

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный аграрный университет-
МСХА имени К.А. Тимирязева»

На правах рукописи

СУШКОВА ЛЮДМИЛА ОЛЕГОВНА

**ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА НА ОСНОВЕ ДИФЛЮФЕНИКАНА НА
УРОЖАЙНОСТЬ МЯТЫ ПЕРЕЧНОЙ (*MENTHA PIPERITA L.*) И
КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЕЕ ЭФИРНОГО МАСЛА**

Специальность: 4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин
растений

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Белопухов Сергей Леонидович

Москва - 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1 Обзор литературы.....	9
1.1 Биологические особенности мяты перечной.....	9
1.2 Мировое производство эфирных масел и перспективы их использования.....	14
1.3 Характеристика основных компонентов эфирного масла мяты перечной.....	18
1.4 Биосинтез терпеноидов.....	32
1.5 Влияние экзогенных факторов и гормональная регуляция продуктивности эфиромасличных культур и алкалоидсодержащих растений.....	34
1.6 Влияние различных факторов на формирование урожая мяты перечной и химический состав ее эфирного масла	39
Глава 2 Объекты и методы исследований.....	42
2.1 Объекты исследования.....	42
2.1.1 Мята перечная сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная.....	42
2.1.2 Используемый гербицид.....	45
2.2 Методы исследования.....	47
2.2.1 Мелкоделяночный полевой опыт.....	47
2.2.2 Экстракция эфирных масел методом гидродистилляции по Гинзбергу.....	50
2.2.3 Химический анализ компонентов эфирного масла.....	51
2.2.4. Метеорологические условия	53
Глава 3 Результаты исследований.....	55
3.1 Действие дифлюфеникана на урожайность и сбор эфирного масла.....	55
3.1.1 Влияние дифлюфеникана на урожайность сортов мяты перечной Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная (2012-2014 гг.).....	55
3.1.2 Влияние дифлюфеникана на урожайность сортов мяты перечной	

Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная (2012-2016 гг.).....	56
3.1.3 Влияние дифлюфеникана на сбор эфирного масла сортов мяты перечной Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная.....	58
3.2 Оценка изменения количественного и качественного состава эфирного масла в зависимости от дозы дифлюфеникана.....	64
3.2.1 Сорт Краснодарская 2.....	64
3.2.2 Сорт Янтарная.....	70
3.2.3 Сорт Чернолистная.....	77
Заключение.....	89
Список сокращений и условных обозначений.....	91
Список использованной литературы.....	92
Приложения.....	125
Приложение А – Среднедекадная температура воздуха в период исследований, °С.....	125
Приложение Б – Среднедекадное количество осадков в период исследований, мм	126
Приложение В – Хроматограммы эфирного масла мяты перечной сорта Краснодарская 2.....	127
Приложение Г – Хроматограммы эфирного масла мяты перечной сорта Янтарная	128
Приложение Д – Хроматограммы эфирного масла мяты перечной сорта Чернолистная	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Мята является популярным эфиромасличным и лекарственным растением (Кондратюк и др., 2012). Эфирное масло мяты широко используется в различных отраслях промышленности: парфюмерной, химической, фармацевтической, пищевой и т.д. По объему мирового производства эфирных масел мята перечная занимает одно из ведущих мест (Журба, Дмитриев, 2006; Морозов, 2019).

Мята перечная обладает различными фармакологическими свойствами: антимикробным, анестезирующим, антигельминтным, противогрибковым и антиоксидантным действиями (Пухов, 2002; Бадалян, Топчян, 2003; Райкова и др., 2011; Башилов и др., 2013; Морозов, 2014; Бобизода, Хусейнов, 2017; Уранов, Зайнутдинов, 2017; Лыков, 2019; Кондратенко, Велигура, 2020; Пятунина и др., 2020; Bassole et al., 2010; Tomescu et al., 2015). Эти свойства тесно связаны с действием основного активного компонента, ментола, который имеет большое промышленное и фармакологическое значение (Martins et al., 2021).

В настоящие дни в нашей стране наблюдается резкое сокращение площадей посева лекарственных и эфиромасличных растений, так в 2016 г. было 122,9 тыс. га, а уже в 2017 г. 65,6 тыс. га, особенно это заметно в регионах, традиционно возделывающих эти культуры (Паштецкий и др., 2017а). При этом потребность в эфиромасличном сырье в нашей стране постоянно растет. Так в 2017 г. потребность РФ в сырье эфиромасличных культур составляла 113147 т, в т.ч. мяты перечной – 20000 т (Паштецкий и др., 2017б). В связи с этим особую актуальность приобретают различные способы повышения, как урожайности, так и качества сырья эфиромасличных культур на минимально используемом участке произрастания.

Среди эфиромасличных растений одной из наиболее широко используемой в медицине ввиду высокого содержания биологически активных веществ сосудорасширяющего, успокаивающего и болеутоляющего действия, является мята перечная (Коренская и др., 2017; Ярош и др., 2018; 2019; Соловьева, 2020).

В листьях мяты содержится до 3% эфирного масла. В его состав входят более 200 соединений терпеноидного типа (Курилов и др., 2009). Основным компонентом являются изомеры ментона и ментола. Соотношение этих компонентов в масле в первую очередь зависит от вида и сорта растений. Однако существенное значение в этом соотношении могут играть внешние факторы: климатические условия, почва, удобрения и др. (Шаин, 1989; Шелепова и др., 2011; Андрианов, 2014; Куртсеитова, 2020).

Изменение соотношения компонентов в масле отражается на промышленном качестве сырья, его характеристиках и свойствах. Поэтому решение вопроса повышения качественного состава эфирного масла *Mentha piperita* L. за счет увеличения содержания ментола в нем, имеет практическую значимость для ряда отраслей промышленности многих стран.

Урожайность и качественный состав эфирного масла мяты перечной могут меняться под влиянием болезней, вредителей и сорной растительности (Gity, Raoofi, 2017; Kalemba, Synowiec, 2019).

В наших исследованиях было изучено действие дифлюфеникана, входящего в состав комбинированного гербицида, на урожайность мяты перечной сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная в условиях Нечерноземной зоны РФ и на качественные и количественные показатели состава ее эфирного масла.

Степень разработанности темы. Научные работы последних лет внесли большой вклад в изучение повышения биопродуктивности потенциала эфиромасличных культур за счет реализации экзогенной биорегуляции растений (Шаин, 2005; Морозов, 2013а; Сидельников, 2016 и др.).

Большое количество работ посвящено изучению состава мяты при применении удобрений, регуляторов роста и развития растений (Морозов, 2011а, 2011б; Морозов, Быков, 2012; Морозов и др., 2012в; Шуваева, 2013; Орел, 2018а, 2018б; Тропина и др., 2018; Шуваева, 2018; Морозов и др., 2020; Баскаев, 2022; Hendawy et al., 2015; Sheykholeslami et al., 2015; Ostadi et al., 2020).

Однако остается малоизученным вопрос применения при выращивании мяты перечной современных химических соединений - ингибиторов

фитоиндесатуразы, а также отзывчивость разных сортов этой культуры на действие таких веществ и влияние последних на качество получаемой продукции.

Цель и задачи исследования

Цель исследования – изучить действие ингибитора фитоиндесатуразы - дифлюфеникана на урожайность и компонентный состав эфирного масла мяты перечной сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная.

В исследованиях были поставлены следующие задачи:

1. Оценить влияние дифлюфеникана на показатели урожайности и сбор эфирного масла мяты перечной;
2. Сравнить показатели урожайности мяты перечной при увеличенном сроке выращивания в условиях Московской области;
3. Изучить влияние дифлюфеникана на направленность и выраженность изменений качественного и количественного компонентного состава эфирного масла мяты перечной;
4. Выявить действие обработки ингибитором фитоиндесатуразы на компонентный состав эфирного масла мяты перечной и оценить возможность использования полученного эфирного масла для различных отраслей народного хозяйства.

Научная новизна. Впервые в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ на культуре мяты перечной сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная было исследовано применение препарата гербицидного спектра действия (Алистер Гранд, основное действующее вещество которого – дифлюфеникан - является ингибитором фитоиндесатуразы) как альтернативного способа изменения сбора биомассы растений, эфирного масла и изменения содержания основных компонентов в нем – ментола и его предшественников по пути биосинтеза эфирных масел.

Теоретическая и практическая значимость

Полученные в опытах результаты являются основой для рекомендаций по применению препарата на растениях мяты перечной для повышения качественных и количественных характеристик получаемой эфиромасличной

продукции: высокой урожайности культуры, выхода эфирного масла и содержания отдельных его компонентов.

Результаты проведенных исследований позволяют провести разработку мероприятий по эффективному и рациональному использованию препаратов на основе дифлюфеникана для получения эфирного масла, отвечающего потребностям различных отраслей промышленности, а также для разработки методических пособий для научно-исследовательских и высших учебных заведений.

Методология и методы исследования. Методология исследований базировалась на анализе отечественной и зарубежной литературы, а также интернет ресурсов для актуализации выбранной темы, постановки цели и задач исследований. При выполнении программы исследований использованы традиционные методы агрохимического анализа почв, растений и современные физико–химические методы анализа, все полевые опыты и лабораторные исследования выполнены в соответствии с методическими рекомендациями и ГОСТами.

Положения, выносимые на защиту

1. Применение препарата способствует повышению содержания и сбора эфирного масла мяты перечной, улучшает его компонентный состав;
2. В условиях Московской области при обработке растений мяты препаратом на основе дифлюфеникана, можно получать качественное эфирное масло, отвечающее требованиям пищевой, парфюмерной и химической отраслей промышленности;
3. В условиях Нечерноземной зоны РФ возможно выращивание интродуцированных сортов мяты перечной с увеличенным сроком возделывания культуры.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов исследований подтверждается объемом проведенных полевых опытов и лабораторных исследований в период 2012 – 2019 гг. Закладка полевых опытов осуществлялась в соответствии с методикой

полевого опыта (Доспехов, 2011), расположение делянок рандомизированное, все эксперименты выполнены в 3-х кратной повторности, статистическая обработка данных проведена с помощью программ MS Excel 2019 и Statistica 10.

Основные результаты исследований были доложены на 9 всероссийских и международных конференциях: Москва, 2015, 2018, 2019; 2022; Орехово-Зуево, 2016; Ялта, 2019.

Результаты научной работы были апробированы на 1 выставке «НТТМ», г. Москва, 2012 г. и на «Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов и аспирантов», г. Самара, 2015 г. Все работы отмечены дипломами 1 и 3 степени, медалями.

Личный вклад автора. Все исследования по теме диссертации выполнены в период 2012 - 2019 гг. автором лично или при его непосредственном участии. Автору принадлежит постановка целей, задач исследований, участие в полевых опытах и лабораторных исследованиях, обобщение полученных результатов, написание диссертации, подготовка и публикация статей.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 129 страницах и состоит из введения, 3 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы, 5 приложений. Работа включает 6 таблиц и 46 рисунков, список использованной литературы составляет 259 источников, в том числе 118 иностранных.

Благодарности. Автор выражает благодарность за помощь в подготовке и проведении исследований по диссертации – научному руководителю, д.с.-х.н., профессору С.Л. Белопухову; к.х.н., заведующему лабораторией Л.Б. Дмитриеву и заведующей лабораторией В.Л. Дмитриевой, коллективу кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Автор также выражает признательность ФГБНУ ВИЛАР и отдельно заведующему лабораторией Ботанический сад ВИЛАР, к.б.н. А.Н. Цицилину.

Глава 1 Обзор литературы

1.1 Биологические особенности мяты перечной

Мята перечная (лат. *Méntha piperita* L.) представляет собой гибридное многолетнее травянистое растение, принадлежащее к семейству Губоцветные (лат. *Labiatae*) или Яснотковые (лат. *Lamiaceae*). Культурное растение получено скрещиванием мяты колосистой (лат. *Mentha spicata*) и мяты водной (лат. *Mentha aquatica*) (Бугаенко, 2015а; Kampuss, 2014).

Мята перечная растет повсеместно, имеет ветвистое корневище и довольно ветвистый стебель. Растение вырастает от 45 до 80 см высотой, близко напоминает мяту колосистую и отличается относительно длинными черешковыми супротивными ланцетными листьями и более широким соцветием. Стебель четырехгранный, желобчатый, пурпурный, несколько опушенный и ветвящийся к верхушке. Листья супротивные, черешковые, яйцевидные, заостренные, сверху более гладкие, чем снизу, темно-зеленого цвета, снизу светлее (Wilson, 2016). Листовая пластинка (4–14 см) с волосками и железистыми трихомами на обеих сторонах. Обычно нижняя поверхность листьев содержит больше железистых трихом, чем верхняя. Соцветие мутовчатое. Цветки мелкие, лиловые, в концевых тупых кистях, внизу прерваны, расположены цимозно. В конце сезона рост боковых нижних ветвей часто придает соцветию вид щитка. Чашечка трубчатая, часто пурпурная, бороздчатая, снизу голая, пятизубчатая, с волосатыми зубцами, венчик багрянистый, трубчатый, его край разделен на четыре сегмента, из которых самый верхний самый широкий, с выемкой на вершине. Четыре короткие тычинки скрыты внутри трубки венчика. Присутствие летучих эфирных масел в листьях и других частях растения придает растению очень приятный, привлекательный аромат (Pushpangadan, 2006).

Железистый аппарат у мяты перечной представлен эфиромасличными железками и железистыми волосками (рисунок 1.1), состоящими из клеточной головки и клеточной ножки. Эфиромасличные железки встречаются на верхней части листа (рисунок 1.2), на поверхности стебля, прицветниках и чашечках

(Козловская, 2015; Жоглова и др., 2018; Савченко и др., 2019; Lange, Turner, 2013; Rehman et al., 2016). Микрофотографии рисунков 1.1 и 1.2 получены лично автором. Эфирное масло, содержащееся в основном в зеленых листьях (в виде многочисленных округлых железок) и соцветиях, используется в медицине, пищевой, химической, лекарственной и парфюмерной промышленности (Пятунина и др., 2020; Sokovic, Griensven, 2006; Sokovic et al., 2010; Maffei et al., 2007; Schmidt et al., 2009; Mahboubi et al., 2014; Sharifi-Rad et al., 2017).

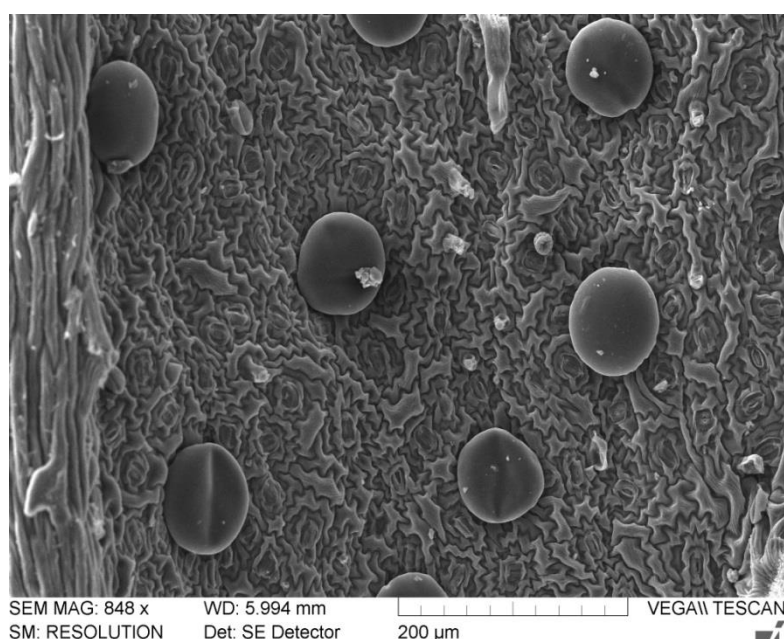


Рисунок 1.1 – Микрофотография железистого аппарата мяты перечной на поверхности ее листовой пластины, увеличение в 848 раз

На накопление эфирного масла мяты перечной и его компонентный состав напрямую влияют наступление и продолжительность различных фенологических фаз (Сушкова, Литвинский, 2018; Verma et al., 2010; Shelepova et al., 2021). Так для мяты перечной сорта Янтарная в условиях Нечерноземной зоны России оптимальным сроком уборки является фаза бутонизации – начала цветения (Морозов, 2019).

Растения мяты перечной имеют сильно разветвленный корень, достигающий иногда до 2 м, однако основные корни находятся, как правило, в границах пахотного горизонта, выходя на поверхность при сильном увлажнении (Казакова

и др., 2019). Дефицит влаги может отрицательно сказаться на корневую систему растений, при этом фаза цветения напрямую коррелирует с формированием корней у растения. В зимний период при снижении температуры до -18°C и отсутствии на полях снежного покрова корни мяты могут начать отмирать, при дальнейшем понижении температуры, растение погибнет (Ториков, Мешков, 2006; Морозов, 2019). Как правило, материнское растение погибает в конце фазы вегетации, ближе к осени. В некоторых районах РФ происходит полная уборка растений перед зимой, однако, срезанные части оставляются на полях для лучшей сохранности корней растений на будущий год (Морозов, 2019).

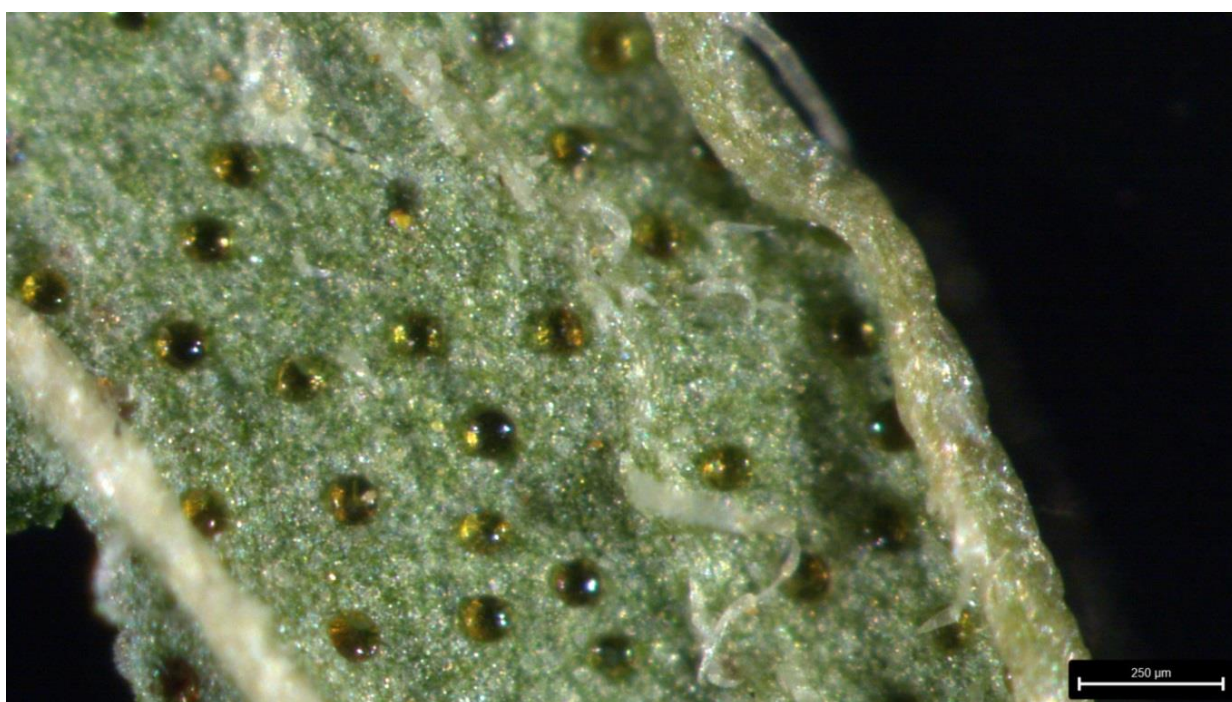


Рисунок 1.2 – Микрофотография поверхности листа мяты перечной с округлыми железками, заполненными эфирным маслом

Плодородие почвы, ее гранулометрический состав и способы обработки также могут повлиять на период возделывания эфиромасличной культуры и накопление различных химических соединений в составе эфирного масла (Дмитриева и др., 2011б; Морозов и др., 2012б; Сушкова и др., 2016). В Нечерноземной зоне РФ эти показатели варьируются в среднем до трех лет (Морозов, 2013а).

Мята перечная светлюбивая и влаголюбивая культура. Относится к растениям длинного дня, фотопериодичность выражена достаточно четко (Кондратьева и др., 2012; Шелепова и др., 2012а; 2012б; Burbott, Loomis, 1967;). Длина светового дня в условиях Московской области для мяты перечной должна быть не менее 12 часов (Морозов, 2019). При сильном падении обеспеченности влагой, культура может снизить свой генетический потенциал, что в свою очередь отрицательно скажется на общей биопродуктивности растения.

Однако были проведены исследования, где показывалось, что в период активного накопления эфирных масел низкая влагообеспеченность влияет положительно на накопление последних, тогда как в период набора зеленой массы наоборот, показана высокая влагообеспеченность почвы (Khorasaninejad et al., 2011; Erdogan Bayram, 2022).

Зона возделывания культуры и географическое положение напрямую влияют на соотношение тех или иных компонентов в эфирном масле мяты (Живчиков, Живчикова, 2020). Так, было показано, что в более южных районах содержание эфирного масла выше, чем в северных, однако содержание ментола наоборот, ниже (Воронина и др., 2001). По некоторым исследованиям накопление спиртов в масле мяты перечной падает во влажном жарком климате, тогда как процентное соотношение кетонов при этом растет (Морозов, 2019; Telci et al., 2011).

На сегодняшний день разработаны технологии возделывания мяты перечной для различных отраслевых нужд народного хозяйства для совершенно разных зон возделывания (Морозов, 2012а; Прокофьев, Степанова, 2013; Хуснидинов и др., 2015; Хамдамов и др., 2016; Тропина, Пушкина, 2017). Выращивание этой эфиромасличной культуры уже давно вышло за пределы южных областей. Так, было показано, что качественное высокоурожайное сырье возможно и на поливных землях, болотных почвах (Шульга, Мишнев, 2009).

В производстве мяту перечную размножают в основном отрезками корневищ или рассадой, однако, возможно черенкование стебля, листьев,

микрклональное размножение (Терехин, 2008; Морозов, 2011в; 2012а; Бугаенко, 2015б; Таланкова-Середа, 2016; Князюк, 2017; Лиханова, 2020).

При вводе в севооборот мяту перечную лучше чередовать с овощными, бобовыми и озимыми культурами в качестве предшественника, однако стоит учитывать для каждого региона возделывания сроки посадки корневищ и в соответствии с этим грамотно подбирать предшественника, сопоставляя сроки уборки одной культуры и последующей посадки на полях другой (Шишкова, 2007; Черкашина, 2014; Морозов, 2019).

В первый год вегетации обязательно проводят довсходовое боронование не менее 2 раз, культивацию в междурядьях и прополку. В зависимости от зоны возделывания дополнительно могут провести известкование и внесение удобрений (Белкина, Ющенко, 2007; Морозов и др., 2009; Морозов, 2011). Для наилучшего питания культуре необходимо содержание в почве N и K – не менее 3%, а P – 0,5% (Орлова, 1985).

В Краснодарском крае при вспашке рекомендовано вносить минеральное удобрение в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, а при посадке – $N_{90}P_{120}K_{90}$ (Агрорекомендации, 2016; Морозов, 2019). Культура также отзывчива на внесение микроэлементов в виде внекорневой подкормки.

Химические средства защиты мяты перечной на основе глифосата против многолетних и однолетних злаковых и двудольных сорняков начинают вносить сразу после предшественника, еще до посадки основного растения, или уже в послеуборочный период (Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, 2023). Однако стоит учитывать механизм действия каждого препарата. Зачастую они могут отрицательно влиять на направленность биохимического процесса в культурных растениях, накапливая или, наоборот, снижая важные биологически активные вещества в растении, что может повлиять на конечную цель, ради которой эта эфиромасличная культура выращивалась (Капустин и др., 2016).

По данным «Государственного каталога пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации (2023), на культуре мяты перечной в период вегетации рекомендуют применять от болезней:

мучнистой росы – препарат на основе *Bacillus subtilis*, штамм ИПМ 215; от септориоза – препарат на основе хлорокиси меди, опрыскивая культуру в период вегетации.

1.2 Мировое производство эфирных масел и перспективы их использования

Fortune Business Insights (2023) опубликовали исследовательский отчет «Размер рынка эфирных масел, доля и влияние на него COVID-19 – региональный прогноз до 2028 года», представив информацию о глобальных тенденциях рынка эфирных масел по типу (цитрусовые, эвкалипт, лаванда, розмарин, чайное дерево и другие), применению (еда и напитки, средства личной гигиены и косметика, фармацевтика и др.), где говорится о том, что на сегодняшний день эфирные масла играют решающую роль в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности.

Объем мирового рынка эфирных масел в 2020 году составил 8,74 млрд. долларов США. Глобальное влияние на него пандемии COVID-19 было существенным (Elsebai, Albalawi, 2022; Correa et al., 2023). Это выразилось в увеличении спроса на эфиромасличную продукцию, больше всего затронув индустрию ароматерапии и личной гигиены (Taoufik et al., 2022).

Согласно отчету (Fortune Business Insights, 2023), мировой рынок эфирных масел продемонстрировал высокий рост – на 14,08% больше за 2020 год, чем среднегодовой прирост за предыдущие три года – с 2017 по 2019 гг.

Ожидается, что рынок вырастет с 9,62 млрд долларов США (по состоянию на 2021 год) до 18,25 млрд долларов США в 2028 году, показывая среднегодовой темп роста 9,57% в период с 2021 по 2028 гг.

Так, на рынке Северной Америки и Европы в течение прогнозируемого периода предполагается более высокий среднегодовой темп роста. Это связано с наличием большого количества фирм-производителей косметики в этих регионах.

Предполагается, что в ближайшие годы большая доля рынка эфирных масел будет приходиться также и на сегмент продуктов питания и напитков

(Гарифуллина, 2018; Беляев и др., 2020). Пищевые продукты остаются распространенными товарами, при их производстве используются эфирные масла растительного происхождения – это увеличивает срок годности пищевых продуктов, их стабильность при хранении и улучшает органолептические характеристики (Лапин и др., 2011).

Развитый рынок в США и Европейском Союзе отвечает за постоянный рост рынка эфирных масел. На сегодняшний день спрос на ароматерапию, как наиболее известную форму альтернативной медицины, растет на некоторых ведущих рынках Германии, Великобритании и Франции. Это увеличит продажи эфирных масел и приведет к росту рынка в прогнозируемые годы.

Научные исследования и разработки в области эфирных масел помогут производителям оценить преимущества их использования (Пояркова и др., 2020; Raut, Karuppayil, 2014; Salehi et al., 2018). Предпочтения клиентов смещаются в сторону экологически чистых и устойчивых продуктов, которые по своей природе многофункциональны. Этот сдвиг будет также стимулировать рост рынка.

Индустрия гостеприимства и туризма увеличивает спрос на ароматерапию. Это, наряду с популярностью использования натуральных продуктов в косметике и фармацевтике, способствует росту рынка эфирных масел (Bijauliya et al., 2017; Maddheshiya et al., 2022;).

Эфирные масла одной культуры возможно использовать в сельском хозяйстве против вредителей, болезней и сорных растений другой культуры (Mahdavia, Saharkhiz, 2015) чье эфирное масло может быть задействовано в следующей культуре – так отрасль начинает поддерживать себя изнутри.

Растение выращивается с целью получения из него качественного сырья, растительных компонентов, биологически активных веществ, а эфирные масла, входящие в состав, могут идти как побочная продукция – и здесь их также можно вводить в оборот производства и использовать в целях выращивания других культур (Племенков, Тевс, 2014). Так, гидролаты – побочные продукты гидродистилляции эфирных масел различных растений – можно использовать в качестве средств защиты растений (Julio et al., 2017; Sainz et al., 2019).

Сельскохозяйственная продукция страдает от воздействия более 500 видов насекомых-вредителей, из них 60 видов моли и около 325 видов клещей, которые приводят к количественным и качественным потерям продукции (Furlong et al., 2008; Oliveira et al., 2013; Sharma et al., 2017). Вред, причиняемый запасам при хранении продуктов, невосполним, в частности, семенной материал теряет всхожесть и массу (Tadesse et al., 2000; Kalsa et al., 2019).

Для сохранения качества продуктов питания важную роль в уничтожении насекомых-вредителей играет фумигация (Rajendran, Parveen, 2005). В промышленно развитых странах, таких как Канада и Австралия, например, существует нулевая толерантность к насекомым-вредителям и высокий уровень применения пестицидов для защиты зерна и зерновых продуктов от вредителей (Madrid, 1990; Rajendran, Parveen, 2005). Самыми распространенными фумигантами из используемых для защиты хранящихся продуктов во всем мире являются фосфин и бромистый метил (Taylor, 1994; Bell, 2000; Rajendran, 2001). Устойчивость насекомых к фосфину в настоящее время является глобальной проблемой. Ввиду проблем, связанных с применением фумигантов, существует глобальный интерес к альтернативным стратегиям, включая разработку растительных заменителей (Isman et al., 1991; Kumar et al., 2011).

Обычно для борьбы с сельскохозяйственными вредителями используются химические пестициды; 90% применяемых пестицидов теряется в воздухе, что серьезно влияет на окружающую среду и увеличивает затраты сельхозпроизводителей на их внесение (Mahmood et al., 2016; Tudi et al., 2021). Кроме того, использование пестицидов увеличивает сопротивляемость вредителей и снижает плодородность почвы (Moorman, 1989; Altieri, Nicholls, 2003). Использование синтетических химических инсектицидов для борьбы с вредителями представляют опасность для здоровья населения и окружающей среды. По этой причине существует острая необходимость в применении ряда современных стратегий в качестве альтернативы химическим пестицидам, чтобы защитить окружающую среду от инсектицидного загрязнения, снизить неблагоприятное действие гербицидов и повысить урожайность бахчевых и

сельскохозяйственных культур. Растительные натуральные вещества могут стать потенциальной альтернативой применяемым в настоящее время средствам борьбы с насекомыми, поскольку они представляют собой богатый источник биологически активных веществ (Карпук, Алейник, 2016; Liao et al., 2016).

Переход к зеленой органической химии и сохраняющаяся потребность в разработке новых средств защиты растений дают возможность весьма выгодно открывать новые натуральные вещества и использовать их в качестве экологически чистых продуктов (Laroche et al., 2001; Damalas, Koutroubas, 2020). Концепция «зеленые пестициды» подразумевает использование экологически ориентированных и нетоксичных веществ для борьбы с вредителями, которые могут уменьшить их численность и способствовать производству экологически чистых продуктов питания (Koul, 2008; Karunamoorthi, 2012; Nicolopoulou-Stamati et al., 2016). Они не так опасны, как синтетические пестициды, и их совместимость с компонентами окружающей среды больше, чем у последних. К тому же некоторые продукты питания требовательны к условиям хранения – многие из них относятся к категории скоропортящихся (Giallombardo et al., 2022).

Так были проведены исследования эфирного масла из *Ageratum conyzoides*, которое успешно контролировало гниение мандаринов пораженных голубой плесенью и увеличивало срок их хранения (Dixit et al., 1995). Эфирное масло гвоздики сдерживало развитие антракноза и гнили плодов банана и также увеличивало срок хранения продукта (Abd-Alla et al., 2014). Эфирное масло из листьев базилика тестировали на противогрибковую активность и развитие антракноза на плодах манго, где доказали его эффективность в борьбе с болезнями и сопоставимость с эффективностью обработки фунгицидами (Danh et al., 2021).

Широкий спектр возможностей в сельском хозяйстве открывает потенциальное использование и преимущества нанотехнологий. К ним относятся: борьба с насекомыми-вредителями с помощью пестицидов и инсектицидов на основе наноматериалов, повышение продуктивности сельского хозяйства с использованием наночастиц (инкапсуляция) для медленного высвобождения

питательных веществ и воды (Rai, Ingle, 2012). Микрокапсулы эфирных масел могут решить эти проблемы, защищая активные компоненты эфирных масел от разложения и потерь при испарении, тем самым повышая их стабильность и поддерживая минимальную эффективную дозировку. Микрокапсулирование — это современная технология обработки пищевых продуктов, с помощью которой любое вещество может быть инкапсулировано внутри определенного материала, образуя крошечную сферу диаметром от 1 мкм до нескольких сотен мкм (Soliman et al., 2013)

В исследовании, проведенном на мяте длиннолистной, изучалась контактная токсичность эфирного масла *Mentha longifolia* L. по сравнению с его наноэмульсией на *Ephestia kuehniella* Zeller (Louni et al., 2018). Средиземноморская мучная моль часто встречается в теплых местах хранения зерна, таких как мельницы и пекарни, где она может размножаться круглый год. Общие результаты этого исследования показывают, что при использовании наноэмульсии эффект контактной токсичности эфирного масла и его долговечность увеличиваются. Следовательно, наноэмульсии с медленным высвобождением может представлять собой новую категорию биопестицидов, и это следует учитывать в комплексной программе борьбы с вредителями.

1.3 Характеристика основных компонентов эфирного масла мяты перечной

Фармакологическая активность эфиромасличных растений определяется в первую очередь химическим составом компонентов эфирного масла, а потом уже биологическими признаками. Терпеноиды, являющиеся компонентами эфирных масел и обладающие широким спектром воздействия на организм человека, представляют большой интерес для фитотерапии. Возрастающий рост применения эфиромасличного сырья в медицине требует определенного количества и стабильности компонентов эфирных масел для ожидания необходимого фармакологического эффекта (Логвиненко и др., 2016).

В результате нашего исследования были получены данные по более чем 20 компонентам эфирного масла (ЭМ) мяты перечной. В ходе нашей работы мы описываем основные из этих компонентов.

Основные компоненты эфирных масел мяты перечной можно разделить по классам органических веществ, к которым они принадлежат: углеводороды (моно- и сесквитерпены), кетоны, спирты, ацетаты.

Углеводороды

К монотерпеновым углеводородам, определяемым нами в растениях мяты перечной, относятся: лимонен, α -пинен, β -пинен, туйен, β -мирцен.

Лимонен ($C_{10}H_{16}$) – 1-метил-4-изопропенилциклогексен-1 (здесь и далее название химических соединений по номенклатуре ИЮПАК) – существует в виде двух оптически активных форм — энантиомеров и в виде рацемической смеси (рисунок 1.3).

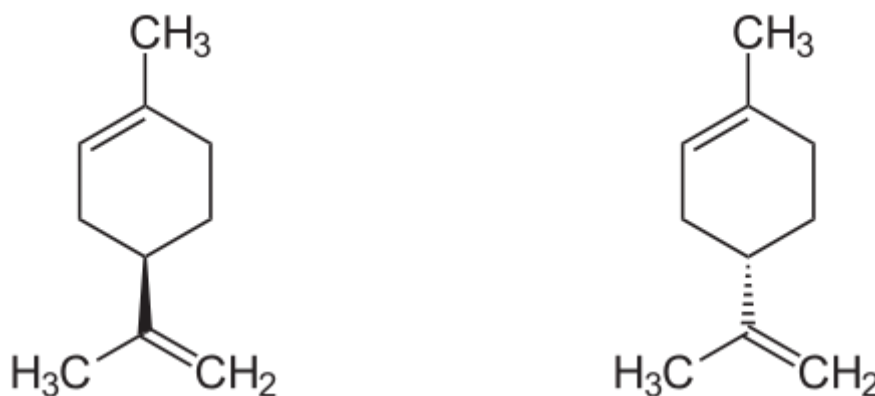


Рисунок 1.3 - Молекулы D- и L-лимонена

Это бесцветный жидкий алифатический углеводород, классифицируемый как циклический монотерпен, является основным компонентом масла кожуры citrusовых. D-изомер чаще всего встречается в природе в запахе апельсинов, используется в качестве ароматизатора в пищевой промышленности. Также используется в химическом синтезе в качестве предшественника карвона, как растворители и чистящее средство. D-лимонен используется в качестве инсектицида и гербицида в органическом сельском хозяйстве. Менее

распространенный L-изомер имеет хвойный скипидарный запах и содержится в съедобных частях таких растений, как тмин, укроп и бергамот (Limonene. Compound summary, 2023).

В природе лимонен образуется из геранилпирофосфата путем циклизации эквивалента его карбокатиона как показано на рисунке 1.4 (Mann et al., 1994). Заключительный этап включает потерю протона из катиона с образованием алкена.

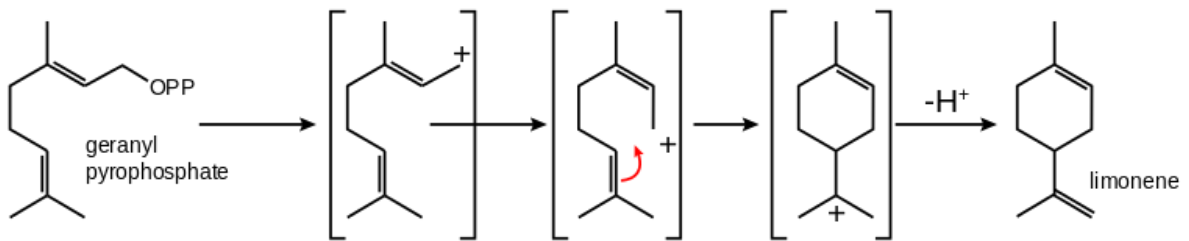


Рисунок 1.4 – Биосинтез лимонена (The biosynthesis of limonene, 2023)

Пинен ($C_{10}H_{16}$) – представляет собой сумму ненасыщенных бициклических монотерпенов. В природе встречаются два геометрических изомера пинена: α -пинен и β -пинен – 2,6,6-триметилбицикло[3.1.1]гепт-2-ен и 2-метилен-6,6-диметилбицикло[3.1.1]гептан соответственно.

Обе молекулы хиральны. Пинен является основным компонентом смолы хвойных деревьев, также встречается и во многих нехвойных растениях (Gscheidmeier, Fleig, 2000).

α -Пинен и β -пинен образуется из геранилпирофосфата путем циклизации линалоилпирофосфата с последующей потерей протона из эквивалента карбокатиона (рисунок 1.5).

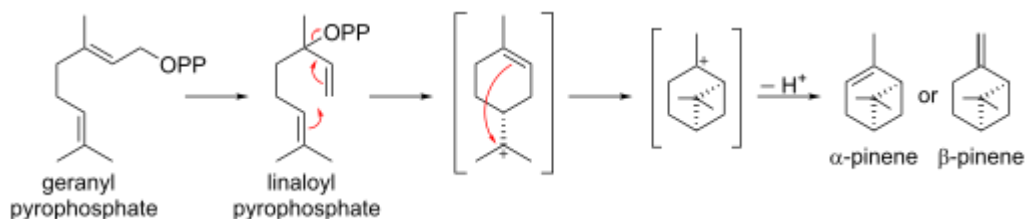


Рисунок 1.5 – Биосинтез пинена (Biosynthesis of Pinene, 2023)

α -Пинен – наиболее широко распространен в природе и является сильным репеллентом для насекомых (Nerio et al., 2010; Noma, Asakawa, 2010).

Туйен - 1-изопропил-4-метилбицикло[3.1.0]гекс-3-ен ($C_{10}H_{16}$) – природный монотерпен (рисунок 1.6). Содержится в эфирных маслах различных растений и придает остроту вкусу некоторых трав (например, чабер садовый) (Healthcare, 2007).

Употребляя термин «туйен» чаще всего подразумевают α -туйен. Менее распространенный химически родственный изомер с двойной связью известен как β -туйен. Другой изомер двойной связи известен как сабинен.

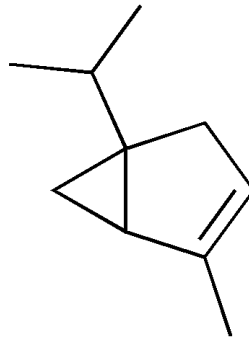


Рисунок 1.6 – Молекула α -туйена

Поскольку появление циклопропановых колец в природных продуктах несколько необычно, туйен более широко применяется в органических исследованиях и синтезах, нежели с целью коммерческой выгоды.

Биосинтез большинства туйенов включает гидридный сдвиг в α -терпинильном катионе с образованием терпинен-4-ильного катиона (рисунок 1.7) с последующим внутренним присоединением через эндоциклическую двойную связь для создания циклопропанового кольца сабинильного катиона (путь «а» на рисунок 1.7). α -Туйен образуются путем депротонирования по соседним метиленовым группам. В некоторых растениях (например, тимьян обыкновенный) α -туйен образуется путем прямого депротонирования катиона терпинен-4-ила (путь «b» на рисунок 1.7) (Wise, 1999).

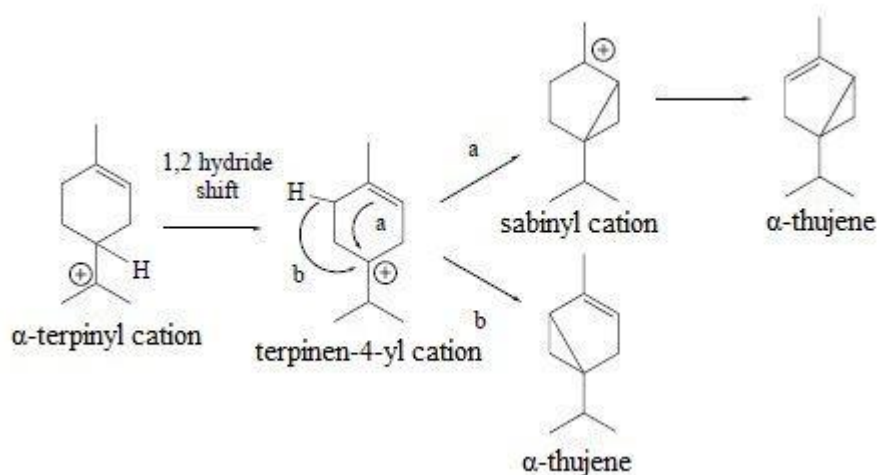


Рисунок 1.7 – Биосинтез α -туйена (Wise, 1999)

Мирцен ($C_{10}H_{16}$) – β -мирцен – 7-метил-3-метиленокта-1,6-диен – ациклический природный монотерпен, широко встречается в эфирных маслах (рисунок 1.8). α -Мирцен – это второй изомер мирцена, в природе не обнаружен (Племенков, 2001; Behr, Johnen, 2009).

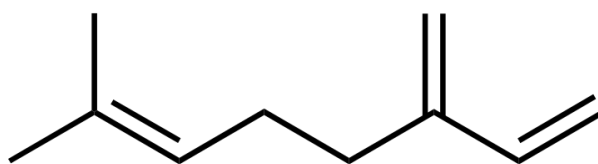


Рисунок 1.8 – Молекула β -мирцена

Растения биосинтезируют β -мирцен через геранилпирофосфат (GPP), который изомеризуется в линалилпирофосфат (рисунок 1.9). Высвобождение пирофосфата (OPP) и протона завершает превращение (Dewick, 2002).

Мирцен — промежуточный продукт, используемый в парфюмерной промышленности (Behr, Johnen, 2009). Он имеет приятный запах, но редко используется напрямую, так как нестабилен на воздухе и склонен к полимеризации. Более ценится как промежуточный продукт для приготовления вкусовых и ароматических химических веществ, таких как ментол, цитраль, цитронеллол, цитронеллаль, гераниол, нерол и линалоол (Eggersdorfer, 2005).

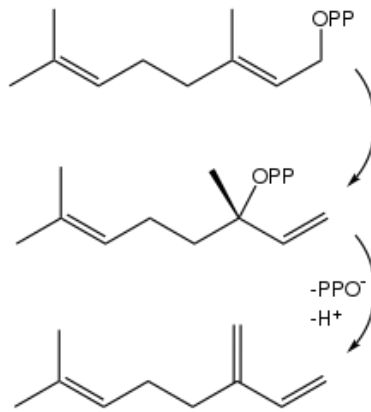


Рисунок 1.9 – Биосинтез мирцена из геранилпирофосфата (Dewick, 2002)

К сесквитерпеновым углеводородам, обнаруженным нами в эфирном масле мяты перечной относятся β -кариофиллен и гермакрен D.

β -кариофиллен – $C_{15}H_{24}$ – 4,11,11-триметил-8-метилена-бицикло[7.2.0]ундец-4-ен – природный бициклический сесквитерпен, распространенный среди многих видов растений – особенно гвоздики, розмарина и хмеля (Tinseth, 1993; Ghelardini et al., 2001; Ormeno et al., 2008). Кариофиллен интересен тем, что имеет циклобутановое кольцо, а также транс-двойную связь в 9-членном кольце, что редко встречается в природе (рисунок 1.10).

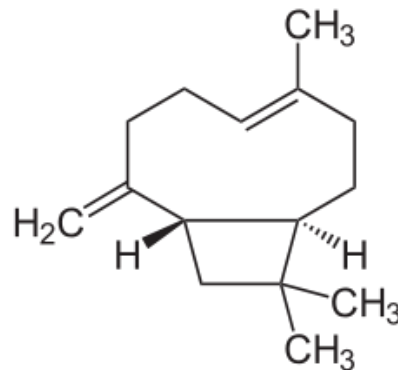


Рисунок 1.10 – Молекула β -кариофиллена

Кариофиллен биосинтезируется из обычных предшественников терпенов – диметилаллилпирофосфата (DMAPP) и изопентенилпирофосфата (IPP). Во-первых, отдельные единицы DMAPP и IPP реагируют посредством реакции мономолекулярного нуклеофильного замещения (S_N1) с потерей пирофосфата PP (рисунок 1.11), катализируемой ферментом GPPS2, с образованием

геранилпирофосфата (GPP). Затем он реагирует со вторым звеном IPP, также посредством реакции S_N1 , катализируемой ферментом IspA, с образованием фарнезилпирофосфата (FPP). Впоследствии FPP подвергается катализируемой ферментом QHS1 внутримолекулярной циклизации с образованием кариофиллена (Yang et al., 2016).

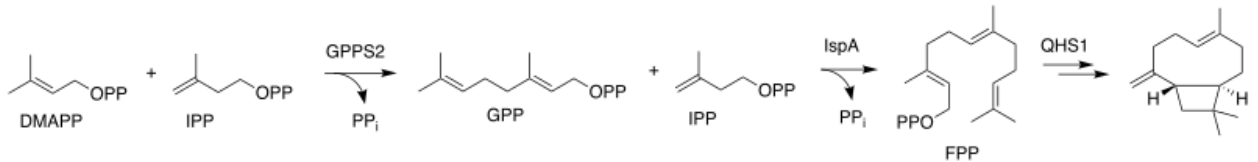


Рисунок 1.11 – Биосинтез β -кариофиллена (Yang et al., 2016)

Гермакрен D – $C_{15}H_{24}$ – 8-изопропил-1-метил-5-метиленциклодека-1,6-диен – летучий сесквитерпен (рисунок 1.12). Гермакрены (всего насчитывают пять изомеров) обычно образуются в ряде видов растений, обладающих противомикробными и инсектицидными свойствами, хотя они также выполняют роль феромонов для насекомых (Muller, Vuchbauer, 2011). Наиболее часто встречающимися изомерами являются гермакрен A и гермакрен D.

Высокое содержание гермакрена D обнаружено в эфирном масле крапивы и масле пачули (Flamini et al., 2005; Morteza-Semnani, 2006).

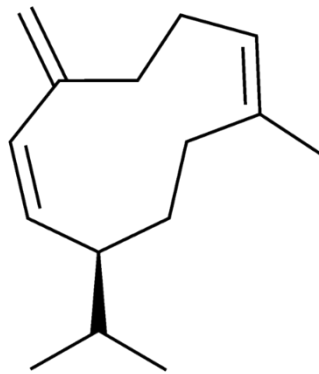


Рисунок 1.12 – Молекула гермакрена D

Некоторые виды высших растений способны производить оба оптических изомера гермакрена D путем процесса циклизации из фарнезилдифосфата с использованием двух энантиоспецифичных синтаз (рисунок 1.13).

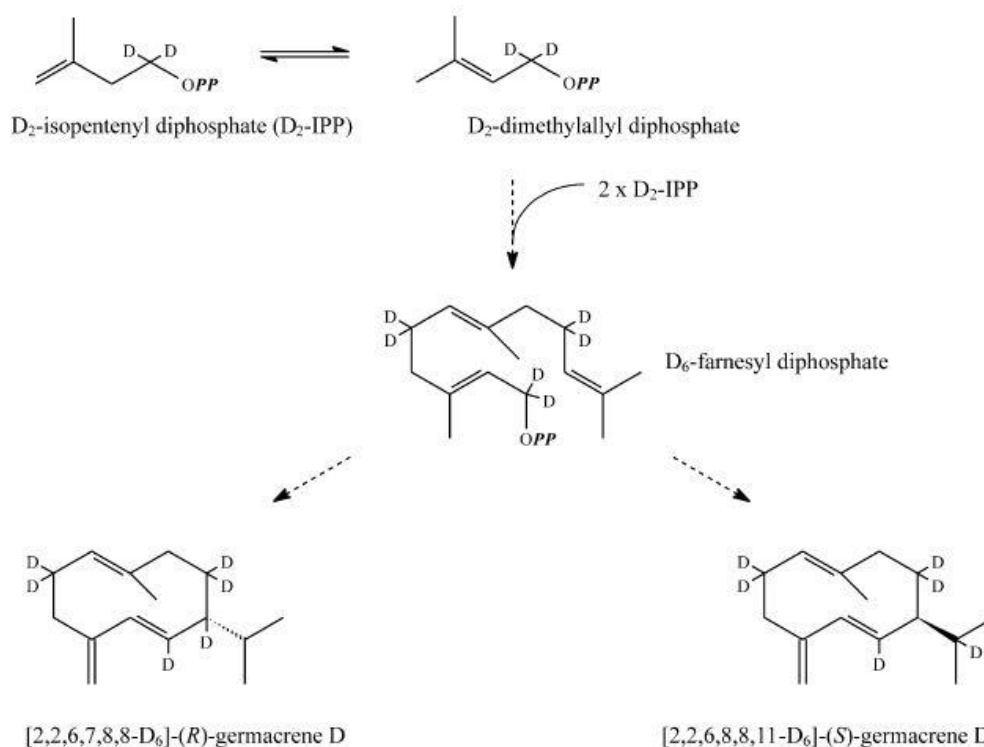


Рисунок 1.13 – Биосинтез гермакрена D

Спирты

Из класса спиртов в эфирном масле мяты перечной нами были обнаружены: α -терпинеол, *цис*- β -терпинеол, неоизоментол, изоментол, неоментол и ментол.

α -Терпинеол — 2-(4-метилциклогекс-3-ен-1-ил)пропан-2-ол и ***цис*- β -терпинеол** – 1-метил-4-изопропенилциклогексан-1-ол – два из четырех изомерных монотерпеноидов (рисунок 1.14). Существует четыре изомера терпинеолов ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O}$) – терпенов, содержащих спиртовую функциональную группу: α -, β -, γ -терпинеол и терпинен-4-ол. Терпинеол обычно представляет собой смесь этих изомеров с α -терпинеолом в качестве основного компонента (Khaleel et al., 2018).

Биосинтез α -терпинеола происходит из геранилпирофосфата, который высвобождает пирофосфат с образованием катиона терпинила (рисунок 1.15). Этот карбокатион является предшественником многих терпенов и терпеноидов. Его гидролиз дает терпинеол (Davis, Croteau, 2000).

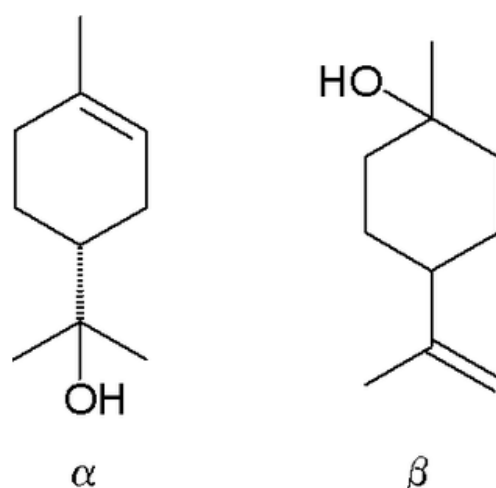


Рисунок 1.14 – Молекулы α - и β -терпинеолов

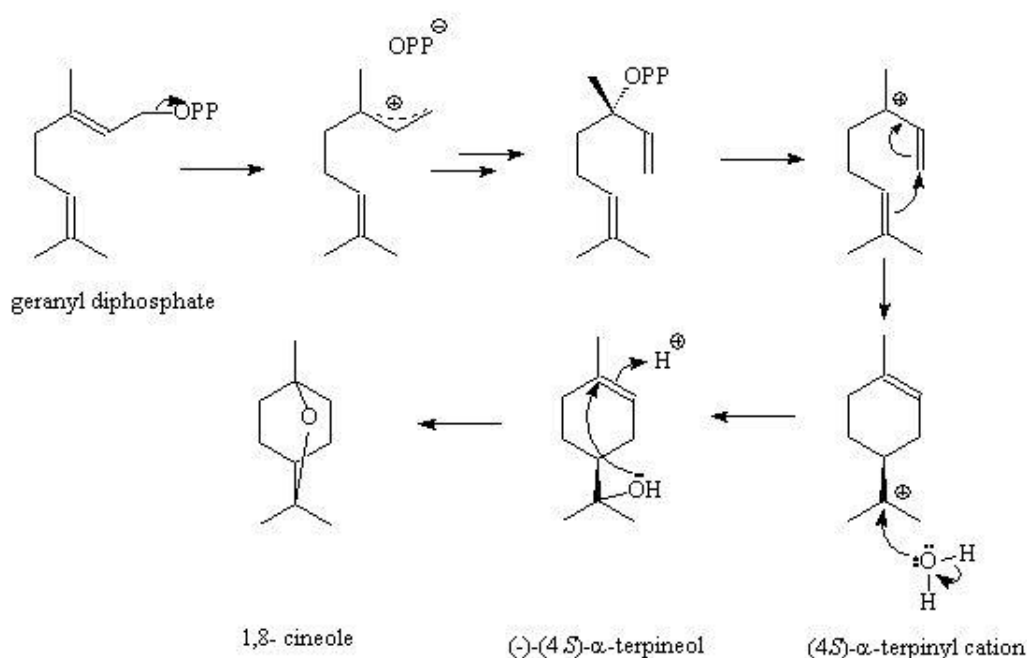


Рисунок 1.15 – Биосинтез α -терпинеола и 1,8-цинеола (Davis, Croteau, 2000)

1,8-Цинеол (рисунок 1.15) – $C_{10}H_{18}O$ – 1,3,3-триметил-2-оксабицикло[2.2.2]октан – монотерпеноид – один из наиболее распространенных в природе изомеров моноциклического терпена цинеола.

1,8-Цинеол часто используют в качестве ароматизатора пищевых продуктов, как добавка к табачным изделиям для улучшения вкуса, в народной медицине как средство от кашля, он обладает инсектицидными и репеллентными

свойствами (Klocke, 1987; Harborne, Baxter, 2001; Schiestl, Roubik, 2004; Sfara, 2009).

Ментол – $C_{10}H_{20}O$ – 5-Метил-2-(пропан-2-ил)циклогексан-1-ол – монотерпеноид, получаемый из эфирного масла различных видов мяты.

Основной формой ментола из восьми возможных стереоизомеров, встречающихся в природе (рисунок 1.16), является (-)-ментол (Kamatou et al., 2013).

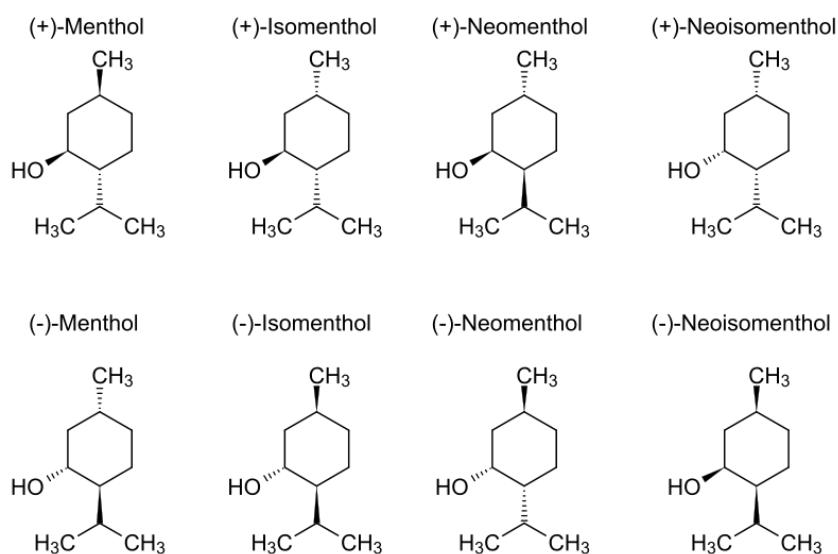


Рисунок 1.16 – Молекулы стереоизомеров ментола (Menthol Isomere, 2023)

Биосинтез ментола в *Mentha piperita* L. происходит в клетках секреторных желез растения и начинается с синтеза терпенового лимонена, за которым следует процесс гидроксирования, а затем несколько стадий восстановления и изомеризации (Croteau et al., 2005).

Геранилдифосфатсинтаза (GPPS) сначала катализирует реакцию IPP и DMAPP с образованием геранилдифосфата (рисунок 1.17). Затем (-)-лимоненсинтаза (LS) катализирует циклизацию геранилдифосфата до (-)-лимонена. (-)-Лимонен-3-гидроксилаза (L3OH), используя O₂ и НАДФН, затем катализирует аллильное гидроксирование (-)-лимонена в положении 3 до (-)-транс-изопиперитенола. (-)-Транс-изопиперитенолдегидрогеназа (iPD) дополнительно окисляет гидроксильную группу в положении 3, используя НАД+

для получения (-)-изопиперитенона. Затем (-)-изопиперитенонредуктаза (iPR) восстанавливает двойную связь между атомами углерода 1 и 2, используя НАДФН, с образованием (+)-цис-изопулегона. Затем (+)-цис-изопулегонизомерераза (iPI) изомеризует оставшуюся двойную связь с образованием (+)-пулегона. Затем (+)-пулегонредуктаза (PR) восстанавливает эту двойную связь, используя НАДФН, с образованием (-)-ментона. Затем (-)-ментонредуктаза (MR) восстанавливает карбонильную группу с помощью НАДФН с образованием (-)-ментола (Croteau et al., 2005).

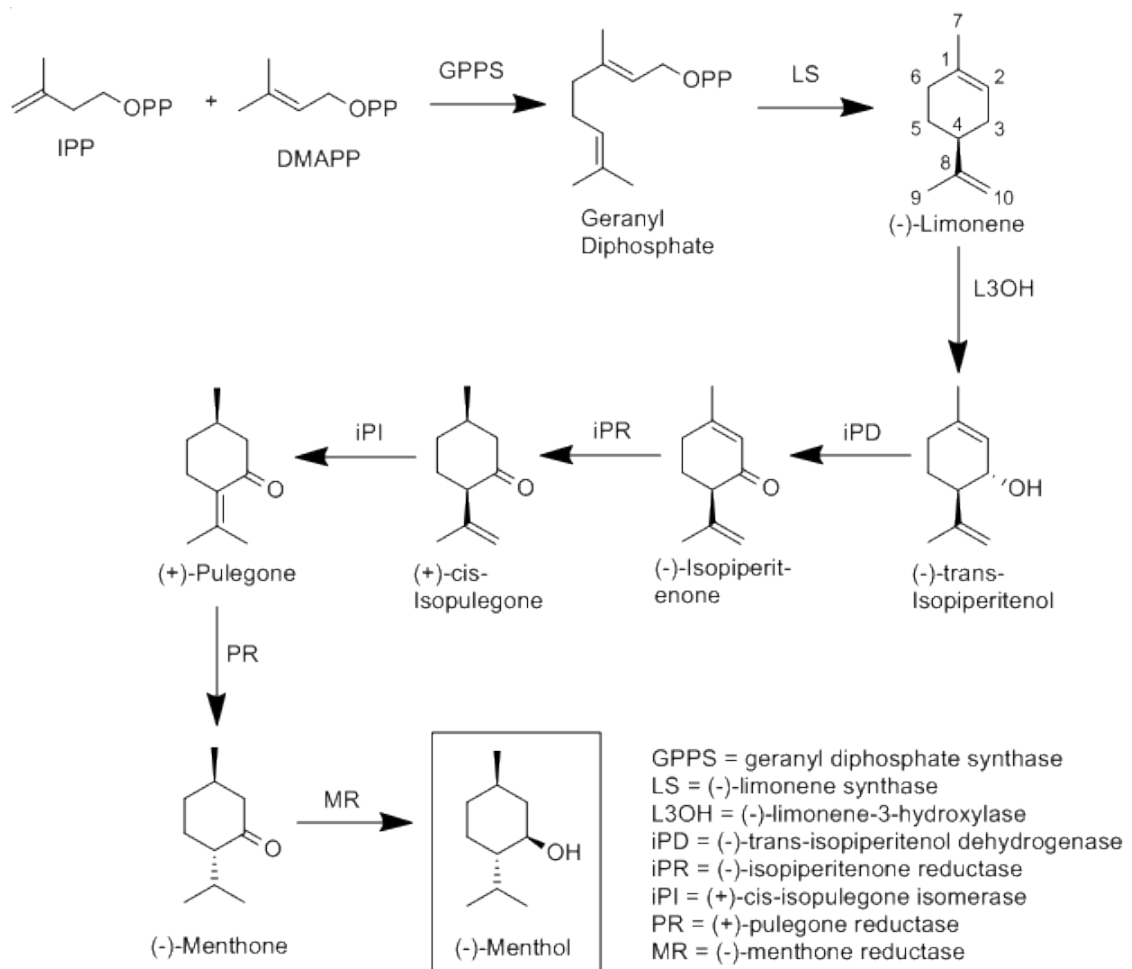


Рисунок 1.17 – Биосинтез ментола (Menthol biosynthesis image, 2023)

В сельском хозяйстве ментол используют как пестицид против трахеальных клещей медоносных пчел (Delaplane, 1992). В парфюмерии он используется для приготовления ментоловых эфиров, чтобы подчеркнуть цветочные ноты

(особенно запаха розы) (Koshiro et al., 1985; Leffingwell, 2009). В косметической и медицинской промышленности обычно используется в продуктах гигиены полости рта – таких как жидкость для полоскания рта, зубная паста, спреи для рта и языка (Demeester et al., 2009). В качестве местного анальгетика ментол используется для облегчения незначительных болей, таких как мышечные спазмы, растяжения связок, головные боли, часто – в качестве усилителя проникновения при трансдермальной доставке лекарств (Kamatou, 2013; Liu, 2013; Limpanurarb, 2019; Rozza, 2021). В пищевой промышленности ментол используют в качестве ароматизатора – например, в жевательной резинке и конфетах (Schober, Peterson, 2004; Santos et al., 2014). В органической химии ментол используется в качестве хирального вспомогательного вещества в асимметричном синтезе (Yuan et al., 2006).

Кетоны

К кетонам, определяемым нами в растениях мяты перечной, относятся: пулегон, изоментон, ментон и пиперитон.

Пулегон (рисунок 1.18) – (5R)-5-Метил-2-(пропан-2-илиден)циклогексан-1-он – монотерпен. В природе встречается в эфирном масле котовника кошачьего, мяты перечной и мяты болотной.

Пулегон является центральным промежуточным звеном в биосинтезе (-)-ментола (рисунок 1.17), наиболее важного компонента эфирного масла мяты перечной. В зависимости от условий окружающей среды этот метаболит точки разветвления может восстанавливаться до (-)-ментона на пути к ментолу с помощью пулегонредуктазы (PR) или окисляться до (+)-ментофурана с помощью ментофурансинтазы (MFS) (Mahmoud, Crotea, 2003).

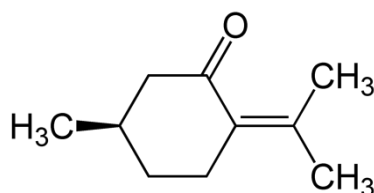


Рисунок 1.18 – Молекула пулегона

Изоментон – цис-ментон, изомер ментона. Ментон может легко превратиться в изоментон и наоборот посредством обратимой реакции эпимеризации.

Ментон - (2S, 5R)-2-изопропил-5-метилциклогексанон – монотерпен с мятным вкусом, транс-изомер, наиболее распространенный в природе из четырех возможных стереоизомеров. Ментон используется в ароматизаторах, парфюмерии и косметике из-за его характерного ароматического и мятного запаха.

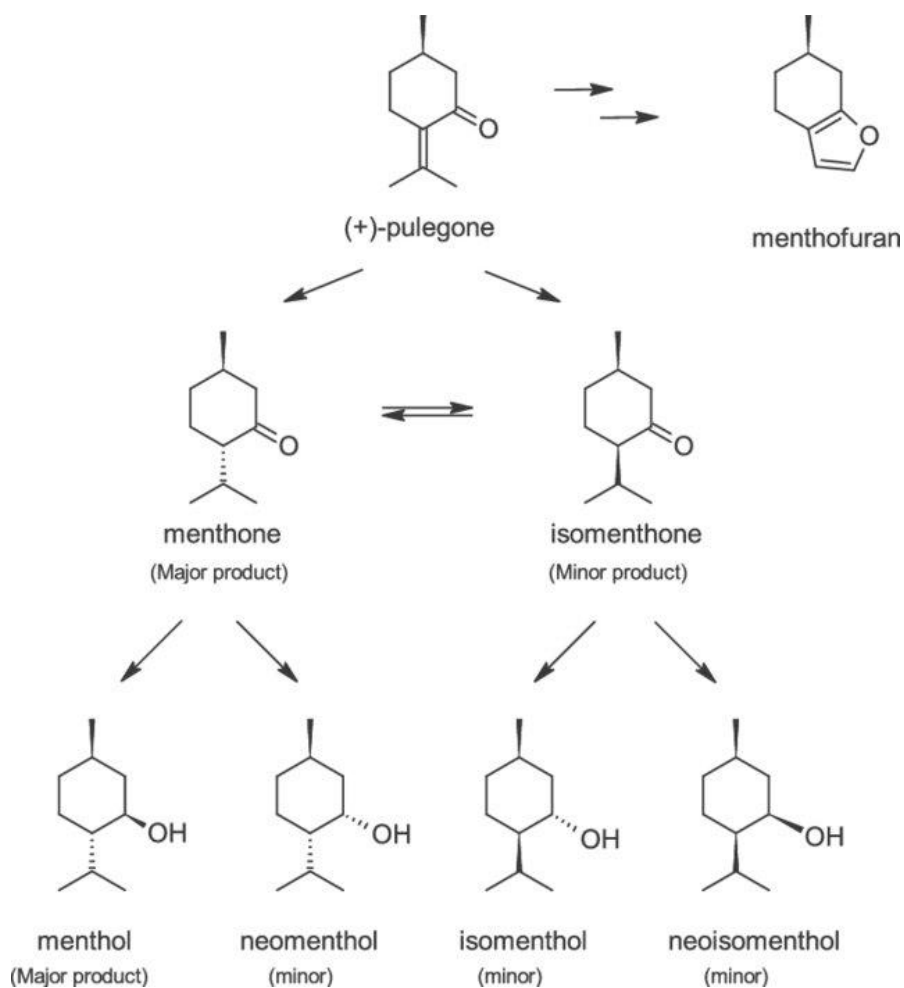


Рисунок 1.19 – Схема превращений ментона и изоментона из пулегона и далее в спирты (Cohen et al., 2020)

Пиперитон (рисунок 1.20) – 6-изопропил-3-метил-1-циклогекс-2-енон – природный монотерпеновый кетон, который входит в состав некоторых эфирных масел. Известны оба стереоизомера, D-форма и L-форма. D-форма имеет мятный аромат и была выделена в т.ч. из масел растений родов *Mentha*. Пиперитон

используется в качестве основного сырья для производства синтетического ментола.

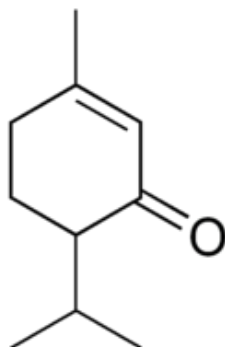


Рисунок 1.20 – Молекула пиперитона

Ацетаты в эфирном масле мяты перечной образуются путем ацетилирования различных спиртов и представлены такими веществами как: октанол-3-ацетат, изо-ментилацетат, α -терпенилацетат, ментилацетат, неоментилацетат. Из-за своего травянисто-цитрусового запаха октанол-3-ацетат используется в качестве основы для искусственных ароматизаторов и в парфюмерии. Ментилацетат (рисунок 1.21) является природным монотерпеном, который придает запах и вкус мяте. α -Терпенилацетат (рисунок 1.21) имеет сладкий освежающий травянистый запах, обладает фитотоксичностью и антимикробным действием, используется в парфюмерных отдушках.

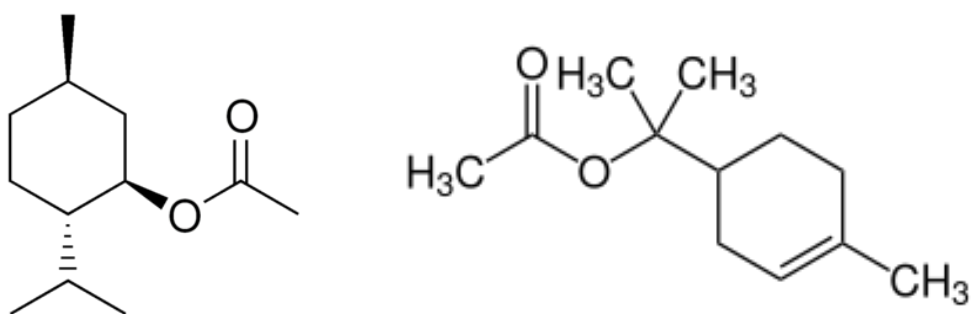


Рисунок 1.21 – Молекулы ментилацетата и α -терпенилацетата

Ментофуран (рисунок 1.22) – 3,6-диметил-4,5,6,7-тетрагидро-1-бензофуран. Бициклический монотерпен (+)-ментофуран – побочный продукт тупиковой стадии (рисунок 1.19), действует как конкурентный ингибитор против

(+)-пулегона, основной субстрат фермента точки ветвления (+)-пулегонредуктазы (PR) (Rios-Estera R. et al, 2010). Ментофуран считается безопасным при использовании в качестве ароматизатора (Menthofuran, 2023a), обладает нематоцидными свойствами (Menthofuran, 2023b).

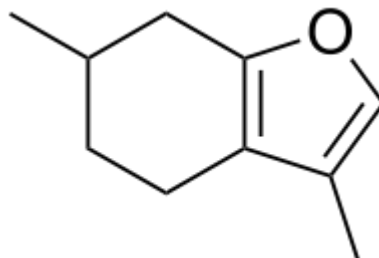


Рисунок 1.22 – Молекула ментофурана

1.4 Биосинтез терпеноидов

Биосинтез терпеноидов (Бугаенко, 2010; Lange, 2015; 2019) начинается с гемитерпеновых (C_5) фрагментов: изопентенилпирофосфата (IPP) и диметаллилпирофосфата (DMAPP) (Захарычев, 2007). У животных, грибов и в цитозоле клеток растений эти соединения синтезируются из мевалоновой кислоты, которая образуется из трех остатков ацетата.

В растениях ацетат-мевалонатный путь служит, например, для синтеза стероидов.

У бактерий и в пластидах растений IPP и DMAPP синтезируются по так называемому мевалонат-независимому пути (Захарычев, 1999) конденсацией пирувата и глицеральдегид-3-фосфата при катализе 1-дезоксид-*D*-ксилоулозо-5-фосфатсинтазой (DOXPS). При помощи соответствующей редуктоизомеразы (DOXR) полученный дезоксидксилоулозофосфат превращается в 2-*C*-метилэритрит-4-фосфат. Его взаимодействие с цитидинтрифосфатом (СТР) приводит к образованию соответствующего цитидиндифосфатного производного, после фосфорилирования и циклизации которого образуется 2,4-циклодифосфат. Из него образуется 1-гидрокси-2-метил-2-*E*-бутенил-4-дифосфат, восстановление которого приводит к образованию IPP и DMAPP. Этот путь используется

растениями для синтеза каротиноидов, фитола, 9-пластохинона, изопрена (Захарычев, 2007).

Далее DMAPP алкилирует IPP, при этом образуется геранилпирофосфат (C_{10}). Нарастивание цепи ведет к фарнезилпирофосфату (C_{15}), а затем геранилгеранилпирофосфату (C_{20}). Две молекулы последнего конденсируются с образованием фитоина (C_{40}), последовательное дегидрирование которого ведет через образование фитофлуина, ζ -каротина и нейроспорина к ликопину, циклизацией которого синтезируется β -каротин (Полевой, 1982).

Нарушения в биосинтезе каротиноидов приводят, в первую очередь, к распаду хлорофилла, из-за чего вновь отрастающие ткани растений не окрашиваются и остаются белыми. Распад хлорофилла в уже сформированных к моменту обработки зеленых тканях происходит только при высоких интенсивностях света. Далее фотоокисление приводит к разрушению ДНК хлоропластов, рибулозодифосфаткарбоксилазы, мембран хлоропластов и, в конечном итоге, к гибели растения (Захарычев, 2007).

Фитоиндесатураза – один из ферментов, катализирующих биосинтез каротиноидов. К используемым в сельском хозяйстве гербицидам - ингибиторам фитоиндесатуразы – относятся дифлюфеникан, норфлуразон, пиколинафен и др. (Попов и др., 2003; Захарычев, 2007).

Они прерывают процесс изопреноидной конденсации на стадии образования геранилгеранилпирофосфата (C_{20}) и последующего образования каротиноидов (рисунок 1.23). Предполагается, что в этом случае возможно избыточное накопление продукта (C_{20}) и его трансформация в дитерпеноиды, а фарнезилпирофосфата и геранилпирофосфата в сескви- и монотерпеноидные компоненты эфирного масла.

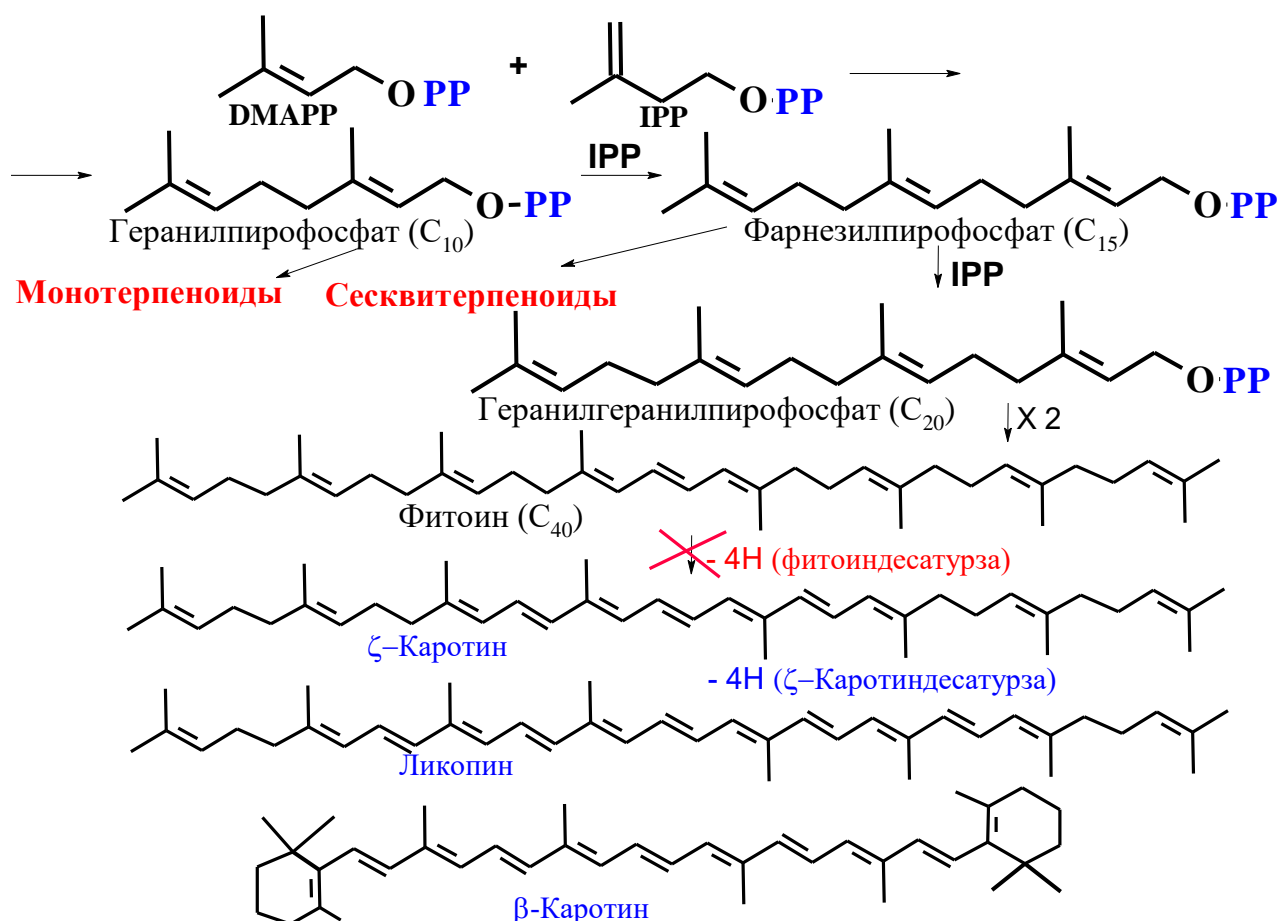


Рисунок 1.23 - Схема прерывания биосинтеза терпеноидов ЭМ мяты перечной.

1.5 Влияние экзогенных факторов и гормональная регуляция продуктивности эфиромасличных культур и алкалоидсодержащих растений

Мир науки давно был заинтересован процессом метаболизма высших растений, его регуляцией, управлением продуктивностью генетического потенциала природного растительного сырья, а самое главное, его реализацией (Сушкова, 2019; Тхаганов и др., 2019; Santoro et al., 2011; Afkar, Karimzadeh, 2014; Carpellari et al, 2020). Интегрирование процессов метаболизма в конечном счете идет на уровне биопродуктивности целостного растения (Шаин, 1997; Дмитриева и др., 1999; Шаин и др., 2000а; Шелаева, 2000). Не смотря на это урожайность надземной массы, а с ней и концентрация важнейших биологически активных соединений, как две главные составляющие биопродуктивности, имеют отрицательное значение корреляции (Шаин, 2005).

Именно поэтому был разработан и внедрен новый свежий подход к регуляции процесса биосинтеза, как основы продукционного процесса. Подход этот в первую очередь освещает вопрос, связанный с ростом растений, ведь, как известно, интенсивность роста растений напрямую связана с процессами первичного и вторичного метаболизма, происходящими в них (Шаин, 2005).

На основе всего вышеизложенного была разработана система внешней, экзогенной регуляции биологически активных соединений, терпеноидных составляющих и других веществ фенольной природы, позволяющая влиять на их продуктивность в онтогенезе в целом (Дмитриева и др., 2003; Шаин и др., 2001; Маланкина, 2004).

Повышение в сырье биологически активных соединений на фоне значительного увеличения урожая позволяет в дальнейшем решать вопрос использования продуктов первичного и вторичного метаболизма в различных народно-хозяйственных целях и отраслях промышленности.

Многие научные работы посвящены исследованию лекарственных и ароматических растений (Гагиева, Купеева, 2012; Дибирова и др., 2018; Дмитриева и др., 2001; 2012; 2018), повышению урожайности и качества сырья эфиромасличных культур (Шаин, 2000; Дмитриева и др., 2003; Маланкина и др., 2004). Особая заслуга принадлежит Всероссийскому научно-исследовательскому институту лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР) – именно там, на базе лаборатории физиологии и биохимии лекарственных растений и отдела биотехнологии, проводились, накапливались и обобщались многолетние исследования по данной тематике (Шаин и др., 1989; Шаин и др., 1998; Шаин и др., 2000б).

Так было изучено влияние стрессовых воздействий (обработка гиббереллином, УФ- и водный стресс) на ростовую функцию наперстянки шерстистой (Шаин, 2005). Предварительное обогащение растений гибберелловой кислотой способствовало более активному линейному росту розеточных листьев. Обработка таких растений ретардантом хлорхолинхлорид наиболее активно угнетала рост листьев к концу опыта.

Таким образом, впервые была показана связь процессов накопления сердечных гликозидов (продуктов вторичного метаболизма) с изменениями гормонального баланса растений под влиянием действия синтетических фиторегуляторов.

Следовательно, появилась возможность активно влиять на гормональный статус растения, на ростовые и обменные процессы, на направленность изменения биосинтеза важнейших соединений растений (Шаин, 2000; Сидельников, 2016; Савченко, 2019). И достичь этого влияния можно с помощью экзогенных регуляторов роста, а именно – ингибиторов или стимуляторов (Почуев, Маланкина, 2019; Проскурина, 2019).

В исследованиях с укропом пахучим применение стероидного фитогормона и органо-минерального препарата привело к существенным изменениям соотношений компонентов эфирных масел в растении – на фоне повышения содержания лимонена практически в два раза шло понижение содержания карвона на 10% как в семенах растений, так и в его надземной части (Шелепова, Хуснетдинова, 2018). Авторы отмечали снижение выхода эфирного масла в надземной части на фоне увеличения его в семенах укропа и изменение аромата растений, обработанных регуляторами роста.

В связи с острой необходимостью получения эфиромасличного сырья и, непосредственно, самого эфирного масла для различных отраслей промышленности возникла необходимость выращивания культур в нетрадиционных зонах возделывания (Дмитриева, 2000; Дмитриева и др., 2003; Belorukhov et al., 2012).

Требуется новый подход к достижению максимальной биопродуктивности по содержанию ЭМ, его качественных и количественных показателей на фоне применения целенаправленной экзогенной регуляции в онтогенезе эфирноносных культур (Шелаева, 2000; Морозов и др., 2018).

Следует учитывать, что исходным материалом для биосинтеза терпеноидов (компонентов ЭМ) является ацетил кофермент А, который трансформируется сначала в R-мевалоную кислоту, а затем через 5-фосфомевалоную кислоту в

изопентилпирофосфат и геранилпирофосфат (Родов, 2006; Захарычев, 2007). Геранилпирофосфат может превращаться, во-первых, в линалоол и гераниол, а в случае мяты – в ментол, формируя компоненты ЭМ, во-вторых через фарнзилпирофосфат абсцизовую кислоту и в-третьих, - в геранил-геранилпирофосфат, энт-каурен и гиббереллины.

Контроль за улучшением качественной и количественной составляющей лекарственного растительного сырья является наиболее важной хозяйственной задачей. Высокое содержание биологически активных веществ в биомассе растительного сырья на фоне максимальной урожайности достигается различными приемами агротехники (Шаин и др., 1978; Дмитриева и др., 2011а). К ним относятся: эффективные системы землепользования, оптимально оправданное размещение культур в севообороте, мелиоративные работы, системы защиты растений и площадей их возделывания от таких неблагоприятных факторов, как болезни, сорняки и вредители (Черкашина, 2014; Саенко, 2020).

Однако на фоне увеличения содержания биологически активных веществ ненормально идет прирост сухого вещества растения, поэтому содержание биологически активных веществ не способствует максимальному значению урожайности культур (Шаин, 2005; Сидельников, 2016). Тем не менее, для фармацевтов содержание именно биологически активных веществ имеет гораздо более важное значение. Это объясняется более легким процессом их извлечения и выделения из растительного сырья, что в свою очередь обуславливает экономическую выгоду, за счет отсутствия затрат на дорогостоящие экстрагенты и материалы.

Увеличения концентрации биологически активных соединений можно добиться путем генетических экспериментов и селекции лекарственных и эфиромасличных культур (Морозов и др., 2012а; Шило, 2014; Плугатарь, Шевчук, 2019; Shasany et al., 2010), но это длительный и трудоемкий процесс – по данным результатов государственного сортоиспытания мяты ментольной (1985) выведение новых сортов занимает десятки лет.

Поэтому встает задача повышения качества получаемого растительного сырья и продуктивности возделываемых культур без использования генетических методов селекции, но не в ущерб урожайности лекарственных растений, а на фоне повышения урожая и увеличения содержания биологически активных соединений.

Помимо всего прочего на качество эфиромасличного сырья в свою очередь влияют различные факторы, связанные со сроками проведения уборки (фазы технической спелости культуры), с последующей обработкой полученного сырья (сушка, хранение и т.д.), с технологической обеспеченностью всех этих процессов (Шаин, 2000; Шаин и др., 2001).

В исследовании качественного показателя различных условий влагообеспеченности и освещения паслена дольчатого, выращиваемого при двух разных контрастных световых режимах – синем и красном (Шаин, 2005), отмечалось, что спектральный состав света, выровненный по квантам, по-разному повлиял на метаболические процессы в организме исследуемого растения, а именно на его гормональный статус. Так, влияние красного света приводило к накоплению гиббереллиноподобных веществ в листьях растения. В листьях же растений катарантуса розового синий компонент спектра приводил к накоплению алкалоидов (Шаин, 2005). Причем все это происходило на фоне равного накопления надземной массы, а в случае с катарантусом одним из влияющих факторов был уровень влагообеспеченности растений. Полученные результаты свидетельствовали о том, что оптимальный водный баланс растений формирует и гораздо большую биомассу, и наоборот, на фоне низкой влагообеспеченности растений отмечалось угнетение растений, а на его фоне и уменьшение содержания биологически активных веществ в целом, при этом наблюдался прирост содержания отдельных компонентов.

С целью изучения одновременной корреляции двух факторов биопродуктивности и урожайности сельскохозяйственных культур с концентрацией биологически активных соединений в них, исследовалась зависимость между процессами первичного и вторичного метаболизма – с одной

стороны процессы биосинтеза метаболитов первичного происхождения, с другой – продукты метаболизма вторичного происхождения – непосредственно сами биологически активные соединения (Шаин, 2000; Дмитриева и др., 2003; Srivastava et al., 1994).

Впоследствии эта зависимость чаще изучалась на уровне целостного растения. Так, в вегетационных опытах исследователями отмечалось повышение содержания алкалоида глауцина в листьях растений мяты желтого после воздействия в предуборочный период экологическими стресс-факторами и ретардантом хлорхолинхлоридом, при этом масса листьев существенно снижалась к концу опыта только у растений, испытывавших дефицит влаги (Шаин, 2005).

Было показано заметное изменение физиологических показателей, связанных с интенсивностью метаболизма первичной продукции, именно под влиянием факторов, замедляющих рост и развитие растений.

В вегетационных и полевых опытах с растением белладонны обыкновенной на фоне водного и УФ-стресса и использования ретарданта была показана максимальная продуктивность растений по содержанию и сбору тропановых алкалоидов причем урожайность растительного сырья не уменьшилась (Шаин, 2005).

1.6 Влияние различных факторов на формирование урожая мяты перечной и химический состав ее эфирного масла

Как известно, применение минеральных и органических удобрений, известкование, сбалансированный водный режим почвы благотворно сказываются на урожайности культивируемых растений (Савченко, Ромашкина, 2019). Учитывая разнообразные условия питания и типы почв, на которых произрастают одни и те же лекарственные и эфиромасличные культуры, встает вопрос по выявлению влияния разнообразных факторов окультуривания почв на изменение соотношения терпеноидов в составе эфирного масла мяты перечной (Маланкина и др., 2007; Морозов, 2012в; Дмитриева и др., 2011б; Belorukhov et al., 2012).

Так применение сбалансированного минерального удобрения на дерново-подзолистой почве Московской области у сорта Янтарная приводит к снижению l-ментола на 0,7%, а в варианте с последующем известкованием на 3,6% (Морозов и др., 2012в).

Внесение же органических удобрений в ряде случаев сказывается не совсем однозначно. На фоне применения ТПГ (сорт Медичка) наблюдается небольшое снижение содержания l-ментола (на 1%) за счет увеличения его предшественника в цепи биосинтеза – ментона, что, вероятно, связано с некоторым затягиванием фаз развития растения этого сорта (Морозов и др., 2012в).

Вегетационные опыты с мятой сорта Москвичка показали, что предуборочная обработка растений веществом хлорхолинхлорид (ССС) приводила к изменениям содержания ЭМ и характера биосинтеза компонентов. Сбор ЭМ через семь суток после обработки растений ретардантами увеличился на 40% по сравнению с контролем (Дмитриева, Дмитриев, 2011).

Сочетание применения полного минерального удобрения, известкования и органического удобрения в виде шрота на дерново-подзолистых почвах Московской области с повышенной кислотностью на сорте Лекарственная вызвало увеличение содержания l-ментола на 11,3%, на сорте Медичка в том же варианте на 4%, а в варианте полного минерального удобрения на 5% (Дмитриева и др., 2011б).

Существуют также сортовая отзывчивость мяты на экзогенную регуляцию продуктивности в онтогенезе растения. И это имеет свою объективную причину. Сорта мяты перечной селекции ВИЛАР (Медичка, Москвичка, Лекарственная-4) целенаправленно создавали с повышенным содержанием эфирного масла в сырье и концентрации в нем ментола (Шаин и др., 2001; Дмитриева, Дмитриев, 2011). Также был реализован генетический потенциал качества сырья у этих сортов. Поэтому норма реакции и диапазон модификационной изменчивости качественных показателей оказались весьма ограниченными и поддающимися экзогенной регуляции лишь в небольших пределах (Шаин, 2004).

Пути биосинтеза компонентов эфирного масла, гиббереллинов и абсцизовой кислоты (АБК) тесно взаимосвязаны, так как эти соединения имеют общих предшественников в их биосинтезе (Муромцев и др., 1984). Анализ гормонального баланса различных сортов мяты в течение многих лет показал, что действие на растение ретардантов подавляет биосинтез эндогенных гиббереллинов и смещает это равновесие, стимулируя синтез ментола и повышая уровень АБК (Полевой, 1982; Шаин, 2005).

Известно, что рост, развитие и продукционные процессы растений находятся под гормональным контролем (Полевой, 1982; Полевой и др., 1991). Ментол, АБК и гиббереллины имеют общих предшественников в биосинтезе и близкое расположение «метаболических вилок». На содержание ЭМ и его компонентов, а также на содержание фитогормонов оказывают влияние такие внешние факторы, как температура окружающего воздуха, влажность воздуха и почвы, условия минерального питания и освещения (Кухарева и др., 2009; Сидакова, Попова, 2011; Морозов, 2013а; Плугатарь и др., 2019; Dolzhenko et al., 2010). Поэтому изменения физиологического состояния растений под влиянием этих факторов внешней среды оказывают адекватное воздействие как на биосинтез терпеноидов ЭМ, так и на сопряженный с ним гормональный статус сортов мяты при их выращивании в разных географических и климатических регионах (Дмитриева, 2000; Шаин, 2005; Морозов и др., 2011).

Глава 2 Объекты и методы исследований

2.1 Объекты исследования

2.1.1 Мята перечная сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная

В качестве объекта исследования была выбрана мята перечная трех сортов: Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная.

Ценность каждого культивируемого сорта мяты перечной оценивается прежде всего его урожайностью и качеством получаемого сырья. По виду производимой продукции и преимущественным показателям в каждом конкретном сорте любой сорт мяты можно отнести либо к группе, выращиваемой на аптечный лист, либо к группе, выращиваемой для производства эфирных масел (или конкретно ментола в нем) (Морозов, 2012б).

Вне зависимости от того, что некоторые из выбранных нами сортов выводились для универсального использования, в целом все они относятся к сортам, производимым на аптечный лист, что коррелирует с относительно низким содержанием ментола в их эфирном масле и дает основание отнести их к низкоментольным сортам. По нашему мнению на фоне исходно невысокого содержания основных компонентов в эфирном масле мяты перечной сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная действие дифлюфеникана должно проявиться наиболее выражено.

По данным Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (www.gosortrf.ru, 2023):

Сорт Краснодарская 2 (рисунок 2.1) – включен в Госреестр допущенных культур в 2014 году по Северо-Кавказскому региону. Оригинатором сорта являются - Прилуцкая опытная станция института эфиромасличных и лекарственных растений, Институт сельского хозяйства Крыма, ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма» Сорт перечного направления, рекомендован для возделывания в Республике Крым. Урожайность зеленой массы - 90,100 ц/га, сухого сырья - 16-20 ц/га, массовая доля эфирного масла - 2,17-2,39%, содержание ментола в масле - 42-48%, сбор эфирного масла -

39-41 кг/га. Растение высотой 48-95 см, пирамидальной формы, стебель толстый, слегка опушенный, без антоциана. Нижние ветви длиннее верхних, прикреплены низко. Лист крупный, эллиптический, зубчатый. Корневище мощное, толстое, розовое с характерной антоциановой окраской. Продолжительность вегетационного периода 100-110 дней. Содержание эфирного масла в листьях достигает 4%, а доля ментола в нём - около 40-45%. Сорт универсален, пригоден для возделывания на эфирное масло, ментол и аптечный лист. Среднеустойчив к полеганию и осыпанию листьев.



Рисунок 2.1 – Мята сорта Краснодарская 2, контрольный вариант (опытный участок Ботанического сада ФГБНУ «ВИЛАР»)

Сорт Янтарная (рисунок 2.2) – включен в Госреестр по Российской Федерации по всем зонам возделывания культуры. Заявитель и оригинатор - ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и

ароматических растений». Сорт универсального использования. Урожайность корневищ 130-185 ц/га. Урожайность зеленой массы 162-190 ц/га, сухого листа - 22-27 ц/га. Содержание эфирного масла 2,84-3,22%, сбор эфирного масла - 53,7-74,7 кг/га. Содержание ментола в масле 46-48%. Растение высотой 78-86 см, прямостоячее, куст полусомкнутый. Стебель толстый, светло-зеленый, слабо окрашен антоцианом, неопушенный. Лист желто-зеленый, гофрированный, неопушенный. Степень облиственности 64-68%. Цветок бледно-лиловый. Корневище длиной более 50 см, диаметром 7-8 мм, желто-зеленое. Глубина залегания 3-5 см, на уплотненных почвах выходит на поверхность, образуя плети (надземные корни). Вегетационный период 90-105 дней.



Рисунок 2.2 – Мята сорта Янтарная, контрольный вариант (опытный участок Ботанического сада ФГБНУ «ВИЛАР»)

Сорт Чернолистная (рисунок 2.3) – сорт создан в ВИЛАРе. Оригинатором на сегодняшний день является Украинская опытная станция. Сорт специального назначения, пригоден для возделывания на аптечный лист. Растение высотой 61-106 см, сомкнутой формы, стебель ветвистый, неопушенный, с антоциановой окраской. Нижние ветви прикреплены низко. Лист крупный, широкояйцевидный, зубчатый, темно-зеленый. Корневище мощное, выполненное. Урожайность 20,5

ц/га. Содержание эфирного масла до 2%. Сорт поздний массовое цветение наступает на 102-133 день. Не полегает.



Рисунок 2.3 – Мята сорта Чернолистная, контрольный вариант (опытный участок Ботанического сада ФГБНУ «ВИЛАР»)

2.1.2 Используемый гербицид

К одним из веществ, ингибирующих фитоиндесатуразу, относится дифлюфеникан (рисунок 2.4) - 2',4'-дифтор-2-(альфа, альфа, альфа-трифтор-*m*-толилокси)никотинанилид (CAS N 83164-33-4). Действующее вещество подавляет образование каротиноидов, нарушая фотосинтез.

Комбинированный препарат гербицидного, основанного на рострегулирующем спектре действия Алистер® Гранд состоит из трех действующих веществ, относящихся к двум химическим классам, каждый из которых обладает своим механизмом действия, и одного вещества-антидота (Алистер Гранд, 2023).

По заявленному производителем BayerCropsScience механизму действия гербицида Алистер Гранд, входящий в состав препарата мефенпир-диэтил — антидот, способствует быстрому распаду мезосульфурон-метила и йодосульфурон-метил-натрия в культурных растениях, обработанных гербицидом, что подтверждает, что основным действующим веществом, оказывающим на растение влияние является дифлюфеникан.

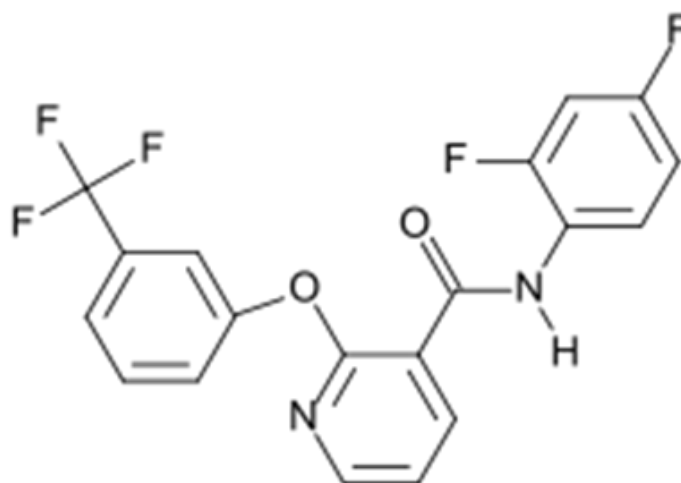


Рисунок 2.4 - Структурная формула дифлюфеникана (2',4'-дифтор-2-(альфа, альфа, альфа-трифтор-т-толилокси) никотананилид по ИЮПАК)

Дифлюфеникан является ингибитором синтеза каротиноидов, обладает системным и контактным действием, адсорбируется преимущественно проростками и имеет ограниченную способность передвигаться по растению.

Как заявляет производитель «Bayer CropScience» (Алистер Гранд, 2023), дифлюфеникан в препарате содержится в количестве 180,0 г/л. Механизм действия двух других действующих веществ - мезосульфурон-метила (6,0 г/л) и йодосульфурон-метил-натрия (4,5 г/л) заключается в нарушении активности фермента ацетолактатсинтазы (АЛС), что приводит к остановке деления клеток и роста растений. В состав гербицида также входит антидот мефенпир-диэтил (27,0 г/л), который способствует быстрому распаду мезосульфурон-метила и йодосульфурон-метил-натрия в культурных растениях, обработанных препаратом.

Это обеспечивает высокую селективность и исключает проявление фитотоксичности.

Для оценки возможного влияния дополнительных компонентов, присутствующих в используемом препарате (Алистер Гранд), нами было проведено сравнение воздействия, оказываемого на выход и состав эфирного масла мяты перечной, Алистером Гранд и основным действующим веществом – дифлюфениканом (Сушкова и др., 2018). Влияние дополнительных действующих веществ в составе гербицида проявляется лишь в выраженности изменений, зачастую носящих характер тенденции, – прослеживается достоверно одинаковая направленность изменений обменных процессов и биосинтеза вторичных метаболитов (в том числе увеличение накопления эфирных масел), при применении как отдельно дифлюфеникана, так и самого гербицида.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Мелкоделяночный полевой опыт

Исследования проводили на опытном участке Ботанического сада ФГБНУ «ВИЛАР» в 2012-2016 гг. (рисунок 2.5). Был заложен микрополевой мелкоделяночный опыт в трехкратной повторности. Расположение делянок – рандомизированное. Учетная площадь одной делянки 1 м². Общая площадь 64,75 м². Посадочным материалом послужили корневища и стелющиеся побеги мяты перечной трех сортов Краснодарская 2, Янтарная, Чернолистная.

В своих исследованиях мы хотели проследить динамику выращивания мяты перечной, показатели ее урожайности и качества эфиромасличной продукции в максимально возможные сроки эксплуатации для условий Московской области (рисунок 2.6). Для этого нами в полевом опыте был увеличен срок выращивания мяты перечной как многолетней культуры до 5 лет, тем более, что два из трех сортов выращиваемой нами культуры относятся к южной селекции. Мы предположили, что в случае четвертого и пятого годов выращивания, когда, возможно, растение израсходует практически весь свой биопродуктивный потенциал, будет более выраженный отклик на воздействие применяемого нами

препарата и, возможно, даже увеличение каких-либо показателей урожайности по сравнению с контролем.



Рисунок 2.5 – Проведение сопутствующих наблюдений и учета в период вегетации на опытном участке Ботанического сада ФГБНУ «ВИЛАР»



Рисунок 2.6 – Заполнение дневника полевых работ и наблюдений

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая. По обеспеченности подвижными формами фосфора почва относится к III классу, а по содержанию обменного калия – к IV классу. Содержание легкогидролизуемого азота, определяемого по методу Тюрина и Кононовой – 55 мг/кг почвы, что позволяет отнести эти почвы к 3 классу по обеспеченности (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка Ботанического сада ФГБНУ «ВИЛАР» в момент закладки опыта

Гумус, %	pH _{KCl}	N _г мг- экв/100 г	S мг- экв/100 г	V, %	N _{лг} по Тюрину и Кононовой, мг/кг	P ₂ O ₅ по Кирсанову, мг/кг	K ₂ O по Масловой, мг/кг
2,0	5,8	2,26	14,5	87	45	146	180

Во время закладки опыта (1 год исследований) вносилось минеральное удобрение «Универсал 2» с содержанием основных элементов питания по д.в.: N – 12%, P₂O₅ – 8%, K₂O – 14% в дозе 0,02 кг/м² в борозды при посадке корневищ – в соответствии с внутренними методическими рекомендациями ВИЛАР по выращиванию мяты перечной и актуальными публикациями по этой теме (Морозов, 2013а; 2019; Агрорекомендации по возделыванию мяты перечной, 2016).

Обработку поля и уход за растениями проводили согласно агротехническим мероприятиям, рекомендованным для данной зоны (Терехин, 2008).

Посадку растений осуществляли в борозды глубиной 4-6 см с междурядьями 70 см весной (III декада апреля). Густота стояния растений 120 тыс. раст./га.

Обработка мяты перечной Алистером Гранд проводилась однократно в период начала цветения растений ежегодно, когда усиленно шел процесс биосинтеза каротиноидов, рабочими растворами в трёх дозах в трёх повторностях. Первая доза препарата была выбрана согласно нормам расхода, рекомендованным

производителем, в пересчете на действующее вещество (д.в.) дифлюфеникана – 0,01 г/м², вторая доза – 0,001 г/м², третья доза – 0,0001 г/м².

Схема опыта:

1. Контроль (без опрыскивания препаратом)
2. 1 доза – 0,01 г/м² в пересчете на д.в.
3. 2 доза – 0,001 г/м²,
4. 3 доза – 0,0001 г/м².

Контрольные растения обрабатывались дистиллированной водой.

Сбор растительного материала осуществлялся через 10 дней после опрыскивания – вручную срезали все надземные побеги (ГОСТ 28605-90) с учетом площади делянок.

2.2.2 Экстракция эфирных масел методом гидродистилляции по Гинзбергу

Урожайность воздушно-сухого сырья, содержание эфирного масла и его качество определяли на кафедре химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Растительный материал сушили и содержащееся в нем эфирное масло выделяли модифицированным методом гидродистилляции по Гинзбергу (ГОСТ 17082.5-88; ГОСТ 28605-90; ГОСТ 31791-2017). Из средней пробы выделяли около 20 г сухого материала растений мяты перечной, помещали в колбу на 1 л и заливали 200 мл дистиллированной воды. В горло колбы подвешивали на прочной нити заполненный дистиллированной водой приемник Гинзберга и плотно закрывали колбу пробкой со вставленным в нее холодильником. При этом косо срезанный конец фарштоса холодильника должен касаться края воронки приемника. Колбу ставили на электроплитку и доводили ее содержимое до кипения. Эфирное масло отгоняли из сухих надземных частей растений мяты перечной в течение 2 ч с момента появления первых капель дистиллята при интенсивности отгонки не более 45-50 капель в минуту, что регулировалось толщиной слоя асбестовой прокладки между колбой и электроплиткой. За 5 мин до конца отгонки прекращали подачу воды в холодильник с целью прогрева его для того, чтобы оставшиеся на его

внутренних стенках капли эфирного масла стекли в приемник. Электроплитку выключали и, как только в воздушной трубке аппарата появлялся пар, отставляли ее в сторону. После окончания отгонки массу эфирного масла в градуированной части приемника определяли после охлаждения его до комнатной температуры.

2.2.3 Химический анализ компонентов эфирного масла

Количественный и качественный состав компонентов эфирного масла мяты перечной определяли методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим и пламенно-ионизационным детектированием на аттестованном оборудовании кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева – газожидкостном хроматографе «Clarus 600 GC/MS», изготовитель «Perkin Elmer Life and Analytical Sciences» (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.516875).

1 мкл полученного в результате перегонки эфирного масла мяты перечной растворяли в 1,5 см³ гексана. Реакционную смесь в специальном флаконе интенсивно перемешивали и ставили в соответствующую виалу газожидкостного хроматографа. Далее шприц-дозатор инжектора с отобранной аликвотой пробы подавал ее на хроматографическую колонку с газом-носителем – гелием.

Условия анализа: капиллярная колонка длиной 50 м, диаметром 0,321 мм; неподвижная фаза HP-FFAP (этиленгликоль) с толщиной пленки 0,50µm. Скорость газа-носителя He – 1,5 мл/мин. Объем пробы – 0,5µl, деление потока – 1:40. Температура инжектора - 250°. Начальная температура термостата колонок 100°C-2 мин, подъем температуры до 113°C со скоростью 5°C/мин, изотерма 113°C-10 мин.

Хроматографические детекторы обеспечили получение информации об анализируемых веществах по времени удерживания, амплитуде и площади пиков (Приложения В-Д). Пламенно-ионизационный ($t=230^{\circ}\text{C}$) – позволил определить количественное содержание компонентов эфирного масла мяты перечной, а масс-спектрометрический (t интерфейса ввода - 180°C , t источника - 200°C , ионный

ток – 1,5 А, энергия электронов – 70 эВ) - идентифицировать эти компоненты и дать качественный состав исследуемого образца.

Полученные масс-спектры всех соединений обрабатывались поисковой системой «NIST» для библиотеки масс-спектров «NIST/EPA/NIH, ver. 2-2005». По индексам удерживания, в соответствии с полученными ранее данными разработанной библиотеки соединений, окончательно устанавливались соединения, входящие в исследуемый образец (рисунок 2.7). Те компоненты, содержание которых было ниже предела обнаружения прибора – <0,01%, обозначались нами как следовые.

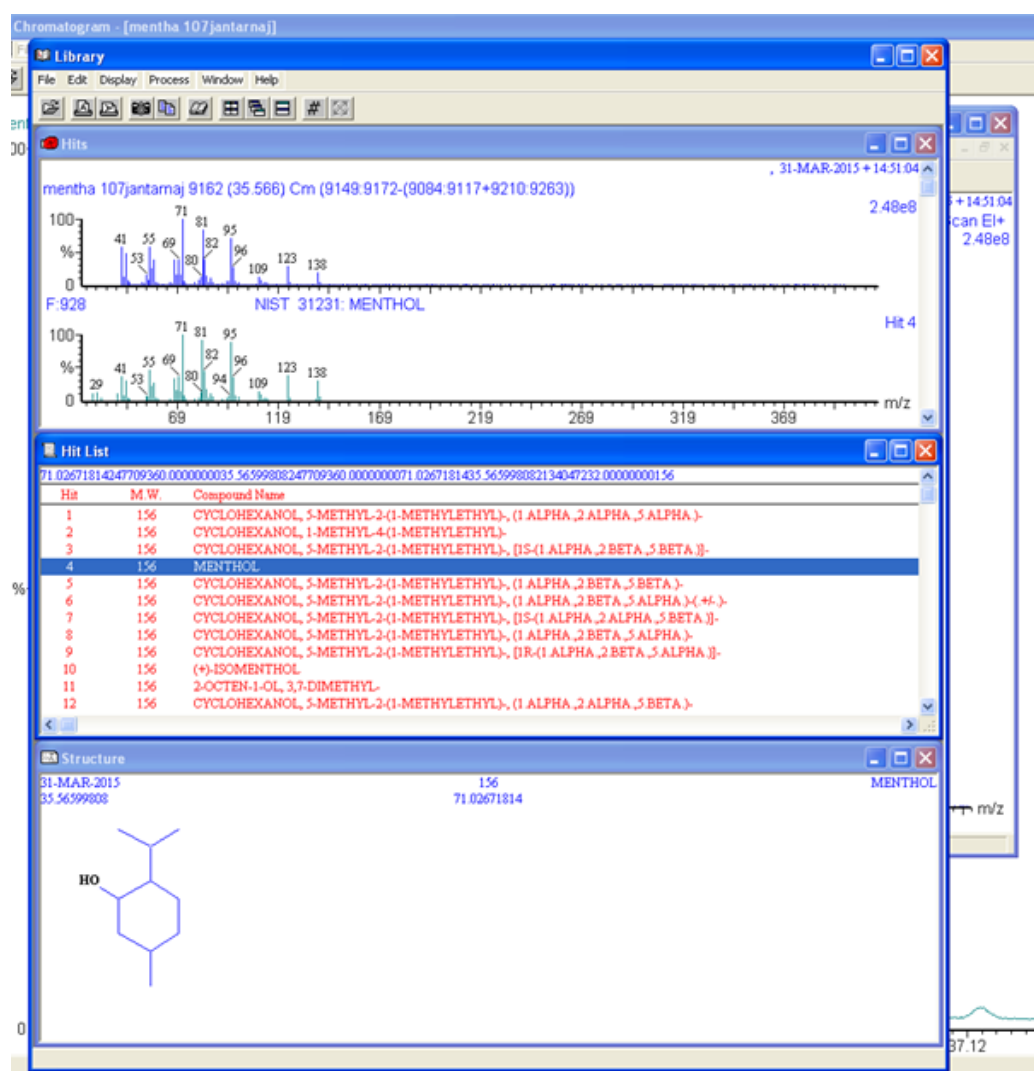


Рисунок 2.7 – Определение химического соединения по его масс-спектру с помощью поисковой системой «NIST»

Сложность определения компонентов заключается в том, что библиотека предлагает массу возможных вариантов, выбрать точное соединение помогают данные по индексам удерживания (Ткачев, 2017). Это дает основание утверждать, что не всегда только лишь на основании масс-спектра можно установить строение вещества. Так, например, ментол - основной компонент эфирного масла мяты перечной - является одним из примеров стереоизомеров (изомеры с одинаковой последовательностью атомов, но разной ориентацией в пространстве вокруг так называемого ассиметричного атома углерода).

Особенность химического строения ментола заключается в том, что у него не один ассиметричный центр, а четыре. Это приводит к тому, что ментол существует уже в восьми диастереомерных формах. Все они присутствуют в эфирном масле мяты перечной. Главный изомер – собственно l-ментол - составляет до 95% смеси изомеров, его другие формы – неоментол и изоментол составляют 2–5%. Остальные диастереомерные формы ментола (например, неоизоментол) присутствуют в небольшом количестве (0,1-0,2%). Поэтому так нужно обращать дополнительное внимание на время выхода того или иного соединения, входящего в исследуемый образец.

Микрофотографии (рисунок 1.1-1.2 в главе 1) получены с помощью сканирующего электронного микроскопа «Tescan Vega 2» (производство Чехия) и бинокулярного оптического микроскопа «Leica MZ16» (производство Германия) в Кабинете приборной аналитики ФГБУН «ПИН РАН».

Повторность анализов трехкратная, уровень значимости доверительного интервала 95%, расчеты проводились с помощью программы “Microsoft Excel”, версия 2019.

2.2.4 Метеорологические условия произрастания

Метеорологические условия в годы проведения исследований представлены по данным Метеорологической обсерватории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.

Метеорологические условия в годы полевых опытов (2012-2016 гг.) различались между собой не только по количеству осадков и температуре, но и характеру распределения осадков в течение вегетационного периода. Значения гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) показывают, что более засушливыми погодными условиями отличались вегетационные периоды 2012 и 2014 годов, где показатели ГТК в среднем за вегетационный период не превышали соответственно 1,3 и 0,9, тогда как 2013 год отличался обильным выпадением осадков в течение периода вегетации, и ГТК составил 1,9 (рисунок 2.8). Для расчета ГТК использовали период с температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$, в таблицах приложений А и Б эти декады выделены зеленым цветом.

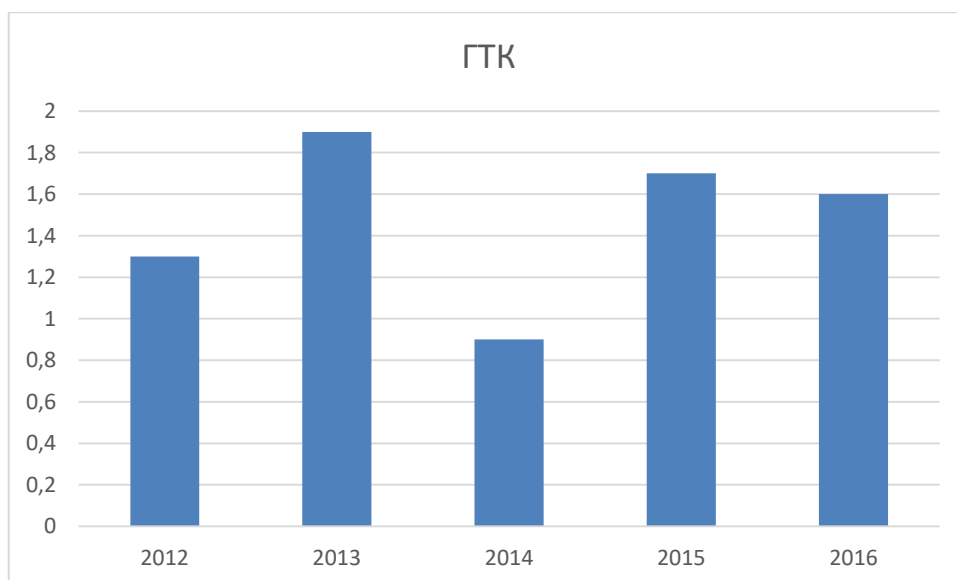


Рисунок 2.8 – График значений гидротермического коэффициента по годам исследований

Глава 3 Результаты исследований

3.1 Действие дифлюфеникана на урожайность и сбор эфирного масла

3.1.1 Влияние дифлюфеникана на урожайность сортов мяты перечной

Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная (2012-2014 гг.)

Для оценки влияния дифлюфеникана на урожайность сортов мяты перечной Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная, выращенных на территории Центрального региона Нечерноземной зоны РФ, мы сравнивали средние показатели урожайности за первые три года исследования.

Как видно из рисунка 3.1 урожайность для сорта Краснодарская 2 по сравнению с контролем была достоверно ниже (в 1,2 раза в обоих случаях) для вариантов опыта с опрыскиванием препаратом в первой и третьей дозах по д.в., для второй дозы прослеживался выраженный эффект снижения урожайности относительно контроля. По нашему мнению, это объясняется специфической отзывчивостью сорта на действие дифлюфеникана в наиболее высокой и малой применяемых его дозах.

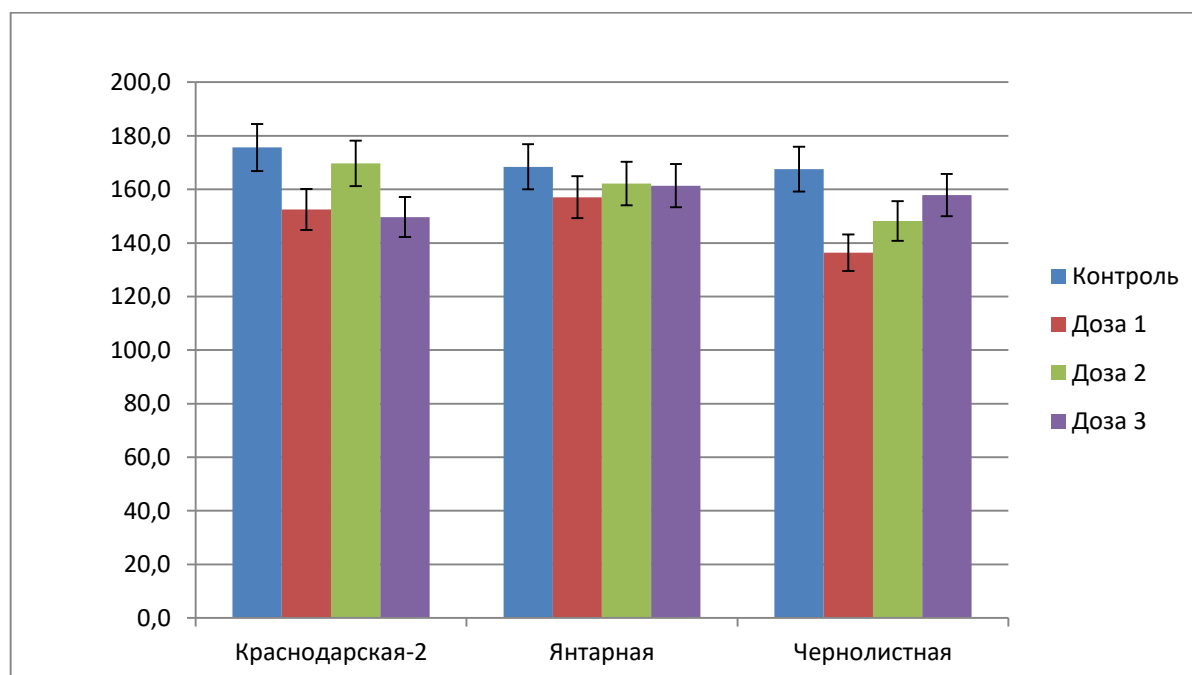


Рисунок 3.1 – Урожайность биомассы мяты перечной под влиянием дифлюфеникана (среднее за 2012-2014 гг.), г/м²

Для сорта Янтарная достоверной разницы в урожайности между контрольным вариантом и вариантами с применением первой, второй и третьей доз по д.в. не наблюдалось (168,4; 157,1; 162,2 и 161,4 г/м², соответственно), что свидетельствует о малой восприимчивости вегетативных и генеративных органов растений этого сорта к изменению содержания фитоиндесатуразы.

Урожайность сорта Чернолистная при применении 3 дозы незначительно отличалась от контрольного варианта, но достоверного отличия не было. Однако, в варианте с применением гербицида в первых двух дозах средняя урожайность за три года снижалась значительно - на 19 и 12% соответственно.

Таким образом, сопоставляя данные урожайности сортов мяты перечной за три года исследований, можно сделать выводы, что обработка растений препаратом в исследуемых дозах приводит к достоверному снижению урожайности (сухой биомассы) по сорту Краснодарская 2 при применении первой и третьей доз, а по сорту Чернолистная – первой и второй, не оказывает какого-либо выраженного воздействия на продуктивность сорта Янтарная.

3.1.2 Влияние дифлюфеникана на урожайность сортов мяты перечной Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная (2012-2016 гг.)

Для оценки потенциальной урожайности многолетней культуры мяты перечной в условиях Московской области мы использовали массив полученных нами многолетних данных по урожайности культуры в среднем за все пять лет полевого эксперимента.

Как видно из рисунка 3.2, за пять лет исследований урожайность мяты перечной сорта Янтарная была 149,6 - 160,1 г/м², а устальных сортов данный показатель был ниже: 142,6 - 149,7 у Краснодарской 2 и 147,4 - 152,0 г/м² у Чернолистной. Это можно объяснить тем, что сорт Янтарная создан в Средней полосе России, тогда как сорта Краснодарская 2 и Чернолистная являются

сортами южной селекции и в более северных условиях произрастания могут обладать низкой продуктивностью.

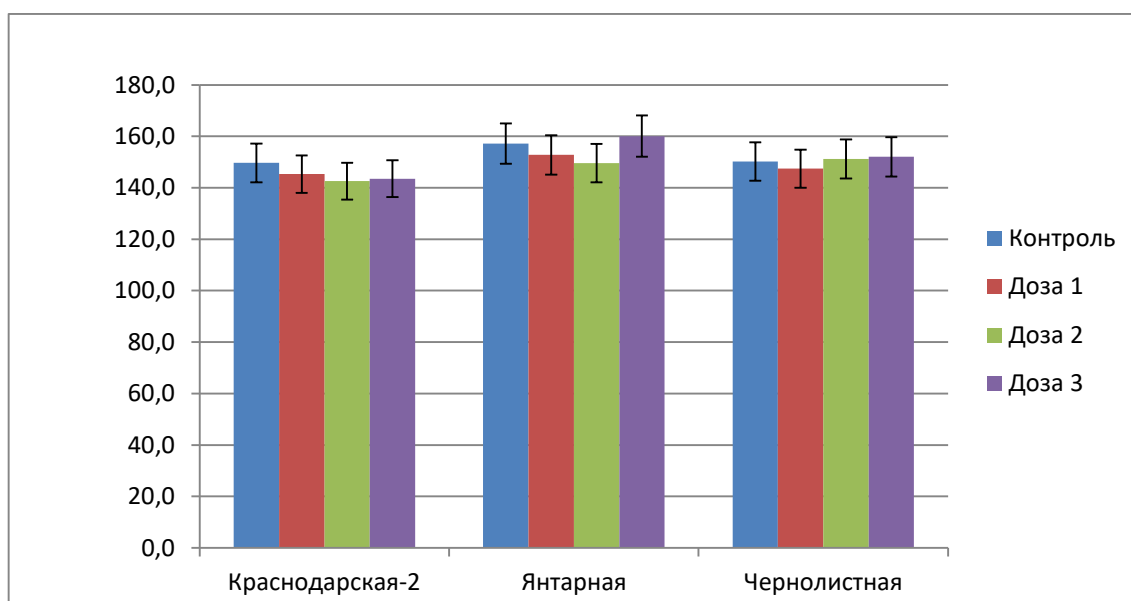


Рисунок 3.2 - Урожайность растений мяты перечной под влиянием дифлюфеникана (среднее за 2012-2016 гг.), г/м²

Урожайность сорта Краснодарская 2 на фоне других изучаемых сортов сильнее отличается, так как данный сорт за пять лет вегетации в Московской области сильно вырождается.

Сорт Чернолистная по значениям урожайности в вариантах опыта за все годы вегетации достоверно не отличался. Это можно объяснить эффектом сглаживания выборки за пять лет опыта.

Можно сделать вывод, что для выращивания мяты перечной в долгосрочной перспективе без применения любых препаратов в условиях Нечерноземной зоны Московской области сорт Янтарная в целом более пригоден к использованию как многолетняя культура, чем Краснодарская 2, которая за эти пять лет снизила свои показатели средней продуктивности (рисунок 3.3) фактически на 15 %, в то время как для Янтарной и Чернолистной этот показатель не превышал 7 и 10% соответственно.

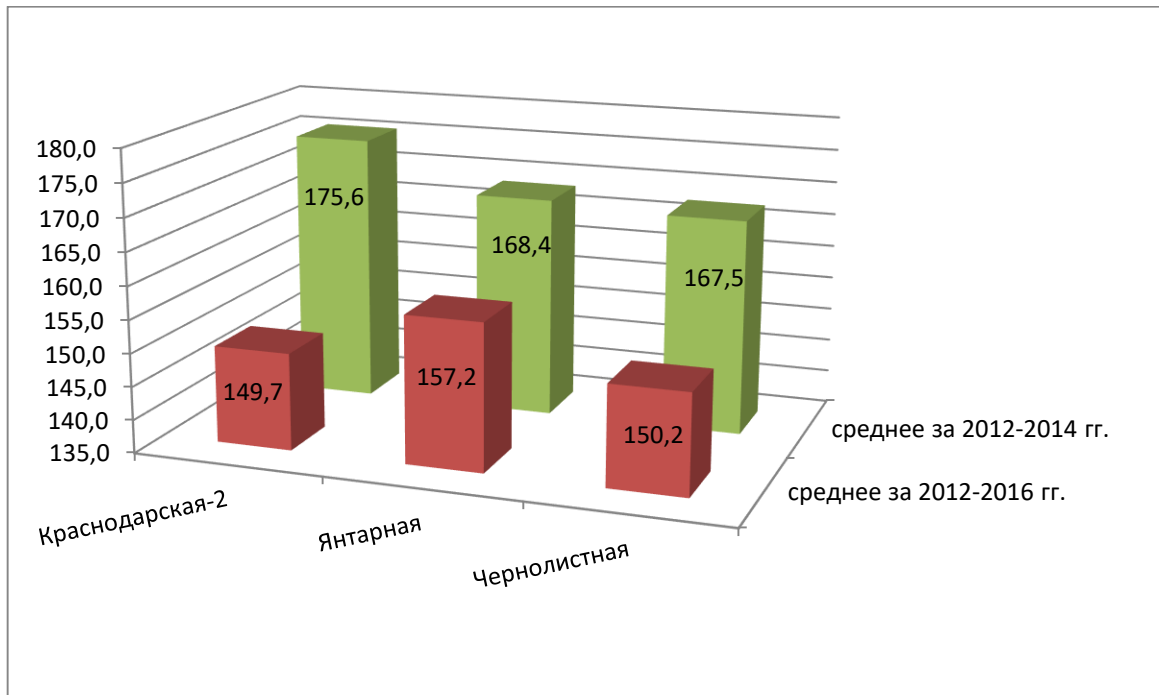


Рисунок 3.3 - Урожайность мяты перечной контрольного варианта без применения препарата (среднее за 2012-2014 и 2012-2016 гг.), г/м²

3.1.3 Влияние дифлюфеникана на сбор эфирного масла сортов мяты перечной Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная

Для изучения влияния дифлюфеникана на урожайность и содержание ЭМ изучаемой культуры в условиях выращивания в Нечерноземной зоне Московской области мы также отдельно представили для изучения средние данные по первым трем годам использования и отдельно средние данные по всем пяти годам проведения полевого опыта (таблицы 3.1 и 3.2).

Количественное содержание эфирного масла в растениях мяты перечной изученных сортов по всем вариантам опыта сильно варьируется. В отдельных вариантах опыта самое высокое содержание этого показателя превышает самое низкое почти в 2 раза.

Таблица 3.1 – Влияние дифлюфеникана на урожайность и содержание ЭМ мяты перечной, средние данные за 2012-2014 гг.

Сорт	Вариант опыта	Урожайность воздушно-сухого листа, т/га	Содержание, %		Сбор, кг/га	
			Эфирного масла	Общего ментола в эфирном масле	Эфирного масла	Общего ментола
Краснодарская 2	Контроль	1,76	2,08	40,4	36,5	14,3
	Доза 1	1,53	1,85	48,4	27,8	13,3
	Доза 2	1,70	2,55	36,2	42,0	15,3
	Доза 3	1,50	2,31	39,3	35,1	14,0
<i>НСР₀₅</i>		0,16	0,23	3,91	3,77	1,19
Янтарная	Контроль	1,68	2,83	37,8	47,6	17,8
	Доза 1	1,57	2,98	38,8	47,5	18,4
	Доза 2	1,62	3,33	32,7	54,6	18,2
	Доза 3	1,61	3,45	35,1	55,7	19,6
<i>НСР₀₅</i>		0,13	0,31	3,45	4,85	1,13
Чернолистная	Контроль	1,68	2,10	35,8	36,5	13,0
	Доза 1	1,36	1,98	37,2	28,4	9,9
	Доза 2	1,48	1,96	32,5	28,9	9,2
	Доза 3	1,58	2,02	35,6	31,8	11,1
<i>НСР₀₅</i>		0,16	0,20	3,11	2,76	1,27

Сравнивая количество общего ментола по всем сортам можно сказать, что изучаемые сорта мяты относятся к низкоментольным, потому что значения по содержанию общего ментола в эфирном масле не превышают 50%. Максимальное содержание общего ментола было получено для сорта Краснодарская 2 при применении первой дозы препарата по д.в., но и оно не превысило пороговое для низкоментольных сортов значение.

На сорте Краснодарская 2 применение дифлюфеникана в первой дозе показало лучший результат по содержанию ментола. Однако сбор эфирного масла

на сорте Краснодарская 2 в варианте с первой дозой был минимальным по сравнению с остальными вариантами опыта, что объясняется низкой урожайностью воздушно-сухого сырья и низким содержанием в нем эфирного масла – менее 2%. Самая высокая урожайность сорта Краснодарская 2 среди вариантов с применением различных доз дифлюфеникана наблюдается при использовании второй дозы препарата. Этот вариант опыта показал наиболее высокое содержание эфирного масла, что в конечном итоге дало максимальный его сбор и максимальный сбор общего ментола - выше, чем в контроле на 15 и 7% соответственно.

Для сорта Янтарная наивысший сбор эфирного масла наблюдался в вариантах с применением дифлюфеникана во второй и третьей дозах (достоверного различия не наблюдается). Это объясняется максимальным содержанием масла в исследуемом сырье в этих вариантах, хотя урожайность по всем вариантам, включая контроль, достоверно не различается. Однако, сбор общего ментола достоверно выше именно при применении третьей дозы - на 8%.

В опыте с сортом Чернолистная наблюдалась выраженная тенденция к снижению, как урожайности, так и содержания эфирного масла в варианте с третьей дозой по отношению к контролю, что привело к достоверному снижению сбора эфирного масла – на 13%. В целом сорт Чернолистная отрицательно отозвался на действие различных доз дифлюфеникана, что наблюдается по сбору эфирного масла и общего ментола. В отличие от остальных сортов именно на сорте Чернолистная вторая доза по д.в. дифлюфеникану дала наименьший сбор общего ментола – в 1,4 раза меньше контрольного варианта.

По наивысшему сбору эфирного масла и общего ментола – максимальные значения показал сорт Янтарная при применении препарата в третьей дозе.

Та же самая третья доза показала максимальное значение по сбору эфирного масла и общего ментола среди вариантов с применением дифлюфеникана и для сорта Чернолистная, однако его применение в целом снизило общую биопродуктивность растений. Сравнивая сбор по вариантам опыта с применением дифлюфеникана и контрольным вариантом можно утверждать, что сорт

Чернолистная специфично отозвалась на действие ингибитора фитоиндесатуразы. Возможно, это объясняется тем, что сорт Чернолистная в основном культивируется на аптечный лист.

Самое высокое количественное содержание эфирного масла в мяте перечной всех трех сортов по всем вариантам опыта, но уже за пять лет вегетации (таблица 3.2), также превышает самое низкое – в 1,8 раза.

Таблица 3.2 – Влияние дифлюфеникана на урожайность и содержание ЭМ мяты перечной, средние данные за 2012-2016 гг.

Сорт	Вариант опыта	Урожайность воздушно-сухого листа, т/га	Содержание, %		Сбор, кг/га	
			Эфирного масла	Общего ментола в эфирном масле	Эфирного масла	Общего ментола
Краснодарская 2	Контроль	1,50	2,09	41,9	31,3	12,7
	Доза 1	1,45	1,94	47,1	28,3	13,2
	Доза 2	1,43	2,18	38,1	31,9	11,9
	Доза 3	1,44	2,25	40,8	33,0	13,3
<i>НСР₀₅</i>		<i>0,06</i>	<i>0,24</i>	<i>4,34</i>	<i>2,82</i>	<i>0,99</i>
Янтарная	Контроль	1,57	2,77	39,3	43,5	17,0
	Доза 1	1,53	2,74	40,2	42,5	16,9
	Доза 2	1,50	2,90	36,7	44,5	15,9
	Доза 3	1,60	3,13	37,1	50,2	18,5
<i>НСР₀₅</i>		<i>0,15</i>	<i>0,30</i>	<i>3,25</i>	<i>4,37</i>	<i>1,30</i>
Чернолистная	Контроль	1,50	1,73	44,6	27,7	11,2
	Доза 1	1,47	1,71	45,5	25,7	11,0
	Доза 2	1,51	1,74	41,9	26,2	10,3
	Доза 3	1,52	1,71	44,1	26,2	10,6
<i>НСР₀₅</i>		<i>0,07</i>	<i>0,14</i>	<i>3,84</i>	<i>2,12</i>	<i>1,01</i>

Содержание общего ментола за все пять лет не превышает 50% от общего содержания эфирного масла в исследуемом сырье, что опять-таки подтверждает низкоментольность изучаемых сортов. Однако максимальное содержание общего ментола в целом за все годы выращивания культуры на сорте Краснодарская 2 получено уже при использовании первой дозы дифлюфеникана. Сравнивая варианты опыта с внесением различных доз по д.в., стоит отметить, что максимальное содержание эфирного масла накапливалось в варианте с третьей дозой, что привело в дальнейшем и к максимальному сбору эфирного масла в этом же варианте. Однако сопоставимые данные по сбору эфирного масла и общего ментола мы получили и в варианте со второй дозой, что было характерно также за первые три года вегетации.

Достоверного увеличения сбора эфирного масла и общего ментола для сорта Краснодарская 2 за пять лет при применении различных доз дифлюфеникана по отношению к контрольному варианту во всех остальных вариантах опыта не наблюдается. Это объясняется тем, что на фоне малого снижения содержания эфирного масла и общего ментола существенно снизилась его урожайность за эти годы.

Для сорта Янтарная максимальный сбор эфирного масла и общего ментола продолжает оставаться в варианте с применением третьей дозы, что объясняется выраженной тенденцией к увеличению урожайности в этом варианте и максимальным содержанием эфирного масла среди вариантов опыта.

При сравнении сорта Чернолистная по пяти годам исследования нельзя однозначно сказать о влиянии той или иной дозы дифлюфеникана, потому что все полученные данные по урожайности и содержанию ЭМ растения по вариантам опыта достоверно незначительно различаются друг от друга и никакой тенденции к росту или падению показателей не наблюдается. Однако, сравнивая между собой показатели по трем и пяти годам вегетации, можно с уверенностью сказать, что в контрольном варианте за пять лет наблюдается снижение урожайности культуры на 11%, содержания эфирного масла на 18%, а его сбора на 24%. При

этом, содержание общего ментола выросло на 25%, но из-за снижения общей урожайности культуры, сбор общего ментола упал на 14%.

Понижение общей урожайности и падение сбора эфирного масла объясняется различием в показателях гидротермического коэффициента. ГТК за пять лет выращивания культуры равен 1,5, а за три первых года – 1,4. Это значит, что последние два влажных года эксперимента в совокупности с падением общего биопродуктивного потенциала культуры создали неблагоприятные условия для урожайности и накопления эфирного масла. Однако, при росте процентного содержания общего ментола в эфирном масле, доля его сбора в кг/га от общей урожайности практически не изменилась. Так, за первые три года этот показатель составил 0,77%; а за все пять лет – 0,75%. Это показывает, что увеличение концентрации общего ментола в масле зависит от внутренних биохимических процессов и конкретно от пути биосинтеза изучаемых нами терпеноидов.

В результате полученных данных можно сделать вывод, что в условиях выращивания в Нечерноземной зоне Московской области как в течение трех, так и в течение пяти лет наиболее эффективным с точки зрения урожайности сырья и выхода эфирного масла с единицы площади является применение третьей дозы дифлюфеникана - 0,0001 г/м² на сорте Янтарная.

Сорт Чернолистная в целом как за три года, так и за все пять лет вегетации откликаться на действие разных доз дифлюфеникана достоверно не будет. Поэтому его использование в целях увеличения урожайности культуры и выхода эфирного масла для этого сорта нецелесообразно.

В целях использования мяты перечной на аптечный лист и эфирное масло сорт Краснодарская 2 целесообразнее возделывать в течение трех лет с применением дифлюфеникана в дозе 0,001 г/м².

3.2 Оценка изменения количественного и качественного состава эфирного масла в зависимости от дозы дифлюфеникана

3.2.1 Сорт Краснодарская 2

В наших исследованиях представлены данные по количественному и качественному составу эфирного масла сорта Краснодарская 2 (рисунки 3.4-3.7, таблица 3.3).

В контрольном варианте сумма терпенов (рисунок 3.4) с годами практически не изменялась, достоверно снизившись только в последний год выращивания культуры. Также в последний год наблюдалось снижение содержания углеводов в вариантах с применением второй и третьей доз, что очевидно объясняется общим угнетением продуктивного потенциала культуры при бесменном ее выращивании в нехарактерной для данного сорта зоне. Своего максимума суммарное содержание углеводов достигло на третий год произрастания растений в варианте с первой дозой, постепенно снижаясь к пятому году выращивания.

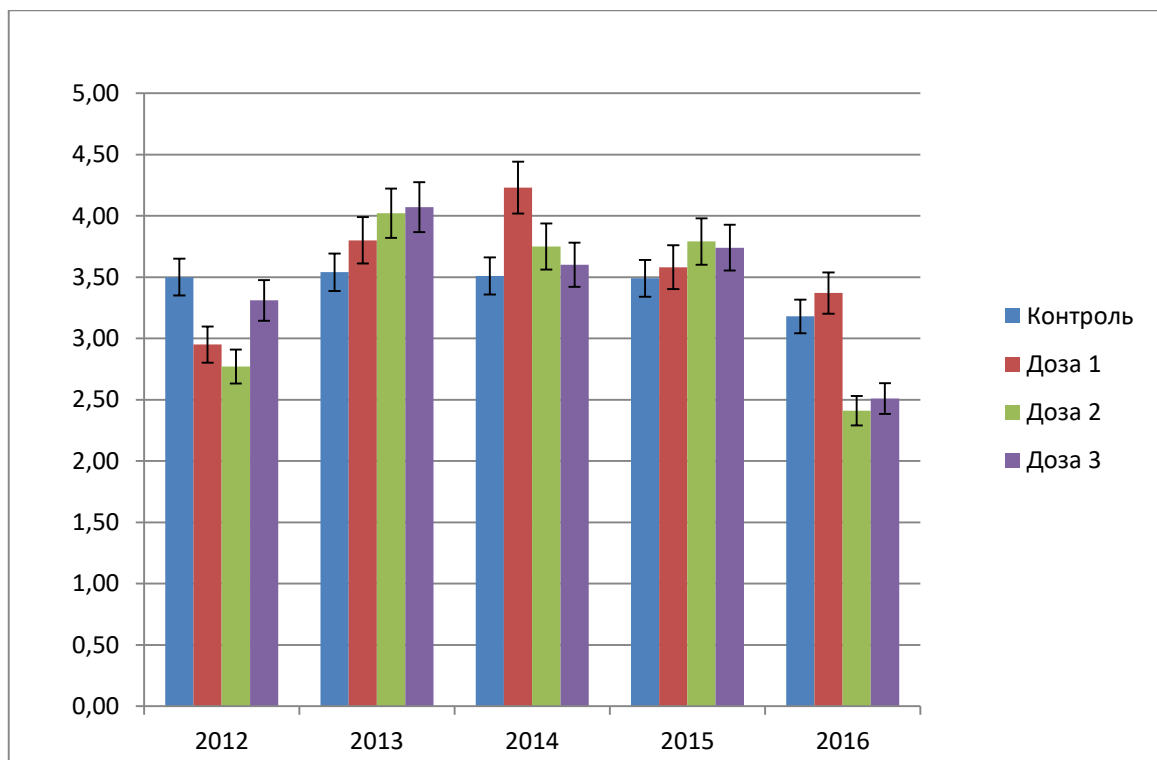


Рисунок 3.4 - Суммарное содержание углеводов (моно- и сесквитерпенов) в ЭМ мяты перечной сорта Краснодарская 2 по годам, %

По суммарному содержанию ментола и остальных спиртов (рисунок 3.5) во все годы лидировал вариант опыта с применением первой дозы дифлюфеникана, недостоверно отличаясь от других вариантов опыта в 2014 (кроме варианта со второй дозой) и 2015 годах. В 2016 г. суммарное содержание этих компонентов в варианте с применением первой дозы и контрольном варианте достоверно не различалось. В варианте с применением второй дозы сумма содержания спиртов сохранялась на одном уровне значений и отличалась достоверно в 2015 году, когда достигала своего максимума – 50,56 %. Значения суммарного содержания спиртов в варианте с применением третьей дозы по всем годам достоверно от контрольного варианта опыта не отличались.

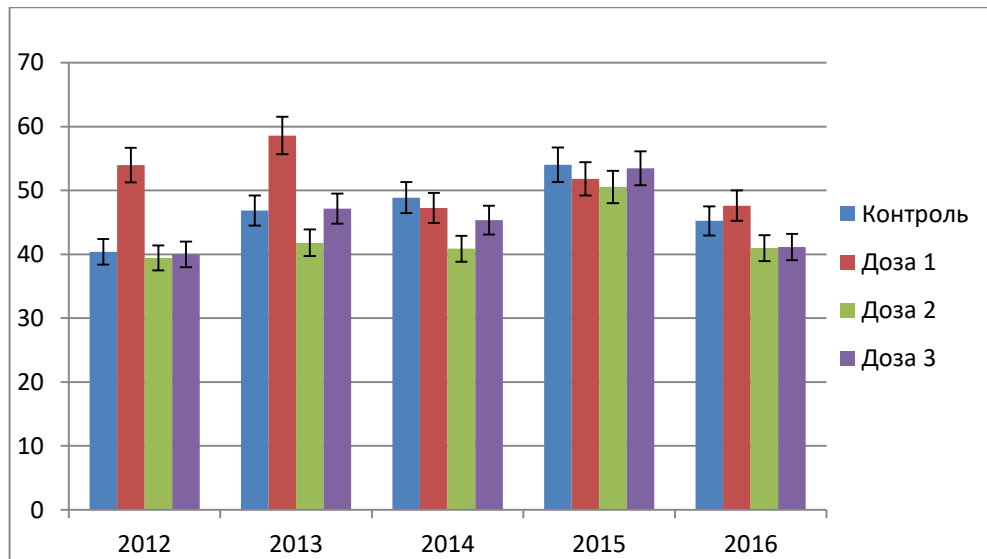


Рисунок 3.5 - Суммарное содержание спиртов в ЭМ мяты перечной сорта Краснодарская 2 по годам, %

Суммарное содержание ацетатов (рисунок 3.7) в 2015 году по сравнению с другими годами исследования было в несколько раз выше. Но и суммарное содержание кетонов (рисунок 3.6) – предшественников ацетатов на пути биосинтеза терпеноидов сильно упало в этот год по сравнению с остальными годами. Это можно объяснить, во-первых, тем, что средняя температура воздуха за 2015 год была выше средней температуры воздуха за остальные года, превышая в отдельные годы практически на 25%, тем самым влияя на путь

биосинтеза терпеноидов и накопление интересующих нас веществ в эфирном масле мяты перечной. А во-вторых, сложностью путей биосинтеза в эфиромасличных растениях и превращением веществ друг в друга, включая различные формы трансфераз, передающих ацетатные остатки. Более детальный ответ на вопрос о причинах такого изменения компонентов могли бы дать исследования поведения мультиферментных комплексов с использованием метода меченых атомов.

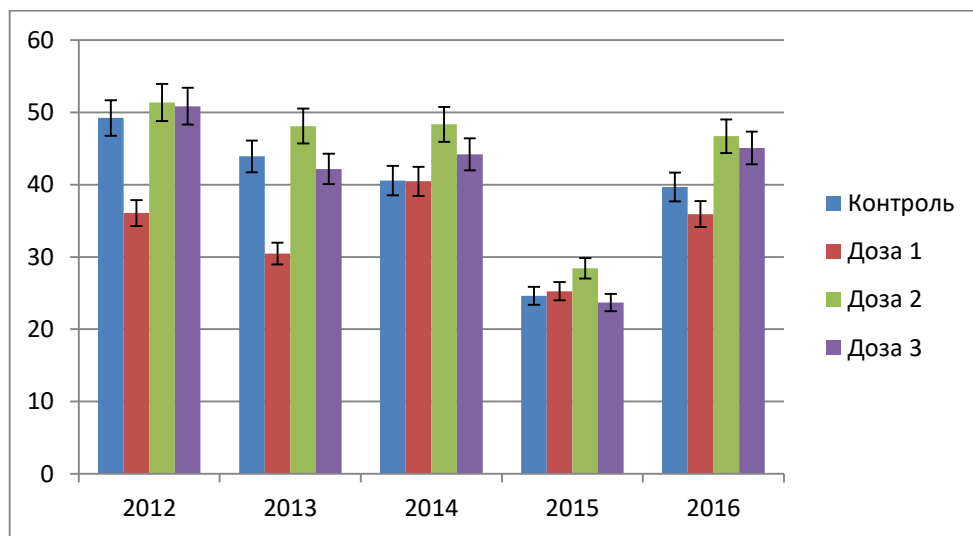


Рисунок 3.6 - Суммарное содержание кетонов в ЭМ мяты перечной сорта Краснодарская 2 по годам, %

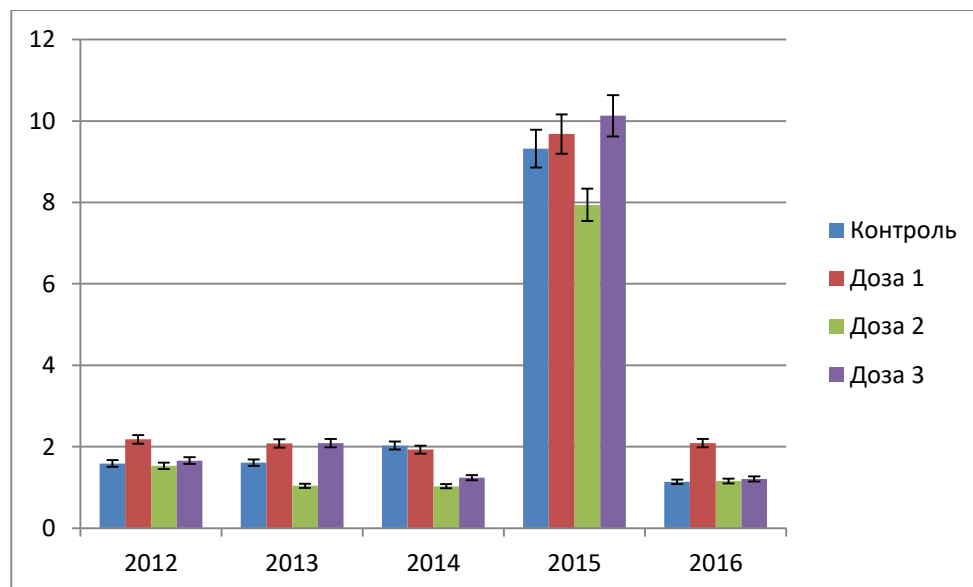


Рисунок 3.7 - Суммарное содержание ацетатов в ЭМ мяты перечной сорта Краснодарская 2 по годам, %

Данные по исследованию отдельных компонентов в составе эфирного масла представлены нами в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Изменение содержания ментола и его предшественников по пути биосинтеза эфирных масел мяты перечной сорта Краснодарская 2, %

Год	Вариант опыта	Лимонен	Пулегон	Ментофуран	Ментон	Собственно ментол	Общий ментол
		%					
2012	Контроль	1,08	1,59	1,52	41,79	28,96	35,01
	Доза 1	0,94	1,14	1,28	29,30	42,46	48,97
	Доза 2	0,94	2,76	1,84	42,51	28,87	35,03
	Доза 3	1,14	1,04	1,04	43,77	28,81	34,90
НСР₀₅		0,04	0,17	0,15	1,71	2,09	2,00
2013	Контроль	0,99	0,85	0,77	37,01	35,94	41,45
	Доза 1	1,36	0,92	0,83	24,38	46,86	53,14
	Доза 2	1,13	1,14	1,10	40,92	30,97	36,83
	Доза 3	1,26	1,04	0,94	35,59	35,12	41,73
НСР₀₅		0,06	0,06	0,05	1,59	2,19	2,28
2014	Контроль	1,59	5,61	1,56	29,51	39,11	44,66
	Доза 1	1,90	7,32	2,43	27,94	37,64	43,19
	Доза 2	1,86	7,61	2,78	35,32	32,37	36,83
	Доза 3	1,65	7,00	2,39	31,83	36,61	41,11
НСР₀₅		0,09	0,09	0,13	1,27	1,62	1,34
2015	Контроль	0,45	Следы	1,91	19,45	41,82	46,89
	Доза 1	0,51	0,07	1,88	20,49	41,72	46,41
	Доза 2	0,84	0,06	1,89	23,69	39,19	44,78
	Доза 3	0,46	Следы	2,14	19,17	43,65	48,50
НСР₀₅		0,02	0,02	0,12	1,07	1,56	1,27
2016	Контроль	0,67	4,29	5,43	30,07	38,34	41,25
	Доза 1	0,82	3,10	5,17	27,76	40,13	43,69
	Доза 2	0,64	2,44	3,89	38,44	33,72	37,03
	Доза 3	0,58	4,09	5,12	35,29	34,77	37,67
НСР₀₅		0,03	0,15	0,15	1,35	1,87	1,41

Как известно, лимонен является соединением, с которого начинается синтез терпеноидов, приводящих к образованию ментола. Из лимонена синтезируется пулегон, который расходуется на образование ментофурана и ментона, а последний в свою очередь идет на синтез изомеров ментола.

В контрольном варианте к третьему году выращивания лимонен достиг своего максимального значения. Тоже наблюдаем и в вариантах с применением препарата. Это можно объяснить тем, что именно к третьему году мята перечная

сорта Краснодарская 2 достигла предела своей потенциальной продуктивности, что подтверждают и ранее рассмотренные нами данные по урожайности этого сорта. Воздействие препарата в третий год выращивания эффективнее всего сказалось в вариантах с применением препарата в первой и второй дозах по д.в. – в среднем содержание лимонена увеличилось по отношению к контролю в 1,2 раза.

Содержание пулегона в контрольном варианте было максимальным также на третьем году произрастания культуры, как и в вариантах опыта с различными дозами дифлюфеникана. Однако действие дифлюфеникана проявилось в увеличении содержания пулегона по отношению к контролю в 1,2-1,4 раза, достигнув своего максимума в варианте с применением второй дозы. Отмечено довольно высокое содержание пулегона на пятый год выращивания во всех вариантах опыта, что сопоставимо со значениями по содержанию ментофурана в эфирном масле мяты перечной – к пятому году содержание ментофурана достигло своего максимального значения по всем вариантам опыта (3,89-5,43%). Это является достаточно нежелательным для качественных характеристик эфирных масел и из-за чего в целом также снижается их парфюмерная оценка. С этой точки зрения второй год выращивания является наиболее удачным по компонентному составу – содержание ментофурана здесь не превышает 1,10% по всем вариантам опыта.

В отношении такого компонента как ментон можно сказать, что для целей химической промышленности его повышенное содержание представляет интерес как сырье для синтеза ментола. С этой точки зрения оптимальным по содержанию ментона является сбор эфирного масла в первый год выращивания по всем вариантам опыта, а лидирующим процентным его содержанием будет вариант именно с третьей дозой дифлюфеникана.

Однако для целей пищевой и парфюмерной промышленности повышенное содержание ментона ухудшает вкус и качество эфиромасличного сырья. Таким образом, на эти цели лучше использовать эфирное масло растений четвертого года выращивания – оно практически в два раза ниже содержания ментона в

первый год. При этом применение дифлюфеникана в первой и третьей дозах достоверно не отличается, а вторая доза увеличивает его содержание в 1,2 раза по отношению к контролю, тем самым показывая нам нежелательность использования второй дозы для этих целей выращивания.

Наиболее ценным компонентом эфирного масла мяты перечной является ментол, содержание которого находится в обратной зависимости от содержания в масле его предшественника – ментона, что отмечено в годы с максимальным контрольным значением ментона – 41,79% – значение содержания общего ментола было самым минимальным за все годы выращивания культуры. Наибольшее содержание общего ментола достигло в четвертый год выращивания, когда содержание ментона было наиболее минимальным.

Однако, применение препарата в первый год выращивания в варианте с применением первой дозы увеличило содержание общего ментола, значительно снизив при этом содержание ментона в масле. Максимальное значение по содержанию общего ментола при применении препарата наблюдалось в варианте с первой дозой во второй год выращивания, в то время как вторая и третья дозы показали наивысший результат на четвертый год выращивания.

Наиболее важным компонентом из общего содержания ментола будет являться собственно ментол, в силу стереоспецифичности своей молекулы часто используемый в химии органического синтеза. Так самое высокое его содержание мы видим на четвертый год выращивания, что коррелирует с значениями содержания общего ментола в эфирном масле. Действие препарата также влияет на содержание собственно ментола в этот год выращивания. Максимальное значение при применении третьей дозы было именно в четвертый год, достоверно отличаясь от результатов с применением первой и второй доз дифлюфеникана. Наибольшее значение по содержанию собственно ментола при применении первой дозы достигло на второй год выращивания.

Так по сорту Краснодарская 2 можно сказать, что по содержанию в эфирном масле ментона оптимальным является сбор эфирного масла в первый год выращивания с применением третьей дозы дифлюфеникана, а по общему

соотношению ценных компонентов эфирного масла для его разноцелевого использования оптимальным является компонентный состав эфирного масла в третий год выращивания при применении первой дозы дифлюфеникана.

Для целей пищевой и парфюмерной промышленности наиболее удачным по компонентному составу будет эфирное масло мяты перечной во второй год выращивания с применением первой дозы препарата в пересчете на д.в.

Стоит отметить, что мяту перечную сорта Краснодарская 2 в условиях Московской области можно выращивать для получения высоких качественных показателей эфирного масла дольше, чем если бы сорт использовался только на аптечный лист и сбор эфирного масла с единицы площади возделывания, только если это будет экономически целесообразно.

3.2.2 Сорт Янтарная

Суммарное содержание углеводов в эфирном масле сорта Янтарная в контрольном варианте достигало максимальных значений – 6,83% – на третий год выращивания культуры (рисунок 3.8), снижаясь в последние два года – с минимальным значением – 3,60% – в 2015 году. Схожую динамику наблюдали в опыте с применением второй дозы, однако, по сравнению с контролем в варианте со второй дозой увеличилось содержание моно- и сесквитерпенов в первый год выращивания культуры.

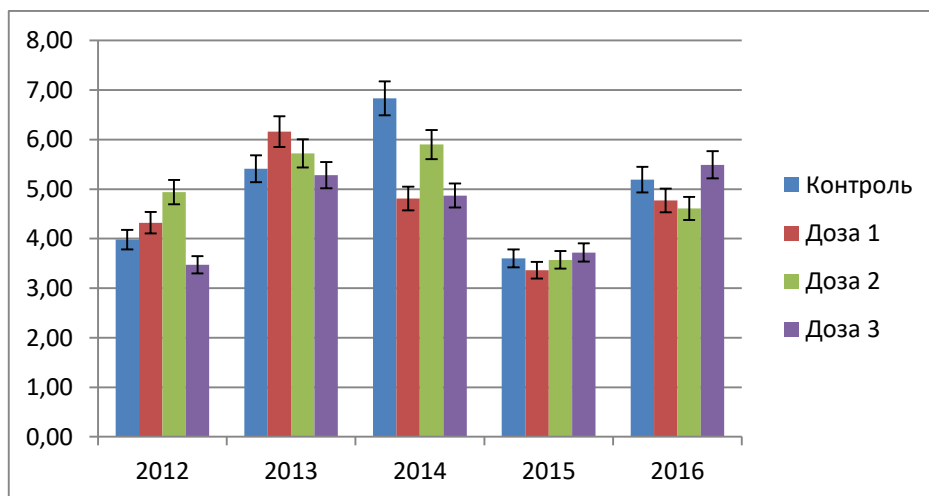


Рисунок 3.8 - Суммарное содержание углеводов (моно- и сесквитерпенов) в ЭМ мяты перечной сорта Янтарная по годам, %

В третий год выращивания растений мяты использование препарата существенно снизило содержание углеводов по всем вариантам с применением препарата на 14-30 отн.% по сравнению с контролем. К четвертому году содержание углеводов по всем вариантам опыта достоверно друг от друга не отличалось, находясь в диапазоне от 3,36 до 3,72%, и эти значения были минимальными за все года проведения опыта. К пятому году наблюдали увеличение суммы терпенов, причем наибольшее содержание – 5,49% приходится в варианте с применением третьей дозы, а наименьшее – 4,61% в варианте со второй. Существенное снижение суммы углеводов ЭМ на четвертый год выращивания мяты перечной по-видимому объясняется климатическими характеристиками 2015 года, описанными нами ранее.

Сумма спиртов ЭМ (рисунок 3.9) в вариантах с применением первой и третьей доз достоверно от контроля за все годы выращивания культуры не отличаются. Для второй дозы эта закономерность сохраняется, однако в первый и третий годы проведения эксперимента наблюдалось достоверное снижение содержания спиртов в эфирном масле мяты перечной по сравнению с контрольным вариантом.

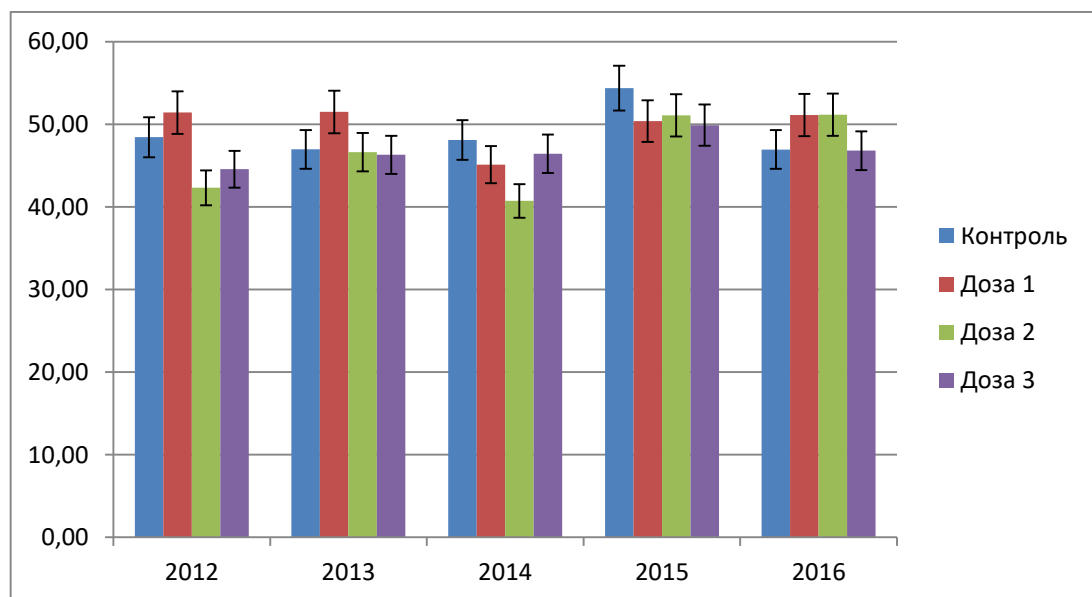


Рисунок 3.9 - Суммарное содержание спиртов в ЭМ мяты перечной сорта Янтарная по годам, %

Сравнивая содержание спиртов в ЭМ в вариантах опыта с применением препарата между собой, можно выделить вариант с применением первой дозы, когда сумма спиртов была существенно выше в 2012-2013 гг. и достоверно не отличалась от других вариантов в 2014-2016 гг.

Суммарное содержание кетонов (в основном ментона) в варианте с контролем в первые три года выращивания находилось на одном уровне (рисунок 3.10), достоверно снижаясь к четвертому и пятому году. Также в первые два года наблюдалось увеличение суммы кетонов в вариантах с применением именно второй и третьей доз дифлюфеникана по сравнению с контролем – на 22-27 отн.% в первый год и на 7-10 отн.% во второй.

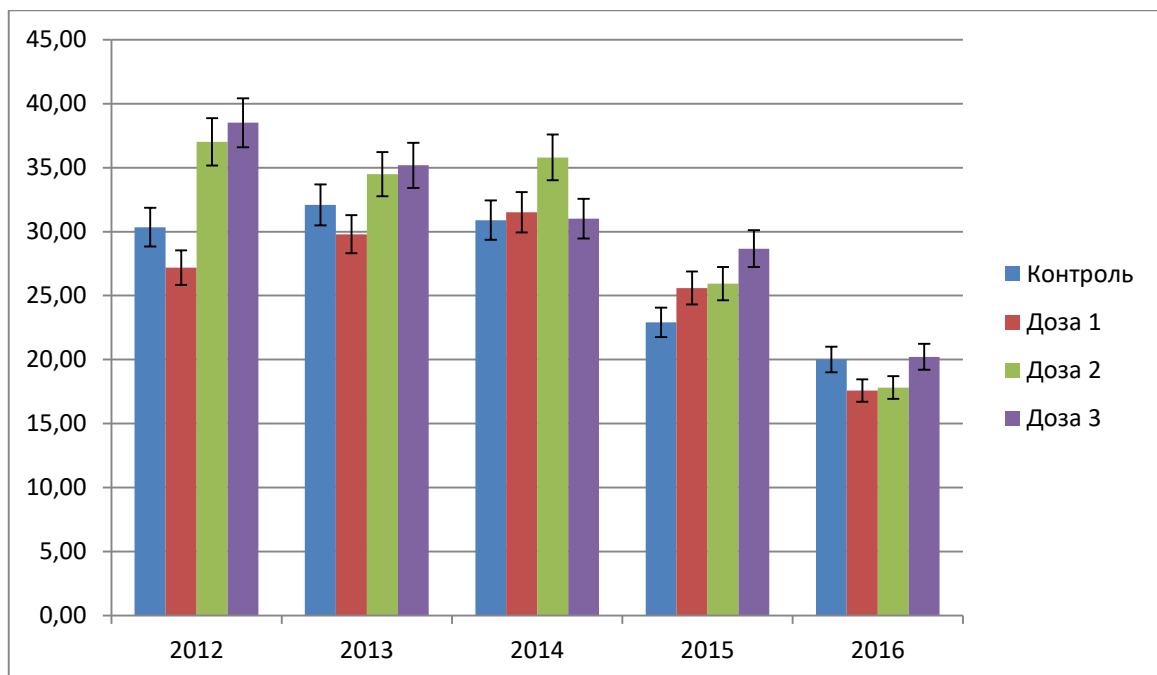


Рисунок 3.10 - Суммарное содержание кетонов в ЭМ мяты перечной сорта Янтарная по годам, %

В третий год проведения эксперимента самое большое суммарное содержание кетонов показал вариант опыта с применением второй дозы препарата по д.в., все остальные варианты находились в близкой области значений с контрольным вариантом. На четвертый год выращивания мяты перечной варианты опыта с применением препарата показали явный прирост

суммы кетонов над контрольным вариантом, так в варианте с третьей дозой увеличилось содержание компонентов в 1,25 раз по сравнению с контролем. Однако та же самая доза дифлюфеникана показала одинаковые с контрольным вариантом значения на пятый год выращивания культуры, а применение первой и второй доз снизили содержание кетонов в 1,14 и 1,12 раз соответственно.

Динамика суммарного содержания ацетатов по годам (рисунок 3.11) является обратной картиной динамики содержания кетонов в эти же года. Это объясняется тем, что содержание ацетатов, являющихся производными спиртов в биосинтезе эфирных масел мяты перечной, напрямую зависит от содержания кетонов, из которых и образуются спирты, в частности ментол.

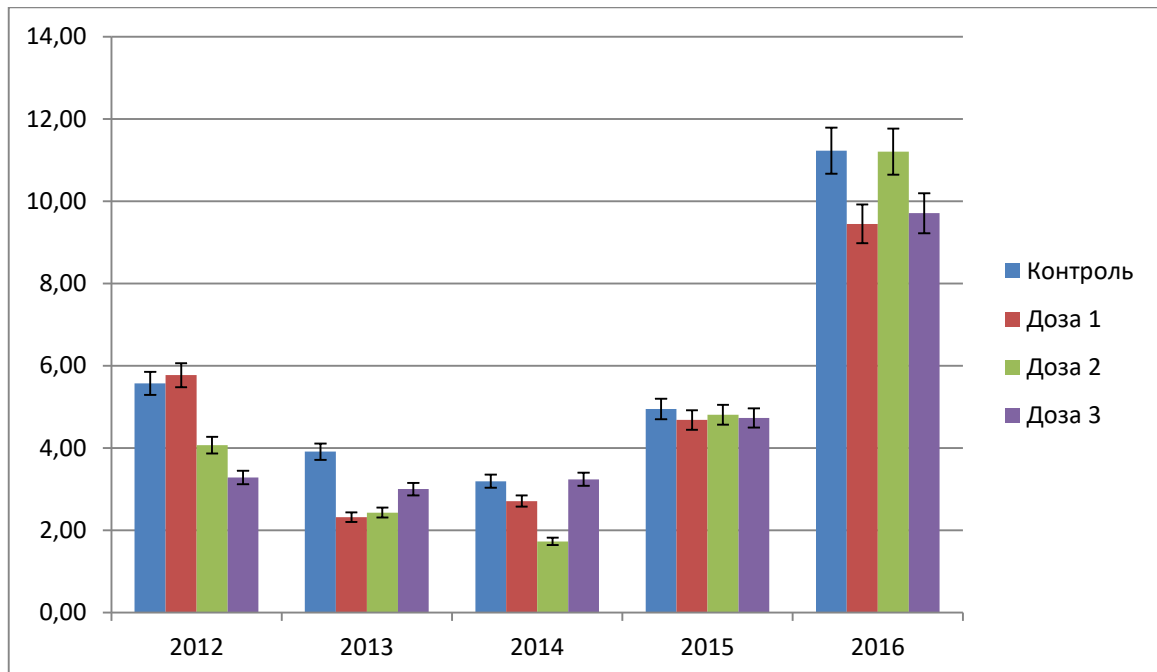


Рисунок 3.11 - Суммарное содержание ацетатов в ЭМ мяты перечной сорта Янтарная по годам, %

Так, в варианте с контролем самые низкие значения суммарного содержания ацетатов наблюдались во второй и третий годы опыта (3,91 и 3,19% соответственно), с последующим увеличением к пятому году, когда зафиксировано максимальное значение - 11,23%. Схожая динамика наблюдалась и в вариантах с применением препарата, достоверно не превышая содержание

ацетатов в контрольном варианте. Для вариантов с применением дифлюфеникана в первой и третьей дозах минимальные значения наблюдались во второй год – 2,32 и 3,00% соответственно. Для варианта с применением во второй дозе дифлюфеникана в третий год (1,73%). Суммарное содержание ацетатов в четвертый год увеличивается и достигает максимальных значений на пятый год проведения опыта.

С точки зрения ценности именно ацетатов в эфирном масле мяты перечной наиболее оптимальным оказался именно последний пятый год – как для вариантов с применением препарата, так и в контрольном варианте.

Если искать сбалансированное соотношение кетонов и ацетатов – одних из наиболее ценных компонентов эфирного масла мяты перечной, то наиболее благоприятным годом по вариантам с применением различных доз дифлюфеникана является именно четвертый год – в котором при достаточном повышении кетонов (особенно в варианте с применением третьей дозы) при этом не падает содержание ацетатов.

Процентное содержание лимонена (таблица 3.4) в первый год выращивания мяты перечной в варианте с применением третьей дозы дифлюфеникана и контрольном варианте достоверно не отличались, увеличиваясь в вариантах с применением первой и второй доз. Во второй год применение дифлюфеникана во всех вариантах опыта увеличивалось содержания лимонена (статистически достоверно). К примеру, при его использовании в первом варианте содержание лимонена было максимальным по сравнению с другими вариантами и в 1,4 раза больше контрольного значения. В третий год наиболее высокие показатели по процентному содержанию лимонена наблюдали при использовании второй дозы и оно было также максимальным значением по всем годам и вариантам исследования. Четвертый и пятый год проведения эксперимента показали эффективность применения третьей дозы дифлюфеникана. Стоит отметить, что в последний год проведения опыта использование дифлюфеникана в первой и второй дозах приводили к существенному снижению накопления лимонена по сравнению даже с контрольным вариантом.

Содержание пулегона в отдельно взятые годы (2013 и 2016 гг.) было настолько мало (ниже минимальной границы предела обнаружения прибора), что здесь отмечено содержание пулегона в следовых количествах. Это значит, что нашим оборудованием был зарегистрирован аналитический сигнал для данного компонента, однако значение площади соответствующего пика было недостоверно отличимо от шума базовой линии прибора.

Таблица 3.4 - Изменение содержания ментола и его предшественников по пути биосинтеза эфирных масел мяты перечной сорта Янтарная, %

Год	Вариант опыта	Лимонен	Пулегон	Ментофуран	Ментон	Собственно ментол	Общий ментол
		%					
2012	Контроль	1,09	0,04	1,46	21,06	29,68	35,74
	Доза 1	1,31	0,04	0,99	18,25	33,58	39,57
	Доза 2	1,40	0,04	1,86	27,26	23,20	28,68
	Доза 3	1,04	0,04	1,61	28,24	26,68	31,86
НСР₀₅		0,06	0,01	0,08	1,19	1,45	1,72
2013	Контроль	1,81	Следы	0,81	23,07	30,99	35,93
	Доза 1	2,46	Следы	1,37	20,48	34,13	38,95
	Доза 2	2,15	Следы	1,23	24,88	30,48	35,51
	Доза 3	1,92	Следы	1,17	25,67	29,40	34,53
НСР₀₅		0,08	-	0,09	1,21	1,62	1,67
2014	Контроль	2,35	6,65	3,53	18,38	35,80	41,59
	Доза 1	2,65	5,59	8,58	18,50	32,95	37,99
	Доза 2	3,27	6,22	8,79	21,65	29,59	33,85
	Доза 3	2,47	3,90	5,73	18,81	33,34	38,80
НСР₀₅		0,15	0,35	0,27	1,08	1,53	1,90
2015	Контроль	1,22	0,66	2,17	14,33	37,59	45,19
	Доза 1	1,46	0,27	3,33	16,90	36,39	42,56
	Доза 2	1,32	0,94	2,17	16,61	36,48	42,65
	Доза 3	1,64	0,82	3,09	19,75	37,17	41,92
НСР₀₅		0,08	0,03	0,13	0,89	1,79	2,12
2016	Контроль	2,49	Следы	2,52	12,63	36,01	38,22
	Доза 1	2,03	Следы	4,08	10,35	39,55	41,80
	Доза 2	2,15	Следы	3,31	10,43	40,32	42,69
	Доза 3	2,79	Следы	5,04	12,98	36,09	38,37
НСР₀₅		0,14	-	0,20	0,60	2,08	2,09

Максимальные значения пулегона, предшественника ментона и ментофурана в биосинтезе ЭМ, были получены в третий год выращивания культуры. Наблюдалась зависимость содержаний этих трех компонентов между

собой. Так, в контрольном варианте в первые два года выращивания, когда значения содержания пулегона и ментофурана падают, установлено, что содержание ментона ко второму году напротив растет, постепенно снижаясь по годам, начиная с третьего. Именно в третьем году отмечено увеличение содержания пулегона и ментофурана. К пятому году выращивания мяты, на фоне общего угнетения биопродуктивного потенциала растения снижается содержание и пулегона, и ментона.

В вариантах с применением препарата отмечаем схожую зависимость. Однако максимальное содержание ментона получено в варианте с применением второй и третьей доз дифлюфеникана в первый год опыта. Состав эфирного масла в этот год приобретает ценность как сырье для целей химического синтеза. При этом именно в варианте со второй дозой за 2012 год наблюдалось максимальное содержание ментофурана при минимальном среди всех вариантов опыта с применением препарата содержании общего ментола.

Наименьшее содержание ментона в вариантах опыта с изучением действия препарата было получено в вариантах с применением первой и второй доз в последний год выращивания культуры и при этом отмечено достаточно высокое содержание ментола в этот год именно в этих вариантах.

Максимальное содержание ментофурана – компонента, отрицательно влияющего на парфюмерную оценку эфирного масла мяты перечной, наблюдается на третий год произрастания культуры при использовании второй дозы дифлюфеникана. При этом мы видим минимальное значение по содержанию общего ментола в этот год. Наименьшее содержание ментофурана в вариантах опыта с применением дифлюфеникана наблюдается в первый год при использовании первой дозы, что коррелирует с повышенным содержанием общего ментола при этой же дозе в этот же год.

Наблюдается динамика снижения по годам использования для всех вариантов с применением препарата в процентном содержании ментона, в то же время динамика накопления общего ментола показывает противоположную картину – с увеличением срока выращивания растений мяты перечной

увеличивается содержание общего ментола, достигая своих максимальных значений в четвертый год эксперимента по всем применяемым дозам и при использовании первой и второй доз в последний год выращивания.

Наиболее интересный во многих отношениях компонент собственно ментол – один из изомеров, входящих в содержание общего ментола, достигает своего максимального значения в последний пятый год выращивания мяты в вариантах с применением первой и второй доз. Минимальное значение собственно ментола наблюдалось в первый год произрастания культуры при применении второй дозы.

Следует отметить, что по компонентному составу мяты перечная сорта Янтарная интересна во все пять лет выращивания. Однако на накопление суммарного содержания спиртов больше всего повлияла первая доза дифлюфеникана. Отмечено, что на содержание общего ментола повлияла первая доза за два последних года.

Самое низкое суммарное содержание кетонов, как и отдельного их представителя ментона, наблюдалось в последний год выращивания в вариантах с применением первой и второй доз, а самое высокое в вариантах со второй и третьей дозах в первый год.

Наиболее сбалансированным по всем компонентам и суммам основных классов веществ в эфирном масле является третья доза в четвертый год выращивания мяты перечной сорта Янтарная. Для получения эфирного масла на цели пищевой и парфюмерной промышленности стоит использовать пятый год выращивания культуры с применением первой и второй доз дифлюфеникана. Именно на пятый год выращивания мяты получены максимальные значения содержания ментола при минимальном содержании ментона в ЭМ.

3.2.3 Сорт Чернолистная

В первый год выращивания мяты перечной значения сумм терпенов (рисунок 3.12) в эфирном масле сорта Чернолистная для контрольного варианта и вариантов с применением первой и второй доз дифлюфеникана достоверно не

различались, только в варианте с применением третьей дозы наблюдалось снижение в 1,5 раза по сравнению с остальными вариантами.

Максимальное содержание суммы терпенов за все годы выращивания культуры было получено в варианте с применением второй дозы во второй год, что превышало контрольный вариант в этот же год практически в 1,5 раза. Причем содержание углеводов в этот год в вариантах с применением первой и третьей доз также было выше контрольных значений (на 24 и 12 отн.% соответственно).

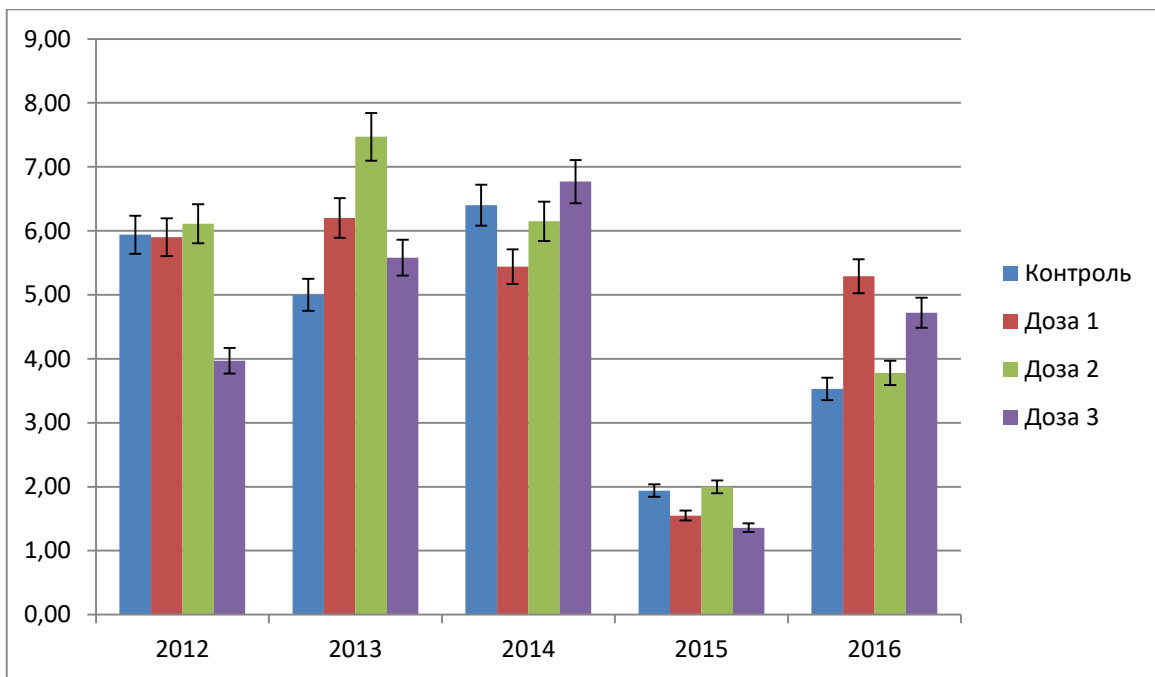


Рисунок 3.12 - Суммарное содержание углеводов (моно- и сесквитерпенов) в ЭМ мяты перечной сорта Чернолистная по годам, %

На третий год выращивания суммарное содержание терпенов в контрольном варианте и в вариантах с применением второй и третьей доз дифлюфеникана друг от друга достоверно не отличалось. Содержание углеводов в варианте опыта с применением первой дозы по д.в. снизилось по сравнению с контрольным вариантами на 15 отн.%.

Климатические особенности 2015 года сказались на мяте перечной сорта Чернолистная в пониженном содержании терпенов во всех вариантах опыта. В

вариантах опыта с применением препарата значения сумм углеводов были достоверно ниже контрольного варианта или достоверно не отличались, как в случае применения второй дозы дифлюфеникана.

В последний пятый год исследований суммарное содержание моно- и сесквитерпенов в контрольном варианте и в варианте с применением второй дозы достоверно не различаются. Сумма терпенов в вариантах с первой и третьей дозами превышали сумму контрольного варианта в 1,5 и 1,3 раза соответственно.

Рассматривая значения суммарного содержания спиртов за все годы исследования (рисунок 3.13) стоит отметить четвертый год выращивания как наиболее урожайный по этому показателю. Значения этих данных коррелируют с данными по суммарному содержанию углеводов (предшественников спиртов в цепи биосинтеза компонентов эфирных масел) в этот же год. В целом по вариантам опыта в 2015 году достоверного отличия между вариантами с применением препарата и контрольным вариантом в сумме спиртов нет.

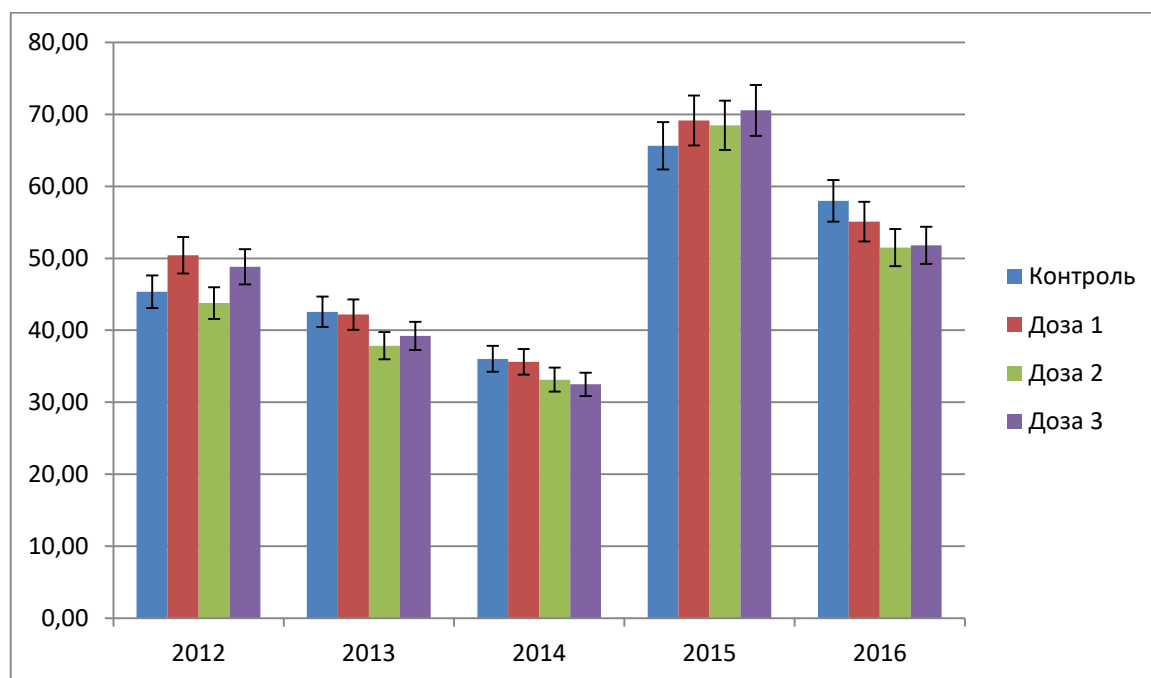


Рисунок 3.13 - Суммарное содержание спиртов в ЭМ мяты перечной сорта Чернолистная по годам, %

Ранее рассматривалось снижение общей урожайности для сорта Чернолистная в последние годы выращивания, а также отмечалось, что процентное содержание спиртов (именно общего ментола) при пересчете доли его сбора в кг/га от общей урожайности практически не изменилось. По-видимому, увеличение содержания общего ментола в масле зависело от внутренних биохимических процессов и конкретно от пути биосинтеза изучаемых нами терпеноидов. То есть, если по сбору эфирного масла изменений не произошло, то по компонентному составу наблюдается увеличение суммарного содержания спиртов в последние годы исследований.

В первые три года выращивания установлено снижение содержания суммы спиртов в эфирном масле как в варианте с контролем, так и во всех вариантах с применением препарата.

Однако, рассматривая более детально первый год выращивания можно отметить, что в варианте с первой дозой сумма спиртов выросла на 11 отн.% по сравнению с контролем. Остальные варианты опыта от контроля достоверно не отличались.

Во второй год выращивания суммарное содержание спиртов в варианте с применением второй дозы снизилось на 11 отн.% по сравнению с контролем, по остальным вариантам достоверного отличия от контроля не было.

В третий год выращивания отмечался минимум по суммарному содержанию спиртов за все годы проведения эксперимента для всех вариантов опыта, в том числе и контрольного варианта. Однако между собой варианты опыта по содержанию суммы спиртов достоверно не различались.

В первые три года выращивания можно отметить, что по каждому из вариантов опыта суммарное содержание кетонов повышалось (рисунок 3.14), увеличиваясь из года в год, достигнув своего максимума на третий год выращивания мяты для всех вариантов по всем годам исследования. Однако на третий год проведения эксперимента достоверного отличия по содержанию кетонов в эфирном масле между вариантами опыта как с применением различных доз дифлюфеникана, так и в контрольном варианте нет.

Если рассматривать отдельно взятые годы исследования, то в первый год содержание кетонов сильно снижалось в варианте с применением первой дозы дифлюфеникана – на 16 отн.% по сравнению с контрольным вариантом. Суммарное содержание кетонов в вариантах с применением второй и третьей доз достоверно от контроля не отличались.

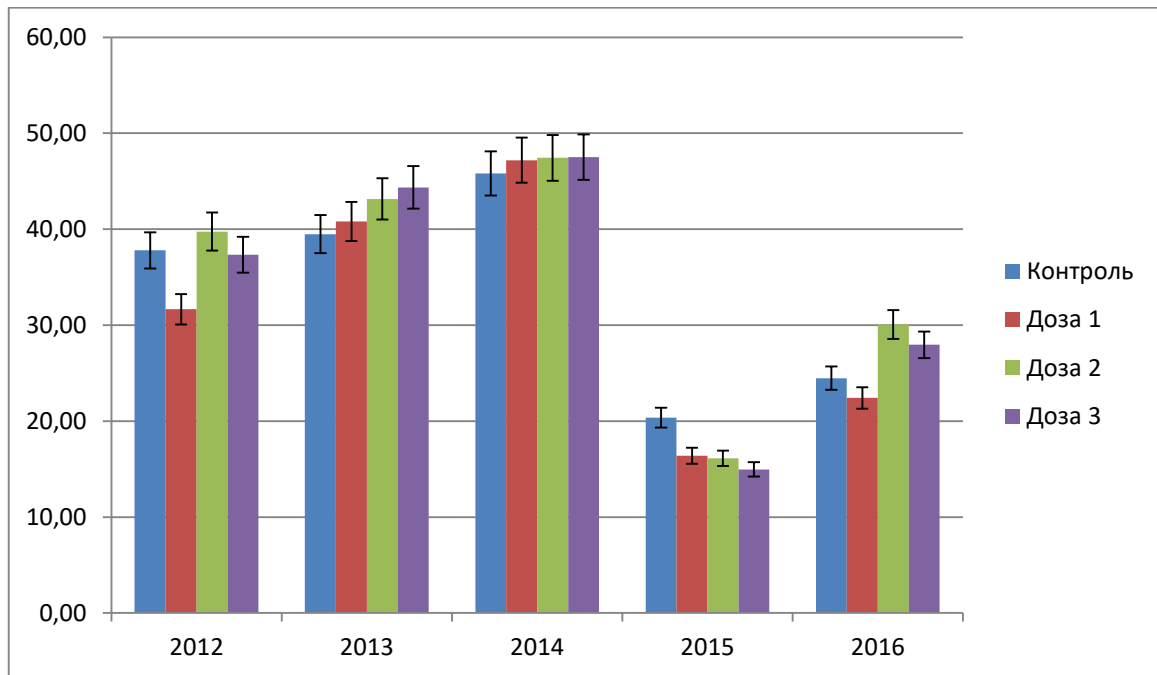


Рисунок 3.14 - Суммарное содержание кетонов в ЭМ мяты перечной сорта Чернолистная по годам, %

Во второй год исследования наблюдается достоверный прирост суммарного содержания кетонов в эфирном масле мяты перечной только в варианте с третьей дозой на 12 отн.% по сравнению с контролем.

Климатические условия 2015 года сказались и на накоплении кетонов в эфирном масле мяты перечной сорта Чернолистная в этот год. По сравнению с предыдущим, третьим годом эксперимента, суммарное содержание кетонов в контрольном варианте уменьшилось в 2,3 раза. Применение препарата снизило содержание кетонов в 2015 году еще больше в 1,2-1,4 раз по сравнению с контрольным вариантом в этот же год.

На пятый год произрастания культуры отмечается рост суммарного накопления кетонов в эфирном масле мяты перечной. Так, содержание кетонов в

контрольном варианте по сравнению с предыдущим годом выросло на 20 отн.%. По применению препарата стоит отметить, что суммарное значение содержания кетонов в варианте с применением первой дозы достоверно от контрольного варианта не отличалось, увеличиваясь только в вариантах с применением второй и третьей доз в 1,22 и 1,14 раз соответственно.

Накопление ацетатов (рисунок 3.15) в эфирном масле происходит при ацетилировании соответствующих спиртов и поэтому напрямую связано с их содержанием в этом масле. Падение суммарного содержания спиртов ведет к падению суммарного содержания ацетатов, и наоборот, рост содержания спиртов приводит к росту содержания ацетатов, что мы и видим при сопоставлении данных рисунков 3.13 и 3.15.

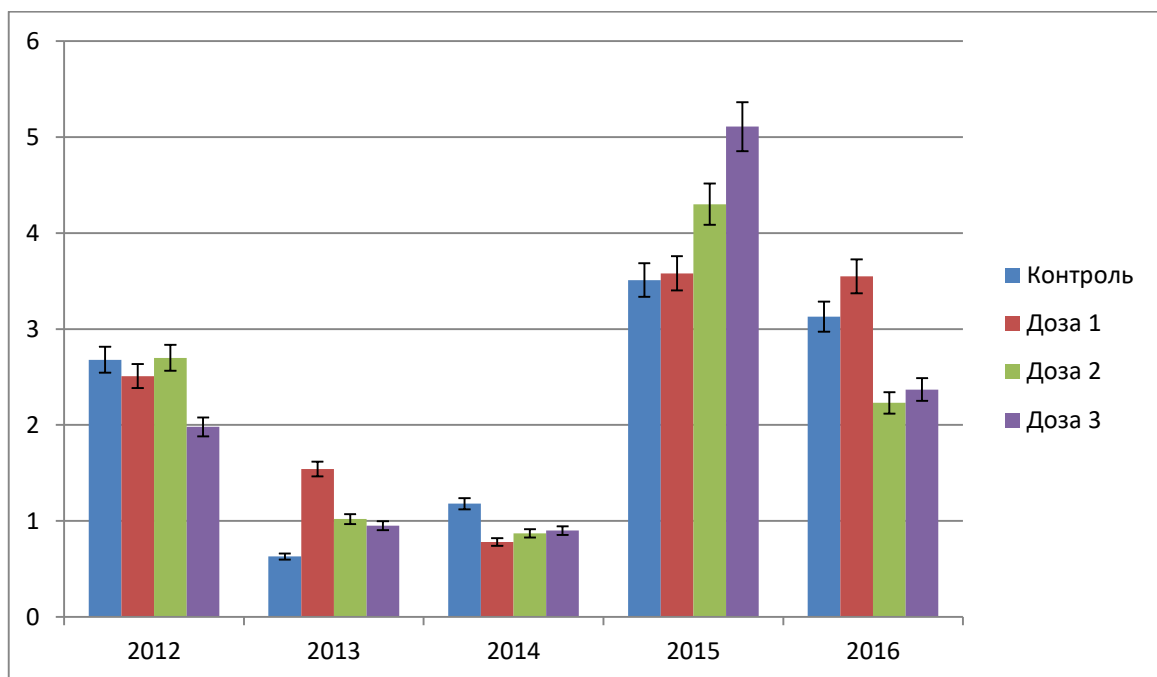


Рисунок 3.15 - Суммарное содержание ацетатов в ЭМ мяты перечной сорта Чернолистная по годам, %

Так, максимальное содержание ацетатов по всем вариантам опыта отмечалось на четвертый год выращивания мяты перечной. Причем, достоверное увеличение суммарного содержания ацетатов в 2015 году по сравнению с

контролем было получено в вариантах с применением второй и третьей доз – в 1,2 и в 1,5 раз соответственно.

В первый год выращивания содержание ацетатов в вариантах с применением дифлюфеникана в первой и второй дозах достоверно от контроля не отличалось, падая в варианте с третьей дозой на 26 отн.% по сравнению с контрольным вариантом.

Во второй год отмечалось самое низкое содержание ацетатов в контрольном варианте за все годы эксперимента, однако, применение препарата увеличило это содержание в варианте с применением первой дозы в 2,4 раза, а в вариантах с применением второй и третьей доз в 1,6 раз.

К третьему году выращивания мяты мы видим рост суммарного содержания ацетатов в контрольном варианте по сравнению с предыдущим годом в 1,9 раз. Содержание ацетатов в вариантах с применением различных доз дифлюфеникана достоверно между собой не различалось. Однако было меньше контрольного варианта в среднем на 26 отн.%.

К пятому году проведения опыта применение препарата в первой дозе увеличило содержание ацетатов на 13 отн.%, однако в вариантах со второй и третьей дозами содержание ацетатов по сравнению с контролем наоборот упало на 27 отн.%.

Максимальное процентное содержание лимонена в эфирном масле мяты перечной сорта Чернолистная (таблица 3.5) наблюдалось нами - как и в случае с сортом Краснодарская 2 - на третий год выращивания культуры, что, по нашему мнению, объясняется достижением наибольшей биопродуктивности растений этих сортов именно на третий год произрастания в условиях Московской области. При этом влияние применения дифлюфеникана в разных дозах в этот год было достаточно неоднозначным. При том, что содержание лимонена за 2014 год было наиболее максимальным за все годы применения препарата, однако, по сравнению с контрольным вариантом применение препарата в первой дозе снизило содержание лимонена практически в 1,5 раза, а применение препарата во

второй дозе в 1,2. Содержание лимонена в варианте с применением третьей дозы достоверно от контрольного варианта не отличалось.

Максимальное содержание пулегона и ментофурана, являющихся производными лимонена на пути биосинтеза терпеноидов в эфирном масле мяты перечной, наблюдалось также на третий год проведения эксперимента во всех вариантах опыта.

Таблица 3.5 - Изменение содержания ментола и его предшественников по пути биосинтеза эфирных масел мяты перечной сорта Чернолистная, %

Год	Вариант опыта	Лимонен	Пулегон	Ментофуран	Ментон	Собственно ментол	Общий ментол
		%					
2012	Контроль	0,88	1,20	0,83	32,28	30,96	38,55
	Доза 1	0,79	1,07	0,84	26,31	37,59	44,07
	Доза 2	0,93	1,20	0,97	34,10	30,06	37,06
	Доза 3	0,53	1,30	2,97	32,17	36,52	44,26
НСР₀₅		0,03	0,06	0,10	1,51	1,69	2,03
2013	Контроль	0,63	4,08	6,05	31,79	32,42	37,65
	Доза 1	1,08	3,36	2,50	33,27	29,79	35,75
	Доза 2	1,08	2,26	1,34	36,37	25,28	31,15
	Доза 3	0,82	2,90	3,22	37,34	29,08	34,06
НСР₀₅		0,04	0,15	0,22	1,73	1,49	1,77
2014	Контроль	2,18	17,40	5,67	24,38	27,28	31,19
	Доза 1	1,46	13,85	6,47	29,21	27,45	31,69
	Доза 2	1,89	17,67	7,32	25,95	25,59	29,42
	Доза 3	2,21	18,90	7,69	24,82	25,39	28,52
НСР₀₅		0,05	0,24	0,35	1,22	1,20	1,65
2015	Контроль	0,63	0,17	1,65	15,51	56,98	61,94
	Доза 1	0,45	0,24	2,72	12,12	61,10	66,24
	Доза 2	0,66	0,23	2,76	11,90	59,45	64,78
	Доза 3	0,43	0,26	2,17	10,68	61,71	67,32
НСР₀₅		0,03	0,02	0,11	0,83	3,07	3,35
2016	Контроль	0,23	2,42	1,92	18,36	47,41	53,85
	Доза 1	0,79	3,11	2,83	15,98	43,40	49,52
	Доза 2	0,44	5,42	3,62	20,86	42,15	47,08
	Доза 3	0,59	3,87	3,14	20,33	41,14	46,40
НСР₀₅		0,03	0,19	0,14	1,00	1,98	2,44

Согласно метеорологическим данным (Приложение Б) в годы исследований отмечалось, что 2014 г. оказался самым засушливым ГТК = 0,9, что на 45 % ниже по данному показателю относительно других лет. Средний дефицит насыщения

воздуха водяным паром – 4,4 гПа – выше, чем в остальные годы на 24% (большой дефицит пришелся на июль – время активного цветения культуры 11,9 гПа). Таким образом, метеоусловия 2014 г. оказались стрессовым фактором для роста и развития растений мяты, что в свою очередь повлияло как на урожайность, так и на накопление эфирных масел.

Неблагоприятные климатические условия 2014 г. и отсутствие дополнительного минерального питания в виде вносимых удобрений сказалось отрицательно на мяте, которая не смогла заложить достаточное количество запасяющих веществ в этом году, что повлияло на процентное содержание отдельных компонентов ЭМ: лимонена, пулегона, ментофурана. Так в 2015 году содержание этих компонентов стало минимальным за все годы выращивания культуры.

Анализируя данные по третьему году можно сказать, что использование дифлюфеникана в первой дозе снизило содержание пулегона в 1,3 раза по сравнению с контрольным вариантом, а применение препарата во второй и третьей дозах наоборот, достоверно увеличило его содержание.

В случае с ментофураном применение препарата увеличило его содержание относительно контроля в варианте с применением первой дозы на 14 отн.%, второй – на 29 отн.%, третьей – на 36 отн.%. Учитывая тот факт, что повышенное содержание ментофурана является нежелательным при оценке качества эфирного масла мяты перечной для отдельных отраслей промышленности, то с этой позиции интересуют его минимальные значения, полученные в вариантах опыта с применением препарата. Таковыми являются значения содержания ментофурана в 2012 году в вариантах опыта с применением первой и второй доз дифлюфеникана, и в 2015 году в варианте с применением третьей дозы.

В вариантах опыта с применением препарата максимальное содержание ментона отмечалось во второй год эксперимента: в первой дозе – на 5 отн.% больше значений контрольного варианта в этот же год, а во второй и третьей дозах больше на 14 и 17 отн.% соответственно.

Интересным с нашей точки зрения фактом является накопление наиболее ценного в эфирном масле мяты перечной компонента – общего ментола. Так, на третий год выращивания, при достаточно высоких показателях процентного содержания пулегона в эфирном масле, содержание общего ментола в этот год проведения опыта было самым минимальным за все годы исследований. Ранее отмечалось, что максимальное содержание ментофурана было в 2014 году. На пути биосинтеза монотерпеноидов пулегон является общим предшественником для ментофурана, ментона и общего ментола. При полученных высоких содержаниях пулегона и ментофурана и низких при этом содержаниях ментона и общего ментола мы можем предположить, что, по-видимому, климатические условия 2014 года способствовали усилению действия именно фермента синтеза ментофурана - ментофурансинтазы, что приводило к повышенному накоплению ментофурана в эфирном масле мяты перечной в этот год.

Максимальное процентное содержание общего ментола в эфирном масле контрольного варианта было получено на четвертый год выращивания культуры и оно превышало минимально полученное содержание общего ментола за все годы выращивания практически в два раза. Четвертый год эксперимента также показал самые высокие значения по содержанию общего ментола и в вариантах с использованием препарата. Так, применение первой дозы дифлюфеникана увеличило содержание общего ментола относительно контроля на 7 отн.%, второй – на 5 отн.%, а третьей – на 9 отн.%.

Высокое содержание общего ментола в 2015 году напрямую зависело от содержания в эфирном масле собственно ментола в этот год, содержание которого показывает аналогичную картину по всем вариантам опыта.

Наиболее сбалансированным составом по каждому из рассмотренных нами компонентов эфирного масла мяты перечной сорта Чернолистная будет являться масло в последний пятый год выращивания культуры при использовании первой дозы дифлюфеникана – при высоком содержании ментола, низком содержании ментофурана и оптимальном содержании остальных компонентов.

Наиболее качественным по компонентному составу эфирного масла мяты перечной сорта Чернолистная для парфюмерной и пищевой отраслей промышленности будет являться эфирное масло, полученное в четвертый год выращивания культуры с использованием третьей дозы дифлюфеникана. Также использование дифлюфеникана в третьей дозе на четвертый год выращивания мяты перечной способствует получению максимального суммарного количества спиртов и ацетатов при самом низком суммарном содержании кетонов в масле. Самое высокое суммарное содержание кетонов наблюдается во всех вариантах опыта с применением препарата на третий год выращивания, однако максимальное содержание ментона, наиболее важного из класса кетонов в эфирном масле мяты перечной, отмечалось во второй год проведения эксперимента с применением третьей дозы дифлюфеникана. По высокому суммарному содержанию углеводов наиболее эффективной остается применение дифлюфеникана во второй дозе на второй год произрастания мяты перечной.

Сравнивая полученные данные по урожайности и сбору эфирного масла мяты перечной сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная, а также данные по качественному и количественному составу их эфирных масел можно заключить, что в целом в условиях Московской области выращивание культуры мяты перечной ограничивают тремя годами из-за дальнейшего падения биопродуктивности растений, что мы и видим на всех сортах - либо падение урожайности к четвертому, 2015 году, либо в целом вырождение культуры.

Сравнивая полученные данные по урожайности и сбору эфирного масла мяты перечной сортов Краснодарская 2, Янтарная и Чернолистная в контрольном варианте за три и пять лет, а также данные по качественному и количественному составу их эфирных масел можно заключить, что в целом в условиях Московской области выращивание культуры мяты перечной ограничивают тремя годами из-за дальнейшего падения биопродуктивности растений.

Климатические условия 2014 года привели к стрессу растений, следствием чего стала ответная реакция в 2015 году. Мята перечная аккумулировала

максимально генетически детерминированное количество пахучих веществ, которое эфиромасличные культуры накапливают для усиленного привлечения насекомых-опылителей и для отпугивания насекомых-вредителей с целью распространения своего генетического материала и выживания соответственно.

Описанные ответные реакции на стресс отличаются сортоспецифичностью. Так у сорта мяты перечной Краснодарская 2 именно в 2015 году наблюдается большее количество ацетатов, которые и являются одними из основных ароматических компонентов эфирных масел мяты перечной и в целом ее запаха. В 2016 году содержание этой группы веществ уже значительно меньше, что объясняется падением общей биопродуктивности сорта. В то время как остальные сорта Янтарная и Чернолистная в следующие два года после стресса показали максимальное содержание ацетатов при снижении содержания ментона, их предшественника в цепи биосинтеза.

Заключение

Эфирное масло мяты перечной обладает богатым ресурсным потенциалом и широким спектром биологически активных соединений, представляющих интерес для различных областей народного хозяйства. Важным фактором для получения высокой урожайности и выхода эфирного масла с минимальной площади возделывания культуры является обоснованное применение средств химизации, биологизации, современных пестицидов и внедрение новых технологий возделывания мяты для регулирования химического состава и питательной ценности получаемой продукции.

В результате выполненной работы были сделаны следующие выводы:

1. В условиях Центрального региона Нечерноземной зоны Российской Федерации возделывать мяту перечную сорта Янтарная как многолетнюю культуру с целью получения урожайности воздушно-сухого листа 1,60-1,61 т/га и сбора эфирного масла 50,2-55,7 кг/га возможно как в течение трех, так и в течение пяти лет при ежегодном применении препарата на основе дифлюфеникана однократно в период цветения культуры в дозе 0,0001 г/м² по д.в.
2. Сорт Краснодарская 2 в целях использования на аптечный лист и эфирное масло целесообразно выращивать в течение трех лет с применением препарата на основе дифлюфеникана ежегодно однократно в период цветения культуры в дозе 0,001 г/м² по д.в.
3. Для сорта Чернолистная использование препарата на основе дифлюфеникана в целях увеличения урожайности культуры и выхода эфирного масла нецелесообразно.
4. Для выращивания культуры мяты перечной с целью дальнейшего использования отдельных компонентов эфирного масла в пищевой и парфюмерной промышленности необходимо обрабатывать растения мяты перечной сорта Краснодарская 2 дифлюфениканом в дозе 0,01 г/м² во второй год вегетации культуры; сорт Янтарная в дозе 0,001 или 0,01 г/м² на пятый год выращивания; сорт Чернолистная – 0,0001 г/м² на четвертый.

5. Для увеличения содержания ментона на 5% и получения его на уровне 43,77% от общего количества эфирного масла и дальнейшего использования в химической промышленности при синтезе органических соединений следует обрабатывать растения мяты сорта Краснодарская 2 первого года с применением дифлюфеникана в дозе 0,0001 г/м².

6. Для получения ментона на уровне 27-28% (сорт Янтарная) и 36-37% (сорт Чернолистная) следует применять препарат в дозе 0,0001 г/м² по д.в. в первый и второй год вегетации соответственно.

7. Для разноцелевого использования мяты перечной и получения универсального компонентного состава эфирного масла на территории Московской области рекомендуется проводить обработку растений сорта Янтарная дифлюфениканом в дозе 0,0001 г/м² на четвертый год выращивания; а сорта Чернолистная пятого года и Краснодарская 2 третьего – в дозе 0,01 г/м².

Список сокращений и условных обозначений

ЭМ	эфирное масло
DMAPP	диметилаллилпирофосфат
IPP	изопентенилпирофосфат
S _N 1	нуклеофильное замещение
GPP	геранилпирофосфат
FPP	фарнезилпирофосфат
GPPS	геранилдифосфатсинтаза
LS	лимоненсинтаза
L3OH	(-)-лимонен-3-гидроксилаза
iPD	изопиперитенолдегидрогеназа
iPR	изопиперитенонредуктаза
iPI	изопулегонизомераза
PR	пулегонредуктаза
MR	ментонредуктаза
MFS	ментофурансинтаза
DOXPS	1-дезоксид-3-ксилулозо-5-фосфатсинтаза
CTP	цитидинтрифосфатом
ТПГ	триптофангидроксилаза
ССС	хлорхолинхлорид
АБК	абсцизовая кислота
ГКЗ	гиббереллиновая кислота

Список использованной литературы

1. Агрорекомендации по возделыванию мяты перечной / М.: ВИЛАР, 2016. – 21 с.
2. Алистер Гранд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cropscience.bayer.ru/product/alister-grand> – Дата обращения 06.02.2023.
3. Андрианов, К.В. Динамика накопления эфирного масла в листьях распространенных сортов мяты перечной / К.В. Андрианов, Ю.А. Федченкова, О.П. Хворост // Управление, экономика и обеспечение качества в фармации. – 2014. – №5(37). – С.16–18.
4. Бадалян, С.М. Исследование природных противогрибковых средств растительного происхождения / С.М. Бадалян, А.В. Топчян // Успехи медицинской микологии. – 2003. – Т.1. – С. 88–89.
5. Баскаев, И.Р. Влияние применения минеральных удобрений на урожайность мяты перечной (*Mentha piperita*) и содержание эфирных масел в лесостепной зоне РСО–Алания / И.Р. Баскаев // Научные труды студентов Горского государственного аграрного университета "Студенческая наука – агропромышленному комплексу": Сборник научных трудов, Владикавказ, 16 марта 2022 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2022. – С. 65–67.
6. Башилов, А.В. Скрининг бактерицидной активности экстрактов таволги вязолистной, пятилитника кустарникового, мяты перечной и камелии китайской / А.В. Башилов, Е.В. Мурылева, И.А. Линник, А.Г. Шутова, Ж.Э. Мазец // В книге: Биологически активные вещества растений – изучение и использование. Материалы международной научной конференции. – Москва, 2013. – С. 74–75.
7. Белкина, С.В. Влияние минеральных удобрений на урожайность мяты перечной / С.В. Белкина, Н.С. Ющенко // Плодородие. – 2007. – №1(34). – С. 11–12.
8. Беляев, А.Г. Изучения возможности использования продуктов лекарственных растений – кипрея узколистного и мяты перечной в технологии

производства пряничных изделий / А.Г. Беляев, Е.И. Быковская, Е.Д. Ткачева, А.Г. Зуева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – №3. – С. 8–16.

9. Бобизода, Г.М. Биологические и физико–химические свойства композиции на основе суммарных экстрактов подорожника большого (*Plantago major* L.), мяты перечной (*Mentha piperita* L.) и препарата Тимогара / Г.М. Бобизода, У.М. Хусейнов // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2017. – №4 (199). – С. 41–47.

10. Бугаенко, Л.А. Генетические и биотехнологические аспекты уточнения путей биосинтеза монотерпеноидов у мяты / Л.А. Бугаенко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2010. – Т.23. – №4. – С. 62.

11. Бугаенко, Л.А. Исторические аспекты селекции мяты / Л.А. Бугаенко // Ученый XXI века. – 2015а. – № 9–10 (10–11). – С. 3–7.

12. Бугаенко, Л.А. Особенности размножения мяты / Л.А. Бугаенко // Актуальная биотехнология. – 2015б. – №1 (12). – С. 18–24.

13. Воронина, Е.П. Новые ароматические растения для Нечерноземья / Е.П. Воронина, Ю.Н. Горбунов, Е.О. Горбунова. – Москва: Наука, 2001. – 173 с.

14. Гагиева, Л.Ч. Содержание некоторых биологически активных веществ в мяте длиннолистной, произрастающей в РСО–Алания / Л.Ч. Гагиева, В.М. Купеева // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т.49. – №3. – С. 488–490.

15. Гарифуллина, А.Р. Оценка качества безалкогольного напитка, красный чай "Ройбуш" с добавлением настоя мяты / А.Р. Гарифуллина // Инновационная наука в глобализующемся мире. – 2018. – Т.1. – №1 (5). – С. 30–32.

16. ГОСТ 17082.5–88 Плоды эфирномасличных культур. Промышленное сырье. Методы определения массовой доли эфирного масла. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 25 с.

17. ГОСТ 28605–90 Сырье эфиромасличное цветочно–травянистое. Методы отбора проб. – М.: Стандартинформ, 2005. – 5 с.

18. ГОСТ 31791–2017 Эфирные масла и цветочно–травянистое эфиромасличное сырье. Технические условия (с Поправкой) Официальное издание. – М.: Стандартиформ, 2019. – 21 с.
19. Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gossortrf.ru/> – Дата обращения 06.02.2023.
20. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации, 2023. – 945 с.
21. Дибирова, М.М. Биологическая активность эфирного масла мяты длиннолистной / М.М. Дибирова, Э.Ш. Исмаилов, М.М. Набиев // В сборнике: Неделя науки – 2018. сборник материалов XXXIX итоговой научно–технической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. 2018. – С. 164–166.
22. Дмитриева, В.Л. Мирт обыкновенный *Myrtus communis* L. метод газо–жидкостной хроматографии для определения компонентного состава / В.Л. Дмитриева, Е.Ю. Бакова, Л.Б. Дмитриев, Н.Н. Бакова // В сборнике: Доклады ТСХА. Сборник статей. – 2018. – С. 345–347.
23. Дмитриева, В.Л. Сравнительная характеристика состава эфирного масла коллекции образцов рода *Juniperus* L. / В.Л. Дмитриева, Л.Б. Дмитриев, Д.Н. Коркина // Доклады ТСХА. – 2012. – Вып. 284. – С. 227–230.
24. Дмитриева, В.Л. Зависимость соотношения компонентов в эфирном масле высокоментольных сортов *Mentha piperita* L. от удобрения почвы / В.Л. Дмитриева, Л.Б. Дмитриев, А.И. Морозов, Н.Т. Конон // Доклады ТСХА. – 2011а. – Вып. 283. – С. 366–370.
25. Дмитриева, В.Л. Изменение характера биосинтеза компонентов эфирного масла в онтогенезе монарды лимонной / В.Л. Дмитриева, Е.Л. Маланкина, Л.Б. Дмитриев, С.С. Шаин // Матер. IV Межд. симп. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2001. – Т.3. – С.111–113.

26. Дмитриева, В.Л. Изучение состава эфирных масел эфиромасличных растений Нечернозёмной зоны России / В.Л. Дмитриева, Л.Б. Дмитриев //Изв. ТСХА. – 2011. – Вып.3. – С. 106–119.
27. Дмитриева, В.Л. Исследование возможности экзогенной регуляции состава эфирного масла нетрадиционных для Черноземной зоны России эфиромасличных растений / В.Л. Дмитриева, Л.Б. Дмитриев, С.С. Шаин, Е.Л. Маланкина // Материалы Международной научно–практической конференции «Современные методы адаптивной селекции зерновых и кормовых культур». – 2003. – С. 202–209.
28. Дмитриева, В.Л. Исследование состава эфирного масла нетрадиционных для Нечерноземной зоны России эфиромасличных растений / В.Л. Дмитриева// Сб. науч. тр. ВНИИЛАР (ВИЛАР) Лекарственное растениеводство. М., 2000. – С. 370–376.
29. Дмитриева, В.Л. Окультуривание дерново–подзолистой почвы как метод влияния на соотношение компонентов эфирного масла низкоментольных сортов *Mentha piperita* L. / В.Л. Дмитриева, Л.Б. Дмитриев, А.И. Морозов, Н.Т. Конон // Доклады ТСХА. – 2011б. – Вып. 283. – С. 370–375.
30. Дмитриева, В.Л. Экзогенная регуляция биопродуктивности в онтогенезе *Monarda didyma* L. в условиях Московской области / В.Л. Дмитриева, Е.Л. Маланкина, Л.Б. Дмитриев, С.С. Шаин // Матер. 3–го Междунар. симп. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их практического использования. – Пушкино, 21–25 июня 1999. – Т.II. С.53–55.
31. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов) / Б.А. Доспехов – 6–е изд., стереотип. – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
32. Живчиков, А.И. Особенности выращивания мяты перечной на Дальнем Востоке / А.И. Живчиков, Р.И. Живчикова // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – №2(54). – С. 5–14.
33. Жоглова, К.Н. Морфолого–анатомический анализ сырья мяты перечной (*Mentha piperita* L.) семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) / К.Н. Жоглова,

- О.С. Половецкая, М.Б. Никишина, Е.В. Иванова // Вестник современных исследований. – 2018. – №12.1(27). – С. 339–341.
34. Журба, О.В. Лекарственные, ядовитые и вредные растения / О.В. Журба, М.Я. Дмитриев. – М.: Колос, 2006. – 510 с.
35. Захарычев, В.В. Гербициды и регуляторы роста растений / В.В. Захарычев. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. – 203 с.
36. Захарычев, В.В. Фитогормоны, их аналоги и антагонисты в качестве гербицидов и регуляторов роста растений / В.В. Захарычев. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1999. – 56 с.
37. Казакова, М.А. Морфолого–анатомический анализ корневищ мяты перечной *Mentha piperita* L. / М.А. Казакова, В.М. Рыжов, Л.В. Тарасенко // Фармацевтическая ботаника: современность и перспективы: Сборник материалов IV Межвузовской научно–практической конференции, посвященной 100–летию Самарского государственного медицинского университета, Самара, 28 сентября 2019 года / Под редакцией В.А. Куркина. – Самара: Самарский государственный медицинский университет, 2019. – С. 185–191.
38. Капустин, М.А. Влияние гербицидов на качество получаемого фармацевтического сырья / М.А. Капустин, А.С. Чубарова, Е.А. Якимович, // Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем: материалы Международной научной конференции и Двенадцатого съезда Белорусского общественного объединения фотобиологов и биофизиков, Минск, 28–30 июня 2016 г. / редкол.: И.Д. Вологовский [и др.]. – В 2 ч. Ч. 1. – Минск: Изд. центр БГУ, 2016. – С. 290–293.
39. Карпук, В.В. Фармакогностическая характеристика мяты полевой (*Mentha arvensis* L.) / В.В. Карпук, И.М. Алейник // В сборнике: Ботаника (исследования). сборник научных трудов. Национальная академия наук Беларуси, Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича. Минск, 2016. – С. 324–335.
40. Князюк, О.В. Влияние сроков высадки рассады и ширины междурядий на формирование продуктивности мяты перечной / О.В. Князюк, В.В. Козак // Агробиология. – 2017. – №1 (131). – С. 156–160.

41. Козловская, Л.Н. Особенности железистого аппарата некоторых сортов мяты перечной (*Mentha piperita* L.) / Л.Н. Козловская // Доклады ТСХА. – 2015. – С. 140–143.
42. Кондратенко, Л.Н. О терапевтических и промышленных свойствах мяты перечной и эвкалипта / Л.Н. Кондратенко, О.В. Велигура // В сборнике: Безопасность и качество товаров. Материалы XIV Международной научно–практической конференции. – Москва, 2020. – С. 112–116.
43. Кондратьева, В.В. Физиолого–биохимические аспекты влияния света различного спектрального состава на растения мяты / В.В. Кондратьева, О.В. Шелепова, Т.В. Воронкова, О.Л. Енина, Л.С. Олехнович // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: Материалы Международной конференции, посвященной 80–летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. В 2–х частях, Минск, Беларусь, 19–22 июня 2012 года / Редколлегия: В.В. Титок [и др.]. Том Часть 2. – Минск, Беларусь: Конфидо, 2012. – С. 94–97.
44. Кондратюк, Т.А. Ценность и использование мяты перечной / Т.А. Кондратюк, Ю.А. Непомнящих, А.В. Кузнецова // В сборнике: Современные проблемы экологии и питания. Сборник статей по материалам Межрегиональной научно–практической конференции. – 2012. – С. 29–32.
45. Коренская, И.М. Сравнительное фармакогностическое изучение некоторых видов рода *Mentha* (*Lamiaceae*) / И.М. Коренская, Ю.Н. Чурилова, И.Е. Измалкова // Современные аспекты использования растительного сырья и сырья природного происхождения в медицине: V научно–практическая конференция, Москва, 15 марта 2017 года / под редакцией И.А. Самылиной, А.Н. Луферова, Институт фармации и трансляционной медицины, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации. – Москва: Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), 2017. – С. 128–131.

46. Курилов, Д.В. Компонентный состав эфирного масла интродуцируемых форм мяты, относящихся к видам *Mentha piperita* и *Mentha arvensis* / Д.В. Курилов, Е.Б. Кириченко, Г.Ф. Бидюкова, Л.С. Олехнович, Кы Лыу Дам // Докл. АН/РАН – 2009. – Т.429. – №4. – С. 568–570.
47. Куртсеитова, Э.Э. Влияние антропогенного загрязнения на содержание и состав эфирного масла дикорастущих мят *M. longifolia* / Э.Э. Куртсеитова // Ученые записки Крымского инженерно–педагогического университета. Серия: Биологические науки. – 2020. – №1. – С. 28–32.
48. Кухарева, Л.В. Влияние погодных условий на биохимический состав мяты перечной сорта Очарование / Л.В. Кухарева, В.А. Игнатенко, Т.В. Гиль, А.А. Кот // Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные проблемы: Материалы международной конференции; Йошкар–Ола, 10–14 августа 2009. Йошкар–Ола: Марийский Государственный технический университет, 2009. – С.330–333.
49. Лапин, А.А. Исследование антиоксидантной активности различных сортов мяты перечной / А.А. Лапин, А.И. Морозов, Н.Т. Конон, В.Н. Зеленков // В сборнике: Нетрадиционные природные ресурсы, инновационные технологии и продукты. Сборник научных трудов. Под общей редакцией В.Н. Зеленкова. Москва, 2011. – С. 71–73.
50. Лиханова, Н.В. Клональное микроразмножение мяты полевой в культуре *in vitro* / Н.В. Лиханова // Научный альманах. – 2020. – № 4–1(66). С. 139–142.
51. Логвиненко, Л.А. Ароматические растения семейства *Lamiaceae* для фитотерапии / Л.А. Логвиненко, Л.А. Хлыпенко, Н.В. Марко // Фармация и фармакология. – 2016. – Т.4. – №4. – С. 34–47.
52. Лыков, И.Н. Исследование противогрибковой активности действия эфирных масел / И.Н. Лыков // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 51–6. – С. 17–20. DOI 10.18411/lj-06-2019-126.
53. Маланкина, Е.Л. Агробиологическое обоснование повышения продуктивности эфиромасличных растений из семейства Яснотковые (*Lamiaceae*

L.) в Нечерноземной зоне России: дис.... д-ра с-х наук: 06.01.13 / Елена Львовна Маланкина. – М, 2007. – 343 с.

54. Маланкина, Е.Л. Влияние регуляторов роста на накопление эфирного масла в урожае иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis* L.) / Е.Л. Маланкина, С.С. Шаин, Л.Б. Дмитриев, В.Л. Дмитриева // Материалы Международной научной конференции «Актуальные вопросы ботаники и физиологии растений». – Саранск, 2004. – С. 153–153.

55. Морозов, А.И. Влияние норм посадочного материала на продуктивность сортов мяты перечной / А.И. Морозов // В сборнике: Биологизация адаптивно-ландшафтной системы земледелия–основа повышения плодородия почвы, роста продуктивности сельскохозяйственных культур и сохранения экологии окружающей среды. – 2012а. – С. 311–319.

56. Морозов, А.И. Исходный материал для селекции мяты и хозяйственная ценность сортов разного целевого назначения / А.И. Морозов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012б. – Т.31. – №2. – С. 78–85.

57. Морозов, А.И. Новый сорт мяты ароматная для возделывания на аптечный лист / А.И. Морозов, Н.С. Дмитрачкова, О.А. Быкова // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2012а. – №7. – С. 21–23.

58. Морозов, А.И. Эффективность регулятора роста Циркон на мяте перечной в условиях Московской области / А.И. Морозов, Г.П. Пушкина, Л.М. Бушковская // В сборнике: Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений. Материалы Международной научно-методической конференции, посвященной 130-летию со дня рождения С.И. Жегалова и 80-летию со дня создания лаборатории физиологии и биохимии растений ВНИИССОК. Москва, 2011. – С. 266–267.

59. Морозов, А.И. Агробиологические основы сортовой технологии возделывания мяты перечной (*Mentha piperita* L.) в Нечерноземной зоне России: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.06 / Морозов Александр Иванович. – Верея, 2013а. – 295 с.

60. Морозов, А.И. Влияние окультуривания дерново–подзолистой почвы на формирование эфирного масла *Mentha piperita* L. / А.И. Морозов, В.Л. Дмитриева, Л.Б. Дмитриев // Бутлеровские сообщения. – 2012б. – Т.29. – №3. – С. 149–151.
61. Морозов, А.И. Влияние окультуривания почвы на продуктивные свойства мяты перечной. В сборнике: Эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / А.И. Морозов // Материалы 46–й Международной научной конференции молодых ученых, докторантов, аспирантов и соискателей ученых степеней доктора и кандидата наук. Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно–исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии. – Москва, 2012в. – С. 138–141.
62. Морозов, А.И. Влияние органоминерального удобрения Биоплант флора на рост, развитие и урожайность мяты перечной / А.И. Морозов // В сборнике: Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции овощных, плодово–ягодных и лекарственных растений. Материалы Международной научно–методической конференции, посвященной 130–летию со дня рождения С.И. Жегалова и 80–летию со дня создания лаборатории физиологии и биохимии растений ВНИИССОК. – Москва, 2011а. – С. 262–265.
63. Морозов, А.И. Влияние органо–минеральных удобрений и извести на продуктивность различных сортов мяты перечной / А.И. Морозов, В.Б. Загуменников, Д.И. Семенихин // Агрохимия. – 2012в. – № 11. – С. 28–33.
64. Морозов, А.И. Влияние регулятора роста Циркон на адаптивность сортов мяты перечной к нестабильным погодным условиям Нечерноземной зоны России / А.И. Морозов // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011б. – Т.28. – №2. – С. 83–89.
65. Морозов, А.И. Исследования антиоксидантной активности сортов мяты перечной / А.И. Морозов // В сборнике: От растения к препарату: традиции и современность. Сборник научных трудов Всероссийской конференции с международным участием посвященной 95–летию со дня рождения профессора

Алексея Ивановича Шретера. Общая редакция: Сидельников Н.И., ответственный редактор: Зайко Л.Н. – Москва, 2014. – С. 95–97.

66. Морозов, А.И. Мята перечная: сорта и технология возделывания в Нечерноземной зоне России / А.И. Морозов – Москва: Де’Либри, 2019 – 206 с.

67. Морозов, А.И. Особенности размножения сортов *Mentha piperita* L. отрезками корневищ / А.И. Морозов // Агро XXI. – 2011в. – № 7–9. – С. 39–41.

68. Морозов, А.И. Отзывчивость различных сортов мяты перечной к внесению минеральных удобрений / А.И. Морозов, Н.Т. Конон, В.Б. Загуменников // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы VIII Международного симпозиума, Москва, 22–26 июня 2009 года. Том 2. – Москва: Российский университет дружбы народов, 2009. – С. 462–464.

69. Морозов, А.И. Применение органоминеральных и микроудобрений для повышения продуктивности эфиромасличных культур / А.И. Морозов, Р.Р. Тхаганов, Н.С. Тропина, В.Р. Тхаганов, А.Ю. Аникина // Масличные культуры. – 2020. – № 4(184). – С. 45–51. DOI 10.25230/2412–608X–2020–4–184–45–51.

70. Морозов, А.И. Продуктивность мяты перечной в зависимости от окультуривания почвы / А.И. Морозов // В сборнике: Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. материалы X Международного симпозиума. М.: ВИЛАР, 2013б. – С. 213–216.

71. Морозов, А.И. Пути повышения сбора эфирного масла различных сортов мяты перечной в условиях Нечерноземной зоны РФ / А.И. Морозов, Г.П. Пушкина // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2012. – №1. С. 53–57.

72. Морозов, А.И. Сортная продуктивность корневищ мяты перечной при внесении удобрений и извести / А.И. Морозов // Овощи России. – 2011г. – №2 (11). – С. 33–35.

73. Морозов, А.И. Элементы сортной технологии возделывания *Mentha Piperita* L. для центральных районов Нечерноземной зоны России / А.И. Морозов,

- В.А. Быков // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2012. – № 9. – С. 3–12.
74. Морозов, С.В. Проблемы комплексного химического профилирования лекарственных растений / С.В. Морозов, Н.И. Ткачева, А.В. Ткачев // Химия растительного сырья. – 2018. – №4. – С. 5–28.
75. Муромцев, Т.С. Регуляторы роста растений микробного происхождения / Т.С. Муромцев, Н.М. Герасимова, Н.С. Кобрина // Успехи микробиологии. – 1984. – Т.19. – С. 106–135.
76. Орел, Т.И. Влияние удобрений на рост и продуктивность эфиромасличных и лекарственных растений в Крыму / Т.И. Орел // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2018а. – №128. – С. 70–76. DOI 10.25684/NBG.boolt.128.2018.09.
77. Орел, Т.И. Эффективность применения удобрений для эфиромасличных и лекарственных растений Крыма / Т.И. Орел // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах: Сборник научных трудов по материалам Международной научно–практической конференции приуроченной к 65–летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ, Ставрополь, 04–05 октября 2018 года. – Ставрополь: Общество с ограниченной ответственностью "СЕКВОЙЯ", 2018б. – С. 94–97.
78. Орлова, Л.М. Листовая диагностика мяты / Л.М. Орлова // Масличные культуры. – 1985. – Т.3. – С. 38.
79. 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. – 2017а. – № 4(65). – С. 49–54.
80. Паштецкий, В.С. История, современное состояние и перспективы развития эфиромасличной отрасли / В.С. Паштецкий, Н.В. Невкрытая, А.В. Мишнев // Аграрный вестник Урала. – 2017б. – №11(165). – С. 7.

81. Племенков, В.В. Медико–биологические свойства и перспективы терпеноидов (изопреноидов) / В.В. Племенков, О.А. Тевс // Химия растительного сырья. – 2014. – №. 4. – С. 5–20.
82. Племенков, В.В. Введение в химию природных соединений / В.В. Племенков. – Казань: 2001. – 376 с.
83. Плугатарь, Ю.В. Итоги и направления селекции ароматических и лекарственных растений в Никитском ботаническом саду / Ю.В. Плугатарь, О.М. Шевчук // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – №130. – С. 9–17.
84. Плугатарь, Ю.В. Компонентный состав эфирного масла в листьях *Citrus limon* (L.) Osbeck при выращивании в разных условиях / Ю.В. Плугатарь, О.М. Шевчук, С.А. Феськов, И.А. Федотова, Ф.Т. Тарба, В.Д. Лейба // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2019. – №70. – С. 167–177.
85. Полевой, В.В. Гормональная регуляция прорастания семян / В.В. Полевой, С.М. Щипарев, О.В. Москалева // Физиология семян: формирование, прорастание, прикладные аспекты: по материалам Всесоюзного симпозиума "Физиология семян", Душанбе, 10–14 октября 1990 года / Ответственный редактор Х.Х. Каримов. – Душанбе: Дониш, 1990. – С. 119–130.
86. Полевой, В.В. Фитогормоны / В.В. Полевой. – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1982. – 248 с.
87. Попов, С.Я. Основы химической защиты растений / С.Я. Попов, Л.А. Дорожкина, В.А. Калинин. – М.: Арт–Лион, 2003. – С. 280.
88. Почуев, П.В. Стратегии использования регуляторов роста для повышения продуктивности кориандра посевного (*Coriandrum sativum* L.) / П.В. Почуев, Е.Л. Маланкина // В сборнике: Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. сборник научных трудов по материалам XIII Международного симпозиума, 2019. – С. 6–8.
89. Пояркова, Н.М. Мята перечная (*Méntha piperíta* L.) – важнейшее эфирномасличное растение / Н.М. Пояркова, В.В. Чулкова, С.Е. Сапарклычева // Вестник биотехнологии. – 2020. – №1 (22). – С. 12.

90. Прокофьев, П.А. Народохозяйственное значение и выращивание мяты / П.А. Прокофьев, Н.Ю. Степанова // В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Материалы международной научно–практической конференции профессорско–преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАУ. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; СПб: Санкт–Петербургский государственный аграрный университет, 2013. – С. 530–532.
91. Проскурина, М.А. Влияние регуляторов роста на биометрические показатели мяты перечной / М.А. Проскурина // Столица науки. – 2019. – №6(11). – С. 39–44.
92. Пухов, А.А. Эфирные масла с антимикробными и противовирусными свойствами для медицинской практики / А.А. Пухов // Поликлиника. – 2002. – №1. – С. 76–79.
93. Пятунина, О.И. Исследование антибактериальной активности растительных экстрактов (на примере душицы обыкновенной и мяты перечной) / О.И. Пятунина, Я.Д. Пальвинская, Н.А. Щербакова // В сборнике: Лучшая молодежная исследовательская группа 2020. Сборник статей Международного научно–исследовательского конкурса, Петрозаводск: 2020. – С. 189–194.
94. Райкова, С.В. Антимикробная активность эфирного масла мяты перечной (*Mentha piperita* L.) / С.В. Райкова, А.Г. Голиков, Г.М. Шуб, Н.А. Дурнова, О.Г. Шаповал, А.Ю. Рахметова // Саратовский научно–медицинский журнал. – 2011. – Т.7. – №4. – С. 787–790.
95. Результаты государственного сортоиспытания мяты ментольной за 1978–1983 гг. М., 1985. – 19 с.
96. Родов, В.С. Биосинтез терпеноидов в культуре клеток ментолсинтезирующих мят: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. / Виктор Семенович Родов. – М.: РГБ, 2006. – 192 с.
97. Савченко, О.М. Экзогенные способы повышения содержания эфирного масла в сырье мяты длиннолистной / О.М. Савченко // В сборнике: II Международная научная конференция "Роль метаболомики в совершенствовании

биотехнологических средств производства" по направлению "Метаболомика и качество жизни". – 2019. – С. 359–364.

98. Савченко, О.М. Применение органоминеральных удобрений и ретарданта Харди для повышения урожайности мяты длиннолистной / О.М. Савченко, С.И. Ромашкина // В сборнике: Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки масличных и других технических культур. Сборник материалов 10-й всероссийской конференции с международным участием молодых учёных и специалистов. 2019. – С. 160–163.

99. Савченко, О.М. Железистый аппарат сортов мяты перечной (*Mentha piperita* L.) селекции ВИЛАР. / О.М. Савченко, М.Ю. Грязнов, С.А. Тоцкая, А.И. Морозов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 6 (147). – С. 16–21.

100. Саенко, Г.М. Болезни мяты в условиях Западного Предкавказья / Г.М. Саенко, Т.П. Шуваева, И.В. Гайтотина // В сборнике: Растениеводство и луговодство. Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. – 2020. – С. 64–67.

101. Сидакова, Т.М. Сезонная динамика накопления эфирного масла в надземной части мяты длиннолистной (*Mentha longifolia* L.) / Т.М. Сидакова, О.И. Попова // Химия растительного сырья. – 2011. – №1. – С. 189–190.

102. Сидельников, Н.И. Экзогенная биорегуляция продуктивности лекарственных растений / Н.И. Сидельников. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений", 2016. – 215 с.

103. Соловьева, Н.А. Применение эфиромасличной продукции в медицине на примере подсолнечника однолетнего и мяты перечной / Н.А. Соловьева, М.З. Юсупова // В сборнике: Безопасность и качество товаров. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. Под редакцией С.А. Богатырева. – 2020. – С. 192–196.

104. Сушкова, Л.О. Генетические особенности мяты перечной и экзогенная мобилизация ее адаптивного потенциала / Л.О. Сушкова // В сборнике: II

Международная научная конференция "Роль метаболомики в совершенствовании биотехнологических средств производства" по направлению "Метаболомика и качество жизни". – 2019. – С. 368–370.

105. Сушкова, Л.О. Изучение экзогенного влияния стимуляторов на обменные процессы терпеноидов мяты перечной / Л.О. Сушкова, Л.Б. Дмитриев, В.А. Литвинский, В.Л. Дмитриева // Перспективы лекарственного растениеводства: Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Алексея Ивановича Шретера, Москва, 01–02 ноября 2018 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений", 2018. – С. 64–69.

106. Сушкова, Л.О. Сравнительная характеристика компонентного состава эфирных масел мяты перечной в зависимости от стадии вегетации / Л.О. Сушкова, В.А. Литвинский // В сборнике: Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина. М.: ТСХА, 2018. – С. 723–727.

107. Сушкова, Л.О. Экологическая безопасность мяты перечной при выращивании на дерново-подзолистой почве в Московской области / Л.О. Сушкова, С.Л. Белопухов, Л.В. Дмитриев, В.Л. Дмитриева, К.П. Хайдуков, И.Г. Шайхиев // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т.19. – № 16. – С. 158–161.

108. Таланкова-Середа, Т.Е. Клональное микроразмножение сортов мяты перечной (*Mentha piperita* L.) украинской селекции / Т.Е. Таланкова-Середа, Ю.В. Коломиец, И.П. Григорюк // Plant Varieties Studying and Protection. – 2016. – № 2 (31). – С. 50–56.

109. Терехин, А.А. Технология возделывания лекарственных растений: Учеб. пособие / А.А. Терехин, В.В. Вандышев. – М.: РУДН, 2008. – 201 с.

110. Ткачев, А.В. Проблемы качественного и количественного анализа летучих веществ растений / А.В. Ткачев // Химия растительного сырья. – 2017. – №3. – С. 5–37.
111. Ториков, В.Е. Технология возделывания и использования лекарственных растений / В.Е. Ториков, И.И. Мешков; под общ. ред. В.Е. Торикова. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 283 с.
112. Тропина, Н.С. Инновационные технологии возделывания мяты перечной (*Mentha piperita* L.) в условиях Западного Предкавказья / Н.С. Тропина, Г.П. Пушкина // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2017. – № S12. – С. 254–256.
113. Тропина, Н.С. Микроудобрения и регуляторы роста в технологии защиты мяты перечной от сорной растительности в условиях западного Предкавказья. / Н.С. Тропина, Н.И. Сидельников, О.А. Быкова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – №4 (176). – С. 132–136.
114. Тхаганов, Р.Р. Разработка приемов получения высоких урожаев эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) в условиях западного Предкавказья / Р.Р. Тхаганов, Н.И. Сидельников, О.А. Быкова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – №132. – С. 142–149.
115. Уранов, И.О. Изучение антиоксидантной активности растительного сырья мяты перечной, интродуцированной в Астраханской области / И.О. Уранов, Д.Р. Зайнутдинов // В сборнике: Техноконгресс. Сборник статей XIV Международной заочной естественнонаучной конференции. – 2017. – С. 13–14.
116. Хамдамов, И.Х. Разработка эффективной, экологически чистой агротехнологии производства мяты перечной в условиях Зарафшанской долины / И.Х. Хамдамов, А. Раббимов, Г.Б. Вафакулова, О.В. Семенова // В сборнике: Формирование и развитие сельскохозяйственной науки в XXI веке. Сборник научных статей. – 2016. – С. 315–322.

117. Хуснидинов, Ш.К. Интродукция мяты перечной (*Mentha piperita* L.) и мяты курчавой (*Mentha crispa* L.) в Прибайкалье / Ш.К. Хуснидинов, М.А. Галёмина, О.А. Белых // Успехи современного естествознания. – 2015. – №6. – С. 137–140.
118. Черкашина, Е.В. Особенности землеустройства сельскохозяйственных предприятий эфиромасличной специализации / Е.В. Черкашина // Масличные культуры. Научно–технический бюллетень Всероссийского научно–исследовательского института масличных культур. – 2014. – №1(157–158). – С. 99–103.
119. Шаин, С.С. Биорегуляция продуктивности лекарственных и эфиромасличных растений / С.С. Шаин // Лекарственное растениеводство. Сборник научных трудов, посвященный 70–летию ВИЛАР. – М.: ВИЛАР, 2000. – 228 с.
120. Шаин, С.С. Биорегуляция продуктивности растений / С.С. Шаин; под редакцией В.А. Быкова // Всероссийский научно–исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии РАСХН. – Красногорск: Оверлей, 2005. – 228 с.
121. Шаин, С.С. Гормональная регуляция биопродуктивности в онтогенезе эфиромасличных растений: мята перечная, змееголовник молдавский, монарда двойчатая / С.С. Шаин, Б.П. Курапов, Е.Л. Маланкина, В.Л. Дмитриева // В сб. Биотехнология / Под ред. Шевелухи В.С. М., 2000а. – Вып.1. – С. 179–195.
122. Шаин, С.С. Гормональная регуляция биопродуктивности в онтогенезе эфиромасличных растений / С.С. Шаин, Е.Л. Маланкина, В.Л. Дмитриева, Л.Б. Дмитриев, П.Б. Курапов // Биомедицинские технологии. – 2000б. – Вып.15. – С. 6–20.
123. Шаин, С.С. Изменение содержания эфирного масла в листьях мяты перечной (*Mentha piperita* L.) и его компонентного состава под влиянием стрессовых факторов / С.С. Шаин, Л.Б. Дмитриев, А.И. Денисенкова, Г.К. Кузнецова, Л.Е. Иванова // Известия ТСХА. – 1989. – Вып.1. – С. 191–196.
124. Шаин, С.С. Концептуальные основы повышения качества сырья эфиромасличных растений / С.С. Шаин, Е.Л. Маланкина, В.Л. Дмитриева,

Л.Б. Дмитриев, П.Б. Курапов // Материалы I Российской научно–практической конференции «Актуальные проблемы инноваций с нетрадиционными растительными ресурсами и создания функциональных продуктов». – М., 2001. – С. 9–11.

125. Шаин, С.С. Концепция экзогенной регуляции продуктивности в онтогенезе культивируемых лекарственных и эфиромасличных растений по содержанию и сбору биологически активных соединений / С.С. Шаин // Тези доповідей IV Міжнародна конференція з медичної ботаніки. – Київ, 1997. – С. 366–368.

126. Шаин, С.С. Некоторые особенности влияния ростиингибирующих эффекторов на накопление эфирного масла и гормональный баланс в онтогенезе змееголовника молдавского (*Dracocephalum moldavica* L.) / С.С. Шаин, Е.Л. Маланкина, В.Л. Дмитриева // Матер. VII Межд. конф. Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье. – Алушта, 1998. – С. 428–429.

127. Шаин, С.С. Основные принципы системного подхода реализации концепции экзогенной регуляции продуктивности в онтогенезе лекарственных и эфиромасличных растений / С.С. Шаин // Материалы международной конференции «Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений», посвященной памяти профессора А.И. Шретера. – М.: ВИЛАР, 2004. – Т.1. – С. 338–340.

128. Шаин, С.С. Регуляторы роста в лекарственном растениеводстве / С.С. Шаин // Материалы II Всесоюзной конференции по регуляторам роста и развития растений. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 98–108.

129. Шаин, С.С. Спорынья / С.С. Шаин, А.И. Шалагина, Ю.А. Руссков, Л.В. Полуденный, Ю.Ф. Мартынов // Вопросы агротехники возделывания лекарственных культур. – М.: ВИЛР, 1978. – Ч.2. – С. 97–109.

130. Шелаева, Н.Ю. Изменчивость и экзогенная регуляция биопродуктивности сортов мяты перечной при интродукции в среднетаежную подзону: дис.... канд. биол. наук: 03.00.05 / Шелаева Надежда Юрьевна. – Сыктывкар, 2000. – 150 с.

131. 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. DOI: 10.14258/jcprm.2018012020
132. Шелепова, О.В. Динамика накопления и состав эфирного масла сортов и гибридов мяты, интродуцированных в средней полосе России / О.В. Шелепова, Е.Б. Кириченко, Г.Ф. Бидюкова, Л.С. Олехнович, Д.В. Курилов, И.М. Смирнова, О.Д. Енина // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 14–1(98). – С. 346–351.
133. Шелепова, О.В. Физиолого–биохимические аспекты длительного воздействия света неизменного спектрального состава на мяту (*Mentha*) / О.В. Шелепова, В.В. Кондратьева, Т.В. Воронкова, Л.С. Олехнович, О.Л. Енина // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2012а. – № 2 (198). – С. 68–73.
134. Шелепова, О.В. Влияние длительного освещения светодиодными панелями на растения мяты сорта Удайчанка / О.В. Шелепова, В.В. Кондратьева, Т.В. Воронкова, Л.С. Олехнович // В сборнике: Дендрология, цветоводство и садово–парковое строительство. Материалы Международной научной конференции, посвященной 200–летию Никитского ботанического сада. – 2012б. – С. 178.
135. Шило, Н.П. Использование генофонда мяты для создания сортов с высокой адаптивностью / Н.П. Шило // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2014. – №6. – С. 31–33.
136. Шишкова, И.А. Землеустройство сельскохозяйственных организаций по производству лекарственных и ароматических растений (на примере Центрального Федерального округа): дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Шишкова Инна Александровна. – Москва, 2007. – 190 с.
137. Шуваева, Т.П. Технология возделывания мяты перечной на Кубани / Т.П. Шуваева, А.П. Бородкина // Масличные культуры. Научно–технический бюллетень Всероссийского научно–исследовательского института масличных культур. – 2013. – №2 (155–156). – С. 102.
138. Шуваева, Т.П. Технология выращивания переходящей мяты второго–третьего года жизни / Т.П. Шуваева, А.П. Бородкина // Масличные культуры.

Научно–технический бюллетень Всероссийского научно–исследовательского института масличных культур. – 2018. – №1(173). – С. 67–70. DOI 10.25230/2412–608X–1–173–67–70.

139. Шульга, Е.Б. Влияние условий возделывания на некоторые морфо–биометрические параметры растений мяты / Е.Б. Шульга, А.В. Мишнев // Симферополь. – 2009. – №. 127. – С. 282.

140. Ярош, А.М. Влияние эфирного масла мяты перечной (*Mentha piperita* L.) ментол–ментон–ментилацетатного хемотипа (сорт Прилуцкая) на психофизиологическое состояние и показатели сердечно–сосудистой системы пожилых людей / А.М. Ярош, В.В. Тонковцева, И.А. Батура, Т.Р. Бекмамбетов, Ф.М. Меликов, Е.С. Коваль, В.В. Беззубчак, М.А. Боркута // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – №130. – С. 18–26.

141. Ярош, А.М. Влияние эфирного масла мяты перечной ментол–ментон–пулегонового хемотипа (сорт Украинская) на психофизиологическое состояние и показатели сердечно–сосудистой системы пожилых людей / А.М. Ярош, В.В. Тонковцева, И.А. Батура, Т.Р. Бекмамбетов, Ф.М. Меликов, Е.С. Коваль, В.В. Беззубчак, Е.Е. Наговская // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – №129. – С. 76–83.

142. Abd–Alla, M.A., Post–harvest treatments for controlling crown rot disease of Williams banana fruits (*Musa acuminata* L.) in Egypt / M.A. Abd–Alla, N.G. El–Gamal, N.S. El–Mougy, M.M. Abdel–Kader // Plant Pathology and Quarantine. – 2014. – Т. 4. – № 1. – С. 1–12.

143. Afkar, S. Changing in the Chemical Composition of the Essential Oils of *Mentha piperita* after MeJA treatment / S. Afkar, G. Karimzadeh // International Journal of Agriculture and Crop Sciences. – 2014. – Т. 7. – № 15. – С. 1493.

144. Altieri, M.A., Nicholls, C.I. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems / M.A. Altieri, C.I. Nicholls // Soil and Tillage Research. – 2003. – Т. 72. – № 2. – С. 203–211.

145. Bassole, I.H.N. Composition and antimicrobial activities of *Lippia multiflora* Moldenke, *Mentha x piperita* L. and *Ocimum basilicum* L. essential oils and their major

- monoterpene alcohols alone and in combination / I.H.N. Bassole, A. Lamien–Meda, B. Bayala, S. Tirogo, C. Franz, J. Novak, R.C. Nebié, M.H. Dicko // *Molecules*. – 2010. – Т. 15. – № 11. – С. 7825–7839.
146. Behr, A., Myrcene as a Natural Base Chemical in Sustainable Chemistry: A Critical Review / A. Behr, L. Johnen // *ChemSusChem*. – 2009. – № 2(12) – С. 1072–1095. DOI: 10.1002/cssc.200900186
147. Bell, C.H. Fumigation in the 21st century / C.H. Bell // *Crop protection*. – 2000. – Т. 19. – № 8–10, С. 563–569.
148. Belopukhov, S.L. The study of the Volatile oils content in the essential oil crops in the non–chernozem zone in Russia / S.L. Belopukhov, L.B. Dmitriev, V.L. Dmitrieva // *Izvestiya of TAA 2012*. – Special Issue December. – С. 124–136.
149. Bijauliya, R.K. A comprehensive review on herbal cosmetics / R.K. Bijauliya, S. Alok, M. Kumar, D.K. Chanchal, S. Yadav // *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Т. 8. – № 12. – С. 4930–4949.
150. Biosynthesis of Pinene [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/95/Pinene_biosynthesis_en.svg – Дата обращения 06.02.2023.
151. Burbott, A.J. Effects of Light and Temperature on the Monoterpenes of Peppermint / A.J. Burbott, W.D. Loomis // *Plant Physiology*. – 1967. – Т. 42. – № 1. – С. 20–28. DOI: 10.1104/pp.42.1.20
152. Cappellari, L.R. Improving phenolic total content and monoterpene in *Mentha x piperita* by using salicylic acid or methyl jasmonate combined with Rhizobacteria inoculation / L.R. Cappellari, M.V. Santoro, A. Schmidt, J. Gershenzon, E. Banchio // *International journal of molecular sciences*. – 2020. – Т. 21. – № 1. – С. 50.
153. Cohen, S.M. FEMA GRAS assessment of natural flavor complexes: Mint, buchu, dill and caraway derived flavoring ingredients / S.M. Cohen, G. Eisenbrand, S. Fukushima, N.J. Gooderham, F.P. Guengerich, S.S. Hecht, S.V. Taylor // *Food and Chemical toxicology*. – 2020. – Т. 135. – С. 1108–1170.
154. Correa, A.N.R. Lime and orange essential oils and d–limonene as a potential COVID–19 inhibitor: Computational, in chemico, and cytotoxicity analysis /

- A.N.R. Correa, P. Weimer, R.C. Rossi, J.F. Hoffmann, L.S. Koester, E.S. Suyenaga, C.D. Ferreira, // *Food Bioscience*. – 2023. – T. 51. – C. 102–348.
155. Croteau, R.B. (–)–Menthol biosynthesis and molecular genetics / R.B. Croteau, E.M. Davis, K.L. Ringer, M.R. Wildung // *Naturwissenschaften*. – 2005. – T. 92. – C. 562–577.
156. Damalas, C.A. Botanical pesticides for eco-friendly pest management: Drawbacks and limitations / C.A. Damalas, S.D. Koutroubas // *Pesticides in Crop Production: Physiological and Biochemical Action*. – 2020. – № 4. – C. 181–193.
157. Danh, L.T. Use of essential oils for the control of anthracnose disease caused by *Colletotrichum acutatum* on post-harvest mangoes of cat hoa loc variety / L.T. Danh, B.T. Giao, C.T. Duong, N.T.T. Nga, D.T.K. Tien, N.T. Tuan, B.T.C. Huong, T.C. Nhan, D.T.X. Trang // *Membranes*. – 2021. – T. 11. – № 9. – C. 719.
158. Davis, E.M. Cyclization enzymes in the biosynthesis of monoterpenes, sesquiterpenes, and diterpenes / E.M. Davis, R. Croteau // *Biosynthesis. Topics in Current Chemistry*. – 2000. – T.209. – C. 53–95. DOI: 10.1007/3-540-48146-X_2
159. Delaplane, K.S. Controlling tracheal mites (Acari: Tarsonemidae) in colonies of honey bees (Hymenoptera: Apidae) with vegetable oil and menthol / K.S. Delaplane // *Journal of economic entomology*. – 1992. – T. 85. – № 6. – C. 2118–2124.
160. Demeester, N. Oral cosmetics. *Handbook of Cosmetic Science and Technology* / N. Demeester, D.V. Berghe, M.R. Calomme. – CRC Press, 2009. – C. 695–704.
161. Dewick, P.M. *Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach* / P.M. Dewick. – New York: John Wiley and Sons, Ltd., 2002. – 174 c.
162. Dixit, S.N. Development of a botanical fungicide against blue mould of mandarins / S.N. Dixit, H. Chandra, R. Tiwari, V. Dixit // *Journal of stored products research*. – 1995. – T. 31. – № 2. – C. 165–172.
163. Dolzhenko, Y. UV–B modulates the interplay between terpenoids and flavonoids in peppermint (*Mentha × piperita* L.) / Y. Dolzhenko, C. Berteau, A. Occhipinti, S. Bossi, M. Maffei // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. – 2010. – № 100(2). – C. 67–75. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2010.05.003

164. Eggersdorfer, M. Terpenes / M. Eggersdorfer. – Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley–VCH, 2005. DOI: 10.1002/14356007.a26_205
165. Elsebai, M.F. Essential Oils and COVID–19 / M.F. Elsebai, M.A. Albalawi // *Molecules*. – 2022. – Т. 27. – № .22. – С. 7893.
166. Erdogan Bayram, S. Effects of prolonged water stress on biomass yield and nutrient uptake by aerial parts of mint (*Mentha × piperita* L.) / S. Erdogan Bayram // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj–Napoca*. – 2022. – № 50(4). – С. 12894. DOI: 10.15835/nbha50412894
167. Flamini, G. Composition of the essential oils and in vivo emission of volatiles of four *Lamium* species from Italy: *L. purpureum*, *L. hybridum*, *L. bifidum* and *L. amplexicaule* / G. Flamini, P.L. Cioni, I. Morelli // *Food Chemistry*. – 2005. – № 91(1). – С. 63–68. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.05.047
168. Fortune Business Insights [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/essential-oils-market-101063> – Дата обращения 06.02.2023.
169. Furlong, M.J. Integration of endemic natural enemies and *Bacillus thuringiensis* to manage insect pests of Brassica crops in North Korea / M.J. Furlong, K.H. Ju, P.W. Su, J.K. Chol, R.C. Il, M.P. Zalucki // *Agriculture, ecosystems & environment*. – 2008. – Т. 125. – № 1–4. – С. 223–238.
170. Ghelardini, C. Local anaesthetic activity of beta–caryophyllene / C. Ghelardini, N. Galeotti, L. Di Cesare Mannelli, G. Mazzanti, A. Bartolini // *Farmaco*. – 2001. – № 56 (5–7). – С. 387–389. DOI: 10.1016/S0014–827X(01)01092–8
171. Giallombardo, G. Optimal storage and shipment management of perishable agri–products with a hybrid priority policy: a case study / G. Giallombardo, G. Mirabelli, V. Solina // *International Journal of Management Science and Engineering Management*. – 2022. – Т. 17. – № 4. – С. 295–306.
172. Gity, S. Yield, essential oil and some morphological characteristics of peppermint (*Mentha piperita* L.) influenced by hand weeding and plant density / S. Gity, M. Raoofi // *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* – 2017. – С. 1.

173. Gscheidmeier, M. Turpentine / M. Gscheidmeier, H. Fleig. – Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim: Wiley–VCH, 2000. DOI: 10.1002/14356007.a27_267.
174. Harborne, J.B. Chemical dictionary of economic plants / J.B. Harborne, H. Baxter (ed.). – John Wiley & Sons, 2001. – 236 c.
175. Healthcare, T. PDR for herbal medicines / T. Healthcare. – Toronto: Thomson Reuters Corporation, 2007. – 802 c.
176. Hendawy, S.F. Effect of foliar organic fertilization on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita* var. *citrate* / S.F. Hendawy, M.S. Hussein, A.E. El–Gohary, M.E. Ibrahim // Asian J. Agric. Res. – 2015. – T. 9. – № 5. – C. 237–248.
177. Isman, M.B. Developing a neem–based insecticide for Canada / M.B. Isman, O. Koul, J.T. Arnason, J. Stewart, G.S. Salloum, // The Memoirs of the Entomological Society of Canada. – 1991. – T. 123. – № S159. – C. 39–46.
178. Julio, L.F. Nematicidal activity of the hydrolate byproduct from the semi industrial vapor pressure extraction of domesticated *Artemisia absinthium* against *Meloidogyne javanica* / L.F. Julio, A. González–Coloma, J. Burillo, C.E. Diaz, M.F. Andrés // Crop Protection. – 2017. – T. 94. – C. 33–37.
179. Kalemba, D. Agrobiological interactions of essential oils of two menthol mints: *Mentha piperita* and *Mentha arvensis* / D. Kalemba, A. Synowiec // Molecules. – 2019. – T. 25. – № 1. – C. 59.
180. Kalsa, K.K. Major insect pests and their associated losses in quantity and quality of farm–stored wheat seed / K.K. Kalsa, B. Subramanyam, G. Demissie, A.F. Worku, N.G. Habtu // Ethiopian Journal of Agricultural Sciences. – 2019. – T. 29. – № 2. – C. 71–82.
181. Kamatou, G.P. Menthol: a simple monoterpene with remarkable biological properties / G.P. Kamatou, I. Vermaak, A.M. Viljoen, B.M. Lawrence // Phytochemistry. – 2013. – № 96. – C. 15–25.
182. Kampuss, K. Peppermint (*Mentha piperita* L.) cultivation and use / K. Kampuss, R. Sausserde, // In Zinātniski praktiskā konference Līdzsvarota Lauksaimniecība,

Jelgavā, Latvia, 20–21 Februārī 2014 (166–169). Latvijas Lauksaimniecības Universitāte (LLU).

183. Karunamoorthi, K. Medicinal and aromatic plants: a major source of green pesticides/risk–reduced pesticides / K. Karunamoorthi // *Med Aromat Plants*. – 2012. – T. 1. – № 8. – C. 2167–0412.1000.

184. Khaleel, C. α –Terpineol, a natural monoterpene: A review of its biological properties / C. Khaleel, N. Tabanca, G. Buchbauer // *Open Chemistry*. – 2018. – T. 16. – № 1. – C. 349–361.

185. Khorasaninejad, S. The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.) / S. Khorasaninejad, A. Mousavi, H. Soltanloo, K. Hemmati, A. Khalighi // *Journal of Medicinal Plants Research*. – 2011. – T. 5. – № 22. – C. 5360–5365.

186. Klocke, J.A. 8–Cineole (Eucalyptol), a Mosquito Feeding and Ovipositional Repellent from Volatile Oil of *Hemizonia fitchii* (Asteraceae) / J.A. Klocke, M.V. Darlington, M.F. Balandrin // *Journal of Chemical Ecology*. – 1987. – № 13(12). – C. 2131–2141. DOI: 10.1007/BF01012562.

187. Koshiro, S. Stereoselective esterification of dl–menthol by polyurethane–entrapped lipase in organic solvent / S. Koshiro, K. Sonomoto, A. Tanaka, S. Fukui // *Journal of biotechnology*. – 1985. – № 2(1). – C. 47–57.

188. Koul, O. Essential oils as green pesticides: potential and constraints / O. Koul, S. Walia, G.S. Dhaliwal // *Biopesticides international*. – 2008. – T. 4. – № 1. – C. 63–84.

189. Kumar, P. Insecticidal properties of *Mentha* species: a review / P. Kumar, S. Mishra, A. Malik, S. Satya // *Industrial Crops and Products*. – 2011. – № 34(1). – C. 802–817. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.02.019

190. Lange, B.M. Biosynthesis and biotechnology of high–value p–menthane monoterpenes, including menthol, carvone, and limonene / B.M. Lange // *Biotechnology of isoprenoids*. – 2015. – C. 319–353.

191. Lange, B.M. Enzymology of monoterpene functionalization in glandular trichomes / B.M. Lange, N. Srividya // *Journal of experimental botany*. – 2019. – Т. 70. – № 4. – С. 1095–1108.
192. Lange, B.M. Terpenoid biosynthesis in trichomes – current status and future opportunities / B.M. Lange, G.W. Turner // *Plant biotechnology journal*. – 2013. – Т. 11. – № 1. – С. 2–22.
193. Laroche, M. Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products / M. Laroche, J. Bergeron, G. Barbaro-Forleo // *Journal of consumer marketing*. – 2001. – № 18(6). – С. 503–520.
194. Leffingwell, J.C. Cooling Ingredients and Their Mechanism of Action / J.C. Leffingwell // *Cosmetic Science and Technology 2009*. – 16 с.
195. Liao, M. Insecticidal activity of *Melaleuca alternifolia* essential oil and RNA-Seq analysis of *Sitophilus zeamais* transcriptome in response to oil fumigation / M. Liao, J.-J. Xiao, L.J. Zhou, Y. Liu, X.-W. Wu, R.-M. Hua, G.-R. Wang, H.-Q. Cao // *PloS one*. – 2016. – Т. 11. – № 12. – С. e0167748.
196. Limonene. Compound summary [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/___-Limonene – Дата обращения 06.02.2023.
197. Limpanuparb, T. An in silico investigation of menthol metabolism / T. Limpanuparb, W. Lorpaiboon, K. Chinsukserm // *PLoS ONE*. – 2019. – Т. 14. – С. e0216577. DOI: 10.1371/journal.pone.0216577.
198. Liu, B. TRPM8 is the principal mediator of menthol-induced analgesia of acute and inflammatory pain / B. Liu, L. Fan, S. Balakrishna, A. Sui, J.B. Morris, S.E. Jordt // *Pain*. – 2013. – Т. 154. – С. 2169–2177. DOI: 10.1016/j.pain.2013.06.043.
199. Louni, M. Insecticidal efficacy of nanoemulsion containing *Mentha longifolia* essential oil against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) / M. Louni, J. Shakarami, M. Negahban // *Journal of Crop Protection*. – 2018. – Т. 7. – № 2. – С. 171–182.

200. Maddheshiya, S. Essential oils for the treatment of skin anomalies: Scope and potential / S. Maddheshiya, A. Ahmad, W. Ahmad, F. Zakir, G. Aggarwal // South African Journal of Botany. – 2022. – T. 154. – C. 187–197.
201. Madrid, F.J. Insects in stored cereals, and their association with farming practices in southern manitoba1 / F.J. Madrid, N.D.G. White, S.R. Loschiavo // The Canadian Entomologist. – 1990. – T. 122. – № 3. – C. 515–523.
202. Maffei, M. Anatomy, physiology, biosynthesis, molecular biology, tissue culture, and biotechnology of mint essential oil production. Mint: the genus *Mentha* / M. Maffei, C.M. Berteau, M. Mucciarelli. – CRC Press, Boca Raton, 2007. – C. 41–85.
203. Mahboubi, M. Chemical composition and antimicrobial activity of peppermint (*Mentha piperita* L.) Essential oil / M. Mahboubi, N. Kazempour // Songklanakarin J. Sci. Technol. – 2014. – T. 36. – № 1. – C. 83–87.
204. Mahdavia, F. Phytotoxic activity of essential oil and water extract of peppermint (*Mentha × piperita* L. CV. Mitcham) / F. Mahdavia, M.J. Saharkhiz // Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants. – 2015. – T. 2. – № 4. – C. 146–153.
205. Mahmood, I. Effects of pesticides on environment / I. Mahmood, S.R. Imadi, K. Shazadi, A. Gul, K.R. Hakeem // Plant, soil and microbes: volume 1: implications in crop science. – 2016. – C 253–269.
206. Mahmoud, S.S. Menthofuran regulates essential oil biosynthesis in peppermint by controlling a downstream monoterpene reductase / S.S. Mahmoud, R.B. Croteau // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2003. – T. 100. – № 24. – C. 14481–14486.
207. Mann, J.C. Natural Products: Their Chemistry and Biological Significance / J.C. Mann, J.B. Hobbs, D.V. Banthorpe, J.B. Harborne. – Harlow, Essex: Longman Scientific & Technical, 1994. – C. 308–309.
208. Martins, M.L. Antiparasitic agents in Aquaculture Pharmacology / M.L. Martins, G.T. Jerônimo, A.B. Figueredo, K.R. Tancredo, E.A. Bertaglia, W.E. Furtado, J.L. Mouriño. – Academic Press, 2021. – C. 169–217.

209. Menthofuran [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/5160>– Дата обращения 06.02.2023а.
210. Menthofuran [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Menthofuran> – Дата обращения 06.02.2023б.
211. Menthol biosynthesis image [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Menthol_biosynthesis_image.gif – Дата обращения 06.02.2023.
212. Menthol isomere [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Mentholisomere.svg> – Дата обращения 06.02.2023.
213. Moorman, T.B. A review of pesticide effects on microorganisms and microbial processes related to soil fertility / T.B. Moorman // *Journal of Production Agriculture* 1989. – Т. 2. – № 1. – С. 14–23.
214. Morteza–Semnani, K. Essential oils composition of *Stachys byzantina*, *S. inflata*, *S. lavandulifolia* and *S. laxa* from Iran. / K. Morteza–Semnani, M. Akbarzadeh, Sh. Changizi // *Flavour and Fragrance Journal*. – 2006. – Т. 21. – № 2. – С. 300–303. DOI: 10.1002/ffj.1594
215. Muller, M. Essential oil components as pheromones. A review / M. Muller, G. Buchbauer // *Flavour and Fragrance Journal* 2011. – Т. 26. – № 6. – С. 357–377.
216. Nerio, L.S. Repellent activity of essential oils: a review / L.S. Nerio, J. Olivero–Verbel, E. Stashenko // *Bioresour Technol*. – 2010. – № 101(1). – С. 372–378. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.07.048.
217. Nicolopoulou–Stamati, P. Chemical pesticides and human health: the urgent need for a new concept in agriculture / P. Nicolopoulou–Stamati, S. Maipas, C. Kotampasi, P. Stamatis, L. Hens // *Frontiers in public health*. – 2016. – Т. 4. – С. 148.
218. Noma, Y. Biotransformation of Monoterpenoids by Microorganisms, Insects, and Mammals / Y. Noma, Y. Asakawa // In Baser KH, Buchbauer G (eds.). *Handbook of*

Essential Oils: Science, Technology, and Applications (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press, 2010. – C. 585–736.

219. Oliveira, C.M. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture / C.M. Oliveira, A.M. Auad, S.M. Mendes, M.R. Frizzas, // Journal of Applied Entomology. – 2013. – T. 137. – № 1–2. – C. 1–15.

220. Ormeno, E. Production and diversity of volatile terpenes from plants on calcareous and siliceous soils: effect of soil nutrients / E. Ormeno, V. Baldy, C. Ballini, C. Fernández // Journal of Chemical Ecology. – 2008. – 34(9). – C. 1219–1229. DOI: 10.1007/s10886-008-9515-2

221. Ostadi, A. Effect of different fertilizer sources and harvesting time on the growth characteristics, nutrient uptakes, essential oil productivity and composition of *Mentha x piperita* L. / A. Ostadi, A. Javanmard, M.A. Machiani, M.R. Morshedloo, M. Nouraein, F. Rasouli, F. Maggi // Industrial crops and products. – 2020. – T. 148. – C. 112–290.

222. Pushpangadan, P. Peppermint. Handbook of Herbs and Spices / P. Pushpangadan, S.K. Tewari. – Woodhead Publishing, 2006. – C. 460–481.

223. Rai, M. Role of nanotechnology in agriculture with special reference to management of insect pests / M. Rai, A. Ingle // Applied microbiology and biotechnology. – 2012. – T. 94. – C. 287–293.

224. Rajendran, S. Alternatives to methyl bromide as fumigants for stored food commodities / S. Rajendran // Pesticide outlook. – 2001. – T. 12. – № 6. – C. 249–253.

225. Rajendran, S. Insect infestation in stored animal products / S. Rajendran, K.M.H. Parveen // Journal of Stored Products Research. – 2005. – T. 41. – № 1. – C. 1–30.

226. Raut, J.S. A status review on the medicinal properties of essential oils / J.S. Raut, S.M. Karuppayil // Industrial crops and products. – 2014. – T.62. – C. 250–264.

227. Rehman, R. Biosynthetic factories of essential oils: the aromatic plants / R. Rehman, M.A. Hanif, Z. Mushtaq, B. Mochona, X. Qi // Natural Products Chemistry & Research. – 2016. – T. 4. – № 4. – C. 1–11.

228. Rios-Esteva, R. Mathematical modeling-guided evaluation of biochemical, developmental, environmental, and genotypic determinants of essential oil composition

and yield in peppermint leaves / R. Rios–Estepa // *Plant physiology*. – 2010. – T. 152. – № 4. – C. 2105–2119.

229. Rozza, A.L. The use of menthol in skin wound healing – Anti-inflammatory potential, antioxidant defense system stimulation and increased epithelialization / A.L. Rozza, F.P. Beserra, A.J. Vieira, E. Oliveira de Souza, C.A. Hussni, E.R.M. Martinez, C.H. Pellizzon // *Pharmaceutics*. – 2021. – T. 13. – № 11. – C. 1902.

230. Sainz, P. Chemical composition and biological activities of *Artemisia pedemontana* subsp. *assoana* essential oils and hydrolate / P. Sainz, M.F. Andrés, R.A. Martínez–Díaz, M. Bailén, J. Navarro–Rocha, C.E. Díaz, A. González–Coloma // *Biomolecules*. – 2019. – T. 9. – № 10. – C. 558.

231. Salehi, B. Plants of genus *Mentha*: From farm to food factory / B. Salehi, // *Plants*. – 2018. – T. 7. – № 3. – C 70.

232. Santoro, M.V. Volatile organic compounds from rhizobacteria increase biosynthesis of essential oils and growth parameters in peppermint (*Mentha piperita*) / M.V. Santoro, J. Zygadlo, W. Giordano, E. Banchio // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2011. – T.49. – № 10. – C. 1177–1182.

233. Santos, M.G. Coencapsulation of xylitol and menthol by double emulsion followed by complex coacervation and microcapsule application in chewing gum / M.G. Santos, D.A. Carpinteiro, M. Thomazini, G.A. Rocha–Selmi, A.G. da Cruz, C.E. Rodrigues, C.S. Favaro–Trindade // *Food research international*. – 2014. – T. 66. – C. 454–462.

234. Schiestl, F.P. Odor Compound Detection in Male Euglossine Bees / F.P. Schiestl, D.W. Roubik // *Journal of Chemical Ecology*. – 2004. – № 29(1). – C. 253–257. DOI: 10.1023/A:1021932131526

235. Schmidt, E. Chemical composition, olfactory evaluation and antioxidant effects of essential oil from *Mentha x piperita* / E. Schmidt, S. Bail, G. Buchbauer, I. Stoilova, T. Atanasova, A. Stoyanova, A. Krastanov, L. Jirovetz // *Natural product communications*. – 2009. – № 4(8). – C. 1107–1112. DOI: 10.1177/1934578X0900400819

236. Schober, A.L. Flavor release and perception in hard candy: influence of flavor compound–compound interaction / A.L. Schober, D.G. Peterson // *Journal of agricultural and food chemistry*. – 2004. – T. 52. – № 9. – C. 2623–2627.
237. Sfara, V. Fumigant Insecticidal Activity and Repellent Effect of Five Essential Oils and Seven Monoterpenes on First–Instar Nymphs of *Rhodnius prolixus* / V. Sfara, E.N. Zerba, R.A. Alzogaray, // *Journal of Medical Entomology*. – 2009. – № 46(3). – C. 511–515. DOI: 10.1603/033.046.0315
238. Sharifi–Rad, J. Biological activities of essential oils: From plant chemoeology to traditional healing systems / J. Sharifi–Rad, A. Sureda, G.C. Tenore, M. Daglia, M. Sharifi–Rad, M. Valussi, R. Tundis, M. Sharifi–Rad, M.R. Loizzo, A.O. Ademiluyi, R. Sharifi–Rad, S.A. Ayatollahi, M. Iriti // *Molecules*. – 2017. – T. 22. – № 1. – C. 70.
239. Sharma, S. Insect pests and crop losses / S. Sharma, R. Kooner, R. Arora // *Breeding insect resistant crops for sustainable agriculture*. – 2017. – C. 45–66.
240. Shasany, A.K. Assessment of menthol mint collection for genetic variability and monoterpene biosynthetic potential / A.K. Shasany, S. Gupta, M.K. Gupta, A.A. Naqvi, J.R. Bahl, S.P.S. Khanuja // *Flavour and fragrance journal*. – 2010. – T. 25. – № 1. – C. 41–47.
241. Shelepova, O.V. Assessment of essential oil yield in three mint species in the climatic conditions of Central Russia / O.V. Shelepova, L.S. Olekhovich, L.N. Konovalova, E.N. Baranova, A.A. Gulevich, T.I. Khusnetdinova // *Agronomy Research*. – 2021. – T. 19. – №4. – C. 1970–1980. DOI: 10.15159/AR.21.113
242. Sheykholeslami, Z. Effect of organic and chemical fertilizers on yield and yield components of peppermint (*Mentha piperita* L.) / Z. Sheykholeslami, M.Q. Almdari, S. Qanbari, M. Akbarzadeh, // *American Journal of Experimental Agriculture*. – 2015. – T. 6. – № .4. – C. 251–257.
243. Soković, M. Antibacterial effects of the essential oils of commonly consumed medicinal herbs using an in vitro model / M. Soković, J. Glamočlija, P.D. Marin, D. Brkić, L.J. Van Griensven // *Molecules*. – 2010. – T. 15. – № .11. – C. 7532–7546.
244. Sokovic, M. Antimicrobial activity of essential oils and their components against the three major pathogens of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus* /

- M. Soković, L.J. Van Griensven // *European Journal of Plant Pathology*. – 2006. – № 16. – С. 211–224. DOI: 10.1007/s10658–006–9053–0.
245. Soliman, E.A. Microencapsulation of essential oils within alginate: formulation and in vitro evaluation of antifungal activity / E.A. Soliman, A.Y. El–Moghazy, M.S.M. El–Din, M.A. Massoud // *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences* – 2013. – Т. 3. – № 1. – С. 48–55.
246. Srivastava, N.K. Relationship between photosynthetic carbon metabolism and essential oil biogenesis in peppermint under Mn–stress / N.K. Srivastava, R. Luthra // *J. Exp. Bot.* – 1994. – Т. 45. – № 277. – С. 1127–1132.
247. Tadesse, A. Insect pests of farm–stored maize and their management practices in Ethiopia / A. Tadesse, F. Eticha, // *IOBC WPRS BULLETIN*. – 2000. – Т.23. – № 10. – С. 47–58.
248. Taoufik, F. Essential Oil Content, Chemical Composition, Antioxidant Activity and Antiviral Potential against Covid–19 of Four Aromatic and Medicinal Plants from south of Morocco / F. Taoufik, A. Hamdouch, S. Zine, B. Chebli, M. El Hadek, L.M. Idrissi, // *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. – 2022. – Т. 8. – № 3. – С. 77–93.
249. Taylor R.W.D. Methyl bromide – Is there any future for this noteworthy fumigant? / R.W.D. Taylor // *Journal of Stored Products Research*. – 1994. – Т. 30. – № 4. – С. 253–260.
250. Telci, I. The effect of ecological conditions on yield and quality traits of selected peppermint (*Mentha piperita* L.) clones / I. Telci, O. Kacar, E. Bayram, O. Arabacı, I. Demirtaş, G. Yılmaz, I. özcan, Ç. Sönmez, E. Göksu // *Industrial Crops and Products*. – 2011. – Т. 34. – № 1. – С. 1193–1197.
251. The biosynthesis of limonene [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Limonene#/media/File:LimoneneBiosynthesis.svg> – Дата обращения 06.02.2023.
252. Tinseth, G. The essential oil of hops: Hop aroma and flavor in hops and beer / G. Tinseth, // *Brewing Techniques*. – 1993. – Т.2. – С. 33–37.

253. Tomescu, A. Chemical composition and protective antifungal activity of *Mentha piperita* L. and *Salvia officinalis* L. essential oils against *Fusarium graminearum* spp. / A. Tomescu, R.–M. Sumalan, G. Pop, E. Alexa, M.A. Poiana, D.–M. Copolovici, C.S.S. Mihai, M. Negrea, A. Galuscan // *Revista de Chimie*. – 2015. – T. 66. – № 7. – C. 1027–1030.
254. Tudi, M. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment / M. Tudi, H.D. Ruan, L. Wang, J. Lyu, R. Sadler, D. Connell, C. Chu, D.T. Phung // *International journal of environmental research and public health*. – 2021. – T. 18. – № 3. – C. 1112.
255. Verma, R.S. Essential oil composition of menthol mint (*Mentha arvensis*) and peppermint (*Mentha piperita*) cultivars at different stages of plant growth from Kumaon region of Western Himalaya / R.S. Verma, L. Rahman, R.K. Verma, A. Chauhan, A.K. Yadav, A. Singh // *Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. – 2010. – T. 1. – № 1. – C. 13.
256. Wilson, L. Spices and flavoring crops: Leaf and floral structures / L. Wilson. – (2016). – C 84–92.
257. Wise, M.L. Monoterpene biosynthesis. Isoprenoids, including carotenoids and steroids / M.L. Wise. – 1999. – C.97–153.
258. Yang, J. Biosynthesis of β -caryophyllene, a novel terpene-based high-density biofuel precursor, using engineered *Escherichia coli* / J. Yang, Z. Li, L. Guo, J. Du, H.–J. Bae // *Renewable Energy*. – 2016. – № 99. – C. 216–223. DOI: 10.1016/j.renene.2016.06.061
259. Yuan, Y. Comparison of lipase-catalyzed enantioselective esterification of (\pm)-menthol in ionic liquids and organic solvents / Y. Yuan, S. Bai, Y. Sun, // *Food chemistry*. – 2006. – T. 97. – № 2. – C. 324–330.

ПРИЛОЖЕНИЯ

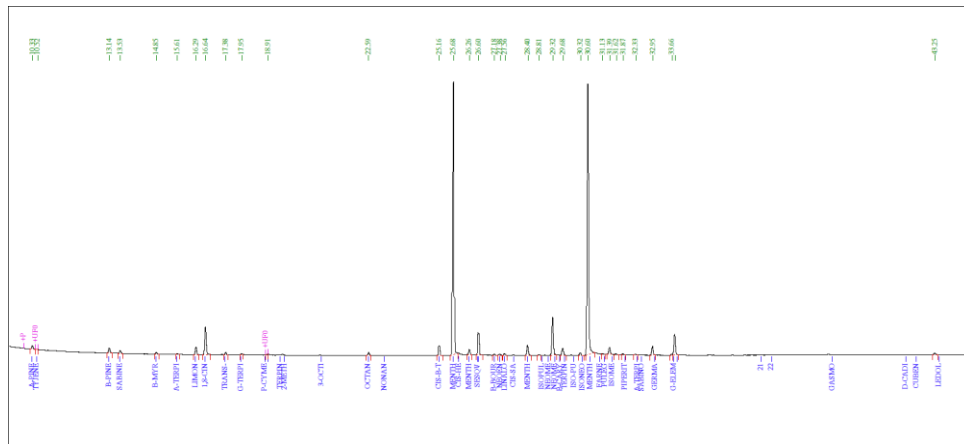
Приложение А – Среднедекадная температура воздуха в период исследований, °С

Месяц	Декада	2012	2013	2014	2015	2016
Январь	<i>I</i>	-0,4	-4,2	0,5	-7,0	-14,2
	<i>II</i>	-4,3	-10,6	-9,0	0,1	-9,3
	<i>III</i>	-14,4	-10,0	-16,0	-5,8	-6,6
Февраль	<i>I</i>	-16,8	-0,8	-5,4	-4,2	0,2
	<i>II</i>	-13,8	-5,1	0,7	-2,7	-1,0
	<i>III</i>	-2,7	-4,0	-0,3	1,7	-0,6
Март	<i>I</i>	-6,2	-7,2	2,0	1,8	1,4
	<i>II</i>	-1,6	-5,6	1,6	4,6	-0,3
	<i>III</i>	-1,2	-5,9	5,3	0,6	0,7
Апрель	<i>I</i>	1,3	2,3	1,2	3,2	6,2
	<i>II</i>	8,5	9,6	8,0	5,5	8,5
	<i>III</i>	15,4	7,4	12,3	9,9	10,2
Май	<i>I</i>	13,2	13,5	10,4	11,9	14,7
	<i>II</i>	16,8	21,1	17,2	12,3	12,8
	<i>III</i>	15,8	16,6	20,5	18,4	17,3
Июнь	<i>I</i>	14,4	18,9	21,4	17,4	13,6
	<i>II</i>	19,0	19,1	13,7	17,7	18,4
	<i>III</i>	18,0	21,9	13,7	18,7	22,6
Июль	<i>I</i>	22,4	21,7	20,1	20,0	19,2
	<i>II</i>	19,4	19,2	21,1	15,9	21,6
	<i>III</i>	21,3	16,3	22,5	19,1	21,9
Август	<i>I</i>	22,1	20,4	23,3	19,6	21,6
	<i>II</i>	17,8	19,1	20,1	16,5	17,9
	<i>III</i>	14,4	16,3	15,0	16,9	19,1
Сентябрь	<i>I</i>	11,9	12,5	14,3	13,0	14,5
	<i>II</i>	14,7	11,8	12,7	13,9	11,0
	<i>III</i>	12,4	6,5	10,5	15,3	8,6
Октябрь	<i>I</i>	9,4	6,8	5,8	6,5	9,9
	<i>II</i>	8,5	6,3	5,8	4,5	3,1
	<i>III</i>	2,3	6,9	0,1	2,7	0,9
Ноябрь	<i>I</i>	3,4	8,1	3,0	3,4	-1,8
	<i>II</i>	2,3	3,1	-0,8	0,6	-2,6
	<i>III</i>	-0,8	1,0	-5,7	-1,3	-3,5
Декабрь	<i>I</i>	-2,9	-3,2	-4,7	1,8	-6,0
	<i>II</i>	-12,6	-3,3	1,1	-0,6	-7,4
	<i>III</i>	-9,5	1,2	-7,7	-0,2	-0,6

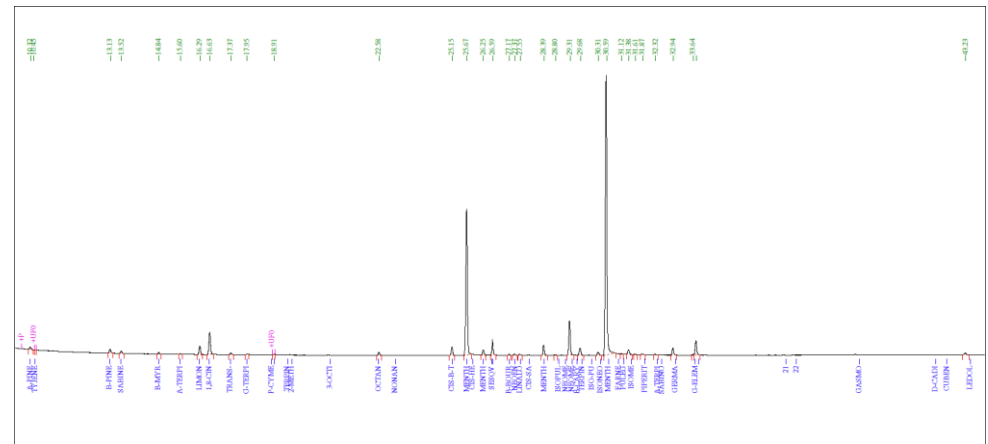
Приложение Б – Среднедекадное количество осадков в период исследований, мм

Месяц	Декада	2012	2013	2014	2015	2016
Январь	<i>I</i>	32,2	11,1	15,2	25,1	11,0
	<i>II</i>	20,1	24,8	24,9	15,1	35,3
	<i>III</i>	1,9	11,4	0,9	20,4	32,0
Февраль	<i>I</i>	7,0	39,2	3,2	24,2	16,5
	<i>II</i>	14,4	0,8	12,3	2,5	25,9
	<i>III</i>	14,9	1,0	4,7	7,0	17,3
Март	<i>I</i>	2,9	16,3	1,0	6,3	38,7
	<i>II</i>	19,5	40,2	13,2	0,0	2,5
	<i>III</i>	34,9	23,8	2,2	5,6	4,9
Апрель	<i>I</i>	19,5	20,5	11,0	20,4	8,1
	<i>II</i>	17,2	0,0	8,3	11,2	13,3
	<i>III</i>	11,9	46,2	5,6	11,2	10,8
Май	<i>I</i>	45,8	15,5	16,6	18,2	1,3
	<i>II</i>	11,9	5,4	1,2	50,0	20,2
	<i>III</i>	10,0	71,9	40,2	35,7	33,7
Июнь	<i>I</i>	51,7	10,0	7,1	0,7	21,7
	<i>II</i>	30,6	7,1	34,8	55,4	28,9
	<i>III</i>	16,3	23,6	40,3	37,6	1,1
Июль	<i>I</i>	0,0	28,0	9,3	29,4	23,2
	<i>II</i>	38,5	55,3	0,0	19,8	61,5
	<i>III</i>	11,7	45,5	0,0	69,0	23,6
Август	<i>I</i>	1,1	21,2	7,8	1,1	24,9
	<i>II</i>	41,1	13,2	24,6	11,6	96,8
	<i>III</i>	35,1	56,1	32,0	5,2	30,3
Сентябрь	<i>I</i>	18,9	82,7	20,8	75,8	26,6
	<i>II</i>	11,2	41,3	3,5	0,3	14,0
	<i>III</i>	16,8	65,1	12,8	9,2	20,9
Октябрь	<i>I</i>	44,8	5,2	1,5	11,9	43,9
	<i>II</i>	18,3	7,0	24,4	1,5	1,1
	<i>III</i>	74,4	21,7	7,0	8,8	11,5
Ноябрь	<i>I</i>	41,9	27,3	18,6	4,4	48,9
	<i>II</i>	3,3	6,6	0,3	19,5	32,4
	<i>III</i>	19,3	33,4	0,0	12,7	13,5
Декабрь	<i>I</i>	24,3	26,3	6,8	12,0	21,8
	<i>II</i>	0,5	11,0	32,3	21,2	5,6
	<i>III</i>	21,8	16,5	16,6	22,1	15,2
Средний дефицит насыщения воздуха водяным паром, гПа		3,5	3,4	4,4	3,7	3,6
ГТК		1,3	1,9	0,9	1,7	1,6

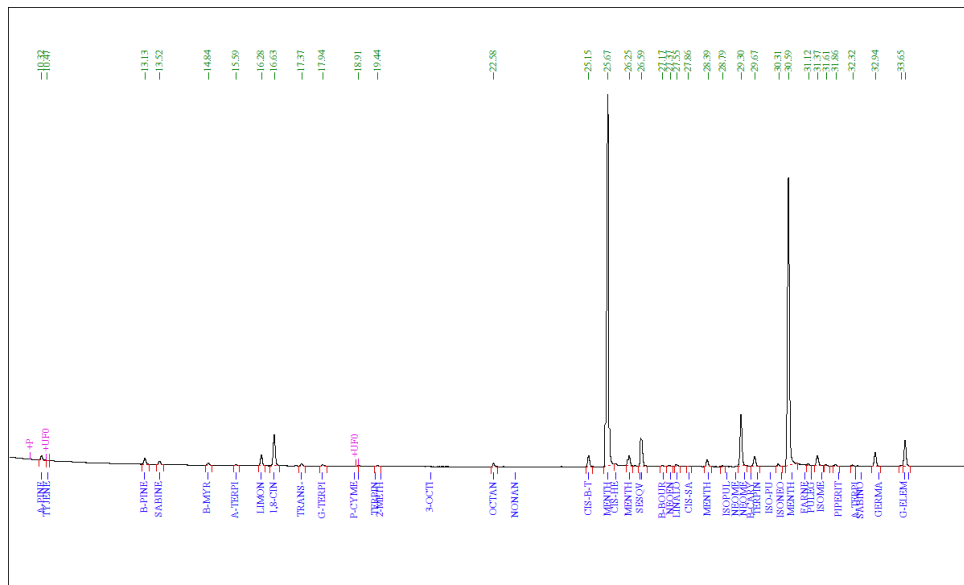
Приложение В – Хроматограммы эфирного масла мяты перечной сорта Краснодарская 2



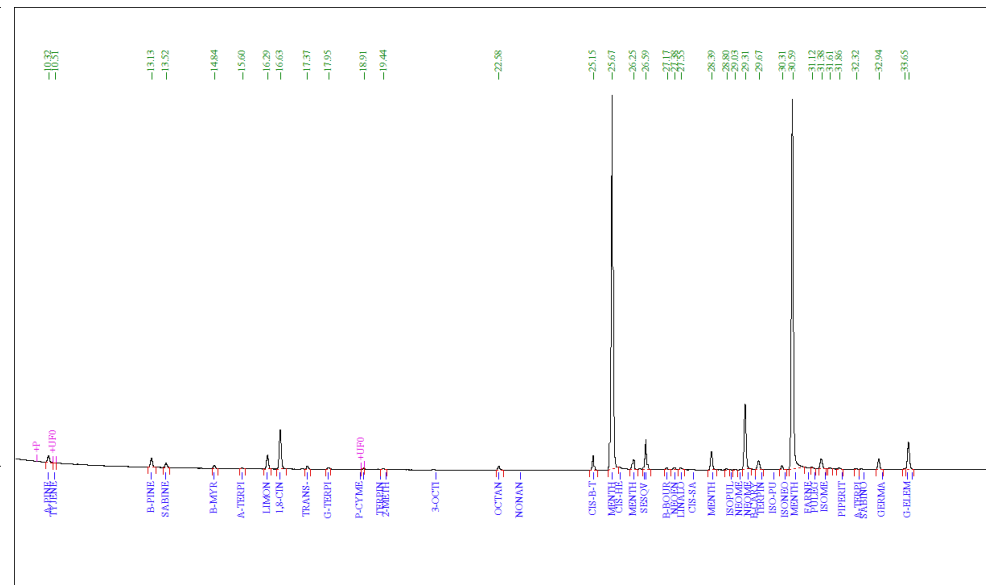
Контроль



1 доза

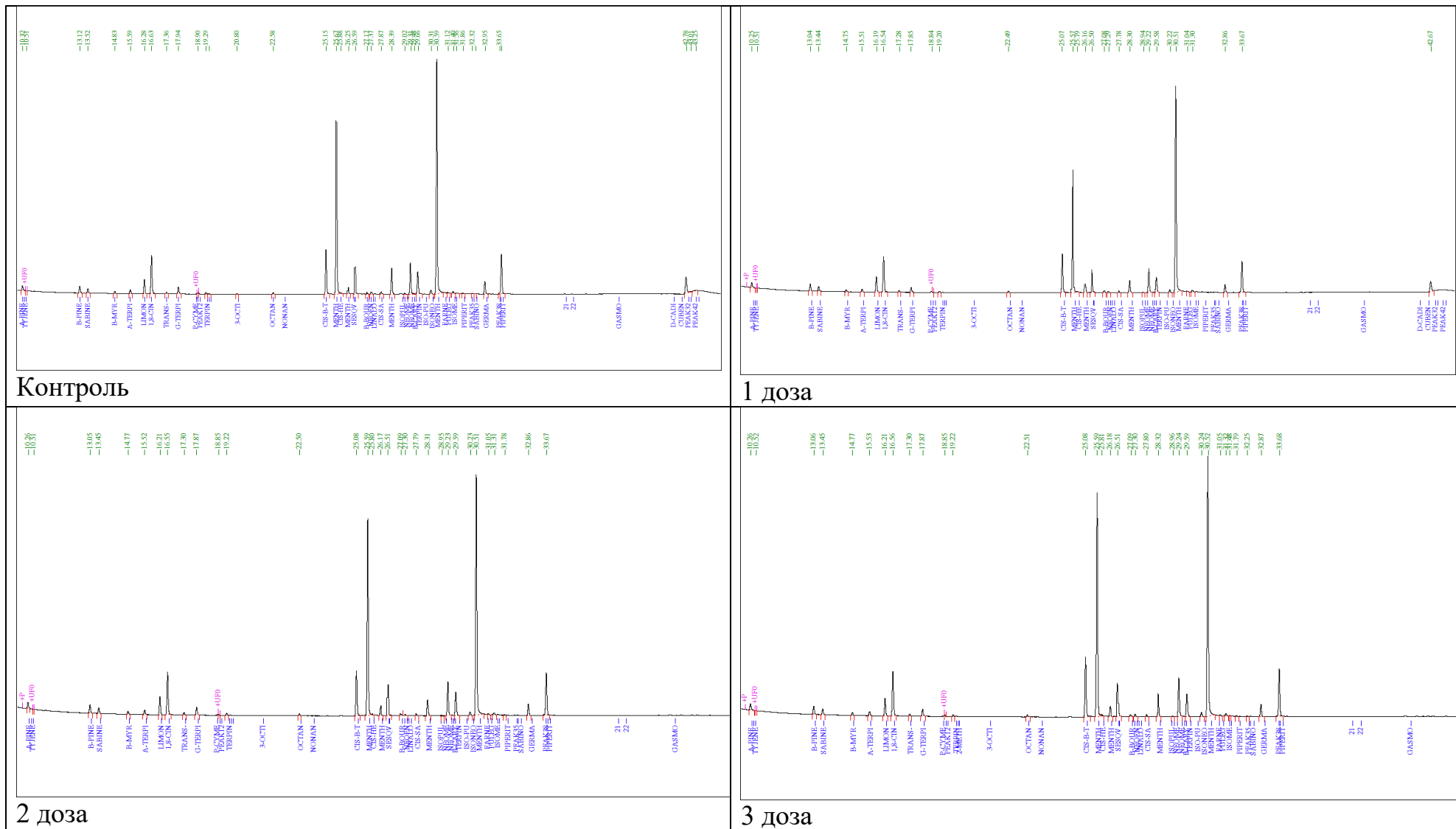


2 доза



3 доза

Приложение Г – Хроматограммы эфирного масла мяты перечной сорта Янтарная



Приложение Д – Хроматограммы эфирного масла мяты перечной сорта Чернолистная

