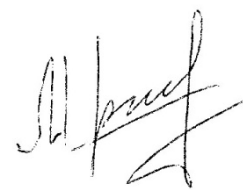


На правах рукописи



Машурчак Николай Владимирович

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ ФЛАВОНОИДОВ
В ПРИРОДНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ
ЦМИНА ПЕСЧАНОГО (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench)
В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

03.02.08 – экология

03.01.04 – биохимия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Саратов – 2010

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» на кафедре биохимии и биофизики

Научные руководители:	доктор биологических наук, профессор, Кашин Александр Степанович доктор биологических наук, профессор, Игнатов Владимир Владимирович
Официальные оппоненты:	доктор биологических наук, профессор Степанов Сергей Александрович кандидат биологических наук, научный сотрудник Соколова Марина Константиновна
Ведущая организация	Саратовский филиал Учреждения Российской академии наук Научно-исследовательский институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Защита состоится «__» _____ 2010 г. в __ часов на заседании диссертационного совета Д 212.243.13 при государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по адресу: 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, E-mail: biosovet@sgu.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке имени В.А. Артисевич ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

Автореферат разослан «__» _____ 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



С.А. Невский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. До последнего времени исследования по выявлению зависимости содержания флавоноидов у цмина песчаного (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench) (Asteraceae) от условий обитания в регионе не проводились. Более того, не было обнаружено данных литературы об исследованиях подобного рода в каком-либо районе в пределах всего ареала данного вида, являющегося, как известно, важным источником лекарственного сырья. Изучалась лишь динамика накопления флавоноидов в онтогенезе или динамика их сезонного накопления (Минаева, 1978; Запрометов, 1993; Даргаева, 1994; Копнин, 2007; Карпова и др., 2008; Горюнова, 2009) без учёта экологической приуроченности. Однако становится всё более злободневным углубленное изучение особенностей биологии и экологии растений *H. arenarium*, в том числе особенностей накопления у них действующих веществ в различных условиях обитания. Прежде всего это связано с тем, что в настоящее время в ассортименте лекарственных средств гепатопротекторного, желчегонного, антиоксидантного, антирадиационного, иммуномодулирующего и адаптогенного спектров действия, представленных на фармацевтическом рынке Российской Федерации, сложилась неблагоприятная ситуация при абсолютном доминировании зарубежных препаратов. Совершенно необходимым становится расширение ассортимента отечественных препаратов указанного спектра действия (Куркина, 2007). Одним из перспективных источников фенольных соединений вышеперечисленного действия как раз является лекарственное растительное средство – цветки цмина песчаного. Но основные запасы сырья данного вида после распада СССР остались за пределами России: в Украине, Белоруссии (Атлас..., 1983). В связи с этим возникла необходимость поиска новых районов, пригодных для организации его заготовок, и отбора для введения в культуру растений, наиболее продуктивных в отношении количества и качества действующих веществ. Очевидно, что без знания особенностей биологии и экологии растений, в том числе зависимости накопления флавоноидов в них от экологической приуроченности, эффективное решение проблемы невозможно. По структуре современной экологии (Реймерс, 1994) данное исследование относится к разделу «Экология растений».

Цель исследования. Выявление закономерностей изменчивости содержания и запаса веществ флавоноидного комплекса *H. arenarium* в различных условиях произрастания на территории Саратовской области.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ качественного и количественного состава флавоноидов в растениях *H. arenarium* из различных природно-климатических подзон Саратовской области и разных фитоценозов;
2. Выявить динамику содержания флавоноидов в растениях *H. arenarium* при произрастании их в различных и сходных условиях внешней среды;
3. Оценить по содержанию флавоноидов в сырье *H. arenarium* и по эксплуатационным его запасам в Саратовской области перспективность использования региона для организации промышленных заготовок.

Научная новизна. Впервые исследована межпопуляционная и внутривидовая изменчивость содержания флавоноидов в растениях *H. arenarium*. Показано, что качественный состав основных флавоноидов не зависит от условий произрастания. Однако их количественное содержание в ценопопуляциях данного вида различ-

но, причём определяется не столько генотипической изменчивостью, сколько условиями произрастания и воздействием факторов внешней среды. Выявлено, что по уровню флавоноидов в качестве лекарственного сырья можно использовать не только соцветия, но и листостебельную часть растений. Впервые по запасу флавоноидов и эксплуатационному запасу оценена перспективность промышленных заготовок сырья *H. arenarium* в Саратовской области.

Практическая значимость работы. Установлено, что по уровню содержания флавоноидов и эксплуатационным запасам сырья *H. arenarium* Саратовская область перспективна для его промышленных заготовок. Результаты исследования могут быть использованы в качестве рекомендаций по заготовке растительного сырья *H. arenarium* в различных районах области, для отбора высокопродуктивных растений при введении вида в культуру, а также в курсах экологии, ресурсоведения, фармакогнозии в университетах биологического и медицинского профиля.

Связь работы с научными программами, темами. Работа выполнялась в рамках ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2006-2008 годы)» (проект РНП.2.2.3.1.2435).

Апробация работы. Основные положения и результаты работы были представлены на VII Международном Симпозиуме по фенольным соединениям: фундаментальные и прикладные аспекты (Москва, 2009); VIII Международной научно-практической конференции «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» (Барнаул, 2009); Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов «Исследования молодых учёных в биологии и экологии» (Саратов, 2009, 2010).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 работ, одна из которых в журнале, рекомендованном Перечнем ВАК РФ.

Декларация личного участия автора. Автор лично провёл в 2007 – 2009 гг. экспедиционные исследования на территории Саратовской области по сбору материалов для изучения. Химический анализ растительного материала полностью осуществлен автором. Анализ полученных результатов проведён автором самостоятельно по плану, согласованному с научными руководителями. Доля личного участия автора в подготовке и написании совместных публикаций составляет 50 - 70 %.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, рекомендаций, списка литературы и приложений. Общий объем работы 168 страниц, содержит 15 таблиц и 22 рисунка. Список литературы включает 162 источника отечественных и зарубежных авторов.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Качественный состав основных веществ флавоноидного комплекса *H. arenarium* на территории Саратовской области постоянен вне зависимости от условий внешней среды.

2. Суммарное содержание флавоноидов в растениях *H. arenarium* из различных районов Саратовской области определяется не столько генотипической изменчивостью, сколько условиями произрастания и воздействием факторов внешней среды. В условиях культуры суммарное содержание флавоноидов в растениях снижается.

3. Территория Саратовской области по содержанию флавоноидов в растительном сырье и эксплуатационным его запасам потенциально пригодна для организации промышленных заготовок *H. arenarium*. Наиболее перспективными для заготовки растительного сырья этого вида по содержанию флавоноидов являются районы, расположенные в подзоне богаторазнотравно-типчачково-ковыльной степи Правобережья.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ФЛАВОНОИДЫ РАСТЕНИЙ: РАЗНООБРАЗИЕ, ЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ У РЕСУРСНЫХ ВИДОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В главе дается обзор литературы по исследованию флавоноидов в растениях различных семейств покрытосеменных, дано описание некоторых биологически активных веществ, встречающихся у *H. arenarium*. Анализируются методы выделения и анализа флавоноидов, их применение в медицине. Рассмотрены биоэкологические особенности произрастания цмина песчаного в различных местах обитания.

Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Дан краткий очерк природно-климатических условий Саратовской области: рельефа, климата, почвы, погодных условий в годы проведения исследований. Приведены ботаническое описание изучаемого объекта и характеристика мест произрастания изученных ценопопуляций.

Исследовались растения, взятые из 30 естественных ценопопуляций 18 районов 5 природно-климатических подзон (Тарасов, 1977) 2 климатических зон (Пряхина, 2002) Саратовской области (рис. 1). Сравнение по доминантным видам в фитоценозах, в структуру которых включены исследованные ценопопуляции, не выявило какой-либо закономерности их пространственного распределения (табл. 1) или влияния доминантов на накопление содержания флавоноидов в растениях исследуемого вида. Наиболее характерным отличием двух групп фитоценозов было присутствие или отсутствие древесного яруса из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*). Поэтому последующий анализ роли фитоценотического окружения в накоплении флавоноидов у *H. arenarium* дан только по этим двум группам фитоценозов, условно названных нами «степной фитоценоз» (СБ) и «остепнённый бор» (ОсБ).

Сбор растений проводился в 2007-2009 гг. с 23 июня по 1 августа. В каждой ценопопуляции случайным образом производили выборку 30 растений зрелого возрастного состояния (G_2) на стадии бутонизации. Кроме того, в 2007 г. из ценопопуляций обеих групп фитоценозов с контрастными условиями произрастания (Б.-Карабулакского, Аткарского, Ртищевского, Озинского, Красноармейского, Краснокутского, Хвалынского и Марковского районов) было взято по 20 растений. Выборка растений из каждой ценопопуляции была высажена в ботаническом саду СГУ в одинаковые условия произрастания в виде самостоятельных экспериментальных популяций. При этом почвенный субстрат и условия освещённости были типичными для естественных мест обитания растений данного вида. Уход за растениями включал искусственное орошение и комплекс агротехнических мероприятий. В 2008 г. с растений экспериментальных популяций был взят материал для анализа на трёх стадиях развития: отрастание (май), бутонизация - начало цветения (июнь) и разгар цветения - начало плодоношения (июль). В 2009 г. растения каждой из этих популяций выращивались в различных условиях освещения: при искусственном затенении и в условиях естественного освещения (контрольная группа). Сбор материала для анализа осуществляли на тех же трёх стадиях развития, что и в 2008 г.

Изъятые для биохимического анализа растения разделяли на 3 фракции: соцветия, листостебельные побеги и корни. Каждую фракцию измельчали и помещали в 95% этанол. Экстракты для исследования готовили по методикам М.Н. Запрометова

Характеристика фитоценозов по доминантным видам в местах обитания исследованных ценопопуляций *Helichrysum arenarium*¹

Районы исследования	Сообщества	Усл. обозн.
Аткарский	Мятликово–лапчатковая песчаная степь (<i>Potentilla argentea</i> + <i>Poa angustifolia</i>).	Атк СБ
	Сосняк пырейно-типчаково-бессмертниковый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>H.</i> + <i>Festuca valesiaca</i> + <i>Elytrigia repens</i>).	Атк ОсБ
Б.-Карабулакский	Бессмертничково-осоковая песчаная степь (<i>Carex praecox</i> + <i>H. arenarium</i>).	Б.Кар СБ
	Сосняк бессмертничково-ковыльный (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Stipa lessingiana</i> + <i>H. arenarium</i>).	Б.Кар ОсБ
Балаковский	Сосняк пырейно-типчаковый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Festuca valesiaca</i> + <i>Elytrigia repens</i>).	Блк ОсБ
Балашовский	Сосняк осоково-типчаковый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Festuca valesiaca</i> + <i>Carex praecox</i>).	Блш ОсБ
Воскресенский	Сосняк полынно-мятликовый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Poa angustifolia</i> + <i>Artemisia austriaca</i>).	Вск ОсБ
Калининский	Типчаково-полынно-бессмертничковая песчаная степь (<i>H. arenarium</i> + <i>Artemisia austriaca</i> + <i>Festuca valesiaca</i>).	Клн СБ
	Сосняк лапчатково-бессмертничково-полынный (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>A. austriaca</i> + <i>H. arenarium</i> + <i>Potentilla ar-</i>	Клн ОсБ
Красноармейский	Жабрицово-мятликовая песчаная степь (<i>Poa angustifolia</i> + <i>Seseli tortuosum</i>).	КрА СБ
Краснокутский	Полынно-лапчатковая песчаная степь (<i>Potentilla argentea</i> + <i>Artemisia austriaca</i>).	Крк СБ
	Сосняк осоково-мятликовый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Poa transbaicalica</i> + <i>Carex praecox</i>).	Крк ОсБ
Лысогорский	Типчаково-тонконоговая песчаная степь (<i>Koeleria cristata</i> + <i>Festuca valesiaca</i>).	Лсг СБ
	Сосняк тимьяново-бессмертничковый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>H. arenarium</i> + <i>Thymus kirgisorum</i>).	Лсг ОсБ
Марксовский	Вейничково-полынная песчаная степь (<i>Artemisia austriaca</i> + <i>Calamagrostis epigeios</i>).	Мрк СБ ¹
	Вейничково-житняковая песчаная степь (<i>Agropyron pectinatum</i> + <i>Calamagrostis epigeios</i>).	Мрк СБ ²
	Сосняк типчаково-мятликовый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Poa angustifolia</i> + <i>Festuca valesiaca</i>).	Мрк ОсБ
Озинский	Лапчатково-полынная песчаная степь (<i>Artemisia austriaca</i> + <i>Potentilla arenaria</i>).	Озн СБ
Петровский	Тысячелистничково-типчаковая песчаная степь (<i>Festuca valesiaca</i> + <i>Achillea setacea</i>).	Птр СБ
	Сосняк астрагалово-типчаковый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Festuca valesiaca</i> + <i>Astragalus varius</i>).	Птр ОсБ
Ровенский	Полынно-бессмертничковая песчаная степь (<i>H. arenarium</i> + <i>Artemisia marschalliana</i>).	Рвн СБ
Ртищевский	Бессмертничково-полынная песчаная степь (<i>Artemisia marschalliana</i> + <i>H. arenarium</i>).	Ртщ СБ
Саратовский	Полынная песчаная степь (<i>Artemisia austriaca</i> + <i>Artemisia marschalliana</i>).	Сар СБ
Татищевский	Тонконогово-верониковая песчаная степь (<i>Veronica spicata</i> + <i>Koeleria glauca</i>).	Ттщ СБ
Хвалынский	Наголоватко-полынная песчаная степь (<i>Artemisia marschalliana</i> + <i>Jurinea ewersmannii</i>).	Хва СБ ¹
	Полынно-типчаковая песчаная степь (<i>Festuca valesiaca</i> + <i>Artemisia marschalliana</i>).	Хва СБ ²
	Тонконогово-васильковая песчаная степь (<i>Centaurea marschalliana</i> + <i>Koeleria glauca</i>).	Хва СБ ³
	Типчаково-васильковая карбонатная степь (<i>Centaurea marschalliana</i> + <i>Festuca valesiaca</i>).	Хва СБ ⁴
Энгельский	Сосняк типчаково-бессмертничковый (<i>Pinus sylvestris</i> + <i>H. arenarium</i> + <i>Festuca valesiaca</i>).	Энг ОсБ

¹ Примечание: Характеристика фитоценозов в местах произрастания исследованных ценопопуляций любезно предоставлена Т.В. Жулидовой

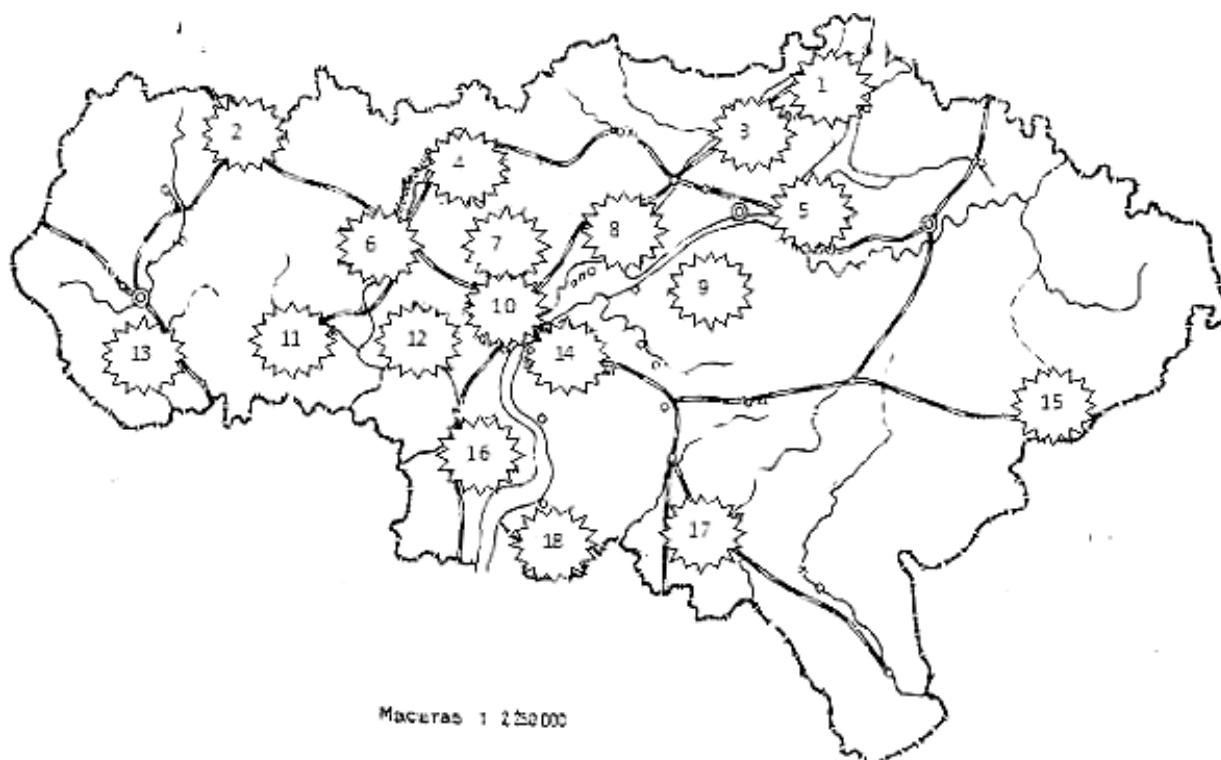


Рис. 1. Местонахождение исследованных популяций *Helichrysum arenarium*: 1 – Хвалынский (Хва), 2 – Ртищевский (Ртищ), 3 – Базарно-Карабулакский (Б.Кар), 4 – Петровский (Птр), 5 – Воскресенский (Вск), 6 – Аткарский (Атк), 7 – Татищевский (Ттищ), 8 – Балаковский (Блк), 9 – Марковский (Мрк), 10 – Саратовский (Сар), 11 – Калининский (Клн), 12 – Лысогорский (Лсг), 13 – Балашовский (Блш), 14 – Энгельсский (Энг), 15 – Озинский (Озн), 16 – Красноармейский (Кра), 17 – Краснокутский (Крк), 18 – Ровенский (Рвн) районы

(1974) и Е.Я. Ладыгиной и др. (1983). Все манипуляции проводили с водным экстрактом. Для анализа экстрактов использовали метод ТСХ (Запрометов, 1974; Кирхнер, 1981; Шилина и др., 2004) и УФ-спектрофотометрию (Копнин, 2007).

Хроматографию в тонком слое сорбента проводили на пластинах "Sorbfil" ПТСХ-АФ-В-УФ в трёх повторностях по каждому образцу. В качестве подвижной фазы для выделения нарингенина на спектрофотометрический анализ использовали систему растворителей - бутанол : уксусная кислота (2 : 3) (элюент получен в ходе предварительных экспериментов), для определения качественного состава флавоноидного комплекса - этилацетат : уксусная кислота : вода (5:1:1) (Шилина и др., 2004). УФ-спектрофотометрию проводили на спектрофотометре "Specord 40". Содержание суммы флавоноидов определяли по методике В.П. Георгиевского и др. (1990).

При выборе рабочего стандартного образца для количественного определения флавоноидов методом спектрофотометрии апробировали рутин и нарингенин после проведения реакции комплексообразования с ацетатом натрия (Запрометов, 1993). В качестве рабочего стандартного образца был выбран раствор нарингенина, так как содержание его у цмина значительно выше, чем содержание рутина, а область длин волн, в которой лежит максимум поглощения данного вещества, находится вне области длин волн максимума поглощения сопутствующих веществ нефенольной природы. Кроме того при сходных концентрациях стандартов рутина и нарингенина чувствительность последнего к УФ-излучению выше. Максимумы поглощения спектра на-

рингенина и совпадающего с ним извлечения из растений *H. arenarium* даны на рис. 2.

Фенологические наблюдения за растениями *H. arenarium* проводили при произрастании их в ботаническом саду. Обработка данных фенологических наблюдений проводилась по общепринятой методике (Шилова и др., 2007).

Освещённость определяли в 2007- 2009 гг. на уровне соцветий *H. arenarium* с помощью люксметра «ТКА-ЛЮКС» (Россия) в ясные солнечные дни I декады июля около 12.00 ч. в 10 различных точках, более или менее равномерно расположенных на площади ценопопуляции.

Запасы сырья *H. arenarium* в ценопопуляции вычисляли как произведение площади, занимаемой ценопопуляцией, на плотность запаса сырья. Плотность запаса сырья ($\text{г}/\text{м}^2$) вычисляли как произведение среднего числа побегов на пробных площадках на среднюю массу «модельного экземпляра».

Достоверность различий определяли по критерию Стьюдента при $p \leq 0.05$.

Глава 3. СОСТАВ ФЛАВОНОИДОВ В РАСТЕНИЯХ *Helichrysum arenarium* ИЗ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ

Для изучения влияния экологических условий на качественный состав флавоноидного комплекса *H. arenarium* были проанализированы растения 30 ценопопуляций из различных районов пяти природно-климатических подзон Саратовской области. В экстрактах из соцветий *H. arenarium* было обнаружено от 10 до 14, в побегах - от 7 до 11, а в корнях - от 3 до 6 зон адсорбции. Однако различий в качественном составе основных компонентов флавоноидного комплекса в растениях из различных подзон области не выявлено. Качественный состав флавоноидов в экстрактах трёх лет (2007 – 2009 гг.) исследования был идентичен. Среди основных компонентов флавоноидного комплекса по веществам-свидетелям идентифицированы нарингенин ($R_f = 0.97$), рутин ($R_f = 0.29$), по данным о величине R_f и цвету зон адсорбции (Даргаева, 1994; Шилина и др., 2004; Куркина, 2007) идентифицированы гиперозид ($R_f = 0.39$), лютеолин-7- гликозид ($R_f = 0.42$) и нарингенин-5-гликозид ($R_f = 0.53$).

Различия в качественном составе флавоноидного комплекса у растений, произрастающих в различных районах Саратовской области, установлены только по флавоноидам, присутствующим в следовых количествах. При этом максимальное число флавоноидов обнаружено в экстрактах из соцветий ценопопуляций подзон лесостепи

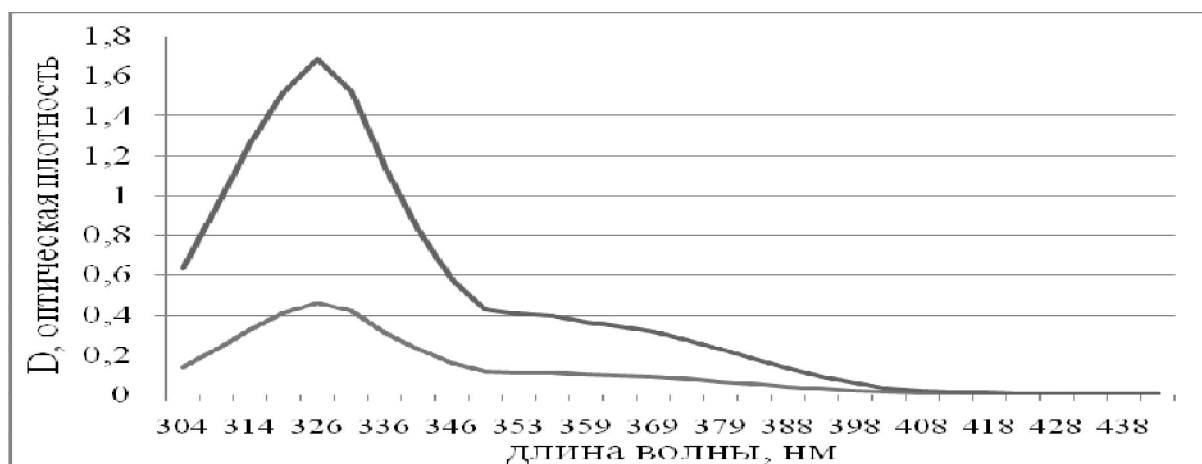


Рис. 2. Спектры поглощения стандарта нарингенина (верхняя кривая) и извлечения из цветков *Helichrysum arenarium* (нижняя кривая).

(Ртщ СБ) (14 зон адсорбции) и богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи (Ттщ СБ, Аتك СБ и Аتك ОсБ и Блш ОсБ) (13 зон адсорбции) Правобережья. Однако такое же количество зон адсорбции обнаружено и в соцветиях растений из ценопопуляций, приуроченных к подзонам степи Левобережья (КрК СБ, Озн СБ, Мрк СБ). Следовательно, строгой зональной приуроченности качественного состава флавоноидов, присутствующих в следовых количествах, не обнаружено.

Показано, что в 2007 г. процентное содержание флавоноидов в растениях на межпопуляционном уровне варьировало в широких пределах. Амплитуда изменчивости содержания их в соцветиях в ценопопуляциях обеих групп фитоценозов фактически совпадала (1.60 - 9.20% - в остепнённом бору и 2.15 – 9.16% - в степных фитоценозах) (рис. 3-4). Максимальное содержание флавоноидов в 2007 году отмечено в ценопопуляциях богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи Правобережья, расположенных на границе умеренно-континентального и континентального климата (Аتك СБ, Аتك ОсБ, Клн ОсБ, Клн СБ, Ттщ СБ). Минимальное их содержание было в ценопопуляциях лесостепной подзоны Правобережья с умеренно континентальным климатом (Б.Кар СБ, Б.Кар ОсБ, Птр СБ) и в остальных подзонах степной зоны Правобережья (КрА СБ, Сар СБ) и Левобережья (Энг СБ, Озн СБ, КрК ОсБ, Блк ОсБ), характеризующихся континентальным климатом.

Содержание флавоноидов во всех экстрактах из побегов растений *H. arenarium* в 2007 г. было ниже, чем из соцветий растений тех же ценопопуляций (чаще всего в 1.5 - 8.0 раза) (рис. 3-4). Средние значения различались в 1,5— 2,0 раза (табл. 2). Однако в ряде ценопопуляций процентное содержание флавоноидов в листовостебельных побегах было достаточно высоким: в Аتك ОсБ, Аتك СБ, Клн ОсБ, Клн СБ, Ртщ СБ, Хва СБ¹ и Хва СБ³ этот показатель был близок к 6%. Средний уровень веществ флавоноидного комплекса по ценопопуляциям обеих групп фитоценозов в 2007 г. не различался и составил в соцветиях $5.05 \pm 0.51\%$, а в побегах – $3.26 \pm 0.45\%$ (табл. 2).

В 2008 г. процентное содержание флавоноидов в экстрактах из растений цмина на межпопуляционном уровне варьировало также широко (1.14–10.86%), как в 2007 г. При этом содержание их в экстрактах из соцветий в ценопопуляциях степных фитоце-

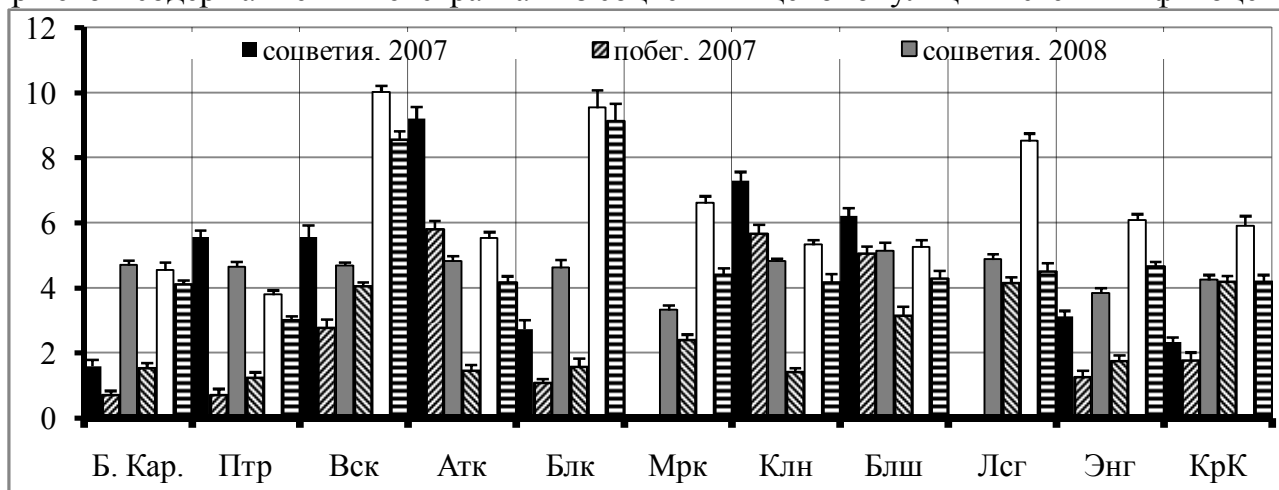


Рис. 3. Суммарное содержание флавоноидов (%) в пересчете на нарингенин в экстрактах растений *H. arenarium* из ценопопуляций остепнённых боров. По оси абсцисс – районы, к которым приурочены ценопопуляции; по оси ординат – процентное содержание флавоноидов в пересчете на нарингенин. Сокращения те же, что на рис. 1. Бары означают стандартную ошибку средней

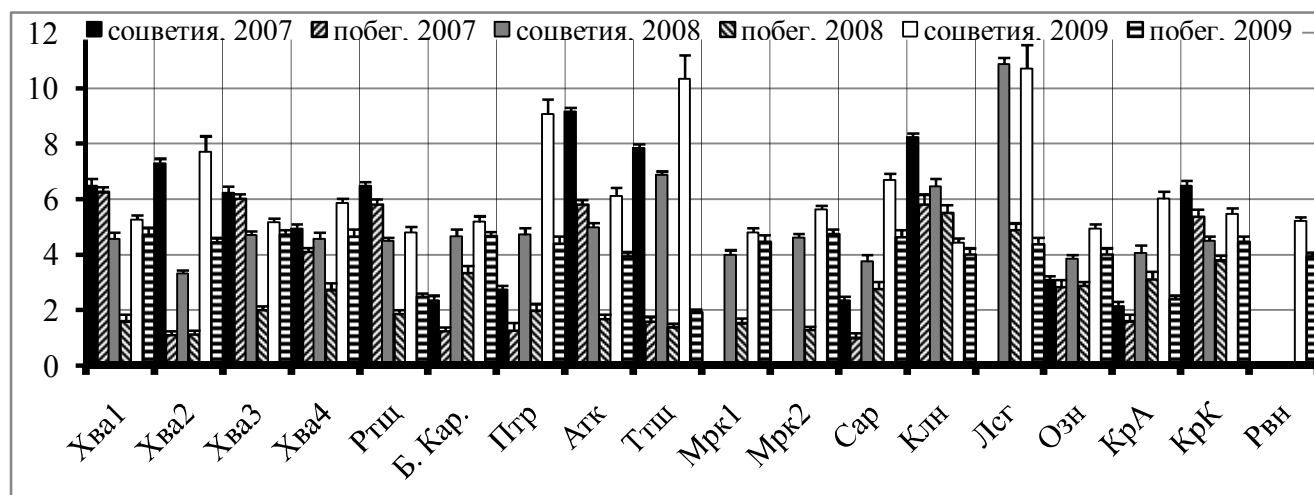


Рис. 4. Суммарное содержание флавоноидов (%) в пересчете на нарингенин в экстрактах растений *H. arenarium* из ценопопуляций степных фитоценозов. По оси абсцисс – районы, к которым приурочены ценопопуляции; по оси ординат – процентное содержание флавоноидов в пересчете на нарингенин. Сокращения те же, что на рис. 1. Бары означают стандартную ошибку средней

нозов изменялось в интервале 3.32 – 10.86%, в то время как в ценопопуляциях остепнённых боров - от 3.32 до 5.14%. В целом минимальные и максимальные значения этого параметра в ценопопуляциях степных фитоценозов различались более чем в три раза, а остепнённых боров – лишь в 1.5 раза. При этом минимальные значения были значительно выше, чем в 2007 г. Средний уровень содержания флавоноидов в ценопопуляциях степных фитоценозов и остепнённых боров достоверно не различался. Не отличались они и от аналогичных показателей 2007 г.

В 2008 г. по процентному содержанию флавоноидов в экстрактах из побегов ценопопуляции различались почти пятикратно (1.14 – 5.52%) при менее выраженном разбросе значений, чем в 2007 г. Однако он был значительно шире, чем по содержанию флавоноидов в соцветиях. По ценопопуляциям остепнённых боров минимальный и максимальный значения различались лишь трёхкратно (1.26 – 4.21%, в то время как по ценопопуляциям степных фитоценозов – почти пятикратно (1.14 – 5.52%) (см. рис. 3-4). Максимальное содержание флавоноидов отмечено у растений ценопопуляций Лсг СБ, Клн СБ, Ттщ СБ, т.е. опять в подзоне богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи Правобережья на границе умеренно-континентального и континентального климата. Минимальное содержание флавоноидов отмечено в растениях ценопопуляций Озн СБ, Энг ОсБ, Сар СБ, Мрк ОсБ, Хва СБ², т.е в ценопопуляциях из районов лесостепной зоны Правобережья с умеренно континентальным климатом и степной зоны Левобережья с континентальным климатом. В остальных ценопопуляциях содержание флавоноидов в соцветиях было на уровне средних значений.

В экстрактах из соцветий растений в абсолютном большинстве ценопопуляций, так же как в 2007 г., наблюдалось более высокое содержание флавоноидов, чем в экстрактах из побегов растений (до трёхкратного превышения), и лишь в растениях ценопопуляции Крк ОсБ в экстрактах из соцветий и побегов суммарное содержание флавоноидов достоверно не различалось, а в ряде ценопопуляций (Вск ОсБ, Лсг ОсБ, Клн СБ, Лсг СБ, Крк СБ) – различалось незначительно. Содержание флавоноидов в побегах растений некоторых ценопопуляций (Клн СБ, Лсг СБ, Лсг ОсБ, Крк ОсБ, Вск ОсБ) было на уровне средних значений (4.07 – 5.52%), однако в большинст-

Таблица 2

Средние значения содержания флавоноидов по совокупности исследованных ценопопуляций *Helichrysum arenarium*

Год исследования	Фитоценоз	Суммарное содержание флавоноидов в %, в пересчете на нарингенин	
		соцветия	побег
2007	Остепнённый бор	4.45±0.817	2.68±0.655
	Степные фитоценозы	5.26±0.676	3.59±0.617
	Совокупно по обоим типам фитоценозов	5.05±0.510*	3.26±0.454*
2008	Остепнённый бор	4.51±0.244	2.56±0.345
	Степные фитоценозы	5.01±0.434	2.51±0.318
	Совокупно по обоим типам фитоценозов	4.81±0.265 ¹	2.53±0.231 ¹
2009	Остепнённый бор	6.46±0.646	5.03±0.594
	Степные фитоценозы	6.18±0.426	4.08±0.183
	Совокупно по обоим типам фитоценозов	6.36±0.367* ¹	4.43±0.274* ¹

Примечание: *¹ в каждом столбце при сравнении значений, помеченных одинаковыми индексами, различия достоверны при $p \leq 0.05$. Аналогичная достоверность различий имеет место и при сравнении данных в пределах каждого столбца отдельно по каждому типу фитоценоза

ве остальных ценопопуляций было незначительным (см. рис. 3-4).

Таким образом, в 2007 и 2008 гг. максимальное содержание суммы флавоноидов наблюдалось в растениях ценопопуляций из районов подзоны богаторазнотравно-типчачково-ковыльной степи Правобережья на границе умеренно-континентального и континентального климата. В пределах одного района произрастания *H. arenarium* сумма веществ флавоноидного комплекса у растений ценопопуляций степных фитоценозов чаще всего была выше, чем у растений остепнённых боров. В большинстве ценопопуляций процентное содержание суммы флавоноидов в соцветиях превышало таковое в побегах, причём в некоторых случаях значительно (в 2 и более раз). Однако процентное содержание флавоноидов в побегах в ряде популяций Правобережья было относительно высоким и достигало 5.5 – 6.0% от сухой массы растений. В 2007 г. наблюдался более существенный, чем в 2008 г., разброс значений по ценопопуляциям, что говорит о большей нестабильности проявления факторов, сказывающихся на процессе накопления флавоноидов, на территории области в 2007 г. Средний уровень содержания флавоноидов в 2007 и 2008 гг. как по ценопопуляциям разных групп фитоценозов, так и совокупно по ценопопуляциям обеих групп фитоценозов не отличался.

В 2009 г. процентное содержание флавоноидов в экстрактах из растений *H. arenarium* на межпопуляционном уровне варьировало в более узких пределах, чем в 2007 и 2008 гг. (1.93 – 10.71%). Содержание их в экстрактах из соцветий в ценопопуляциях степных фитоценозов варьировало в интервале 4.44 – 10.71%, а в ценопопуляциях остепнённых боров – в интервале 3.79 – 10.01%, т.е. в весьма близких пределах. В целом максимальные значения в ценопопуляциях обеих групп фитоценозов превышало минимальное примерно в 2.5 раза. Имел место минимальный за все годы наблюдений разброс значений по ценопопуляциям, что говорит о меньшей, чем в предыдущие годы, нестабильности проявления факторов, сказывающихся на процессе накопления флавоноидов на территории области. Средние значения содержания флавоноидов в ценопопуляциях степных фитоценозов и остепнённых боров достоверно не различались (в соцветиях – 6.18±0.43 и 6.46±0.65%, соответственно, а в побегах – 4.08±0.18 и 5.03±0.59%, соответственно). Но они были достоверно выше аналогичных

показателей 2007 и 2008 гг.

В 2009 г по содержанию флавоноидов в экстрактах из побегов ценопопуляции различались почти пятикратно (1.93– 9.14%). Как и в 2008 г., разброс значений хотя и был менее выраженным, чем в 2007 г., однако оказался значительно шире, чем по содержанию флавоноидов в соцветиях (см. рис. 3-4).

В 2009 году максимальное содержание флавоноидов отмечено не только у растений популяций, приуроченных к подзоне богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи (Лсг СБ, Ттщ СБ, Вск ОсБ), но и в популяции лесостепной подзоны (Птр СБ). Кроме ценопопуляций степных подзон Левобережья (Мрк СБ¹, Мрк СБ², Озн СБ), низкое содержание флавоноидов отмечено в популяции лесостепной подзоны (Ртщ СБ) и подзоны богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи (Клн СБ) Правобережья.

В экстрактах из соцветий растений в абсолютном большинстве ценопопуляций, так же как в 2007 - 2008 гг., наблюдалось более высокое содержание флавоноидов, чем в экстрактах из побегов растений той же ценопопуляции (до пятикратного превышения). Однако в гораздо большем числе ценопопуляций в экстрактах из соцветий и побегов суммарное содержание флавоноидов либо достоверно не различалось, либо отличалось незначительно. Процентное содержание флавоноидов в побегах в ряде ценопопуляций как Правобережья, так и Левобережья было высоким и достигало 9.1% от сухой массы растений, будучи максимальным по всем годам наблюдения. Только в четырёх ценопопуляциях содержание флавоноидов в экстрактах из побегов было незначительным (около 2.0 – 3. %) (см. рис. 3-4).

Средний уровень веществ флавоноидного комплекса по ценопопуляциям обеих групп фитоценозов в 2009 г. составил в соцветиях $6.36 \pm 0.36\%$, а в побегах – $4.43 \pm 0.26\%$, т.е. был достоверно выше соответствующих средних показателей по ценопопуляциям обеих групп фитоценозов предыдущих лет наблюдений (см. табл. 2). В большинстве ценопопуляций содержание флавоноидов было близко к среднеарифметическому значению по данному году.

Сумма веществ флавоноидного комплекса у растений ценопопуляций степных фитоценозов в пределах одного района произрастания, так же как в предыдущие годы наблюдения, чаще всего была выше, чем у растений из популяций остепнённых боров (см. рис. 3-4). Однако среднеарифметические величины этого параметра по совокупности исследованных ценопопуляций той и другой группы фитоценозов достоверно не различались (см. табл. 2).

Во все годы наблюдений средние значения суммарного содержания флавоноидов в соцветиях растений из ценопопуляций богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи было достоверно выше, чем в соцветиях растений из ценопопуляций других природно-климатических подзон (табл. 3).

Из вышеизложенного очевидно, что наиболее контрастным по амплитуде изменчивости флавоноидов в ценопопуляциях области из трёх лет был 2007 г. При этом именно в данный год наблюдалось наиболее выраженное превышение содержания флавоноидов в растениях ценопопуляций из районов, расположенных в подзоне богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи на границе зон умеренно континентального и континентального климата. Средний уровень веществ флавоноидного комплекса по ценопопуляциям как отдельных групп фитоценозов, так и суммарно по обеим группам фитоценозов в 2007 и 2008 гг. достоверно не различался. Наиболее благоприятными для накопления флавоноидов в растениях *H. arenarium* из трёх лет на-

Таблица 3

Суммарное содержание флавоноидов в растениях *Helichrysum arenarium*
в зависимости от зонального расположения ценопопуляций

Год исследования	Исследуемая фракция	Суммарное содержание флавоноидов, %				
		Правобережье			Левобережье	
		лесостепь	богаторазнотравно-типчачоково-ковыльная степь	разнотравно-типчачоково-ковыльная степь	разнотравно-типчачоково-ковыльная степь	типчачоково-ковыльная степь
2007	Соцветия	4.99±0.64	7.88±0.55	2.25±0.10	3.11±0.02	4.42±2.07
	Побеги	3.24±0.76	4.59±0.78	1.31±0.30	2.07±0.79	3.59±1.81
2008	Соцветия	4.55±0.15	6.05±0.75	3.91±0.16	3.93±0.21	4.37±0.13
	Побеги	2.07±0.24	3.08±0.62	2.95±0.17	1.98±0.29	4.01±0.21
2009	Соцветия	5.66±0.50	7.63±0.90	6.36±0.34	5.61±0.34	5.53±0.20
	Побеги	4.16±0.25	4.47±0.65	3.52±1.12	4.47±0.13	4.21±0.15
Среднее по годам	Соцветия	5.07±0.28	7.12±0.47	4.17±0.76	4.49±0.34	4.88±0.51
	Побеги	3.16±0.31	3.99±0.40	2.59±0.52	3.03±0.40	3.97±0.41

блюдений были погодные условия 2009 г. При этом они сказывались таким образом, что существенно нивелировали действие локальных по проявлению факторов внешней среды.

Глава 4. ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ФЛАВОНОИДОВ *Helichrysum arenarium* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ

В 2008 г. в начале цветения у растений экспериментальных популяций содержание флавоноидов в соцветиях варьировало в узком интервале - 3.12 – 3.65% (крайние значения различались в 1.2 раза), в то время как при произрастании в этот же год в естественных условиях – в интервале 3.32 – 6.88% (более чем в 2 раза), а в побегах – 1.60 – 1.80% (в 1.1 раза) и 1.14 – 4.21% (в 3.7 раза), соответственно (см. рис. 3-5). В 2009 г. содержание флавоноидов в соцветиях при произрастании растений в условиях ботанического сада варьировало в интервале 3.17 – 4.10% (менее чем в 1.3 раза), однако в естественных ценопопуляциях – 4.54 – 7.71% (в 1.7 раза), а в побегах – 1.15 – 1.54% (в 1.3 раза) и 2.41 – 4.68(почти в 2 раза), соответственно (см. рис. 3, 4, 6). В большинстве случаев в растениях экспериментальных популяций содержание флавоноидов в различные годы наблюдения было очень близким, т.е. варьирования признака по годам почти не наблюдалось, в то время как в растениях естественных ценопопуляций в 2009 и 2008 гг. содержание флавоноидов достоверно различалось, причём 2009 г. был более благоприятным для накопления флавоноидов в них, чем 2008 г. Это приводит к заключению, что в Саратовской области факторы внешней среды, т.е. экологические факторы, в большей мере, чем генотипические, сказываются на содержании флавоноидов в растениях *H. arenarium*.

Погодные условия в период вегетации в 2007 –2009 гг. при сходстве по большей части месяцев со среднемноголетними характеризовались следующими особенностями. В 2007 г. среднемесячная температура мая была более чем на 3⁰С выше среднемноголетней, а среднемесячное количество осадков в мае составляло лишь од-

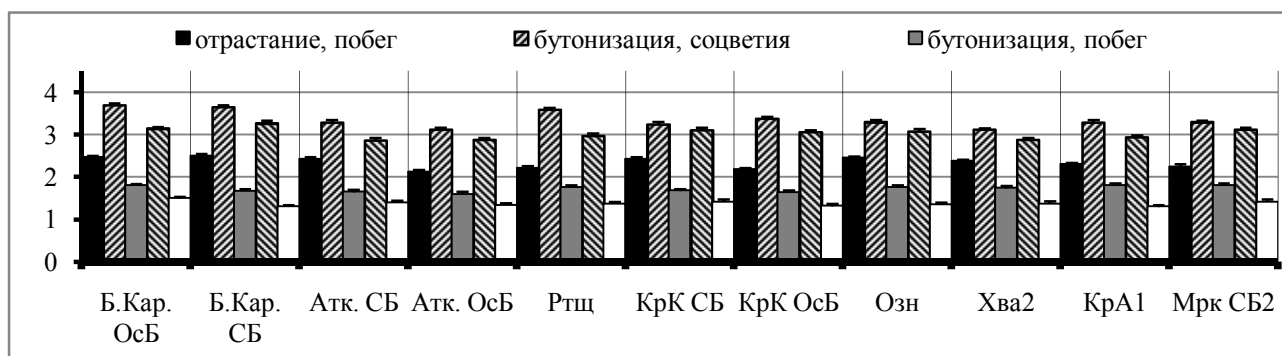


Рис. 5. Суммарное содержание флавоноидов (%) в пересчете на нарингенин в экстрактах из соцветий и побегов на разных стадиях онтогенеза растений *Helichrysum arenarium*, перенесённых из различных естественных ценопопуляций в одинаковые условия произрастания на территории ботанического сада. Накопление флавоноидов отслеживалось в 2008 г. при произрастании в естественных условиях освещённости. По оси абсцисс – ценопопуляции; по оси ординат – процентное содержание флавоноидов в пересчете на нарингенин. Сокращения те же, что на рис. 1. СБ – степной фитоценоз, ОсБ - фитоценоз остепнённого бора. Бары означают стандартную ошибку средней

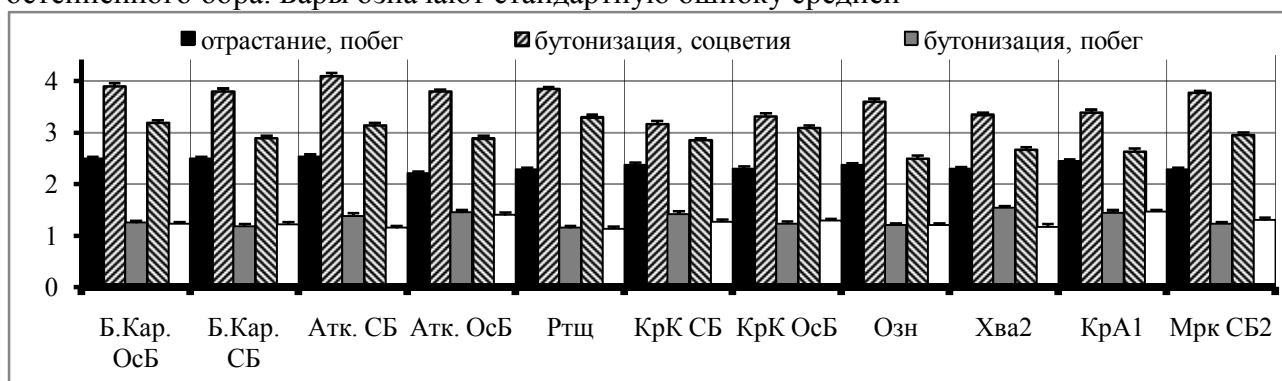


Рис. 6. Суммарное содержание флавоноидов (%) в пересчете на нарингенин в экстрактах из соцветий и побегов на разных стадиях онтогенеза растений *Helichrysum arenarium*, перенесённых из различных естественных ценопопуляций в одинаковые условия произрастания на территории ботанического сада. Накопление флавоноидов отслеживалось в 2009 г. при произрастании в естественных условиях освещённости. По оси абсцисс – ценопопуляции; по оси ординат – процентное содержание флавоноидов в пересчете на нарингенин. Сокращения те же, что на рис. 1, 5. Бары означают стандартную ошибку средней

ну треть от среднемноголетнего. В 2008 г. в апреле наблюдалось значительное превышение (более чем на 4⁰С) среднемесячной температуры над среднемноголетней, а в мае количество выпавших осадков составило лишь две трети от нормы. Однако июнь и июль этого года были чрезвычайно влажными (при полутора - двукратном превышении количества выпавших осадков над среднемноголетней нормой). А 2009 г. характеризовался чрезвычайной засушливостью условий обитания июня и июля. Учитывая, что именно 2009 г. из всех лет наблюдений был наиболее благоприятным для накопления флавоноидов в растениях данного вида, а в 2007 г. наблюдалось максимальное варьирование параметра у растений из различных ценопопуляций, обоснованно было предположить, что для накопления флавоноидов в растениях *H. arenarium* лимитирующим фактором в регионе выступает степень засушливости условий обитания в июне – июле, и напротив, возможно, негативно сказывается на накоплении флавоноидов засушливость условий обитания в апреле и мае.

Фенологические наблюдения, проведённые нами на экспериментальных попу-

ляциях ботанического сада, в целом подтверждают литературные сведения о наступлении отдельных фенофаз *H. arenarium* (Исайкина, 1974). При этом зачаточное соцветие из терминальной почки роста у них формируется после перезимовки. Однако отрастание в условиях г. Саратова начинается не во второй, а в первой половине апреля. В июне происходит интенсивный рост генеративных побегов и в конце июня – начале июля генеративные побеги зацветают. Массовое цветение наблюдается в условиях г. Саратова с первой половины июля (табл. 4). Учитывая тот факт, что в июне-июле происходит наиболее интенсивный рост растений, особенно генеративных побегов, которые собственно и являются органами, накапливающими флавоноиды, а максимальная их концентрация обнаруживается в соцветиях, окончательно формирующихся в конце июня – начале июля (см. рис. 5, 6), более оправданно полагать, что лимитирующими факторами для накопления флавоноидов в растениях *H. arenarium* в большей мере выступают засушливые условия июня-июля, чем апреля-мая.

С периодом интенсивного роста побегов и формирования генеративных органов связан, прежде всего, синтез флавоноидов (Запрометов, 1993; Harborn, 1976; Griesebach, 1980). Это подтверждает динамика накопления флавоноидов в побегах и соцветиях *H. arenarium*, отслеженная на протяжении 2008 -2009 гг. при произрастании растений на экспериментальном участке ботанического сада (см. рис. 5, 6). В целом она совпадала с динамикой их накопления, установленной на других растительных объектах (Минаева, 1978; Запрометов, 1993; Карпова и др., 2008). А именно, в период отрастания содержание флавоноидов в растущих частях побега было максимальным (на уровне 2.0 – 2.5% от сухой массы побега). Затем во время начала цветения (июнь) их содержание в побегах незначительно снижалось, но большая их концентрация обнаруживалась в соцветиях, что говорит о максимальном синтезе флавоноидов в этот период. К началу плодоношения, т.е. к завершению периода цветения (конец июля), их содержание в побегах и соцветиях *H. arenarium* начинало снижаться.

В пользу того, что лимитирующим фактором для накопления флавоноидов в растениях *H. arenarium* являются засушливые условия июня-июля, говорит и тот факт, что искусственный полив при произрастании их в условиях ботанического сада в 2009 г., характеризующемся чрезвычайной засушливостью погодных условий этих месяцев, привёл к существенному снижению содержания флавоноидов по отношению к большинству естественных ценопопуляций (см. рис. 5-6).

На роль освещённости в интенсивности и уровне накопления флавоноидов указывают как литературные данные (Минаева, 1978; Запрометов, 1993; Даргаева, 1994;

Таблица 4

Феноритм *Helichrysum arenarium* в экспериментальных ценопопуляциях в условиях г. Саратова по годам

Фенофаза		2008	2009
Отрастание	Начало	14.03	06.04
	Продолжительность	83	66
Бутонизация	Начало	05.06	11.06
	Продолжительность	11	6
Зацветание	Начало	16.06	17.06
	Продолжительность	9	9
Массовое цветение	Начало	25.06	26.06
	Продолжительность	15	18
Отцветание	Начало	10.07	14.07

Копнин, 2007; Карпова и др., 2008; Горюнова, 2009), так и результаты нашего эксперимента с искусственным затенением растений, поставленного на экспериментальном участке ботанического сада в 2009 г. (рис. 7). В опыте и в контроле общая динамика накопления флавоноидов была сходной, но в каждый отдельный период развития процентное содержание флавоноидов в «затененных» растениях было более чем в два раза ниже, чем в растениях контрольной группы.

Однако наблюдавшиеся различия в содержании флавоноидов в растениях при произрастании их как в естественных ценопопуляциях, так и на экспериментальном участке ботанического сада без искусственного затенения, не связаны с освещённостью. Средний её уровень в исследованных ценопопуляциях и на экспериментальном участке ботанического сада достоверно не различался. Лимиты данного параметра в I декаде июля находились в узких границах (91470,0 – 112250 лк.).

Суммарное содержание флавоноидов в растениях, произрастающих в один и тот же год в естественных ценопопуляциях существенно выше, чем в выборках из этих же ценопопуляций, перенесённых в ботанический сад (до двух раз) (табл. 5).

Глава 5. ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА *Helichrysum arenarium* В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В соответствии с принятым стандартом (Государственная..., 1990) содержание флавоноидов в лекарственном растительном средстве – цветки *H. arenarium* должно быть не ниже 6%. Как следует из полученных нами результатов, в 2007 г. в 11 ценопопуляциях 7 районов области, а в 2009 г. в 14 ценопопуляциях 11 районов содержание флавоноидов в пересчёте на нарингенин в соцветиях *H. arenarium* превышало 6%. Только 2008 г. был в этом отношении неблагоприятным - превышение по содержанию флавоноидов в соцветиях 6% отмечено лишь в 3 ценопопуляциях 3 районов (см. рис. 3, 4). В 2009 г. среднее значение показателя содержания флавоноидов в соцветиях совокупно по всем ценопопуляциям было выше уровня 6% (см. табл. 2), а в ряде ценопопуляций достигало 8-12%.

По нашим данным эксплуатационный запас сырья *H. arenarium* на 1.07. 2010 г. составляет более 11 т. (табл. 6). Это сравнимо со средними объёмами заготовок (в гра-

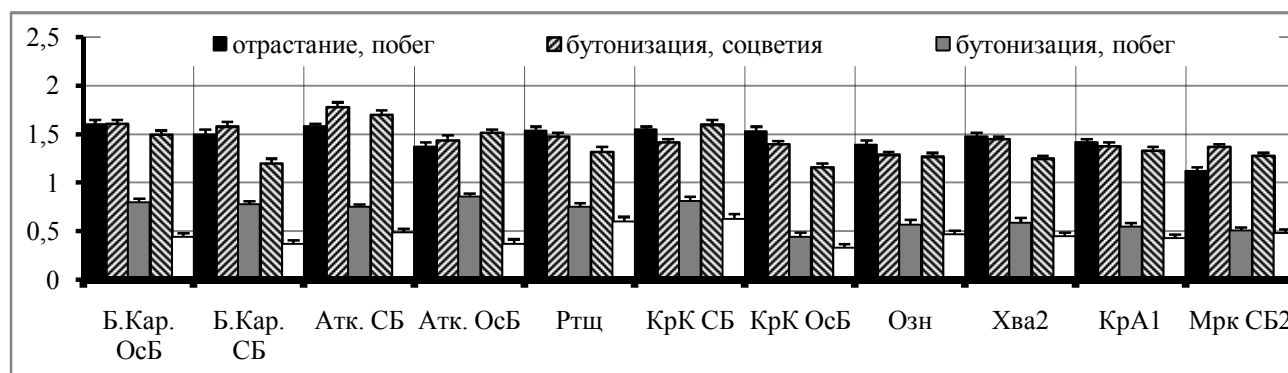


Рис. 7. Суммарное содержание флавоноидов (%) в пересчете на нарингенин в экстрактах из соцветий и побегов на разных стадиях онтогенеза растений *Helichrysum arenarium*, перенесённых из естественных ценопопуляций в одинаковые условия произрастания на территории ботанического сада СГУ. Накопление флавоноидов отслеживалось в 2009 г. при произрастании в условиях затенения. По оси абсцисс – ценопопуляции; по оси ординат – процентное содержание флавоноидов в пересчете на нарингенин. Сокращения те же, что на рис. 1, 5. Бары означают стандартную ошибку средней

Таблица 5

Суммарное содержание флавоноидов в соцветиях при произрастании *Helichrysum arenarium* в естественных ценопопуляциях различных районов области и в случайной выборке из тех же ценопопуляций, перенесённых в ботанический сад СГУ

Исходная ценопопуляция*	Суммарное содержание флавоноидов (%) в соцветиях в пересчете на нарингенин при произрастании в			
	2008 г.		2009 г.	
	исходной ценопопуляции ¹	ботаническом саду ¹	исходной ценопопуляции ²	ботаническом саду ²
Б.Кар ОсБ	4.70±0.11	3.70±0.04	4.54±0.25	3.90±0.06
Б.Кар СБ	4.67±0.14	3.65±0.05	5.18±0.21	3.80±0.06
Атк СБ	4.82±0.17	3.29±0.05	6.12±0.31	4.10±0.06
Атк ОсБ	4.98±0.11	3.12±0.06	4.80±0.21	3.80±0.04
Ртщ СБ	4.49±0.18	3.60±0.05	4.80±0.21	3.85±0.04
КрК СБ	4.50±0.25	3.25±0.05	5.48±0.20	3.17±0.06
КрК ОсБ	4.24±0.17	3.38±0.04	5.91±0.31	3.32±0.06
Озн СБ	3.86±0.25	3.30±0.04	4.95±0.15	3.60±0.06
Хва СБ2	3.32±0.15	3.12±0.03	7.71±0.57	3.35±0.04
КрА СБ	4.07±0.25	3.29±0.04	5.14±0.24	3.39±0.06
Мрк СБ2	4.62±0.24	3.30±0.06	5.63±0.15	3.78±0.04
Среднее	4.39±0.24	3.36±0.06	5.48±0.41	3.64±0.09

Примечание: *сокращения те же, что на рис 1; ^{1, 2}при попарном сравнении значений, помеченных одинаковыми индексами, у растений при произрастании в исходной ценопопуляции и в ботаническом саду во всех случаях различия достоверны при $p \leq 0.05$

ницах СНГ до 1991 г.) в наиболее богатых запасами этого сырья районах Украины и Беларуси (Атлас..., 1983). С учётом среднего содержания флавоноидов в соцветиях

Таблица 6

Биологические и эксплуатационные запасы сырья *Helichrysum arenarium* в Саратовской области на 1.07.2010 г.

Район исследований	Биологический запас, кг		Эксплуатационный запас, кг
	Сырой	Сухой	
Аткарский	2323.8	624.7	499.8
Базарно-Карабулакский	663.6	178.4	142.7
Балаковский	850.5	228.6	182.9
Балашовский	423.6	113.9	91.1
Воскресенский	822.7	221.2	177
Калининский	1494.2	401.7	321.4
Красноармейский	14659.9	3940.8	3152.6
Краснокутский	2782.2	747.9	934.9
Лысогорский	2617.9	703.7	563
Марксовский	8578.3	2306	1844.8
Петровский	239.8	64.5	51.6
Ртищевский	1012.2	272.1	217.7
Саратовский	315.6	84.8	67.8
Татищевский	6179.6	1661.2	1329
Хвалынский	7215.4	1939.6	1551.7
Энгельский	329.5	88.6	70.9
Всего	50508.8	13577.7	11198.9

H. arenarium на уровне 4.81 - 6.36% (см. табл. 2) запас их в природных популяциях данного вида на территории Саратовской области составляет 0.5 – 0.7 т.

Таким образом, территория Саратовской области по содержанию флавоноидов в сырье и эксплуатационным его запасам потенциально пригодна для организации промышленных заготовок *H. arenarium*. Наиболее перспективными для заготовки этого растительного сырья по содержанию в нём флавоноидов являются районы подзоны богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи Саратовского Правобережья на границе перехода умеренно-континентального и континентального климата. Однако следует учитывать определённую нестабильность уровня содержания флавоноидов в растениях ценопопуляций данного вида растений и, по сути, нецелесообразность сбора растительного сырья *H. arenarium* на территории области в годы с низкими температурами в июне - июле и, особенно, с большим количеством осадков, выпадающим на этот период. В ценопопуляциях ряда районов подзоны богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи в отдельные годы содержание флавоноидов в листовых побегах достигало 6% и более, что потенциально позволяет в этих районах использовать для заготовок в фармацевтических целях не только соцветия *H. arenarium*, но и его листовые побеги. Результаты культивирования *H. arenarium* на экспериментальном участке ботанического сада (см. табл. 5) показывают, что на территории области целесообразен сбор растений в естественных ценопопуляциях, а не выращивание их с этими целями в культуре.

ВЫВОДЫ

1. Максимальное содержание флавоноидов у растений *H. arenarium* наблюдается в ценопопуляциях из районов подзоны богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи Саратовского Правобережья на границе перехода умеренно-континентального и континентального климата. Особенно низкое их содержание имеет место у растений из популяций степных подзон Саратовского Левобережья. Эти различия нивелируются в годы с экстремально засушливыми погодными условиями июня-июля.

2. Установлено отсутствие различий в качественном составе основных компонентов флавоноидного комплекса в растениях *H. arenarium* на территории области, но выявлены различия по числу флавоноидов, присутствующих в следовых количествах. Строгой зональной приуроченности этих различий не обнаружено. Среди основных компонентов флавоноидного комплекса идентифицированы нарингенин, рутин, гиперозид, лютеолин-7-гликозид и нарингенин-5-гликозид.

3. Лимитирующим фактором для накопления флавоноидов у *H. arenarium* на территории области являются погодные условия июня-июля: чем засушливее условия этого периода вегетации, тем выше содержание флавоноидов в растениях.

4. В пределах отдельных районов содержание флавоноидов выше у растений ценопопуляций степных фитоценозов и соответственно ниже у растений остепнённых боров.

5. В ценопопуляциях ряда районов подзоны богаторазнотравно-типчаково-ковыльной степи в отдельные годы потенциально возможно в качестве растительного сырья, как источника флавоноидов, использовать не только соцветия, но листовые побеги цмина песчаного, так как суммарное содержание флавоноидов в них достигает 6% и более и сравнимо с концентрацией флавоноидов в соцветиях.

6. По содержанию флавоноидов в сырье цмина песчаного на территории об-

ласти более целесообразен сбор сырья в естественных ценопопуляциях, нежели выращивание в культуре. Запас флавоноидов в природных ценопопуляциях данного вида растений на территории Саратовской области составляет около 0.5 – 0.7 т, эксплуатационные запасы сырья - более 11 т.

РЕКОМЕНДАЦИИ

По содержанию флавоноидов в *H. arenarium* и его эксплуатационным запасам на территории Саратовской области целесообразно организовать промышленные заготовки сырья этого растения. Однако при этом следует учитывать определённую нестабильность содержания флавоноидов в растениях его ценопопуляций: нецелесообразен сбор растительного сырья на территории области в годы с низкими температурами в июне-июле и, особенно, с большим количеством осадков, выпадающим на этот период. В ценопопуляциях ряда районов подзоны богаторазнотравно-типчакково-ковыльной степи в отдельные годы потенциально возможно использовать для заготовок не только соцветия, но и листостебельные побеги *H. arenarium*.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

* публикации в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК РФ

1. Кашин А.С., Шилова И.В., Панин А.В., Жулидова Т.В., Машурчак Н.В., Бердников А.В. Растения Государственной фармакопеи в ботаническом саду Саратовского университета. - Саратов: ИЦ «Наука», 2007. - 73 с.

2. *Кашин А.С., Машурчак Н.В., Игнатов В.В. Зависимость состава флавоноидного комплекса *Helichrysum arenarium* (L.) Moench. от условий произрастания в Саратовской области // Поволжский экологический журнал. - 2009. - № 1. - С. 54-61.

3. Кашин А.С., Машурчак Н.В. Зависимость содержания флавоноидов у *Helichrysum arenarium* (L.) Moench от условий произрастания в Саратовской области // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: Матер. 8 Междунар. науч.-практич. конф., Барнаул, 19-22 окт. 2009 г. - Барнаул, 2009. – С. 414-417.

4. Кашин А.С., Машурчак Н.В., Игнатов В.В. Зависимость состава флавоноидного комплекса соцветий *Helichrysum arenarium* (L.) Moench от условий произрастания в Саратовской области // Бюллетень ботанического сада СГУ. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2009. – Вып. 8. - С. 71-76.

5. Машурчак Н.В. Зависимость количественного состава флавоноидного комплекса *Helichrysum arenarium* (L.) Moench от условий произрастания в Саратовской области // Матер. VII Междунар. симп. по фенольным соединениям: фундаментальные и прикладные аспекты, 19-23 окт. 2009г. – Москва, 2009. – С. 324.

6. Машурчак Н.В. Изменчивость содержания веществ флавоноидного комплекса *Helichrysum arenarium* (L.) Moench в зависимости от местообитания в Саратовской области // Исследования молодых ученых в биологии и экологии: сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2009. – Вып. 7. – С. 67 - 71.

7. Машурчак Н.В. Изменчивость содержания флавоноидов у *Helichrysum arenarium* (L.) Moench в популяциях Саратовской области // Исследования молодых ученых в биологии и экологии: сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2010. – Вып. 8. – С. 105 – 109.