

ГБУ РК «Ордена Трудового Красного Знамени
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр»

На правах рукописи

Палий Иван Николаевич

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *AGASTACHE FOENICULUM*
PURSH. И *NEPETA CATARIA VAR. CITRIODORA* ВЕСК.
В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

03.01.05 – физиология и биохимия растений

Диссертация на соискание научной степени кандидата
биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук
Ильницкий О.А.

2015

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ВЛИЯНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И МЕТЕОФАКТОРОВ НА РАЗНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ	11
1.1. Водный обмен растений	11
1.2. Водный потенциал растений и его зависимость от факторов внешней среды	15
1.3. Оптические свойства листьев в ближнем инфракрасном излучении	17
1.4. Зависимость интенсивности фотосинтеза от условий питания и внешних факторов среды	19
1.5. Изменение содержания пигментов в листьях в зависимости от условий питания	25
1.6. Характеристика географического положения НБС – ННЦ	28
1.7. Ботаническая характеристика и биологические особенности <i>N. cataria</i>	29
1.7.1. Ботаническое описание <i>N. cataria</i>	29
1.7.2. Значение и использование <i>N. cataria</i>	31
1.8. Ботаническая характеристика и биологические особенности <i>A. foeniculum</i>	33
1.8.1. Ботаническое описание <i>A. foeniculum</i>	33
1.8.2. Значение и использование <i>A. foeniculum</i>	34
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	37
3. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОФАКТОРОВ И РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ <i>NERETA CATARIA</i> VAR. <i>CITRIODORA</i> BECK., <i>AGASTACHE FOENICULUM</i> PURSH.	47
3.1. Влияние метеофакторов на процесс транспирации <i>N. cataria</i> , <i>A. foeniculum</i>	48
3.2. Изменение скорости водного потока и тургесценции органов растений <i>N. cataria</i> , <i>A. foeniculum</i>	55
3.3. Влияние условий питания и влажности почвы на водный потенциал листьев <i>N. cataria</i> , <i>A. foeniculum</i>	59
3.4. Оптические свойства листьев <i>N. cataria</i> , <i>A. foeniculum</i> в ближнем инфракрасном излучении	62

4. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ <i>NERETA</i> <i>CATARIA VAR. CITRIODORA</i> ВЕСК. И <i>AGASTACHE FOENICULUM</i> PURSH.	69
4.1. Влияние условий питания на рост и продуктивность <i>N. cataria</i>	70
4.2. Влияние условий питания на рост и продуктивность <i>A. foeniculum</i>	75
5. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ФОТОСИНТЕЗА И УСЛОВИЯМИ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ	81
6. СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛОВ И КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ <i>NERETA CATARIA VAR. CITRIODORA</i> ВЕСК. И <i>AGASTACHE FOENICULUM</i> PURSH. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ	89
7. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА <i>NERETA CATARIA VAR. CITRIODORA</i> ВЕСК., <i>AGASTACHE FOENICULUM</i> PURSH. В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ	93
8. АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	116
ВЫВОДЫ	122
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	124
ПРИЛОЖЕНИЯ	163

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Возрастающая потребность косметической и медицинской промышленности в высококачественном растительном сырье, лекарственных и эфиромасличных растений является одной из причин поиска новых эфироносов, а так же разработки оптимальных способов их выращивания.

Особый интерес вызывают растения, обладающие комплексом полезных свойств, к которым, без сомнения, относятся котовник кошачий – *Nepeta cataria var. citriodora* Beck. и лофант анисовый – *Agastache foeniculum* Pursh., представители сем. Lamiaceae. Наличие у данных видов гликозидов, сапонинов, эфирных масел, дубильных веществ позволяет считать их перспективными для использования как источников биологически активных веществ, пряно-ароматического и лекарственного сырья.

Трава котовника кошачьего используется в народной медицине при лечении хронических бронхитов, катара желудка, болезней печени и некоторых женских болезнях. Она так же эффективна при атонии, малокровии, отдышке, спазмах; применяется как жаропонижающее, тоническое, потогонное и стимулирующее средство [52, 155, 286]. Обладает антибактериальным [265], антимикробным действием по отношению к золотистому стафилококку, кишечной палочке, дрожжам [259, 290]. Репеллент [292]. Обладает высокой антивирусной активностью [118, 182]. Имеет широкое распространение в странах Западной Европы как ароматическое и ветрогонное средство под названием Calmint (англ.).

Лофант находит широкое применение в китайской, монгольской, тибетской медицине при болезнях крови, желудка, кишечника, гепатитах, обладает радиопротекторным действием [52, 155]. Сырье лофанта анисового было опробовано в составе фитосборов сердечно-сосудистого и

противовоспалительного действия при санаторно-курортном лечении детей из Чернобыльской зоны. Рекомендуются для грудных, сердечных и желудочных сборов [178, 182].

Анализ литературных данных показал, что довольно полно изучена агротехника выращивания *N. cataria* и *A. foeniculum* в условиях ЮБК [87, 89, 155, 176], однако данные о физиологии этих растений отрывочны. Не изученными для *N. cataria* и *A. foeniculum* являются особенности водного режима, фотосинтеза, проблема биологической продуктивности, а также влияние различного минерального питания на содержание хлорофиллов, каротиноидов и эфирного масла. Кроме того, актуальным остается вопрос использования данных культур в качестве источника БАВ. В связи с вышеизложенным, возникла необходимость комплексного физиологического исследования *N. cataria* и *A. foeniculum*.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Научные исследования проведены в отделе физиологии и репродуктивной биологии растений Никитского ботанического сада – Национального научного центра в период с 2002 по 2005 год в рамках научно-технической программы УААН «Сохранение многообразия, поиск и эффективное использование биологических ресурсов в природных и антропогенных ландшафтах на юге Украины» (№ госрегистрации 0101 U 007189), а также согласно плана подготовки аспиранта.

Цель и задачи исследований. Цель работы – определить физиологические особенности *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. и *Agastache foeniculum* Pursh., в связи с их интродукцией на Южный берег Крыма.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- выявить зависимости интенсивности фотосинтеза от факторов внешней среды (освещенность, водного потенциала почвы, температура воздуха,

- относительная влажность воздуха) от условий корневого питания (минеральные, органические удобрения);
- определить зависимости водного режима (водный потенциал листа, интенсивность транспирации, скорость восходящего (ксилемного) водного потока и диаметра стебля) от условий корневого питания (минеральные, органические удобрения);
 - исследовать зависимости интенсивности роста и продуктивности надземной биомассы котовника кошачьего и лофанта анисового от факторов внешней среды (освещенность, температура воздуха и почвы, относительная влажность воздуха) и условий корневого питания (минеральные, органические удобрения);
 - определить влияние различных условий корневого питания на содержание эфирных масел у котовника кошачьего и лофанта анисового;
 - установить динамику накопления хлорофиллов и каротиноидов в листьях исследуемых растений на разных этапах онтогенеза на фоне различных условий корневого питания;
 - построить математические модели описывающие процессы: транспирации, интенсивности фотосинтеза, накопление надземной биомассы и выход эфирного масла.

Методы исследований: исследования проводили в условиях полевого опыта и в камерах искусственного климата. Параметры водного режима, интенсивность фотосинтеза определяли при помощи методов фитомониторинга. Содержание эфирного масла – методом отгонки с паром (по Гинзбергу), хлорофиллов и каротиноидов – спектрофотометрически. Оптические свойства листьев растений измеряли при помощи полупроводникового лазерного спектрофотометра «Перфот-93». Достоверность полученных результатов исследований подтверждена методами математической и статистической обработки.

Научная новизна. Впервые установлена зависимость продуктивности надземной массы, выхода эфирного масла котовника кошачьего и лопуха анисового от суммарной солнечной радиации, температуры воздуха и почвы, относительной влажности воздуха, суммы осадков и условий корневого питания.

Для изучаемых видов установлена тесная положительная корреляционная связь между содержанием хлорофиллов, каротиноидов в листьях и вариантами корневого питания на разных этапах онтогенеза исследуемых растений.

Для исследования водного режима изучаемых видов впервые применен метод, основанный на зависимости оптических свойств листа и толщины листовой пластины от оводненности.

Анализ взаимосвязей между интенсивностью фотосинтеза, освещенностью, водным потенциалом почвы, температурой воздуха, относительной влажностью воздуха и условиями питания выявил оптимальные параметры культивирования котовника кошачьего и лопуха анисового в районе Южного берега Крыма.

Для котовника кошачьего и лопуха анисового с целью оптимизации их промышленного выращивания, построены математические модели, описывающие зависимость интенсивности фотосинтеза от суммарной солнечной радиации, разности температур лист-воздух, диффузионного сопротивления листа, температуры воздуха, почвы, листа; закономерность накопления биомассы, выхода эфирного масла, влияние на рост условий питания и факторов внешней среды (температуры воздуха и почвы, продолжительности солнечного освещения, относительной влажности воздуха, суммы осадков).

Практическая значимость работы. Данные по оптимальным условиям выращивания котовника кошачьего и лопуха анисового, дают возможность получать урожай с максимальной продуктивностью.

Построенные математические модели могут быть использованы при прогнозировании урожайности изученных видов. Проведенные исследования значительно дополнили существующую информацию о видах котовника и лофанта их физиологических особенностях, адаптационном потенциале и могут быть полезными как в теоретическом плане, так и при практическом выращивании данных культур.

Результаты исследований и методические подходы, изложенные в работе, используются кафедрой ботаники и физиологии растений и биотехнологий Таврического национального университета им. В.И. Вернадского при чтении лекций по дисциплинам «Физиология растений», «Экология растений», практических занятиях большого спецпрактикума, при подготовке курсовых и дипломных работ, а также внедрены в ООО «Фитосовхоз Радуга» Симферопольского района Республики Крым.

Личный вклад соискателя состоит в освоении необходимых методик, получении результатов исследований, проведении аналитического обзора отечественной и зарубежной литературы, закладке полевых и лабораторных опытов. Диссертантом обобщены экспериментальные данные с использованием статистических методов, сформулированы основные положения и выводы диссертации. Совместно с научным руководителем выбран объект исследования, разработан методологический подход и определена структура диссертации. В совместных публикациях права соавторов не нарушены.

Апробация результатов диссертации. Результаты исследований были доложены на заседаниях отдела физиологии и репродуктивной биологии растений; Международной молодежной конференции «Проблемы интродукции, сохранения биоразнообразия и рационального использования растений в сельском хозяйстве» (Ялта, 2004); на 1-му відкритому з'їзді фітобіологів Херсонщини (Херсон, 2006); Міжнародній науково-практичній конференції «Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні

України» (Нова Каховка, 2006); Міжнародній науковій конференції «Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні України» (Нова Каховка, 2007); Международной конференции молодых ученых Никитского ботанического сада – Национального научного центра и Центрального ботанического сада НАН Беларуси «Современные проблемы ботаники, интродукции, селекции и экологии растений» (Ялта, 2008); International scientific conference «Actualities in plant physiology» (Kaunas, 2008); Международной научно-практической конференции «Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений (Ялта, 2009); Міжнародній науковій конференції «Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних природних ценозах» (Херсон-2012); Всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационные направления современной физиологии растений» (Москва-2013); XLV international research and practice conference and 1 stage of the championship in medicine and physical culture, pharmaceutics «Health protection and physical development of a person in conditions of the biospheric crisis» (London-2013); Международной научной конференции «Биологически активные вещества растений – изучение и использование» (Минск-2013); I-й международной научной конференции «Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы» (Новосибирск-2013); III International scientific–practical conference «The Strategies of Modern Science Development» (Yelm, WA, USA-2013).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 25 работ.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 184 листах компьютерного текста и состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследований, изложения результатов исследований и их обсуждения, выводов, заключения, приложения, списка литературы, включающего 295 источников. Работа иллюстрирована 12

таблицами и 29 рисунком; содержит 5 приложений из 15 рисунков и 10 таблиц и 2 акта внедрения результатов диссертационной работы.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА О ВЛИЯНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ И МЕТЕОФАКТОРОВ НА РАЗНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

1.1. Водный обмен растений

Известно, что водный режим растений находится в определенной зависимости от многих факторов, в том числе и корневого питания. Изменяя условия последнего можно в значительной степени изменять водный режим растения [20, 179]. Влияние удобрений на водный режим растений может проявляться различно в зависимости от химического состава удобрений, времени и доз их внесения, условий влажности почвы [102, 149].

Основные научно-экспериментальные задачи концентрируются на проблемах адаптации растительных организмов к различным стрессовым воздействиям. Проблема засухоустойчивости растений занимает ведущее место в физиологических исследованиях по устойчивости к абиотическим факторам среды. Установлена степень чувствительности отдельных звеньев водного режима к ухудшению водообеспеченности [79, 117]. На уменьшение скорости ассимиляции CO_2 листьями под воздействиями водного дефицита указывает [284]. Повышение коэффициента использования солнечной радиации при фотосинтезе возможно только в оптимальных условиях водного режима [153].

Недостаточная влагообеспеченность растений приводит к снижению скорости передвижения ассимилятов [65, 114, 138, 249].

Активная жизнедеятельность растений возможна только при высокой оводнённости их тканей. У наземных растений вследствие иссушающего действия атмосферы, запасы воды постоянно расходуются на физиологическое испарение – транспирацию и должны пополняться за счёт

поступления её из почвы. Всасывание воды корнями, подъем её к испаряющей поверхности листьев и транспирация — неразрывно связанные между собой – основные процессы водного обмена.

Существует ряд работ посвященных водному обмену культурных растений [51, 65, 99, 203, 221, 246, 247, 271] в которых приводятся данные о роли воды в жизни растений; физиолого-биохимических процессах в растениях; водоудерживающих силах в клетках растений; о повышении способности тканей растений удерживать воду в условиях засухи при использовании различных агрономических приёмов и физиологически активных веществ в условиях различного водообеспечения.

По представлениям Гусева [51], Жолкевич и др. [65], вода в клетках растений рассматривается не только как среда, где осуществляются обменные процессы, но и как структурный элемент протоплазмы. От степени гидратации высокомолекулярных соединений протоплазмы, зависит стабилизирующее состояние структурированной воды. По данным Петина [179], водообмен в растении определяется коллоидной системой протоплазмы. Жизненные процессы в клетках осуществляются только при условии высокой тургесцентности. Поэтому для нормального роста и развития растения необходимо их достаточное обеспечение водой.

Алексеев [8] определил, как изменяется водный баланс некоторых сельскохозяйственных растений в зависимости от роста и развития в период недостаточного водообеспечения. Показано влияние метеофакторов на растения, обеспечение растений водой в связи с состоянием её в почве, значения транспирации в условиях недостатка влаги, состояние воды в растениях [146, 194]. В результате многолетних исследований Шматько и др. [246, 247] определили параметры водообмена растений в зависимости от характера стрессового действия в разные периоды онтогенеза (гомеостаз), относительной тургесцентности, транспирации, диффузионного сопротивления листьев и других регуляторных факторов водообмена.

Потребление воды растениями тесно связано с фотосинтезом, поскольку расход воды на транспирацию регулируется главным образом системой устьиц (при недостатке воды устьица закрываются), через которые осуществляется также поступление в растение CO_2 [42]. А интенсивность транспирации зависит от влажности почвы [65, 268]. Интенсивность транспирации, в основном, зависит от влажности воздуха. В зависимости от оводнённости тканей листьев и побегов наблюдаются изменения устьичных движений [190]. Устьица закрываются при высоком водном дефиците [138].

Регуляцию водного обмена растений осуществляет транспирация [42, 147]. Ее интенсивность зависит в основном от влажности почвы [65, 270]. Транспирация имеет высокую коррелятивную зависимость от влажности воздуха [65].

Усиление интенсивности транспирации происходит при снижении влажности воздуха, которая зависит от освещённости, повышения температуры [138].

На интенсивность транспирации заметное влияние оказывает структура корневой системы [47, 181].

В процессе эволюции образовались экологические типы растений, обладающие разнообразными адаптациями, связанными с регуляцией водного режима. Это различного рода ксерофиты (мягко- и жестколистные, суккуленты), приспособившиеся к перенесению длительных засух, обитатели пустынь и полупустынь, засушливых степей; гигрофиты и гидрофиты — обитатели водоёмов и болот; мезофиты — промежуточная и наиболее многочисленная группа растений.

Растения по-разному реагируют на изменения влажности почвы при различных атмосферных условиях [79, 194]. При недостатке влаги в почве подавляются ростовые процессы, а рост побегов происходит медленнее [66]. Уровень обеспеченности минеральным питанием влияет на водный обмен растений [36, 148].

Интенсивность водных потоков в растениях связана с продолжительностью дня [138]. Максимально значение потоков обычно регистрируется два раза в день - в утреннее и вечернее время. В дневное время летнего периода относительная скорость водного потока повышается, а в ночное время она минимальная. О степени водообеспеченности можно судить по относительной тургесцентности побегов [179]. Другие авторы считают, что тургесцентность листьев и побегов можно определять, изучая водообеспеченность растений [117]. Передвижение воды в растении связано с восходящим потоком, который образуется вследствие транспирации и корневого давления [8]. На основании проведенных исследований пришли к выводу, что вода по ксилеме передвигается благодаря разности химических потенциалов воды, воздуха и почвы. Действуют силы межмолекулярного сцепления [99, 187].

Водоудерживающая способность может быть использована как показатель адаптивности растений [235].

По данным Реуцкого [192], движение водного потока осуществляется и при отсутствии градиента водного потенциала между листьями и внешними факторами среды.

Существует зависимость между скоростью ксилемного потока, изменением диаметра побегов и действием факторов внешней среды (температура, относительная влажность воздуха, влажность почвы, освещённость). Отмечено, что нарастание водного дефицита ведёт к уменьшению диаметра ствола [256]. На основании измерения диаметра ствола, побегов и корней можно судить о тургесцентности этих органов растений [161].

1.2. Водный потенциал растений и его зависимость от факторов внешней среды

Водный потенциал растений (сосущая сила, дефицит давления диффузии) – сила, с которой растение удерживает влагу (измеряется в барах или атмосферах). Градиент водоудерживающих сил в системе почва – растение – атмосфера является основной движущей силой тока воды. Водный потенциал служит показателем активности воды в растении, т. е. её способности принимать участие в обмене веществ. Для большинства листопадных растений нормальное протекание процессов жизнедеятельности возможно при водном потенциале, не превышающем -15 – -20 бар. Обычно утром он составляет -2 – -3 , в послеполуденные часы - не более -10 – -12 бар. Физиологическим показателем, который характеризует влагообеспеченность растений, является степень открытости устьиц [255]. Отмечена тесная зависимость между водным потенциалом листьев и устьичным сопротивлением [276].

Степень регуляции водного режима растений и его стабильности зависит от водного дефицита и водного потенциала. В результате уменьшения водного потенциала снижается синтез белка и активность нитратредуктазы с одновременным уменьшением содержания абсцизовой кислоты. Были изучены зависимости между диаметром побега растения и его водным потенциалом, а также потенциалом листа [270].

По данным Судницина [210], общее содержание воды в листьях растений заметно изменяется как от влажности почвы, так и от возраста растений и отдельных его органов. Эти работы получили дальнейшее развитие термодинамического подхода в изучении передвижения воды в растении.

Кайбияйнен [82] показал высокую коррелятивную зависимость водного потенциала побегов сосны от действия суммарной солнечной радиации, дефицита влажности воздуха и дефицита влаги в ксилеме. В дальнейшем

были разработаны новые алгоритмические методы и методологические подходы в работе по вопросам фитомониторинга и изучения водного обмена растений в контролируемых условиях [3, 129, 188, 222, 254, 267].

Существует мнение, что водный потенциал тканей растений является наиболее точным показателем водного статуса растений и существенно влияет на движение воды в системе "почва – растение – атмосфера" [288]. Водный потенциал зависит от многих факторов. Листья некоторых растений [268] изменяют свой осмотический потенциал при увеличении водного дефицита. Низкий водный потенциал в транспирационных путях обеспечивает движущую силу для передвижения воды. Линейной зависимости между водным потенциалом листа и почвы не установлено. Осмотическое регулирование даёт возможность листьям поддерживать тургор при низких значениях водного потенциала. Водный потенциал листьев растений характеризует степень обеспеченности почвы влагой и зависимость водного режима растений от метеопараметров [293]. По изменению водного потенциала листьев можно судить о сроках полива различных культур [262, 291]. Водный потенциал тканей является универсальным показателем водного стресса растений, так как содержит информацию как о влагообеспеченности почвы, так и о напряжённости атмосферных условий, создающих водный дефицит в растении [287].

Водный потенциал является движущей силой, которая перемещает водный поток по проводящей ксилеме. Изменение водного потенциала коррелирует со скоростью движения воды по растению [246]. Основываясь на том, что ствол растения является резервуаром для воды, существует определённая зависимость между величиной водного потенциала и скоростью потока воды в ксилеме. При этом наблюдается временное отставание изменения водного потенциала от скорости водного потока [277]. Установлена линейная корреляция между водным потенциалом листьев и скоростью транспирационного потока [188]. Универсальное свойство

растений снижать в условиях почвенной засухи параметры водного режима и интенсивность фотосинтеза позволило разработать алгоритмы оптимального управления водным режимом растений и доказать их достоверность. Непрерывные изменения характеристик водного режима растений: скорости (v) и диаметра (d) дают информацию о наступлении водного дефицита до начала снижения интенсивности фотосинтеза, то есть до угнетения растения водным дефицитом. Разработанные алгоритмы оптимального управления водным режимом растений в условиях почвенной засухи имеют свои диапазоны достоверности, разные для различных культур. Границы достоверности алгоритмов определяются устойчивостью растений к экстремальным факторам внешней среды. Испытания устройств оптимального автоматического управления водным режимом показали, что их применение позволит сэкономить 10-50 % поливной воды и повысить урожайность на 20-30 %. Используя измерения водного потенциала и параметры, от которых зависит урожайность, можно прогнозировать эффективность использования воды при поливе [161].

Развитие теоретических и практических основ водного обмена культурных растений позволило расширить представление о влиянии различных удобрений на водный режим растений [65].

1.3. Оптические свойства листьев в ближнем инфракрасном излучении

Лист высшего растения представляет собой сложную оптическую систему, обладающую способностью эффективно и, по-видимому, оптимально использовать солнечную энергию. Оптические свойства листьев являются важнейшей характеристикой растений и главным образом определяются содержащимися в их тканях фотосинтетическими пигментами, зависят от структуры листа, содержания нефотосинтетических соединений и

воды. Качественные и количественные изменения биохимического состава и структуры неизбежно сопровождаются изменением оптических свойств листьев, что позволяет выявлять возникновение стрессов и исследовать механизмы стрессовой реакции, устойчивости и адаптации растений с помощью не повреждающих их ткани контактных и дистанционных сенсоров [84].

Необходимо также отметить, что изучение этих механизмов очень важно при интерпретации данных, полученных с помощью дистанционного оптического зондирования. Современная техника позволяет регистрировать спектры отражения. Это предоставляет огромные возможности для глобальной оценки фотосинтетической продуктивности на планете, для слежения за состоянием растительности в процессе развития под влиянием различных (в том числе и неблагоприятных) внешних факторов, установления ее экологического благополучия.

Изучению оптических свойств листьев посвящены такие работы [29, 124, 137, 200, 227, 248]. Тимирязев пытался определить поглощение листьев путем извлечения хлорофилла спиртом, делая расчет на площадь и толщину листа. Он установил, что у различных растений поглощение лучистой энергии колеблется в пределах от $1/3$ до $1/5$ прямого солнечного света. Ранее измеряли поглощение, пользуясь радиометром Календара, но при этом не учитывали отраженную от листа радиацию. С появлением достаточно простых и относительно точных актинометрических приборов происходило дальнейшее изучение оптических свойств листьев [200].

Несмотря на существенные морфологические и анатомические различия, листья растений разных видов, содержащие только хлорофиллы и каротиноиды, обладают общими и, по-видимому, универсальными свойствами: коэффициенты их отражения достаточно хорошо коррелирует между собой [206, 266]. Эти корреляции нарушаются в тех случаях, когда в листьях присутствуют или появляются дополнительные пигменты. Благодаря

этому по спектрам отражения удастся оценить физиологическое состояние растения. Обнаружено, что действие высоких интенсивностей света (фотоокислительный стресс) вызывает определенные изменения в характере поглощения пигментов, что может быть использовано для выявления этого типа повреждений [206].

Современная приборная база позволяет использовать аппаратуру, где весь отраженный и пропущенный листом, лучистый поток не выходит за пределы сферы и после многократных отражений попадает на приемное устройство.

Изучение оптических свойств листьев и поглощения ими света имеет большое значение для понимания общих принципов усвоения солнечной энергии, физиологического состояния и адаптационных процессов в растениях.

1.4. Зависимость интенсивности фотосинтеза от условий питания и внешних факторов среды

Одним из основных антропогенных факторов оптимизации условий жизнедеятельности растений с целью получения максимальной продуктивности является оптимизация уровня минерального питания [17, 62, 225]. Изменение минерального питания влияет на различные стороны жизнедеятельности растительного организма [7, 160]. Изучению влияния этого фактора на фотосинтез и накопление органического вещества растениями посвящено большое количество исследований [21, 28, 30, 59, 64, 70, 72, 119, 122, 130, 191, 205, 234, 243, 244].

Обширные данные о структуре хлоропластов и зависимость их состояния от факторов внешней среды представлены в ряде монографий [106, 144, 201, 211]. CO_2 – газообмен, как и транспирация, в основном, осуществляется через устьица, а потому устьичное сопротивление зависит от факторов внешней среды и физиологического состояния растения [27, 55,

220]. Обнаружена прямая зависимость между влажностью почвы, фотосинтезом и урожайностью [139, 140, 261]. Интенсивность фотосинтеза так же зависит и от устойчивости фотосинтетического аппарата к действию водного и азотного стрессов, у гибридов кукурузы объясняется более развитой корневой системой [223].

Одним из важнейших условий нормальной и интенсивной работы фотосинтетического аппарата и высокой продуктивности фотосинтеза является достаточное снабжение растений элементами минерального питания [153].

Результаты физиологических исследований в этом направлении показывают, что в основном изучено влияние минеральных элементов на интенсивность усвоения углекислоты и содержание хлорофилла в листьях различных растений, причем в большинстве работ определение проводилось в отдельные периоды вегетации без охвата онтогенетических изменений. Сравнительно мало исследовано влияние минеральных элементов и их сочетаний на динамику формирования площади листьев, продолжительность их индивидуальной жизни, продуктивность фотосинтеза, направленность фотосинтетической деятельности.

Многочисленными авторами констатируется положительное действие азота на интенсивность фотосинтеза в естественных условиях [59, 121, 153, 196]. Отмечен эффект фосфора в поглощении углекислоты листьями различных растений [59, 152].

Работы по влиянию минеральных элементов на онтогенетическое изменение интенсивности фотосинтеза свидетельствуют о различном характере действия отдельных элементов в зависимости от фазы развития. Выявляется подавление интенсивности фотосинтеза в начале вегетации под влиянием азота, резкое ускорение – под действием фосфора и относительное снижение усвоения CO_2 во второй половине вегетации при усиленном фосфорном питании [59]. Отмечено, что азот способствует заметному

повышению интенсивности фотосинтеза как физиологически молодых, так, особенно, и стареющих листьев [209]. Действие минеральных элементов на фотосинтез в определенной степени связано с сочетанием различных факторов, с особенностями растений, физиологическим состоянием самого растения.

На фотосинтетическую деятельность оказывает влияние температура, влажность воздуха и освещенность [26, 41]. Растения, удобренные азотом, имеют более высокое световое насыщение [153]. Уровень азотного питания, оказывает сильное влияние на ход световых кривых фотосинтеза, в резко выраженной форме повышая коэффициент использования солнечной радиации, как при низкой освещенности, так и при высокой. Тот факт, что азот способствует интенсивному усвоению углекислоты при низкой освещенности, имеет важное значение для более продолжительной продуктивной фотосинтетической работы растений в течение суток и для высокой продуктивности листьев средних и нижних ярусов. Вместе с тем изучение световых кривых фотосинтеза у растений, которые произрастали при различных условиях освещения и обеспечения азотом и фосфором, позволило выявить определенные закономерности влияния этих элементов на адаптацию растительных организмов, к свету разной интенсивности [96].

Применение минеральных и органических удобрений во всех случаях приводит к значительному увеличению площади листовой поверхности различных растений [150]. Азотное удобрение имеет большое значение в повышении продуктивности растения благодаря положительному влиянию его на ростовые процессы и, в первую очередь, на динамику и размеры ассимиляционной поверхности. Под влиянием азотного питания ускоряется формирование ассимиляционной поверхности и увеличивается продолжительность ее активной деятельности, заметно повышается интенсивность фотосинтеза как физиологически молодых, так особенно и старых листьев [63, 105, 121, 123].

К числу первых работ в области взаимосвязи фотосинтеза с минеральным питанием следует отнести исследования Дорохова [59]. На основании результатов опытов и критического анализа литературных сведений автор делает общий вывод о том, что азот, фосфор и калий в питательной среде в разных концентрациях и соотношениях оказывают четко выраженное влияние на развитие элементов, определяющих общую продуктивность фотосинтеза растительного организма. Таким образом, Л. М. Дорохов дает научное обоснование практическим мероприятиям, направленным на повышение урожая и улучшение его качества.

Изучена фотосинтетическая деятельность при различных уровнях плодородия почв, водообеспеченности и т. д. Установлено, что у растений, выращенных на высоком агрофоне, нарастание листовой поверхности идет наиболее оптимально и коэффициент использования фотосинтетически активной радиации максимально высок. Применение удобрений способствует, в основном, повышению на 50-100% использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) и в резко выраженной форме – суточного прироста биомассы, что происходит за счет увеличения площади листовой поверхности и чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) [48, 49, 231]. Результаты этих экспериментов позволяют дать обоснованную систему удобрений для получения возможно высокого и стабильного урожая при каждом конкретном условии.

Исследования Дорохова и др. [59] проводимые с целью выяснения основных закономерностей изменения фотосинтетической деятельности растений при различном минеральном питании, подтвердили, что режим корневого питания оказывает значительное влияние на многие стороны проявления фотосинтетической деятельности вегетативных органов, а это, в свою очередь, влияет на формирование органов плодоношения.

Работами Губаря и др. [48], выяснялись взаимосвязи между минеральным питанием и фотосинтезом растений. Эксперименты с сахарной

свеклой подтвердили тот факт, что эффективность минеральных удобрений в значительной степени зависит от условий светового режима растений во время роста. В лучших условиях светового режима растения реагируют на повышение дозы полного минерального удобрения большими прибавками веса общей биомассы и массы хозяйственно ценных органов. Аналогичные факты известны в отношении азота [64, 70]. Губарь с соавт. также показали, что повышенные дозы минеральных удобрений приводили к увеличению площади листовой поверхности без снижения ЧПФ.

Таким образом, в ряде вопросов взаимосвязи фотосинтеза с минеральным питанием внесена определенная ясность. Бесспорно, что минеральные элементы оказывают существенное влияние на фотосинтетическую деятельность растений и являются важным фактором в регулировании этого процесса и повышении продуктивности. Необходимы еще сложные эксперименты и исследования комплекса процессов, связывающих внешние факторы воздействия с жизнью и продуктивностью растений и, в результате, с конечным урожаем. Эти исследования включают прежде всего изучение основных показателей фотосинтетической деятельности во взаимосвязи с минеральным питанием на отдельных этапах развития растений и в целом, постфотосинтетических процессов и на основании всего – установление закономерностей, определяющих формирование высокого и качественного урожая.

В соответствии с механизмом первичных реакций фиксации углекислого газа и природой образующихся при этом первых стабильных продуктов различают: C_3 -путь фотосинтеза, C_4 -путь фотосинтеза и фотосинтез по типу толстянковых - САМ-фотосинтез. Восстановление углерода углекислого газа до уровня углеводов практически у всех фотосинтезирующих организмов происходит по единому пути, называемому восстановительным пентозофосфатным циклом (ВПФ-цикл). ВПФ-цикл - основной путь ассимиляции углерода в растениях.

C_3 -путь фотосинтеза был открыт в лаборатории М. Кальвина (1946—1956) (цикл Кальвина). В последствие был открыт цикл превращения углерода, отличный от цикла Кальвина, названный циклом Хэтча-Слэка (C_4 -путь).

В цикле Кальвина выделяют три стадии ассимиляции углерода: карбоксилирование, восстановление и регенерацию.

В цикле Хэтча—Слэка растения осуществляют первичную фиксацию углекислоты через карбоксилирование фосфоенолпирувата (ФЕП) при участии фермента ФЕП-карбоксилазы. Вслед за этим происходит синтез малата (или аспартата) — промежуточных продуктов фиксации CO_2 , которые затем становятся источниками углекислого газа для восстановительного пентозофосфатного цикла. В цикле Кальвина у C_4 -растений, как и у C_3 -растений, восстанавливается углерод CO_2 и синтезируются углеводы.

Для C_4 -растений характерна особая структура листа, так называемая кранц-структура [144].

Растения с C_4 -типом фотосинтеза отличаются от C_3 -растений:

- 1) световое насыщение фотосинтеза достигается у них при более высоких интенсивностях света;
- 2) у C_4 значительно выше скорость фотосинтеза при насыщающих интенсивностях света (40 — 80 мг $CO_2/дм^2$ листа в час по сравнению с 15 — 40 мг $CO_2/дм^2$ листа в час у C_3 -растений);
- 3) температурный оптимум фотосинтеза смещается в область более высоких температур (около 30 — 35 °С);
- 4) значительно меньшие потери воды при синтезе органических веществ в ходе фотосинтеза (250 — 350 г воды при увеличении сухого веса на 1 г по сравнению с 450 — 950 г воды/г сухой массы у C_3 -растений);
- 5) высокая скорость роста и высокая продуктивность;
- 6) очень низкий уровень фотодыхания.

В темновой стадии с участием АТФ и НАДФН происходит восстановление CO_2 до глюкозы. Хотя свет не требуется для осуществления данного процесса, он участвует в его регуляции [143].

У C_3 -растений интенсивность фотодыхания может составлять до 50 % от интенсивности фотосинтеза. У C_4 -растений фотодыхание практически отсутствует. Начальный этап фотодыхания связан с оксигеназной активностью фермента РубФ-карбоксилаза и осуществляется в хлоропластах, последующие реакции проходят в пероксисомах и митохондриях [220]. С одной стороны, у C_3 -растений до 50 % продуктов фотосинтеза может использоваться на фотодыхание, а это значительно снижает продуктивность фотосинтеза. С другой стороны, снижение интенсивности фотодыхания в результате генетических нарушений его отдельных реакций сопровождалось снижением интенсивности фотосинтеза [143].

При ограничении поступления углекислого газа из атмосферы к клетке мезофила, фотодыхание играет роль внутреннего источника энергии CO_2 тем самым поддерживая функционирование цикла Кальвина, а так же является альтернативным акцептором электронов из фотосинтетического электронтранспортного звена. Это способствует разгрузке последнего, предохраняя фотодеструкции его составляющих и образование активных форм кислорода, которых действуют повреждающе на фотосинтетический метаболизм [109].

Одним из ответственных механизмов защиты фотосинтетического аппарата C_3 -растений в условиях угнетения фиксации CO_2 является фотодыхание [207, 208, 283].

Nepeta cataria var. citriodora Beck. и *Agastache foeniculum* Pursh. относятся к растениям у которых фиксация CO_2 осуществляется по типу C_3 -путь.

1.5. Изменение содержания пигментов в листьях в зависимости от условий питания

На Земле нет биологического процесса, который в столь полной мере определяет масштабы, состав, да и саму возможность существования жизни

на нашей планете, как фотосинтез зеленых растений. Хлорофилл заслуживает особого внимания, потому что в процессе фотосинтеза он является светопоглощающим пигментом и принимает участие в метаболических процессах, характеризуется большой реакционной способностью, влияющий на состояние растений в неблагоприятных условиях [201].

Главными внешними факторами, влияющими на образование и сохранение хлорофилла, являются: свет, температура, минеральное питание, вода и кислород. Синтез хлорофилла чувствителен к любому фактору [34, 226].

Активность хлорофилла зависит от его связи с хлорофилл – белково – липоидным комплексом. Прочность связи пигмента в большой мере зависит от действия различных факторов среды, включая степень обеспеченности минеральными веществами. Отмечено изменение содержания хлорофилла в листьях разных растений под влиянием различного минерального питания [34, 98, 258].

По данным Ильницкого и др. [76] количество фотосинтетических пигментов у шалфея лекарственного изменяется в зависимости от условий минерального питания. Найдена положительная корреляция между содержанием пигментов и накоплением биомассы [35, 75, 185, 186].

Увеличением количества хлорофилла и интенсивности фотосинтеза возрастает прямо пропорционально сумме пигментов [53]. Количество хлорофилла является не только прямым фактором фотосинтеза, но и косвенным, в различных условиях окружающей среды, по-разному влияющих на физиологические процессы.

Известно, что удобрения способствуют поддержанию продуктивности работы хлорофилла на более высоком и стабильном уровне. Минеральные элементы оказывают существенное влияние на содержание хлорофилла [107]. Растения, выращенные на высоком агрофоне, отличаются большим содержанием хлорофилла по сравнению с другими вариантами питания [59].

Различные минеральные удобрения по разному влияют на содержание хлорофилла. Д.А. Алиев подробно рассмотрел вопросы динамики изменения хлорофилла в онтогенезе, взаимосвязь содержания хлорофилла с ходом процессов фотосинтетической деятельности и другими процессами обмена веществ в развитии растений, которые в своей совокупности и во взаимодействии определяют продуктивность фотосинтеза [9].

Содержание хлорофилла в течение вегетационного периода меняется. В начале вегетации оно низкое, по мере роста растений быстро повышается, в середине вегетации (наиболее продуктивный период) достигает до своего максимума, затем постепенно его количество падает [9, 58, 145].

Снижение общего количества хлорофилла в листьях контрольных растений в период усиленного образования биомассы связано с недостатком в почве усваиваемых минеральных элементов, главным образом азота. В пользу этого свидетельствуют сведения Губарь и др. [48], указывающие на значительное снижение содержания хлорофилла на низком фоне минеральных удобрений [48]. В дальнейшем при внесении минеральных удобрений снижение содержания хлорофилла устранялось.

Приведенные данные подчеркивают весьма важное значение минеральных элементов, особенно азота, в биосинтезе и стабилизации хлорофилла и активности фотосинтетического аппарата на высоком уровне. Несмотря на высокую коррелятивную зависимость повышенного содержания хлорофилла и высокой продуктивности растений, величина первого показателя не может быть критерием урожайности или продуктивности. Вместе с тем, при увеличении количества зеленого пигмента от сравнительно низкого его содержания до оптимума, оно обязательно коррелирует с продуктивностью растений. Высокое содержание хлорофилла может соответствовать высокой продуктивности растений лишь при определенных конкретных условиях выращивания одной культуры и, естественно, минерального питания.

1.6. Характеристика географического положения ННЦ – НБС

Никитский сад находится на южном склоне главной Крымской гряды, обращённому к Черному морю. Вся территория Сада расположена на крутом склоне, открытом к морю.

Почвенный покров Южного берега Крыма представлен преимущественно коричневыми и бурыми горно-лесными, а также перегнойно-карбонатными горнолесостепными почвами [183].

Почвообразующими породами служат продукты выветривания юрских известняков массандровской формации, глинистые сланцы таврической свиты, песчаники, конгломераты и массивно-кристаллические породы элювиально-делювиального, обвального и оползневого происхождения.

Коричневые почвы характеризуются глубоким проникновением почвообразовательных процессов, высокой оглиненностью профиля, насыщенностью поглощающего (сорбционного) комплекса кальцием, хорошей оструктуренностью. Плодородие этих почв часто лимитируется малой мощностью корнеобитаемого слоя из-за близости плотных подстилающих пород, высокой скелетности, смывости гумусового горизонта [183].

Для коричневой почвы характерны относительно небольшие величины гигроскопической влажности (3,2-4,2%) и максимальной гигроскопической влажности (7,3-8,0%). Почва практически не засолена, токсических для растений нормальных карбонатов не обнаружено. Реакция почвы рН 7,5-7,8. Содержание валового азота 0,16%, гидролизного 4,7 мг на 100 г почвы. Калия содержится: валового 1,33, подвижного 6,67 мг в 100 г почвы. По содержанию фосфора: валового 0,144%, подвижного 4,1 мг на 100 г почвы [183]. По своим свойствам почва вполне пригодна для выращивания эфиромасличных и лекарственных культур [155].

Климат средиземноморский, засушливый, жаркий, с умеренно теплой зимой. Среднегодовая температура воздуха 13⁰С. Температура самого

теплого месяца (августа) 23-25⁰С, самого холодного (февраля) 2,5-4,5⁰С, средний из абсолютных годовых минимумов температуры - 6-9⁰С, абсолютный минимум -15⁰С. В полдень температура воздуха поднимается до 26,5-28,5⁰С, а в отдельные годы до 37-40⁰С. На поверхности почвы максимальная температура в июле 64⁰С, а минимальная в январе -18⁰С. Зимний период, или период с устойчивыми среднесуточными температурами воздуха ниже 0⁰С, наблюдается крайне редко. Осадки в виде снега выпадают ежегодно, но устойчивый снежный покров бывает не более 12 дней. Устойчивый снежный покров, который без перерыва лежит 30 дней и более, образуется 1-2 раза в сто лет. Средняя высота снежного покрова 13-18 см. Повторяемость зимних вегетационных оттепелей 65-70% от общего числа лет наблюдений. Так как эти оттепели обычно прерываются слабыми, частыми безморозными похолоданиями, растения после них страдают сравнительно редко.

Первые заморозки наблюдаются в начале декабря, весенние прекращаются в конце второй декады марта. Безморозный период составляет 259 дней. Сумма активных температур выше 10⁰С равна 3940⁰С, выше 15⁰С – 3245⁰С. Годовое количество осадков 535 мм, из них в вегетационный период выпадает 260 мм. Максимальное количество (75 мм в месяц) наблюдается в декабре, минимум (29 мм) в апреле – мае. Годовая испаряемость 900-1100 мм, в период активной вегетации растений 850-860 мм, что в 3,7 раза больше суммы осадков, выпадающих в это время [232].

1.7. Ботаническая характеристика и биологические особенности

Nepeta cataria

1.7.1. Ботаническое описание *N. cataria*

Род котовник *Nepeta*, насчитывающий в мировой флоре более 200 видов, принадлежит к числу наиболее крупных в семействе *Lamiaceae*.

Виды рода *Nepeta* – преимущественно горные растения. Они растут во всех горных поясах, но наиболее обильно представлены в среднем и верхнем поясах гор.

Котовник кошачий (*Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck.) – многолетнее растение из семейства *Lamiaceae*. Распространён в Западной Европе на севере до Ирландии, Южной Норвегии; в Передней Азии - до Гималаев. Как заносное растение встречается в Северной Америке, Южной Африке, Японии, как дикорастущее - в европейской части СНГ, Западной Сибири, на Дальнем Востоке, Северной Азии. Культивируется в странах Западной Европы, США, в центральной части Украины, на Кавказе [155, 176].

Интродуцирован из Чехии в 1966 году. В период с 1966 по 1972 годы в НБС–ННЦ проводились работы по изучению особенностей 29 видов котовников [86].

Стебли плотные, прямостоячие, сильно ветвистые, облиственные. В поперечном сечении имеют вогнуто четырехугольную форму.

Котовник кошачий имеет мутовчатое, перекрестно-супротивное листорасположение. Листья треугольно-яйцевидные с сердцевидным основанием, острые, крупнозубчатые, обе поверхности опушенные. Основание листа почковидное, верхушка заостренная. Нижняя поверхность светло-зеленая, верхняя немного темнее, густоопушенная, особенно по жилкам. Черешок листа в 2-4 раза короче пластинки, тонкий изогнутый, желобчатый.

Цветки обоеполые, пятичленные, двухгубые, собранные в густых сложных полусонтиках, собранных на концах стебля и ветвей в виде кисти, венчик фиолетово-белый. Тычинки голые с фиолетово-синими, лежащими над верхней губой пыльниками. Цветки собраны в многоцветковых густых ложных мутовках.

Тип соцветия – франдулезно-брактериозное, относится к сложному удлинённому полителическому тирсу, состоящему из 7-13 пар цимоидных

парциальных соцветий, представляющих двойные дихазии. Плод – темно-коричневый эллиптический гладкий орешек, эллипсоидальной формы. Созревают в июле-августе. Семена *N. cataria* хранятся в течении трёх и более лет. Их всхожесть со временем снижается. Масса 1000 штук – 0,6 грамм [155, 176].

Цветёт в июне-июле. На второй и последующие годы в каждом кусте формируется от 15 до 50 цветоносных стеблей высотой 100 см и более. Прямостоячие, сильно ветвистые, хорошо облиственные в зоне ветвления.

1.7.2. Значение и использование *N. cataria*

Наземная масса *N. cataria* обладает приятным лимонным ароматом, жгучим вкусом и представляет значительный интерес для пищевой промышленности и кулинарии [71].

В наземной части растения содержатся дубильные и горькие вещества, гликозиды, сапонины. В листьях – витамин С (до 190 мг/%), каротин. Свежее сырье богато аминокислотами (121 мг/%), содержит такие важные элементы: азот, фосфор, калий, магний, железо, марганец, цинк, медь, хром, серу. Настой травы применяется при бронхите, простуде, воспалении легких, малокровии, неврозах сердца, как аппетитное, общеукрепляющее, желчегонное и противоглистное средство [250]. Обладает спазмолитическим, антидепрессивным, антимикробным действием по отношению к золотистому стафилококку, кишечной палочке, дрожжам [290]. Обладает высокой антивирусной активностью [118, 182]. Используется при хронических вирусных гепатитах [103].

Благодаря антимикробному действию *N. cataria*, его используют наружно при гнойных заболеваниях кожи. Водный настой применяется в качестве профилактического средства против свинцового отравления. Экстракт *N. cataria* обладает высокими антиоксидантными свойствами [88, 197, 250].

В наземной части содержится эфирное масло, имеющее высокую антимикробную активность. Эфирное масло – бесцветная или слегка желтоватая жидкость с приятным травянистым лимонным, розовым ароматом. В семенах находится до 27% жирного масла [155]. При весьма малых концентрациях в воздухе, быстро снижает высокое кровяное давление. Эфирное масло может применяться в качестве фунгицида для борьбы с плесневыми грибами [250].

В индийской медицине листья и цветущие верхушки растения используются в качестве ароматического, ветрогонного, тонического, потогонного, жаропонижающего и стимулирующего средства. Эфирное масло может быть использовано в парфюмерии, медицине, кулинарии [52, 101]. Считается прекрасным медоносом, дающим большое количество нектара [113, 250].

В Европе и странах Востока растение употребляется в качестве пряности. Экстракт и эфирное масло с сильным лимонным запахом применяют при производстве кондитерских изделий, в парфюмерной промышленности, мыловарении, могут использоваться для ароматизации чая и тонических напитков, различных соусов; растительное сырьё - при консервировании рыбы, приготовлении сыров. Ароматические свойства *N. cataria* используются в производстве виноградных вин [46, 128].

Присутствие большого количества непеталактонов в эфирном масле является причиной привлекательности котовника для кошек. Отмечается отпугивающее действие этого вещества для комнатных насекомых (комары, тараканы), что делает возможным использование эфирного масла *N. cataria* в средствах против этих насекомых [257, 263].

1.8. Ботаническая характеристика и биологические особенности *Agastache foeniculum*

1.8.1. Ботаническое описание *A. foeniculum*

Виды рода *Agastache*, входящие в семейство *Lamiaceae*, произрастают на каменистых склонах, осыпях, галечниках, лугах, высокогорной степи, на высоте от 2000-3000 метров.

Лофант анисовый (*Agastache foeniculum* Pursh.) – многолетнее травянистое растение. В природе распространен от запада США до Канады, в Восточной Азии, Центральном и Восточном Китае, Японии, на Дальнем Востоке, в России и Средней Азии. В культуре известен в Восточной Азии - местах естественного произрастания. Является исчезающим видом [155]. Никитским ботаническим садом интродуцирован в 1976 году из Польши.

A. foeniculum – поликарпическое растение, надземная часть которого представляет собой систему однолетних монокарпических побегов, отмирающих в конце вегетационного периода с последующим возобновлением весной следующего года из зимующих почек, располагающихся вблизи уровня почвы.

Растение высотой до 1 метра и более. Стебли многочисленные, ветвистые. Листья черешковые, сердцевидно-ланцетные, редко - зубчатые, крупные, до 10 см длиной и 4,5 см шириной, светло-зеленые слабоопушенные.

Цветки собраны в колосовидные соцветия (ложные мутовки), которые располагаются на осевых и боковых побегах. Длина верхушечных соцветий 22-23 см, боковых 11-12 см. Чашечка трубчатая или трубчато-колокольчатая, прямая или слабо согнутая. Венчик белый с 15 жилками, внутри с волосистым кольцом.

Плод-орешек, гладкий, темно-коричневый, продолговато-овальный, мелкий. Масса 1000 штук – 0,4 грамм. Корень мочковатый, хорошо развитый [176].

1.8.2. Значение и использование *A. foeniculum*

Растение обладает приятным мятно-анисовым запахом и сладким вкусом. В цветущих соцветиях содержится эфирное масло с запахом аниса и фенхеля. С лекарственной целью используется как надземная, так и подземная части растения и эфирное масло. Основой фармакологического действия являются: эфирное масло, флавоноиды и микроэлементы.

В сырье *A. foeniculum* содержатся жизненно важные для организма человека макро- и микроэлементы: магний, кальций, фосфор, азот, железо, цинк, медь, никель, кобальт, свинец, бор, кадмий.

В научной медицине *A. foeniculum* применяется в фитопрепаратах иммуностимулирующего и радиопротекторного действия. Флавоноиды, имеющиеся в надземной части растения, обуславливают неспецифическую противоопухолевую активность. Галеновые препараты *A. foeniculum* (чай, отвары, настои и экстракты), оказывают успокаивающее действие на центральную нервную систему и обладают противосудорожным действием, снижают давление. Настой цветков применяется внутрь и наружно при параличах (в частности лицевого нерва) и невралгиях [250].

Сырье *A. foeniculum* было опробовано в составе фитосборов сердечно-сосудистого и противовоспалительного действия при санаторно-курортном лечении детей из Чернобыльской зоны. Получены положительные результаты. Рекомендуются для грудных, сердечных и желудочных сборов [178, 182].

Эфирное масло представляет из себя жидкость светло-желтого цвета с приятным мятно-анисовым ароматом. Сырьем для получения эфирного масла является вся его разветвленная масса с соцветиями, собранная в фазе

массового цветения в сухую, солнечную погоду. Эфирное масло оказывает противовоспалительное, обезболивающее, противосудорожное, противоспазматическое, иммуностимулирующее, радиопротекторное, стимулирующее кроветворение, противомикробное действие [184]. В виде ингаляций оказывает успокаивающее действие на психоэмоциональное состояние. Обладает фунгицидной активностью [74].

Обладает бактерицидным действием, используется в парфюмерной, мыловаренной и консервной промышленности [52, 250]. *A. foeniculum* является перспективной, пряно-ароматической, эфиромасличной и лекарственной культурой с оригинальными и очень ценными свойствами. Используется в пищевой промышленности [6, 101]. Является прекрасным медоносом [108].

Было выяснено, что вопросами интродукции занимались: в АР Крым [10, 13, 71, 85, 86, 90, 132], Украине [31, 33], Республике Беларусь [115, 116], России [37, 44, 45, 68, 69, 204, 212], Республике Молдова [25]. Ботаническими аспектами в Республике Азербайджан [18], Республике Казахстан [213], России [61, 111, 112, 120, 147, 230], Республике Эстония [273], Индии [272], США [269]. Агротехникой выращивания в Республике Молдова [23, 24, 240], России [5, 55, 233, 236], АР Крым [79], Украине [162]. Изучением эфирного масла занимались в Республике Молдова [11, 110, 126], АР Крым [12, 88, 197, 202], Республике Абхазия [56, 57, 73, 80, 141, 142], Республике Азербайджан [134], России [32, 39, 133, 184]. Биологическими особенностями в АР Крым [89], Украине [195], Литовской Республике [251], России [83], Республике Армении [237]. Над вопросами семенного размножения работали в Республике Азербайджан [50, 135, 136]. Изучением биохимических вопросов в Республике Молдова [217, 252], Республике Азербайджан [154], России [100, 156, 245, 274], Республике Польша [275, 295], Республике Австрии [260], Иране [259], Палестине [265], КНР [285], Республике Франция [292]. Ролью и значением удобрений в продуктивности

и повышении урожая в АР Крым [91, 92, 159], Республике Молдова [128, 127, 219, 239, 241], России [131], Украине [238, 253]. Вопросами селекции преимущественно в АР Крым [14-16, 198, 199]. Физиологические стороны жизнедеятельности практически не изучались, сведения по *N. cataria* полученные из Республики Молдова [218] и России по *A. foeniculum* [5].

Решению поставленной задачи способствует использование перспективных методов в изучении физиологических процессов, продукционного процесса и факторов среды, определяющих уровень накопления биомассы, эфирных масел. В данной работе мы постарались ответить на ряд нерешенных вопросов.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В связи с поставленными задачами исследований мы изучали различные процессы жизнедеятельности растений. Особенно полезным в наших исследованиях оказалось применение нового направления в науке – фитомониторинга. Методология и приборная база его позволяют решать широкий круг задач: выявлять зависимости процессов жизнедеятельности растений от изменяющихся факторов внешней среды; оценивать устойчивость растений к экстремальным факторам среды. Фитомониторинг дает возможность разработать универсальные способы оценки и прогноза продуктивности культурных растений, позволяющих определять и, по возможности, поддерживать оптимальные условия их выращивания с целью получения максимальных урожаев и экономии различных ресурсов (электроэнергии, воды, удобрений и т.п.) [161].

В наших исследованиях применялись 3 варианта внесения удобрений и контроль, почва без внесения каких - либо удобрений:

1. Минеральное ($N_{60}P_{60}$) + органическое удобрение (навоз 40 т/га);
2. Органическое удобрение (навоз 40 т/га);
3. Минеральное удобрение ($N_{60}P_{60}$);
4. Контроль.

Опыты проводились в 10-кратной повторности. Период проведения опытов – с марта по октябрь с 2002 года по 2005 год. Растения выращивались на участках (10x10 метров), а также в ёмкостях (объем 20 литров), достаточно больших для свободного размещения корневой системы. Удобрения вносились по схеме агротехнических рекомендаций для данных культур: минеральных удобрений 3 ц/га ($NH_4NO_3 + Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$); навоз 40 т/га. Использовались сорта селекции НБС–ННЦ: *N. cataria* – сорт Победитель-3 и *A. foeniculum* – сорт Памяти Капелева.

Эксперименты проводились в климатической камере, позволяющей регулировать величину параметров окружающей среды. Для проведения опытов использована фитометрическая система «Экоплант», позволяющая регистрировать основные функциональные параметры растений и факторы внешней среды. Система способна измерять: температуру листьев растения, воздуха и почвы, разность температур лист-воздух, скорость ксилемного и флоэмного потоков в стеблях растений и изменение их тургесцентности (диаметра), рост различных органов растений, интенсивность фотосинтеза, устьичного сопротивления листьев, водного потенциала почвы и влажность воздуха. Для измерения интенсивности фотосинтеза система «Экоплант» имеет встроенный инфракрасный газоанализатор типа «Infralit-4» с коммутатором газовых каналов [161].

При изучении зависимости интенсивности фотосинтеза от основных факторов внешней среды, один из параметров является независимой переменной, а остальные стабилизировались. Полученные зависимости ($\Phi L = f/I$; $\Phi L = f/\Psi_s$; $\Phi L = f/t_A$; $\Phi L = f/h_A$), где: I – интенсивность солнечной радиации, кВт/м²; Ψ_s – водный потенциал почвы, бар; h_A – относительная влажность воздуха, h_A %; t_A – температура воздуха, °С), описывались полиномом пятой степени или представлялись в виде уравнения линейной регрессии.

Для проведения экспериментов по изучению водного режима растений применены фитометрические методы [1, 3, 43, 93, 97, 289, 294]. При помощи соответствующих датчиков можно вести непрерывную регистрацию процессов жизнедеятельности растений.

Изучение ритмов роста и развития растений проводили методом фенологических наблюдений [22]. В течение вегетационного периода у исследуемых растений отмечали следующие фенологические фазы:

а) начало вегетации – момент появления ростков над поверхностью почвы;

б) закладывание бутонов – определяется началом формирования цветочных почек на вершине стебля;

в) массовая бутонизация – наступает тогда, когда более половины бутонов в нижней части оси соцветия уже сформированы. Эта фаза пролонгируется вплоть до периода массового цветения растений, так как развитие соцветия происходит в акропетальном порядке, в соответствии с которым бутоны развиваются от нижних ярусов кверху.

г) начало цветения – определяется с момента распускания первых цветков на отдельных стеблях;

д) массовое цветение – определяется визуально, когда больше половины растений активно цветет;

е) конец цветения – определяется визуально, когда вся ось соцветия состоит из хорошо сформированных чашечек и одиночно встречающихся цветков.

Биометрические измерения производили в течение всего периода вегетации один раз в декаду. Измеряли высоту и диаметр растений, количество и длину стеблей; длину, ширину листовой пластинки; длину, ширину чашечки; диаметр, длину соцветий [67]. Учет биологического урожая проводили в фазе «массовое цветение» растений по методике Б.А. Доспехова [60]. Сырье срезали вручную и сразу взвешивали. Выкопку и взвешивание корня производили по окончанию вегетационного периода.

Посевные качества семян определяли согласно методическим указаниям, изложенным в работах М.К. Фирсовой. Семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге при $t=20^{\circ}\text{C}$ [228].

Почвенную засуху в вегетационных сосудах создавали путём прекращения полива растений, сосуды закрывали полиэтиленовой плёнкой во избежание попадания влаги в почву.

Концентрацию хлорофиллов и каротиноидов в вытяжке определяли спектрофотометрически с использованием двухволнового метода (спектрофотометр СФ-46) [180].

Определение хлорофиллов и каротиноидов осуществлялось в течение вегетационного периода. Влажность почвы поддерживалась на уровне 70% НВ.

При определении концентрации хлорофиллов и каротиноидов использовались листья растений среднего яруса.

Массовую долю эфирного масла в растениях определяли методом гидродистилляции по А.С. Гинзбергу [180] на аппаратах Клевенджера и пересчитывали на абсолютно сухую массу растительного сырья.

Статистическую обработку результатов исследования проводили на при помощи персонального компьютера с использованием статистических пакетов «Excel», «Statistica» [19].

Величины параметров внешней среды измерялись при помощи специальных технических средств, входящих в комплект фитометрических установок ИСР-2Т и «Экоплант», разработанных КБ «Биоприбор» г. Кишинёв (рисунок А.1). Таковыми явились: температура воздуха и почвы, солнечная радиация, влажность воздуха и почвы, водный потенциал почвы.

Влажность почвы определялась при помощи датчиков водного потенциала почвы ДВП-02П, входящих в систему «Экоплант». Датчик по своим техническим характеристикам аналогичен датчику для измерения водного потенциала листьев.

Корпус датчика выполнен из материалов, снижающих влияние температурных градиентов в почве на показания датчика. Влагопроницаемая перегородка датчика выполнена из пористой пластмассы и предохраняет чувствительный элемент.

Датчик устанавливается в зоне корневой системы растения рядом с датчиком для измерения температуры почвы типа ПТП-2.

Датчик температуры почвы:

Диапазон измерения: 5-50°C

Погрешность: $\pm 0.3^\circ\text{C}$

Стабильность: $\pm 0.5^\circ\text{C}$

Имеет два датчика для глубины 1 и 11 см.

Интегральную и фотосинтетическую облученность измеряли при помощи преобразователей ПИО-3 и ПФО-1, также входящих в комплект системы «Экоплант». Датчики ПИО-3 и ПФО-1 состоят из собственно датчика с вакуумным термоэлементом и промежуточного преобразователя. Датчики снабжены корректирующей насадкой, светофильтрами и автоматическим затвором. Промежуточный преобразователь обеспечивает усиление сигнала датчика и управление затвором (рисунок А.2).

Диапазон измерения	ПИО – 3	ПФО – 1:
вт/м	250 – 2000	1 - 1000
Спектральный диапазон, нм	380-2500	500-700
Относительная погрешность, %	± 10	± 10

Датчики располагались, непосредственно, в зоне проведения опыта.

Температуру воздуха измеряли при помощи преобразователя ПТВ-1. Он содержит также микротермистор МТ54М и снабжен светоотражающим экраном.

Диапазон измерения 0-50°C.

Основная погрешность $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Датчики располагались, непосредственно, в зоне проведения опыта.

Температуру почвы измеряли датчиком ST-22

Диапазон измерения: 5-50°C

Погрешность: $\pm 0.3^\circ\text{C}$

Стабильность: $\pm 0.5^\circ\text{C}$

Имеет два датчика для глубины 1 и 11 см.

Относительную влажность воздуха измеряли при помощи серийно выпускаемого прибора типа ГС-210, а также при помощи входящего в систему «Экоплант» преобразователя ПВВ-1, который предназначен для измерения абсолютной влажности воздуха и состоит из датчика и промежуточного преобразователя. Датчик представляет собой хлористолитиевый подогревной элемент, содержащий платиновый термометр сопротивления градуировки 100 П.

Диапазон измерения точки росы, °С	0-40°С
Погрешность, °С	± 1°С.

Датчики располагались, непосредственно, в зоне проведения опыта.

Измерения параметров жизнедеятельности растения производились при помощи различных датчиков и приборов:

Интенсивность фотосинтеза регистрировали при помощи фитометрической системы «Экоплант», в состав которой входит инфракрасный газоанализатор «Инфралит-4» с 8 каналами и датчиками типа КЛ-1. Она содержит две подвижные прозрачные створки, которые в исходном положении отведены от листа, а во время отбора пробы воздуха автоматически замыкаются и ограничивают участок листа фиксированной площади. Листовые камеры автоматически закрываются на 90 сек. За такой промежуток времени лист не успевает перегреться, что доказано специально проведенными экспериментами, и обеспечивают минимальное возмущение условий жизнедеятельности исследуемого листа [161]. Площадь ограниченного участка листа равна 0,2 дм². Информация от газоанализатора поступает в базу данных компьютера.

При изучении зависимости $\Phi_L = f/I$ (кВт/м²) влажность почвы равнялась 90-70% НВ, температура воздуха = 22-26°С; h_A , % = 70-80 %. Температура воздуха поддерживалась при помощи холодильной установки и нагревателя. Освещённость изменяли путём включения/выключения дополнительных ламп и удаления их от растений.

Для измерения интенсивности фотосинтеза датчики располагали на листья среднего яруса.

Для измерения водного потенциала листьев применён психрометрический метод [97, 161]. Датчики и установка для измерений разработаны и изготовлены КБ «Биоприбор» г. Кишинёв (рисунок А.3). Использовались датчики двух типов: ДВП-01 и ДВП-03. Датчик ДВП-01 предназначен для измерения водного потенциала растительных образцов. Каждый датчик подвергался индивидуальной калибровке. Датчик ДВП-03 предназначен для измерения водного потенциала высечек листьев растений. Указанные датчики применены в фитометрической системе «Экоплант», где информация от них обрабатывается по специальному алгоритму и поступает в базу данных ЭВМ для дальнейшей обработки.

Для измерения водного потенциала листьев брались листья среднего яруса.

Для измерения разности температур лист-воздух использовали индикатор ИРТ-2, также входящий в систему «Экоплант». Датчик содержит дифференциальную медь-константановую термопару, закрепленную в специальном зажиме таким образом, что один ее спай прижимается к листу, а другой расположен в воздухе за пределами пограничного слоя и защищен светоотражающей перфорированной трубкой. Промежуточный преобразователь усиливает сигнал термопары.

Коэффициент усиления сигнала термопары 5000

Для измерения разности температур лист-воздух датчики располагали на листьях среднего яруса.

Температуру листа измеряли при помощи специального преобразователя типа ПТЛ - 3, входящего в систему «Экоплант». Датчик содержит микротермистор типа МТ54М, снабженный специальным зажимом для прикрепления к листу исследуемого растения.

Диапазон измерения, °С 0-50°С

Основная инструментальная погрешность $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$

Расстояние от точки измерения до края листа, не более 12 мм

Для измерения температуры листа датчики накладывались на листья среднего яруса.

Измерение устьичного сопротивления листьев. Метод Тона – Клеймана [4].

Сущность метода заключается в том, что неотделенный лист растения помещают в камеру, выполненную из прозрачного материала (что предотвращает световую реакцию устьиц). На лист и на эвапориметр, который находится в листовой камере, устанавливаются дифференциальные датчики температур «лист-воздух». Затем камера закрывается и происходит ее насыщение парами воды из воздуха и эвапориметра. Этот процесс в виде сигналов от двух дифференциальных термопар, которые усиливаются усилителями, регистрируется на двухкоординатном самопишущем потенциометре до полного насыщения камеры влагой.

Для измерения устьичного сопротивления листьев датчики располагались на листья среднего яруса.

Относительную скорость ксилемного потока ($V_{\text{отн}}$) измеряли при помощи индикаторов ИВП-4 и ИВП-5, входящих в системы ИСП-2Т и «Экоплант». Датчики предназначены для различных диаметров стебля (рисунок А.4).

ИВП-4 от 1 до 5 мм

ИВП-5 от 4 до 10 мм

Датчик выполнен в виде разъемного теплоизолирующего цилиндра с отверстием по оси. В полости цилиндра размещены подпружиненные нагревательные элементы и термобатарея из восьми дифференциальных медь-константановых термопар.

Мощность, выделяемая на нагревателе, МВт 30

Коэффициент усиления сигнала термобатареи 5000

Ориентировочный диапазон значений потока составляет 0-3 мл/ч.

Для измерения относительной скорости ксилемного потока датчики накладывались на верхние и нижние точки стеблей.

Интенсивность транспирации измеряли весовым методом [38].

Изменение диаметра стеблей растений измеряли при помощи преобразователей ПИД-3 и ПИД-4 (рисунок А.6).

Датчик ПИД-3 предназначен для измерения диаметра от 4 до 10 мм, а ПИД-4 от 1 до 5 мм.

Диапазон измерений, мм от -1 до + 1

Основная погрешность, мм $\pm 0,03$.

Порог чувствительности преобразователя - порядка единиц микронов.

Для измерения диаметра стеблей растений датчики располагались на среднем ярусе.

Указанные датчики применены в фитометрической системе «Экоплант», где информация от них обрабатывалась по алгоритму и поступала в базу данных ЭВМ для дальнейшей обработки. Каждый датчик подвергался индивидуальной калибровке.

Оптические свойства листьев растений измеряли при помощи полупроводникового лазерного спектрофотометра - «Перфот-93» (Ленинградское оптико-механическое объединение ЛОМО). Полоса его излучения имеет максимум на длине волны 935 нм, находящийся в полосе поглощения воды в области 900-1000 нм [124]. «Перфот-93» позволяет одновременно регистрировать значения интегральных коэффициентов отражения, поглощения и прохождения излучения и использовался для дискретных измерений. Диаметр луча (пятна) 2 мм.

Изменения оптических характеристик листьев сопоставлялись с состоянием водного режима интактных растений – нарастанием водного дефицита, реакцией на полив.

Для быстрого обезвоживания листьев их срезали с растения. Толщина листьев использовалась в качестве характеристики их оводненности. Измерения толщины листьев в описываемой серии экспериментов выполнены с помощью специально приспособленного циферблатного микрометра - тургомера Кушниренко (цена деления 10 мкм) [2].

Для измерения оптических свойств листьев использовались листья среднего яруса.

3. ВЛИЯНИЕ МЕТЕОФАКТОРОВ И РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ *NERETA CATARIA* *VAR. CITRIODORA* ВЕСК., *AGASTACHE FOENICULUM* PURSH.

Вода – первичная ниша жизни, только в процессе эволюции суша и атмосфера стали вторичной экологической нишей. Активное проявление жизни без воды вообще невозможно [143]. Вода является важнейшим исходным, промежуточным и конечным продуктом многих превращений и средой, в которой протекает обмен веществ. Это подчеркивает ее огромное экологическое и физиологическое значение в жизни растений. Вопросы водного режима всегда вызывали интерес у исследователей. Проблемы водного режима, засухоустойчивости давно привлекают внимание ученых в связи с наличием засух и недостатка воды в некоторых районах планеты и нашей страны.

По водному обмену культурных растений имеются работы [51, 65, 99, 203, 221, 246, 247, 271]. Однако информация об особенностях водного режима эфиромасличных культур, таких как *N. cataria* и *A. foeniculum* носит отрывочный характер. Работами авторов [5, 10-16, 18, 23-25, 31-33, 37, 39, 44, 45, 50, 54, 56, 57, 61, 68, 69, 71, 73, 74, 80, 83, 85-92, 100, 110-112, 115, 116, 120, 126-128, 131-136, 141, 142, 147, 154, 156, 159, 162, 184, 195, 197-199, 202, 204, 212, 213, 217-219, 230, 233, 236-241, 245, 251-253, 260, 265, 272-275, 259, 269, 285, 292, 295], которые занимались непосредственно *N. cataria* и *A. foeniculum*, также вопросы водного режима не были раскрыты.

В этой главе мы рассматриваем особенности водного режима данных культур с целью оптимизации условий их выращивания.

3.1. Влияние метеофакторов на процесс транспирации *N. cataria*, *A. foeniculum*

Из научной литературы известно, что интенсивность транспирации листьев является информативной характеристикой динамики водного обмена растения и его взаимосвязей с факторами внешней среды, так как определяется их напряжённостью.

Были проведены серии опытов для определения влияния параметров внешней среды на процесс транспирации.

Известно, что разность температур лист – воздух (Тл. – Тв.) является косвенной характеристикой интенсивности транспирации [161] и мы использовали этот параметр в своих исследованиях (рисунок 3.1).

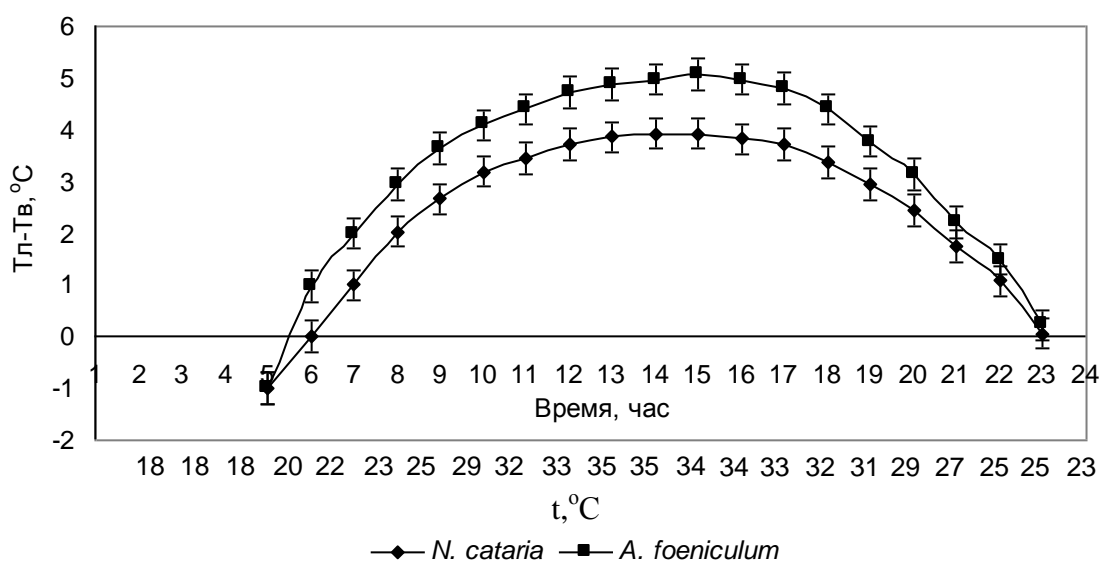


Рис. 3.1. Изменение разности температур лист – воздух (Тл. – Тв.) за светлое время суток (вариант №4)

В утренние часы (5:00) разность температур отрицательная, т.е. лист холоднее воздуха, затем при повышении интенсивности солнечной радиации и, соответственно, повышении температуры воздуха, лист постепенно нагревается и его температура становится выше температуры воздуха, несмотря на охлаждающее воздействие транспирации. Начиная с 6.00-7.00

лист *A. foeniculum* нагревается быстрее, относительно *N. cataria*, разница между ними достигает 1 °С. Величина Тл.-Тв. зависит от особенности строения листа (анатомически лист *N. cataria* отличается большей опушенностью, относительно *A. foeniculum*) и напряженности всех факторов внешней среды, в первую очередь, от влажности почвы [161].

Максимальную температуру листья обеих культур приобретают, приблизительно, к 15:00 часам. Разница температуры лист – воздух составила 4 °С для *N. cataria* и 5 °С *A. foeniculum*, затем в вечерние часы, по мере снижения температуры воздуха, она несколько снижается. В это же время максимальная разница температур между изучаемыми объектами равнялась 1,15 °С. При изучении зависимости интенсивности транспирации от освещенности, для исключения влияния остальных факторов внешней среды, они были стабилизированы и составили: влажность почвы 90-70% НВ, Твоз. = 22-24 °С; $h_A = 70-80\%$ (рисунок 3.2).

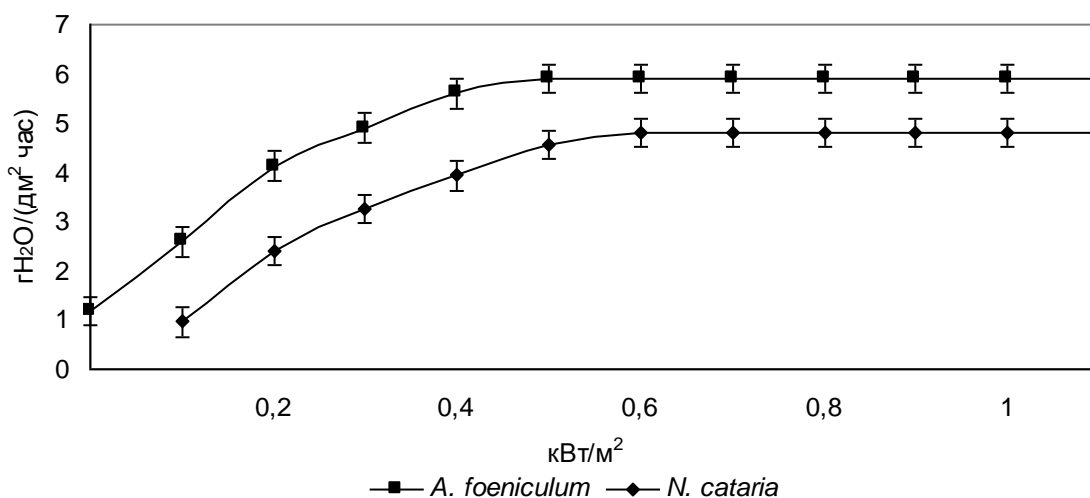


Рис. 3.2. Зависимость интенсивности транспирации от освещенности (вариант №4)

Световая кривая приближается к плато насыщения при освещенности 0,5-0,6 кВт/м². Пороговая чувствительность процесса транспирации выше у *A. foeniculum*, относительно *N. cataria* в два раза и отмечается при значении 0,06 кВт/м². В то время как у *N. cataria* наблюдается только при 0,12 кВт/м².

Это является так же важной характеристикой данных культур при их выращивании.

Полученная зависимость была аппроксимирована полиномом 5-й степени и были рассчитаны следующие коэффициенты:

A. foeniculum $C_0 = -0,072$; $C_1 = 7,36$; $C_2 = -25,18$; $C_3 = 46,102$; $C_4 = -42$; $C_5 = 14,054$ $R^2 = 0,8927$.

N. cataria $C_0 = -0,069$; $C_1 = 7,34$; $C_2 = -25,15$; $C_3 = 46,50$; $C_4 = -41$; $C_5 = 14,033$ $R^2 = 0,9042$.

Одной из движущих сил поступления воды к листьям является дефицит влажности воздуха [161]. Недостаточная влагообеспеченность растений приводит к снижению скорости передвижения ассимилятов [65, 138]. При почвенной и атмосферной засухе изменяется образование первичных продуктов фотосинтеза, а также постфотосинтетическое превращение углерода [216].

Нами была определена зависимость интенсивности транспирации от водного потенциала воздуха, где влажность почвы в сосудах поддерживалась на уровне 70-80% НВ, $Q = 0,5$ кВт/м², $T_{в.} = 22-24$ °С (рисунок 3.3).

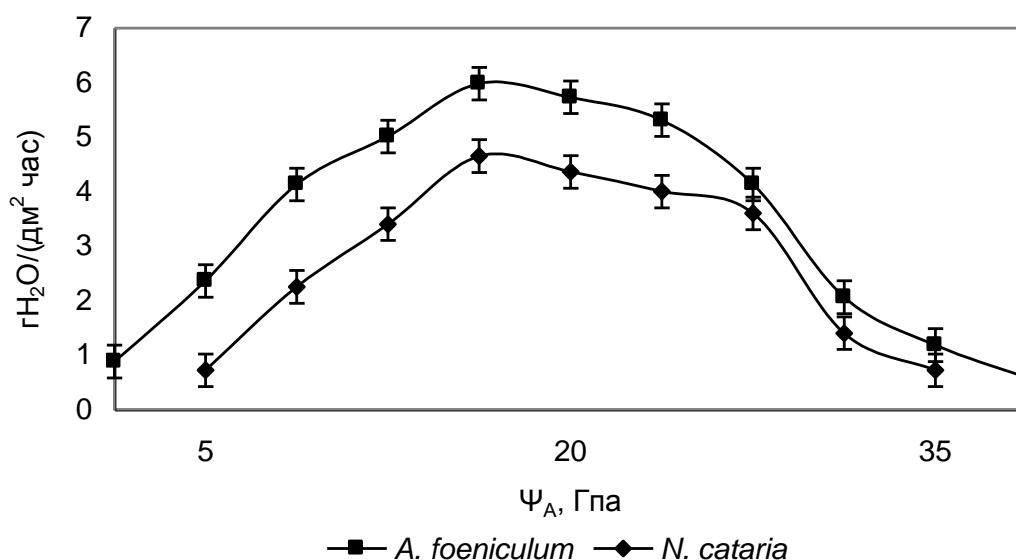


Рис. 3.3. Зависимость интенсивности транспирации листьев от водного потенциала воздуха (вариант №4)

Установлено, что максимум интенсивности транспирации составила для *A. foeniculum* 5,9 гН₂О/(дм²·час), *N. cataria* – 4,65 гН₂О/(дм²·час), что соответствует 17-18 Гпа.

Затем следовало снижение интенсивности транспирации, для *N. cataria* составляла 3,6 гН₂О/(дм²·час), *A. foeniculum* – 4,13 гН₂О/(дм²·час), что соответствовало 25 Гпа. Отмечен более высокий уровень транспирации *A. foeniculum*, что может свидетельствовать о большем расходе воды (рисунок 3.3).

Изучая зависимость интенсивности транспирации от влажности почвы, для исключения влияния остальных факторов внешней среды они были стабилизированы и равнялись: Тв. = 22-24 °С; $h_A = 70-80\%$, $Q = 0,5 \text{ кВт/м}^2$ (рисунок 3.4).

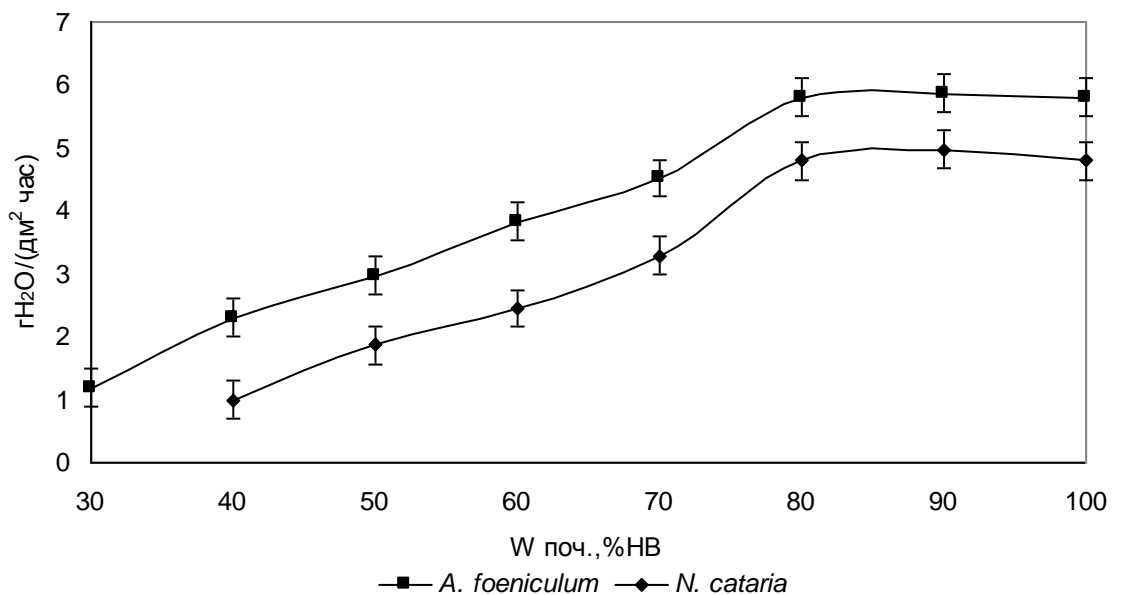


Рис. 3.4. Зависимость интенсивности транспирации от влажности почвы (вариант №4)

Интенсивность транспирации при влажности почвы 80% НВ составила для *N. cataria* 4,8 гН₂О/(дм²·час), *A. foeniculum* – 5,8 гН₂О/(дм²·час), что указывает на меньшую интенсивность транспирации первой культуры. С понижением влажности почвы происходило изменение интенсивности

транспирации, которая при влажности почвы 30% НВ для *A. foeniculum*, 40% НВ у *N. cataria* составила соответственно 1,18 и 1 гН₂О/(дм²·час). Отмечена способность *A. foeniculum* поддерживать интенсивность транспирации на более высоком уровне при более низких показателях влажности почвы, чем *N. cataria* (рисунок 3.4).

Для изучения зависимости транспирации от разности температур лист – воздух, были стабилизированы основные факторы внешней среды: Тв. = 22-24 °С; $h_A = 70-80\%$, $Q = 0,5 \text{ кВт/ м}^2$, $W_{\text{поч.}} = 70-80\% \text{ НВ}$ (рисунок 3.5).

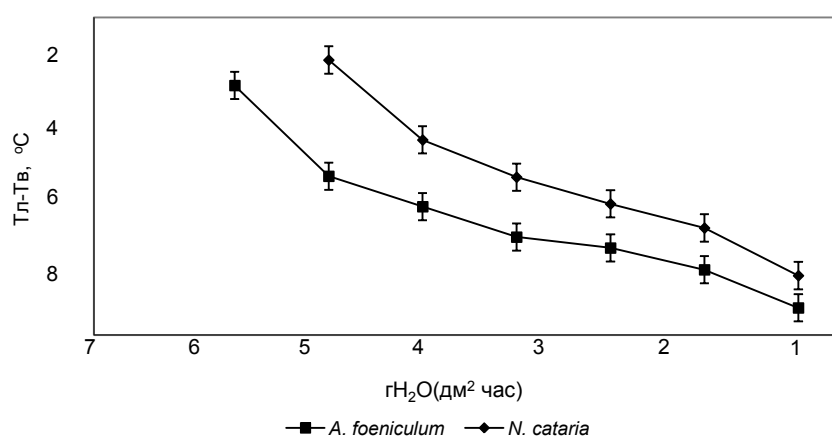


Рис. 3.5. Зависимость интенсивности транспирации от разности температур лист – воздух (вариант №4)

При максимальной интенсивности транспирации и освещенности 0,5 кВт/м², перегрев листа составил 3 °С для *A. foeniculum* и 2,1 °С *N. cataria*, затем по мере снижения интенсивности транспирации и, следовательно, уменьшения её охлаждающего воздействия, происходил дальнейший нагрев листа. При интенсивности транспирации 1,1 гН₂О/(дм²·час) этот показатель составил 8 °С и 7,5 °С, соответственно *A. foeniculum* и *N. cataria*. По разнице нагрева листовой пластинки можно констатировать, что у *A. foeniculum* она подвержена большему перегреву, относительно *N. cataria*.

Приведенные выше зависимости были также аппроксимированы полиномом 5-й степени и коэффициенты для *N. cataria*, соответственно равнялись:

$$\Psi_A C_0 = -1,679; C1 = 0,980; C2 = -0,122; C3 = 0,011; C4 = 0; C5 = 0.$$

$$W_{\text{поч.}} C_0 = -2,03; C1 = 0,211; C2 = -0,007; C3 = 0; C4 = 0; C5 = 0.$$

$$\text{Тл.} - \text{Тв. } C_0 = 202,121; C1 = -189,987; C2 = 68,978; C3 = -12,145; C4 = 1,098; C5 = -0,098.$$

$$A. foeniculum: \Psi_A C_0 = -1,941; C1 = 0,823; C2 = -0,269; C3 = 0,079; C4 = 0; C5 = 0;$$

$$W_{\text{поч.}} C_0 = -2,78; C1 = 0,301; C2 = -0,002; C3 = 0; C4 = 0; C5 = 0.$$

$$\text{Тл.} - \text{Тв. } C_0 = 211,198; C1 = -196,792; C2 = 82,821; C3 = -19,201; C4 = 2,101; C5 = -0,103.$$

Полученные зависимости позволяют рассчитать интенсивность транспирации в любой момент времени с интервалом в 1 час при помощи коэффициентов полинома 5-й степени (рисунок 3.6, рисунок 3.7).

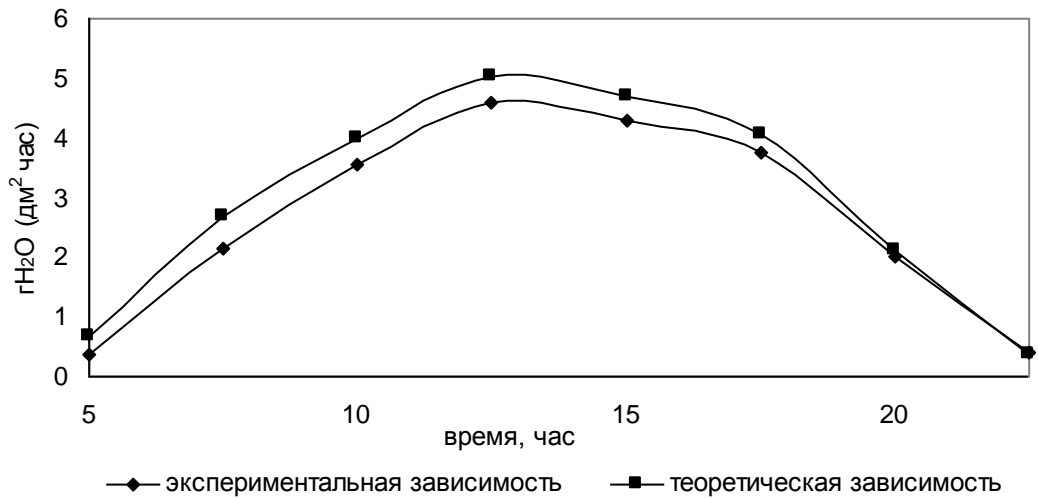


Рис. 3.6. Изменение интенсивности транспирации *N. cataria* за светлое время суток

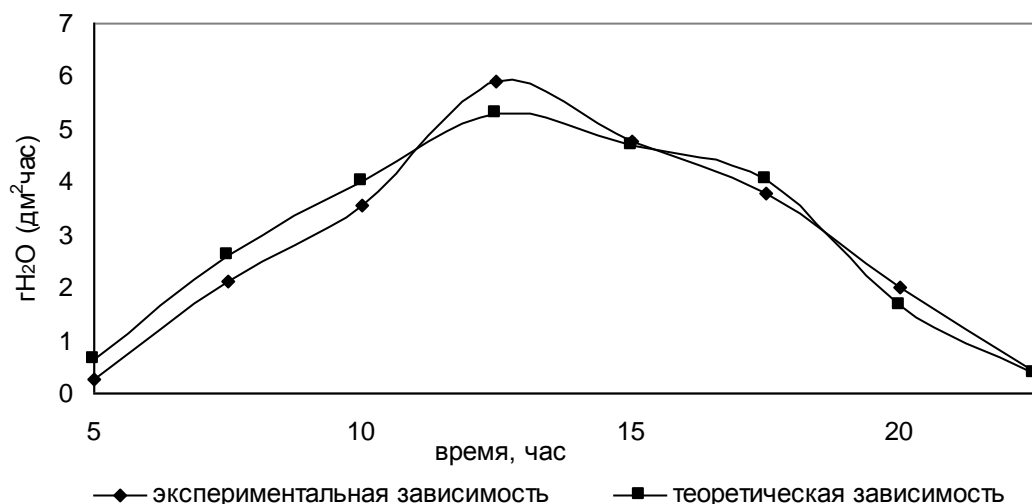


Рис. 3.7. Изменение интенсивности транспирации *A. foeniculum* за светлое время суток

Экспериментальная и теоретическая зависимости близки по значениям, что говорит о возможности использования модели в прогностических целях [97].

В результате экспериментов, проведенных в факторостатных условиях, отмечается более высокая транспирационная активность *A. foeniculum* по сравнению с *N. cataria*, что говорит о большем расходе воды первой культурой.

При проведении исследований в условиях полевого опыта мы также исследовали взаимосвязь между факторами внешней среды и интенсивностью транспирации. Весь период вегетации был разбит на декады. Для них были рассчитаны средние величины параметров внешней среды (данные метеостанции Никитский сад), а так же использовали наши измерения (рисунок Б.1, рисунок Б.2). Ими являлись:

- температура воздуха, °С;
- сумма осадков, мм;
- освещенность, лк;
- температура почвы на глубине 15 см, °С;
- относительная влажность воздуха, %.

Отмечено, что одним из показателей засухоустойчивости в условиях водного дефицита является экономное расходование воды. Сокращение транспирации растениями сохраняет определённый баланс между поглощением воды корнями и её расходом [246]. Поэтому можно полагать, что культура *N. cataria* в условиях водного дефицита более устойчива, относительно *A. foeniculum*. Проведенные нами исследования по изучению особенностей динамики водного режима в факторостатных условиях и в условиях полевого опыта позволили выявить зависимость интенсивности транспирации от основных факторов внешней среды (интенсивности суммарной солнечной радиации, относительной влажности воздуха и почвы, температуры воздуха). При постоянном устьичном сопротивлении интенсивность транспирации увеличивается с ростом температуры воздуха. При достаточной влажности почвы интенсивность транспирации определяется в основном метеорологическими условиями.

3.2. Изменение скорости водного потока и тургесценции органов растений *N. cataria*, *A. foeniculum*

Важную роль в динамике водного обмена растения играет структура его водопроводящей системы. По степени изменения скорости водного потока и тургесценции органов растений можно судить о нарастании водного стресса.

При определении оводнённости тканей и расхода влаги в процессе транспирации одним из возможных методов является изучение восходящего (ксилемного) водного тока, который у разных растений имеет существенные различия и обусловлен как генотипической специфичностью, так и реакцией на изменяющиеся условия атмосферной и почвенной засухи.

В условиях достаточного количества почвенной влаги между диаметром стебля (d), относительной скоростью водного потока ($V_{отн.}$) и

факторами внешней среды существуют тесные корреляционные зависимости, но противоположные по направленности. А именно: взаимосвязь между $V_{отн}$ в стеблях, освещённостью, температурой и дефицитом насыщенности воздуха прямо пропорциональна, а между изменениями диаметра (d) стебля и теми же факторами обратно пропорциональна.

На недостаток влаги одной из реакций является подавление ростовых процессов [187]. Наиболее устойчивые растения способны осуществлять процессы роста даже при небольшой влажности почвы. Установлено изменение скорости водного потока в ксилеме в зависимости от условий питания на фоне действия температуры и влажности воздуха. Скорость водного потока лежит, приблизительно, в одних пределах вне зависимости от условий питания до момента наступления повышенных температур окружающей среды. В период повышенных температур окружающей среды определяется разница водного потока между вариантами №1 и №4 (12:00-14:00 ч.). Между другими вариантами качественные различия незначительны. Растения с вариантом №1 быстрее реагируют на повышение температуры окружающей среды, что выражается в некотором снижении скорости водного потока при сохранении интенсивности ростовых процессов. После 16:00 часов происходило снижение скорости водного потока, и становилась практически одинаковой вне зависимости от условий питания (рисунок В.1, рисунок В.2).

Определено, что максимальная тургесцентность стеблей и листьев наблюдается в ночное и утреннее время, когда отсутствует интенсивная транспирация, в связи с чем водный дефицит минимальный (рисунок В.1, рисунок В.2).

Скорость водного потока начался повышаться с 7:00-8:00 часов утра, уменьшение диаметра стеблей происходило противофазно изменению скорости водного потока. Частичная потеря тургора в дневные часы легко восстанавливается за счет поглощения воды ночью, в случае отсутствия

водного дефицита. При дефиците наблюдается усиление стрессового воздействия, которое приводит к значительной потере воды тканями растения, уровень которой не восполним в ночное время суток.

Максимум увеличения скорости водного потока наблюдался с 11:00 до 16:00 часов (рисунок В.1, рисунок В.2). В результате охлаждающего действия транспирации в условиях водного дефицита, растения реагируют снижением скорости дальнего транспорта воды с возможной потерей тургесцентности тканей. По мере увеличения водного дефицита, в дневные часы происходит увеличение сопротивления устьиц и разности температур лист-воздух.

Усиление транспирации в дневное время (особенно между 11:00 и 16:00 ч.) снижает тургесцентность, что позволяет применить данный показатель для первичной регистрации водного дефицита.

Более быстрая реакция на снижение водного потенциала почвы, наблюдается у растений засухоустойчивых и выражается в снижении транспортных процессов и экономном расходовании воды. Это обеспечивает большую устойчивость в условиях водного дефицита, сохранение оводненности тканей и возможности полного восстановления после снятия стресса. Сохранение скорости транспортных процессов в течение более длительного времени в условиях ограниченного водопотребления приводит к обезвоживанию и выражается в неспособности быстрого и полного восстановления интенсивности метаболизма и оводненности тканей после оптимизации водного режима.

Скорость водного потока в ксилеме под воздействием метеофакторов в течение дня изменяется. Возрастает на протяжении дня и снижается в вечернее время. Своего максимума достигает в полуденные часы. Это связано с действием таких метеофакторов, как: температура воздуха, влажность почвы, освещённость и др., что согласуется с данными других авторов [161, 194] (рисунок 3.8).

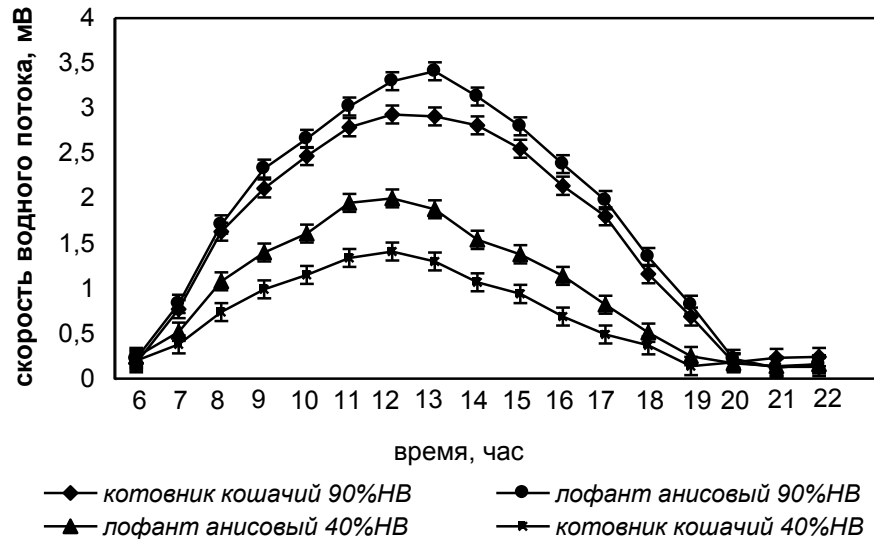


Рис. 3.8. Изменение скорости водного потока в ксилеме стебля в течение светового периода суток (вариант №4)

Скорость водного потока *N. cataria* и *A. foeniculum* в период повышенных температур воздуха (11:00-16:00 ч.) при влажности почвы 90% НВ достигает максимальных значений в 13:00-13:30 ч. В случае снижения влажности почвы до 40% НВ сохраняется та же закономерность, но максимальной скорости водный поток достигает раньше: в 11:00-12:00 ч. (рисунок 3.8). В результате использования приборов автоматической регистрации скорости водного потока в ксилеме растений и изменения диаметра их стеблей в контролируемых условиях определены качественные и количественные характеристики зависимостей между изучаемыми параметрами, метеорологическими показателями и влажностью почвы.

Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод, что водный обмен данных культур существенно изменяется в зависимости от действия факторов внешней среды. В условиях почвенной и атмосферной засухи наблюдается резкое сокращение расхода воды, что свидетельствует о повышенной водоудерживающей способности тканей листьев. Нарастающий водный дефицит в условиях засухи является

основным действующим фактором в изменении показателей скорости водного потока в ксилеме стеблей.

Скорость водного потока *N. cataria* ниже *A. foeniculum*, а также ниже и показатели изменения диаметра стеблей при различной влажности почвы, что говорит о меньшем расходе воды *N. cataria* и, как следствие, большей устойчивости в условиях водного дефицита.

3.3. Влияние условий питания и влажности почвы на водный потенциал листьев *N. cataria* и *A. foeniculum*

Водный потенциал листьев (Ψ_L) является движущей силой скорости водного потока по проводящим путям. По данным И.Г. Шматько и др. [246], различия в изменении водного потенциала коррелируют со скоростью движения воды по растению и сопротивлением этому потоку в отдельных органах. О стабильности и степени регулирования процессов водного режима можно судить по величине вариабельности различных параметров, в том числе и водного потенциала [264, 291].

В наших исследованиях был применён психрометрический метод измерения водного потенциала листьев. Водный потенциал измеряли в утренние, дневные и вечерние часы на фоне снижения влажности почвы в результате искусственно созданной засухи (рисунок В.3, рисунок В.4).

Наблюдается общая тенденция снижения водного потенциала листьев с 11:00 до 15:00 часов, по всем вариантам. С повышением температуры значительно возрастает интенсивность транспирации, водный режим растения становится более напряженным и, как следствие водный потенциал падает.

Известно, что водный режим растений находится в определенной зависимости от условий минерального питания [149, 201, 219]. Наши исследования подтверждают эту зависимость. Условия питания не оказывают существенного влияния на показатель Ψ_L до момента снижения влажности

почвы на уровень 65% НВ. Самый низкий Ψ_L отмечается в варианте №4 для растений второго и третьего года вегетации *N. cataria* и *A. foeniculum* (рисунок В.3, рисунок В.4).

Для *N. cataria* (при W поч. 65% НВ) в варианте №1 водный потенциал составил –4,4 бар, для варианта №4 этот показатель равнялся –7 бар. Для *A. foeniculum* –5,2 бар и –8,4 бар, соответственно. В конце эксперимента, эти значения достигли для *N. cataria*: вариант №1 –5,3 бар, вариант №4 –9,4 бар; для *A. foeniculum*: вариант №1 –6,4 бар, вариант №4 –10,5 бар (рисунок В.5). Достоверная разница влияния условий питания на показатель Ψ_L определяется между вариантами №1 и №3, №4 начиная с момента снижения влажности почвы 65% НВ (рисунок В.3, рисунок В.4).

Зафиксированы сезонные изменения водного потенциала листа. В первой и второй декаде июля для растений *N. cataria* и *A. foeniculum* второго года вегетации происходит увеличение Ψ_L относительно первой и второй декад сентября. Очевидно, это связано с ослаблением давления метеофакторов. Необходимо отметить, относительно, высокие значения Ψ_L *N. cataria* по сравнению с *A. foeniculum*, что свидетельствует о меньшей устойчивости последней культуры в условиях водного дефицита. Так как водный потенциал листьев растений характеризует степень водного стресса [264], можно предположить, что культура *A. foeniculum* менее устойчива в условиях водного дефицита по сравнению с *N. cataria*. Аналогичные тенденции были подтверждены результатами у растений третьего года вегетации (рисунок В.4).

На основании данных исследований с использованием приборов автоматической регистрации скорости водного потока в ксилеме и изменения диаметра стеблей в контролируемых условиях определены характеристики зависимостей между изучаемыми параметрами, метеорологическими показателями и влажностью почвы. Влажность почвы является важным фактором, определяющим величину Ψ_L . Водный потенциал сильно падает при

подсыхании почвы. Величина Ψ_L зависит и от метеофакторов (интенсивности солнечной радиации, относительной влажности и температуры воздуха), поскольку они влияют на интенсивность транспирации и температуру листьев.

Влияние температуры воздуха (t_A) и относительной влажности воздуха (h_A) на Ψ_L осуществляется через транспирацию. С увеличением h_A интенсивность транспирации убывает, водный режим растения становится менее напряженным, что выражается в увеличении Ψ_L . Влияние солнечной радиации на Ψ_L реализуется посредством теплового баланса листьев. Рост интенсивности радиации приводит к повышению температуры листа, а это в свою очередь обуславливает увеличение интенсивности транспирации, в результате чего Ψ_L убывает.

На показатель водного потенциала листа влияют условия минерального питания. Самые высокие показатели были определены на варианте №1. Самые низкие его значения в варианте №4 (контроль) (рисунок В.3 а, б, в, г, рисунок В.4 а, б, в, г).

Водный потенциал листа это показатель, который меняется как на протяжении всего периода вегетации, так на протяжении суток, характеризуя степень водного стресса растения в данный момент своего развития. В ночные и утренние часы Ψ_L выше, относительно, полуденных, к вечеру он несколько повышается. Сравнивая показатели по декадам, низкий Ψ_L наблюдаются в первой и второй декаде июля, но уже в первой и второй декаде сентября происходит видимое увеличение, связанное очевидно с ослаблением давления факторов внешней среды (рисунок В.3 а, б, в, г, рисунок В.4 а, б, в, г).

Результат эксперимента демонстрирует более высокие показатели водного потенциала листьев у *N. cataria* по сравнению с *A. foeniculum*, что свидетельствует о меньшей устойчивости последней культуры в условиях водного дефицита.

3.4. Оптические свойства листьев *N. cataria*, *A. foeniculum* в ближнем инфракрасном излучении

Во взаимодействии листьев растений с оптическим излучением существуют аспекты, которые были в свое время отмечены в научной литературе [29, 124], но фактически остались неисследованными и мало обсуждаемыми. Это проблема применимости законов классической оптики к распространению излучения в тканях листьев и особенности взаимодействия со светом поверхности листа. В видимой области спектра измерения поглощения обычно проводятся с целью найти корреляцию поглощения ближнего инфракрасного излучения (БИК - ближнее инфракрасное излучение, %) с содержанием пигментов в листьях, в связи с водным режимом растений [29, 124, 125]. Причем, если в роли поглощающей субстанции, или «растворенного вещества», в видимой области спектра выступают пигменты, то в БИК области таковой является вода.

Мы применили оптические свойства и изменение толщины листовой пластинки для изучения водного режима *N. cataria* и *A. foeniculum*. Процедура измерения оптических параметров листьев состоит в регистрации падающей, отраженной и проходящей радиации, а коэффициент поглощения вычисляется по формуле:

$$A = 100 - (T + R), \quad (1)$$

где A – поглощение (коэффициент поглощения, %);

T – прохождение (коэффициент прохождения), %; R – отражение, % (коэффициент отражения).

В исследованиях мы применили прибор «Перфот-93», где производится измерение падающего, отраженного и прошедшего излучения, а поглощение вычисляется автоматически по формуле (1).

Формула (1) не вполне подходит для исследования связи между поглощением и структурой листа, поскольку результат оценки поглощения

зависит от отражения. Способ определения поглощения излучения средами перенесен в область ботаники и физиологии растений из области физики. Вероятно, при изучении оптических свойств твердых объектов не возникала проблема различий отражательных способностей верхней и нижней поверхностей. В физиологических исследованиях характеристику поглощения чаще всего связывают с содержанием какого-то компонента листа. Если в силу различных причин отражение R увеличилось, то это означает уменьшение доли $A+T$, а это может подвести к ложному выводу о том, что снизилось поглощение из-за неких изменений свойств внутренних тканей листа, хотя таковых не было, и их поглотительные свойства остались без изменений. Поскольку основной характеристикой листьев, исследуемой в ИК диапазоне, является их оподенность, поглощение излучения листом должно определяться толщиной, его структурой и его влажностью, но не его отражательной способностью. Поэтому логично было бы при анализе поглотительных свойств среды исключить влияние величины отражения на оценку поглощения и прохождения лучистой энергии.

Мы провели измерения оптических параметров *N. cataria* и *A. foeniculum*. Для того, чтобы исключить влияние различий в отражательных свойствах верхней и нижней поверхностей листа, строим график зависимостей, вычисленных по формуле

$$A' = \frac{A}{A+T}, \quad (2)$$

где A' – коэффициент проникшего в лист поглощения, %

т.е. вычисляем поглощение не как составляющую падающего излучения, а как часть излучения, которое проникло в лист. Поскольку в настоящее время не определен термин для обозначения этой части излучения, можно условно назвать ее «проникшей» в лист.

Измерения толщины листьев в описываемой серии экспериментов выполнены с помощью специально приспособленного циферблатного микрометра. Толщина листовой пластины, для растений третьего года

вегетации, изменялась под действием естественных факторов для *A. foeniculum* в пределах от 106 до 152 мкм и от 143 до 185 мкм для *N. cataria*.

Изменение толщины листовой пластины приводит к изменению их оптических свойств, между которыми наблюдается линейная зависимость. При изменении на 42 мкм у *N. cataria*, что составило 22,7% общей толщины, коэффициент поглощения находится в диапазоне от 15 до 21%, $A' = 20-24\%$. Для *A. foeniculum* изменение листовой пластинки на 46 мкм, что составляет 30,2% всей толщины листа, привело к изменению коэффициента поглощения в диапазоне от 7 до 15%, $A' = 15-20\%$ (рисунок 3.9, рисунок 3.10).

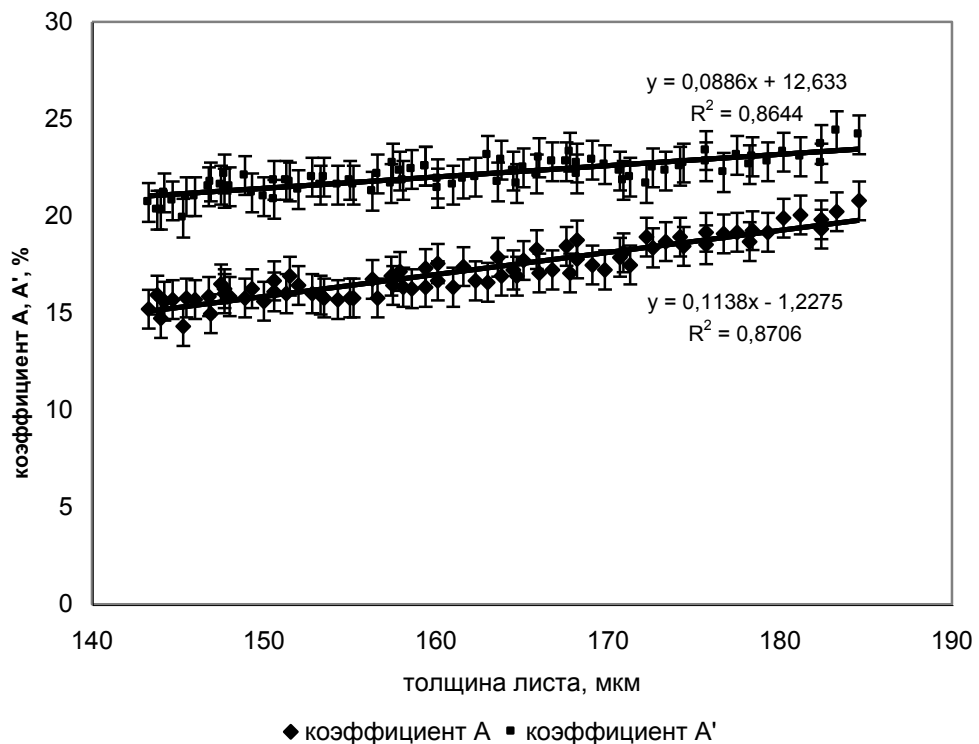


Рис. 3.9. Зависимость поглощения БИК излучения от толщины листьев *N. cataria*

A – коэффициент поглощения; $A' = A / (A+T)$

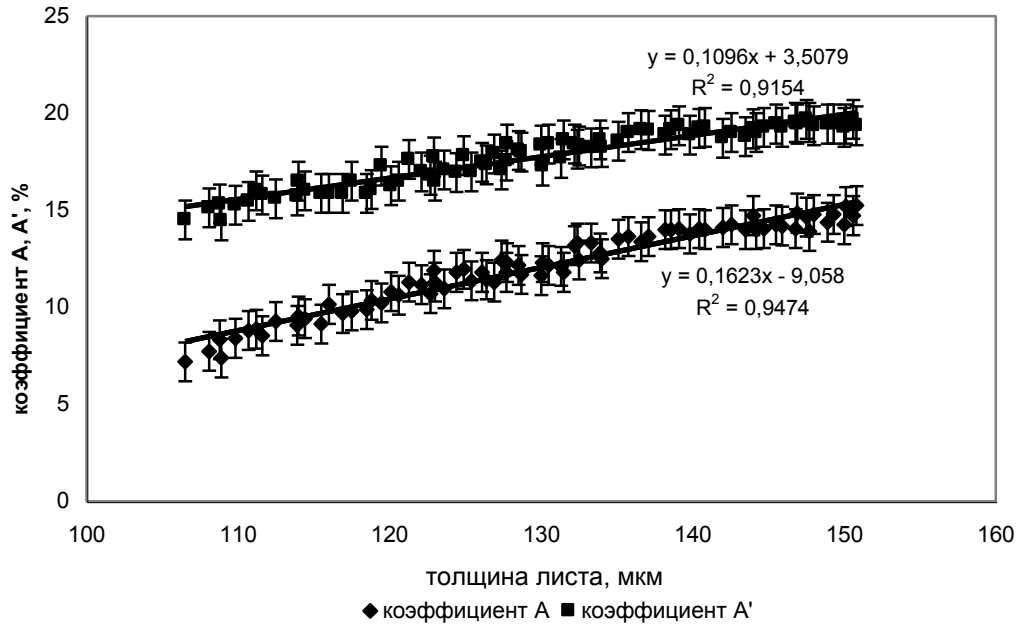


Рис. 3.10. Зависимость поглощения БИК излучения от толщины листьев *A. foeniculum*

A – коэффициент поглощения; $A' = A / (A+T)$

Некоторый разброс точек измерения вокруг линии тренда отчасти можно объяснить спецификой анатомии листа, результаты измерений на жилках и между ними могут различаться.

Помимо утолщения листьев в процессе роста основной причиной изменения их толщины являются изменения оводненности вследствие естественного суточного хода, под влиянием водного дефицита либо полива. Обратимые прижизненные изменения толщины листовых пластинок могут достигать трети или даже половины максимальной величины [124, 216]. Это, естественно, сказывается на величине поглощения БИК излучения.

При снижении оводненности тканей листьев обеих культур увеличивается отражение и снижается поглощение БИК излучения. Следует отметить различия в показателях между объектами. Коэффициент отражения *A. foeniculum* находится в пределах 24-30%, *N. cataria* 27-40%, что говорит о большей отражающей способности последнего вида. Очевидно, это

объясняется большей опушенностью листовой поверхности по сравнению с *A. foeniculum* [155]. На поглощение БИК влияет структура листа, пигменты, (данные по хлорофиллам и каротиноидам приведены в разделе 6). Чем их больше, тем коэффициент поглощения выше. Для *A. foeniculum* коэффициент поглощения лежит в пределах 7-15%, а для *N. cataria* в пределах 15-21%.

Характер изменения прохождения излучения менее детерминирован. Масштаб изменений невелик. В результате коэффициент прохождения практически не снижается у *N. cataria*, у *A. foeniculum* отмечается некоторое падение этого показателя, что может быть объяснено повышенным темпом потери воды за один и тот же период времени (рисунок 3.11, рисунок 3.12). Характеристики построены в соответствии с формулой (1).

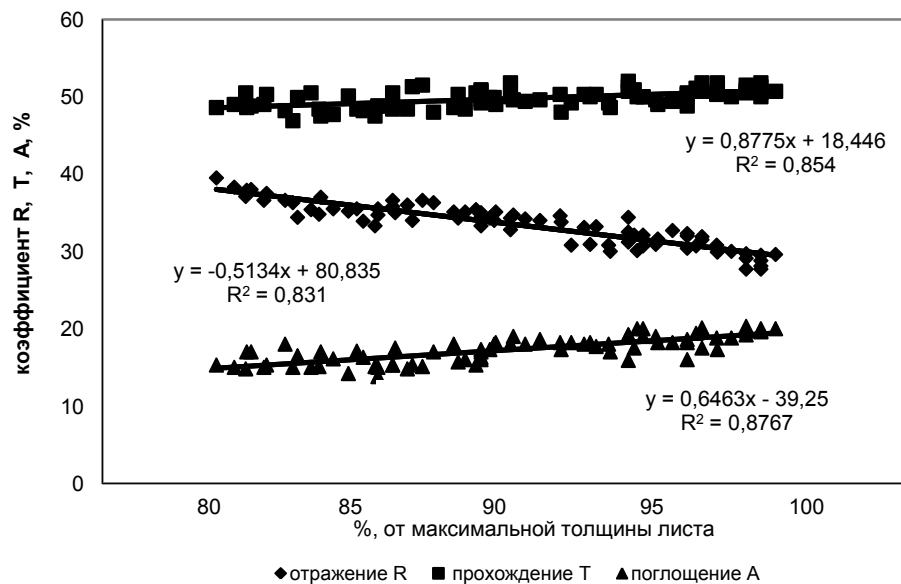


Рис. 3.11. Оптические параметры листа при различной оводненности *N. cataria*

Проведенные исследования позволили установить линейную зависимость поглощения и высокую корреляцию оптических параметров листьев с толщиной (оводненностью) интактных листовых пластинок. Поглощение излучения в полосе 970 нм зависит не только от содержания воды, но и от особенностей структуры тканей листа, содержания хлорофиллов и каротиноидов.

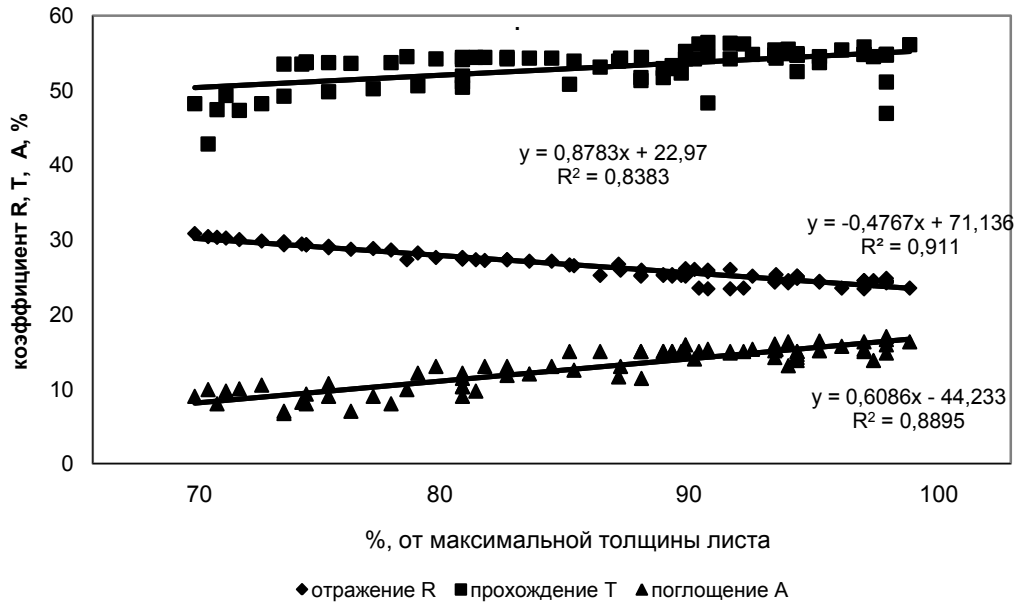


Рис. 3.12. Оптические параметры листа при различной оводненности *A. foeniculum*

Таким образом, на водный режим данных культур в определенной степени оказывают влияние условия внешней среды, а так же уровень органических и минеральных удобрений.

В результате экспериментальных данных и при расчете математических моделей было определено, что интенсивность транспирации *A. foeniculum* выше относительно *N. cataria*. С помощью дисперсионного анализа был определен показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных на процесс транспирации. Наибольшее влияние оказывают: интенсивность суммарной солнечной радиации и температура воздуха.

Нарастающий водный дефицит в условиях засухи является основным действующим фактором в изменении показателей скорости водного потока в ксилеме.

Скорость водного потока в ксилеме стеблей под воздействием метеофакторов в течение дня изменяется. Возрастает на протяжении дня, снижается в вечернее время и достигает максимума в полуденные часы. Это

связано с действием таких метеофакторов как: температура воздуха, влажность почвы, освещённость и др.

Уменьшение диаметра стеблей происходит противофазно изменению скорости водного потока. Усиление транспирационного потока в дневное время снижает тургесцентность, что позволяет применить данный показатель для первичной регистрации водного дефицита.

Определены тенденции развития и уровень водного потенциала листьев, по которым можно судить о степени водного стресса и относительной засухоустойчивости. Водный потенциал листьев является показателем, который изменяется как на протяжении дня, так и на протяжении всего вегетационного периода. Водный потенциал листьев *N. cataria* имеет более высокие значения, относительно *A. foeniculum*, что свидетельствует о меньшей устойчивости последней культуры в условиях водного дефицита.

В условиях достаточного увлажнения почвы условия питания не оказывают существенного влияния на показатель водного потенциала листьев до момента снижения влажности на уровень 65% НВ (рисунок В.3, рисунок В.4).

На основании полученных данных можно утверждать, что *N. cataria* является более устойчивой культурой в условиях водного дефицита, относительно *A. foeniculum*.

Результаты данной главы опубликованы в следующих изданиях [77, 78, 81, 157, 158, 164, 229, 281, 282].

**4. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ НА
ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
NERETA CATARIA VAR. *CITRIODORA* BECK. И
AGASTACHE FOENICULUM PURSH.**

Способность к росту – одна из главных особенностей всех живых организмов [145]. Урожай, используемый человеком – это в конечном счете результат пройденного растением жизненного цикла, генеративного или вегетативного, а в ряде случаев того и другого. Поэтому урожайность – не простой, а сложный признак, точнее, совокупность признаков [153]. В процессе онтогенеза растений формируются структурные элементы, определяющие урожай. Морфология растения, устойчивость к неблагоприятным условиям, размеры и число отдельных элементов продуктивности и в целом урожай в значительной степени определяются длиной вегетационного периода, темпами онтогенеза на отдельных его этапах.

Влияние условий минерального питания на продуктивность изучалось многими авторами [40, 94, 95, 104, 151, 177, 189, 193, 224]. Нами были проведены исследования влияния различных условий минерального питания на *A. foeniculum* и *N. cataria* с целью нахождения оптимальных условий для их выращивания.

Исследования проводили на протяжении периода вегетации. Исследуемые *A. foeniculum* и *N. cataria* имеют следующие фенофазы развития (таблица 4.1).

Таблица 4.1

Фенофазы *N. cataria* и *A. foeniculum*

Фенофазы	<i>N. cataria</i> , дата	<i>A. foeniculum</i> , дата
Начало вегетации	15.03±6	22.03±7
Бутонизация	07.06±9	18.06±6
Начало цветения	22.06±6	28.06±8
Массовое цветение	11.07±7	16.07±7
Конец цветения	08.08±6	21.08±8
Созревание семян	14.08±8	28.08±8

Изменение величин параметров внешней среды в годы исследований (рисунок Б.1, рисунок Б.2).

4.1. Влияние условий питания на рост и продуктивность *N. cataria*

В течение первого года вегетации, благодаря наличию боковых побегов первого и второго порядка, растение формирует куст высотой по вариантам в среднем: №1 – 82,5 см, №2 – 70,5 см, №3 – 69,5 см, №4 – 67,5 см; при диаметре куста: №1 – 80,0 см, №2 – 69,0 см, №3 – 68,0 см, №4 – 65,0 см, соответственно (таблица Г.1). Количество и длина побегов первого и второго порядка также зависели от условий питания. Влияние различных условий питания очевидно. Наибольший прирост дают растения выращенные с применением корневого питания на варианте №1.

Всхожесть семян в лабораторных условиях составила 65 %, в полевых – 12 % (таблица 4.2).

Таблица 4.2

Всхожесть семян 2005г

Вид	Всхожесть, %	
	лабораторная	полевая
<i>N. cataria</i>	65	12
<i>A. foeniculum</i>	70	16

Массовое цветение растений первого года вегетации наблюдается во второй декаде июня, плодоношение – в третьей декаде августа. Длительность вегетационного периода первого года, в среднем 210 дней.

Тенденция влияния условий питания сохранилась и в последствии. Выборка составила не менее 10 растений. Растения второго года вегетации достигают высоты в варианте №1 – 129 см, №2 – 119,5 см, №3 – 118,5 см, №4 – 116 см, при диаметре куста №1 – 126,5 см, №2 – 116,5 см, №3 – 115,2 см, №4 – 113,2 см (таблица Г.1).

При изучении динамики роста *N. cataria* установлено, что максимальный прирост растений наблюдался в период массовой бутонизации – начале цветения (рисунок Г.1, таблица Г.1). В фазе массового цветения их терминальный рост практически прекращается. Растения второго года вегетации формируют куст из центральных побегов по вариантам так: №1 – 17 шт, №2 – 15,5 шт, №3 – 14,5 шт, №4 – 13,5 шт, в среднем. Количество побегов первого порядка: №1 – 160,5 шт, №2 – 153 шт, №3 – 153 шт, №4 – 150 шт, длиной: №1 – 38 см, №2 – 35,5 см, №3 – 33 см, №4 – 32 см. С побегами второго порядка картина была следующая: №1 – 739,5 шт, №2 – 727,5 шт, №3 – 725,5 шт, №4 – 724,5 шт при длине: №1 – 5 см, №2 – 3,7 см, №3 – 3,6 см, №4 – 3 см.

Нами установлено, что длина соцветий центральных побегов первого года вегетации варьирует по вариантам: №1 – 12,5 см, №2 – 10 см, №3 – 9,8 см, №4 – 9,2 см, а диаметр от №1 – 1,9 см, №2 – 1,68 см, №3 – 1,65 см, №4 – 1,6 см. Длина соцветий боковых побегов: №1 – 6 см, №2 – 4 см, №3 – 3,95 см, №4 – 3,75 см, при диаметрах: №1 – 1,55 см, №2 – 1,4 см, №3 – 1,34 см, №4 – 1,32 см. Влияние условий питания сохранялось для растений второго и третьего года вегетации (таблица Г.2).

Условия питания влияет и на количество соцветий. В первый год вегетации их количество распределялось: №1 – 30 шт, №2 – 27 шт, №3 – 27

шт, №4 – 25 шт в среднем. На второй и третий год развития влияние условий питания на количество соцветий становится еще больше (таблица Г.1).

Побеги у *N. cataria* смешанного типа, формируют на растении второго года в среднем: №1 – 645 шт, №2 – 615,5 шт, №3 – 615,5 шт, №4 – 600 шт соцветий. На растениях третьего года вегетации их количество незначительно увеличивается: №1 – 690 шт, №2 – 608,5 шт, №3 – 604,5 шт, №4 – 602,5 шт соцветий в среднем (таблица Г.1). Продолжительность вегетационного периода растений второго года жизни, в среднем 240 дней.

Исследованиями установлено, что габитус куста *N. cataria* изменился на третий год вегетации. По сравнению со вторым годом увеличилась высота растений. Так у растений третьего года она колебалась, по вариантам: №1 – 133,5 см, №2 – 120,5 см, №3 – 120,5 см, №4 – 117 см, но уменьшился диаметр: №1 – 117 см, №2 – 104,5 см, №3 – 104,5 см, №4 – 102 см. Увеличилось количество центральных побегов. На третьем году вегетации растения формируют куст, в среднем: №1 – 17,5 шт, №2 – 16 шт, №3 – 16 шт, №4 – 15 шт центральных побегов и в среднем: №1 – 165,5 шт, №2 – 159,3 шт, №3 – 158,3 шт, №4 – 153,2 шт побегов первого порядка. Длина побегов первого порядка в среднем: №1 – 50,5 см, №2 – 40,5 см, №3 – 39,5 см, №4 – 37 см. Влияние условий питания на формирование урожая сохраняется на протяжении всех трех лет (таблица Г.1).

Возобновление вегетации *N. cataria* в условиях Никитского сада отмечаем в первой-второй декаде марта. Начало бутонизации наблюдали в первой декаде июня. Во второй-третьей декаде июня отмечали массовую бутонизацию и начало цветения. Массовое цветение наступило в первой декаде июля, конец - в первой декаде августа. После отцветания соцветий началось усыхание осевых и боковых побегов. Длительность периода от начала вегетации до массового плодоношения, в среднем 150 дней.

В связи с тем, что соцветия и листья являются одним из важных органов, мы определили влияние почвенного питания на структуру урожая.

Анализ данных показал, что в фазе массового цветения урожай надземной биомассы структурно состоит из 44,3% листьев, 31,2% соцветий и 21,1% стеблей в варианте №4 на первом году вегетации. В других вариантах картина несколько иная: №1 – 32,2% соцветия, 45,6% листья, 22,8% стебли; №2 – 31,7% соцветия, 44,7% листья, 21,6% стебли; №3 – 31,5% соцветия, 44,6% листья, 21,4% стебли. На второй и третий год развития отмечаем увеличение массы соцветий, листьев, стеблей (таблица Г.3).

С увеличением надземной биомассы увеличивается и корневая система, на массу которой также оказывают влияние условия питания. Для растений первого года вегетации масса корней одного растения составила по вариантам: №1 – 130 г, №2 – 81,5 г, №3 – 75,5 г, №4 – 66,2 г. На второй год вегетации наступает резкий подъем ростовых процессов и масса корней возрастает следующим образом: №1 – 225,2 г, №2 – 195,2 г, №3 – 182,5 г, №4 – 155,3 г. Третий год вегетации дает незначительное увеличение массы корней, но влияние условий питания на массу сохраняется (таблица Г.3).

В результате биометрических измерений было установлено, наибольший размер имеют листья центральных побегов, которые располагаются в нижней и средней их части. Отмечается также влияние различных условий питания. С увеличением площади листовой пластинки увеличивается пропорционально и длина черешка (таблица 4.3). Выборка составила не менее 10 растений. Использовались листья среднего яруса.

Таблица 4.3

Изменение морфометрических характеристик листьев *N. cataria* в зависимости от условий питания

Морфометрические характеристики	Вариант корневого питания			
	1	2	3	4
длина листовой пластинки, см	8,0±0,5	6,0±0,5	5,5±0,5	5,0±0,5
ширина листовой пластинки, см	4,0±0,5	3,0±0,5	2,7±0,5	2,5±0,5
длина черешка, см	3,95±0,3	3,0±0,3	2,7±0,3	2,5±0,3

Эфирное масло *N. cataria* – легкоподвижная жидкость светло-желтого цвета с очень приятным лимонно-розовым запахом. Промышленное сырье – надземная часть с соцветиями, относится к цветочно-травянистому типу [155].

Эфирное масло у *N. cataria* обнаружено во всех надземных органах растения – стеблях, листьях, соцветиях. Установлено, что эфирное масло локализуется главным образом в соцветиях и листьях.

Согласно литературным данным [54, 57], массовая доля эфирного масла *N. cataria* колеблется по мере развития растения. Наибольшее количество его наблюдается в фазе массового цветения. В связи с этим мы производили отгонку масла именно в этот период, на протяжении всей фазы. Для перегонки использовали листья и соцветия, стебли не учитывались, так как в них следовые количества эфирного масла, и они являются балластом.

Так, у растений первого года урожай надземной массы колебался по вариантам следующим образом: №1 – 195 г, №2 – 130,5 г, №3 – 110 г, №4 – 99,5 г с куста. Массовая доля эфирного масла на первом году вегетации изменялась соответственно: №1 – 0,48 (1,72) %, №2 – 0,34 (1,23) %, №3 – 0,34 (1,22) %, №4 – 0,25 (0,91) % от сырой (абсолютно сухой) массы сырья (таблица Г.4).

На втором году вегетации изменился габитус растений (таблица Г.1) и резко повысился урожай надземной массы: №1 – 470,5, №2 – 390,5, №3 – 350, №4 – 310,5 г с одного куста. Массовая доля эфирного масла менялась в такой зависимости: №1 – 0,46 (1,74) %, №2 – 0,33 (1,25) %, №3 – 0,33 (1,25) %, №4 – 0,25 (0,93) % от сырой (абсолютно сухой) массы сырья. Увеличивается продуктивность растения (таблица Г.4).

Растения третьего года вегетации в среднем по вариантам достигали: №1 – 133,5 см №2 – 120,5 см, №3 – 120,5 см, №4 – 117 см высоты при диаметре: №1 – 117 см, №2 – 104,5 см, №3 – 104,5 см, №4 – 102 см (таблица Г.1). Урожай надземной массы колебался по вариантам: №1 – 505,6 г, №2 –

420,2 г, №3 – 375 г, №4 – 335,6 г с одного растения в среднем (таблица Г.3). Массовая доля эфирного масла повысилась по сравнению со вторым годом и колебалась: №1 – 0,48 (1,8) %, №2 – 0,35 (1,3) %, №3 – 0,35 (1,28) %, №4 – 0,29 (1,0) % от сырой (абсолютно сухой) массы сырья (таблица Г.4).

Таким образом, наблюдается влияние условий питания на содержание массовой доли эфирного масла и продуктивность растений, структуру урожая, количество и длину соцветий, побегов, высоту и диаметр куста.

4.2. Влияние условий питания на рост и продуктивность

A. foeniculum

Благодаря наличию многочисленных боковых побегов первого и второго порядка, растения первого года приобретают вид раскидистого куста на рост, которого оказывает влияние условия питания: №1 – 110,5 см, №2 – 99,5 см, №3 – 98 см, №4 – 92,4 см, при диаметре: №1 – 98,5 см, №2 – 89,3 см, №3 – 88,5 см, №4 – 82,3 см (таблица Г.5). Количество побегов первого и второго порядка последовательно уменьшается от варианта №1 к варианту №4. Максимальный прирост растений наблюдался в период массовой бутонизации – начале цветения (рисунок Г.2).

Всхожесть семян в лабораторных и полевых условиях отличалась. В лабораторных условиях она составила 70%, полевых – 16% (таблица 4.2).

Растения второго года вегетации формируют куст из центральных побегов, по вариантам: №1 – 14 шт, №2 – 13 шт, №3 – 13 шт, №4 – 12 шт, в среднем. Количество побегов первого порядка: №1 – 157,5 шт, №2 – 149,5 шт, №3 – 148,6 шт, №4 – 145,5 шт, длиной: №1 – 61,5 см, №2 – 51 см, №3 – 50,8 см, №4 – 45,5 см. С побегами второго порядка картина была следующая: №1 – 394 шт, №2 – 380 шт, №3 – 379,1 шт, №4 – 374,1 шт, при длине, соответственно: №1 – 7 см, №2 – 4,5 см, №3 – 4,5 см, №4 – 4 см (таблица Г.5).

Массовое цветение растений первого года наблюдается в первой декаде июня, плодоношение в третьей декаде августа (таблица 4.1). В 2002 году длительность вегетационного периода растений первого года, в среднем 260 дней.

Растения второго года вегетации достигают высоты в зависимости от типа питания: №1 – 145 см, №2 – 136 см, №3 – 135 см, №4 – 130 см, при диаметре: №1 – 129,5 см, №2 – 117,5 см, №3 – 116 см, №4 – 112 см. Максимальное влияние условий питания определяется между вариантами №1 и №4. Наибольший рост растения приобретают в период массовой бутонизации – начале цветения, в фазе массового цветения их терминальный рост практически прекращается (рисунок Г.2). В 2003 году продолжительность вегетационного периода растений второго года жизни, в среднем 290 дней.

Незначительно изменяется габитус куста *A. foeniculum* на третий год вегетации. По сравнению со вторым годом вегетации увеличивается высота и количество побегов I и II порядка, где влияние условий питания на формирование растения сохраняется (таблица Г.5).

Изменяется и количество соцветий по годам в зависимости от условий питания. Если на первом году вегетации их количество составляло в среднем: №1 – 34,5 шт, №2 – 31,5 шт, №3 – 30,3 шт, №4 – 28,5 шт, то на втором году вегетации в связи с резким приростом надземной биомассы отмечается резкий скачок в количестве соцветий: №1 – 255 шт, №2 – 235 шт, №3 – 234 шт, №4 – 225 шт. На третий год увеличение незначительное: №1 – 260,5 шт, №2 – 240 шт, №3 – 235,5 шт, №4 – 225,5 шт (таблица Г.5).

Нами установлено, что длина соцветий центральных побегов варьирует от типа вариантов питания: №1 – 13,75 см, №2 – 11,85 см, №3 – 11,55 см, №4 – 10,35 см в среднем, при диаметре: №1 – 2,15 см, №2 – 1,86 см, №3 – 1,85 см, №4 – 1,8 см в среднем. Длина соцветий боковых побегов колеблется: №1 – 5,6 см, №2 – 4,8 см, №3 – 4,7 см, №4 – 4,25 см, а диаметр: №1 – 1,75 см, №2

– 1,54 см, №3 – 1,53 см, №4 – 1,50 см, на первом году вегетации. Влияние условий питания на формирование соцветий центральных и боковых побегов, сохранилось на второй и третий год вегетации растения (таблица Г.6).

Листья и соцветия являются одними из важных органов, поскольку в них накапливается наибольшее количество активных веществ. В связи с этим была определена структура урожая. Анализ данных показал, что в фазе массового цветения урожай надземной массы структурно состоит из 35,6% листьев, 37,2% соцветий и 26,8% стеблей в варианте №1 на первом году вегетации. В других вариантах: №2 – 36,8% соцветия, 35,1% листья, 26,2% стебли; №3 – 36,5% соцветия, 35% листья, 26,1% стебли; №4 – 36% соцветия, 34,4% листья, 25,5% стебли. На второй и третий год развития отмечаем увеличение массы соцветий, листьев, стеблей (таблица Г.7). Структурно урожай подвержен влиянию различных условий питания.

На протяжении вегетационного периода идет постепенный прирост количества листьев за счет удлинения побегов. Наибольший размер листьев имеют центральные побеги, которые располагаются в нижней и средней их части. Влияние условий питания на морфометрические характеристики листовой пластинки следующие: №1 – 11,5 см, №2 – 8,5 см, №3 – 8,2 см, №4 – 8 см, при ширине: №1 – 7,15 см, №2 – 5,15 см, №3 – 5 см, №4 – 4,95 см (таблица 4.4). Выборка составила не менее 10 растений. Использовались листья среднего яруса.

Таблица 4.4

**Изменение морфометрических характеристик листьев *A. foeniculum*
в зависимости от условий питания**

Морфометрические характеристики	Вариант корневого питания			
	1	2	3	4
длина листовой пластинки, см	11,5±0,5	8,5±0,5	8,2±0,5	8,0±0,5
ширина листовой пластинки, см	7,15±0,50	5,15±0,50	5,0±0,40	4,95±0,40
длина черешка, см	3,4±0,25	2,5±0,25	2,4±0,22	2,30±0,25

На формирование корневой системы оказывают влияние также и условия питания. Для растений первого года вегетации масса корней составила по вариантам: №1 – 235,8 г, №2 – 184,3 г, №3 – 171,5 г, №4 – 158,8 г в среднем с одного растения. На второй год вегетации наступает резкий прирост надземной биомассы и масса корней возрастает следующим образом: №1 – 327,5 г, №2 – 284,6 г, №3 – 273,3 г, №4 – 252 г. Третий год вегетации дает незначительное увеличение массы корней, но влияние условий питания на развитие сохраняется (таблица Г.7).

Сравнивая темпы роста и уровень накопления надземной биомассы, отмечаем, что они выше у *A. foeniculum* на протяжении всех трех лет вегетации (рисунок 4.1, рисунок 4.2).

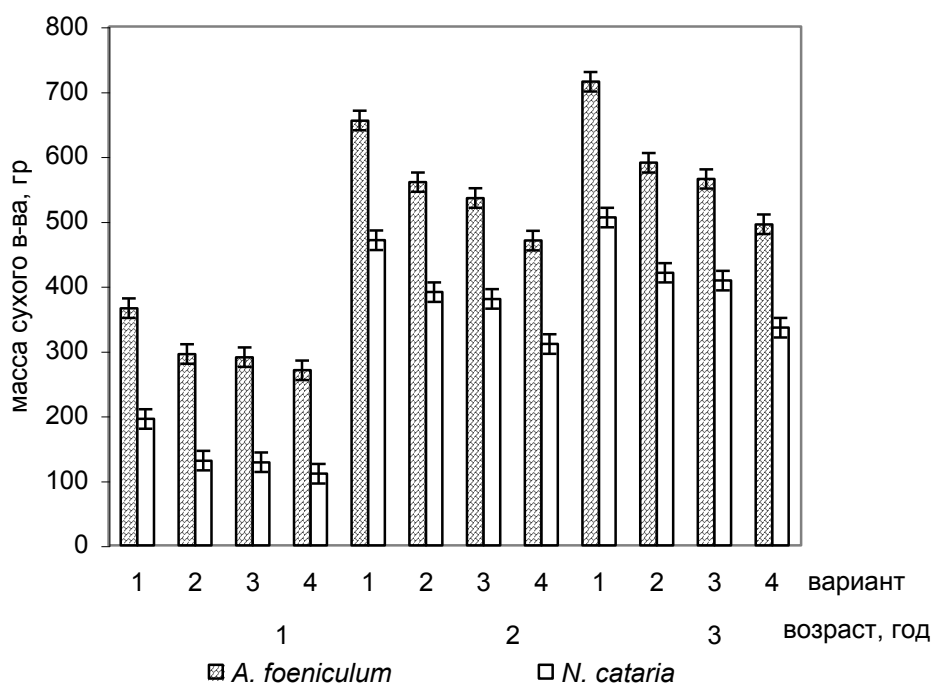


Рис. 4.1. Влияние условий питания на накопление наземной биомассы

Как известно, сырьем для получения эфирного масла *A. foeniculum* является вся разветвленная масса растения с соцветиями, собранная в фазе массового цветения в сухую, солнечную погоду. Изучая хозяйственные признаки, мы установили, что урожай надземной массы зависит от возраста растений. У растений первого года он минимальный и колеблется по вариантам так: №1 – 365,5 г, №2 – 295 г, №3 – 275 г, №4 – 270 г с растения

(таблица Г.7). Выход эфирного варьирует: №1 – 0,36 (1,43) %, №2 – 0,27 (1,11) %, №3 – 0,23 (0,95) %, №4 – 0,20 (0,81) % от сырой (абсолютно сухой) массы сырья (таблица Г.8).

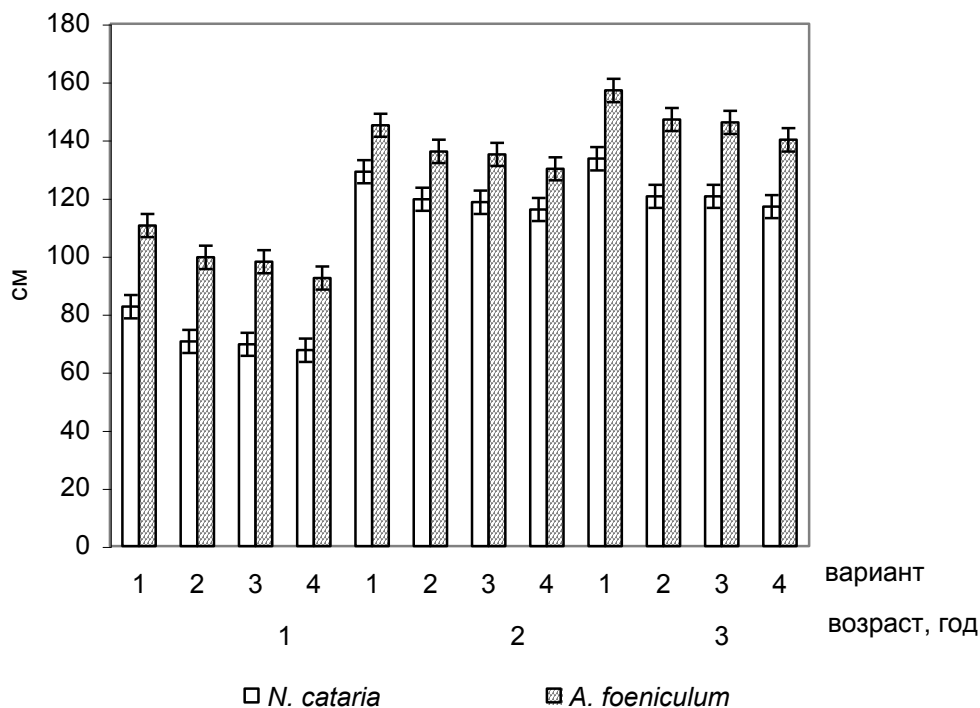


Рис. 4.2. Высота растений в зависимости от условий питания

На втором году вегетации куст значительно увеличивается (таблица Г.5), урожай надземной массы колеблется по вариантам: №1 – 655 г, №2 – 560 г, №3 – 535,5 г, №4 – 470 г с куста, в среднем (таблица Г.7). На выход эфирного масла оказывает влияние и условия питания: №1 – 0,36 (1,44) %, №2 – 0,28 (1,12) %, №3 – 0,25 (1) %, №4 – 0,21 (0,84) % от сырой (абсолютно сухой) массы сырья. По сравнению с первым годом массовая доля эфирного масла практически не изменилась, но увеличивалась продуктивность растения за счет увеличения общей надземной массы (таблица Г.8).

Растения третьего года вегетации имели максимальный урожай надземной массы, который колебался: №1 – 715 г, №2 – 590 г, №3 – 550 г, №4 – 495 г с куста (таблица Г.7). Выход эфирного масла несколько ниже по сравнению со вторым годом: №1 – 0,35 (1,4) %, №2 – 0,27 (1,1) %, №3 – 0,25

(1) %, №4 – 0,2 (0,8) % от сырой (абсолютно сухой) массы сырья (таблица Г.8). Очевидно, это связано с изменением погодных условий.

Условия питания оказывают влияние на структуру урожая, количество надземной массы, продуктивность и выход эфирного масла.

Применяемые удобрения в различных сочетаниях положительно влияют на ростовые процессы, накопление биомассы и выход эфирного масла. Учитывая особенности влияния условий внешней среды, вариантов корневого питания, можно заранее прогнозировать урожай данных культур, произрастающих в разных условиях.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы: применение органических и минеральных удобрений в различных сочетаниях положительно влияют на ростовые процессы (количество и длину побегов, соцветий, листьев), накопление биомассы (масса соцветий, листьев, стеблей) и выход эфирного масла. Максимальное влияние наблюдали с применением варианта №1 (3 ц/га $(\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O})$; навоз 40 т/га) для обеих изучаемых культур (таблица Г.1, Г.3, Г.4, Г.5, Г.7, Г.8).

Урожай надземной массы определяется длиной вегетационного периода, темпами онтогенеза листовой пластинки и стебля, а также их соотношением. Определено влияние возраста растения на урожайность. С возрастом растения увеличивается урожай надземной массы и достигается максимум на третьем году вегетации. Полученные данные от растений первого, второго и третьего года вегетации подтверждают влияние всех вариантов на накопление и прирост надземной биомассы.

Результаты данной главы опубликованы в следующих изданиях [163, 166-169, 175, 279, 280].

5. ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ФОТОСИНТЕЗА И УСЛОВИЯМИ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ

Фотосинтез – единственный процесс в биосфере, который ведет к увеличению свободной энергии биосферы за счет внешнего источника – Солнца и обеспечивает существование как растений, так и всех гетеротрофных организмов, в том числе и человека [143]. Продуктивность растений является результатом интеграции многих фундаментальных процессов: фотосинтеза, дыхания, транспорта метаболитов, роста и развития. Среди факторов, оказывающих влияние на продуктивность, фотосинтезу принадлежит ведущая роль [153].

Для построения модели продукционного процесса *N. cataria* и *A. foeniculum* были изучены зависимости интенсивности фотосинтеза от основных факторов внешней среды: температуры воздуха, освещенности, влажности воздуха, влажности почвы.

При определении зависимости интенсивности фотосинтеза от освещенности температура воздуха поддерживалась на уровне 22-24°C, влажность воздуха $h_A = 60-80\%$, влажность почвы $W_{\text{поч}} = 70-90\% \text{ НВ}$.

Световые кривые интенсивности фотосинтеза приближаются к плато насыщения при освещенности 0,4 - 0,5 кВт/м², для *N. cataria* по вариантам: №1-18,16, №2-16,41, №3-15,53, №4-14,1 мг СО₂/дм²•час, различие между вариантами (№1 и №4) достигает 4,06 мг СО₂/дм²•час (рисунок 5.1). Для *A. foeniculum* зависимость была несколько иная: №1-19,51, №2-18,22, №3-16,73, №4-14,42 мг СО₂/дм²•час, различие между вариантами (№1 и №4) достигает 5,09 мг СО₂/дм²•час для *A. foeniculum*. Разница между объектами составила 1,35 мг СО₂/дм²•час (вариант №1), 1,81 мг СО₂/дм²•час (вариант №2), 1,2 мг СО₂/дм²•час (вариант №3), 0,32 мг СО₂/дм²•час (вариант №4) (рисунок 5.2). Наблюдается влияние различных вариантов на интенсивность фотосинтеза у

обоих объектов. Отмечаем более интенсивный процесс интенсивности фотосинтеза у *A. foeniculum* по всем вариантам.

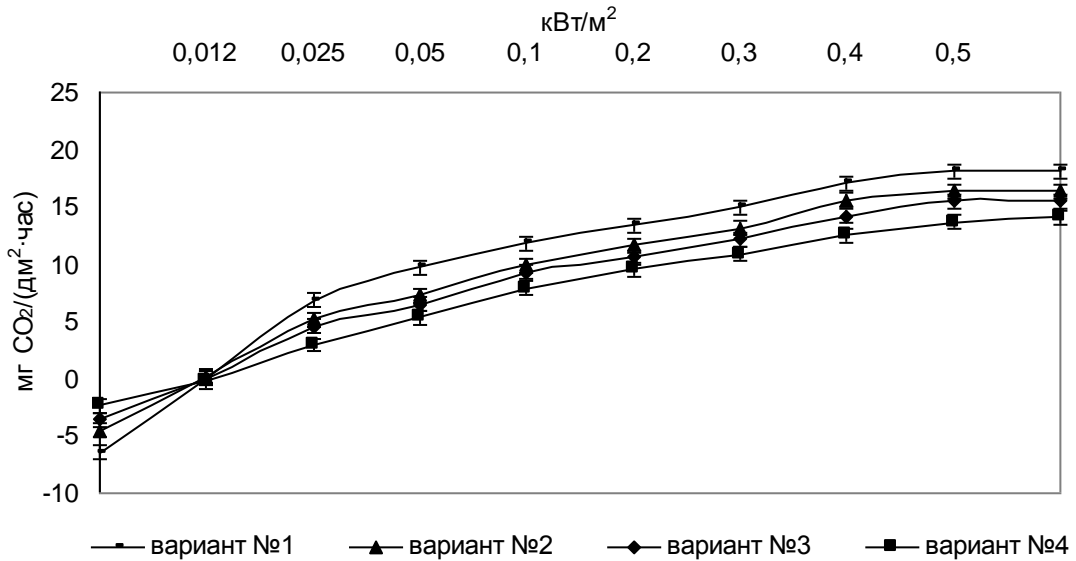


Рис. 5.1. Зависимость интенсивности фотосинтеза *N. cataria* от освещенности при различных условиях питания

При определении зависимости интенсивности фотосинтеза от влажности почвы $\Phi L = f(\Psi_s)$ температура воздуха поддерживалась 22-24°C, относительная влажность воздуха 70-80%, освещенность 80 Вт/м².

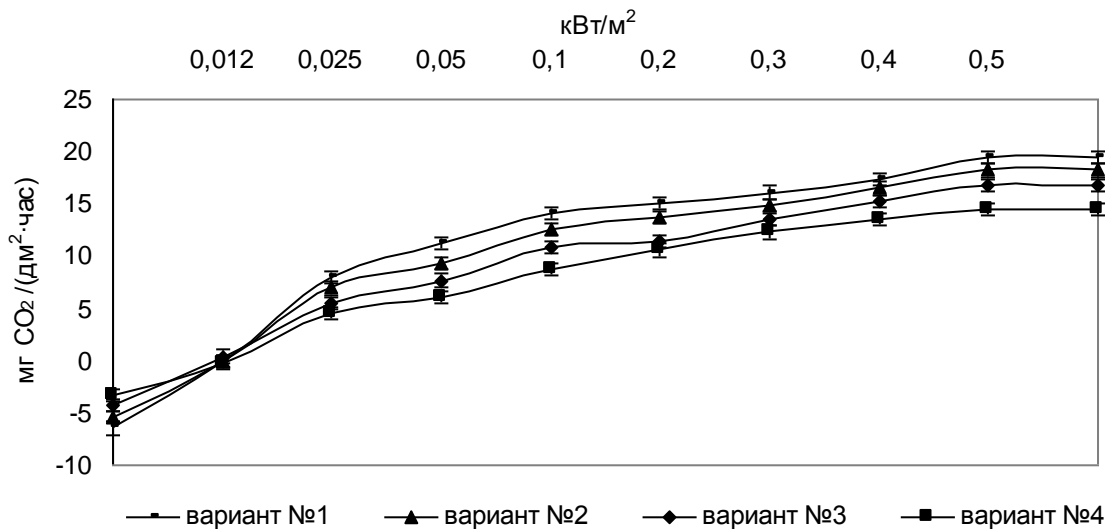


Рис. 5.2. Зависимость интенсивности фотосинтеза *A. foeniculum* от освещенности при различных условиях питания

На рисунках 5.3 и 5.4 приведена зависимость интенсивности фотосинтеза от водного потенциала почвы. Зависимости по форме близки к экспоненте. Разница интенсивности фотосинтеза по вариантам составляет 1,88-4,33 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{час}$ для *A. foeniculum* и 1,04-3,11 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{час}$ для *N. cataria*. Разница между объектами по показателям интенсивности фотосинтеза составила по вариантам от 0,84 до 1,22 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{час}$.

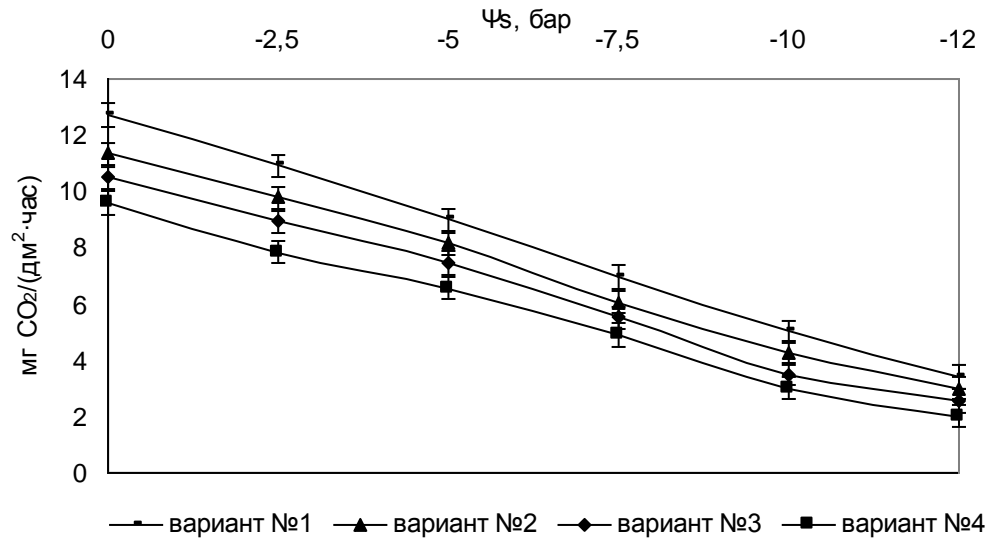


Рис. 5.3. Зависимость интенсивности фотосинтеза *N. cataria* от водного потенциала почвы при различных условиях питания

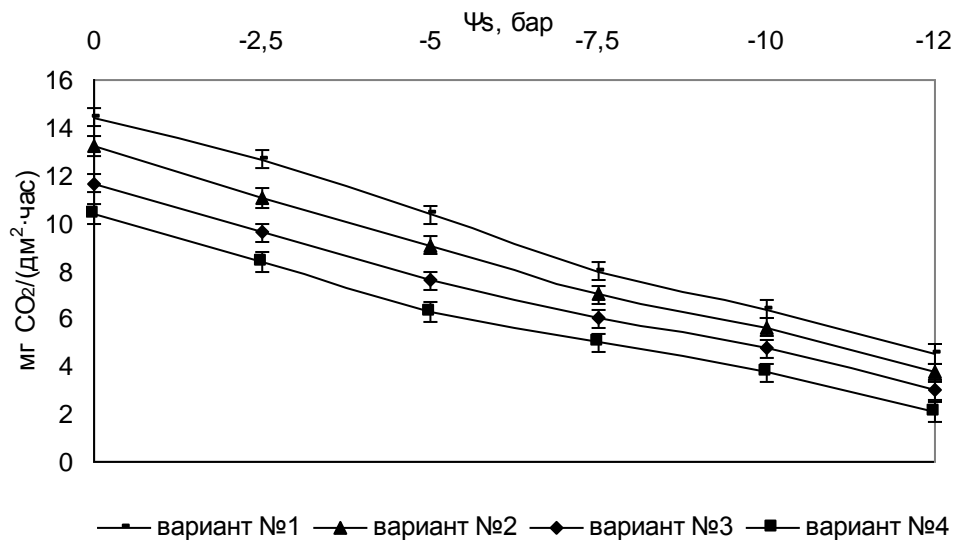


Рис. 5.4. Зависимость интенсивности фотосинтеза *A. foeniculum* от водного потенциала почвы при различных условиях питания

Рисунки 5.5 и 5.6 демонстрируют зависимость интенсивности фотосинтеза от температуры воздуха при различных условиях питания растений. Оптимум интенсивности фотосинтеза соответствует температуре 28-32°C. Разница по вариантам составила 2 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{час}$, для обеих культур, при различных уровнях интенсивности фотосинтеза, который для *N. cataria* составил от 11,2 до 13,2 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{час}$, для *A. foeniculum* от 12,10 до 14,16 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{час}$. После достижения оптимума фотосинтеза при дальнейшем повышении температуры воздуха кривые зависимости практически сливаются в одну линию, что, возможно, обусловлено генетической устойчивостью данных культур к действию повышенных температур. Различия между вариантами достоверны лишь до достижения критических температур.

При определении зависимости интенсивности фотосинтеза от температуры воздуха освещенность в зоне опыта поддерживалась $80 \text{ Вт}/\text{м}^2$, влажность воздуха $h_A = 60-80\%$, влажность почвы в вегетационном сосуде $W_{\text{поч}} = 70-90\% \text{ НВ}$.

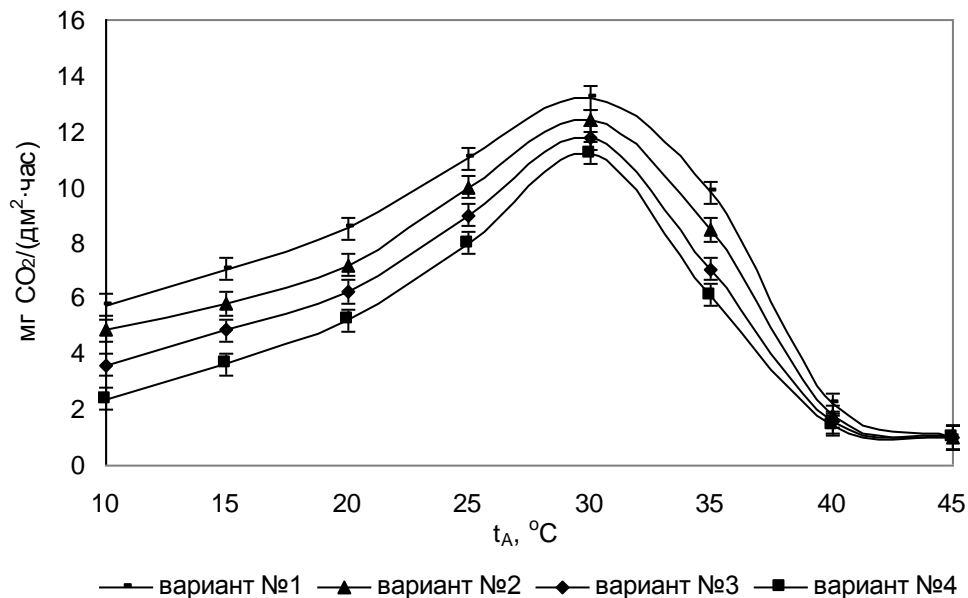


Рис. 5.5. Зависимость интенсивности фотосинтеза *N. cataria* от температуры воздуха при различных условиях питания

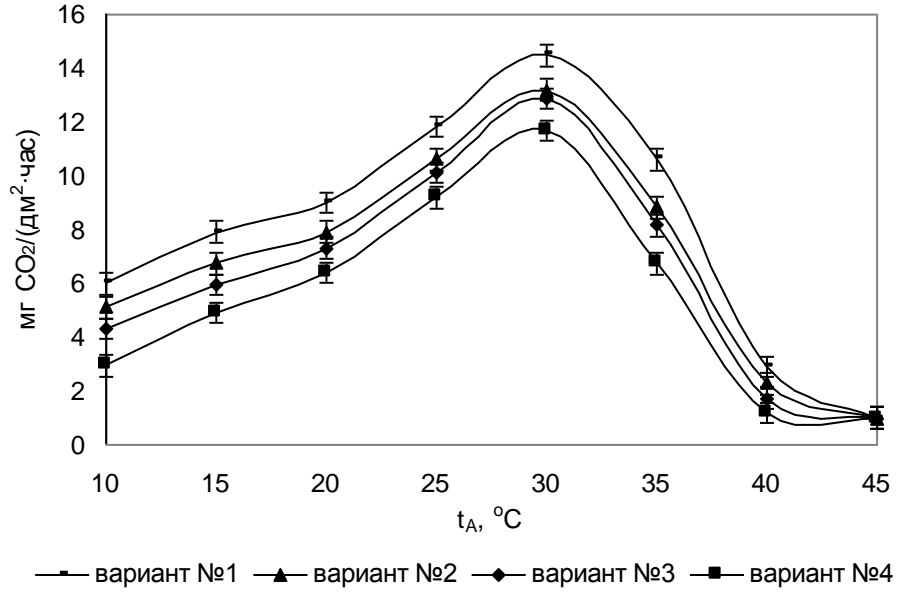


Рис. 5.6. Зависимость интенсивности фотосинтеза *A. foeniculum* от температуры воздуха при различных условиях питания

С понижением относительной влажности воздуха от 80% до 40% интенсивности фотосинтеза во всех вариантах уменьшается таким образом: для *N. cataria* от 11,05 до 8,99 мг CO₂/дм²·час в варианте №1, в варианте №2 – от 10,66 до 8,1, для варианта №3 – от 9,86 до 7,27 и от 8,99 до 6,67 мг CO₂/дм²·час в варианте №4 (рисунок 5.7).

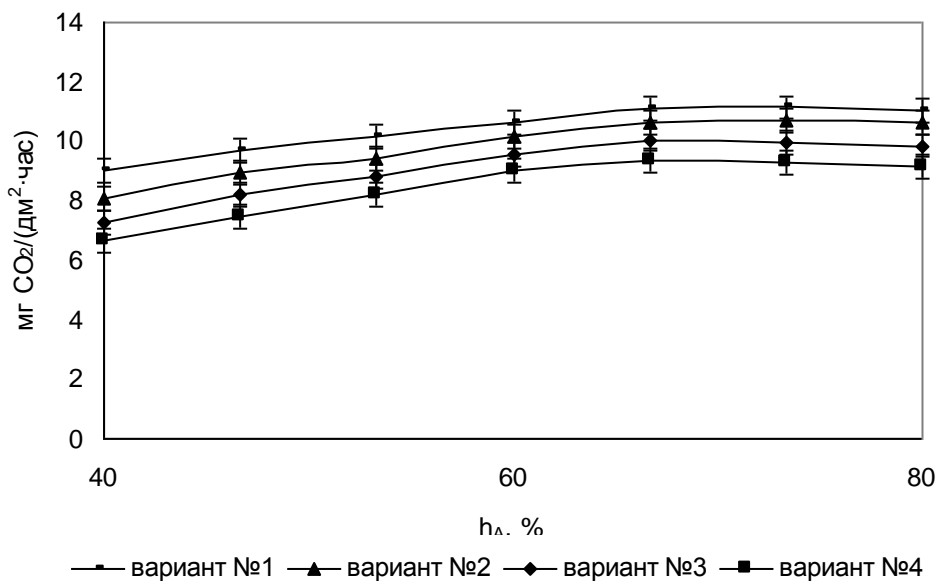


Рис. 5.7. Зависимость интенсивности фотосинтеза *N. cataria* от относительной влажности воздуха при различных условиях питания

Зависимость интенсивности фотосинтеза от относительной влажности воздуха определяли при температуре воздуха в камере на уровне 24-25 °С, влажности почвы в пределах 70-90% НВ, освещенности – 80 Вт/м².

Изменение интенсивности фотосинтеза для *A. foeniculum* выразилось таким образом: от 10,27 до 7,74 мг СО₂/дм²•час в варианте №1, в варианте №2 – от 9,68 до 7,33, для варианта №3 – от 9,38 до 6,88 и от 8,99 до 6,43 мг СО₂/дм²•час в варианте №4 (рисунок 5.8).

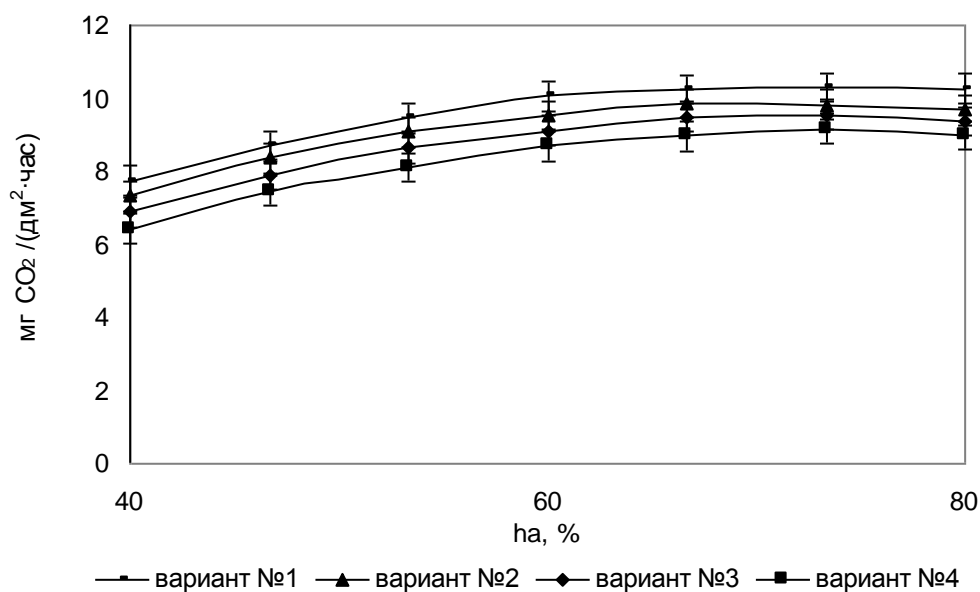


Рис. 5.8. Зависимость интенсивности фотосинтеза *A. foeniculum* от относительной влажности воздуха при различных условиях питания

Проведенные исследования дали возможность найти зависимость между интенсивностью фотосинтеза и основными факторами внешней среды.

Разница интенсивности фотосинтеза между различными условиями питания растений достигает 4 мг СО₂/дм²•час – *A. foeniculum* и 3,49 мг СО₂/дм²•час - *N. cataria* (рисунок 5.9, рисунок 5.10).

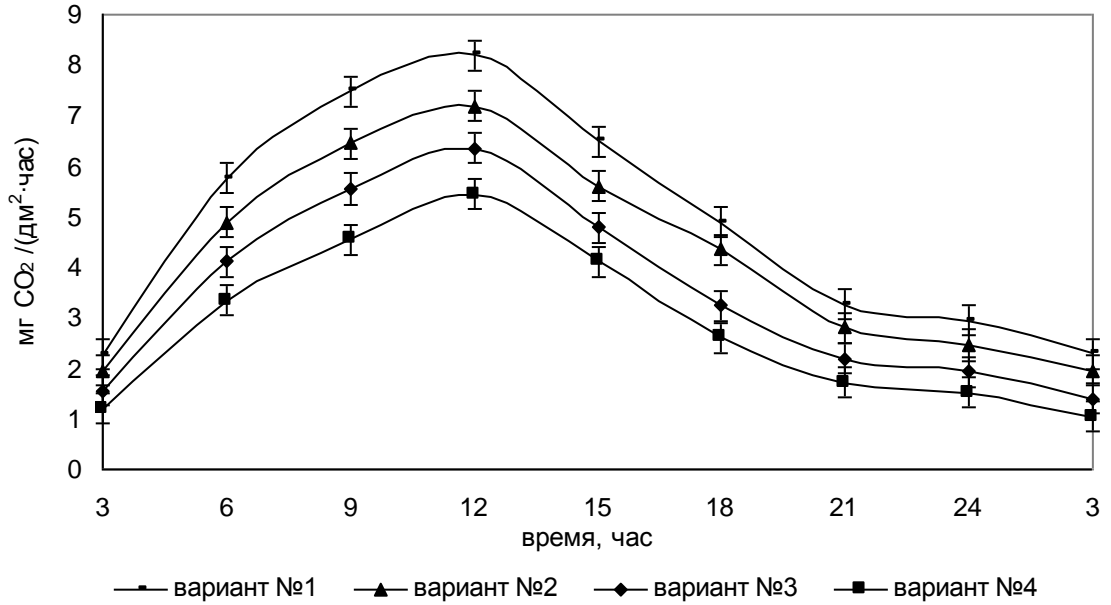


Рис. 5.9. Интенсивность фотосинтеза *N. cataria* при различных условиях питания

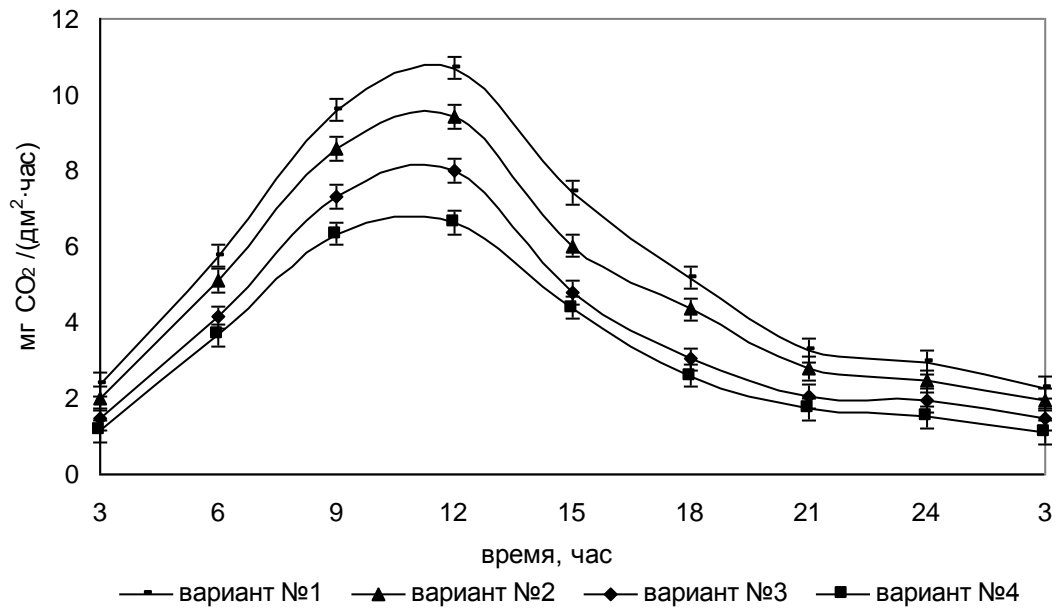


Рис. 5.10. Интенсивность фотосинтеза *A. foeniculum* при различных условиях питания

В результате проведенных исследований был найден оптимум фотосинтеза для изучаемых культур, который находится в диапазоне 28-32°C (рисунок 5.5, рисунок 5.6). Определено влияние водного потенциала почвы на интенсивность фотосинтеза на фоне различных условий питания. Разница

в интенсивности фотосинтеза по вариантам составила от 1,88 до 4,33 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{час}$ для *A. foeniculum* и 1,04-3,11 мг $\text{CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{час}$ для *N. cataria* (рисунок 5.3, рисунок 5.4).

С понижением относительной влажности воздуха от 80% до 40 % происходило падение интенсивности фотосинтеза во всех вариантах (рисунок 5.7, рисунок 5.8).

Прослеживается влияние различных условий питания на интенсивность фотосинтеза у обоих видов. Таким образом, применение удобрений интенсифицирует фотосинтез в целом.

Установлена зависимость между основными факторами внешней среды, а так же интенсивностью фотосинтеза.

Результаты данной главы опубликованы в следующих изданиях [174, 278].

6. СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛОВ И КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ *NERETA CATARIA* VAR. *CITRIODORA* BECK. И *AGASTACHE FOENICULUM* PURSH. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ КОРНЕВОГО ПИТАНИЯ

Фотосинтез, как известно, служит основным двигателем глобальных потоков энергии, вещества в биосфере. Ведение хозяйства должно быть направлено на повышение количества продуктов фотосинтеза на единицу земной поверхности и эффективности их превращения в растительный материал [9]. Особенно актуальным это для Украины, где в результате деградации природных экосистем, например в степной зоне, нерационального ведения мелиоративных программ наблюдается полная деградация природных экосистем, изменение условий окружающей среды [143].

Исследования фотосинтетической продуктивности растений относятся к числу фундаментальных направлений в физиологии растений. Актуальность проблемы связана с необходимостью оптимизации тех физиолого-биохимических процессов, от которых зависят величина и качество урожая.

И.А. Тарчевским были предложены хлорофильные фотосинтетические потенциалы (ХФСП), характеризующие фотосинтетическую деятельность, расчет которых производится по содержанию хлорофилла в растении, что позволяет точно определить потенциальную биопродуктивность [216]. Установлено, что существует взаимосвязь между активностью реакций фотосинтеза и продуктивностью [107].

Растения выращенные с различным фоном минеральных удобрений имеют разное количество хлорофиллов и каротиноидов [34, 35, 75, 76, 226]. Количество хлорофиллов является косвенной характеристикой

стрессоустойчивости культуры, которые в свою очередь влияют на водоудерживающую способность [21, 215].

Ряд научных работ посвящён вопросам влияния удобрений на фотосинтез, однако мало уделено внимания эфиромасличным культурам [9, 21]. Изучая содержание фотосинтетических пигментов в листьях и их количественное изменение в условиях минерального питания, мы получим возможность выбирать растения с потенциально высокой продуктивностью.

В зеленых листьях в течение всего вегетационного периода совершаются процессы разрушения и образования пигментов. Содержание пигментов в каждый данный момент является результирующей этих двух процессов: в случае преобладания процесса новообразования в листьях наблюдается увеличение количества пигментов, и, наоборот, если преобладает процесс разрушения, то количество пигментов уменьшается. Содержание хлорофиллов в течение вегетационного периода меняется. В начале вегетации – оно низкое, по мере роста растений – быстро повышается, в середине вегетации (наиболее продуктивный период) доходит до своего максимума, затем постепенно снижается.

В результате анализа экспериментальных данных установлено, что наибольшее содержание хлорофиллов в листьях изучаемых культур находится в варианте №1 и последовательно уменьшается к варианту №4. Изменение содержания хлорофиллов по фазам вегетации имеет линейный характер до фазы «массового цветения» включительно, после происходит снижение содержания хлорофилла *a* и *b*. Количество каротиноидов, наоборот, постепенно увеличивается по фазам вегетации (таблица Д.1, таблица Д.2).

Содержание хлорофиллов и каротиноидов у данных объектов различно: выше у *N. cataria* как по фазам вегетации так и по вариантам, относительно *A. foeniculum*). Это может свидетельствовать о потенциально большей водоудерживающей способности и большей устойчивости *N. cataria* в

условиях водного дефицита, что согласуется с результатами по водному режиму данных культур.

В результате проведенных исследований установлено, что для изучаемых видов максимальное содержание хлорофиллов выявлено в фазе массового цветения в варианте №1, для *N. cataria* составило 8,57 мг/г абс. сухого вещества, для *A. foeniculum* – 5,04 мг/г абс. сухого вещества. Минимальное содержание хлорофиллов наблюдаем в начале вегетации, для *N. cataria* оно составило 6,94 мг/г абс. сухого вещества, для *A. foeniculum* – 3,63 мг/г абс. сухого вещества. К моменту созревания семян количество хлорофиллов падает и для *N. cataria* оно составило 7,35 мг/г абс. сухого вещества, для *A. foeniculum* – 3,85 мг/г абс. сухого вещества (таблица Д.1, таблица Д.2).

К универсальным и основным пигментам ассимиляционных тканей относятся каротиноиды, которые, так же как и хлорофилл, поставляют энергию фотосинтетической системе, являясь неотъемлемой частью светособирающих комплексов пластид [216].

Установлено, что с фазы «конец цветения» и до фазы «созревания семян» у обеих культур происходит уменьшение хлорофиллов и увеличение каротиноидов, связанное очевидно, с естественными возрастными процессами в листовой пластинке. Для *N. cataria* в варианте №1 количество каротиноидов в начале вегетации составило 2,01 мг/г абс. сухого вещества, а в фазе созревания семян уже 2,21 мг/г абс. сухого вещества. Для *A. foeniculum* в начале вегетации - 1,21 мг/г абс. сухого вещества, а в фазе созревания семян – 1,5 мг/г абс. сухого вещества (таблица Д.1, таблица Д.2).

Н.Ю. Таран показала, что при водном дефиците почвы возрастает содержание каротиноидов в фотосинтетических тканях растений. Больше накопление каротиноидов отмечено у более устойчивых растений. Повышенное содержание каротиноидов является адаптивной реакцией на

действие засухи [214, 215]. Каротиноиды принимают участие в ответных реакциях на стресс [144].

По уровню изменения хлорофиллов и каротиноидов косвенно можно судить о степени водоудерживающей способности [21, 215].

Каротиноиды играют важную роль в фотосинтезе, выполняют роль светосборщиков и фотопротекторов. Поэтому накопление желтых пигментов можно рассматривать как адаптивную реакцию, направленную на повышение устойчивости фотосинтетического аппарата, предотвращении его фотодинамической деструкции и, в конечном итоге, более эффективное использование света в течение вегетации.

На основании полученных данных было установлено, что максимальное содержание хлорофиллов у изучаемых видов определено в варианте №1. Главным фактором, определяющим уровень продуктивности, является мощность фотосинтетического потенциала [9]. Высокое содержание хлорофилла может свидетельствовать о потенциально высокой продуктивности растений, выращенных при определенных условиях. При увеличении количества зеленого пигмента в растениях наблюдается положительная корреляция с продуктивностью растений, что согласуется с литературными данными [35, 53, 75, 185, 186, 242].

Количественные показатели хлорофиллов неодинаковы и отличаются между объектами. На протяжении вегетации у *N. cataria* содержание хлорофиллов было больше, чем у *A. foeniculum*. По изменению содержания хлорофиллов и каротиноидов можно косвенно судить о потенциальной продуктивности и степени устойчивости растения в условиях водного дефицита. Результаты данной главы опубликованы в следующих изданиях [165, 168].

7. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА *NERETA CATARIA VAR. CITRIODORA* ВЕСК., *AGASTACHE FOENICULUM* PURSH. В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Классические работы А.А. Ничипоровича [153] положили начало многоуровневым системным исследованиям продукционного процесса с применением методов математического моделирования. Математическая модель состоит из уравнения либо системы уравнений. Эти уравнения в количественном виде выражают предположения, гипотезы, сделанные в отношении реальной системы.

Математические уравнения модели не раскрывают ее биологическую сущность, они выражают и интерпретируют гипотезы в количественной форме, давая возможность на основании результатов делать выводы.

Сложился определенный разрыв между возрастающей степенью антропогенного давления на агроэкосистемы и несовершенством методов прогноза их последствий. Прогресс в этом направлении наметился с появлением концепций устойчивого и точного земледелия. Инструментом формирования комплекса рекомендаций могут быть средства поддержки технологических решений, а в качестве возможности таковых выступают динамические модели продукционного процесса (ДМПП) различных культур. Использование математических моделей повышает эффективность выбранных мер в сельском хозяйстве.

Нами были построены математические модели, описывающие транспирацию, устьичное сопротивление листа, интенсивность фотосинтеза, накопление надземной биомассы и выход эфирного масла *N. cataria* и *A. foeniculum*. В полученных моделях в качестве входных данных используется

метеорологическая информация и сведения о корневом питании в качестве независимых переменных, рассматриваемый параметр выступал зависимым.

С целью выявления зависимости транспирации от факторов внешней среды были построены математические модели множественной линейной регрессии.

В качестве независимых переменных были взяты:

X1 – интенсивность суммарной солнечной радиации, кВт/м²;

X2 – относительная влажность воздуха, %;

X3 – температура воздуха, °С;

X4 – температура почвы на глубине 15 см, °С;

X5 – разность температур лист - воздух, °С.

В процессе эксперимента влажность почвы поддерживалась на уровне 70-90% НВ. Для построения математической модели зависимости интенсивности транспирации от факторов внешней среды *N. cataria* использовали уравнение линейной регрессии в варианте №1, где: интенсивность транспирации – Y (зависимая переменная) имеет вид:

$$Y = 6,2493 + 4,2845X1 - 0,00873X2 - 0,0773X3 + 4,983X4 + 0,293X5$$

Коэффициент детерминации $R^2 = 0,8724$.

$$F_{кр} = 6,26 < F = 54,70$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 7,39$$

Для *A. foeniculum* в варианте №1: $Y = 5,2453 + 4,2989X1 - 0,00698X2 - 0,0693X3 + 4,902X4 + 0,279X5$ $R^2 = 0,8472$.

$$F_{кр} = 6,26 < F = 44,36$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 6,66$$

С помощью дисперсионного анализа были определены взаимосвязи транспирации с внешними условиями и доля влияния каждого признака при совокупном их взаимодействии (таблица 7.1).

На процесс транспирации наибольшим образом влияют: интенсивность суммарной солнечной радиации, температура воздуха. Независимые переменные X1-X5 учитывают 99,2-99,8% влияния факторов внешней среды. Неучтенные факторы составляют 0,4-0,2% (действительно для таблиц 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5; 7.6; 7.7; 7.8).

Отмечается постепенное возрастание интенсивности транспирации по фазам вегетации и достижения максимума в декадах 12-13, что соответствует периоду массового цветения.

Далее происходит снижением интенсивности транспирации. Интенсивность транспирации *A. foeniculum* выше по сравнению с *N. cataria*, что говорит о более высоком темпе расходовании воды первой культурой и, возможно, меньшей устойчивости в условиях водного дефицита.

Таблица 7.1

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных на процесс транспирации

Независимые переменные	Показатель удельного влияния, %	
	<i>N. cataria</i>	<i>A. foeniculum</i>
X1- интенсивность суммарной солнечной радиации, кВт/м ²	37,4	41,1
X2- относительная влажность воздуха, %	17,7	16,1
X3- температура воздуха, °С	28,9	31,4
X4- температура почвы на глубине 15 см, °С	10,6	8,4
X5- разность температур лист - воздух, °С	5,2	2,6

Экспериментальная и теоретическая зависимости близки по форме и значениям (рисунок 7.1, рисунок 7.2).

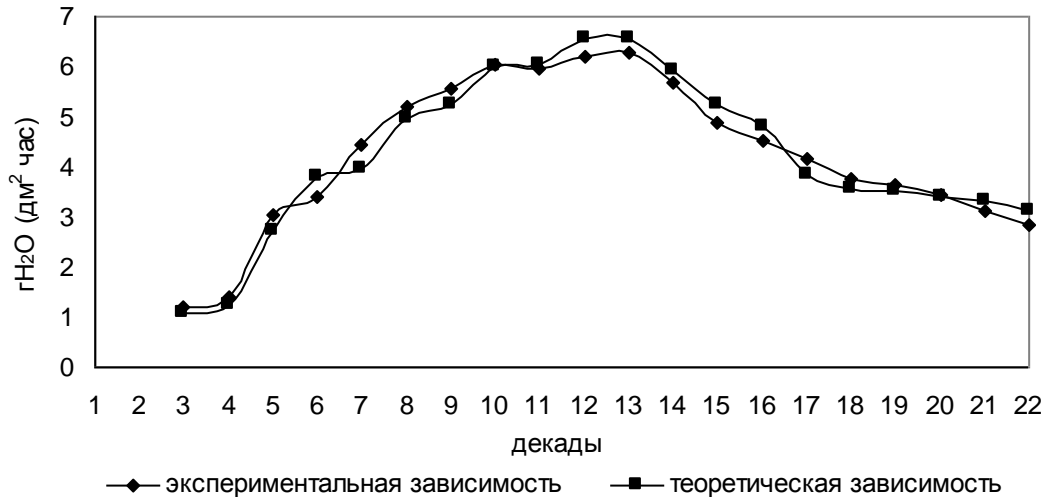


Рис. 7.1. Изменение интенсивности транспирации на протяжении периода вегетации *A. foeniculum* (вариант №4)

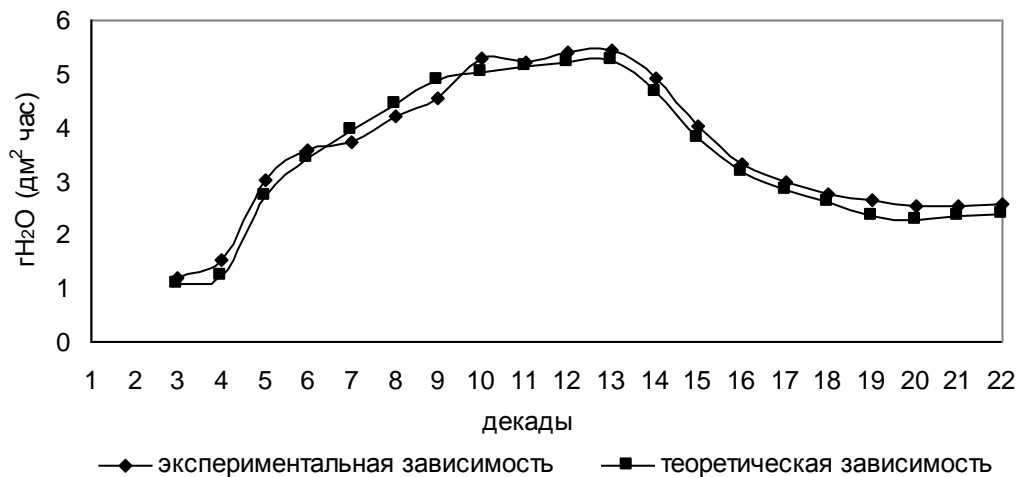


Рис. 7.2. Изменение интенсивности транспирации на протяжении периода вегетации *N. cataria* (вариант №4)

Устьичное сопротивление зависит от факторов внешней среды и физиологического состояния растения. Устьичное сопротивление листьев некоторых культур довольно чувствительно к недостатку влаги в почве и воздушной засухе [190, 276].

Были проведены исследования по изучению зависимости устьичного сопротивления от факторов внешней среды (рисунок 7.3, рисунок 7.4).

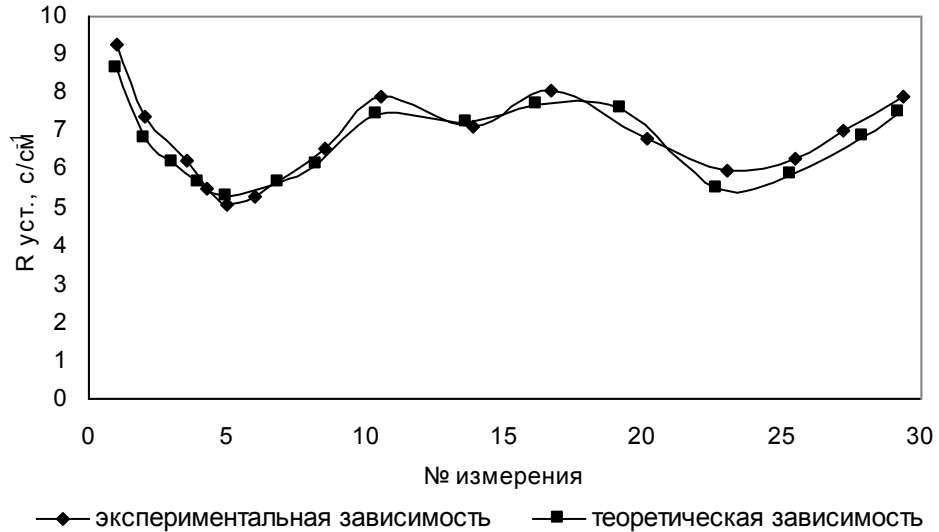


Рис. 7.3. Изменение устьичного сопротивления листьев *N. cataria* (вариант №4)

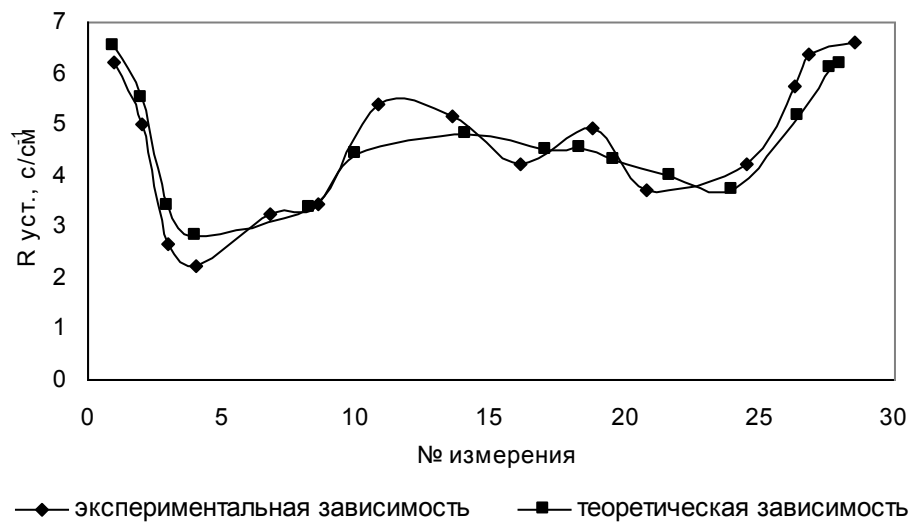


Рис. 7.4. Изменение устьичного сопротивления листьев *A. foeniculum* (вариант №4)

Использовался метод Тона – Клеймана [4]. Эту зависимость мы определили в виде уравнения множественной линейной регрессии.

Независимыми переменными являлись:

- X1 – суммарная солнечная радиация, кВт/м²;
- X2 – относительная влажность воздуха, %;
- X3 – влажность почвы, % НВ;
- X4 – температура воздуха, °С.

Зависимая переменная — Y - устьичное сопротивление, $\text{с}/\text{см}^{-1}$.

Уравнение множественной регрессии имеет вид:

N. cataria в варианте №4: $Y = 5,0936 + 0,42949X_1 + 0,11422X_2 - 0,081713X_3 + 0,072554X_4$ $R^2 = 0,9034$.

$$\begin{array}{lcl} F_{\text{кр}} = 5,05 & < & F = 74,66 \\ t_{\text{кр}} = 2,57 & < & t = 8,64 \end{array}$$

A. foeniculum в варианте №4: $Y = 6,0831 + 0,35122X_1 + 0,22441X_2 - 0,074712X_3 + 0,062632X_4$ $R^2 = 0,9215$.

$$\begin{array}{lcl} F_{\text{кр}} = 5,05 & < & F = 94,03 \\ t_{\text{кр}} = 2,57 & < & t = 9,69 \end{array}$$

Шаг модели – 10 мин.

Уровень открытия устьиц одновременно управляет интенсивностью газообмена и транспирации. Закрывая устьица, растения защищает себя от излишней потери влаги. Сравнивая данные по устьичному сопротивлению изучаемых видов, констатируем, что у *N. cataria* оно сильнее, относительно *A. foeniculum*. Это свидетельствует о меньшей потере воды *N. cataria*, что подтверждается данными по транспирации изучаемых культур.

Полученные в ходе экспериментов данные позволили перейти к моделированию интенсивности фотосинтеза от факторов внешней среды. В качестве независимых переменных были взяты:

X_1 – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

X_2 – разность температур лист - воздух, $^{\circ}\text{C}$;

X_3 – температура листа, $^{\circ}\text{C}$;

X_4 – температура почвы, $^{\circ}\text{C}$;

X_5 – диффузионное сопротивление листа, $\text{с}/\text{см}^{-1}$;

X_6 – суммарная солнечная радиация, $\text{кВт}/\text{м}^2$.

Y – интенсивность фотосинтеза (зависимая переменная),
 $\text{мг CO}_2/\text{дм}^2 \cdot \text{час}$.

Уравнение множественной линейной регрессии имеет следующий вид:

N. cataria в варианте №1

$$Y = 5,6746 - 0,46871X_1 + 0,80242X_2 + 0,024137X_3 - 0,053703X_4 + 0,014228X_5 + 0,07056X_6. R^2 = 0,9231.$$

$$F_{кр} = 9,01 < F = 96,15$$

$$t_{кр} = 3,18 < t = 9,81$$

A. foeniculum в варианте №1

$$Y = 6,4543 - 0,76971X_1 + 0,63262X_2 + 0,098143X_3 - 0,085603X_4 + 0,078232X_5 + 0,03085X_6 R^2 = 0,9126.$$

Шаг модели 10 мин.

$$F_{кр} = 9,01 < F = 83,72$$

$$t_{кр} = 3,18 < t = 9,15$$

Определены взаимосвязи интенсивности фотосинтеза с внешними условиями и доля влияния каждого признака при совокупном их взаимодействии (таблица 7.2).

Таблица 7.2

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных на интенсивность фотосинтеза

Независимые переменные	Показатель удельного влияния, %	
	<i>N. cataria</i>	<i>A. foeniculum</i>
X1- температура воздуха, °С	9,8	9,4
X2- разность температур лист - воздух, °С	9,5	3,7
X3- температура листа, °С	15,4	17,2
X4- температура почвы, °С	8,2	3,2
X5- диффузионное сопротивление листа, с/см ⁻¹	24,1	28,7
X6- суммарная солнечная радиация, кВт/м ²	32,7	37,4

Влияние независимых переменных различно между собой и неодинаково по культурам, но по очередности влияния следует отметить, характерна для обоих видов.

Максимальное влияние на интенсивность фотосинтеза изучаемых культур имеют: суммарная солнечная радиация, диффузионное

сопротивление листа, температура листа, внося большее доленое влияние относительно остальных переменных.

Для определения зависимости накопления массовой доли эфирного масла от факторов внешней среды была построена математическая модель множественной линейной регрессии, для *N. cataria*.

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5$$

где Y-массовая доля эфирного масла в надземной биомассе, %

a_0 -константа выражающая переменную Y; a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 -коэффициенты при независимых переменных;

X1-освещенность, лк;

X2-температура почвы на глубине 15 см, °C;

X3- температура воздуха, °C;

X4- относительная влажность воздуха, %;

X5-сумма осадков, мм.

Уравнение множественной линейной регрессии для *N. cataria* (вариант №1).

$$Y = 2,5621 - 0,65637X_1 - 0,098003X_2 + 1,9086X_3 - 0,057726X_4 - 0,1799X_5 \quad R^2 = 0,9426$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 130,91 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 11,44 \end{array}$$

Были определены с помощью дисперсионного анализа взаимосвязи продуктивности от внешних условий и доля влияния каждого признака при совокупном их взаимодействии (таблица 7.3).

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных на накопление эфирного масла *N. cataria*

Параметры внешней среды	Показатель удельного влияния, %
X1-освещенность, лк	9,8
X2-температуры почвы на глубине 15 см, °С	15,8
X3- температура воздуха, °С	28,3
X4- относительная влажность воздуха, %	4,3
X5-сумма осадков, мм	41,4

Таким образом, наибольшее влияние на процесс накопление эфирного масла оказывают: сумма осадков, температура воздуха и температура почвы. Затем следуют освещенность и относительная влажность воздуха.

При построении зависимости накопления массовой доли эфирного масла от факторов внешней среды для *A. foeniculum*, была построена математическая модель множественной линейной регрессии.

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5$$

где Y-массовая доля эфирного масла в надземной биомассе, %

a_0 -константа выражающая переменную Y; a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 -коэффициенты при независимых переменных;

X1- освещенность, лк;

X2-температура почвы на глубине 15 см, °С;

X3- температура воздуха, °С;

X4- относительная влажность воздуха, %;

X5-сумма осадков, мм.

Уравнение множественной линейной регрессии для *A. foeniculum* (вариант питания №1).

$$Y = 3,0733 - 0,72943X_1 - 0,091415X_2 + 1,7597X_3 - 0,067572X_4 + 0,029307X_5$$

$$R^2 = 0,9451$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 136,97$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 11,70$$

Также, были определены с помощью дисперсионного анализа взаимосвязи продуктивности от внешних условий и доля влияния каждого признака при совокупном их взаимодействии (таблица 7.4).

Таблица 7.4

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных на накопление эфирного масла *A. foeniculum*

Параметры внешней среды	Показатель удельного влияния, %
X1- освещенность, лк	5,9
X2-температуры почвы на глубине 15 см, °С	12,6
X3-температура воздуха, °С	29,4
X4-относительная влажность воздуха, %	3,2
X5-сумма осадков, мм	48,7

Таким образом, как в случае с *N. cataria*, так и с *A. foeniculum* на накопление эфирного масла наибольшее влияние оказывают: сумма осадков, температура воздуха и температура почвы.

С целью выявления закономерностей накопления биомассы от условий корневого питания и факторов внешней среды, были построены математические модели множественной линейной регрессии, для первого, второго и третьего года вегетации.

Шаг модели – 1 декада:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5$$

где Y-зависимая переменная, надземная масса растения, г;

a_0 -константа выражающая переменную Y; a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 -коэффициенты при независимых переменных;

X1 – освещенность, лк;

X2 – температура почвы на глубине 15 см, °С;

X3 – температура воздуха, °С;

X4 – относительная влажность воздуха, %;

X5 – сумма осадков, мм.

Ниже приведены уравнения множественной линейной регрессии для *N. cataria* за три года вегетации по вариантам:

Для первого года вегетации.

Вариант №1

$$Y=19,591+0,41642X_1-0,099027X_2+2,2611X_3-0,17649X_4-0,9546X_5 \quad R^2=0,9361$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 117,01 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 10,82 \end{array}$$

Вариант №2

$$Y=27,775+0,81772X_1-0,020682X_2+1,2572X_3-0,22904X_4-0,45105X_5 \quad R^2=0,923$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 96,15 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 9,81 \end{array}$$

Вариант №3

$$Y=24,335+0,53172X_1-0,036063X_2+1,6109X_3-0,19795X_4-0,50571X_5 \quad R^2=0,9491$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 148,30 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 12,18 \end{array}$$

Вариант №4

$$Y=32,93+1,2501X_1-0,0013266X_2+0,74105X_3-0,28319X_4-0,3585X_5 \quad R^2=0,9119$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 82,9 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 9,10 \end{array}$$

Для растений второго года вегетации.

Вариант №1

$$Y=74,231-5,1109X_1-0,22638X_2+5,1396X_3-1,5794X_4+9,1385 X_5 \quad R^2=0,9182$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 90,02 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 9,49 \end{array}$$

Вариант №2

$$Y=52,692-6,527X_1-0,33352 X_2+5,6091X_3-1,4269X_4+9,7028X_5 \quad R^2=0,908$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 78,96 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 8,89 \end{array}$$

Вариант №3

$$Y=57,518+10,082X_1-1,4957X_2-0,27084X_3-5,249X_4-6,2809X_5 \quad R^2=0,901$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 72,66 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 8,52 \end{array}$$

Вариант №4

$$Y=35,549+8,2752X_1-1,1533X_2-0,27897X_3-5,0621X_4-5,4834X_5 \quad R^2=0,931$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 108,26 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 10,40 \end{array}$$

Для растений третьего года вегетации.

Вариант №1

$$Y=31,863-7,6171X_1-0,20132X_2+10,832X_3-0,28534X_4+6,6104X_5 \quad R^2=0,911$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 82,07 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 9,06 \end{array}$$

Вариант №2

$$Y=41,332-5,373X_1-0,0029152X_2+5,6016X_3-0,20826X_4+7,9805X_5 \quad R^2=0,9101$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 81,26 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 9,01 \end{array}$$

Вариант №3

$$Y=42,905-5,4066X_1+0,088036X_2+5,3287X_3-0,3287X_4+9,154X_5 \quad R^2=0,923$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 96,15 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 9,81 \end{array}$$

Вариант №4

$$Y=40,258-4,0333X_1+0,12561X_2+3,0443X_3-0,25811X_4+8,4979X_5 \quad R^2=0,9121$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 82,92 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 9,11 \end{array}$$

На рисунке Г.3 приведены экспериментальные и теоретически рассчитанные значения. Коэффициент детерминации находится в пределах 0,901-0,9491.

Были определены с помощью дисперсионного анализа взаимосвязи накопления биомассы от внешних условий и доля влияния каждого признака

при совокупном их взаимодействии для растений первого, второго и третьего года вегетации (таблица 7.5).

Таблица 7.5

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных на накопление надземной биомассы *N. cataria*

Независимые переменные	Показатель удельного влияния, %		
	1 год вегетации	2 год вегетации	3 год вегетации
X1	30,5	33,9	31,7
X2	8,5	8,6	8,8
X3	17,2	16,4	17,1
X4	6	5,9	6,2
X5	37	34,8	35,9

Для *A. foeniculum* уравнения множественной линейной регрессии по надземной биомассе за три года вегетации по вариантам:

На рисунке Г.4 приведены экспериментальные и теоретически рассчитанные значения.

Для растений первого года вегетации.

Вариант №1

$$Y = -19,066 - 0,089305X_1 - 0,10433X_2 + 2,8601X_3 - 0,19586X_4 - 1,309X_5 \quad R^2 = 0,9221$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 95,06$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,75$$

Вариант №2

$$Y = -26,356 + 0,4766X_1 - 0,04622X_2 + 1,6303X_3 - 0,25144X_4 - 0,71671X_5 \quad R^2 = 0,9231$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 96,16$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,81$$

Вариант №3

$$Y = -24,957 + 0,27439X_1 - 0,052892X_2 + 1,9241X_3 - 0,23817X_4 - 0,76389X_5 \quad R^2 = 0,928$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 103,11$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 10,15$$

Вариант №4

$$Y = -24,456 + 0,54879X_1 - 0,018048X_2 + 1,0751X_3 - 0,202X_4 - 0,17579X_5 \quad R^2 = 0,917$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 88,17$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,39$$

Для растений второго года вегетации.

Вариант №1

$$Y = 77,873 - 5,9198X_1 - 0,29979X_2 + 5,312X_3 - 1,6735X_4 + 10,03X_5 \quad R^2 = 0,9151$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 86,33$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,29$$

Вариант №2

$$Y = 66,044 - 6,0257X_1 - 0,42463X_2 + 4,9815X_3 - 1,5357X_4 + 9,8606X_5 \quad R^2 = 0,9142$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 85,44$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,24$$

Вариант №3

$$Y = 74,634 - 6,3859X_1 - 0,37179X_2 + 4,639X_3 - 1,7224X_4 + 11,304X_5 \quad R^2 = 0,908$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 78,96$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 8,89$$

Вариант №4

$$Y = 66,836 - 6,6518X_1 - 0,43844X_2 + 5,1162X_3 - 1,5931X_4 + 10,407X_5 \quad R^2 = 0,9026$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 73,98$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 8,60$$

Для растений третьего года вегетации.

Вариант №1

$$Y = -18,629 - 6,5715X_1 - 0,34811X_2 + 11,025X_3 - 0,19818X_4 + 4,1544X_5 \quad R^2 = 0,913$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 83,76$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,15$$

Вариант №2

$$Y = -48,442 - 5,3497X_1 + 0,094537X_2 + 4,6615X_3 - 0,18772X_4 + 8,8523X_5 \quad R^2 = 0,9237$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 97,23$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,86$$

Вариант №3

$$Y = -36,564 - 5,4376X_1 - 0,030054X_2 + 6,2584X_3 - 0,28679X_4 + 7,854X_5 \quad R^2 = 0,9161$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 87,25$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,34$$

Вариант №4

$$Y = -47,28 - 5,2082X_1 + 0,13089X_2 + 3,7248X_3 - 0,20918X_4 + 9,1628X_5 \quad R^2 = 0,9264$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 99,58$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 9,98$$

Коэффициенты детерминации находятся в пределах 0,929-0,9775.

Отмечено влияние на накопление надземной биомассы во всех вариантах опытов, но наибольшее оказывало внесение совместного органического и минерального удобрений, на протяжении всех трех лет в обеих исследуемых культурах.

С помощью дисперсионного анализа определены взаимосвязи накопления биомассы от внешних условий и доля влияния каждого признака при совокупном их взаимодействии для растений первого, второго и третьего года вегетации (таблица 7.6).

Таблица 7.6

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных на накопление надземной биомассы *A. foeniculum*

Независимые переменные	Показатель удельного влияния, %		
	1 год вегетации	2 год вегетации	3 год вегетации
X1	33,4	35,7	34,8
X2	7,9	7,3	8,2
X3	16,2	15,8	16,4
X4	5,2	4,5	4,8
X5	37,2	36,4	35,5

Условия питания оказывали влияние на ростовые процессы растений, о чем свидетельствуют экспериментальные данные и подтверждают уравнения множественной линейной регрессии построенные ниже.

Шаг модели –1 декада:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5$$

где Y-зависимая переменная, надземный рост растения, см;

a_0 -константа выражающая переменную Y; a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 -коэффициенты при независимых переменных;

X1-температура воздуха, °С;

X2- освещенность, лк;

X3-температура почвы на глубине 15 см, °С;

X4-относительная влажность воздуха, %;

X5-сумма осадков, мм.

Уравнения множественной линейной регрессии по росту для *N. cataria* за три года по вариантам:

Для растений первого года вегетации.

Вариант №1

$$Y = 40,892 - 2,8108X_1 + 0,46751X_2 - 0,11682X_3 + 3,4683X_4 + 0,97535X_5 \quad R^2 = 0,9376$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 120,21 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 10,96 \end{array}$$

Вариант №2

$$Y = 23,024 - 1,8712X_1 + 0,24836X_2 - 0,071568X_3 + 2,8723X_4 + 0,20265X_5 \quad R^2 = 0,9223$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 95,08 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 9,75 \end{array}$$

Вариант №3

$$Y = 24,476 - 2,1489X_1 + 0,2735X_2 - 0,093227X_3 + 2,9729X_4 + 0,47131X_5 \quad R^2 = 0,9274$$

$$\begin{array}{l} F_{кр} = 6,26 < F = 101,91 \\ t_{кр} = 2,77 < t = 10,10 \end{array}$$

Вариант №4

$$Y = 18,863 - 1,5484X_1 + 0,19362X_2 - 0,10792X_3 + 2,7001X_4 + 0,26454X_5 \quad R^2 = 0,9366$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 118,57$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 10,89$$

Для растений второго года вегетации.

Вариант №1

$$Y = 1,4536 + 5,0619 X_1 - 0,53989 X_2 + 0,10896 X_3 + 3,3287 X_4 - 1,1932 X_5 \quad R^2 = 0,9812$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 408,88$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 20,22$$

Вариант №2

$$Y = 11,169 + 3,9755 X_1 - 0,31269 X_2 + 0,16782 X_3 + 2,4859 X_4 - 0,19272 X_5 \quad R^2 = 0,9813$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 426,65$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 20,66$$

Вариант №3

$$Y = 12,861 + 3,6948 X_1 - 0,31875 X_2 + 0,13982 X_3 + 3,2136 X_4 - 0,40275 X_5 \quad R^2 = 0,9823$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 446,5$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 21,13$$

Вариант №4

$$Y = 9,3228 + 3,3332 X_1 - 0,3053 X_2 + 0,14678 X_3 + 2,1886 X_4 + 0,038913 X_5 \quad R^2 = 0,9867$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 580,41$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 24,09$$

Для растений третьего года вегетации.

Вариант №1

$$Y = 21,635 - 4,5167 X_1 - 0,1907 X_2 - 0,94508 X_3 + 15,06 X_4 - 3,7291 X_5 \quad R^2 = 0,9513$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 155,95$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 12,49$$

Вариант №2

$$Y = 40,457 - 2,9614 X_1 - 0,54377 X_2 - 0,84162 X_3 + 14,471 X_4 - 5,182 X_5 \quad R^2 = 0,9534$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 164,38$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 12,82$$

Вариант №3

$$Y = 78,246 + 1,6321 X_1 + 0,68727 X_2 - 0,68362 X_3 + 14,199 X_4 - 6,9159 X_5 \quad R^2 = 0,9369$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 118,59$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 10,89$$

Вариант №4

$$Y = 90,779 + 1,1929 X_1 + 0,82584 X_2 - 0,47313 X_3 + 11,708 X_4 - 5,2146 X_5 \quad R^2 = 0,9479$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 145,83$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 12,08$$

На рисунке Г.1 приведены экспериментальные и теоретически рассчитанные значения. Коэффициенты детерминации находятся в пределах 0,9223-0,9867.

Определены с помощью дисперсионного анализа взаимосвязи роста надземной биомассы от внешних условий и доля влияния каждого признака при совокупном их взаимодействии для растений первого, второго и третьего года вегетации (таблица 7.7).

Таблица 7.7

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных в процессе роста надземной биомассы *N. cataria*

Независимые переменные	Показатель удельного влияния, %		
	1 год вегетации	2 год вегетации	3 год вегетации
X1	18,3	17,1	19,2
X2	27,7	28,8	27,5
X3	9,9	9,1	9,1
X4	5,4	4,6	3,7
X5	38,5	39,9	40,3

Уравнения множественной линейной регрессии, описывающие процесс роста *A. foeniculum* за три года вегетации по вариантам:

Для растений первого года вегетации.

Вариант №1

$$Y = -8,614 - 0,025578X_1 + 0,0099183X_2 - 0,075326X_3 + 2,3173X_4 - 0,32179X_5$$

$$R^2 = 0,9569$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 172,20$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 13,31$$

Вариант №2

$$Y=16,401 -0,9731X_1+0,1529X_2+0,070711X_3+1,935X_4+0,36523X_5 \quad R^2=0,9401$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 125,37 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 11,20 \end{array}$$

Вариант №3

$$Y=18,042-1,0316X_1+0,16065X_2-0,063046X_3+2,2935X_4+0,081329X_5 \quad R^2=0,9412$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 127,04 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 11,27 \end{array}$$

Вариант №4

$$Y=-27,435-1,2997X_1+0,27133X_2-0,049211X_3+1,7773X_4+0,83147X_5 \quad R^2=0,9655$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 218,88 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 14,79 \end{array}$$

Для растений второго года вегетации.

Вариант №1

$$Y=10,634+7,3953 X_1-0,74179X_2+0,15487X_3+2,5304X_4-2,1523X_5 \quad R^2=0,978$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 349,29 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 18,69 \end{array}$$

Вариант №2

$$Y=51,578+9,1037X_1-1,5112X_2-0,54634X_3+8,9461X_4-8,219X_5 \quad R^2=0,9065$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 77,48 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 8,8 \end{array}$$

Вариант №3

$$Y=81,012+10,031X_1-1,8497X_2-0,8001X_3+9,2566X_4-7,8889X_5 \quad R^2=0,9391$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 123,57 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 11,12 \end{array}$$

Вариант №4

$$Y=56,627+8,9783X_1-1,4722X_2-0,59937X_3+7,7319X_4-7,0611X_5 \quad R^2=0,9429$$

$$\begin{array}{lcl} F_{кр} = 6,26 & < & F = 132,94 \\ t_{кр} = 2,77 & < & t = 11,53 \end{array}$$

Для растений третьего года вегетации.

Вариант №1

$$Y=-88,208-0,45756X_1+0,80554X_2-0,42537X_3+13,306 X_4-5,4969 X_5 \quad R^2=0,9656$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 224,56$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 14,99$$

Вариант №2

$$Y = -74,021 - 3,7191X_1 + 0,88238X_2 - 0,5718X_3 + 13,784X_4 - 4,4934X_5 \quad R^2 = 0,9555$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 170,63$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 13,06$$

Вариант №3

$$Y = -69,95 - 3,1643X_1 + 0,78842X_2 - 0,59536X_3 + 14,025X_4 - 4,7859X_5 \quad R^2 = 0,9581$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 184,25$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 13,57$$

Вариант №4

$$Y = -48,777 - 1,2849X_1 + 0,40041X_2 - 0,55194X_3 + 12,674X_4 - 5,1392X_5 \quad R^2 = 0,946$$

$$F_{кр} = 6,26 < F = 139,12$$

$$t_{кр} = 2,77 < t = 11,79$$

На рисунке Г.2 приведены экспериментальные и теоретически рассчитанные значения. Коэффициенты детерминации находятся в пределах 0,9065-0,978.

Надежность моделей подтверждена расчетами коэффициентов детерминации, Фишера, Стьюдента ($P < 0,05$). Коэффициент детерминации для моделей принимает значения от 0 до 1. Чем ближе значение коэффициента к 1, тем сильнее зависимость. При оценке регрессионных моделей это интерпретируется как соответствие модели данным. Фактические значения критериев Фишера и Стьюдента выше их критических значений, что подтверждает значимость полученных моделей [19].

С помощью дисперсионного анализа определены взаимосвязи роста наземной биомассы от внешних условий и доля влияния каждого признака при совокупном их взаимодействии для растений первого, второго и третьего года вегетации (таблица 7.8).

Показатель удельного влияния (%) различных независимых переменных в процессе роста надземной биомассы *A. foeniculum*

Независимые переменные	Показатель удельного влияния, %		
	1 год вегетации	2 год вегетации	3 год вегетации
X1	17,3	16,2	17,3
X2	28,9	29,7	28,5
X3	9,2	8,4	8,9
X4	3,5	3,2	2,2
X5	40,9	42,3	42,8

Прогноз темпов развития имеет большое практическое значение, а так как лист является важным структурным элементом урожая растений, изучена динамика накопления его массы в период вегетации (рисунок 7.5). Нарастание массы листа *A. foeniculum* идет более быстрыми темпами (50 мг/сутки за первые 40 суток), чем у *N. cataria* (32 мг /сутки).

Интенсивность прироста выше у *A. foeniculum*. Так, в период с 10 по 80 сутки роста масса листа у *A. foeniculum* увеличилась с 730 мг до 2400 мг или на 1670 мг, в то время как у *N. cataria* всего на 1470 мг, с 360 мг до 1830 мг за тот же период.

Внесение минеральных и органических удобрений стимулирует накопление надземной массы *N. cataria* и *A. foeniculum*.

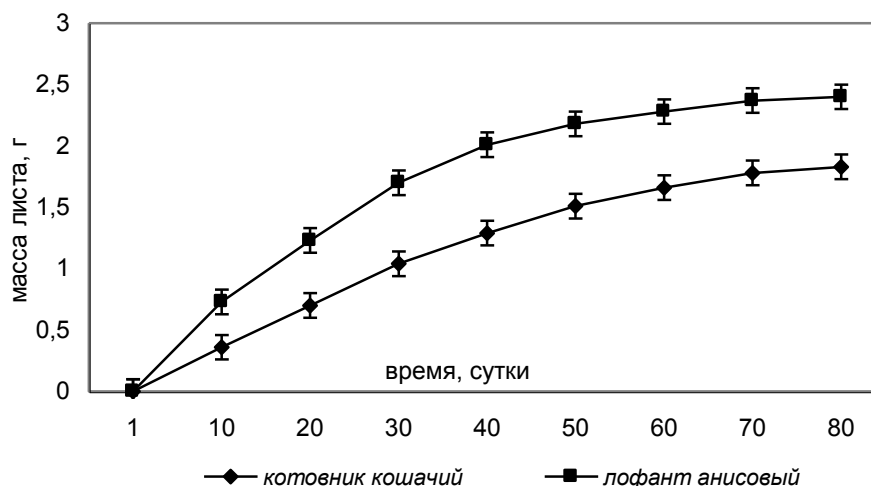


Рис. 7.5. Динамика накопления массы листовой пластинки (вариант №4)

Полученные нами математические модели могут быть использованы в качестве базовой основы в создании модели имитационного динамического моделирования, позволяющая рассчитывать с определенным интервалом в режиме реального времени: транспирацию, устьичное сопротивление листа, интенсивность фотосинтеза, накопление массовой доли эфирного масла. Используя полученные модели в качестве расчетного алгоритма можно разработать модель динамического моделирования продукционного процесса изучаемых культур. Для получения такого уровня продукта требуется ведение программирования, например, в среде Borland Delphi+Bold. Такая модель представляет собой компьютерную программу позволяющая в динамике рассчитать различные характеристики состояния системы «почва-растение-атмосфера» в течение всего периода вегетации. На ее основе могут рассчитываться: физиологическое состояние растения, прогноз урожайности, оценка темпов роста, подбор наиболее лучших способов выращивания.

Таким образом, выступая мощным инструментом научного исследования, позволяющая решать проблемы теоретического и практического характера.

Основные функциональные возможности, предполагаемой динамической модели продукционного процесса:

- Пошаговый расчет динамики изучаемого параметра с возможностью контроля состояния на каждом временном шаге.
- Полный расчет динамики продукционного процесса на всем протяжении вегетационного периода.
- Расчет урожайности по агротехническим приемам возделывания и поиск решений гибко настраиваемых условий выращивания для достижения желаемого результата.
- Визуализация результатов расчета в полностью настраиваемой и управляемом режиме реального времени.
- Можно оценивать степень влияния метеорологических факторов на количественные и качественные характеристики продукционного процесса.
- Оформление логики модели в виде набора функций, обеспечивающих ее базовый функционал в рамках выделенной динамически подключаемой библиотеки. Это дает возможность использовать модель для работы через удаленный доступ сторонним пользователям.

Модель имитационного динамического моделирования продукционного процесса может использоваться в практических целях сельского хозяйства, сокращая время и средства на планирование, выращивание и получение урожая *N. cataria* и *A. foeniculum*.

Результаты данной главы опубликованы в следующих изданиях [164, 168, 170-173].

8. АНАЛИЗ И ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обобщая результаты собственных исследований и литературные данные, можно констатировать, что исследуемые показатели котовника *Nepeta. cataria var. citriodora* Beck. и *Agastache foeniculum* Pursh. находятся в непосредственной зависимости от внешних факторов окружающей среды, а также условий питания.

Изменение скорости ксилемного потока и диаметра стеблей дают возможность определить величину водного дефицита [93, 161, 187]. В течение суток транспирационный поток изменяется, особенно сильно – в дневное время при усилении действия метеофакторов. Интенсивность транспирации в обеих культурах при влажности почвы 80% НВ для *N. cataria* составила 4,8 гН₂О/(дм²·час), *A. foeniculum* – 5,8 гН₂О/(дм²·час), что указывает на меньшую интенсивность транспирации первой культуры. Определяющее влияние на процесс транспирации оказывают: интенсивность суммарной солнечной радиации, температура воздуха. Затем по мере убывания находятся: относительная влажность воздуха, температура почвы и разность температур лист - воздух.

При увеличении водного дефицита в условиях почвенной или атмосферной засухи скорость водного потока в растении снижается. Таким образом, показатели скоростей водного потока в стебле позволяют проследить степень устойчивости растений в условиях нарастания водного дефицита [161].

Скорость водного потока *N. cataria*, ниже чем у *A. foeniculum*, также меньше и изменение диаметра стебля при различной влажности почвы, что говорит о меньшем расходовании воды *N. cataria* и как следствие, большей устойчивости в условиях водного дефицита.

О стабильности и степени регулирования процессов водного режима можно судить по величине вариабельности различных параметров, в том

числе и водного потенциала листа [264, 291]. В условиях достаточного увлажнения почвы условия питания не оказывают существенного влияния на водный потенциал листа данных культур до момента снижения влажности почвы до уровня 65% НВ. При влажности почвы ниже 65% НВ влияние различных условий питания на водный потенциал листа носит линейный характер. Самые низкие его значения для обеих культур отмечаются в контроле (вариант №4), максимальные – при внесении органических и минеральных удобрений (вариант №1). Для *N. cataria* (при W поч. 65% НВ) в варианте №1 водный потенциал составил -4,4 бар, для варианта №4 этот показатель равнялся -7 бар. Для *A. foeniculum* -5,2 бар и -8,4 бар, соответственно. Выявлены сезонные изменения водного потенциала изучаемых объектов. В первой и второй декаде июля для растений 2 года вегетации у обоих видов происходит повышение водного потенциала листа по сравнению с первой и второй декадой сентября. Связано это, очевидно, с ослаблением давления метеофакторов. Отмечается более высокий водный потенциал листьев *N. cataria* по сравнению с *A. foeniculum*, что свидетельствует о меньшей устойчивости последней культуры в условиях водного дефицита. Так как водный потенциал листьев растений характеризует степень водного стресса [264], можно предположить, что культура *A. foeniculum* менее устойчива в условиях водного стресса по сравнению с *N. cataria*.

В качестве одной из характеристик водного режима в работе использована зависимость оптических свойств листа и толщины листовой пластины от оводненности. Исследования показали, что коэффициент поглощения для *A. foeniculum* составляет 7-15%, для *N. cataria* 15-21%. Зависимость между показателями поглощения и толщиной листовой пластины является линейной. Коэффициент отражения *A. foeniculum* находится в пределах 24-30%, *N. cataria* 27-40%, что говорит о большей отражающей способности последнего вида. Связано, очевидно, это с

опушением листовой пластинки *N. cataria*. Полученные данные позволяют утверждать, что *N. cataria* является более устойчивой культурой в условиях водного дефицита, относительно *A. foeniculum*.

Урожай надземной массы определяется длиной вегетационного периода, темпами онтогенеза листовой пластинки, стебля и их соотношением [59]. У *N. cataria* и *A. foeniculum* с возрастом растений, увеличивается надземная масса и достигает своего максимума на второй, третий год вегетации. Полученные данные при изучении растений первого, второго и третьего года вегетации показывают влияние применяемых условий питания на накопление и прирост надземной биомассы. На основании проведенных исследований построены уравнения линейной регрессии, описывающие влияние почвенного питания на процесс накопления и прирост надземной массы и зависимости от факторов внешней среды. Рассчитан показатель удельного влияния различных независимых переменных на накопление надземной биомассы и получена следующая последовательность: сумма осадков, освещенность, температура воздуха, температуры почвы, относительная влажность воздуха. Но при расчете показателя удельного влияния независимых переменных на процесс роста надземной биомассы получена несколько другая последовательность: сумма осадков, освещенность, температура воздуха, температуры почвы, относительная влажность воздуха.

Биометрические показатели являются объективными аргументами влияния различных условий питания. Роль влияния минеральных и органических удобрений на структуру урожая и продуктивность *N. cataria* и *A. foeniculum* существенна. Максимальная продуктивность надземной биомассы *N. cataria* получена в варианте №1 при внесении 3 ц/га ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и навоза 40 т/га, была выше контроля на 66,3%. Выход эфирного масла превышал контроль на 55,5%. Для *A. foeniculum* урожай надземной массы на 73,8% и выход эфирного масла на 58,3% были выше

контроля. Ростовые процессы наблюдаются до фазы массового цветения, после чего рост практически прекращается. Таким образом, внесение минеральных и органических удобрений стимулирует накопление сухого вещества в надземной массе *N. cataria* и *A. foeniculum*.

Рассчитан показатель удельного влияния различных независимых переменных на процесс накопление эфирного масла и определена следующая последовательность, по мере убывания: сумма осадков, температура воздуха и температуры почвы, освещенность, относительная влажность воздуха.

Главным фактором, определяющим уровень продуктивности, является мощность фотосинтетического потенциала [9]. Высокое содержание хлорофиллов может свидетельствовать о потенциально высокой продуктивности растений, выращенных в определенных условиях. При увеличении количества зеленого пигмента в растениях наблюдается положительная корреляция с продуктивностью растений, что согласуется с литературными данными [35, 75]. Следовательно, количественное изменение содержания хлорофиллов в листьях можно использовать в качестве экспресс-характеристики устойчивости растения и потенциальной продуктивности. Проведенные исследования показали положительную корреляционную связь между содержанием хлорофиллов в листьях и различных условий питания. Наиболее высокий их уровень наблюдаем в варианте №1 и постепенно уменьшается к варианту №4. Найдена линейная зависимость между накоплением хлорофиллов и эфирным маслом, достигшее максимума в фазе «массового цветения».

Фотосинтез и минеральное питание являются тесно связанными и взаимообусловленными процессами. При изучении взаимосвязей между интенсивностью фотосинтеза, основными факторами внешней среды и условиями питания, установлено, что для интенсивности фотосинтеза оптимальными являются температура воздуха в пределах 28-32°C, влажность

воздуха 50-70%. В ходе эксперимента определен различный уровень интенсивности фотосинтеза для *N. cataria* и *A. foeniculum*.

Определена зависимость интенсивности фотосинтеза от влажности почвы, разница между вариантами составила от 1,88-4,33 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{дм}^2/\text{час}$ для *A. foeniculum* и 1,04-3,11 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{дм}^2/\text{час}$ для *N. cataria*.

С понижением относительной влажности воздуха от 80% до 40% интенсивность фотосинтеза во всех вариантах уменьшается. Для *N. cataria* она составила от 8,99 до 6,67 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{дм}^2/\text{час}$ (варианте №4), от 11,05 до 8,99 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{дм}^2/\text{час}$ (вариант №1). Изменение интенсивности фотосинтеза для *A. foeniculum* составляла от 8,99 до 6,43 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{дм}^2/\text{час}$ (вариант №4), 10,27 до 7,74 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{дм}^2/\text{час}$ (вариант №1). Можно констатировать, что использование удобрений интенсифицирует фотосинтез. Сравнение интенсивности фотосинтеза показало, что его уровень выше у *A. foeniculum*, относительно *N. cataria*.

Исходя из расчетов показателей удельного влияния независимых переменных на интенсивность фотосинтеза определена следующая последовательность (по мере убывания): суммарная солнечная радиация, диффузионное сопротивление листа, температура листа, температура воздуха, разность температур лист-воздух, температура почвы. Учитывая особенности воздействий условий внешней среды и различных условий питания, можно заранее прогнозировать урожай данных видов произрастающих в разных условиях.

Полученные нами математические модели могут быть использованы в качестве базовой основы в создании модели имитационного динамического моделирования, позволяющая рассчитывать с определенным интервалом в режиме реального времени: транспирацию, устьичное сопротивление листа, интенсивность фотосинтеза, накопление массовой доли эфирного масла. Используя полученные модели в качестве расчетного алгоритма можно разработать модель динамического моделирования продукционного процесса

изучаемых культур. Для получения такого уровня продукта требуется ведение программирования, например, в среде Borland Delphi+Bold. Такая модель представляет собой компьютерную программу позволяющая в динамике рассчитать различные характеристики состояния системы «почва-растение-атмосфера» в течение всего периода вегетации. На ее основе могут рассчитываться: физиологическое состояние растения, прогноз урожайности, оценка темпов роста, подбор наиболее лучших способов выращивания.

Таким образом, выступая мощным инструментом научного исследования, позволяющая решать проблемы теоретического и практического характера.

ВЫВОДЫ

1. Дана комплексная оценка физиологических особенностей *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. и *Agastache foeniculum* Pursh., интродуцированных на Южном берегу Крыма. Установлена степень влияния факторов внешней среды на интенсивность фотосинтеза, водный режим, интенсивность роста. Показана возможность прогнозировать урожай и продуктивность данных культур в различных условиях произрастания.
2. Выявлены оптимальные параметры: температура воздуха (28-32 °С), освещенность (0,4-0,5 квт/м²), влажность воздуха (50-70%) и внесение комплекса органического и минерального удобрений (40т/га и 3ц/га, соответственно), при которых наблюдается максимальная интенсивность фотосинтеза котовника (18,16 мг СО₂*дм²/час) и лофанта (19,51 мг СО₂*дм²/час). В целом, интенсивность фотосинтеза у лофанта выше, чем у котовника, что может свидетельствовать о более высокой продуктивности лофанта.
3. Установлено, что внесение комплекса органического и минерального удобрений (40т/га и 3ц/га, соответственно) наиболее благоприятно влияет на водный режим котовника и лофанта. При этом скорость водного потока котовника (1,41-2,91 мВ) ниже, чем у лофанта (2,00-3,41 мВ). Кроме того, для котовника также характерно меньшее значение интенсивности транспирации и изменение диаметра стебля при различной влажности почвы (40-90% НВ). У листьев котовника более высокий водный потенциал (-4,4 бар) по сравнению с лофантом (-5,2 бар). Следовательно, по совокупности полученных параметров можно судить о меньшем расходовании воды котовником и, как следствие, его большей устойчивости к условиям водного дефицита.
4. Определено влияние факторов внешней среды и условий корневого питания на процессы роста и накопления надземной биомассы, которые в наибольшей степени зависят от суммы осадков, продолжительности

солнечного сияния и температуры воздуха. Такая последовательность действующих факторов характерна для котовника и лофанта первого, второго и третьего годов вегетации.

5. Установлено влияние различных условий корневого питания на содержание эфирных масел у котовника и лофанта. Максимальный выход эфирного масла как для котовника (1,74% от сухой массы), так и для лофанта (1,44% от сухой массы) получен при использовании комплекса органического и минерального удобрений (40г/га и 3ц/га, соответственно).

6. Пигментный состав листьев зависит от условий питания растений и фазы вегетации. Максимальное содержание хлорофилла выявлено в фазе массового цветения при использовании комплекса органического и минерального удобрений. Для котовника оно составило 8,57 мг/г от сухой массы, для лофанта – 5,04 мг/г. Концентрация каротиноидов достигала максимума к моменту созревания семян, и составляла для котовника – 2,21 мг/г, для лофанта – 1,5 мг/г. Данные изменения концентраций пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) связаны с естественными возрастными процессами в листовой пластинке.

7. Полученные математические модели могут выступать в качестве базовой основы для создания модели имитационного динамического моделирования продукционного процесса и использоваться в агроценозах, сокращая время, средства на культивирование и получение урожая котовника кошачьего и лофанта анисового.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А. с. 1105155 СССР, МКИ³ А 01 G7/00. Устройство для контроля относительного изменения тургесцентности / А.Н.Балашов, Д.С.Рубинштейн, Ю.Д.Тон (СССР). – № 3562469/30-15; заявл. 11.03.83; опубл. 30.07.84, Бюл. № 28. - 3 с.
2. А. с. 1186144 СССР, МКИ³ А 01 G7/00. Способ комплексного определения жаро- и засухоустойчивости / М.Д.Кушниренко [и др.] (СССР). – № 3688310/30-15; заявл. 30.09.83; опубл. 23.10.85, Бюл. №39. – 2 с.
3. А. с. 17933818 СССР, МКИ³ А 01 G7/00. Способ определения флоэмного потока в побегах растений / О.А.Ильницкий, С.С.Радченко, Н.Г. Нилов (СССР). - № 4743648/12-07; заявл. 03.05.90; опубл. 07.02.93, Бюл. № 5. - 2 с.
4. А. с. №1639497 СССР, МКИ³ 5А 01 G/00. Способ определения устьичного сопротивления листьев / Ю.Д. Тон, Э.И. Клейман (СССР). - № 4684960/13-11; заявл. 24.02.89; опубл. 07.04.91, Бюл. №13. - 3 с.
5. Абделаиз, А.Х. Морфогенез, физиология и агротехнология лопанта анисового (*Lophanthus anisatus* Benth.) как нового растения для Астрахани и России / А.Х.Абделаиз, М.Ф.Саад // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2009. - № 17. - С. 44-49.
6. Абделаиз, А.Х. Употребление нового чайного напитка из лопанта анисового в лечебных целях / А.Х.Абделаиз, В.Н.Фурсов // Естественные науки. - 2009. - № 4. - С. 61-66.
7. Акимова, О.И. Формирование биометрических показателей и урожайность зерна озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений / О.И.Акимова, Н.Ф.Катанова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2009. - № 11. - С. 15-20.

8. Алексеев, А.М. Водный режим клеток растений в связи с обменом веществ и структурированностью цитоплазмы / А.М.Алексеев // 28-е Тимирязевское чтение. - М.: Наука, 1969. - С. 28.
9. Алиев, Д.А. Фотосинтетическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений / Д.А.Алиев. - Баку: ЭЛМ, 1974. - 334 с.
10. Андреева, Н.Ф. К итогам интродукции рода *Agastachia* в условиях ЮБК / Н.Ф.Андреева, Н.С.Машанов // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирно-масличного производства : матер. V Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 17-19 сентября 1990 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1990. - С. 65-66.
11. Анестиади, К.С. Влияние условий хранения и высушивания сырья лопуха анисового на выход и качество эфирного масла / К.С.Анестиади, М.А.Пчелина // Вопросы интенсификации эфирномасличного производства в МССР. - Кишинев, 1982. - С. 201-205.
12. Аринштейн, А.И. Изменчивость содержания эфирного масла и некоторых других признаков в исходном материале ириса, котовника, лили белой / А.И.Аринштейн, М.Е.Чурса // Актуальные проблемы изучения эфирномасличных растений и эфирных масел: матер. II Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Кишинев, 26-29 августа 1970 г. / КГАИ. - Кишинев, 1970. - С. 3-4.
13. Аринштейн, А.И. Интродукция двух видов котовника в связи с селекцией на эфирномасличность / А.И.Аринштейн, А.А.Серкова, Л.М.Доля // Биологические закономерности изменчивости и физиология приспособления интродуцированных растений: матер. Всесоюзн. конф., г. Черновцы / ЧГУ. - Черновцы, 1977. - С. 11.
14. Аринштейн, А.И. Межвидовая гибридизация в роде (*Nepeta* L.) котовник с целью получения исходного материала для селекции /

- А.И.Аринштейн, Л.М.Мочкаль // Труды ВНИИЭМК. - 1980. - Т. 13. - С. 10-14.
15. Аринштейн, А.И. Межвидовая гибридизация как источник получения новых форм селекции котовника (*Nepeta* L.) / А.И.Аринштейн, А.А.Серкова, Л.М.Мочкаль // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. III Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 25 сентября 1980г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1980. - С. 4-5.
 16. Аринштейн, А.И. Пути создания высокопродуктивных форм котовника / А.И.Аринштейн, А.А.Серкова, Л.Ф.Савченко // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Ч. 1 - С. 88-89.
 17. Аристархов, А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах / А.Н.Аристархов, В.Г.Минеев. - М.: ЦИНАО, 2000. - 522 с.
 18. Аскерова, Р.К. Новый вид рода *Nepeta* L. из Азербайджана / Р.К.Аскерова // Ботанические материалы гербария Ботанического института им. В.Л. Комарова АН СССР. - 1974. - Т. 16. - С. 286-289.
 19. Аффифи, А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ / А.Аффифи, С.Эйзен. - М.: Мир, 1982. - 488 с.
 20. Ахмедов, А.Д. Влияние водного режима почвы и доз внесения удобрений на рост и развитие баклажанов в светло-каштановых почвах Волгоградской области / А.Д.Ахмедов, И.А.Давыдов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2010. - № 2. - С. 83-87.

21. Баранина, И.И. Влияние минерального питания на фотосинтетическую деятельность озимой пшеницы / И.И.Баранина // Бюллетень Академии Штиинце МССР: серия биологические и химические науки. - 1984. - № 1. - С. 21-26.
22. Бейдейман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / И.Н.Бейдейман. - Новосибирск: Наука, 1974. - 156 с.
23. Бирман, Л.Л. Гербициды для лофанта анисового второго года вегетации / Л.Л.Бирман // Вопросы интенсификации эфирномасличного производства в МССР. - Кишинев: Штиинца, 1986. - С. 109-113.
24. Бирман, Л.Л. Гербициды на змееголовнике молдавском и лофанте анисовом II-го года вегетации / Л.Л.Бирман // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Ч.1. - С. 166-167.
25. Бодруг, М.В. Опыт интродукции котовника в Молдавии / М.В.Бодруг // Известия АН МССР: серия биологические и химические науки. - 1978. - № 1. - С. 83-84.
26. Болондинский, В.К. Исследование зависимости фотосинтеза от интенсивности солнечной радиации, температуры и влажности воздуха у растений карельской березы и березы повислой / В.К.Болондинский // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. - 2010. - № 2. - С. 3-9.
27. Болондинский, В.К. Устьичная регуляция фотосинтеза у сосны обыкновенной / В.К.Болондинский // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: матер. Всерос. конф., г.

- Петрозаводск, 22-27 сентября 2008 г. / Карельский институт леса. - Петрозаводск, 2008. - Ч. 6. - С. 15-17.
28. Бондарь, В.И. Регулирование продукционного процесса кормовой свеклы / В.И.Бондарь // Земледелие. - 2006. - № 2. - С. 30-31.
29. Брандт, А.В. Оптические параметры растительных организмов / А.В.Брандт, С.В.Тагеева. - М.: Наука, 1967. - 301 с.
30. Браун, Э.Э. Особенности роста растений и продуктивность раннего картофеля при внесении минеральных удобрений / Э.Э.Браун, М.К. Куаналиева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2010. - Т. 1. - № 25-1. - С. 36-39.
31. Бурачинська, Н.С. Біологічні та фітохімічні особливості деяких видів котячої м'яти, інтродукованих в ЦРБС АН УРСР / Н.С.Бурачинська // Інтродукція та акліматизація рослин на Україні. - 1971. - Вип. 5. - С. 89-94.
32. Бышко, Н.А. Использование эфирных масел для подавления фитопатогенной микрофлоры плодоовощей / Н.А.Бышко, А.И.Машанов, Р.А.Степень // Фундаментальные исследования. - 2004. - № 3. - С. 97-98.
33. Ванзар, О.Н. Интродукция лекарственных видов семейства *Lamiaceae* Juss. в ботаническом саду ЧНУ / О.Н.Ванзар, В.В.Романюк // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Ялта, 08-12 июня 2009 г. / НБС - ННЦ. - Ялта, 2009. - С. 28.
34. Влияние минеральных удобрений на содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях овощных культур / В.А.Борисов [и др.] // Картофель и овощи. - 2008. - № 6. - С. 26-27.
35. Влияние условий питания на содержание хлорофиллов, каротиноидов и общих белков некоторых лекарственных растений / О.А.Ильницкий [и др.] // Экологические основы онтогенеза природных и культурных

- сообществ Евразии; матер. XIV Междунар. науч. конф., г. Херсон, 22-23 июня 2002 г. / ХГУ. - Херсон, 2002. - С. 67-68.
36. Внесение удобрений как прием эффективного водосбережения / Г.И.Уваров [и др.] // Аграрная наука. 2008. - № 11. - С. 2-22.
 37. Воронина, Е. П. Сравнительное интродукционное изучение видов *Agastache* и *Lophanthus* / Е.П.Воронина, Ю.Н.Горбунов, Е.В.Дмитриев // Бюллетень ГБС. - 1988. - Вып. 173. - С. 8-12.
 38. Воскресенская, О.Л. Физиология растений / О.Л.Воскресенская, Н.П.Грошева, Е.А.Скочилова. - Йошкар-Ола, 2008. - 148 с.
 39. Выделение эфирного масла из лофанта анисового и изучение его химического состава / А.В.Великородов [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2009. - № 10. - С. 66-71.
 40. Гармаш, Е.В. Зависимость роста растений ячменя от уровня минерального питания контролируется температурным режимом / Е.В.Гармаш // Физиология растений. - 2005. - Т. 52. - № 3. - С. 384-391.
 41. Гегечкори, Б.С. Фотосинтетическая деятельность листьев яблони в разных условиях освещения / Б.С.Гегечкори, А.А.Кладь, М.Ю.Рудь // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2010. - № 4. - С. 16-18.
 42. Генкель, П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений / П.А.Генкель. - М.: Наука, 1982. - 280 с.
 43. Глобус, А.М. Конструкция, методика применения и температурная чувствительность термопарного психрометрического влагопотенциометра, основанного на эффекте Пельтье / А.М.Глобус // Почвоведение. - 1972. - № 2. - С. 117-121.
 44. Горбунов, Ю. Н. Интродукция культурных растений / Ю.Н.Горбунов, В.П. Криворучко // История науки и техники. - 2010. - № 5. - С. 33-38.
 45. Горбунов, Ю.Н. Интродукция эфиромасличных растений в главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина РАН / Ю.Н.Горбунов,

- З.Е.Кузьмин, Л.И.Хоциалова // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: матер. Междунар. науч.-практич. конф., г. Ялта 08-012 июня 2009г. / НБС - ННЦ. - Ялта, 2009. - С. 43.
46. Гордеева, Л.Н. Оценка антимикробных свойств пряно-ароматического сырья, используемого в производстве ароматизированных вин / Л.Н.Гордеева // Пищевая и перерабатывающая промышленность. - 2002. - № 1. - С. 227.
47. Григорюк, И.П. Влияние условий питания на степень связи воды с веществами клеток в онтогенезе растений / И.П.Григорюк, С.И.Слухай // Водообмен растений при неблагоприятных условиях среды. – Кишинёв: Штиинца, 1975. - С. 174-179.
48. Губарь, Г.Д. Фотосинтез как фактор, определяющий эффективность минерального питания / Г.Д.Губарь, О.Э.Крейцберг, С.Х.Кристкалне // Фотосинтез и продуктивность растений. - Рига: Зинатне, 1965. - С. 381.
49. Гулянов, Ю.А. Продуктивность фотосинтеза озимой пшеницы / Ю.А.Гулянов // Земледелие. - 2006. - № 6. - С. 29-31.
50. Гурвич, Н.Л. Семенное размножение котовника. Сообщение 1 / Н.Л.Гурвич, С.С.Мишурова // Масложировая промышленность. – 1970. - № 1. - С. 28-29.
51. Гусев, Н.А. Состояние воды в растении / ГусевН.А. - М.: Наука, 1974. - 139 с.
52. Демченко, Н.П. Использование натуральных эфирных масел в лекарственных препаратах / Н.П.Демченко, А.А.Серкова, И.Г.Скачкова. - К.: Здоров'я, 1987. - 820 с.
53. Дерендовская, А.Н. Хлорофильные показатели и их связь с продуктивностью растений озимого ячменя / А.Н.Дерендовская, С.Жосан // Stiinta Agricola - Аграрная наука. - 2008. - № 1. - С. 3-7.
54. Джаримов, Н.А. Производственное выращивание котовника лимонного и гринделии цельнолистной в Краснодарском крае / Н.А.Джаримов,

- П.Е.Личковаха, И.Г.Капелев // Парфюмерно-косметическая и эфиромасличная промышленность: науч.-техн. реферат. - М., 1981. - Вып. 3. - С. 12-15.
55. Динамика интенсивности фотосинтеза в некоторых формах листьев растений чая / Н.М. Турманидзе [и др.] // АгроЭкоИнфо. - 2009. - № 1. - С. 9.
56. Динамика накопления и состава эфирного масла *Agastache foeniculum* в процессе вегетации растений и при хранении сырья / Е.В. Дмитриев [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 1981. - № 6. - С. 164-166.
57. Дмитриев, Е.В. Динамика накопления и состава эфирного масла котовника лимонного в течение вегетации и при хранении сырья / Е.В.Дмитриев, М.Г.Мумладзе, Г.А.Эсваиджия // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 1981. - №3. - С. 75.
58. Долід, А.В. Вплив сорто-підщепних відносин на біометричні та біохімічні показники саджанців груші / А.В.Долід, А.М.Силаєва // Садівництво. - 1998. - Вип. 47. - С. 194-199.
59. Дорохов, Л.М. Влияние минерального питания на фотосинтез, накопление сухого вещества и урожай озимой пшеницы и ярового ячменя / Л.М.Дорохов, И.И.Баранина, С.Н.Махаринец // Изучение фотосинтеза важнейших сельскохозяйственных культур Молдавии; сб. статей. - Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1968. - С. 259.
60. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А.Доспехов. - М.: Колос, 1968. - 208 с.
61. Дронин, Г.В. Флора остепнённых склонов меловых холмов у с. Ермоловка (Вешка Ймский р-н ульяновской обл.) / Г.В.Дронин, // Природа симбирского Поволжья. - 2012. - Вып. 13 С. 41-53.
62. Дубенок, Н.Н. Минеральное питание - важный резерв повышения продуктивности посевов моркови при орошении / Н.Н.Дубенок, В.В.

- Бородычев, А.А.Мартынова // Достижения науки и техники АПК. - 2010. - № 7. - С. 24-27.
63. Дугин, А.В. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность сортов озимой пшеницы в зависимости от условий питания на каштановых почвах Волгоградской области / А.В.Дугин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2011. - № 2. - С. 70-74.
64. Ерошенко, Ф.В. Фотосинтетическая деятельность посевов высокорослых и короткостебельных сортов озимой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания / Ф.В.Ерошенко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2010. - Т. 3. - № 27-1. - С. 221-224.
65. Жолкевич, В.Н. Водный обмен растений /В.Н.Жолкевич, Н.А.Гусев, А.В.Капля. - М.: Наука, 1989. - 256 с.
66. Жук, О.И. Реакция проростков гибридов кукурузы и теосинтез на водный стресс / О.И.Жук, Е.А.Ярошенко, И.П.Григорюк // Физиология и биохимия культ. растений. - 2001. - Т. 33. - № 1. - С. 46-51.
67. Зайцев, Г.Н. Методика биометрических расчетов / Г.Н.Зайцев. - М.: Наука, 1973. - 256 с.
68. Звягина, Н.С. Хозяйственно-ценные виды растений Кузнецкой лесостепи / Н.С.Звягина, Д.Н.Шауло // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2008. - № 10. - С. 49-52.
69. Земскова, Ю.К. Особенности интродукции пряно-вкусовых овощных культур в условиях Нижнего Поволжья / Ю.К.Земскова, Е.В.Лялина, Н.Б.Суминова // Вестник Саратовского государственного аграрного университета. - 2009. - № 10. - С. 18-21.
70. Ибрахим, А. Влияние азотных удобрений на продуктивность перца сорта *Hot cayenne* / А.Ибрахим // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 2008. - № 2. - С. 137-139.

71. Иванова, З.Я. Новые эфиромасличные растения для степной зоны Крыма / З.Я.Иванова, Л.М.Павлыгина // Бюлл. Никит. Ботан. сада. - 1987. - Вып. 63. - С. 62-67.
72. Игнатъев, Л.А. Влияние азотных, фосфорных удобрений и ретарданта ССС на зерновую продуктивность яровой пшеницы / Л.А.Игнатъев // Агрехимия. - 2006. - № 6. - С. 45-53.
73. Идентификация компонентов эфирного масла непеты лимонной (*Nepeta cataria var citriodora* Beck.) / В.А.Замуреенко [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 1980. - Вып. 5. - С. 167-169.
74. Изучение химического состава и противогрибковой активности эфирного масла *Lophantus anisatum* Benth. / А.В.Великородов [и др.] // Химия растительного сырья. - 2010. - №2. - С. 143-146.
75. Ильницкий, О. А. Влияние условий питания эхинацеи пурпурной на содержание пластидов и рост биомассы растения / О.А.Ильницкий, М.И.Федорчук, В.Д.Работягов // Изучение онтогенеза растений природных и культурных флор в ботанических учреждениях и дендропарках Евразии: матер. 12 Междунар. конф., г. Полтава, 12-18 сентября 2000 г. / ПСИ. - Полтава, 2000. - С. 38-39.
76. Ильницкий, О.А. Влияние условий питания шалфея лекарственного на содержание хлорофиллов и рост биомассы растения / О.А.Ильницкий, М.И.Федорчук, А.Е.Гнидин // Сборник научных трудов Херсонского аграрного университета «Таврійський вісник». - 1999. - №12. - С. 65-70.
77. Ильницкий, О.А. Оптические свойства листьев растений ближнего инфракрасного излучения в связи с их водным режимом и засохустойчивостью / О.А.Ильницкий, И.Н.Палий, С.П.Кутько // Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні України : матер. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Нова Каховка, 18-20 жовтня 2006 р. / ХДУ [та ін.]. - Херсон, 2006. - С. 20-22.

78. Ильницкий, О.А. Сравнительная эффективность методов фитомониторинга при обезвоживании плодовых и технических культур / О.А.Ильницкий, Т.И.Быстрова, И.Н.Палий // Труды Никит. ботан. сада. - 2005. - Т. 125. - С. 99-111.
79. Ионова, Е.В. Водный режим пшеницы твердой озимой в условиях засухи / Е.В.Ионова, Н.Е.Самофалова // Зерновое хозяйство России. - 2009. - № 3. - С. 31-34.
80. Исследование состава эфирного масла лофанта анисового *Lophanthus anisatus* Berth (*Agastache foeniculum* Pursh.) / В.А.Замуреенко [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 1980. - № 6. - С. 164-166.
81. Ильницкий О.А. Оптичні властивості листків *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck., *Agastache foeniculum* Pursh. у зв'язку з їх водним режимом / О.А.Ільницький, М.І.Федорчук, І.М.Палій // Онтогенез – стан, проблеми та перспективи вивчення рослин в культурних природних ценозах : матер. Міжнар. наук. конф., м. Херсон, 7-9 вересня 2012 р. / ХДАУ [та ін.]. - Херсон, 2012. - С. 317-321.
82. Кайбияйнен, Л.К. Экофизиология водного режима сосны и сосновых древостоев: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.12 / КайбияйненЛ.К. - Петрозаводск, 1989. - 48 с.
83. Канаев, М.В. Распространение и особенности выращивания редких эфиромасличных трав в условиях саратовской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Канаев Михаил Владимирович - Саратов, 2009 - 23 с.
84. Канаш, Е.В. Оптические характеристики листьев при окислительном стрессе и их связь с устойчивостью и продуктивностью растений / Е.В.Канаш, Ю.А. Осипов // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Всероссийск. конф., г. Петрозаводск, 22-27

- сентября 2008 г. / Карельский институт леса. - Петрозаводск, 2008. - Ч. 6. - С. 59-62.
85. Капелев, И.Г. Интродукция и введение в культуру лофанта / И.Г.Капелев // Парфюмерно-косметические и эфирные масла. - 1980. - Вып. 2. - С. 10-13.
86. Капелев, И.Г. Культура котовника лимонного для эфирномасличной промышленности / И.Г.Капелев, Н.Ф.Кирманова // ЦНИИТЭИ Пищепром НТРС: серия 8. Парфюмено-косметическая и эфирномасличная промышленность. - 1978. - Вып. 10. - С. 5-9.
87. Капелев, И.Г. Методические рекомендации по возделыванию котовника лимонного / И.Г.Капелев. - Ялта: ГНБС, 1981. - 12 с.
88. Капелев, О.И. Антимикробные и фитонцидные свойства котовника лимонного / О.И.Капелев // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиум по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Ч. 2. - С. 74-75.
89. Капелев, О.И. Биологические особенности котовника лимонного в связи с введением в культуру: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Капелев Олег Иванович. - Ялта, 1985. - 250 с.
90. Капелев, О.И. Введение котовника лимонного в культуру / О.И.Капелев // ЦНИИТЭИ Пищепром НТРС: серия. 8. Парфюмено-косметическая и эфирномасличная промышленность. - 1983. - Вып. 4. - С. 17.
91. Капелев, О.И. Повышение продуктивности котовника лимонного лазерным облучением / О.И.Капелев // Проблемы фотоэнергетики растений и повышение урожайности: матер. Всесоюзн. конф., г. Львов 13-15 мая 1984 г. / ЛГУ. - Львов, 1984. - С. 161-162.

92. Капелев, О.И. Последствие лазерного облучения котовника лимонного / О.И.Капелев // Бюллетень ГБС. - 1983. - Вып. 51. - С. 73-77.
93. Карманов, В.Г. Прибор для регистрации относительных изменений скоростей водного потока по растению / В.Г. Карманов, Е.П. Рябова // Сборник трудов по агрономической физике. - Л., 1968. - Вып. 16. - С. 81-87.
94. Карова, И. А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качество зерна гибридов кукурузы на различных почвах предгорной зоны Кабардино-Балкарии / И.А.Карова, М.А.Шаваев // Агрехимия. - 2009. - № 8. - 19-25.
95. Карова, И.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна и уровень накопления нитратов в зелёной массе кукурузы в зависимости от различных факторов / И.А.Карова, М.А.Шаваев // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. - 2006. - Т. 8. - № 2. - С.160-165.
96. Карпилов, Ю.С. Влияние условий азотно-фосфорного питания на образование продуктов фотосинтеза у гороха и фасоли при различной интенсивности света / Ю.С.Карпилов, Я.Ф.Котова // Пути повышения интенсивности и продуктивности фотосинтеза: сб. статей. - К.: Наукова думка, 1969. - Вып. 3. - С. 218.
97. Клейман, Э.И. Водный режим растений при резких изменениях факторов среды: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.12 / Клейман Э.И. - Кишинев, 1988 - 17 с.
98. Кожухарь, Т.В. Влияние минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биологическими препаратами на содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы / Т.В.Кожухарь, Е.В.Кириченко, С.С.Кохан // Агрехимия. - 2010. - № 1. - С. 61-67.

99. Козловский, Т.С. Водный обмен растений / Т.С.Козловский // М.: Колос, 1969. - 247 с.
100. Количественное определение флавоноидов и фенольных соединений в чайном напитке «Лофантовый» / А.В.Великородов [и др.] // Естественные науки. - 2009. - № 3. - С. 73-78.
101. Кораблева, О.А. Использование нетрадиционных пряноароматических растений в пищеконцентратной промышленности / О.А.Кораблева, Л.Р.Романенко. - М.: Колос, 1996. - 694 с.
102. Королев, А.А. Влияние орошения и удобрений на рост и развитие растений капусты / А.А. Королев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2007. - № 2. - С. 104-108.
103. Корсун, Е.И. Фитотерапия хронического вирусного гепатита / Е.И.Корсун, А.В.Корсун // Врач. - 2006. - № 14. - С. 48-51.
104. Костюк, В.И. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество овса на Кольском полуострове / В.И.Костюк // Агрехимия. - 2008. - № 3. - С.13-19.
105. Кочержинская, И.В. Продуктивность фотосинтеза яровой пшеницы с разной нормой высева при применении удобрений / И.В.Кочержинская // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2007. - № 32. - С. 92-98.
106. Кочубей, С.М. Организация пигментов фотосинтетических мембран как основа энергообеспечения фотосинтеза / С.М.Кочубей. - К.: Наукова думка, 1986. - 192 с.
107. Красичкова, Г.В. Функциональная активность хлоропластов листьев у некоторых высокопродуктивных форм тритикале / Г.В.Красичкова, Л.М.Аосева, Ю.Е.Гиллер // Сельскохозяйственная биология. - 1983. - Т. 18. - № 11. - С. 41-43.

108. Кривцов, Н.И. Специально для пчел / Н.И.Кривцов // Пчеловодство. – 2008. - № 7. - С. 20-25.
109. Крупа, Н.М. Вплив ґрунтової посухи на вуглекислотний газообмін, забезпеченість асимілятами та продуктивність озимої пшениці / Н.М.Крупа, Д.А.Кірізій, П.Л.Ріжкова // Физиология и биохимия культ. растений. - 2011. - Т. 43. - № 1. - С. 72-80.
110. Кубрак, М.Н. Изменчивость состава терпеноидов в семенном потомстве некоторых видов котовника / М.Н.Кубрак // Известия АН МССР: серия биологические и химические науки. - 1986. - № 6. - С. 20-23.
111. Кузнецова, Н.М. Морфология и экология плодов видов *Nepeta* (котовник) / Н.М.Кузнецова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2009. - № 14. - С. 38-43.
112. Кузнецова, Н.М. Особенности цветения и опыления видов *Nepeta* (котовник) в условиях Северо-Запада России / Н.М.Кузнецова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2008. - № 7. - С. 48-50.
113. Кулаков, В.Н. Оценка нектарной и медовой продуктивности растений / В.Н.Кулаков // Пчеловодство. - 2007. - № 5. - С. 24-25.
114. Куржиев, Х.Г. Особенности формирования урожая гибридов кукурузы в условиях недостаточного увлажнения / Х.Г.Куржиев // Агрехимический вестник. - 2009. - № 6. - С. 21-23.
115. Кухарева, Л.В. Актуальные вопросы интродукции лекарственных и пряноароматических растений в центральном ботаническом саду НАН Беларуси / Л.В.Кухарева // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Ялта, 08-12 июня 2009 г. / НБС - ННЦ. - Ялта, 2009. - 91 с.
116. Кухарева, Л.В. Ассортимент лекарственных растений перспективных для выращивания в условиях Беларуси / Л.В.Кухарева // Вестник фармации. - 2007. - № 1. - С. 99-101.

117. Кушниренко, М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений / М.Д.Кушниренко, С.Н.Печерская. - Кишинев: Штиинца, 1991 - 306 с.
118. Лавруков, М.Ю. *Nepeta* (котовник) и *Dracoscephalum* (змееголовник) - нетрадиционные культуры с уникальными свойствами / М.Ю.Лавруков, Н.М.Кузнецова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2008. - № 9. - С. 49-50.
119. Ладатко, Н.А. Продуктивность и структурно-функциональная организация фотосинтетического аппарата риса в зависимости от условий минерального питания / Н.А.Ладатко, Л.А.Иванова, М.А.Скаженник // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: матер. Всерос. Конф., г. Петрозаводск, 22-27 сентября 2008 г. / Карельский институт леса. - Петрозаводск, 2008. - Ч. 6. - С. 70-73.
120. Лазьков, Г.А. О новых и редких видах для флоры Кыргызстана из западного и внутреннего Тянь-Шаня / Г.А.Лазьков // Новости систематики высших растений. - 2007. - Т. 39. - С. 307-312.
121. Лебедев, В.М. Влияние форм азота на фотосинтез, минеральное питание и биологическую продуктивность растений лиственницы сибирской и ели обыкновенной / В.М.Лебедев, Е.В.Лебедев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. - 2010. - № 6. - С. 14-17.
122. Лебедев, Е.В. Продуктивность дуба черешчатого при различных уровнях азотного питания / Е.В.Лебедев // Вестник Саратовского государственного аграрного университета. - 2011. - № 6. - С. 13-16.
123. Лебедев, Е.В. Фотосинтез, минеральное питание и биологическая продуктивность растений березы повислой и сосны обыкновенной при совместном выращивании / Е.В.Лебедев // Вестник Московского

государственного университета леса - Лесной вестник. - 2010. - Т. 74. - № 5. - С. 15-19.

124. Лискер, И.С. Лазерно-оптические и гидромеханические методы диагностики стрессов в растениях в онтогенезе / И.С.Лискер, С.С.Радченко // Полевые эксперименты – для устойчивого землепользования: матер. 3-й Междунар. коллоквиума, г. Санкт-Петербург, 10-12 июня 1999 г. / СПБАФИ. - СПб., 1999. - Т. 1. - С. 51-52.
125. Лискер, И.С. Лазерно-оптические методы, устройства и системы автоматизированного исследования растений и семян / И.С.Лискер // Агрофизические методы и приборы. Растения и среда их обитания. - СПб.: АФИ, 1998. - Т. 3. - С. 299-311.
126. Лупу, К.Г. Котовник кошачий - ценное эфирномасличное растение / К.Г.Лупу // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. III Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 25 сентября 1980г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1980. - С. 110.
127. Лупу, К.Г. Урожайность и эфирномасличность котовника кошачьего в Молдавии / К.Г.Лупу // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиум по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Ч. 1. - С. 125-126.
128. Лупу, К.Г., Рост, развитие и эфирномасличность котовника кошачьего в Молдавии / К.Г.Лупу, М.В.Бодруг // Новые пищевые и кормовые растения в народном хозяйстве. - К.: Наукова думка, 1981. - Ч. 1. - С. 32-33.
129. Лялин, О.О. Общие вопросы фитомониторинга / О.О.Лялин // Сборник научных трудов АФИ. - Л., 1990. - С. 3-11.

130. Магомедова, М.Х.-М. Влияние условий минерального питания на флуоресценцию, фотосинтетическую активность и ростовые параметры растений / М.Х.-М.Магомедова, А.Т.Маммаев, М.Ю.Алиева // Юг России: Экология, развитие. - 2008. - № 2. - С. 52-55.
131. Маланкина, Е.Л. Агробиологическое обоснование повышения продуктивности эфиромасличных растений из семейства яснотковые (*Lamiaceae* L.) в нечерноземной зоне России: автореф. дис. ... д-ра с-х наук: 06.01.13 / Маланкина Елена Львовна - Москва, 2007. - 40 с.
132. Машанов, В.И. Лофант – новое эфирномасличное растение для введения в культуру / В.И.Машанов, И.Е.Логвиненко, Н.Ф.Андреева // ЭИ АгроНИИТЭИПП Пищепром: серия 5. Масложировая, парфюмерно-косметическая и эфирномасличная промышленность. - 1988. - Вып. 7. - С. 18-20.
133. Милевская, И.А. Оценка биологической активности эфирных масел трех видов растений по отношению к четырехпятнистой зерновке (*Callosobruchus maculatus*). Иран / И.А.Милевская // Экологическая безопасность в АПК. - 2007. - № 2. - С. 463.
134. Мишурова, С.С. Изучение эфирного масла лимонной вариации котовника кошачьего на Апшероне/ С.С.Мишурова, Р.М.Аббасов // Известия АН Аз.ССР: серия биологические науки. - 1979. - № 4. - С. 24-26.
135. Мишурова, С.С. О возможности семенного размножения котовника / С.С.Мишурова // Масложировая промышленность. - 1973. - № 12. - С. 25.
136. Мишурова, С.С. Семенное размножение одного из цитронеллановых клонов котовника /С.С.Мишурова, Н.А.Кекелидзе // Актуальные проблемы изучения эфирномасличных растений и эфирных масел: матер. II Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Кишинев, 26-29 августа 1970 г./ КГАИ. - Кишинев, 1970. - С. 116.

137. Моделирование распределения энергии оптического излучения в растительной ткани / В.П.Захаров [и др.] // Оптика и спектроскопия. - 2009. - Т. 107. - № 6. - С. 953-958.
138. Молдау, Х.А. Оптимальное распределение ассимилятов при дефиците воды (математическая модель) / Х.А Молдау // Известия АН ЭССР: серия биология. - 1975. - Вып. 24. - С. 3-9.
139. Молчанов, А.Г. Влияние условий влагообеспеченности на фотосинтетическую продуктивность и автотрофное дыхание дубового древостоя / А.Г.Молчанов // Физиология растений. - 2009. - Т. 56. - № 6. - С. 853-863.
140. Молчанов, А.Г. Фотосинтетическая продуктивность дубового древостоя в различных условиях окружающей среды и водообеспеченности / А.Г.Молчанов // Физиология растений. - 2005. - Т. 52. - № 4. - С. 522-531.
141. Мумладзе, М.Г. Динамика накопления и формирования состава эфирных масел растениями лофанта, (*Lophanthus anisatus* Berth.) котовника (*Nepeta cataria*, var. *citriodora* Beck) эшшольции (*Eisholzia patrinii* Lер. Garck.) в онтогенезе: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.04 / Мумладзе Манана Георгиевна. - М., 1986. - 21 с.
142. Мумладзе, М.Г. Изменения содержания и качества эфирного масел лофанта анисового, котовника лимонного и эльсгольции Пэтрена при хранении / М.Г.Мумладзе, Г.А.Эсванджия // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Ч.1. - С. 133.
143. Мусієнко, М.М. Фізіологія рослин: Підручник / М.М.Мусієнко. - К.: Фітосоціоцентр, 2001. - 392 с.

144. Мусієнко, М.М. Фотосинтез / Мусієнко М.М. - Київ: Вища школа, 1995. - 247 с.
145. Мутыгуллина, Ю.Р. Динамика содержания и роль пигментов фотосинтеза у видов рода *Dianthus* L. Флоры Предкавказья / Ю.Р.Мутыгуллина // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: естественные науки. - 2009. - № 1. - С. 52-55.
146. Мушинская, О.А. Транспирация как составная часть водного режима растений и ее изучение у видов рода *Populus* L. / О.А.Мушинская, З.Н.Рябина, Н.И.Мушинская // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2007. - № 6. - С. 95-99.
147. Найда, Н.М. Адаптация цветка котовника к опылению / Н.М.Найда, Н.М.Кузнецова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2007. - № 5. - С. 52-56.
148. Никитишен, В.И. Продуктивное потребление влаги озимой пшеницей при оптимизации минерального питания посев / В.И.Никитишен, В.И.Личко, А.А.Амелин // Агрехимия. - 2008. - № 4. - С. 20-30.
149. Никитишен, В.И. Роль удобрений в повышении продуктивности водопотребления озимой пшеницы / В.И.Никитишен, В.И.Личко // Плодородие. - 2007. - № 5. - С. 9-11.
150. Никитишен, В.И. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза растений в различных условиях минерального питания / В.И.Никитишен, Л.М.Терехова, В.И.Личко // Агрехимия. - 2007. - № 8. - С. 35-43.
151. Никитишен, В.И. Формирование продуктивности агроэкосистем при применении минеральных удобрений и действии климатических факторов в условиях ополей центральной России / В.И.Никитишен, В.И.Личко // Агрехимия. - 2008. - № 12. - С. 20-28.

152. Никитишен, В.И. Фосфор в агроэкосистемах на серых лесных почвах ополей центральной России / В.И.Никитишен, В.И.Личко // Почвоведение. - 2008. - № 8. - С.983-996.
153. Ничипорович, А.А. Физиология и продуктивность растений / А.А.Ничипорович // Физиологии фотосинтеза: сб. статей. - М.: Наука, 1982. - С. 7-33.
154. Новрузова, З.А. Особенности строения и химии видов котовника / З.А.Новрузова, С.С.Мишурова // Доклады АН Аз.ССР. - 1979. - Т. 35. - № 3. - С. 70-73.
155. Новые эфирномасличные культуры: справочное издание / В.И.Машанов [и др.]. – Симферополь: Таврия, - 1988. - 160 с.
156. Образование фенольных соединений в пряно-зеленных культурах селекции ВНИИССОК / Н.В.Загоскина [и др.] // Биологически активные вещества растений – изучение и использование: матер. Междунар науч. конф., г. Минск, 29-31 мая 2013 г. /ЦБС. - Минск, 2013. - С. 100-101.
157. Оптические свойства листьев растений в ближнем инфракрасном излучении в связи с их водным режимом / О.А.Ильницкий [и др.] // Бюллетень Никитского ботанического сада. - 2007. - Вып. 94. - С. 55-60.
158. Оптичні властивості листків *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. і *Agastache foeniculum* Pursh. у зв'язку с їх водним режимом / О.А.Ильницкий [та ін.] // Таврійський науковий вісник. - 2012. - Вип. 80, Ч. 2. - С. 363-368.
159. Орел, Т.И. Роль удобрений при выращивании эфиромасличных растений в условиях микроорошения / Т.И.Орел // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: матер. Междунар. науч.-практич. конф., г. Ялта, 08-12 июня 2009 г. / НБС - ННЦ. - Ялта, 2009. - С. 140.

160. Орлова, И.Г. Биологически активные вещества и минеральные удобрения повышают урожайность озимой пшеницы / И.Г.Орлова, Н.А.Галушко // Земледелие. - 2007. - № 5. - С. 11-12.
161. Основы фитомониторинга / О.А.Ильницкий [и др.]. - Херсон, 2005. - С. 288-410.
162. Паламар, И.Т. Особенности выращивания *Lophanthus anisatus* Adans. В условиях Буковины / И.Т.Паламар, И.А.Полищук // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: междунар. науч.-практич. конф., г. Ялта, 08-12 июня 2009 г. / НБС - ННЦ. - Ялта, 2009. - С. 143.
163. Палий, И.Н. *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. Как источник биологически активных веществ / И.Н.Палий // Лекарственные растения: фундаментальные и прикладные проблемы: матер. I Междунар. науч. конф., г. Новосибирск 21-22 мая 2013 / НГАУ. - Новосибирск, 2013. - С. 213–215.
164. Палий, И.Н. Влияние на процесс транспирации *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck., *Agastache foeniculum* Pursh. факторов внешней среды / И.Н.Палий // Физиология и биохимия культ. растений. - 2012. - Т. 44. - № 2. - С. 177-182.
165. Палий, И.Н. Влияние почвенного питания на количество хлорофилла *Nepeta cataria* L. и *Lophanthus anisatus* Benth. / И.Н.Палий // Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні України : матер. Міжнар. наук.-практ. конф., м. Нова Каховка, 18-20 жовтня 2007 р. / ХГУ [та ін.]. - Херсон, 2007. - С. 94-95.
166. Палий, И.Н. Влияние почвенного питания на количество эфирного масла *Nepeta cataria* L. и *Lophanthus anisatus* Benth. / И.Н.Палий // 1-ий Відкритий з'їзд фітобіологів Херсонщини: матер. з'їзду, м. Херсон, 6 квітня, 2006 р. / ХДУ [та ін.]. - Херсон, 2006. - С. 43.

167. Палий, И.Н. Влияние почвенного питания на формирование урожая и выход эфирного масла *Agastache foeniculum* Pursh. / И.Н.Палий // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. - 2012. - Т. 25. - № 2. - С. 120-125.
168. Палий, И.Н. Влияние почвенного питания на формирование урожая, пигментный состав листьев и выход эфирного масла *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. / И.Н.Палий, О.А.Ильницкий // Труды Никит. ботан. сада. - 2011. - Т. 133. - С. 166-177.
169. Палий, И.Н. Влияние различных вариантов питания на прирост надземной биомассы *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. как источника биологически активных веществ / И.Н.Палий // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: матер. Междунар. Науч.-практич. конф., г. Ялта 18-12 июня 2009 г. / НБС - ННЦ. - Ялта, 2009. - С. 144.
170. Палий, И.Н. Динамическая модель водного режима *Nepeta cataria* L. / И.Н.Палий, О.А.Ильницкий // Бюлл. Никит. ботан. сада. - 2006. - Вып. 93. - С. 53-58.
171. Палий, И.Н. Зависимость интенсивности роста надземной биомассы *Nepeta cataria* L. и *Lophanthus anisatus* Benth. от типа почвенного питания и факторов внешней среды / И.Н.Палий, О.А.Ильницкий // Бюлл. Никит. ботан. сада. - 2005. - Вып. 91. - С. 71-76.
172. Палий, И.Н. Зависимость CO₂-газообмена *Agastache foeniculum* Pursh., от условий внешней среды / И.Н.Палий, О.А.Ильницкий // Бюлл. Никит. ботан. сада. - 2008. - Вып. 97. - С. 83-85.
173. Палий, И.Н. Зависимость CO₂-газообмена *Nepeta cataria* и *Ocimum gratissimum* L. от условий внешней среды / И.Н.Палий, Т.И.Быстрова // Бюлл. Никит. ботан. сада. - 2004. - Вып. 89. - С. 104-106.
174. Палій, І. Взаємозв'язок між інтенсивністю фотосинтезу, основними факторами зовнішнього середовища та умовами живлення *Nepeta*

- cataria* var. *citriodora* Beck. і *Agastache foeniculum* Pursh. / І.Палій // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. - 2012. - Вип. 59. - С. 306-314.
175. Палій, І.М. Регуляція продуктивності та фармакологічних властивостей *Agastache foeniculum* Pursh. і *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. елементами мінерального живлення в умовах Південного берега Криму / І.М.Палій // Фітотерапія часопис. Біологія та фармація. - 2013. - № 1. - С. 77-80.
176. Педенко, М.Е. Технология возделывания эфиромасличных культур: учеб. пособие / М.Е.Педенко. - М.: Высшая школа, 1974. - 239 с.
177. Переверзев, В.Н. Эффективность применения органических и минеральных удобрений при выращивании овса на ново-освоенной и слабоокультуренной подзолистых почвах / В.Н.Переверзев, Н.М.Коробейникова, Л.А.Баскова // Агрохимия. - 2009. - № 2. - С. 35-39.
178. Перспективы использования фитосборов у детей, пострадавших в результате Чернобыльской катастрофы / Л.А.Хлыпенко [и др.]// Нетрадиционное растениеводство, экология и здоровье : VI междунар. науч.-практ. конф., г. Симферополь, 15-17 сентября 1997 г. / ИЭЛР. - Симферополь, 1997. - С. 422-423.
179. Петин, Н.С. Современное состояние научно исследовательских работ по теоретическим основам орошаемого земледелия и главные перспективные направления дальнейших исследований / Н.С.Петин // Биологические основы орошаемого земледелия: сб. статей. - М.: Наука, 1966. - С. 219.
180. Плешков, Б.П. Практикум по биохимии растений / Б.П.Плешков. - М.: Колос, 1985. - 241 с.
181. Подсевалов, М.И. Водный режим почвы и продуктивность звеньев севооборотов с озимой пшеницей в условиях лесостепи Поволжья /

- М.И.Подсевалов, А.А.Асмус // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. - 2007. - № 4. - С. 13-15.
182. Подходы к антивирусной фитотерапии / Ю.А.Смирнов, [и др.] // Традиционная медицина. – 2009. – № 17. – С. 47-59.
183. Половицкий, И.Я. Почвы Крыма и повышение их плодородия / И.Я.Половицкий, П.Г.Гусев. - Симферополь: Таврия, 1987. - С. 67-68.
184. Применение эфирных масел традиционных растений и нового для России растения – лофанта анисового (*Lophanthus anisatus* Benth.) / А.Х.Абделаиз [и др.] // Естественные науки. - 2009. - № 3. - С. 78-86.
185. Прядкина, Г.А. Прогнозирование зерновой продуктивности озимой пшеницы по хлорофильному фотосинтетическому потенциалу листьев / Г.А.Прядкина, Т.М.Шадчина // Физиология и биохимия культ. растений. - Т. 42. - № 1. - 2010. - С. 50-60.
186. Прядкіна, Г.О. Потужність фотосинтетичного апарату, зернова продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів м'якої озимої пшениці за різного рівня мінерального живлення / Г.О.Прядкіна, В.В.Швартау, Л.М.Михальська // Фізіологія та біохімія культ. рослин. - 2011. - Т. 43. - № 2. - С. 158-163.
187. Радченко, С.С. О переносе тепла ксилемным потоком / С.С.Радченко, Г.А.Маричев // Первая республ. конф. по биофизике, г. Кишинев, 3-7 апреля 1984 г.: тезисы докл. / КГАИ. - Кишинёв, 1984. - С. 113.
188. Радченко, С.С. Фитомониторинг и диагностика / С.С.Радченко // Биофизика растений и фитомониторинг. - Л.: АФИ, 1990. - С. 11-27.
189. Рахимова. О.В. Влияние уровней минерального питания на продуктивность гороха полевого / О.В.Рахимова, В.К.Храмой // Аграрная наука. - 2010. - № 2. - С. 11-12.
190. Реакция устьиц на изменение температуры и влажности воздуха у растений разных сортов пшеницы, районированных в контрастных

- климатических условиях / Г.Р.Кудоярова [и др.] // Физиология растений. - 2007. - Т. 54. - № 1. - С. 54-58.
191. Регуляция минерального питания и продуктивность растений / Е.С.Ткачук [и др.]. - К.: Наукова думка, 1991. - 172 с.
192. Реуцкий, В.Г. Адаптивная регуляция водообмена растений: автореф. дис. на соискание учен. степени доктора биол. наук: спец. 03.00.12 «Физиология растений» / В.Г.Реуцкий. - Минск, 1984. - 35 с.
193. Савенков, В.П. Отзывчивость ярового рапса на минеральные удобрения в условиях лесостепи Центрального черноземья / В.П.Савенков // Агрехимия. - 2010. - № 2. - С.14-20.
194. Сазонова, Т.А. Влияние факторов внешней среды на показатели водного обмена *Pinus sylvestris*, *Picea abies* (Pinaceae) и *Betula pendula* (Betulaceae) / Т.А.Сазонова, С.В.Колосова // Ботанический журнал. - 2005. - Т. 90. - № 8. - С. 1227-1235.
195. Свиденко, Л.В. Биологические особенности и хозяйственно-ценные признаки перспективных эфиромасличных растений в условиях Херсонской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Свиденко Людмила Викторовна. - Ялта, 2002. - 20 с.
196. Серегина, И.И. Влияние условий азотного питания, водообеспеченности и применения селена на фотосинтетическую активность растений яровой пшеницы разных сортов / И.И.Серегина // Агрехимия. - 2011. - № 7. - С. 17-26.
197. Серкова, А.А. Биологически активные вещества некоторых интродуцированных видов котовника / А.А.Серкова, А.Н.Федорович // Республ. науч.-производст. Сопещание, г. Каунас 3-4сентября 1986 г.: тезисы докл. / Каунасский политехнический институт. - Каунас, 1986. - С. 64-65.

198. Серкова, А.А. Исходный материал и селекция котовника: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Серкова А.А. – Симферополь, 1985. - 23 с.
199. Серкова, А.А. Формообразовательные процессы в роде *Nepeta* L. / А.А.Серкова // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиума по эфирномасличным растениям и эфирным маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Ч. 1. - С. 143-144.
200. Сидорин, М.И. Исследование оптических параметров листьев растений / М.И.Сидорин // Ботанический журнал. - 1950. - №1 - С. 101.
201. Силаева, М.М. Структура хлоропластов и факторы среды / М.М.Силаева. - К.: Наукова думка, 1978. - 204 с.
202. Симонов, И.Н. Накопление эфирных масел в растениях эльсгольции Патрена и лофанта анисового / И.Н.Симонов, Т.А.Павлова, П.И.Демьянов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. - 1987. - Вып. 2. – С. 195-199.
203. Слухай, С.И. Водный режим и минеральное питание озимой пшеницы / С.И.Слухай. - К.: Наукова думка, 1978. – 235 с.
204. Смирнова, Т.В. Коллекционный фонд пряно-ароматических и эфиромасличных культур, культивируемых в БС ПетрГУ / Т.В.Смирнова // Ресурсный потенциал растениеводства – основа обеспечения продовольственной безопасности: матер. Междунар. заочн. науч.-практ. конф., г. Петрозаводск, 10 декабря 2012 г. /ПетрГУ. - Петрозаводск: Изд. ПетрГУ, 2012 - С. 163-168.
205. Соловьёв, А.В. О накоплении сухой массы у растений проса в связи с условиями минерального питания / А.В.Соловьёв, М.К.Каюмов // Сельскохозяйственная биология. Серия: Биология растений. Серия: Биология животных. - 2008. - № 5. - С. 107-109.

206. Спектры отражения листьев и плодов при нормальном развитии, старении и стрессе / М.Н.Мерзляк [и др.] // Физиология растений. - 1997. - Т. 44. - № 5. - С. 707-716.
207. Стасик, О.О. Реакція фотосинтетичного апарату C₃-рослин на водний дефіцит / О.О.Стасик // Физиология и биохимия культ. растений. - 2007. - Т. 39. - № 1. - С. 14-27.
208. Стасик, О.О. Фотодихання та його фізіологічне значення / О. О.Стасик // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: Зб. наук. праць. - К.: Логос, 2009. - Т.1. - С. 170-199.
209. Су, Х.С. Влияние недостатка фосфора на параметры фотосинтеза у растений риса / Х.С.Су, С.Я.Вэн, Я.В.Ян // Физиология растений. - 2007. - Т. 54. - № 6. - С.833-840.
210. Судницин, И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений / И.И.Судницин. - М.: Изд-во МГУ, 1979. - 254 с.
211. Сытник, К.М. Физиология листа / К.М.Сытник, Л.И.Мусатенко, Т.Л.Богданова. - К.: Наукова думка, 1978. - 392 с.
212. Тамбиева, Ф.А. Яснотковые (*Lamiaceae*. Lindl.) Флоры Карачаево-Черкесской Республики и перспективы их хозяйственного использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Тамбиева Фатима Аубекировна. - Ставрополь, 2004. - 21 с.
213. Тарабаева, Б.И. Эпидермис листьев некоторых видов котовника - *Nepeta L* / Б.И.Тарабаева, В.Г.Большакова // Известия Каз.ССР: серия биологические науки. - 1971. - Вып. 2. - С. 19-20.
214. Таран, Н.Ю. Адаптаційний синдром рослин в умовах посухи : автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.12 / Таран Наталія Юріївна. - Київ, 2001. - 42 с.
215. Таран, Н.Ю. Каротиноїди фотосинтетичних тканин в умовах посухи / Н.Ю.Таран // Фізіологія та біохімія культ. рослин. - 1999. - Т.31. - № 6. - С. 414-422.

216. Тарчевский, И.А. Основы фотосинтеза / И.А.Тарчевский. Казань: Изд-во КГУ, 1971. - 289 с.
217. Тимчук, К.С. Изменчивость химических признаков котовника лимонного при семенном размножении / К.С.Тимчук Л.Н.Человская // IV съезд ВОГиС им. Н.И.Вавилова, г. Кишинев, 1-5 февраля 1982 г.: тезисы докл. - Кишинев, 1982. - С. 159.
218. Тимчук, К.С. Изучение физиолого-биохимических признаков лофанта анисового / К.С.Тимчук, Л.Н.Человская // Труды ВНИИЭМК. - 1980. - Т. 13. - С. 49-50.
219. Тимчук, К.С. Минеральные удобрения - важный фактор повышения продуктивности лофанта анисового / К.С.Тимчук, О.В.Чунту, Л.Н.Человская // Физиолого-биохимические основы повышения продуктивности и устойчивости растений. - Кишинев, 1986. - С. 100.
220. Тихонов, А.Н. Защитные механизмы фотосинтеза / А.Н.Тихонов // Соросовский образовательный журнал. - 1999. - № 1. - С. 16-21.
221. Ткачук, Е.С. Физиология водопотребления при оптимизации минерального питания растений / Е.С.Ткачук. - К.: Наукова думка, 1986. - 164 с.
222. Тон, Ю.Д. Алгоритмические методы в фитомониторинге / Ю.Д.Тон, Э.И.Клейман // Биофизика растений и фитомониторинг. - Л.: 1990. - С. 27-33.
223. Уманець, Н.О. Вплив посухи і дефіциту азоту на інтенсивність фотосинтезу, ріст та продуктивність гібридів кукурудзи: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.12 / Уманець Наталія Олексіївна. - Київ, 1998. - 16 с.
224. Усанова, З.И. Продуктивность сортов озимой тритикале на разных фонах минерального питания в условиях Верхневолжья / З.И.Усанова, Ю.Ю. Третьякова // Достижения науки и техники АПК. - 2009. - № 11. - С. 11-13.

225. Федоров, А.А. Оптимизация минерального питания растений / А.А.Федоров. - Владивосток: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. - 256 с.
226. Федулов, Ю.П. Влияние факторов агротехники на содержание и соотношение пигментов в листьях озимой пшеницы в разные периоды вегетации / Ю.П.Федулов, Ю.В.Подушин, В.Р.Урумян // Научный журнал КубГАУ. - 2009. - №52 (8). - С. 3-20.
227. Фелалиев, Р.С. Оптические свойства и содержание пигментов в листьях растений в зависимости от экологических факторов высокогорья Памира: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / Фелалиев Рустам Саидшоевич. - Душанбе, 2008. - 22 с.
228. Фирсова, М.К. Семенной контроль / М.К.Фирсова - М.: Колос, 1969. - 295 с.
229. Фитомониторинг и засухоустойчивость растений / О.А.Ильницкий [и др.] // Труды Никит. ботан. сада. - 2005. - Т. 125. - С. 35-46.
230. Флора урочища «Шиловская стрелка» (Ульяновская область) / Н.С.Раков [и др.] // Фиторазнообразии Восточной Европы. - 2013. - Т. VII. - С. 63-76.
231. Фотосинтетическая деятельность посевов яровой пшеницы в зависимости от норм высева и фона питания / Ф.Ш. Шайхутдинов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2009. - Т. 12. - № 4. - С. 128-131.
232. Фурса, Д.И. Агроклиматическая характеристика района агрометеостанции «Никитский сад» / Д.И.Фурса, В.П.Фурса. - Минск: Верас-ЭКР, 1992 - 41 с.
233. Фурсов, В.Н. Агрономические указания и технология выращивания лофанта анисового (*Lophanthus anisatus* Benth.) / В.Н.Фурсов, А.Х.Абделаиз, М.Е.Резк // Естественные науки. - 2009. - № 2. - С. 98-102.

234. Хатамов, М.Р. Фотосинтез и продуктивность кормовых культур при органическом удобрении / М.Р.Хатамов // Кишоварз (Земледелец). - 2010. - Т. 47. - № 3. - С. 5-6.
235. Хаустович, И.П. Водоудерживающая способность как показатель адаптивности растений / И.П.Хаустович, Г.Н.Пугачев // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2009. - № 4. - С. 17-19.
236. Хилик, Л.А. Применение гербицидов в борьбе с сорной растительностью на плантациях котовника / Л.А.Хилик, Т.И.Бондаренко // Труды ВНИИЭМК. - 1976. - Т. 9. - С. 64-68.
237. Хримлян, А.И. Об обследовании ряда пунктов Грузинской ССР по выявлению бергамотного чебреца, линалоольной мяты и цитронеллальной мяты кошачьей / А.И.Хримлян // Бюлл. Ереван. Ботан. сада. - 1951. - № 12. - С. 75-78.
238. Цецур, М.Н. Последствие микроэлементов у котовника лимонного. / М.Н. Цецур // Научные записки Днепропетровского университета. - 1960. - Т. 62. - С. 73-77.
239. Чайковская, Л.Е. Продуктивность котовника лимонного в Молдавии / Л.Е.Чайковская, С.В.Чунту И.П.Платон // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Ч. 1. - С. 243.
240. Чунту, О. В. Некоторые особенности возделывания лофанта анисового в Молдавии / О.В.Чунту, В.П.Келтуитору // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. IV Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 1-4 октября 1985 г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1985. - Симферополь, 1985. - Ч. 1. - С. 81.

241. Чунту, С.В. Факторы увеличения продуктивности котловника лимонного / С.В.Чунту, Г.И.Мустяцэ, К.С.Тимчук // Физиолого-биохимические основы повышения продуктивности и устойчивости растений. - Кишинев: Штиинца, 1986 - С. 106.
242. Шадчина, Т.М. Зв'язок між характеристиками фотосинтетичного апарату та зерновою продуктивністю у різних сортів озимої пшениці / Т.М.Шадчина, Г.О.Прядкіна, В.В.Моргун // Досягнення і проблеми генетики, селекції і біотехнології : зб. наук. праць. - К.: Логос, 2007. - Т. 2. - С. 410-415.
243. Шайхутдинов, Ф.Ш. Продуктивность сортов яровой пшеницы в зависимости от фона питания и норм высева в условиях Предкамья республики Татарстан / Ф.Ш.Шайхутдинов, И.М.Сержанов, Л.В.Галияхметов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2010. - Т. 17. - № 3. - С. 150-157.
244. Шевченко, В.А. Рост и развитие озимой тритикале при разных нормах высева семян и фонах минерального питания / В.А.Шевченко, П.Н.Просвирик // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина". - 2009. - № 2. - С.7-12.
245. Шляпникова, А.П. Равновесное состояние фаз при экстрагировании фиалки и непеты / А.П.Шляпникова, А.Н.Федорович, В.А.Шляпников // Труды ВНИИЭМК. - 1979. - Т. 12. - С. 198-203.
246. Шматько, И.Г. Водный режим растений в связи с действием факторов среды / И.Г.Шматько, С.И.Слухай, Н.Н.Шевченко. - К.: Наукова думка, 1983. - 200 с.
247. Шматько, И.Г. Устойчивость растений к водному и температурному стрессам / И.Г.Шматько, И.П.Григорюк, О.Е.Шведова - К.: Наукова думка, 1989. - 224 с.

248. Шульгин, И.А. Оптические свойства листьев некоторых растений / И.А.Шульгин, А.Ф.Клешнин, М.И.Верболоса // Журнал физиологии растений. - 1958. - Т. 5. - № 5. - С. 188.
249. Эргашев, А.Э. Влияние почвенной засухи на водообмен в листьях пшеницы / А.Э.Эргашев, А.А.Абдуллаев, Х.Х.Каримов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. - 2010. - Т. 53. - № 1. - С. 64-70.
250. Эфиромасличные культуры и пряноароматические растения для использования в фитотерапии / В.Д.Работягов [и др.]. - Ялта, 1998. - 82 с.
251. Юкнявичене, Г.К. Биологические особенности котовника (*Nepeta L.*) в ботаническом саду АН Литовской ССР / Г.К.Юкнявичене, Г.А.Пужене // Основные направления научных исследований по интенсификации эфирномасличного производства: матер. III Симпозиума по эфирномасличным растениям и маслам, г. Симферополь, 25 сентября 1980г. / ВНИИЭМК. - Симферополь, 1980. - С. 132.
252. Юкнявичене, Г.К. Некоторые биохимические особенности котовника кошачьего / Г.К.Юкнявичене, Н.А.Станкявичене, Г.А.Пужене // Охрана среды и рацион, использование растительных ресурсов. - М.: Наука, 1976. - С. 225.
253. Якубенко, Б.Є. Вплив азотного живлення на основні біометричні показники та продуктивність котячої м'яти лимонної (*Nepeta cataria var. citriodora* (L.) Vesck.) в умовах лісостепу України / Б.Є.Якубенко, Л.М.Дядюша, А.М.Жидок // Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений: матер. Междунар. науч.-практич. конф., г. Ялта, 08-12 июня 2009 г. / НБС - ННЦ. - Ялта, 2009. - С. 229.
254. Automated monitoring of greenhouse crops / D.L.Ehret [et al.] // Agronomie. - 2001. - № 21. - P. 403-414.

255. Bowling, J. A new porometer based upon the electrical current produced by guard cells / J.Bowling // Journal of Experimental Botany. - 1999. - Vol. 40. - P. 1407-1411.
256. Cantiani, M. Transpirazione e ritmo circadiano delle variazioni reversibili del diametro Fusti di alcune piante arboree / M.Cantiani, G.F.Sorribetti // Italian poserst. e monty. - 1989. - Vol. 44. - № 5. - P. 371-372.
257. Catnip, *Nepeta cataria* (Lamiales: Lamiaceae) – A Closer Look: Seasonal Occurrence of Nepetalactone Isomers and Comparative Repellency of Three Terpenoids to Insects / G.Schultz [et al.] // Environmental Entomology. - 2004. - Vol. 33. - № 6. - C. 1562-1569.
258. Cechin, I. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence in two hybrids of sorghum under different nitrogen and water regimes / I.Cechin // Brasil Photosynthetica. - 1998. - Vol. 35. - P. 233-240.
259. Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Essential Oil of *Nepeta cataria* L. Against Common Causes of Oral Infections / K.Zomorodian, [et al.] // Journal of Dentistry, Tehran University of Medical Sciences. - 2013. - Vol. 10. - № 4. - P. 329-337.
260. Chizzola, R. Regular Monoterpenes and Sesquiterpenes (Essential Oils). / R.Chizzola. - Institute of Animal Nutrition and Functional Plant Compounds University of Veterinary Medicine Vienna, Austria, 1999. - P. 2973-3008.
261. Costa, L.C. Effects of water stress, temperature, prolonged darkness and pods on photosynthesis and respiration of individual leaves of *Vicia faba* / L.C.Costa, M.James, D.Mike. // Revue Ceres Federal University of Vicosa. – 1998. - Vol. 45. - № 260. - P. 325-337.
262. Deficit irrigation strategies using midday stem water potential in prune / B.D.Lampinen [et al.] // Irrigation Science. - 2001. - Vol. 20. - P. 47-54.
263. Efficacy and safety of catnip (*Nepeta cataria*) as a novel filth fly repellent / J. J.Zhu [et al.] // Medical & Veterinary Entomology. - 2009. - Vol. 23. – № 3. P. 209-216.

264. Garnier, E. Testing water potential in peach trees as an indicator of water stress / E.Garnier, A.Berger // Journal of the American Society for Horticultural Science. - 1985. - Vol. 60. - P. 54-56.
265. Ghadeer, O. Screening of Selected Medicinal Wild Plant Extracts Antibacterial Effect as Natural Alternatives / O.Ghadeer // International Journal of Indigenous Medicinal Plants. - 2013. - Vol. 46. - P.1299-1304.
266. Gitelson, A.A. Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS / A.A.Gitelson, Y.J.Kaufman, M.N.Merzlyak // Remote Sensing of Environment. - 1996. - Vol. 58. - P. 289-298.
267. Gratacos, E. Uso de la tecnica del fitomonitor comoindicador del estado hidrico del kiwi y su uso en riego programado / E.Gratacos, L.Gurovich // Ciencia e Investigación Agraria. - 2003. - Vol. 30. - № 2. - P. 113-137.
268. Gupta, N.K. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages / N.K.Gupta, S.Gupta, A.Kumar // Journal of Agronomy and Crop Science - 2001. - Vol. 186. - № 1. - C. 55-62.
269. Hastings, N.D. A Floristic Analysis and Comparison of Plant Communities in Harlan County, Nebraska University of Nebraska / D.N.Hastings, S.J.Rothenberger. - Lincoln, Digital Commons, University of Nebraska - Lincoln, 2013. - P. 6-17.
270. Influence of soil water stress on photosynthesis of listev of batata and his communication with drought-resisting / L.Wenqing [et al.] // Fujian nongye daxue xuebao: Journal of Fujian Agricultural University. - 1999. - Vol. 28. - № 3. - P. 263-267.
271. Investigation of water regime and drought resistance of various kinds of plants applying phytomonitoring methods. Sodininkyste ir darzininkyste / O.Ilnitsky [et al.] // Actualities in plant physiology: abst. of Inter. sci. conf., Kaunas 12-13 june 2008 / Lithuanian institute of horticulture [et al.]. - Kaunas, 2008. - Vol. 27. - № 2. - P. 169-177.

272. Irfan, R. Geospatial modelling approach for identifying disturbance regimes and biodiversity rich areas in North Western Himalayas, India [Электронный ресурс] /R.Irfan, A.R.Shakil, V.Tartiparti // Biodivers Conservю - 2013. - Режим доступа: DOI 10.1007/s10531-013-0538-9.
273. Kalle, R. Wild plants eaten in childhood: a retrospective of Estonia in the 1970–1990 / R.Kalle, R.Soukand // Botanical Journal of the Linnean Society. - 2013. - V. 172. - P. 239-253.
274. Maslennikov, P.V. The Content of Phenolic Compounds in Medicinal Plant of a Botanical Garden (Kaliningrad Oblast) / P.V.Maslennikov, G.N.Chupakhina, L.N.Skrypnik // Biology Bulletin. - 2014. - Vol. 41. - №. 2. - P. 133-138.
275. Modnicki, D. Flavonoids and phenolic acids of *Nepeta cataria* L. var. *citriodora* (Becker) Balb. (Lamiaceae) / D.Modnicki, M.Tokar, B.Klimek // Acta Poloniae Pharmaceutica c Drug Research. - 2007. - Vol. 64. - № 3. - P. 247-252.
276. Myung, Y. Seasonal changes in stomatal responses of sweet cherry and plum to water status in detached leaves / Y.Myung, R.Hanno // Plant physiology. - 1990. - Vol. 80. - № 4. - P. 520-526.
277. Natali, S. Relationship between soil moisture, leaf water potential and transpiration / S.Natali // Rivista Ortoflorofrutticoltura Italiana. - 1982. - Vol. 66. - P. 261-275.
278. Paliy, I. Intercommunication between photosynthesis' intensity, the main environmental factors and nutrition conditions in *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. / I.Paliy // The Strategies of Modern Science Development : proceedings of III Int. sci.-prac. conf., Yelm, WA, USA, 12-13 september 2013 / Scientific publishing center «Discoveri». - Yelm, 2013. - P. 13-20.
279. Paliy, I.N. *Agastache foeniculum* Pursh. as a source of biologically active substances / I.N.Paliy // Биологически активные вещества растений –

- изучение и использование матер. Междунар. науч. конф., г. Минск 29-31 мая 2013 г. / ЦБС. - Минск, 2013. - С. 62-63.
280. Paliy, I.N. Effect of the root nutrition conditions over the aboveground biomass growth of *Agastache foeniculum* Pursh. / I.N.Paliy // Инновационные направления современной физиологии растений: матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием, г. Москва, 2-6 июня 2013 г. / МГУ. - Москва, 2013. - С. 29.
281. Paliy, I.N. Optical features of *Agastache foeniculum* Pursh. leaves connected with the plants` water regime / I.N.Paliy // European Applied Sciences. - 2013. - № 2. - P. 10-12.
282. Paliy, I.N. Optical features of *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. leaves connected with the plants water regime / I.N.Paliy, O.A.Ilnitsky // Health protection and physical development of a person in conditions of the biospheric crisis pharmaceutics: mater. XLV Int. res. and pract. conf. and 1 stage of the championship in medicine and physical culture, London, 28 february-05 march 2013 / International Academy of Science and Higher Education - London, 2013. - P. 22-24.
283. Photorespiration: metabolic pathways and their role in stress protection / A.Wingler [et al.] // Phill. Trans. Royal. Soc. London B. - 2000. - Vol. 355. - № 5. - P. 1517-1529.
284. Ranieri, A. Effects of water stres and recovery on photosynthesis in pea plants / A.Ranieri, Z.Gnidi, G.Soldatini // Journal Bot. Ital. - 1989. - Vol. 23. - № 1. - P. 186-187.
285. Research progress relating to the role of cytochrome P450 in the biosynthesis of terpenoids in medicinal plants [Электронный ресурс] / Yu-JunZhao [et al.] // Appl Microbiol Biotechnol. - 2014. - Режим доступа: DOI 10.1007/s00253-013-5496-3.

286. Romm, A. Natural Approaches for Postpartum Support / A.Romm // Alternative and complementary therapies. - 2013. - Vol. 19. - № 1. - P. 13-17.
287. Scott, J.H. Relationships between normalized leaf water potential and crop water stress index values for agava cotton / J.H.Scott // Agricultural Water Management. - 1991. - Vol. 20. - № 2. - P. 109-118.
288. Seasonal changes in water potential and turgor maintenance in sorghum and under water stress / E.Fereres [et al.] // Plant physiology. - 1978. - Vol. 44. - P. 261-267.
289. So, H.V. An analysis of the relationship between stem diameter and leaf water potential / H.V.So // Agronomy Journal. - 1979. - Vol. 71. - № 4. - P. 675-679.
290. The effect of *Nepeta cataria* extract on adherence and enzyme production of *Staphylococcus aureus* / A.Nostro [et al.] // International Journal of Antimicrobial Agents. - 2001. - Vol. 18. - № 6. - P. 583-585.
291. The use of midday leaf water potential for scheduling deficit irrigation in vineyards / J.Girona [et al.] // Irrigation Science. - 2006. - Vol. 24. - P. 115-127.
292. Tick Repellents for Human Use: Prevention of Tick Bites and Tick-Borne Diseases / F.Pages [et al.] // Vector-borne and zoonotic diseases. - 2014. - Vol. 14. - № 2. - P. 1-9.
293. Tyree, M.T. Water in tissues and cells / M.T.Tyree, P.J.Jarvis // Encyclopedis of plant physiology: new series. - Berlin: Springer-Verlag, 1982. - Vol. 12 B. - P. 35-77.
294. Vieweg, G.H. Thermoelectrische registrirung der geschwinidigkeit des transpirations stromes / G.H.Vieweg, H.Ziegler // Berlin: Deut. bot. Ges. - 1960. - Bd. 73. - P. 221-226.
295. Zielińska, S. Phytochemistry and bioactivity of aromatic and medicinal plants from the genus *Agastache* (Lamiaceae) [Электронный ресурс] /

S.Zielińska, A.Matkowski // *Phytochem Rev.* - 2013. - Режим доступа: DOI
10.1007/s11101-014-9349-1.

ПРИЛОЖЕНИЯ

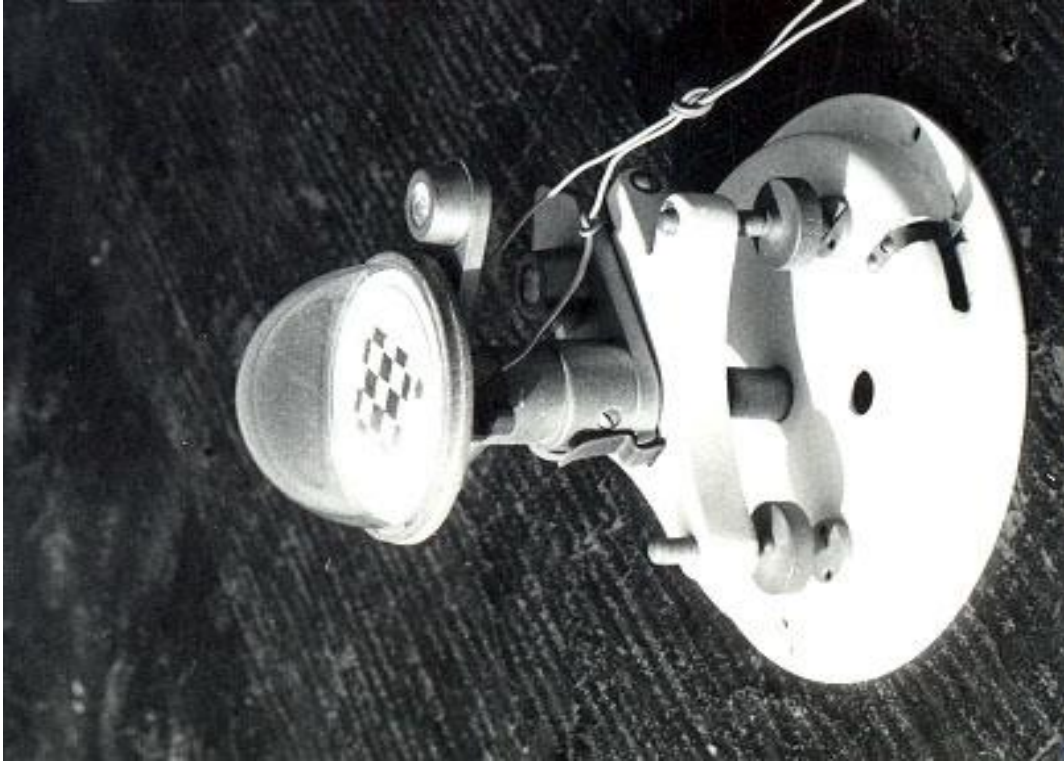


Рис. А.2. Датчик для измерения солнечной радиации

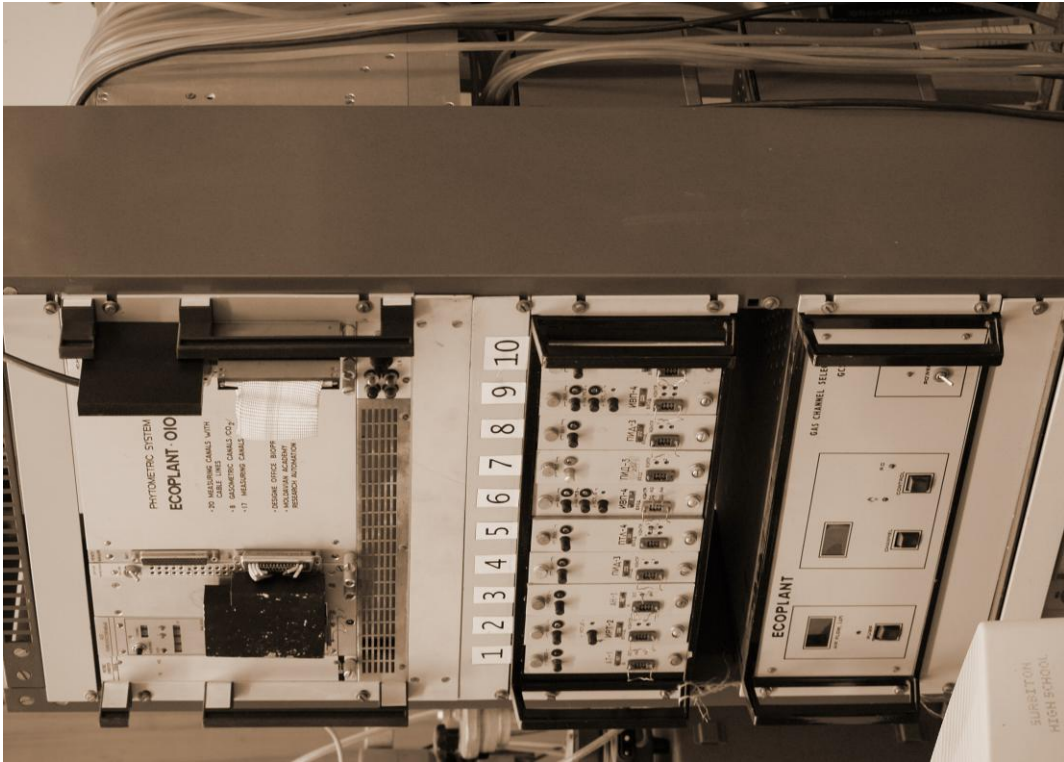


Рис. А.1. Фитометрическая система «Экоплант»

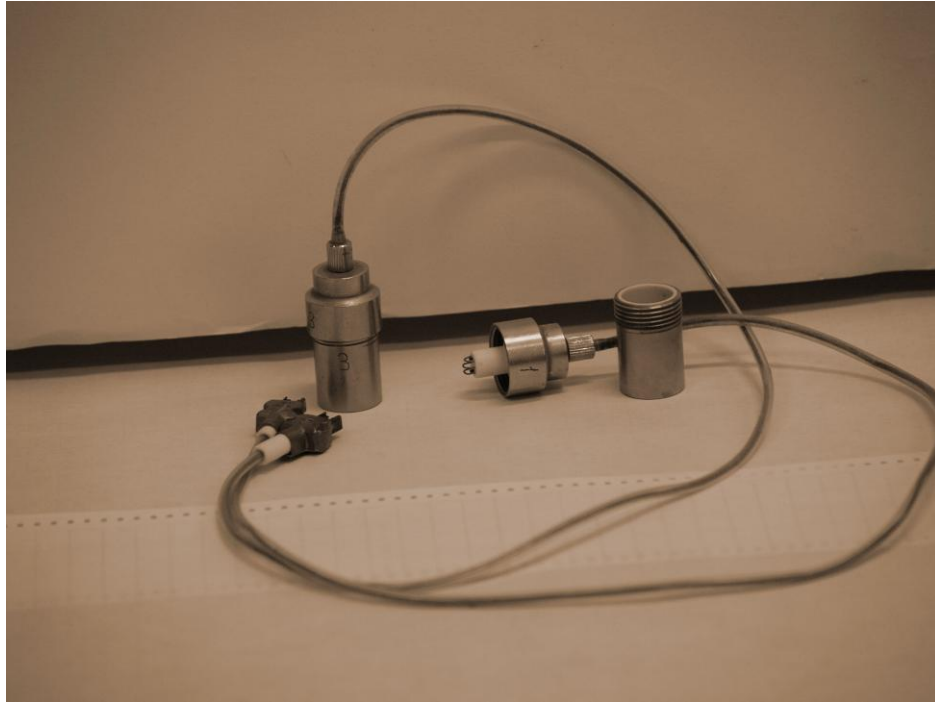


Рис. А.3. Датчик водного потенциала листа

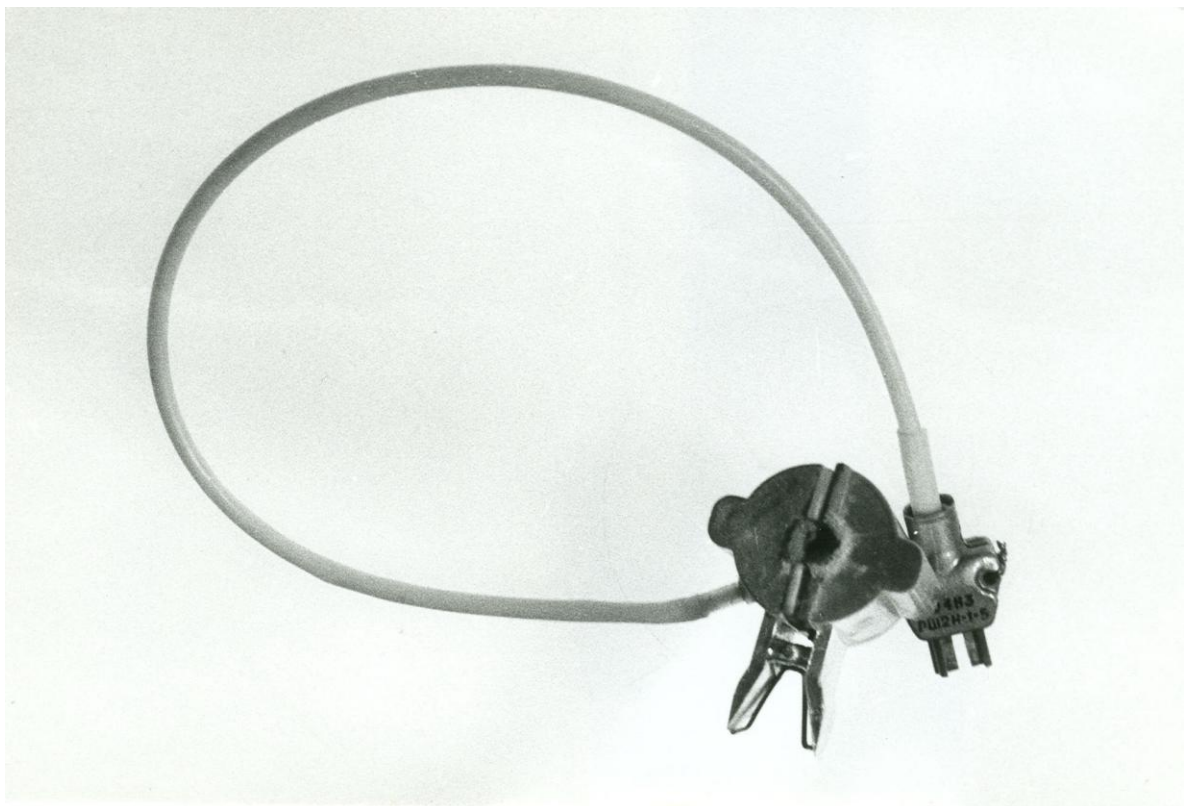


Рис. А.4. Датчик скорости ксилемного потока

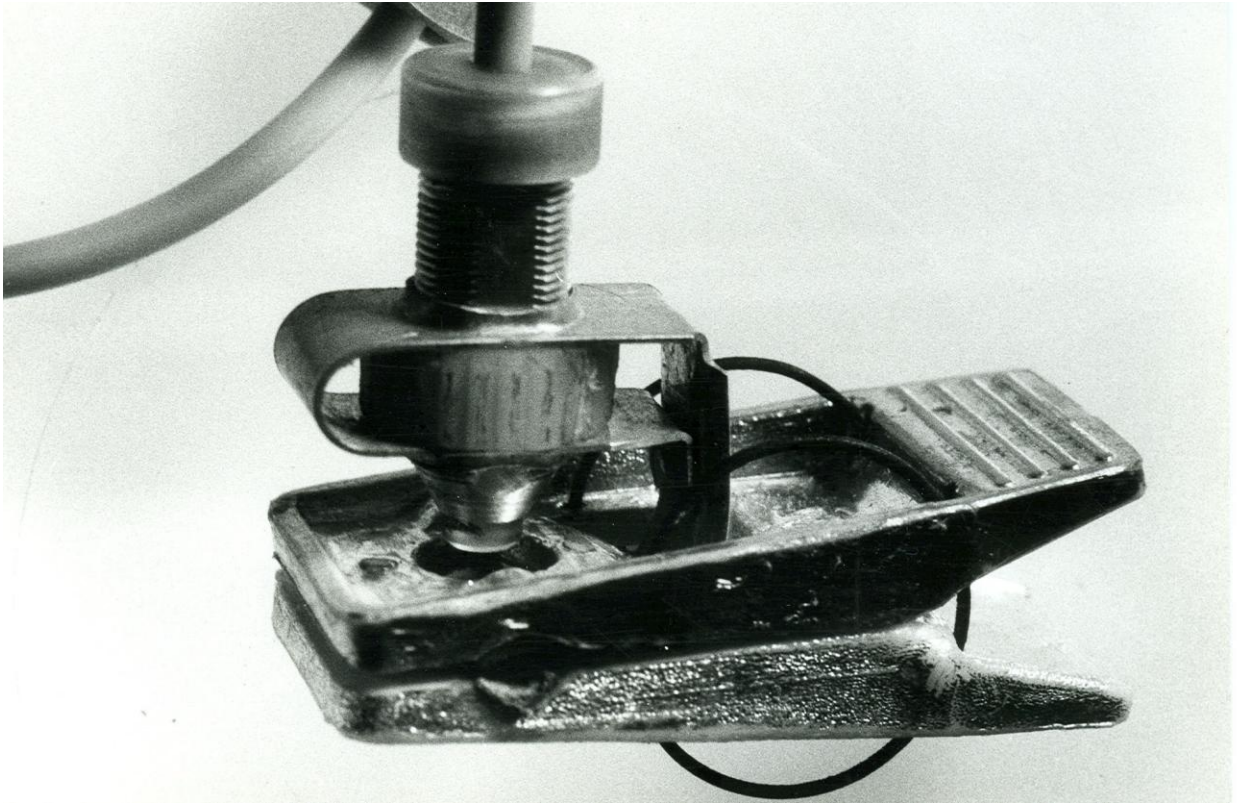
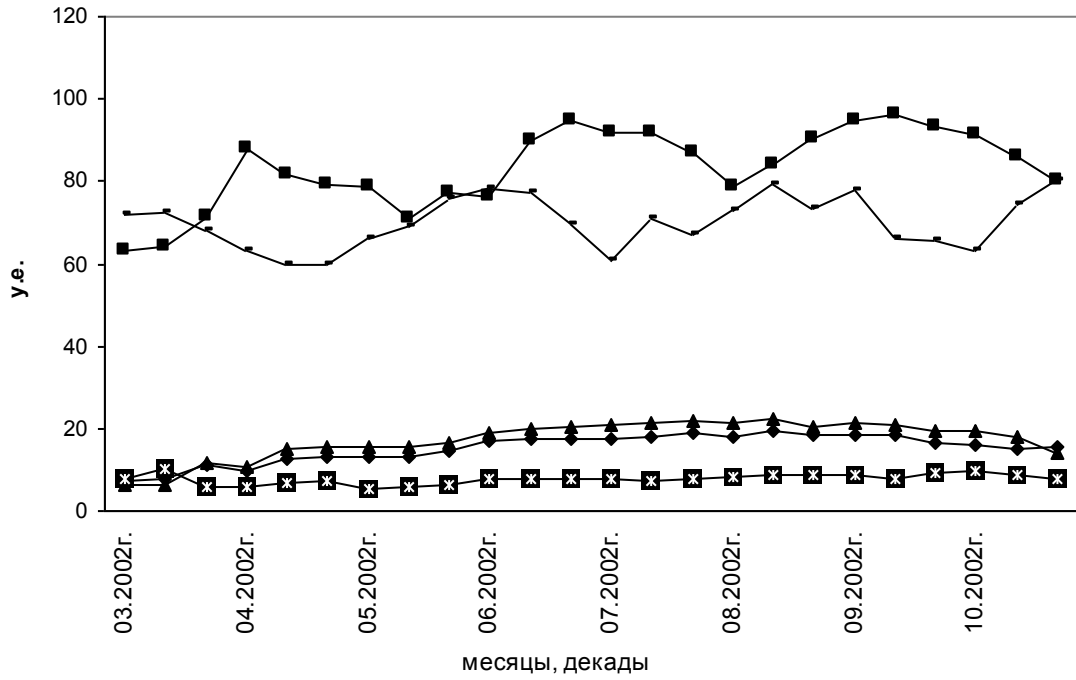
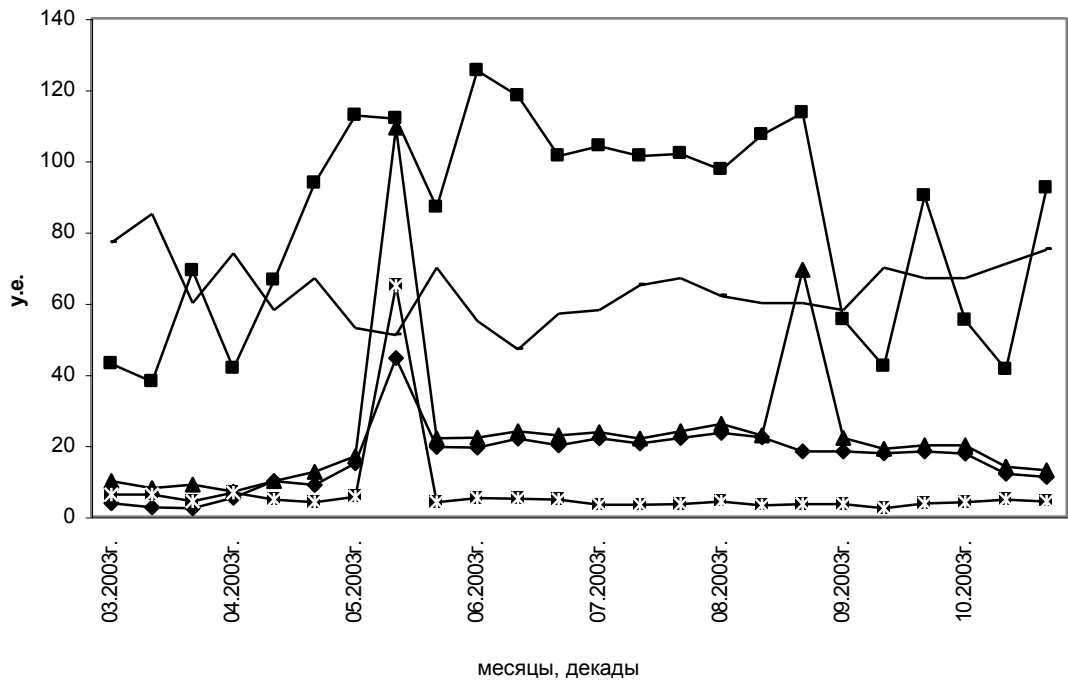


Рис. А.5. Датчики для измерения диаметра стеблей растений

метеопараметры внешней среды за вегетационный период 2002г.



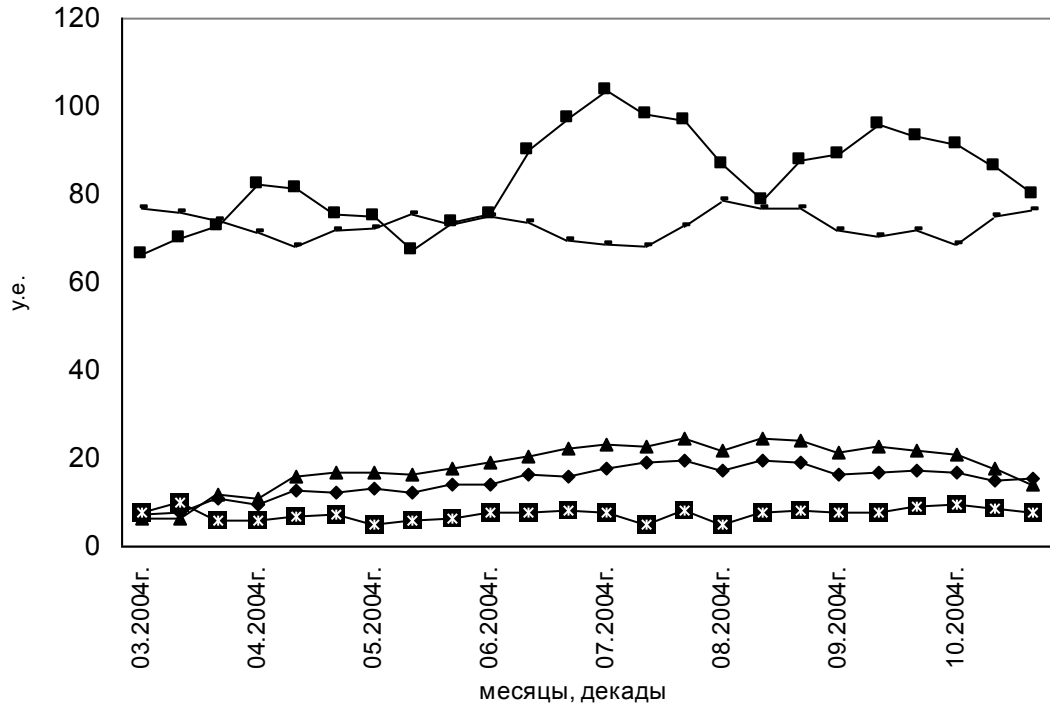
метеопараметры внешней среды за вегетационный период 2003г.



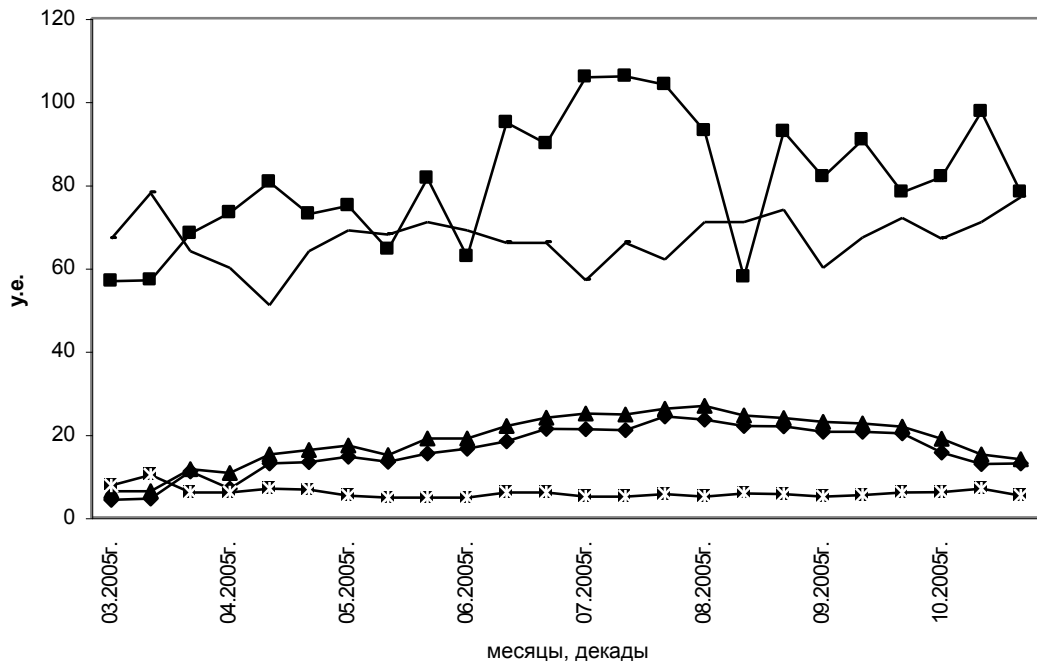
- ◆ температура воздуха, С
- продолжительность солнечного сияния, час
- ▲ температура почвы, С
- относительная влажность воздуха, %
- ⊠ сумма осадков, мм

Рис. Б.1 Естественное изменение параметров внешней среды за период 2002-2003 гг.

метеопараметры внешней среды за вегетационный период 2004г.



метеопараметры внешней среды за вегетационный период 2005г



- ◆ температура воздуха, С
- продолжительность солнечного сияния, час
- ▲ температура почвы, С
- относительная влажность воздуха, %
- ⊠ сумма осадков, мм

Рис. Б.1 Естественное изменение параметров внешней среды за период 2004-2005 гг.

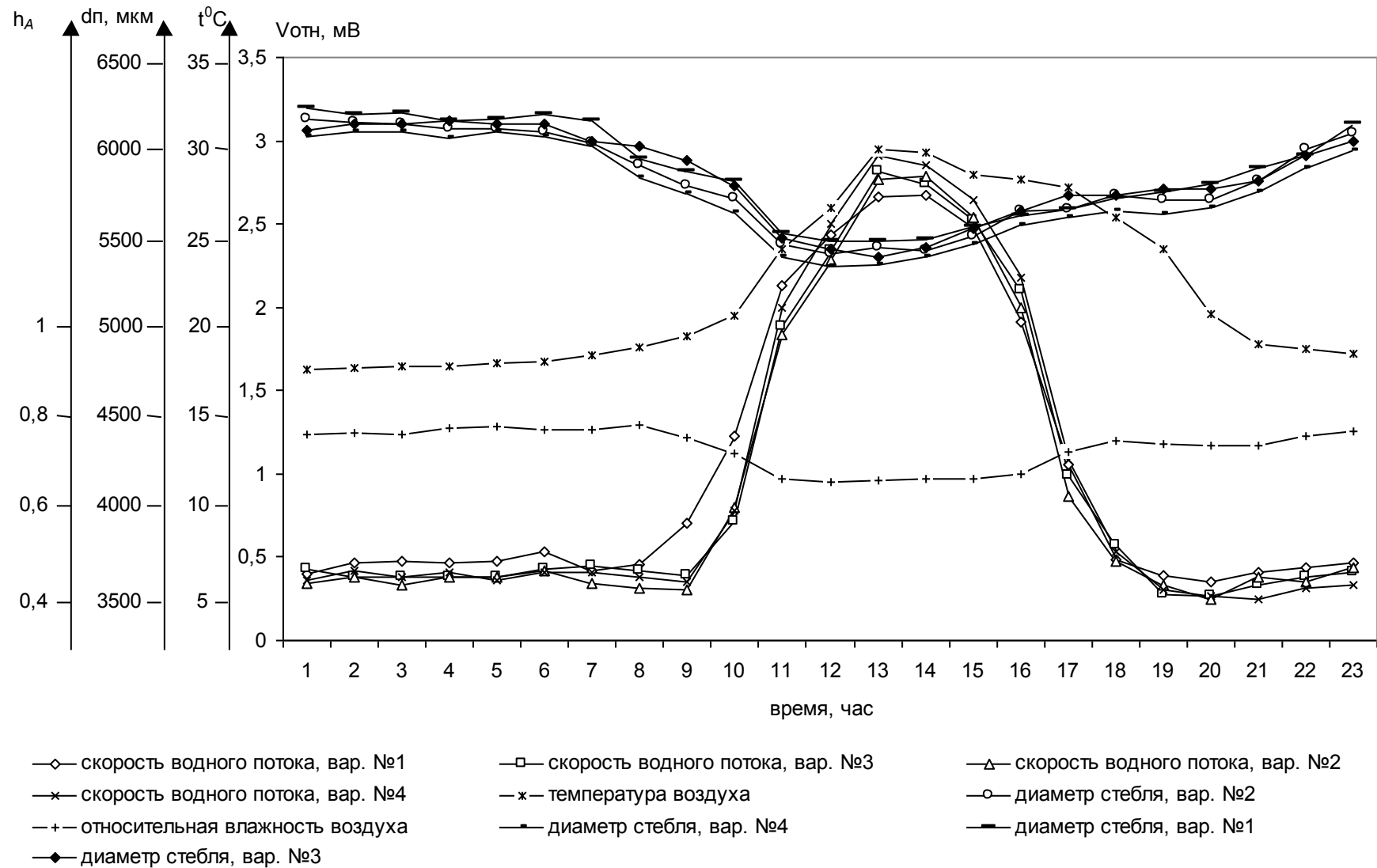


Рис. В.1. Изменение скорости водного потока и диаметра стебля *N. cataria*

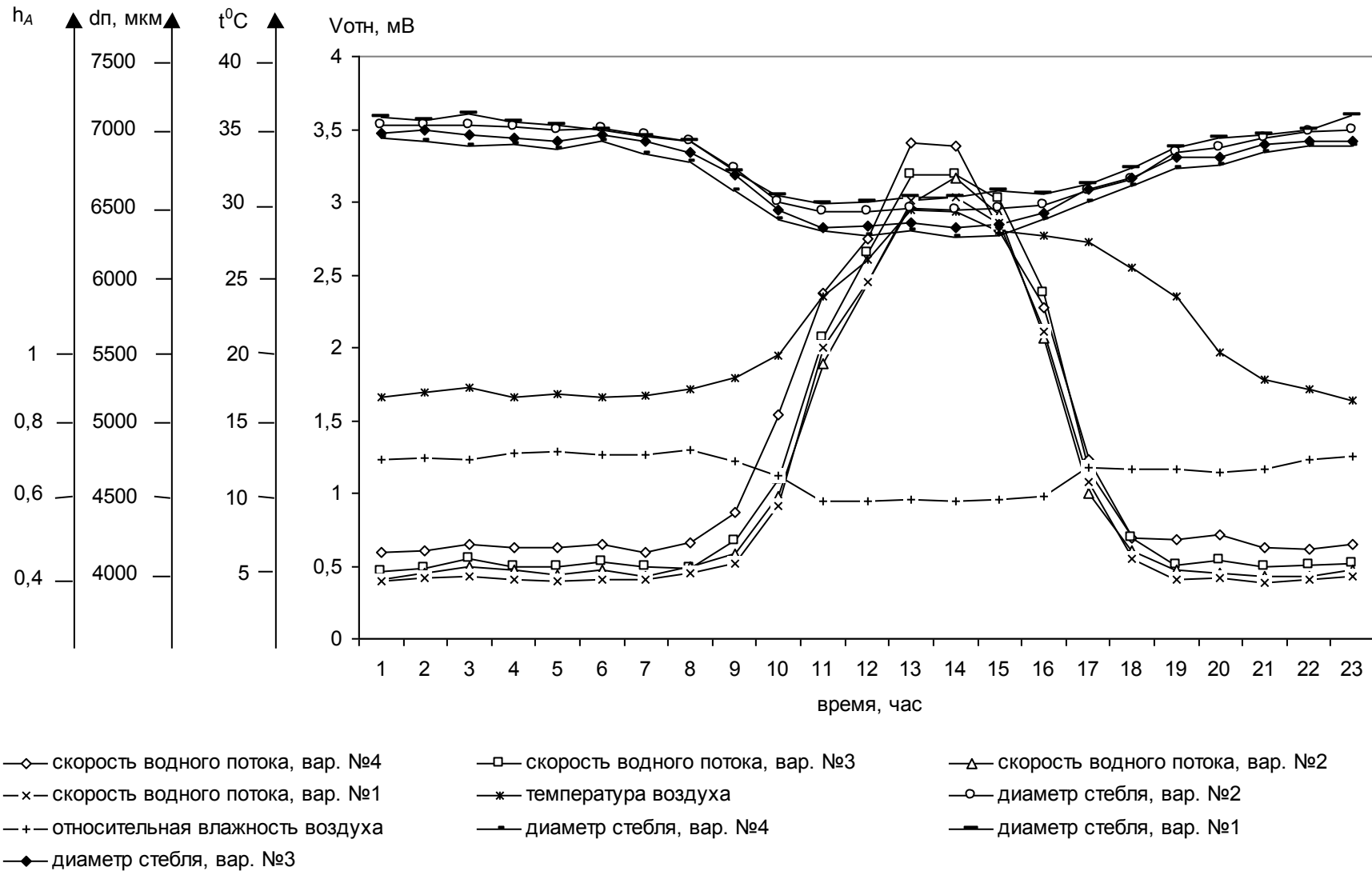


Рис. В.2. Изменение скорости водного потока и диаметра стебля *A. foeniculum*

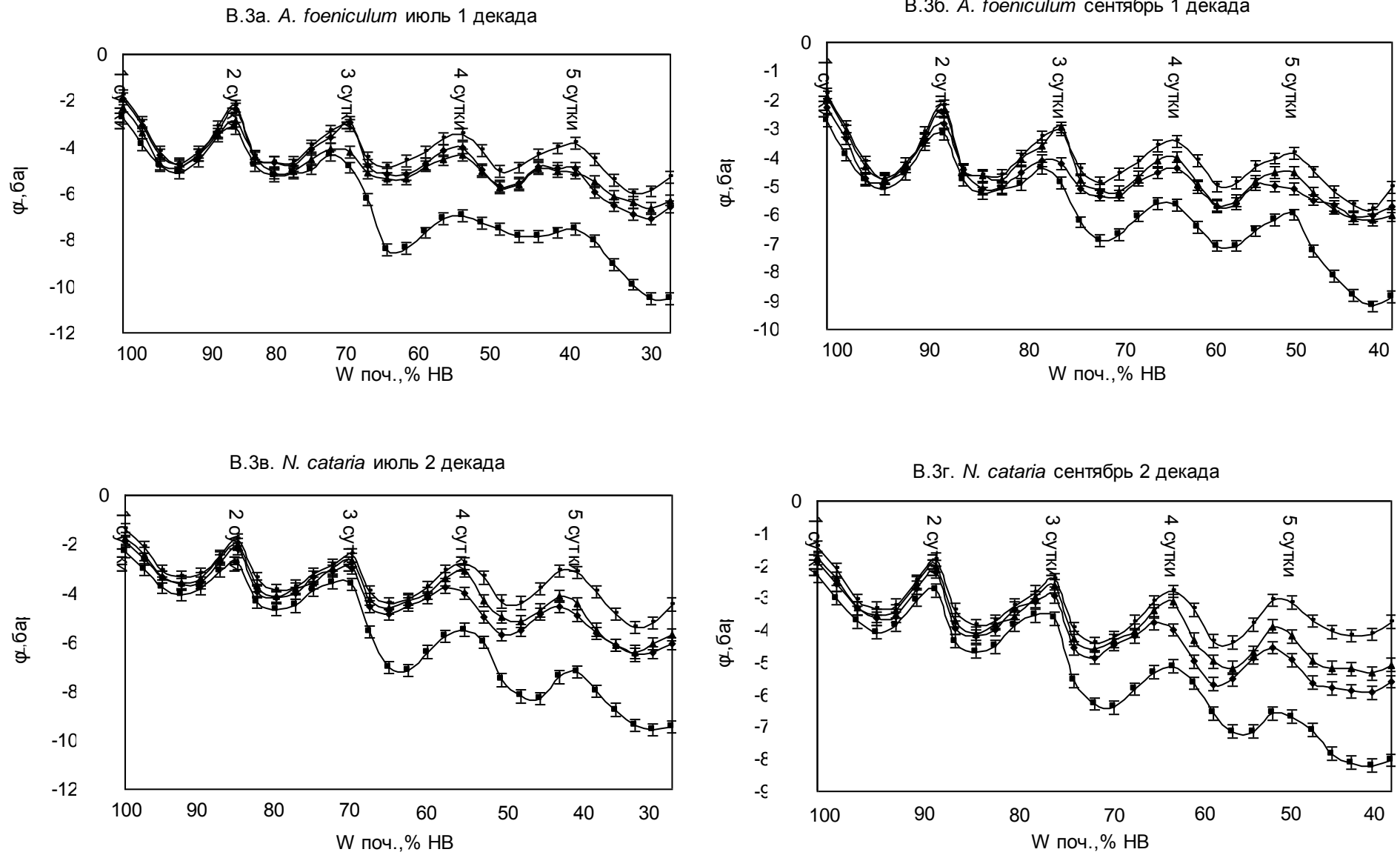


Рис. В.3. Водный потенциал листа *N. cataria*, *A. foeniculum* 2-го года вегетации при различных условиях питания

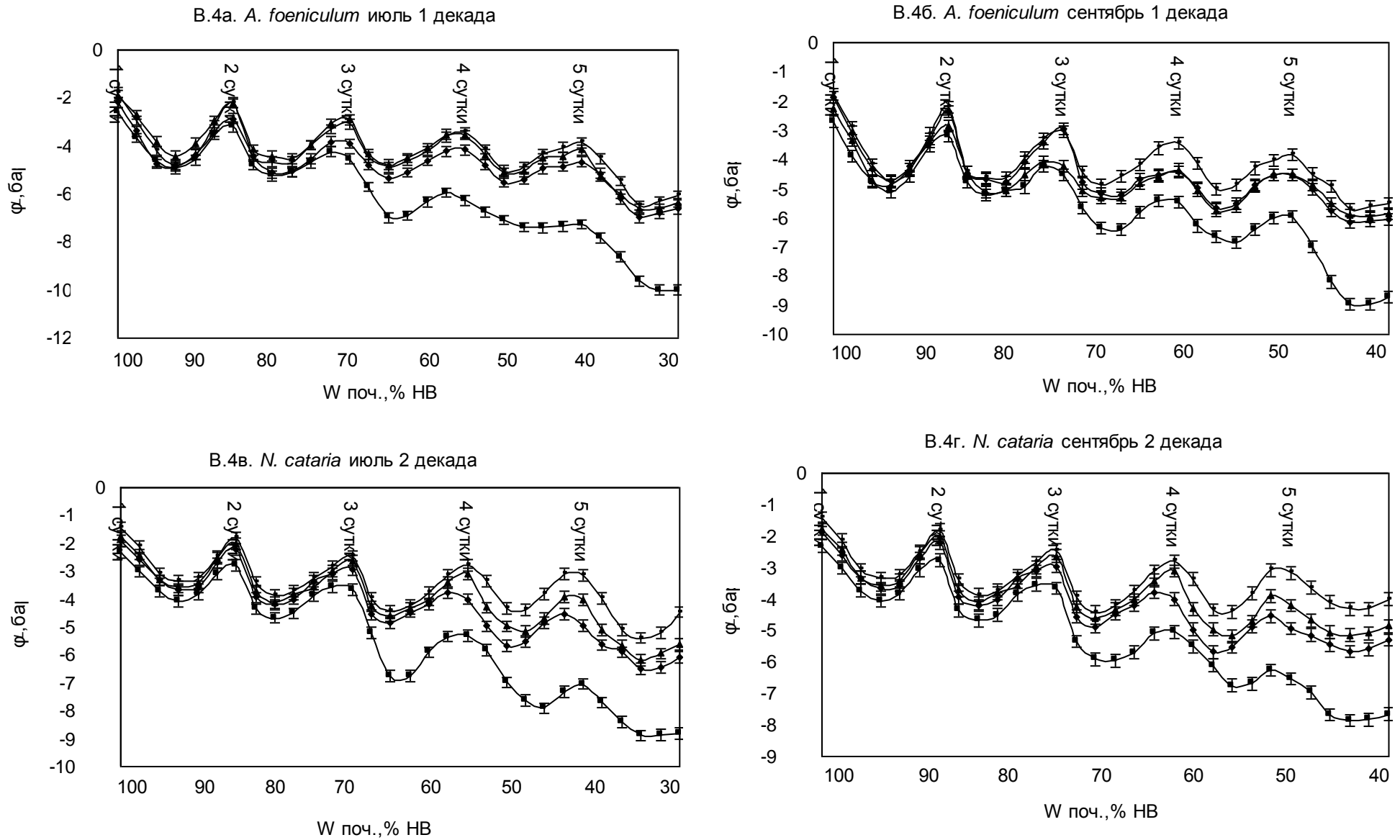
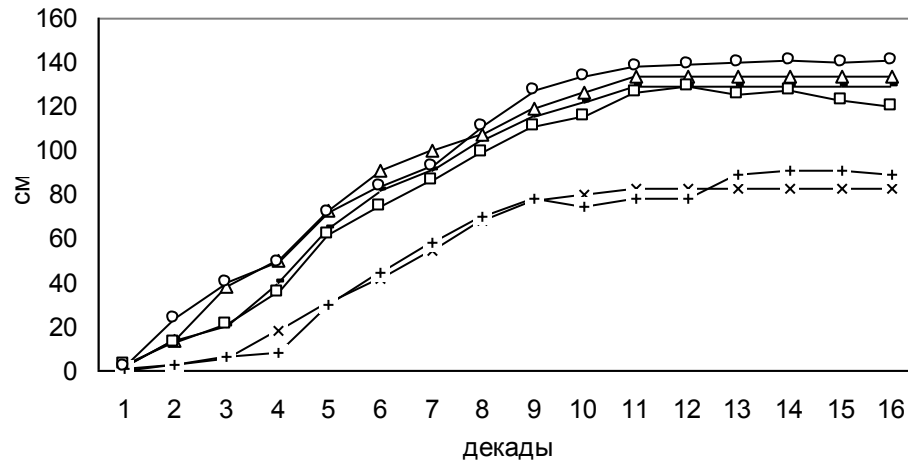
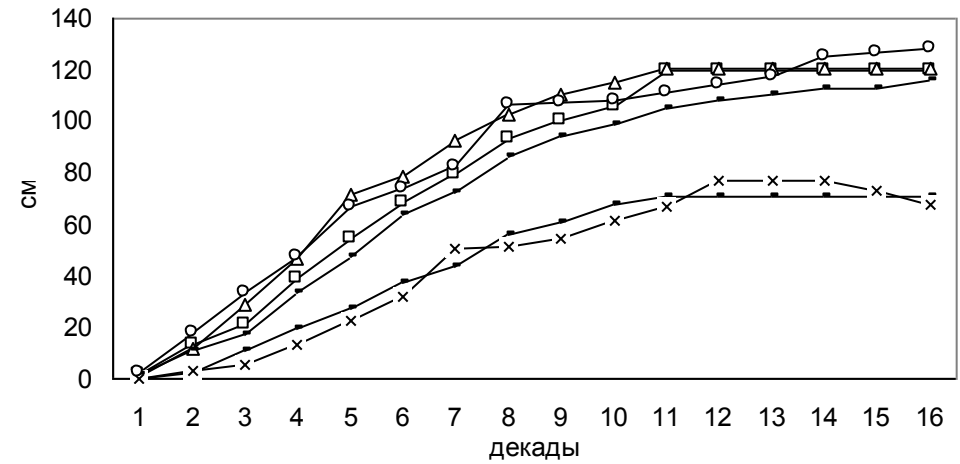
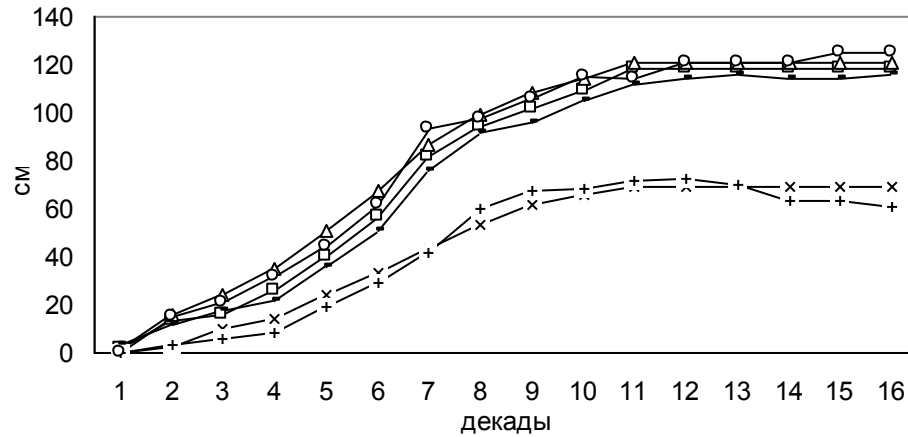
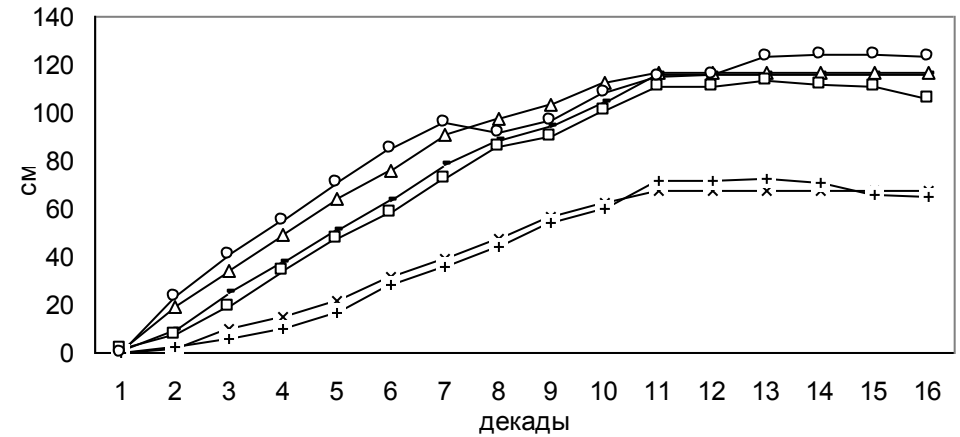


Рис. В.4. Водный потенциал листа *N. cataria*, *A. foeniculum* 3-го года вегетации при различных условиях питания

Г.1а. *N. cataria* вариант №1Г.1в. *N. cataria* вариант №3Г.1б. *N. cataria* вариант №2Г.1г. *N. cataria* вариант №4

—+— растения 1-го года вегетации, теоретические данные
 —Δ— растения 3-го года вегетации, теоретические данные
 —— растения 2-го года вегетации, экспериментальные данные

—□— растения 2-го года вегетации, теоретические данные
 —x— растения 1-го года вегетации, экспериментальные данные
 —○— растения 3-го года вегетации, экспериментальные данные

Рис. Г.1. Влияние условий питания на высоту растений *N. cataria*

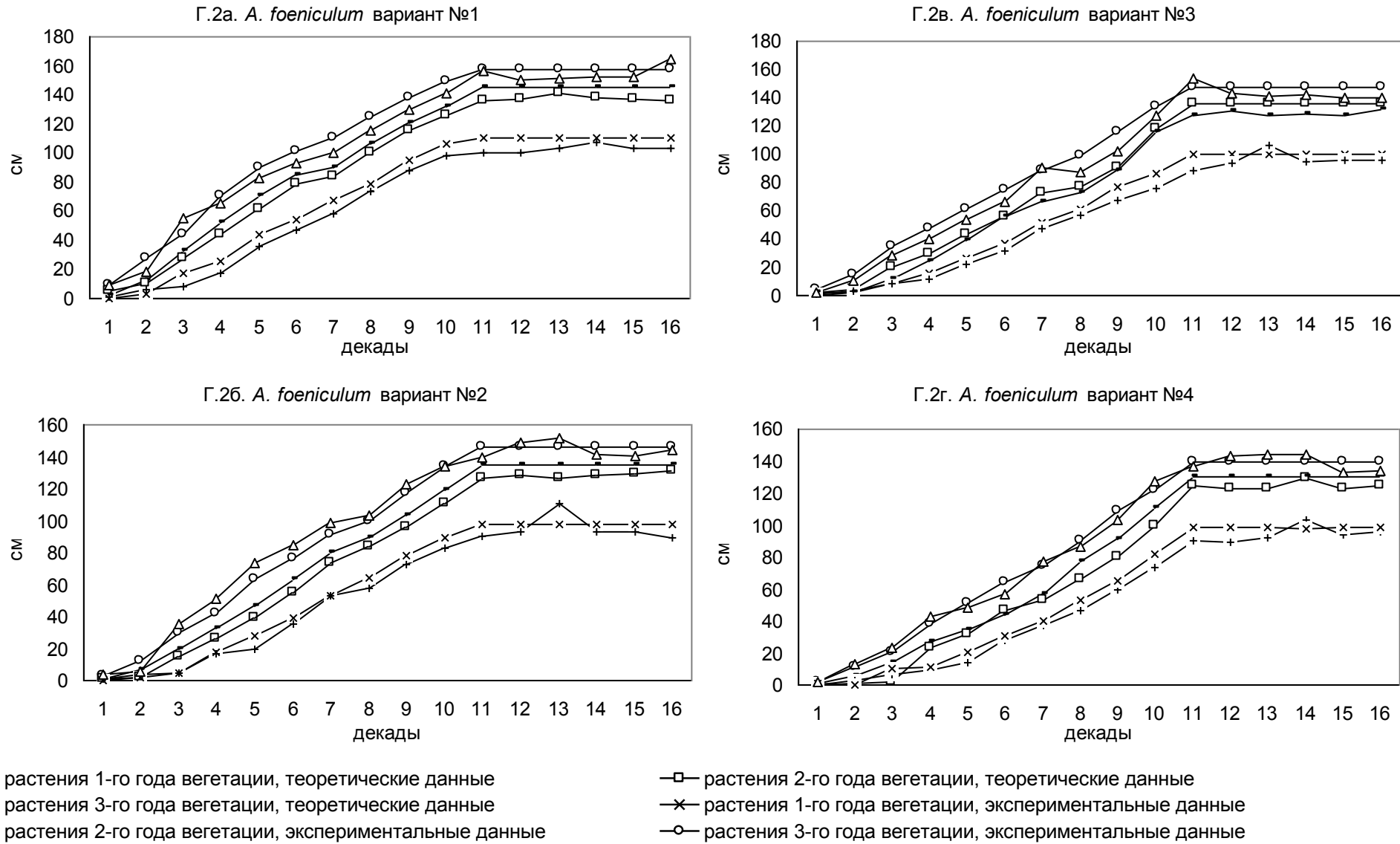
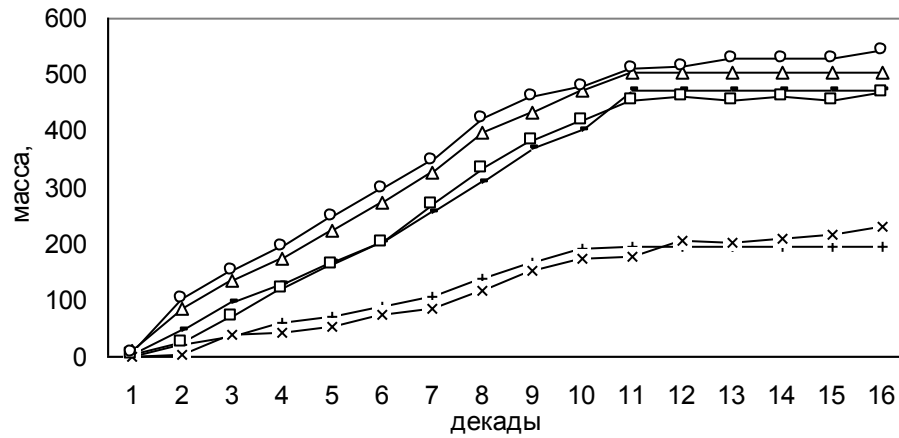
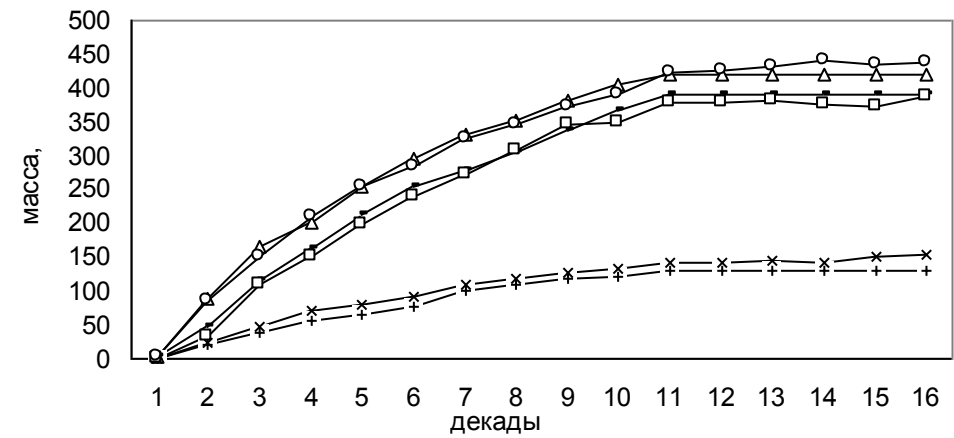
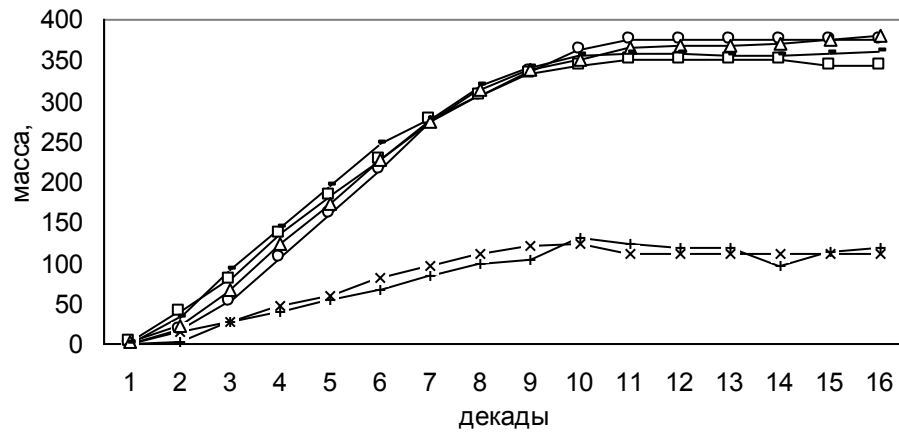
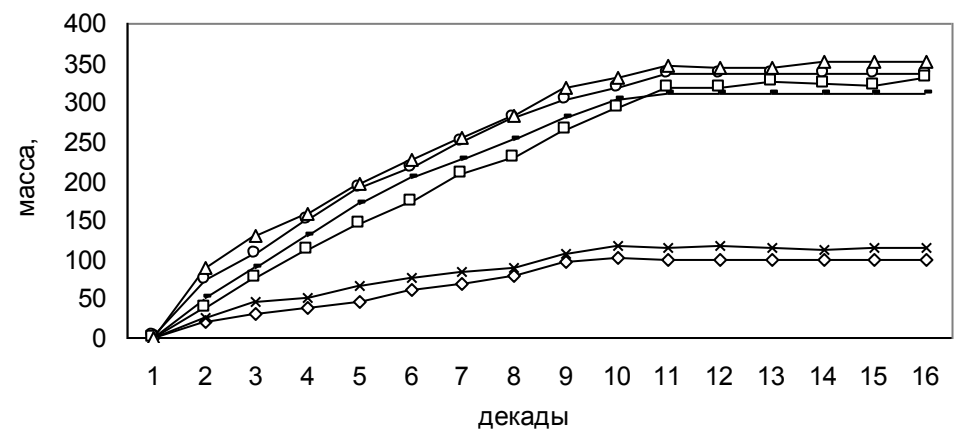


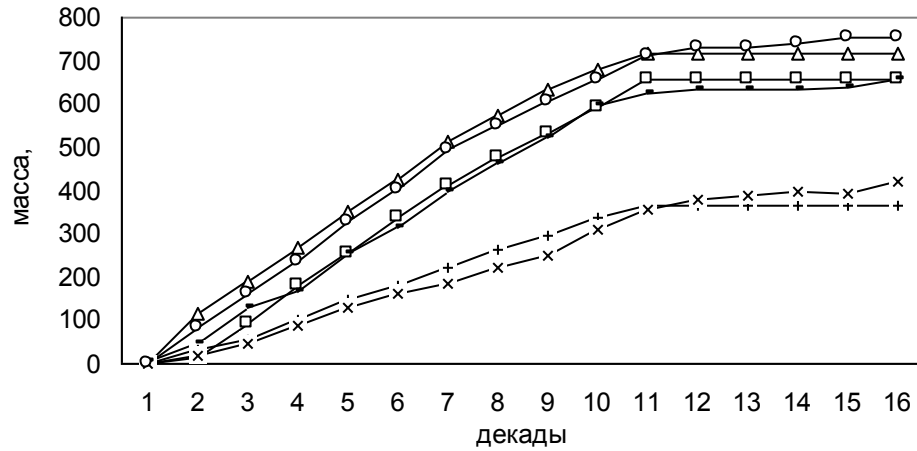
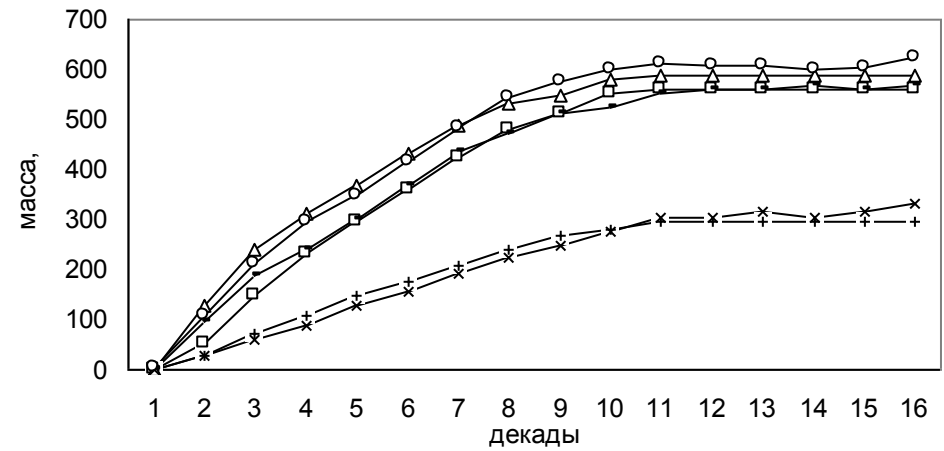
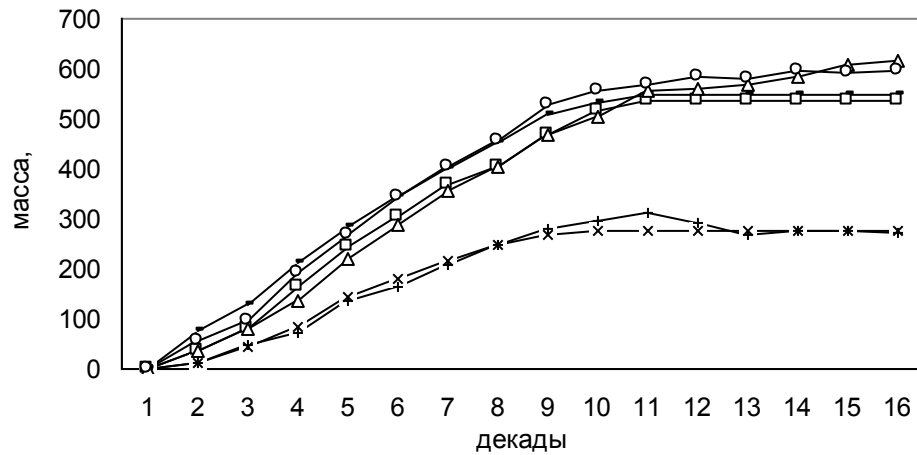
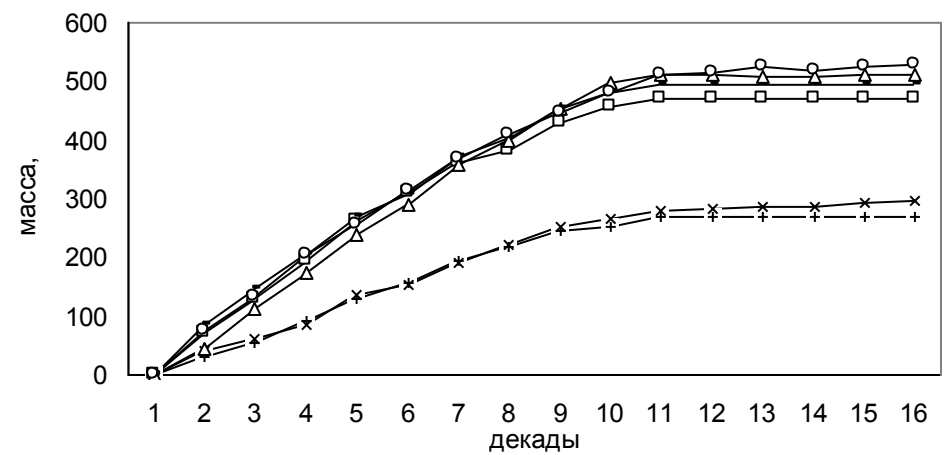
Рис. Г.2. Влияние условий питания на высоту растений *A. foeniculum*

Г.3а. *N. cataria* вариант №1Г.3в. *N. cataria* вариант №3Г.3б. *N. cataria* вариант №2Г.3г. *N. cataria* вариант №4

—+— растения 1-го года вегетации, теоретические данные
 —Δ— растения 3-го года вегетации, теоретические данные
 —□— растения 2-го года вегетации, экспериментальные данные

—□— растения 2-го года вегетации, теоретические данные
 —×— растения 1-го года вегетации, экспериментальные данные
 —○— растения 3-го года вегетации, экспериментальные данные

Рис. Г.3. Влияние условий питания на накопление надземной биомассы растений *N. cataria*

Г.4а. *A. foeniculum* вариант №1Г.4в. *A. foeniculum* вариант №3Г.4б. *A. foeniculum* вариант №2Г.4г. *A. foeniculum* вариант №4

—+— растения 1-го года вегетации, теоретические данные
 —△— растения 3-го года вегетации, теоретические данные
 —□— растения 2-го года вегетации, экспериментальные данные

—□— растения 2-го года вегетации, теоретические данные
 —×— растения 1-го года вегетации, экспериментальные данные
 —○— растения 3-го года вегетации, экспериментальные данные

Рис. Г.4. Влияние условий питания на накопление надземной биомассы растений *A. foeniculum*

Таблица Г.1

Изменение морфометрических показателей *N. cataria* в период массового цветения

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Высота растения, см	82,5	70,5	69,5	67,5	129	119,5	118,5	116	133,5	120,5	120,5	117	2,23	5
Диаметр, см	80	69	68	65	126,5	116,5	115,2	113,2	117	104,5	104,5	102	2,23	4,5
Количество побегов центральных, шт	1	1	1	1	17	15,5	14,5	13,5	17,5	16	16	15	2,23	2
1 порядка	14	14	14	14	160,5	153	153	150	165,5	159,3	158,3	153,2	2,23	4,5
2 порядка	25,5	22,5	21,7	20,8	739,5	727,5	725,5	724,5	745,5	735	734	727,5	2,23	12,5
Длина побега центрального, см	82,5	70,5	69,5	67,5	129	119,5	118,5	116	133,5	120,5	120,5	117	2,23	5
1 порядка	19,6	18	17	16	38	35,5	33	32	50,5	40,5	39,5	37	2,23	1,5
2 порядка	1	0,7	0,6	0,5	5	3,7	3,6	3	6,7	4	4	3,3	2,23	1,2
Количество соцветий, шт	30	27	27	25	645	615,5	615,5	600	690	608,5	604,5	602,5	2,23	8

Таблица Г.2

Изменение морфологических характеристик соцветий *N. cataria*

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Длина соцветий, см														
Центральный побег	12,5	10	9,8	9,2	20,5	19	18,8	17,2	20,5	18	17,5	16,2	2,23	1,2
Боковой побег	6	4	3,95	3,75	9,5	8	8,5	7,5	9,2	7,8	7,3	7,3	2,23	0,9
Диаметр соцветия, см													2,23	
Центральный побег	1,9	1,68	1,65	1,6	3	2,9	2,87	2,8	2,9	2,7	2,7	2,6		0,5
Боковой побег	1,55	1,4	1,34	1,32	2,5	2,4	2,38	2,32	2,45	2,3	2,35	2,35	2,23	0,5

Таблица Г.3

Влияние условий питания на изменение характеристик различных органов растений *N. cataria*

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Надземная масса, г	195	130,5	110	99,5	470,5	390,5	350	310,5	505,6	420,2	375	335,6	2,23	11,5
соцветие	62,8	41,3	44,8	31,7	172,4	131,6	119,8	103,1	184	149,6	137	133,4	2,23	2,7
листок	88,9	58,3	52,6	46,2	187,1	154,6	142,2	121,4	226,5	183,2	170,2	164,4	2,23	3,8
стебель	44,4	28,2	22,9	20,5	116,9	96,1	85,2	74,8	102,1	82,3	70,3	72,7	2,23	2,5
корень	130	81,5	75,5	66,2	225,2	195,2	182,5	155,3	252,8	207	191,6	184,7	2,23	16,1
Соотношение, %														
соцветие	32,2	31,7	31,5	31,2	36,6	33,7	33,5	33,2	36,4	35,6	35,6	35,2		
листок	45,6	44,7	44,6	44,3	39,76	39,6	39,4	39,1	44,8	43,6	43,7	43,2		
стебель	22,8	21,6	21,4	21,1	24,84	24,6	24,4	24,1	20,2	19,6	19,2	19,1		

Таблица Г.4

Продуктивность эфирного масла в зависимости от условий питания *N. cataria*

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Массовая доля эфирного масла, % от сырой массы	0,48	0,34	0,34	0,25	0,46	0,33	0,33	0,25	0,48	0,35	0,35	0,29	2,23	0,05
Массовая доля эфирного масла, % от сухой массы	1,72	1,23	1,22	0,91	1,74	1,25	1,25	0,93	1,8	1,3	1,28	1	2,23	0,16

Таблица Г.5

Изменение морфометрических показателей *A. foeniculum* в период массового цветения

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Высота растения, см	110,5	99,5	98	92,4	145	136	135	130	157	147	146	140	2,23	4,5
Диаметр, см	98,5	89,3	88,5	82,3	129,5	117,5	116	112	115	106	105	100,5	2,23	5,5
Количество побегов центральных, шт	1	1	1	1	14	13	13	12	23,5	18,5	18,5	17,5	2,23	2
1 порядка	18	18	18	18	157,5	149,5	148,6	145,5	165,5	150,5	149,5	148,5	2,23	5
2 порядка	44	40	40	40	394	380	379,1	374,1	445	411	410,5	409,5	2,23	10
Длина побега центрального, см	110,5	99,5	98	92,4	145	136	135	130	157	147	146	140	2,23	4,5
1 порядка	67	56	56	49	61,5	51	50,8	45,5	61,3	53,5	53	50,5	2,23	4,7
2 порядка	3,8	2,2	2,1	1,8	7	4,5	4,5	4	7,5	4,8	4,7	4,5	2,23	1,4
Количество соцветий, шт	34,5	31,5	30,3	28,5	255	235	234	225	260,5	240	235,5	225,5	2,23	7

Таблица Г.6

Изменение морфологических характеристик соцветий *A. foeniculum*

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Длина соцветий, см														
Центральный побег	13,75	11,85	11,55	10,35	22,85	21	20,55	19,15	22,8	20,95	20,5	19,1	2,23	0,9
Боковой побег	5,6	4,8	4,7	4,25	9,35	8,65	8,4	7,8	9,35	8,55	8,45	7,8	2,23	0,45
Диаметр соцветия, см														
Центральный побег	2,15	1,86	1,85	1,8	3,25	3,1	3,05	2,95	3,2	3,05	3	2,9	2,23	0,5
Боковой побег	1,75	1,54	1,53	1,5	2,7	2,58	2,53	2,46	2,65	2,52	2,5	2,4	2,23	0,5

Таблица Г.7

Влияние условий питания на изменение характеристик различных органов растений *A. foeniculum*

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Надземная масса, г	365,5	295	275	270	655	560	535,5	470	715	590	550	495	2,23	8,6
соцветие	135,9	108,6	102,1	97,2	252,8	214,9	206,5	185,3	280,3	229,2	216	199,2	2,23	2,7
листок	130,1	103,5	97,8	92,9	212,2	180,7	172,8	152,8	256	206,7	194	176,6	2,23	4,2
стебель	98	77,3	72	69	191,2	163	155,4	136,5	180,2	145,7	134	118	2,23	2,2
корень	235,8	184,3	171	158,8	327,5	284,6	273,3	252	357,5	297	281,8	263	2,23	20,2
Соотношение, %														
соцветие	37,2	36,8	36,5	36	38,6	38,7	38,5	39,4	39,2	38,8	38,9	40,2		
листок	35,6	35,1	35	34,4	32,4	32,2	32,2	32,5	35,8	35	35	35,7		
стебель	26,8	26,2	26,1	25,5	29,2	29,1	29	29	25,2	24,7	24,4	24		

Таблица Г.8

Продуктивность эфирного масла в зависимости от условий питания *A. foeniculum*

Характеристики	Варианты												Коэффициент Стьюдента	НСР _{0,05}
	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4	№1	№2	№3	№4		
	Растения 1-го года вегетации				Растения 2-го года вегетации				Растения 3-го года вегетации					
Массовая доля эфирного масла, % от сырой массы	0,36	0,27	0,23	0,2	0,36	0,28	0,25	0,21	0,35	0,27	0,25	0,2	2,23	0,05
Массовая доля эфирного масла, % от сухой массы	1,43	1,11	0,95	0,81	1,44	1,12	1	0,84	1,4	1,1	1	0,8	2,23	0,3

Содержание пигментов в листьях *A. foeniculum*

Фазы вегетации	Вариант корневого питания, №	Хл. <i>a</i> , мг/г сух. в- ва	Хл. <i>b</i> , мг/г сух. в-ва	Сумма хл. (<i>a</i> + <i>b</i>), мг/г сух. в-ва	Каротиноиды, мг/г сух. в-ва
Начало вегетации	№1	2,88	0,81	3,63	1,21
	№2	2,42	0,68	3,10	1,03
	№3	2,14	0,60	2,74	0,91
	№4	1,89	0,53	2,42	0,80
Бутонизация	№1	2,95	0,83	3,78	1,23
	№2	2,51	0,70	3,21	1,08
	№3	2,22	0,63	2,85	0,98
	№4	1,95	0,55	2,50	0,89
Начало цветения	№1	3,08	0,88	3,96	1,28
	№2	2,60	0,73	3,33	1,15
	№3	2,30	0,65	2,95	1,06
	№4	2,09	0,59	2,68	0,99
Массовое цветение	№1	3,94	1,10	5,04	1,33
	№2	2,95	0,82	3,77	1,24
	№3	2,64	0,73	3,37	1,17
	№4	2,15	0,60	2,75	1,13
Конец цветения	№1	3,15	0,88	4,03	1,40
	№2	2,84	0,79	3,63	1,33
	№3	2,40	0,67	3,07	1,31
	№4	2,10	0,59	2,69	1,25
Созревание семян	№1	3,01	0,84	3,85	1,50
	№2	2,42	0,68	3,10	1,43
	№3	2,15	0,60	2,75	1,37
	№4	1,91	0,54	2,45	1,29
Коэффициент	Стьюдента	2,23	2,23	2,23	2,23
НСР _{0,05}		0,031	0,025	0,056	0,024

Содержание пигментов в листьях *N. cataria*

Фазы вегетации	Вариант корневого питания, №	Хл. <i>a</i> , мг/г сух. в- ва	Хл. <i>b</i> , мг/г сух. в-ва	Сумма хл. (<i>a + b</i>), мг/г сух. в-ва	Каротиноиды, мг/г сух. в-ва
Начало вегетации	№1	5,5	1,44	6,94	2,01
	№2	5,00	1,31	6,31	1,83
	№3	4,75	1,24	5,99	1,74
	№4	4,17	1,09	5,26	1,52
Бутонизация	№1	5,66	1,48	7,14	2,03
	№2	5,39	1,41	6,80	1,88
	№3	4,88	1,28	6,16	1,80
	№4	4,48	1,17	5,65	1,61
Начало цветения	№1	5,88	1,55	7,43	2,06
	№2	5,46	1,44	6,90	1,92
	№3	4,99	1,32	6,31	1,84
	№4	4,61	1,22	5,83	1,67
Массовое цветение	№1	6,77	1,80	8,57	2,09
	№2	5,86	1,56	7,42	1,99
	№3	5,11	1,36	6,47	1,92
	№4	4,75	1,25	6,00	1,77
Конец цветения	№1	5,91	1,57	7,48	2,15
	№2	5,51	1,46	6,97	2,08
	№3	5,00	1,33	6,33	2,05
	№4	4,82	1,27	6,09	1,93
Созревание семян	№1	5,83	1,52	7,35	2,21
	№2	5,41	1,41	6,82	2,14
	№3	4,88	1,28	6,16	2,10
	№4	4,72	1,23	5,95	2,05
Коэффициент	Стьюдента	2,23	2,23	2,23	2,23
НСР _{0,05}		0,033	0,015	0,06	0,017

Акт
внедрения в учебный процесс
результатов диссертации Паляя Ивана Николаевича «Физиологические
особенности *Agastache foeniculum* Pursh. и *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. в
условиях Южного берега Крыма»

Результаты исследований и методические подходы, изложенные в работе младшего научного сотрудника отдела физиолого-биохимических исследований, биотехнологии и репродуктивной биологии растений Никитского ботанического сада – Национального научного центра Паляя И.Н. по теме «Физиологические особенности *Agastache foeniculum* Pursh. и *Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck. в условиях Южного берега Крыма», используются кафедрой ботаники и физиологии растений и биотехнологий Таврического национального университета им. В.И. Вернадского при чтении лекций по дисциплинам «Физиология растений», «Экология растений», а также на практических занятиях большого спецпрактикума и при подготовке курсовых и дипломных работ.

Декан биологического факультета
Таврического национального ун-та
им. В.И. Вернадского
к.б.н.



С.Ф. Котов

С.Ф. Котов

29.11.11г.

ООО «Фитосовхоз "РАДУГА"»

97557 Украина, АР Крым,
Симферопольский район
с. Лекарственное
ул. Центральная, 1а



97557, Украина, АРК,
Симферопольский район,
с. Лекарственное,
ул. Центральная, 1а

Расчётный счёт № 26009301055201 в Филиал Акционерного банка «Пивденний» г. Симферополь,
МФО 384652, ОКПО 32417929, свидетельство № 200094668 ИНН № 324179201240.
Тел/факс: (+0380652) 310-596; (+0380652) 346-233;
Тел/факс: : (+0380652) 346-256 – коммерческий отдел, 346-222 - секретарь
E-mail: raduga-fito@yandex.ru; info@radfito.com.ua

Исх. № 731 от «28» ноября 2013г.

Акт
внедрения в производственный процесс результатов
диссертационной работы

Дан Палию Ивану Николаевичу, младшему научному сотруднику отдела физиолого-биохимических исследований, биотехнологии и репродуктивной биологии растений Никитского ботанического сада - Национального научного центра, в том, что разработанные рекомендации по агротехнике выращиванию котовника кошачьего (*Nepeta cataria* var. *citriodora* Beck.) и лопуха анисового (*Agastache foeniculum* Pursh.) используются в промышленных насаждениях ООО «Фитосовхоз «Радуга» Симферопольского района АР Крым.

Директор
ООО Фитосовхоза «Радуга», к.б.н.



С.П. Кутько