P. 174–179.
71. Caruso, G. Influence of crop cycle and nitrogen fertilizer form on yield and nitrate content in different species of vegetables / G. Caruso, S. Conti, G. Rocca // *Adv. Hort. Sci.* – 2011. - № 25(2). – P. 8189.
72. Castilho, C.V.V. *In vitro* propagation of a carvacrol-producing type of *Lippia origanoides* Kunth: a promising oregano-like herb / C.V.V. Castilho, S.G. Leitão, V.D. Silva, Cd.O.C. Miranda, M.Cd.S. Santos, H.R. Bizzo, N.C.B. da Silva // *Ind Crops Prod.* – 2019. - № 130. – P. 491–498.
73. Çelik, S.A. Chemical Compositions of Essential Oil and Crude Oil of Some Fruits belonging to Umbelliferae Family cultivated in Konya Ecological

- Conditions / S.A. Çelik, İ. Ayran // Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi. - 2020. - № 23 (4). – P. 1030-1038.
74. Cerdán, M. Effect of commercial amino acids on iron nutrition of tomato plants grown under lime-induced iron deficiency / M. Cerdán, A. Sánchez-Sánchez, J.D. Jordá, M. Juárez, J. Sánchez-Andreu // J. Plant Nutr. Soil Sci. -2013. - № 176. – P. 859–866.
75. Chahal, K.K. Antifungal potential of dill seed essential oil and its constituents / K.K. Chahal, D. Monika Kataria, R. Singh // Indian Journal of Ecology. – 2016. № 43(2). – P. 903- 906.
76. Charles, D.J. Characterization of Essential Oil of Dill (*Anethum graveolens* L.) / D.J. Charles, J.E. Simon, M.P. Widrlechner // Journal of Essential Oil Research. - 1995. - № 7(1). – P. 11-20.
77. Choi, K.C. Antioxidant, anti-inflammatory and anti-septic potential of phenolic acids and flavonoid fractions isolated from *Lolium multiflorum* / K.C. Choi, Y.O. Son, J.M. Hwang, B.T. Kim, M. Chae, J.C. Lee // Pharm Biol. -2017. - № 55(1). – P. 611–619.
78. Coskuner, Y. Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.) / Y. Coskuner, E. Karababa // J. Food Eng. - 2007. - № 80. – P. 408-416.
79. Dahiya, P. Phytochemical analysis and antibacterial efficacy of dill seed oil against multi-drug resistant clinical isolates / P Dahiya, S. Purkayastha // Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. – 2012. - № 5(2). – P. 62-64.
80. Dharmalingam, R. Phytochemical evaluation of *Coriandrum* L flowers / R. Dharmalingam, P. Nazni // Int. J. Food Nutr. Sci. – 2013. - № 2. – P. 34-39.
81. Dragomir, N. Study of Potential and Real Seed Producing Capacity in Some Romanian Varieties of Legumes and Perennial Gramineae / N. Dragomir, C. Cristea, C. Dragomir // Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies. - 2010. - Vol. 43 (2). - P. 148-150.
82. Du, H. Endogenous auxin and jasmonic acid levels are differentially modulated by abiotic stresses in rice / H. Du, H. Liu, L. Xiong // Front. Plant Sci. - 2013. - Vol. 4. - Article 397.

83. Ebadollahi, A. Insecticidal activity of essential oils of five aromatic plants against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) under laboratory conditions / A. Ebadollahi, G.N. Ganbalani, S.A. Hoseini, G.R. Sadeghi // Journal of Essential Oil Bearing Plants. – 2012. - № 15(2). – P. 256-262.
84. Elhidar, N. Chemical composition, antimicrobial activities and synergistic effects of essential oil from *Senecio anteuphorbium*, a Moroccan endemic plant / N. Elhidar, A. Nafis, A. Kasrati, A. Goehler, J.A. Bohnert, A. Abbad, N.E. Mezrioui // Industrial Crops and Products. – 2019. - № 130. – P. 310-315.
85. El-Said, M.A.A. Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization / M.A.A. El-Said, A.Y. Mahdy // Middle East Journal of Agriculture Research. – 2016. - № 5(4). – P. 462–472.
86. Enders, T.A. Auxin activity: past, present, and future / T.A. Enders, L.C. Strader // American Journal of Botany. - 2015. - № 102. – P. 180–196.
87. Ercolano, M.R. Residual biomass saccharification in processing tomato is affected by cultivar and nitrogen fertilization / M.R. Ercolano, L.D. Gomez, A. Andolfi, R. Simister, C. Troise, G. Angelino, C. Borrelli, S.J. McQueen Mason, A. Evidente, L. Frusciante, G. Caruso // Biomass Bioenerg. – 2015. - № 72. – P. 242-250.
88. Ertani, A. Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings / A. Ertani, L. Cavani, D. Pizzeghello, E. Brandellero, A. Altissimo, C. Ciavatta et al. // J. Plant Nutr. Soil Sci. -2009. - № 172. – P. 237–244.
89. Fahimi, F. Growth and development of greenhouse cucumber under foliar application of Biomin and Humifolin fertilizers in comparison to their soil application and NPK / F. Fahimi, M.K. Souri, F. Yaghoubi // Iranian J. Sci. Technol. Greenhouse Culture. – 2016. - № 7(25). – P. 143-152.
90. Farooqi, A.H.A. Ameliorative effect of chlormequat chloride and IAA on drought stressed plants of *Cymbopogon martinii* and *C. winterianus* / A.H.A.

- Farooqi, S. Fatima, A. Khan, S. Sharma // *Plant Growth Regul.* – 2005. - № 46. – P. 277–284.
91. Feizbakhsh, A. Effect of phytohormones on the composition of *Sambucus ebulus* leaf essential oil / A. Feizbakhsh, H. Pazoki, V. Mohammadrezaei, M.A. Ebrahimzadeh // *Trop. J. Pharm. Res.* – 2014. - № 13. – P. 581–586.
92. Forde, B.G. Glutamate receptor-like channels in plants: a role as amino acid sensors in plant defence? / B.G. Forde, M.R. Roberts // *F1000Prime Rep.* - 2014. - № 6. – P. 1–7.
93. Freires, I.D.A. *Coriandrum sativum* L. (coriander) essential oil: antifungal activity and mode of action on *Candida* spp., and molecular targets affected in human whole-genome expression // I. de Almeida Freires, R.M. Murata, V.F. Furletti, A. Sartoratto, S.M. de Alencar, G.M. Figueira, P.L. Rosalen // *PLoS One.* – 2014. - № 9. – P. 1-6.
94. Frick, E.M. Roles for IBA-derived auxin in plant development / E.M. Frick, L.C. Strader // *Journal of Experimental Botany.* – 2018. – V. 69. – Is. 2. – P. 169–177.
95. Gallagher, A.M. The effects of traditional antidiabetic plants on *in vitro* glucose diffusion / A.M. Gallagher, P.R. Flatt, G. Duffy, Y.H.A. Abdel-Wahab // *Nutr Res.* – 2003. - № 23. – P. 413-424.
96. Galili, G. Fortifying plants with the essential amino acids lysine and methionine to improve nutritional quality / G. Galili, R. Amir // *Plant Biotechnol J.* – 2013. - № 11. – P. 211–222.
97. Garcia, A.L. The effects of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedlings / A.L. Garcia, R. Madrid, V. Gimeno, W.M. Rodriguez-Ortega, N. Nicolas, F. Garcia-Sanchez // *Spanish Journal of Agricultural Research.* – 2011. - № 9. – P. 852–861.
98. Gautam, P. Dill Herb: Wall Against Dysfunctions: An Updated Profile / P. Gautam, K. Singh, S. Kalra, D. Khanna, Y.K. Paliwal, S. Mehan // *Int. J. Recent Adv. Pharm. Res.* – 2013. - № 4. – P. 1–8.
99. Ge, T. Amino acids as a nitrogen source for tomato seedlings: the use of dual-labeled (¹³C, ¹⁵N) glycine to test for direct uptake by tomato seedlings / T. Ge,

- S. Song, P. Roberts, D.L. Jones, D. Huang, K. Iwasaki // *Environ Exp Bot.* -2009. - № 66. – P. 357–361.
100. Geshnizjani, N. Promoted growth and improved quality of *Gerbera jamesonni* L. flowers using exogenous application of amino acids / N. Geshnizjani, M. Khosh-Khui // *International Journal of Horticultural Science and Technology.* – 2016. - V. 3. - № 2. – P. 155-166.
101. Gil, A. Coriander essential oil composition from two genotypes grown in different environmental conditions / A. Gil, E.B. Fuente, A.E. Lenardis, M. Lopez-Pereira, S.A. Suarez, A. Bandoni, C. Baren, P. Leo-Lira, C.M. Ghersa // *J. Agric. Food Chem.* - 2002. - № 50(10). – P. 2870–2877.
102. Gioseffi, E. Interactions between uptake of amino acids and inorganic nitrogen in wheat plants / E. Gioseffi, A. de Neergaard, J.K. Schjoerring // *Biogeosciences.* – 2012. - № 9. – P. 1509–1518.
103. Godfray, H.C.J. Food security: the challenge of feeding 9 billion people / H.C.J. Godfray, C.J.R., I.R. Beddington, L. Haddad, D. Lawrence, J.F. Muir, et al. // *Science.* – 2010. - № 327. – P. 812–818.
104. Golubkina, N. Yield, quality and antioxidant properties of indian mustard (*Brassica juncea* L.) in response to foliar biofortification with selenium and iodine / N. Golubkina, H. Kekina, G. Caruso // *Plants (Basel).* – 2018. - № 7(80). – P. 114.
105. Hadian, J. Variability of morphological and phytochemical characteristics among *Satureja hortensis* L. accessions of Iran / J. Hadian, S.N. Ebrahimi, P. Salehi // *Industrial Crops and Products.* - 2010. - № 32(1). – P. 62–69.
106. Hah S.A. Essential Oil Content and Chemical Composition of Eight Dill (*Anethum graveolens* L.) Cultivars Cultivated under Egyptian Conditions / S.A. Hah, Ö. Ea // *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* - 2016. - № 8(5). – P. 227- 231.
107. Hajhashemi, V. Hypolipidemic activity of *Anethum graveolens* in rats / V. Hajhashemi, N. Abbasi // *Phytotherapy Research.* – 2008. - № 22(3). – P. 372-375.

108. Hariri, A.F. Assessment of genetic diversity of iranian population of *Anethum graveolens* L. (dill) using AFLP molecular markers / A.F. Hariri, M. Omid, S. Torabi, M. Khoshkham, R. Bovard, M. Shafiee et al. // Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. – 2014. - № 4(6). – P. 141-152.
109. Hartman, K. Cropping practices manipulate abundance patterns of root and soil microbiome members paving the way to smart farming / K. Hartman, M.G.A. van der Heijden, R.A. Wittwer, S. Banerjee, J.C. Walser, K. Schlaeppli // Microbiome. – 2018. - № 6. – P. 14.
110. Häusler, R.E. Amino acids - A life between metabolism and signaling / R.E. Häusler, F. Ludewig, S. Krueger // Plant Sci. – 2014. - № 229. – P. 225–237.
111. Hayat, S. Effect of chloroindoleauxins on the growth and nitrate reductase activity in *Solanum melongena* / S. Hayat, Q. Fariduddin, B. Ali, A. Ahmad // Science. – 2006. - № 5(1). – P. 14–16.
112. Hazzoumi, Z. Effect of gibberellic acid (GA), indole acetic acid (IAA) and benzylaminopurine (BAP) on the synthesis of essential oils and the isomerization of methyl chavicol and transanethole in *Ocimum gratissimum* L. / Z. Hazzoumi, Y. Moustakime, K.A. Joutei // SpringerPlus. – 2014. -№ 3. – P. 321-328.
113. Hildebrandt, T.M. Amono acid catabolism in plants / T.M. Hildebrandt, A.N. Nesi, W.L. Araujo, H.-P. Braun // Molecul. Plant. – 2015. - № 8. – P. 1563–1579.
114. Hołubowicz, R. Effect of umbel position on dill (*Anethum graveolens* L.) plants growing in field stands on selected seed stalk features / R. Hołubowicz, M. Morozowska // Folia Hort. – 2011. - № 23/2. – P. 157-163.
115. Hu, W. Antibacterial activity and mechanism of Litsea cubeba essential oil against methicillin-resistant Staphylococcus aureus (MRSA) / W. Hu, C. Li, J. Dai, H. Cui, L. Lin // Industrial Crops and Products. – 2019. - № 130. – P. 34-41.
116. Hussein A.H. Essential oils of *Anethum graveolens* L. Chemical composition and their antimicrobial activities at vegetative, flowering and fruiting stages of development / A.H. Hussein, Said-Al Ahl, M.S. Atef, D.M. Abou, N. AbouZeid, S.A. Mohamed et al. // International Journal of Plant Science and Ecology. – 2015. - № 1(3). – P. 98-102.

117. Hussain, A. Role of zinc-lysine on growth and chromium uptake in rice plants under Cr stress / A. Hussain, S. Ali, M. Rizwan, M. Ziaurrehman, A. Hameed, F. Hafeez, S.A. Alamri, M.N. Alyemeni, L. Wijaya // *Plant Growth Reg.* - 2018. - № 37(4). – P. 1413-1422.
118. Inan, M. Determination of suitable coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivars for eastern mediterranean region / M. Inan, S. Kirici, E.S. Giray, M. Turk, H. Taghikhani // *Turk. J Field Crops Crops.* - 2014. - № 19(1). – P. 1-6.
119. Isbilir, S.S. Antioxidant potential of different dill (*Anethum graveolens* L.) leaf extracts / S.S. Isbilir, A. Sagiroglu // *International Journal of Food Properties.* – 2011. - № 14(4). – P. 894-902.
120. Jacotot, B. El aceite de oliva: Alimento medicinal / B. Jacotot // *Olivae.* - 1994. - № 54. – P. 40–41.
121. Jämtgård, S. Characteristics of amino acid uptake in barley / S. Jämtgård, T. Näsholm, K. Huss-Danell // *Plant Soil.* – 2008. - № 302. – P. 221–231.
122. Javed, R. Chapter 19. Fennel / R. Javed, M.A.Hanif, M.A. Ayub, R. Rehman // *In Medicinal Plants of South Asia*; Hanif, M.A., Nawaz, H., Khan, M.M., Byrne, H.J., Eds. - Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020. – P. 241–256.
123. Jaworski, J. Industrial oils from transgenic plants / J. Jaworski, E.B. // *Cahoon Curr Opin Plant Biol.* – 2003. - [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(03\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(03)00013-X)
124. Kačániová, M. Antioxidant, antimicrobial and antibiofilm activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil for its application in foods / M. Kačániová, L. Galovičová, E. Ivanišová, N.L. Vukovic, J. Štefániková, V. Valková, P. Borotová, J. Žiarovská, M. Terentjeva, S. Felšöciová, E. Tvrdá // *Foods.* - 2020. - № 9. - P. 282–301.
125. Kaya, N. Agronomic and Technological Properties of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Populations Planted on Different Dates / N. Kaya, G. Yilmaz ve I. Telci, // *Turk J Agric For.* - 2000. - № 24. – P. 355–364.
126. Kalemba, D. Antibacterial and antifungal properties of essential oils / D. Kalemba, A. Kunicka // *Curr Med Chem.* – 2003. - № 10. – P. 813-829.

127. Kaur, G.J. Bioactive potential of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* belonging to the family Umbelliferae - Current status / G.J. Kaur, D.S. Arora // Journal of Medicinal Plants Research. – 2010. - № 4(2). – P. 87-94.
128. Kaur, V. A review on dill essential oil and its chief compounds as natural biocide / V. Kaur, R. Kaur, U. Bhardwaj // Flavour Fragr J. – 2021. - № 36. – P. 412– 431.
129. Kazemi, M. Antibacterial and antifungal activity of some medicinal plants from Iran / M. Kazemi, H. Rostami, S. Shafiei // Journal of Plant Sciences. -2012. - № 7. – P. 55-66.
130. Keskin, S. Umbelliferae Familyasından Bazı Önemli Kültür Türlerinin Isparta Ekolojik Koşullarında Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, S.D.Ü. / S. Keskin, H. Baydar // Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. - 2016. - № 20(1). – P. 133-141.
131. Khaldi, A. Chemical composition and antifungal activity of essential oil of *Anethum graveolens* L. from Southwestern Algeria (Bechar) / A. Khaldi, B. Meddah, A. Moussaoui, P. Sonnet, M.M. Akermey // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2015. - № 7(9). – P. 615-620.
132. Khan, S. Exogenous application of amino acids improves the growth and yield of lettuce by enhancing photosynthetic Assimilation and nutrient availability / S. Khan, H. Yu, Q. Li, Y. Gao, B.N. Sallam, H. Wang, P. Liu, W. Jiang // Agronomy. – 2019. - № 9. – P. 266.
133. Khani, A. Chemical composition and insecticide activity of essential oil from dill seeds / A. Khani, F. Basavand // International Journal of Agriculture: Research and Review. – 2013. - № 3(3). – P. 489-494.
134. Khattab, M. Effect of Glycine, Methionine and Tryptophan on the vegetative growth, flowering and corms production of *Gladiolus* plant / M. Khattab, A. Shehata, E. Abou El-Saadate, K. Al-Hasni // Alexandria Science Exchange Journal. - 2016. - V. 4. - № 37. – P. 647-659.

135. Koppula, S. *Anethum graveolens* Linn. (Umbelliferae) extract attenuates stress-induced urinary biochemical changes and improves cognition in scopolamine induced amnesic rats / S. Koppula, D.K.Choi // Tropical Journal of Pharmaceutical Research. – 2011. - № 10(1). – P. 47-54.
136. Korasick, D.A. Auxin biosynthesis and storage forms / D.A. Korasick, T.A. Enders, L.C. Strader // J Exp Bot. – 2013. - № 64. – P. 2541–2555.
137. Koukounaras, A. Effect of root and foliar application of amino acids on the growth and yield of greenhouse tomato in different fertilization levels / A. Koukounaras, P. Tsouvaltzis, A.S. Siomos // J. Food Agric. Environ. - 2013. - № 11. – P. 644–648.
138. Kucharski, W.A., Mordalski, R. Porównanie efektywności uprawy kolendry siewnej (*Coriandrum sativum* L.) w systemach ekologicznym i konwencjonalnym / W.A. Kucharski, R. Mordalski // J. Res. Appl. Agric. Eng. - 2008. - № 53(3). – P. 152–155.
139. Li, Z. Chemical changes and over expressed genes in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) upon methyl jasmonate treatment / Z. Li, X. Wang, F. Chen, H.J. Kim // J Agr Food Chem. – 2007. - № 55. – P. 706–713.
140. Li, H. GC-MS analysis of essential oil from *Anethum graveolens* L. (dill) seeds extracted by supercritical carbon dioxide / H. Li, W. Zhou, Y. Hu, H. Mo, J. Wang, L. Hu // Tropical Journal of Pharmaceutical Research. – 2019. - № 18 (6). – P. 1291-1296.
141. Li, J. Effects of exogenous IAA in regulating photosynthetic capacity, carbohydrate metabolism and yield of *Zizania latifolia* / J. Li, Y. Guan, L. Yuan, J. Hou, C. Wang, F. Liu, S Zhu // Sci Hortic. – 2019. - № 253. – P. 276–285.
142. Ljung, K. Auxin metabolism and homeostasis during plant development / K. Ljung // Development. – 2013. - № 140. – P. 943–950.
143. López, M.L. Effects of lead, EDTA, and IAA on nutrient uptake by alfalfa plants / M.L. López, J.R. Peralta-Videa, T. Benitez, M. Duarte-Gardea, J.L. Gardea-Torresdey // J Plant Nutr. – 2007. - № 30(8). – P. 1247–1261.

144. López, P.A. Assessing phenotypic, biochemical, and molecular diversity in coriander (*Coriandrum sativum* L.) germplasm / P.A. López, M.P. Widrlechner, P.W. Simon, S. Rai, T.D., I.T.A. Boylston, T.B. Bailey, C.A. Gardner, L.A. Wilson // Genet. Resour. Crop Ev. – 2008. - № 55. – P. 247–275.
145. Ludwig-Müller, J. Auxin conjugates: their role for plant development and in the evolution of land plants // J Exp Bot. – 2011. - № 62. – P. 1757–1773.
146. Ma, B. Interference and mechanism of dill seed essential oil and contribution of carvone and limonene in preventing sclerotinia rot of rapeseed / B. Ma, X. Ban, B. Huang, J. He, J. Tian, H. Zeng, Y. Chen, Y. Wang // PLoS ONE. – 2015. - № 10(7). – P. 1-15.
147. Ma, Q L. Effects of glucose on the uptake and metabolism of glycine in pakchoi (*Brassica chinensis* L.) exposed to various nitrogen sources / Q. Ma, X. Cao, Y. Xie, H. Xiao, X. Tan, L. Wu // BMC Plant Biol. – 2017. - № 17. – P. 58.
148. McAdam, S.A. Linking auxin with photosynthetic rate via leaf venation / S.A. McAdam, M.P. Eléouët, M. Best, T.J. Brodribb, M.C. Murphy, S.D. Cook, M. Dalmais, T. Dimitriou, A. Gélinas-Marion, W.M. Gill, M. Hegarty // Plant Physiol. – 2017. - № 175(1). – P. 351–360.
149. Maeda, H. The shikimate pathway and aromatic amino acids biosynthesis in plants / H. Maeda, N. Dudareva // Annu. Rev. Plant Biol. – 2012. - № 63. – P. 73–105.
150. Mageed, M.A.A.E. Effect of microwaves on essential oils of coriander and cumin seeds and on their antioxidant and antimicrobial activities / M.A.A.E. Mageed, A.F. Mansour, K.F.E. Massry, M.M. Ramadan, M.S. Shaheen, H. Shaaban // J. Essent Oil Bear Plants. – 2012. - № 15. – P. 614-627.
151. Mahendra, P. *Coriandrum sativum*: a daily use spice with great medicinal effect / P. Mahendra, S. Bisht // Pharmacogn J. – 2011. - № 3. – P. 84-88.
152. Mahran, G.H. Investigation of diuretic drug plants. 1. Phytochemical screening and pharmacological evaluation of *Anethum graveolens* L., *Apium graveolens* L., *Daucus carota* L. and *Eruca sativa* Mill. / G.H. Mahran, H.A.

- Kadry, Z.G. Isaac, C.K. Thabet, M.M. Al-Azizi, M.M. El-Olemy // *Phytotherapy Research*. – 1992. - № 5. – P. 169-172.
153. Malankina, E. Auxine für Arzneipflanzen aus Doldenblütler Familie (Apiaceae) / E. Malankina, P. Potschuev, G. Malankin, B. Zaitchik, A. Ruzhitskiy // *Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen*. – 2021. - № 25(2). – P. 67-72.
154. Mandal, S. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity / S. Mandal, M. Mandal // *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. – 2015. - № 5. – P. 421-428.
155. Marschner, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants / P. Marschner - 3 ed. London: Elsevier, 2011. - P. 672.
156. Miller, A.J. Amino acids and nitrate as signals for the regulation of nitrogen acquisition / A.J. Miller, X. Fan, Q. Shen, S.J. Smith // *J. Exp. Bot.* -2007. - № 59. – P. 111–119.
157. Mir, A.R. Foliar spray of Auxin/IAA modulates photosynthesis, elemental composition, ROS localization and antioxidant machinery to promote growth of *Brassica juncea* / A.R. Mir, H. Siddiqui, P. Alam, S. Hayat // *Physiol. Mol. Biol. Plants*. – 2020. - № 26(12). – P. 2503–2520.
158. Misharina, T.A. Influence of the duration and conditions of storage on the composition of the essential oil from coriander seeds / T.A. Misharina // *Appl. Biochem. Microbiol.* – 2001. - № 37(6). – P. 622–628.
159. Mohamed, S.H.S. Impact of antimicrobial properties of some essential oils on cheese yoghurt quality / S.H.S. Mohamed, W.M. Zaky, J.M. Kassem, H.M. Abbas, M.M.E. Salem, H.A.H. Said-Al Ahl // *World Applied Sciences Journal*. – 2013. - № 27(4). – P. 497-507.
160. Mohammadipour, N. Beneficial effects of glycine on growth and leaf nutrient concentrations of coriander (*Coriandrum sativum*) plants / N. Mohammadipour, M.K. Soury // *J. Plant Nutr.* – 2019. - № 42. – P. 1–8.
161. Mohammadipour, N. Effects of different levels of glycine in the nutrient solution on the growth, nutrient composition, and antioxidant activity of

- coriander (*Coriandrum sativum* L.) / N. Mohammadipour, M.K. Souri // *Acta Agrobot.* – 2019. - № 72(1). – P. 1759.
162. Mohsin, M.M. Chapter 18. Dill / M.M. Mohsin, M.A. Hanif, M.A. Ayub, I.A. Bhatti, M.I. Jilani // *In Medicinal Plants of South Asia*; Hanif, M.A., Nawaz, H., Khan, M.M., Byrne, H.J., Eds. - Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2020. – P. 231–239.
163. Momin, A.H. *Coriandrum sativum* - review of advances in phytopharmacology / A.H. Momin, S.S. Acharya, A.V. Gajjar // *IJPSR.* -2012. - № 3. – P. 1233-1239.
164. Monfort, L.E.F. Effects of plant growth regulators, different culture media and strength MS on production of volatile fraction composition in shoot cultures of *Ocimum basilicum* / L.E.F. Monfort, S.K.V. Bertolucci, A.F. Lima, A.A. de Carvalho, A. Mohammed, A.F. Blank, J.E.B.P. Pinto // *Ind. Crops Prod.* – 2018. - № 116. – P. 231–239.
165. Moser, B.R. Coriander seed oil methyl esters as biodiesel fuel: unique fatty acid composition and excellent oxidative stability / B.R. Moser, S.F. Vaughn // *Biomass Bioenergy.* – 2010. - № 34. – P. 550–558.
166. Msaada, K. Changes on essential oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity / K. Msaada, K. Hosni, M.B. Taarit, T. Chahed, M.E. Kchouk, B. Marzouk // *Food Chem.* - 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.046>
167. Msaada, K. Changes on essentials oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits during three stages of maturity / K. Hosni, M.B. Taarit, T. Chahed, M.E. Kchouk, B. Marzouk // *Food Chem.* - 2007. - № 102. – P. 1131–1134.
168. Msaada, K. Effects of growing region and maturity stages on oil yield and fatty acid composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit / K. Msaada, K. Hosni, M.B. Taarit, M. Hammami, B. Marzouk // *Sci. Hortic.* – 2009. - № 120. – P. 525–531.

169. Msaada, K. Changes in fatty acid composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit during maturation / K. Msaada, K. Hosni, M.B. Taarit, T. Chahed, M. Hammami, B. Marzouk // *Ind. Crops Prod.* – 2009. -№ 29. – P. 269–274.
170. Mustafa, A. Perspectives of using L-tryptophan for improving productivity of agricultural crops: A review / A. Mustafa, M. Imran, M. Ashraf, K. Mahmood // *Pedosphere.* – 2018. - № 28. – P. 16–34.
171. Nadeem, M. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L.) -a review / M. Nadeem, F.M. Anjum, M.I. Khan, S. Tehseen, A. El-Ghorab, J.I. Sultan // *Br. Food J.* – 2013. - № 115. – P. 743-755.
172. Naseri, G.M.K. Antispasmodic effect of *Anethum graveolens* fruit extract on rat ileum / G.M.K. Naseri, A. Heidari // *International Journal of Pharmacology.* – 2007. - № 3(3). – P. 260- 264.
173. Naseri, M. The study of antiinflammatory activity of oil-based dill (*Anethum graveolens* L.) extract used topically in formalin-induced inflammation male rat paw / M. Naseri, F. Mojab, M. Khodadoost, M. Kamalinejad, A. Davati, R. Choopani et al. // *Iranian Journal of Pharmaceutical Research.* – 2012. - № 11(4). – P. 1169-1174.
174. Näsholm, T. Uptake of organic nitrogen by plants / T. Näsholm, K. Kielland, U. Ganeteg // *New Phytol.* – 2009. - № 182. – P. 31–48.
175. Nazish, B. Characteristics of *Anethum graveolens* (Umbelliferae) seed oil: Extraction, composition and antimicrobial activity / B. Nazish, A. Muhammad, F. Umer // *International Journal of Agriculture and Biology.* – 2008. - № 10(3). – P. 329-332.
176. Nejad Ebrahimi, S. Essential oil compositions of different accessions of *Coriandrum sativum* L. from Iran / S. Nejad Ebrahimi, J. Hadian, H. Ranjbar // *Nat. Prod. Res.* – 2010. - № 24. – P. 1287–1294.
177. Nenov, N. Low temperature extraction of essential oil bearing plants by liquifacate gases / N. Nenov, T. Atanasova, I. Stoilova, V. Gochev, T. Girova, A.

- Stoyanova // 11. Dill (*Anethum graveolens* L.) Scientific works. Vol. LX. Food Science, Engineering and Technologies. 18-19 October 2013. Plovdiv, 2013.
178. Niamah, A.K. Antibacterial and antioxidant activities of essential oils extracted from Iraqi coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds / A.K. Niamah, H.A. Alali // International Journal of Scientific & Engineering Research. - 2016. № 7(2). – P. 1511-1515.
179. Nguyen, Q.H. Oil and fatty acid accumulation during coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit ripening under organic cultivation / Q.H Nguyen, T. Talou, M. Cerny, P. Evon, O. Merah // Crop J. - 2015. - № 326. – P. 127034.
180. Normanly, J. Approaching cellular and molecular resolution of auxin biosynthesis and metabolism / J. Normanly // Cold Spring Harb Perspect Biol. – 2010. - № 2. – P. 001594.
181. Noroozlo, A.A. Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth / A.A. Noroozlo, M.K. Souri, M. Delshad // Open Agric. – 2019. - № 4(1). – P. 164–172.
182. Noroozlo, A.A. Effects of foliar application of glycine and glutamine amino acids on growth and quality of sweet basil / A.A. Noroozlo, M.K. Souri, M. Delshad // Advances in Horticultural Science. - 2020. - № 33(4). – P. 495-501.
183. Nourafcan, H. Effects of IAA and BAP on chemical composition and essential oil content of lemon verbena (*Lippia citriodora* H.B.K) / H. Nourafcan, F. Sefidkon, A. Ahmad Khalighi, A. Mousavi, M. Sharifi // J. Herb Med. – 2014. - № 5. – P. 25–32.
184. Olle, M. The content of oils in umbelliferous crops and its formation / M. Olle, I. Bender // Agron Res. – 2010. - № 8. – P. S687-S696.
185. Orav, A. Essential Oil Composition of *Coriandrum sativum* L. Fruits from Different Countries / A. Orav, E. Arak, R. Ain // Journal of Essential Oil Bearing Plant. - 2010. - № 14(1). – P. 118-123.
186. Orhan, I.E. Phytochemical contents and enzyme inhibitory and antioxidant properties of *Anethum graveolens* L. (dill) samples cultivated under organic and conventional agricultural conditions / I.E. Orhan, F.S. Senol, N. Ozturk, S.A.

- Celik, A. Pular, Y. Kan // Food Chemical Toxicology. - 2013. - № 59. – P. 96-103.
187. Panayotov, N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant / N. Panayotov // Folia Hort. - 2010. - № 22(1). – P. 25-30.
188. Panda, S. The effect of *Anethum graveolens* L. (dill) on corticosteroid induced Diabetes mellitus: Involvement of thyroid hormones / S. Panda // Phytotherapy Research. – 2008. – № 22(12). – P. 1695-1697.
189. Pande, K.K. Gas chromatographic investigation of *Coriandrum sativum* L. from Indian Himalayas / K.K. Pande, L. Pande, B. Pande, A. Pujari, P. Sah // N. Y. Sci J. – 2010. - № 3. – P. 43–47.
190. Paque, S. Q&A: Auxin: the plant molecule that influences almost anything / S. Paque, D. Weijers // BMC Biol. – 2016. - № 14(1). – P. 67.
191. Pathak, V. Pharmacognostical study of *Anethum sowa* (dill) seed / V. Pathak, R. Dwivedi, P. Shukla // International Journal of Recent Biotechnology. – 2014. - № 2(3). – P. 6-14.
192. Peerakam, N. Chemical profiling of essential oil composition and biological evaluation of *Anethum graveolens* L. (seed) grown in Thailand / N. Peerakam, J. Wattanathorn, S. Punjaisee, S. Buamongkol, P. Sirisard, S. Chansakaow // Journal of Natural Science Research. – 2014. - № 4(16). – P. 34-41.
193. Pereira, R.S. Carrot seed germination and vigor in response to temperature and umbel orders / R.S. Pereira, W.M. Nascimento, J.V. Vieira // Sci. Agric. - 2008. - № 65. – P. 145-150.
194. Petropoulos, S. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley / S. Petropoulos, D. Daferera, M. Polissiou, H. Passam // Sci. Hortic. – 2008. - № 115. – P. 393–397.
195. Piotrowska-Niczyporuk, A. The effect of natural and synthetic auxins on the growth, metabolite content and antioxidant response of green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae) / A. Piotrowska-Niczyporuk, A. Bajguz // Plant Growth Regul. – 2014. - № 73(1). – P. 57–66.

196. Plunkett, G. M. Apiaceae / G.M. Plunkett, M.G. Pimenov, J.-P. Reduron et al. // In: Families and Genera of Vascular Plants. K. Kubizky, J. W. Kadereit, V. Bittrich (eds). Vol. 15. - Cham: Springer International Publishing AG, 2019. - P. 9–206.
197. Potschuev P. Aminosäuren für Arzneipflanzen aus Familie Doldenblütler (Apiaceae) / E. Malankina, P. Potschuev, G. Malankin, B. Zaitchik und A. Ruzhitskiy // Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen. – 2022. - № 26 (1): 4–9.
198. Prakash, M. Sensory flavor profiling and mapping of regional varieties of coriander (*Coriandrum sativum* L.) / M. Prakash, A. Dattatreya, K.K. Bhat // J. Sens Stud. – 2007. - № 18(5). – P. 409–422.
199. Pratelli, R. Regulation of amino acid metabolic enzymes and transporters in plants / R. Pratelli, G. Pilot // J. Exp. Bot. – 2014. - № 65. – P. 5535–5556.
200. Raal, A. Chemical composition of coriander seed essential oil and their conformity with EP standards / A. Raal, E. Arak, A. Orav // Agraarteadus. -2004. - № 15. – P. 234-239.
201. Rădulescu, V. Chemical Composition of The Volatile Oil from Different Plant Parts of *Anethum graveolens* L. (Umbelliferae) Cultivated in Romania / V. Rădulescu, Ö.L. Popescu, D.C. Ilieș // Farmacia. - 2010. - № 58(5). – P. 594-600.
202. Ramezani, S. Changes in essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) aerial parts during four phenological stages in Iran / S. Ramezani, F. Rasouli, B. Solaimani // J. Essent Oil Bear Plants. – 2009. - № 12. – P. 683-689.
203. Rao, J.J. Improving the Efficacy of Essential Oils as Antimicrobials in Foods: Mechanisms of Action / J.J. Rao, B.C. Chen, D.J. McClements // Annu. Rev. Food Sci. Technol. – 2019. - № 10. – P. 365–387.
204. Ravi, R. Aroma characterization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) oil samples / R. Ravi, M. Prakash, K.K. Bhat // Eur. Food Res. Technol. – 2007. - № 225. – P. 367-374.

205. Reda, F. Effect of indole acetic acid, gibberellic acid and kinetin on vegetative growth, flowering and essential oil pattern of chamomile plant / F. Reda, M.S.A. Abd El-Wahed, K.M. Gamal El-Din // WJAS. – 2010. - № 6. – P. 595–600.
206. Rezaee-Asl, M. Antinociceptive properties of hydro alcoholic extracts of *Anethum graveolens* L. (dill) seed and aerial parts in mice / M. Rezaee-Asl, A. Bakhtiarian, V. Nikoui, M. Sabour, S. Ostadhadi, M.S. Yadavar-Nikravesht et al. // Clinical and Experimental Pharmacology. – 2013. - № 3(2). – P.100-122.
207. Romeilah, R.M. Chemical compositions, antiviral and antioxidant activities of seven essential oils / R.M. Romeilah, S.A. Fayed, G.I. Mahmoud // J. Appl. Sci Res. – 2010. - № 6. – P. 50-62.
208. Rostaei, M. The Effect of Organic Manure and Chemical Fertilizer on Essential Oil, Chemical Compositions and Antioxidant Activity of Dill (*Anethum graveolens*) in Sole and Intercropped with Soybean (*Glycine max*) / M. Rostaei, S. Fallah, Z. Lorigooini, A. Abbasi Surki // J. Clean. Prod. – 2018. - № 199. – P. 18–26.
209. Ruangamart, A. Chemical compositions and antibacterial activity of essential oil from dill fruits (*Anethum graveolens* L.) cultivated in Thailand / A. Ruangamart, S. Buranaphalin, R. Temsiririrkkul, W. Chuakul, J. Pratuangdejkul // Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2015. - № 42(3). – P. 135-143.
210. Rzekanowski, C. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on the yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) / C. Rzekanowski, K. Marynowska, S. Rolbiecki, R. Rolbiecki // Herba Pol. – 2007. - № 53(3). – P. 163–170.
211. Sadak, M.S.H. Effect of foliar application of amino acids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater / M.S.H. Sadak, M.T. Abdelhamid, U. Schmidhalter // Acta Biol. Colomb. - 2014. - № 20. – P. 141–152.
212. Sadak, M. Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with sea water / M. Sadak, M.T.

- Abdolhamid, U. Schmidhalter // Acta Biol. Colomb. – 2015. - № 20(1). – P. 141-152.
213. Sağlam, A.C. The effects of different hormones and their doses on rooting of stem cuttings in Anatolian sage (*Salvia fruticosa* Mill.) / A.C. Sağlam, S. Yaver, İ. Başer, L. Cinkılıç // APCBEE Procedia. – 2014. - № 8. – P. 348–353.
214. Sahib, A.S. Effects of *Anethum graveolens* leave powder on lipid profile in hyperlipidemic patients / A.S. Sahib, I.H. Mohammed, A.I.A. Al-Gareeb // Spatula DD. – 2012. - № 2(3). – P. 153-158.
215. Said-Al Ahl, H.A.H. Humic acid and indole acetic acid affect yield and essential oil of dill grown under two different locations in Egypt / H.A.H. Said-Al Ahl, A.G. El Gendy, E. Omer // Int. J. Pharm. Pharm. Sci. – 2016a. – Vol. 8. – Is. 8. – P. 146-157.
216. Said-Al Ahl, H.A.H. Essential oil content and chemical composition of eight dill (*Anethum graveolens* L.) cultivars cultivated under Egyptian conditions / H.A.H. Said-Al Ahl, E.A. Omer // Int. J. Pharm. Pharm. Sci. - 2016b. - № 7. – P. 81-5.
217. Said-Al Ahl, H.A.H. Impact of cultivar and harvest time on growth, production and essential oil of *Anethum graveolens* cultivated in Egypt / H.A.H. Said-Al Ahl, E.A. Omer // Int. J. Pharm. Pharm. Sci. - 2016c. - № 8. – P. 54-60.
218. Salamon, I. Chemical Characterization And Antimicrobial Activity Of Some Essential Oils After Their Industrial Large-Scale Distillation / I. Salamon, M. Kryvtsova, D. Bucko, A.H. Tarawneh // Journal of Microbiology, Biotechnology & Food Sciences. – 2018. - № 8. – P. 965-969.
219. Salehiarjmand, H. Essential oils main constituents and antibacterial activity of seeds from Iranian local landraces of dill (*Anethum graveolens* L.) / H. Salehiarjmand, S.N. Ebrahimi, J. Hadian, M. Ghorbanpour // Journal of Horticulture Forestry and Biotechnology. – 2014. - № 18(2). – P. 1-9.
220. Salma, S. Screening of antibacterial activity of five different spices (ajwain, coriander, cumin, fennel, and fenugreek) against pathogenic bacterial strains / S.

- Salma, L. Ramakrishnan, J. Vinothini // *Asian J. Pharm. Clin. Res.* – 2018. - № 11. – P. 252–524.
221. San-Francisco, S. Effects of IAA and IAA precursors on the development, mineral nutrition, IAA content and free polyamine content of pepper plants cultivated in hydroponic conditions / S. San-Francisco, F. Houdusse, A.M. Zamarreño, M. Garnica, E. Casanova, J.M. García-Mina // *Sci Hortic.* – 2005. - № 106(1). – P. 8–52.
222. Şanlı, A. Burdur’da Tarımı Yapılan Bazı Umbelliferae Türlerinin Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenlerinin Belirlenmesi, S.D.Ü.Z.F. / A. Şanlı, T. Karadoğan, H. Daldal // *Dergisi.* – 2012. - № 7(1). – P. 27-31.
223. Santos, P.A.G. Hairy root cultures of *Anethum graveolens* (dill): Establishment, growth, timecourse study of their essential oil and its comparison with parent plant oils / P.A.G. Santos, C.A. Figueiredo, P.M.L. Lourenço, J.G. Barroso, L.G. Pedro, M.M. Oliveira et al. // *Biotechnology Letters.* – 2002. - № 24. – P. 1031– 1036.
224. Satyal, P. Chemical compositions of commercial essential oils from *Coriandrum sativum* fruits and aerial parts / P. Satyal, W.N. Setzer // *Natural Product Communications.* - 2020. - Vol. 15. - № 7. - P. 1–12.
225. Sayed-Ahmad, B. The Apiaceae: Ethnomedicinal Family as Source for Industrial Uses / B. Sayed-Ahmad, T. Talou, Z. Saad, A. Hijazi, O. Merah // *Ind. Crop. Prod.* – 2017. - № 109. – P. 661–671.
226. Shaheen, A.M. Effect of various amino acids on shoot regeneration of sugarcane (*Sacchrum officinarum* L.) / A.M. Shaheen, A.S. Zafar // *African Journal of Biotechnology.* – 2018. - № 8(7). – P. 1214-1218.
227. Shams, M. Exogenously applied glycine betaine regulates some chemical characteristics and antioxidative defense systems in lettuce under salt stress / M. Shams, E. Yildirim, M. Ekinci, M. Turan, A. Dursun, F. Parlakova et al. // *Horticulture, Environment, and Biotechnology.* – 2016. - № 57. – P. 225–231.
228. Sharopov, S.F. Composition and bioactivity of the essential oil of *Anethum graveolens* L. from Tajikistan / S.F. Sharopov, M. Wink, I.S. Gulmurodov, S.J.

- Isupov, H. Zhang, W.N. Setzer // International Journal of Medicinal and Aromatic Plants. – 2013. - № 3(2). – P. 125-130.
229. Shooshtari, F.Z. Glycine mitigates fertilizer requirements of agricultural crops: case study with cucumber as a high fertilizer demanding crop / F.Z. Shooshtari, M.K. Souri, M.R. Hasandokht, S.K. Jari. // Chem. Biol. Technol. Agric. – 2020. - № 7. – P. 19.
230. Silva, S.D. Essential oil composition of *Melissa officinalis* L. in vitro produced under the influence of growth regulators / S.D. Silva, A. Sato, C.L.S. Lage, R.A.D.S. San Gil, D.D.A. Azevedo, M. A. Esquibel // Journal of the Brazilian Chemical Society. – 2005. - № 16. – P. 1387-1390.
231. Singh, G. Chemical constituents, antimicrobial investigations, and antioxidative potentials of *Anethum graveolens* L. essential oil and acetone extract / G. Singh, S. Maurya, M.P. de Lampasona, C. Catalan // Journal of Food Science. – 2005. – №. 70(4). – P. 208-215.
232. Singh, S. Chemical constituents of essential oil from *Anethum sowa* Kurz seed / S. Singh // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2012. - № 4(9). – P. 4156-4160.
233. Singh, S. IAA alleviates Cd toxicity on growth, photosynthesis and oxidative damages in eggplant seedlings / S. Singh, S.M. Prasad // Plant Growth Regul. - 2015. - № 77(1). – P. 87–98.
234. Singh, R.K. Moisture Dependent Physical Properties of Dill / R.K. Singh, R.K. Vishwakarma, M.K. Vishal, D. Goswami, R.S. Mehta // Journal of Agricultural Engineering. – 2016. - Vol. 53 (1). – P. 33-40
235. Souri, M.K. Split daily application of ammonium cannot ameliorate ammonium toxicity in tomato plants / M.K. Souri, V. Römheld // Horticulture, Environment, and Biotechnology. – 2009. - № 50. – P. 384–391.
236. Souri, M.K. Chelates and aminochelates, and their role in plant nutrition / M.K. Souri. - Tehran: Agriculture Education and Extension Press, 2015.
237. Souri, M.K. Aminochelate fertilizers: the new approach to the old problem; a review / M.K. Souri // Open Agric. – 2016. - № 1. – P. 118–123.

238. Souri, M.K. Plants adaptation to control nitrification process in tropical region; case study with *Acrocomia totai* and *Brachiaria humidicola* plants / M.K. Souri // Open Agric. – 2016. - № 1. – P. 144–150.
239. Souri, M.K. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean plants under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer / M.K. Souri, F. Yaghoubi, M. Moghadamyar // Horticulture, Environment, and Biotechnology. – 2017. - № 58. – P. 530–536.
240. Souri, M.K. Beneficial effects of foliar application of organic chelate fertilizers on French bean production under field conditions in a calcareous soil / M.K. Souri, M. Aslani // Adv. Hort. Sci. – 2018. - № 32(2). – P. 265-272.
241. Souri, M.K. Aminochelates in plant nutrition; a review / M.K. Souri, M. Hatamian // J. Plant Nutr. – 2019. - № 42 (1). – P. 67-78.
242. Sousa, R.M.O.F. The Potential of Apiaceae species as Sources of Singular Phytochemicals and Plant-Based Pesticides / R.M.O.F. Sousa, A.C. Cunha, M. Fernandes-Ferreira // Phytochemistry. – 2021. - № 187. – P. 112714.
243. Sriti, J. Essential oil, fatty acid and sterol composition of Tunisian coriander fruit different parts / J. Sriti, T. Talou, W.A. Wannes, M. Cerny, B. Marzouk // J. Sci. Food Agr. – 2009. - № 89. – P. 1659–1664.
244. Sriti, J. Chemical composition and antioxidant activities of Tunisian and Canadian coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit / J. Sriti, W.A. Wannes, T. Talou, G. Vilarem, B. Marzouk // J. Essent. Oil Res. – 2011. - № 23. – P. 7-15.
245. Stannard, J. The multiple uses of dill (*Anethum graveolens* L.) in medieval medicine / J. Stannard // Wurzburg Med. Forsch. – 1982. - № 24. – P. 411-424.
246. Stanojević, L.P. Dill (*Anethum graveolens* L.) seeds essential oil as a potential natural antioxidant and antimicrobial agent / L.P. Stanojević, M.Z. Stanković, D.J. Cvetković, B.R. Danilović, J.S. Stanojević // Biologica Nyssana. - 2016. - № 7(1). – P. 31-39.
247. Stavri, M. The antimycobacterial constituents of dill (*Anethum graveolens*) / M. Stavri, S. Gibbons // Phytotherapy Research. – 2005. - № 19. – P. 938-941.

248. Stoyanova, A. Investigation on the essential oil of coriander from Bulgaria / A. Stoyanova, A. Konakchiev, O. Berov // *Herba Pol.* - 2002. - № 48(2). – P. 67–70.
249. Sumalan, R.M. Exploring ecological alternatives for crop protection using *Coriandrum sativum* essential oil / R.M. Sumalan, E. Alexa, I. Popescu, M. Negrea, I. Radulov, D. Obistioiu, I. Cocan // *Molecules.* - 2019. -№ 24. - P. 2040–2054.
250. Svennerstam, H. Root uptake of cationic amino acids by *Arabidopsis* depends on functional expression of amino acid permease 5 / H. Svennerstam, U. Ganeteg, C. Bellini, T. Näsholm // *New Phytol.* – 2008. - № 180. – P. 620–630.
251. Szempliński, W. Nitrogen fertilization versus the yield and quality of coriander fruit (*Coriandrum sativum* L.) / W. Szempliński, J. Nowak // *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus.* – 2015. - № 14(3). P. 37-50.
252. Taiz, L *Plant physiology.* 4. Sunderland / L. Taiz, E. Zeiger // Sinauer Associates Inc Publishers, 2006.
253. Taiz, L. *Plant physiology and development* / L. Taiz, E. Zeiger, I.M. Møller, A. Murphy // 6th ed. Sinauer Assoc., Sunderland, MA, 2015.
254. Talukder, M.R. Light-emitting diodes and exogenous amino acids application improve growth and yield of strawberry plants cultivated in recycled hydroponics / M.R. Talukder, M. Asaduzzaman, H. Tanaka, T. Asao // *Scientia Horticulturae.* - 2018. - V. 239. - P. 93-103,
255. Tanruean, K. Antibacterial and antioxidant activities of *Anethum graveolens* L. dried fruit extracts / K. Tanruean, K. Kaewnarin, N. Rakariyatham // *Chiang Mai Journal of Science.* – 2014. - № 41(3). – P. 649-660.
256. Tegeder M. Transporters involved in source to sink partitioning of amino acids and ureides: opportunities for crop improvement / M. Tegeder // *J. Exp. Bot.* – 2014. - № 65. – P. 1865–1878.
257. Teixeira, W.F. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop / W.F. Teixeira, E.B. Fagan, L.H.

- Soares, R.C. Umburanas, K. Reichardt, D.D. Neto // *Front. Plant Sci.* - 2017. - № 8. – P. 327.
258. Teixeira, W.F. Seed and foliar application of amino acids improve variables of nitrogen metabolism and productivity in soybean crop / W.F. Teixeira, E.B. Fagan, L.H. Soares, J.N. Soares, K. Reichardt, D.D. Neto // *Front Plant Sci.* - 2018. - № 9. – P. 396.
259. Telci, I. Changes in yield, essential oil and linalool contents of *Coriandrum sativum* varieties (var. *vulgare* Alef. and var. *microcarpum* DC.) harvested at different development stages / I. Telci, E. Bayram, B. Avci // *Europ. J. Hort. Sci.* – 2006. - № 71(6). – P. 267–271.
260. Telci, I. Yield, essential oil content and composition of *Coriandrum sativum* varieties (var. *vulgare* Alef and var. *microcarpum* DC.) grown in two different locations / I. Telci, O.G. Toncer, N. Sahbaz // *J. Essent Oil Res.* – 2006. - № 18. – P. 189-193.
261. Tian, J. *In vitro* and *in vivo* activity of essential oil from dill (*Anethum graveolens* L.) against fungal spoilage of cherry tomatoes / J. Tian, X. Ban, H. Zeng, B. Huang, Y. Wang // *Food Control.* – 2011. - № 22. – P. 1992-1999.
262. Tivendale, N.D. Analytical history of auxin / N.D. Tivendale, J.D. Cohen // *J. Plant Growth Regul.* – 2015. - № 34. – P. 708–722.
263. Tiwari, S.B. The roles of auxin response factor domains in auxin-responsive transcription / S.B. Tiwari, G. Hagen, T. Guilfoyle // *Plant Cell.* – 2003. - № 15. – P. 533–543.
264. Vert, G. Crosstalk in cellular signaling: background noise or the real thing? / G. Vert, J. Chory // *DevCell.* – 2011. - № 21. – P. 985–991.
265. Victório, C.P. Leaf and root volatiles produced by tissue cultures of *Alpinia zerumbet* (pers.) Burt & Smith under the influence of different plant growth regulators / C.P. Victório, R.M. Kuster, C.L.S. Lage // *Quím Nova.* – 2011. - № 34. – P. 430–433.

266. Villacorta, N.F. Endogenous hormonal profiles in hop development / N.F. Villacorta, H. Fernández, E. Prinsen, P.L. Bernad, M.A. Revilla // *J. Plant Growth Regul.* – 2008. - № 27. – P. 93–98.
267. Vincill, E.D. Ca²⁺ conduction by an amino acid-gated ion channel related to glutamate receptors / E.D. Vincill, A.M. Bieck, E.P. Spalding // *Plant Physiol.* – 2012. - № 159. – P. 40–46.
268. Vokk, R. Dill (*Anethum graveolens* L.) and parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: Seasonal differences in essential oil composition / R. Vokk, T. Lougas, K. Mets, M. Kravets // *Agronomy Research.* – 2011. - № 9. – P. 515-520.
269. Wahba, H.E. Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids / H.E. Wahba, H.M. Motawe, A.Y. Ibrahim // *J. Mater. Environ. Sci.* – 2015. - № 6 (2). – P. 499–506.
270. Wahba, H.E. Evaluation of essential oil isolated from dry coriander seeds and recycling of the plant waste under different storage conditions / H.E. Wahba, H.S. Abd Rabbu, M.E. Ibrahim // *Bull. Natl. Res. Cent.* – 2020. - № 44. – P. 192.
271. Wang, B. Effects of foliar spraying of water soluble fertilizer containing amino acids on growth of pepper and cowpea / B. Wang, X. Gao, T. Wang, D. Wang, Y. Xie, Z. Gong et al. // *Soils.* – 2017. - № 49(4). – P. 692–698.
272. Weijers, D. Transcriptional responses to the auxin hormone / D. Weijers, D. Wagner // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2016. - № 67. – P. 539–574.
273. Weiland, M. Signalling via glutamate and GLRs in *Arabidopsis thaliana* / M. Weiland, S. Mancuso, F. Baluska // *Funct. Plant Biol.* – 2015. - № 43. – P. 1–25.
274. Wińska, K. Essential oils as antimicrobial agents - myth or real alternative? / K. Wińska, W. Maczka, J. Łyczko, M. Grabarczyk, A. Czubaszek, A. Szumny // *Molecules.* – 2019. - № 24. – P. 2130.
275. Wu, G. Amino acids: Metabolizm, functions, and nutrition / G. Wu // *Amino Acids.* – 2009. - № 37. – P. 1–17.

276. Yili, A. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from seeds of *Anethum graveolens* growing in Uzbekistan / A. Yili, H.A. Aisa, V.V. Maksimov, O.N. Veshkurova, Sh.I. Salikhov // Chemistry of Natural Compounds. – 2009. - № 45(2). – P. 280-281.
277. Zawislak, G. The chemical composition of essential oil from the fruit of coriander (*Coriandrum sativum* L.) / G. Zawislak // Ann. Univ. Mariae Curie Sklodowska Lublin-Polonia. – 2011. - № 24. – P. 169-175.
278. Zeković, Z. Optimization of subcritical water extraction of antioxidants from *Coriandrum sativum* seeds by response surface methodology / Z. Zeković, S. Vidović, J. Vladić, R. Radosavljević, A. Cvejic, M.A. Elgndi, B. Pavlić // J. Supercrit Fluids. – 2014. - <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.09.004>
279. Zhao, Y. Auxin biosynthesis and its role in plant development / Y. Zhao // Annu. Rev. Plant Biol. - 2010. - № 61. – P. 49–64.
280. Zhao, Y. Auxin biosynthesis: a simple two-step pathway converts tryptophan to indole-3-acetic acid in plants / Y. Zhao // Mol. Plant. – 2012. - № 5. – P. 334–338.
281. Zheljaskov, V.D. Cultivar and sowing date effects on seed field and oil composition of coriander in Atlantik Canada / V.D. Zheljaskov, K.M. Pickett, C.D. Caldwell, J.A. Pincock, J.C. Roberts, L. Mapplebeck // Indust. Crops Prod. - 2008. - № 28. – P. 88–94.
282. Zorca, M. The CO₂ density variation in the supercritical extraction of anet essential oils / M. Zorca, I. Gainar, D. Bala // Analele Universităţii din Bucureşti – Chimie, Anul. – XVI (serie nouă). - 2007. - V. I. - P. 43–47.
283. <https://www.fda.gov/>
284. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/essential-oils-market>
285. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/dill-seed-oil-market>
286. http://www.ffdcindia.org/pdf/global_scenario_19032015.pdf
287. <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-coriander-oil-market>