

На правах рукописи

Фефелова Светлана Геннадьевна

**ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ АЛКАЛОИДОВ И
МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ЧЕМЕРИЦАХ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ В
ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

03.00.16 – Экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Улан-Удэ
2007

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Восточно-Сибирский государственный технологический университет»

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
профессор

Анцупова Татьяна Петровна

Официальные оппоненты:
доктор биологических наук

Кашин Владимир Капсимович

Кандидат биологических наук

Баханова Милада Викторовна

Ведущая организация: Институт природных ресурсов экологии и криологии СО РАН (г. Чита)

Защита диссертации состоится « 25 » апреля 2007 г. в «10» часов на заседании диссертационного совета Д.212.022.03 в Бурятском государственном университете по адресу: 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, конференц-зал.

Факс: (3012) 21–15–93

E-mail: univer@bsu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Бурятского государственного университета по адресу: 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а.

Автореферат разослан « » марта 2007 г.

Ученый секретарь
кандидат биологических наук,
доцент

Н.А. Шорноева

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Исследование растительных богатств Сибири и связанный с этим поиск новых лекарственных растений остаются в настоящее время основными задачами биологической и медицинской науки. Чтобы решать эти задачи, необходимо, в частности, изучение вопросов о взаимодействии растительного организма с условиями внешней среды, в том числе – изучение накопления биологически активных веществ в зависимости от некоторых эколого-фитоценологических и эколого-географических факторов.

Как объект исследования мы выбрали два вида чемерицы: *Veratrum dahuricum* (Turcz) Loes.fil. и *Veratrum nigrum* L. Оба вида используются в народной медицине наружно как средство при невралгических болях и при некоторых кожных заболеваниях (Землинский, 1958; Ибрагимов, Ибрагимова, 1960; Растительные..., 1994). Широко чемерица применяется в ветеринарии как противопаразитарное средство (Губергриц, Мишин, 1969; Карпович, 1977; Муравьева, 1991), а также в сельском хозяйстве в качестве инсектицида (Пастушенков, 1990).

Основными биологически активными веществами всех видов чемерицы являются алкалоиды. Содержание алкалоидов зависит от различных эколого-фитоценологических и эколого-географических факторов, а также от сезонного развития растений. Поэтому изучение накопления биологически активных веществ в зависимости от этих факторов позволяет прогнозировать накопление алкалоидов, в целях рационального использования сырья.

В последние десятилетия большое внимание уделяется также изучению микроэлементного состава лекарственных растений, так как действие основных биологически активных веществ часто проявляется в комплексе с природным минеральным составом растения.

Цель – определить содержание алкалоидов и микроэлементов в видах *Veratrum* Восточного Забайкалья в зависимости от эколого-фитоценологических факторов.

Задачи исследования.

1. Изучить эколого-фитоценологическую приуроченность *Veratrum dahuricum* и *Veratrum nigrum* на исследуемой территории.

2. Определить содержание алкалоидов и микроэлементов в чемерице даурской и чемерице черной по органам растений и фазам развития.

3. Изучить зависимость содержания алкалоидов от различных эколого-фитоценологических факторов.

4. Выявить зависимость между содержанием алкалоидов и микроэлементов *Veratrum dahuricum* и *V. nigrum* и их связь с алкалоидоносностью.

Научная новизна. Впервые на территории Восточного Забайкалья проведено исследование эколого-фитоценологической приуроченности *V. dahuricum* и *V. nigrum*. Определено содержание суммы алкалоидов в указанных видах по органам и фазам развития. Изучен микроэлементный состав чемерицы даурской и чемерицы черной и показана динамика накопления микроэлементов в надземных и подземных органах. Определена возможность применения метода множественной регрессии для прогнозирования содержания алкалоидов в изучаемых растениях из различных мест обитания.

Практическая значимость работы. Полученные данные об алкалоидах и микроэлементах *Veratrum dahuricum* и *Veratrum nigrum* расширяют и дополняют сведения о динамике накопления биологически активных веществ в лекарственных растениях и подтверждают зависимость их содержания от условий произрастания. Материалы диссертации могут быть рекомендованы для биологических и медицинских специализаций, при проведении спецкурсов по изучению лекарственных и ядовитых растений в высших и средних учебных заведениях.

Положения, выносимые на защиту.

1. Оба вида чемерицы содержат алкалоиды, при этом их накопление зависит от фазы вегетации, а также от эколого-фитоценологических условий. В начале вегетации и фазе плодоношения накопление алкалоидов больше, чем в фазе цветения. С повышением

температуры воздуха и уменьшением количества осадков содержание алкалоидов повышается, что вероятно связано с активизацией синтеза алкалоидов, что повышает приспособляемость видов к экстремальным условиям Восточного Забайкалья.

2. Растения характеризуются повышенным содержанием таких микроэлементов, как Mn, Ti, Sr. При сравнении среднего содержания микроэлементов в почве с таковым в растениях установлено, что в почве таких микроэлементов, как V, Cr, Ni, Cu, содержится значительно больше, чем в растении. Вероятно, это связано с избирательным поглощением этих элементов корневой системой, особенно это касается Mn и Ti, накопление которых наиболее высоко, что является видовым специфичным признаком для чемериц.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на региональной научно-практической конференции «Флора, растительность, растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных территорий» (Чита, 2005), на IV Всероссийской научной конференции «Химия и технология растительных веществ» (Сыктывкар, 2006), на конференции преподавателей и аспирантов Восточно-Сибирского государственного технологического университета «Химия и биологически активные природные соединения» (Улан-Удэ, 2005, 2006, 2007), на Всероссийской научно-технической конференции «Приоритетные направления развития науки и технологий» (Тула, 2006).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 1 работа в реферируемом рекомендованном ВАКом издании.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 111 страницах, состоит из введения, пяти глав и выводов, списка литературы. Материал представлен 29 таблицами и 19 рисунками. Список литературы насчитывает 188 наименований, из них – 17 на иностранных языках.

Содержание работы

Глава 1. Природно-климатические условия Восточного Забайкалья

В главе приводится характеристика природно-климатических условий Восточного Забайкалья.

Район наших исследований находится в Читинской области, которая расположена в Восточном Забайкалье между 49°10' и 57°30' северной широты и 107°55' и 122°50' восточной долготы. Она охватывает территорию к востоку от Яблонового хребта до р. Аргунь (бассейн р. Амур). Территория области расположена в Забайкальской средневысотной горной стране, которая в виде неровных больших ступеней поднимается с юго-востока на запад, северо-запад и север. Описываются особенности рельефа, климата, гидрологического режима. Дается описание почв и растительности данного региона.

Глава 2. Объект и методы исследований

Объект исследования – образцы растений *Veratrum dahuricum* (Turcz) Loes.fil. и *V. nigrum* L. семейства *Liliaceae*, произрастающих на территории Восточного Забайкалья (Флора Сибири, 1987; Гилева и др., 2005).

Методы исследований.

Для изучения фитоценотической приуроченности *Veratrum* были использованы маршрутно-стационарный метод и метод ключевых участков (Положий и др., 1988; Ценопопуляция..., 1988; Злобин, 1989).

Обилие растений определяли по шкале Друдэ (Работнов, 1983).

Для определения суммы алкалоидов в *Veratrum dahuricum* и *V. nigrum* использовали растения, собранные в местах исследований. Заготовку проводили обычно в дневные часы, в течение вегетационного периода. Растительный материал высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали путем резки и порошокования.

Количественное определение суммарного содержания алкалоидов проводили весовым и объемным способами по общепринятым методикам (Государственная..., 1961, 1968; Тайжанов, 1972). Для этого растения собирали в разные фазы вегетации (начало вегетации, цветение и плодоношение). Определение проводили по органам растений (листья, стебли, соцветия, корневища и корни).

Микроэлементный состав растения и почв из корнеобитаемого слоя *Veratrum dahuricum* и *V. nigrum* определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре S4 Pioneer фирмы Bruker (Германия). Содержание тяжелых металлов определяли двумя методами: инверсионной вольт-амперометрии (ИВА) на автоматизированном

полярографе – анализаторе ПЛС – и атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) на приборе Сатурн 3 – П1.

Коэффициент биологического накопления (КБН) рассчитывали по формуле (Ловкова, 1989):

$$\text{КБН} = \frac{\text{Содержание микроэлемента в сухой биомассе, мг/кг}}{\text{Содержание микроэлемента в почве, мг/кг}}$$

Математическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерных методов обработки данных: пакет программ Microsoft Excel и метода множественной регрессии (Танганов, 1999).

Глава 3. Фитоценотическая приуроченность видов *Veratrum*

Виды из семейства Лилейных чрезвычайно ядовиты и были известны еще в древности, родовое их название встречается у Плиния и Цельса (Астахова, 1977).

Род *Veratrum* широко распространен на земном шаре и представлен следующими видами: *V. album* L., *V. dolichopetalum* Loes.fil., *V. lobelianum* Bernh. *V. oxysepalum* Turcz, *V. viride* Ait и другие.

Veratrum dahuricum произрастает на Дальнем Востоке, в Японии, Китае. В Восточном Забайкалье этот вид встречается в Читинской области на северо-восточном отрезке Яблонового хребта (Флора Забайкалья, 1972).

Типичные места обитания *V.dahuricum* – осоково-вейниковые болота. Произрастает на пойменных и лесных лугах, по берегам озер, речек, у ручьев и ключей, по высокотравным лугам, у подножия сопок, главным образом в Восточном Забайкалье (Флора Забайкалья, 1972; Флора Центральной Сибири, 1979; Флора Сибири, 1987).

Veratrum nigrum распространена на территории Западной и Южной Европы, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Монголии, Китае. На территории Восточного Забайкалья достаточно широко распространена (Флора Забайкалья, 1972).

Она растет по лугам, луговым степям, по степным склонам гор, березовым лесам, кустарникам, в лесах по опушкам, по луговым и остепненным склонам от Енисея до Байкала и далее от Яблонова

хребта преимущественно в юго-восточных районах Забайкалья (Флора Забайкалья, 1972; Флора Центральной Сибири, 1979; Флора Сибири, 1987). Нами изучены местообитания *V.dahuricum* в 2-х сообществах и *V. nigrum* в 4-х сообществах Восточного Забайкалья. Геоботанические описания приведены ниже.

1. Яблоновый хребет, 46 км от города Читы. Разнотравно-мятликовый луг. Высота над уровнем моря – 1260 м. Общее проективное покрытие составляет 60-70%. Встречаемость чемерицы даурской – сор₁. Увлажнение атмосферное. Доминируют: мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserine* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.).

2. Яблоновый хребет, 35 км от города Читы. Березово-лиственничный лес. Высота над уровнем моря 1240 м. Общее проективное покрытие составляет 70-80 %. Травяной покров состоит из лесного разнотравья с примесью луговых и степных видов: полынь пижмолистная (*Artemisia tanacetifolia* L.), чина низкая (*Lathyrus humilis* (Ser.) Sprengel). Травяно-кустарничковый ярус густой, с господством брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.), голубики (*Vaccinium uliginosum* L.), багульника болотного (*Ledum palustre* L.), майника двулистного (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W.Schmidt). Чемерица даурская встречается единичными особями (sp). Произрастает на открытых участках среди высокого травостоя и кустарников.

3. Краснокаменский район, в 5 км к западу от города Краснокаменска, злаково-разнотравная степь. Остепненный склон, крутизна составляет 30⁰. Высота 700 м над уровнем моря. Освещенность полная. Травостой высокий, общее проективное покрытие колеблется от 45 до 55%, увлажнение атмосферное. Чемерица черная встречается обильно (сор₂). В формировании травостоя принимают участие: кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.), эдельвейс обыкновенный (*Leontopodium Berderis vulgaris*), серпуха васильковая (*Serratula centauroides* L.), осока стоповидная (*Carex pediformis* С.А.Мей), молочай Палласа (*Euphorbia Pallassii* Turcz.) и другие.

4. Краснокаменский район, окрестности с. Соктуй – Милозан. Полынно-разнотравная степь. Увлажнение атмосферное. Высота 610 м над уровнем моря. Общее проективное покрытие составляет от 40-50%. В травяном покрове преобладают: полынь

пижмолистная (*Artemisia tanacetifolia* L.), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.), лилия кудреватая (*Lilium martagon* L.), красоднев малый (*Hemerocallis minor* Miller). Встречаемость чемерицы черной – небольшими группами (сор₁).

5. Краснокаменский район, в 7 км к югу от поселка Октябрьский. Нителистнико-полынно-разнотравная степь. Высота 750 м над уровнем моря. Общее проективное покрытие составляет 65-75 %. Встречаемость чемерицы черной – небольшими куртинами или одиночно (sp). В группе разнотравья выделяются: володушка козелецелистная (*Bupleurum scorzonerifolium* Willd.), колокольчик скученный (*Campanula glomerata* L.), нителистник сибирский (*Filifolium sibiricum* (L.) Kitam.), полынь пижмолистная (*Artemisia tanacetifolia* L.), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis* L.) и другие.

6. Приаргунский район, окрестности с. Дурой. Разнотравная степь. Высота 550-600 м над уровнем моря. Увлажнение атмосферное. Общее проективное покрытие – 85-90 %. Набор господствующих видов обилен и многообразен: лапчатка рябинколистная (*Potentilla lanacetifolia* Willd.. ex Schlecht.), астрагал перепончатый (*Astragalus membranaceus* Bunge), гвоздика разноцветная (*Dianthus versicolor* Fischer. ex Link), прострел Турчанинова (*Pulsatilla turczaninovii* Krylov et Serg.), василистник вонючий (*Thalictrum foetidum* L.). Встречаемость чемерицы черной-сор₁.

Таким образом, для *Veratrum dahuricum* характерно произрастание на разнотравно-мятликовых лугах, а *Veratrum nigrum* произрастает на открытых участках в злаково-разнотравной, нителистнико-полынно-разнотравной, полынно-разнотравной, разнотравной степи, в Краснокаменском районе наиболее обильно она встречается на степном склоне злаково-разнотравной степи, в 5 км к западу от г. Краснокаменска.

По литературным данным, основными местообитаниями *Veratrum nigrum* являются луга, луговые степи, березовые леса, а по нашим наблюдениям, местообитания чемерицы черной несколько отличаются: она произрастает главным образом в степных фитоценозах.

Глава 4. Содержание алкалоидов в чемерице в зависимости от различных факторов

Основными биологически активными веществами всех видов чемерицы являются алкалоиды. Известно, что содержание алкалоидов в растении не остается постоянным и может изменяться в зависимости от фазы вегетации и органов растения (Petitjean et al., 1978; Лукашевич, Карпусь, 1980; Ловкова, 1981). В связи с этим представляет большой интерес изучение закономерностей сезонной динамики алкалоидов для выяснения практических вопросов о сроках сбора сырья.

Содержание алкалоидов определяли отдельно в надземной и подземной части растения и по фазам вегетации. Полученные данные представлены в табл.1.

Таблица 1

Суммарное содержание алкалоидов в органах *Veratrum dahuricum* и *Veratrum nigrum* по фазам вегетации, % от массы абсолютно сухого сырья

Фаза вегетации	Сумма алкалоидов			
	Листья	Стебли	Цветки и плоды	Корневища с корнями
Начало вегетации	0.69± 0.39/ 0.62± 0.03			0.93± 0.12/ 0.93± 0.02
Цветение	0.44± 0.01/ 0.55± 0.03	0.49± 0.17/ 0.52± 0.03	0.45± 0.32 / 0.48± 0.15	0.74± 0.06/ 0.66± 0.35
Плодоношение	0.54± 0.20/ 0.60± 0.04	0.42± 0.03/ 0.46± 0.04	0.60± 0.19/ 0.66± 0.35	0.91± 0.08/ 0.95± 0.04

В числителе указано суммарное содержание алкалоидов в *V.dahuricum*, в знаменателе – *V. nigrum*.

Было выявлено, что в период вегетационного развития *Veratrum dahuricum* и *V.nigrum* происходит изменение накопления суммы алкалоидов по органам растения. Наибольшее их количество содержится в листьях и в корневищах с корнями в начале вегетационного периода, затем убывает в фазе цветения и вновь возрастает в фазе плодоношения. В плодах обоих видов чемерицы алкалоидов больше, чем в цветках.

Содержание алкалоидов подвержено сильным колебаниям, зависящим не только от изучаемой части растения и генетических факторов, но и от места, времени года (периода вегетации) и

условий произрастания: климата, почвы, удобрения, влажности и так далее (Шретер, Борисова, 1979; Даулетмуратов, Комарова, 1980; Юнусов, 1981; Гозин, Яснецов, 1983; Фатхиев, 1990).

Мы проследили зависимость содержания алкалоидов по годам, отличающимся температурными условиями и количеством осадков. Полученные данные представлены на рис. 1-4.

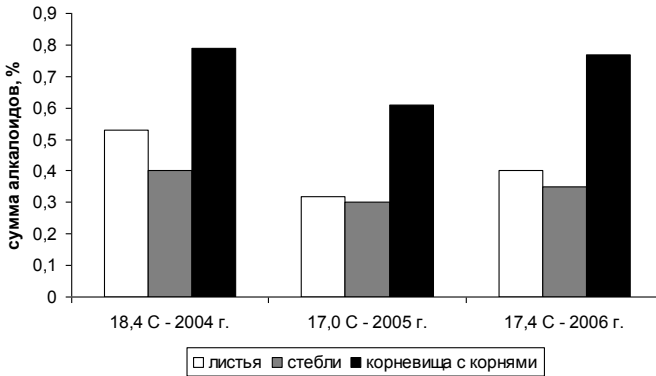


Рис.1. Зависимость содержания суммы алкалоидов *V.dahuricum* от температуры воздуха (2004-2006 гг.)

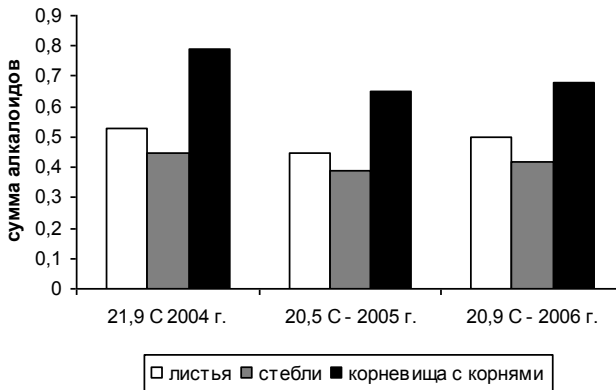


Рис.2. Зависимость содержания суммы алкалоидов *V.nigrum* от температуры воздуха (2004-2006 гг.)

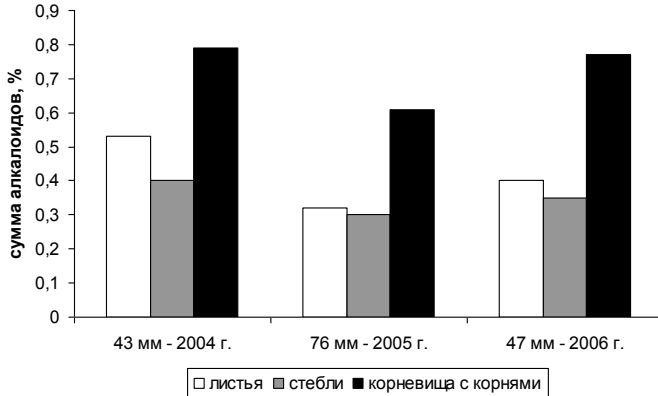


Рис.3. Зависимость содержания суммы алкалоидов *V.dahuricum* от количества осадков (2004-2006 гг.)

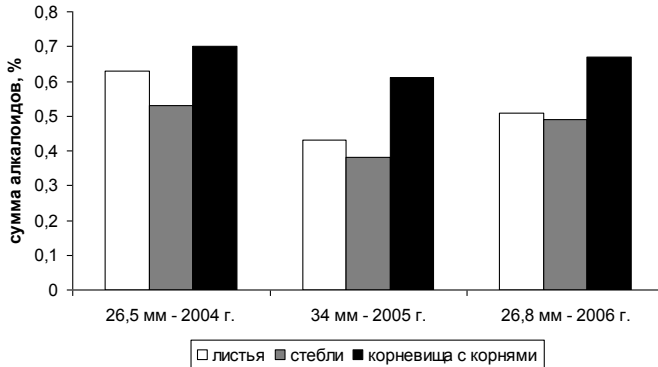


Рис.4. Зависимость содержания суммы алкалоидов *V.nigrum* от количества осадков (2004-2006 гг.)

Приведенные на рис. 1 и 2 данные показывают, что с повышением температуры воздуха содержание алкалоидов в подземных и надземных органах увеличивается.

Если проследить изменение количества осадков рис.3 и 4, то можно отметить: в 2004 г. осадков выпало 43 мм (разнотравно-мятликовый луг), 26,5 мм (попынно-азнотравная степь); это значительно меньше, чем в 2005 г. (76 мм и 34 мм) и в 2006 г. (47 мм и 26,8 мм соответственно). Содержание алкалоидов в подземной и надземной части в 2004 г. было выше, чем в 2005, 2006 гг.

Таким образом, можно отметить, что повышение температуры воздуха и снижение количества осадков способствуют увеличению содержания алкалоидов. Это согласуется с литературными данными для других видов растений (Соколов, 1952; Шаин, 1993).

Для прогнозирования содержания алкалоидов в разные фазы вегетации *Veratrum dahuricum* и *V. nigrum* в зависимости от эколого-фитоценологических факторов мы применили метод множественной регрессии и взяли следующие факторы: высота над уровнем моря – x_1 , среднемесячная температура воздуха – x_2 , количество осадков – x_3 . Исходя из этого получено следующее уравнение множественной регрессии.

$$Y = ax_1 + vx_2 + cx_3 + d$$

Рассчитанные с помощью уравнений получены результаты, которые приведены в табл. 2.

Уравнение выхода алкалоидов в начале вегетации в надземной и подземной части из разных местообитаний:

$$Y_{\text{расч.}} = 0,00057110 \cdot H(\text{м}) + 0,51469517 \cdot t_{\text{ср.}} + 0,17296432 \cdot W(\text{мм}) - 6,06004858; R = 0,9425$$

$$Y_{\text{расч.}} = 0,00001994 \cdot H(\text{м}) + 0,03375459 \cdot t_{\text{ср.}} + 0,00472480 \cdot W(\text{мм}) + 0,97110707; R = 0,9933$$

Таблица 2

**Содержание алкалоидов *Veratrum dahuricum* и *Veratrum nigrum*
в начале вегетации (надземная и подземная части)
из различных мест сбора**

Сообщества	X_1	X_2	X_3	Надземная часть		Подземная часть	
				Уэксп.	Урасч.	Уэксп.	Урасч.
1	600	12.1	0.28	0.52	0.54	0.68	0.68
2	700	12.2	0.31	0.67	0.67	0.80	0.79
3	750	12.0	0.29	0.59	0.59	0.79	0.79
4	610	12.1	0.30	0.60	0.56	0.78	0.76
5	1240	5.3	19.00	0.66	0.66	0.89	0.87
6	1260	5.2	18.80	0.59	0.58	0.87	0.88

Сообщества: 1-разнотравная степь; 2-злаково-разнотравная степь; 3-нителестниково-полынно-разнотравная степь; 4-полынно-разнотравная степь; 5-березово-лиственничный лес; 6- разнотравно-мятликовый луг

Исходя, из данных таблицы и уравнений множественной регрессии можно заключить, что, так как указанные факторы (температура воздуха и количество осадков), естественно, изменяются при изменении фенофазы, соответственно изменяется содержание алкалоидов в органах растения. Следовательно, для каждой фенофазы можно прогнозировать содержание алкалоидов, учитывая приведенные факторы.

Глава 5. Микроэлементный состав *V.dahuricum* и *V.nigrum* и его связь с алкалоидоносностью.

Минеральные вещества представлены в растениях макро- и микроэлементами. Для растений основным источником микроэлементов является почва.

Мы определяли микроэлементный состав почвы из корнеобитаемого слоя *V.nigrum* (табл.3).

Таблица 3

Содержание микроэлементов в почвенных образцах, мг/кг

Сообщества	V	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Mn	Ti
1	94.5	67.0	33,5	12	33,5	78,5	24,5	1072	4466
2	85.0	58.0	31.0	10	33,5	81,5	28.0	945	4292
3	104.0	68.0	36.0	13	25,5	85.0	27.0	867	4358
4	89.0	55,5	29,5	10	28,5	61.0	25.0	960	4100

Сообщества: 1-нителистнико-полынно-разнотравная степь; 2-злаково-разнотравная степь; 3-разнотравная степь; 4-полынно-разнотравная степь

Как видно из таблицы 3, пробы почв из различных местообитаний характеризуются колебаниями микроэлементного состава. Наибольшее количество V, Cr, Ni, Co, Zn содержится в образцах почв, взятых из разнотравной степи, а Pb – в почвах из злаково-разнотравной степи, Cu – из злаково-разнотравной и нителистнико-полынно-разнотравной степи. Mn и Ti в большом количестве содержатся в нителистнико-полынно-разнотравной степи. Наименьшее содержание Cr, Ni, Zn, Ti обнаружено в почвах из полынно-разнотравной степи.

В органах чемерицы черной было определено наличие 8 микроэлементов.

Сравнительное содержание микроэлементов по органам растений (средние значения) приведено на рис. 6, 7.

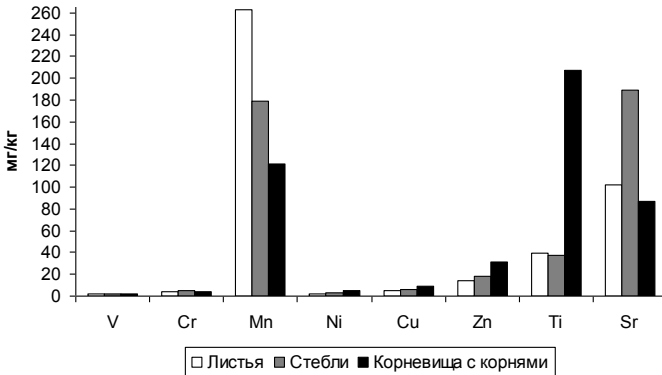


Рис.6. Среднее содержание микроэлементов по органам *Veratrum dahuricum*

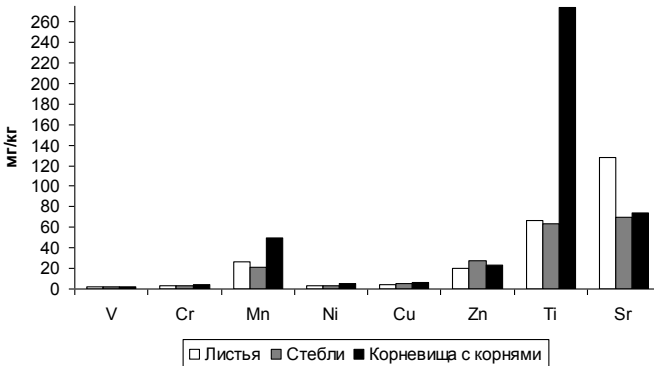


Рис.7. Среднее содержание микроэлементов по органам *Veratrum nigrum*

Как видно из рис. 6, 7 значительное содержание Mn, Ti, Sr отмечено во всех органах обоих видов. Марганец в больших количествах накапливается в листьях *Veratrum dahuricum* и в подземных органах *Veratrum nigrum*. Содержание титана гораздо больше в подземных органах обоих видов чемерицы, чем в надземных, а стронция – в стеблях *Veratrum dahuricum* и в листьях

Veratrum nigrum. Колебания ванадия, хрома, никеля, меди незначительны, но этих элементов накапливается больше в подземных органах, чем в надземных.

О поглощении микроэлементов из почвы растениями судили по величине коэффициента биологического накопления (КБН). Вычисленный КБН во всех случаях <1 , что может быть связано с низким поглощением микроэлементов корневой системой. Больше всего накапливается Zn от 0,18 до 0,49 мг/кг, а меньше – V от 0,01 до 0,02 мг/кг.

Для рационального сбора и использования растительного сырья очень важно прогнозирование содержания алкалоидов и микроэлементов. Для определения возможности прогнозирования использовали уравнение множественной регрессии Гаусса – Жордана. Применяя этот метод, получили уравнения зависимости суммарного содержания алкалоидов *Veratrum nigrum* от содержания микроэлементов в почве, а также расчетные данные по содержанию алкалоидов.

$$F = -0,00981247 \cdot Cr + 0,03026619 \cdot Cu - 0,00277072 \cdot Zn + 0,45102964$$

$$F = 0,00057471 \cdot Cr - 0,1902296 \cdot Cu + 0,00505747 \cdot Zn + 0,9917525.$$

Данные уравнения показывает, что при указанном количестве микроэлементов в почве содержание алкалоидов в надземных и подземных органах, найденное экспериментально, соответствует таковому, найденному решением уравнения (таб. 4, 5).

Таблица 4.

**Содержание алкалоидов в надземной части (%)
в зависимости от содержания микроэлементов в почве (мг/кг)**

Фито ценоз	Cr	Cu	Zn	Алкалоиды	
				Экспер.	Расчетн.
1	67.0	33.5	78.5	0.59	0.58
2	58.0	33.5	81.5	0.67	0.67
3	64.0	25.5	27.0	0.52	0.52
4	55.5	28.5	61.0	0.60	0.59

Фитоценоз: 1-нителестнико-полынно-разнотравная степь 2-злаково-разнотравная степь; 3-разнотравная степь; 4-полынно-разнотравная степь

**Содержание алкалоидов в подземной части (%)
в зависимости от содержания микроэлементов в почве (мг/кг)**

Фито ценоз	Cr	Cu	Zn	Алкалоиды	
				Экспер.	Расчетн.
1	67.0	33.5	78.5	0.79	0.79
2	58.0	33.5	81.5	0.80	0.81
3	64.0	25.5	27.0	0.68	0.67
4	55.5	28.5	61.0	0.79	0.79

Фитоценоз: 1-нителестнико-полынно-разнотравная степь 2-злаково-разнотравная степь; 3-разнотравная степь; 4-полынно-разнотравная степь

Как следует из табл. 4, 5 изменение содержания микроэлементов в почве влияет на содержание алкалоидов в надземных и подземных органах растения.

С помощью метода множественной регрессии мы также рассчитали зависимость содержания алкалоидов от содержания микроэлементов в растении в корневищах с корнями в фазу цветения. Параметры уравнения:

$$Y = A \cdot x_1 + B \cdot x_2 + C \cdot x_3 + D \cdot x_4 + E.$$

A, B, C, D – коэффициент; x_1 – содержание Cr мг/кг, x_2 – Zn мг/кг, x_3 – Mn мг/кг, x_4 – Cu мг/кг – коэффициент корреляции.

При решении уравнения были выявлены высокие коэффициенты корреляции между содержанием Zn, Cr, Cu и алкалоидами.

$$Y = 0.21241454Cr + 0.5468304Zn + 0.00393976Mn + 0.15032889Cu$$

$$R = 0.9996$$

Перечисленные микроэлементы обычно концентрируются в растениях содержащих алкалоиды (Ловкова и др. 1989, 1999).

В целом результаты исследований показывают, что на накопление алкалоидов и микроэлементов связано с влиянием комплекса эколого-фитоценологических факторов (микроэлементный состав почвы, количество осадков, температура, фитоценологическая приуроченность)

Выводы

1. *Veratrum nigrum* и *Veratrum dahuricum* произрастает на исследуемой территории Восточного Забайкалья в растительных сообществах: *Veratrum dahuricum* приурочена в большей степени к разнотравно-мятликовому лугу, а *Veratrum nigrum*-к злаково-разнотравной степи.

2. Оба вида чемерицы содержат алкалоиды, причем в подземных органах их содержание больше, чем в надземных. При этом накопление алкалоидов зависит от фазы вегетации: они накапливаются в надземных и подземных органах в начале вегетации и в фазе плодоношения. Во время цветения алкалоиды переходят в генеративные органы, а их содержание в надземных и подземных органах снижается.

3. Содержание алкалоидов зависит от фитоценотической приуроченности и таких экологических факторов как температура и количество осадков. С повышением температуры воздуха и уменьшением количества осадков содержание алкалоидов повышается, что вероятно является содействием ослабления синтеза веществ и наоборот происходит приспособление к условиям экстремального климата и это связано с тем, что активизируется синтез алкалоидов, что вероятно повышает адаптивность видов.

4. Определено содержание микроэлементов в почве и растении. При этом оба вида характеризуются повышенным содержанием Sr, Mn, Ti и низким содержанием V и Ni в растении. Вероятно, это связано с низким поглощением данных микроэлементов корневой системой, так как в почве выявлено более высокое содержание микроэлементов. Вероятно, это связано с экологическими условиями районов исследования.

5. С помощью метода множественной регрессии возможно прогнозирование содержания алкалоидов в зависимости от условий произрастания растений и в том числе микроэлементного состава почвы, а также от содержания в растении таких микроэлементов, как Mn, Zn, Cr.

Публикации по теме диссертации:

1.Фефелова С.Г.Виды рода *Veratrum L.* (Чемерицы) в Восточном Забайкалье /С.Г.Фефелова // Флора, растительность, растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных территорий. Материалы региональной научно-практической конференции. – Чита,2005. – С.99-100

2.Фефелова С.Г. Алкалоиды в видах *Veratrum* Восточного Забайкалья /С.Г.Фефелова //Химия и технология растительных веществ. IV Всерос. научная конференция (Тезисы докладов). – Сыктывкар, 2006. – С.202.

3. Фефелова С.Г. Фитоценотическая приуроченность *Veratrum nigrum* и *Veratrum dahuricum* Восточного Забайкалья /С.Г.Фефелова // Вестник БГУ. Серия 2. Биология. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006. – Вып. 8. – С.142-146.

4.Фефелова С.Г. Характерные черты обитания *Veratrum* Восточного Забайкалья /С.Г. Фефелова // Биоразнообразие экосистем Внутренней Азии. – Улан-Удэ.– 2006. Т.1. – С.187-188.

5. Фефелова С.Г., Анцупова Т.П., Батуева Д.М. Тяжелые металлы в чемерице черной /С.Г.Фефелова, Т.П. Анцупова, Д.М. Батуева // Сборник научных трудов. Серия: Химия и биологически активные природные соединения. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – Вып.10. – С.125-126.

6. Фефелова С.Г., Анцупова Т.П., Батуева Д.М. Тяжелые металлы в чемерице даурской /С.Г. Фефелова, Т.П. Анцупова, Д.М. Батуева // Сборник научных трудов. Серия: Химия и биологически активные природные соединения. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2006. – Вып.11. – С.78-79.

7. Фефелова С.Г., Анцупова Т.П., Батуева Д.М. Тяжелые металлы в чемерице Восточного Забайкалья. /С.Г.Фефелова, Т.П.Анцупова, Д.М.Батуева // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: (доклады) 12-я Международная научно-практическая конференция. – Томск, 2006. – С.65-66.

8. Фефелова С.Г. Анцупова Т.П. Содержание алкалоидов в *Veratrum nigrum* и *Veratrum dahuricum* Восточного Забайкалья /С.Г.Фефелова, Т.П.Анцупова // Приоритетные направления развития науки и технологий: материалы Всерос. науч.-техн. конф.. –Тула. – 2006.

Подписано в печать 23.03.07. Формат 60x84 1/16.
Уч.-изд.л. 0,72. Усл.-печ.л. 1,34. Тираж 100. Заказ № 2043.

Издательство Бурятского госуниверситета,
670000 г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а