

## ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ARTEMISIA SANTONICA L., HALOCNEMUM STROBILACEUM (PALL.) M.VIEB., ПРОЯВЛЯЮЩИЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ

Симагина Н.О., Глумова Н.В.

Аллелопатическая активность выделений галофитов обусловлена наличием полифенольных соединений, фенолкарбоновых кислот, дубильных веществ, флавоноидов. Общее содержание фенольных соединений в растениях *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Vieb. составляет 1260 мг/100 г, *Artemisia santonica* L. - 5410 мг/100 г. Концентрация фенольных соединений в тканях растений-доноров аллелопатических веществ коррелирует с аллелопатической активностью данных видов в исследуемых фитоценозах.

Ключевые слова: аллелопатическая активность, галофиты, фенольные соединения.

### ВВЕДЕНИЕ

Выявление химической природы выделяемых растительными организмами соединений является необходимым этапом аллелопатических исследований [1, 2]. Химический состав растений определяется их систематическим филогенетическим статусом. Установлено, что повышение организации растения сопровождается усложнением его химического состава. Высокоорганизованным в филогенетическом отношении является семейство сложноцветных и особенно ряд представителей рода *Artemisia* L. [3].

Наиболее распространенными вторичными метаболитами высших растений являются соединения фенольной природы, зачастую оказывающие токсический эффект в сообществах растений [1, 4]. Они играют значительную роль в осуществлении аллелопатических эффектов в естественных и искусственных фитоценозах. Это вызвано широким распространением фенольных веществ в растительном мире, их высокой биологической активностью и относительной стойкостью к действию почвенной микрофлоры [5, 6].

Функции фенольных соединений в растениях, выступающих донорами аллелопатических ингибиторов, весьма разнообразны и еще далеко не до конца изучены [7]. Фенольные соединения принадлежат к компонентам электрон-транспортных цепей дыхания и фотосинтеза, выполняют роль регуляторов в процессах роста и развития, участвуют в разнообразных окислительно-восстановительных процессах растительной клетки, используются в качестве запасного энергетического материала. Характер действия этих соединений на растения-акцепторы определяется расположением гидроксильных групп в бензольном кольце [8, 9].

Фенольные соединения находятся в неактивной форме до тех пор, пока не подвергаются окислению. Началом аллелопатического воздействия можно считать момент вовлечения веществ растения-донора в метаболическую систему растения-

---

акцептора, в данном случае ферментативное окисление фенолов. Необходимо учитывать, что в растениях-донорах образование активной формы фенолов – хинонов, происходит под действием аллелопатически активных соединений не только фенольной, но и любой иной природы. Выявлено избирательное действие фенолов в растениях-донорах и растениях-акцепторах [10].

Основной причиной, препятствующей проявлению токсического действия фенолов в растениях-акцепторах, является пространственное разделение ферментов, участвующих в окислении, и самих фенолов [11].

Подавляющая масса фенолов при нормальных физиологических условиях сосредоточена в вакуолярном соке, а фенолоксидазная активность проявляется в цитоплазме [12]. При нарушении избирательной проницаемости тонопласта изменяется внутриклеточная локализация веществ, фермент и субстрат вступают в контакт. В этом случае фенолы, полифенолы и продукты их окисления действуют как метаболические «яды». Блокирование сульфгидрильных групп является механизмом изменения функционального состояния мембран и нарушения обмена веществ [10].

Основной мишенью действия фенольных соединений в составе фитоекскретов являются мембраны клеток. Фенолы изменяют проницаемость мембран для ионов и активность мембраносвязанных ферментов. Как следствие этих событий наступают изменения в энергетических и метаболических процессах. При продолжительном воздействии происходит ингибирование роста растения-акцептора, обусловленное влиянием на деление и элонгацию клеток, а также деструктивные изменения [9].

Цель исследования состояла в изучении аллелопатически активных веществ *Artemisia santonica* L., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. фенольной природы.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследования – наиболее аллелопатически активные виды галофитных сообществ *Artemisia santonica* L., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. Для химического анализа отбирались растения в районе соленого озера Сасык (С-3 Крым).

Количественное содержание отдельных фракций фенольного комплекса определяли с использованием метода Г.М.Федосеевой [13]. Экстракцию фенольного комплекса из сырья осуществляли 50% этанолом на кипящей водяной бане с обратным холодильником. Извлечение проводили многократно, до истощения сырья (проба с хлорным железом). Объединенные спиртовые экстракты упаривали, неполярные, липофильные вещества извлекали хлороформом и петролейным эфиром. Остаток перерастворяли в 50% этаноле и определяли суммарное содержание фенольных соединений перманганатным методом [14].

Дубильные вещества осаждали 5% раствором желатина (на холоде). После удаления осадка дубильных веществ в фильтрате определяли суммарное содержание флавоноидов и фенолкарбоновых кислот перманганатным методом. Количество дубильных веществ рассчитывали по разнице между суммарным содержанием полифенолов и суммарным содержанием флавоноидов и фенолкарбоновых кислот.

Количественное содержание флавоноидов устанавливали спектрофотометрически. Для этого к 2мл исходного спиртового раствора добавляли 2 мл 2% раствора хлорида

---

алюминия и 6 мл 5% раствора ацетата натрия. В контроль вместо 2 мл 2% раствора хлорида алюминия добавляли 2 мл воды. В случае помутнения растворов их центрифугировали при 120000 об/мин, в течение 30 минут. Через 2,5 часа после начала реакции измеряли оптическую плотность на спектрофотометре СФ-46 ("Ломо", Россия) при 440 нм, в кювете с толщиной слоя 10 мм.

Содержание суммы флавоноидов (мг/100 г) в пересчете на рутин ( $C_{27}H_{30}O_{16}$ ) находили по формуле [15]:

$$x = \frac{k \cdot (D - D_1) \cdot V_p \cdot 100}{m}$$

где  $k$  – коэффициент пересчета по калибровочной кривой, построенной по рутину (коммерческий препарат Rutin фирмы "Fluka", Швейцария),  $k = 0,655$ ;  $D$  – оптическая плотность опытного раствора;

$D_1$  – оптическая плотность контрольного раствора;

$V$  – объем спиртовой вытяжки, см<sup>3</sup>;

$p$  – степень разведения;

$m$  – масса навески растительного материала, г.

Определение содержания эфирного масла в растении проводили способом гидродистилляции методом Гинзберга [16]. Компонентный состав эфирного масла устанавливали с помощью хроматомасс-спектрометрии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследований было установлено общее содержание фенольных соединений у наиболее аллелопатически активных видов галофитных сообществ. В растениях *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. этот показатель составляет 1260 мг/100 г, тогда как у *Artemisia santonica* L. 5410 мг/100 г.

Поскольку фенольные соединения являются одними из наиболее агрессивных аллелопатических агентов и их суммарный уровень в растении-доноре может быть одним из интегральных критериев оценки аллелопатического потенциала вида, нами был проведен сравнительный анализ литературных и собственных данных количественного содержания этих веществ. В растениях *Artemisia santonica* L. содержится в 5 раз больше фенольных соединений, по сравнению с другими аллелопатически активными видами [17, 18]. Это обуславливает значительный аллелопатический потенциал *Artemisia santonica* L.

Обнаружено, что концентрация фенольных соединений в тканях растений-доноров аллелопатических веществ коррелирует с аллелопатической активностью данных видов в исследуемых фитоценозах. Так, ингибирующее действие *Artemisia santonica* L. на морфометрические параметры *Salicornia europaea* L. в зоне фитогенного поля существенно выше, чем в фитогенном поле *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb.

Интерес представляет локализация фенольных соединений по органам *Artemisia santonica* L., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. Сравнительный анализ содержания фенольных соединений в подземных и надземных органах *Artemisia santonica* L. составляет 2510 мг/100 г и 2900 мг/100 г, что свидетельствует о неспецифичности действия выделений надземных и подземных вегетативных

---

органов. Принципиально возможно передвижения фенольных соединений из листьев. Однако растению энергетически более выгодно транспортировать из листьев стандартные ассимиляты и уже на месте синтезировать из них разнообразные более сложные структуры [6].

Распределение фенольных соединений в органах *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. происходит неравномерно. Так в надземных органах *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb., которые представляют собой сросшиеся со стеблем метаморфизированные листья, фенольных соединений в 2 раза больше, чем в подземных – соответственно 840 мг/100 г и 420 мг/100 г.

Разные фракции фенольных соединений проявляются специфично в растениях-донорах и растениях-акцепторах аллелопатически активных веществ. При выделении фракций фенольного комплекса *Artemisia santonica* L. было установлено, что значительную долю составляют полифенольные соединения (рис. 1). Было установлено, что количественное содержание данных веществ в подземной и надземной частях *Artemisia santonica* L. составляет 1260 мг/100 г и 1450 мг/100 г соответственно. Фракция полифенольных соединений в 4,5 раза больше по объему у *Artemisia santonica* L., чем у *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb.

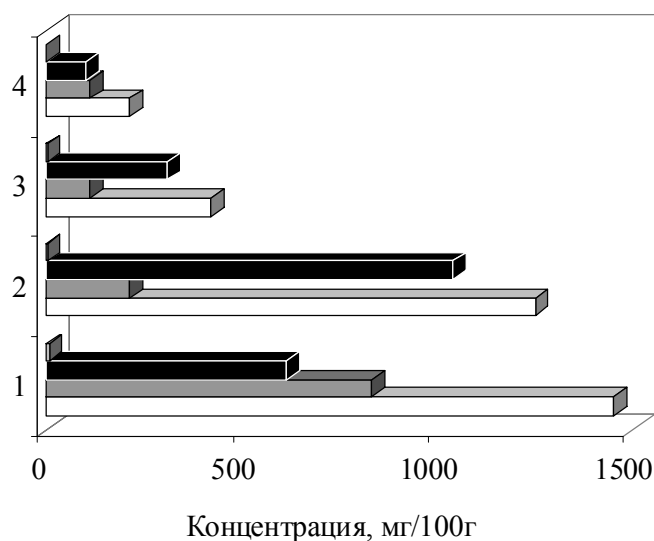
Распространение и роль некоторых полифенолов в растениях рассматривал Э.Унгер [6]. В.И.Кефели, Р.Х.Турецкая [19] в своих исследованиях показали участие полифенолов в ростовых процессах путем взаимодействия с нативными ауксинами. Ряд авторов считает, что некоторые полифенолы изменяют активность комплексного фермента – ауксиноксидазы, в состав которого входит полифенолоксидаза, а также могут быть предшественниками гетероауксина [20].

Следующей была выделена фракция дубильных веществ, которая составляла в подземных органах *Artemisia santonica* L. 210 мг/100 г, а в надземных 830 мг/100 г. В литературе отмечается, что дубильные вещества полыней недостаточно изучены [3]. Для некоторых видов выявлены дубильные вещества, относящиеся к пирогалловому типу [9]. В *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. содержание дубильных веществ в подземной и надземной частях растения было одинаковым – 110 мг/100 г, однако значительно меньшим, чем в соответствующих органах *Artemisia santonica* L.

В акцепторных растениях дубильные вещества могут изменять проницаемость протоплазмы, денатурировать белки, взаимодействовать с металлами [21]. А.М.Гродзинский отмечал, что поглощение дубильных веществ растениями происходит медленно, так как они имеют крупные молекулы и снижают проницаемость плазмы [1].

В состав фенольного комплекса *Artemisia santonica* L. и *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. также входят фенолкарбоновые кислоты. Количественное содержание в подземных и надземных органах *Artemisia santonica* L. составляет 1038 мг/100 г и 614 мг/100 г соответственно. Представленность фенолкарбоновых кислот в *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. отличается от таковой в *Artemisia santonica* L. и составляет в подземных органах 99,8 мг/100 г и надземных органах 310 мг/100 г. Такое соотношение веществ этой фракции в различных органах *Artemisia santonica* L. согласуется с литературными данными о распределении аллелопатически активных веществ в растениях [22]. Это определяет органы,

ответственные за создание аллелопатического потенциала вида. Активное вегетативное размножение способствует насыщению ризосферного грунта большим количеством придаточных корней. Поэтому важная роль в выполнении аллелопатической функции, направленной на завоевание позиции вида в ценозе, принадлежит корневой системе.



- 1 – Artemisia santonica L., надземные органы
- 2 – Artemisia santonica L., подземные органы
- 3 – Halocnemum strobilaceum (Pall.) M.Bieb., надземные органы
- 4 – Halocnemum strobilaceum (Pall.) M.Bieb., подземные органы

Рис. 1 Содержание фенольных соединений в Artemisia santonica L., Halocnemum strobilaceum (Pall.) M.Bieb.

Фенолкарбоновые кислоты – самые активные ингибиторы фенольной природы, легкодоступные для растений и стойкие в грунте [1]. Фенолкарбоновые кислоты влияют на проницаемость мембран, синтез белков, липидов, хлорофилла, интенсивность дыхания, фотосинтез, энергетический обмен, водный потенциал, повышают иммунитет растений. Под влиянием полифенолоксидазы и пероксидазы фенолкарбоновые кислоты образуют хиноны, которые обладают фитотоксичностью и летучестью. Суммарный уровень свободных фенолкарбоновых кислот может быть также одним из важных критериев оценки аллелопатического потенциала вида [9, 17].

В фенольном комплексе исследуемых галофитов наименьшую долю составляла фракция флавоноидов. В молекулах флавоноидов имеется два бензольных ядра, соединенных трехуглеродным фрагментом, следовательно, флавоноиды являются производными дифенилпропана. Большинство из них могут также являться производными хромона или флавона. В группе флавоноидов найдены регуляторы электронного переноса и фосфорилирования дыхательной и фотосинтетической

---

электрон-транспортных цепей [23, 9]. D.E.Moreland, V.P.Novitzky обнаружили, что мишенью действия флавоноидов является аденозитрифосфатаза хлоропластов [24].

Согласно калибровочному графику количественное содержание фракции флавоноидов в подземных и надземных органах *Artemisia santonica* L., составляет 1,6 мг/100 г и 6,3 мг/100 г соответственно.

Л.К.Клыщев, Л.С.Алюкина, Т.В.Ряховская отмечают, что у видов рода *Artemisia* недостаточно изучено количественное содержание флавоноидов из-за отсутствия систематических исследований в данном направлении [3]. Известно, что представители данного рода по этому показателю отличаются довольно резко. Наибольшее количество флавоноидов имеют виды рода *Dracunculus*, наименьшее – представители *Artemisia*. Для некоторых видов выявлены отдельные соединения этого сложного комплекса [3, 6].

В подземных органах *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. содержалось 0,2 мг/100 г флавонолов, надземных – 0,4 мг/100 г. Эти показатели в 8-15 раз превышают таковые у *Artemisia santonica* L. Такая тенденция распределения соединений данной фракции возможно обусловлена тем, что они могут являться промежуточными компонентами в биосинтезе ароматических соединений, входящих в состав эфирных масел *Artemisia santonica* L.

Виды рода *Artemisia* содержат главным образом соединения терпеноидной и фенольной природы. Оба класса соединений возникают в процессе биосинтеза и имеют общих предшественников [6].

В физиологически активных тканях высших растений фенольные соединения находятся в вакуолях в виде гликозидов [9]. Тритерпеновые гликозиды принадлежат к классу физиологически активных веществ, которые имеют широкий спектр действия [6]. Методами тонкослойной хроматографии в спиртовых экстрактах надземной части *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. (концентрация 1:10; 1:50) были обнаружены тритерпеновые гликозиды, связанные с сахарами. В разделительной смеси хлороформ – этиловый спирт (15:1) при детектировании ультрафиолетовым светом с длиной волны 366 нм обнаружили агликонные части гликозидов в надземной и подземной частях *Artemisia santonica* L.

Высокая аллелопатическая активность летучих выделений обусловила необходимость изучения содержания и состава эфирного масла *Artemisia santonica* L. Было установлено, что большая часть эфирного масла содержится в стеблях и листьях – 61%, в корнях – 1%, в цветках – 28%, в плодах – 10%. Некоторыми авторами отмечается, что качественный состав эфирного масла представителей рода *Artemisia* L. относительно постоянен, изменениям подвержено количественное соотношение фракций. В теплых и аридных условиях главную фракцию составляют монотерпены [25, 26]. Более сложный состав соответствует большой вариабельности условий произрастания. В ходе исследований выявили, что основными компонентами эфирного масла *Artemisia santonica* L. являются цинеол - 13%, мирцен - 10,9%, п-цимол, пинен (1,99%), гераниол.

Таким образом, накопление фенольных соединений в пределах зоны влияния растения-донора аллелопатических веществ (*Artemisia santonica* L., *Halocnemum*

---

strobilaceum (Pall.) M.Bieb.) затрудняет заселение участков другими растениями, что вносит вклад в формирование структуры галофитных сообществ.

#### ВЫВОДЫ

1. В ходе исследований было установлено общее содержание фенольных соединений у наиболее аллелопатически активных видов галофитных сообществ *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. - 1260 мг/100 г, *Artemisia santonica* L. - 5410 мг/100 г.
2. Сравнительный анализ содержания фенольных соединений в подземных и надземных органах *Artemisia santonica* L. составляет 2510 мг/100 г и 2900 мг/100г, что свидетельствует о неспецифичности действия выделений надземных и подземных вегетативных органов.
3. Распределение фенольных соединений в органах *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. происходит неравномерно: в надземных органах фенольных соединений в 2 раза больше, чем в подземных – соответственно 840 мг/100 г и 420 мг/100 г.
4. Установлено, что концентрация фенольных соединений в тканях растений-доноров аллелопатических веществ коррелирует с аллелопатической активностью данных видов в исследуемых фитоценозах.

#### Список литературы

1. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоугнетение. – К.: Наукова думка, 1991. – 294 с.
2. Кондратьев М.Н. Биохимические взаимодействия между растениями в агрофитоценозах: Учебное пособие для студентов агр. специальностей. – М.: МСХА, 2001. – 61 с.
3. Клышев Л.К., Алюкина Л.С., Ряховская Т.В. Фенольные соединения полыней Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 159 с.
4. Мороз П.А., Комиссарченко Н.Ф. Аллелопатическая активность некоторых фенольных соединений // Роль токсинов растительного и микробного происхождения в аллелопатии. – К.: Наукова думка, 1983. – С.188- 122.
5. Гродзинский А.М., Мороз П.А., Комиссарченко Н.Ф., Осипова И.Ю., Аллелопатическая роль фенольных веществ // Тезисы докладов всесоюзного симпозиума по фенольным соединениям. Секция биохимии и физиологии. – Таллин, 1987. – С. 31-33.
6. Запрометов М.Н. О функциональной роли фенольных соединений в растениях // Физиология растений. – 1992. – Т. 39, № 6. – С. 1197- 1207
7. Blum U., Shafer S.R., Lehman M.E. Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: Concepts vs. experimental model // Crit. Rev. Plant. – 1999. – Vol. 18. – P. 637–693.
8. Месхи А.Б., Джохадзе Д.И. Некоторые особенности действия простых фенолов на жизнедеятельность различных систем // Физиология растений. – 1973. –Т.20, №6. – С. 1253- 1256
9. Рощина В.Д., Рощина В.В. Выделительная функция высших растений. – М.: Наука, 1989. – 173 с.
10. Стом Д.И. Аллелопатия и гипотеза о хинонах как активной форме полифенолов // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах. – К.: Наукова думка, 1975. – Вып. 6. – С. 8-11.
11. Redolfi P.A., Cantisani S.P. Unusual phenolic compounds in the hypersensitive reaction of *Gomphrena globosa* to tomato bushy stunt Virus // Phytopathology. – 1978. – Vol. 93, № 4. – P. 325-335.
12. Кретович В.Л. Основы биохимии растений. – М.: Высшая школа, 1971. – 464с.
13. Способы определения полифенольных соединений: А. с. № 1215708 / Федосеева Г.М. - Новосибирск, 1986
14. Петров К.П. Методы биохимии растительных продуктов. – К.: Вища школа, 1978. – 224 с.

15. Методы биохимического исследования растений / Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П.: 3 е издание перераб. и допол. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430с.
16. Методы биохимического анализа эфиромасличных растений / под редакцией А.Н. Карпачевой.- Симферополь: ВНИИ эфиромасличных культур, 1972. –100 с.
17. Машковська С.П. Алелопатичні та біохімічні особливості роду Чорнобривці (*Tagetes L.*): Дис. ... канд. біол. наук: 03.00.12. / Национальний ботанічний сад ім. М.М. Гришка. – К., 2002. – 165 с.
18. Павлюченко Н.А. Алелопатические особенности *Syringa vulgaris L.*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / Институт физиологии растений и генетики НАН Украины. – К., 2003. – 20 с.
19. Кефели В.И., Турецкая Р.Х. О механизме действия природных ингибиторов на рост растений // Успехи современной биологии. – 1964. – Т.57, № 1. – С. 99-114.
20. Угрехелидзе Д.Ш. Влияние одноядерных фенолов на ауксиновый обмен в корнях кукурузы // Физиолого-биохимические основы взаимодействия растений в фитоценозах, – К.: Наукова думка, 1974.– Вып.5. – С. 44-46.
21. Гродзинский А.М., Головкин Э.А., Горобец С.А. Экспериментальная аллелопатия. – К.: Наукова думка, 1987. – 233 с.
22. Дзюба О.І. Фізіологічні та біохімічні особливості рододендрона жовтого (*Rhododendron luteum Sweet*): алелопатичний аналіз: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.12 / Інститут фізіології рослин і генетики. – К., 2001. – 20 с.
23. Stenlid G. Flavonoids as inhibitors of the formation of adenosine triphosphate in plant mitochondria // *Phytochemistry*. – 1970. – Vol. 9, № 11. – P. 2251-2256.
24. Moreland D.E., Novitzky W.P. Interference by luteolin, quercetin and taxifolin with chloroplast – mediated electron transport // *Plant and Soil*. –1987. – Vol. 98, № 1. – P. 145-159
25. Самойлова Г.В. К изучению содержания флавоноидов у полыней Омской области // Ученые записки биологического факультета ОмГПУ. – 1997. – № 2, ч. 1. – С. 9-12.
26. Vajs V., Zivković T., Djoković D., Glišić O., Stevanović B. Variation in composition and content of essential oils of *Artemisia* species in relation to environmental conditions// *Bulg. J. Plant Physiol*. – 1998. – Spec. issue. – P. 325.

Сімагіна Н.О., Глумова Н.В. Фенольні сполуки *Artemisia santonica L.*, *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb., що проявляють алелопатичну активність // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 2. – С. 113-120.

Алелопатична активність виділень зумовлена наявністю поліфенольних сполук, фенолкарбонових кислот, дубильних речовин, флавоноїдів. Загальний вміст фенольних сполук у рослинах *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. становив 1260 мг/100 г, *Artemisia santonica L.* - 5410 мг/100 г. Це корелює з їх алелопатичною активністю в фітоценозах.

Ключові слова: алелопатична активність, галофіти, фенольні сполуки.

Simagina N.O., Glumova N.V. Phenol substances of *Artemisia santonica L.*, *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. with allelopathic activity // *Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry»*. – 2008. – V.21 (60). – № 2. – P. 113-120

Allelopathic activity of excretion of halophytes is caused by the presence of polyphenolic substances, phenolcarboxylic acids, tannins, flavanoids. Total content of phenol substances of *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M.Bieb. is 1260 mg/100 g, *Artemisia santonica L.* - 5410 mg/100 g. It correlates with their allelopathic activity in phytocenosis.

Keywords: allelopathic activity, halophytes, phenol substances.

Пост упила в редакцію 28.04.2008 г.



---