

## 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 фитоэкскретов 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.

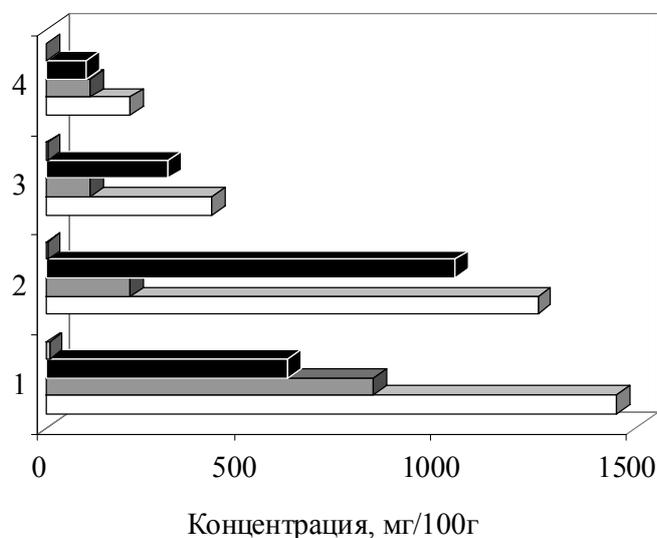
Распространение и роль некоторых полифенолов в растениях рассматривал Э.Унгер [6]. В.И.Кефели, Р.Х.Турецкая [19] в своих исследованиях показали участие полифенолов в ростовых процессах путем взаимодействия с нативными ауксинами. Ряд авторов считает, что некоторые полифенолы изменяют активность комплексного 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.

---