

Лукина Н.В., Глазырина М.А., Кетова Е.А.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ И ОСОБЕННОСТИ МИКОРИЗООБРАЗОВАНИЯ *ERIGERON ACRIS* L. НА ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТАХ

*В работе приведены результаты исследований ценопопуляций *Erigeron acris* L., произрастающих в фитоценозах, формирующихся в процессе самозарастания разных техногенных субстратов. Рассмотрены пространственная, морфологическая и возрастная структура ценопопуляций *Erigeron acris* L., показана зависимость показателей микотрофности *Erigeron acris* L. от возрастного состояния и характера субстрата.*

### **Введение**

Одной из важнейших проблем современности является проблема охраны окружающей среды. Промышленные отвалы занимают большие площади. Они оказывают серьезное воздействие на окружающую среду, вызывают вторичное загрязнение прилегающих к отвалам территорий, снижают продуктивность сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. Восстановление растительности на территориях, где почвенный и растительный покровы уничтожены или сильно нарушены, идет крайне медленно. Одним из факторов адаптации растений к условиям среды является симбиоз высших растений с грибами – микориза. Наблюдения за динамикой микоризообразования у ряда дикорастущих и возделываемых растений убеждают в необходимости онтогенетического подхода к изучению консортивных связей, в том числе и микосимбиотрофных (Селиванов, 1981; Шкараба, 1983).

Целью работы является изучение изменчивости пространственной, морфологической и возрастной структур ценопопуляций *Erigeron acris* L., произрастающих на разных техногенных субстратах; изучение особенностей микоризообразования *Erigeron acris* L. в зависимости от возрастного состояния особей и характера субстрата. Сравнивались две ценопопуляции, произрастающие на участках самозарастания золоотвала Среднеуральской государственной районной электростанции (СУГРЭС) (ценопопуляция I) и на Галкинском отвале мраморизированного известняка (ценопопуляция II), расположенных в Свердловской области на Среднем Урале в таежной зоне в подзоне южной тайги.

Золоотвал Среднеуральской ГРЭС (площадь 103,75 га) расположен рядом с г. Среднеуральском, в 26 км к северо-западу от г. Екатеринбурга. К 1968 году заполнение емкостей золоотвала было завершено, на части золоотвала была проведена рекультивация – намывался слой торфа толщиной 20–40 см, незначительная часть золоотвала была оставлена под самозарастание. Зола – пылевидный, слабо теплопроводный субстрат с малой водоудерживающей способностью, практически лишен азота, фосфор содержится в небольших количествах, реакция свежей золы – щелочная (Пасынкова, 1974). На участке самозарастания к моменту наблюдения реакция золы в слое 0 до 7 см являлась слабокислой (рН водной вытяжки 5,7–6,6).

Галкинский отвал мраморизированного известняка находится рядом с пос. Билимбай Первоуральского района Свердловской обл. На большом протяжении он окружен лесами (ельник травяной, сосняк разнотравный). Высота отвала – 45 м. Отвал состоит из 4 ярусов. Площадь его основания – 6,8 га, а верхнего яруса – 4,04 га. Исследования проводились на верхнем ярусе, он большей частью спланирован и представлен мелкоземом с полосами средней каменистости (Ерошенко, Глазырина, 2004). Субстрат характеризуется слабой аэрацией из-за уплотнения тяжелой техникой при планировке. В грунтосмесях отвала выявлено очень низкое содержание азота, калия и фосфора, реакция субстрата слабощелочная (рН 7,3–7,5).

### **Материалы и методика**

Исследования выполнены в июне–июле 2007–2008 гг. Обследование территорий проводилось детально-маршрутным методом по общепринятым методикам (Корчагин, 1964; Понятовская, 1964). Для изучения популяций *Erigeron acris* L., выявления их плотности, горизонтальной и возрастной структуры было заложено случайным образом 25 учетных площадок размером 50 см x 50 см ( $S_{\text{общ.}}=6,25 \text{ м}^2$ ) на СУГРЭС и 21 учетная площадка на Галкинском отвале ( $S_{\text{общ.}}=5,25 \text{ м}^2$ ). Составлен общий список видового состава на заложенных площадках. Далее особи *Erigeron acris* L. с этих площадок были выкопаны. В камеральных условиях растения разбирались

по возрастным состояниям, высушивались до воздушносухого состояния и взвешивались на весах SHIMADZU AUX x 320 UniBlok с точностью до 0,0001. Также был определен индекс возрастности ценопопуляций ( $\Delta$ ) (Уранов, 1975). Проведен морфологический анализ вегетативных и генеративных особей для каждого возрастного состояния. Для анализа на СУГРЭС было взято 1453 особи *Erigeron acris* L. (1297 – вегетативных и 156 – генеративных), на Галкинском отвале – 151 особь (124 – вегетативных и 27 – генеративных). Собранный материал обработан стандартными методами математической статистики (Зайцев, 1973).

Для изучения микоризообразования мелколепестника едкого были откопаны корни 15 особей каждой возрастной группы в первой декаде июля. Фиксация и камеральная обработка корней, а также оценка показателей развития микориз проводились по методике, разработанной ботаниками Пермского педагогического института (Селиванов, 1981). Были изучены следующие показатели: частота встречаемости микоризной инфекции ( $F$ , %) – характеризует соотношение между огрибненными и неогрибненными участками в корневой системе у изучаемого растения; степень микоризной инфекции ( $D$ , баллы) – характеризует обилие микоризного гриба в корне; коэффициент интенсивности микоризной инфекции ( $C$ , %) – отражает как распределение гриба в корне, так и обилие гриба в нем.

### Результаты исследований

Вид *Erigeron acris* L. – ксеромезофит, анемохор, двулетнее или дву- и многолетнее (в зависимости от экологических условий) травянистое растение семейства Asteraceae, имеющее широкий ареал распространения, растущее на полях, залежах, пустырях, лугах, лесных полянах. Этот вид также характерен для ранних стадий формирования растительности на нарушенных промышленностью землях Урала.

Первая ценопопуляция *Erigeron acris* L расположена на участке самозарастания золоотвала СУГРЭС. Здесь формируется злаково-разнотравное растительное сообщество, общее проективное покрытие растительностью составляет 35 %. Видовой состав представлен 21 видом. Преобладают: *Erigeron acris* L. (коэффициент встречаемости 100 %), *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth (76%), *Poa palustris* L. (60 %), *Stellaria graminea* L. (60 %). У остальных видов коэффициент встречаемости значительно ниже. Вторая ценопопуляция *Erigeron acris* L расположена на участке самозарастания Галкинского отвала мраморизированного известняка. Общее проективное покрытие растений в среднем составляет 15–20 %. Видовой состав растительного сообщества представлен 26 видами, из которых преобладают: *Erigeron acris* L. (91 %), *Taraxacum officinale* Wigg. (76 %), *Artemisia vulgaris* L. (71,4 %), *Agrostis gigantea* Roth (61,9 %). Коэффициент общности Т. Сьеренса двух растительных сообществ равен 0,52. Исследования показали, что на обоих объектах ценопопуляции *Erigeron acris* L. являются нормальными (способными к самоподдержанию), представленными преимущественно молодыми особями. На золоотвале СУГРЭС возрастной спектр ценопопуляции является двухвершинным с основным пиком на стадии проростков и вторым – на стадии имматурных особей, на Галкинском отвале – одновершинным, с пиком на стадии виргинильных особей (рис. 1).

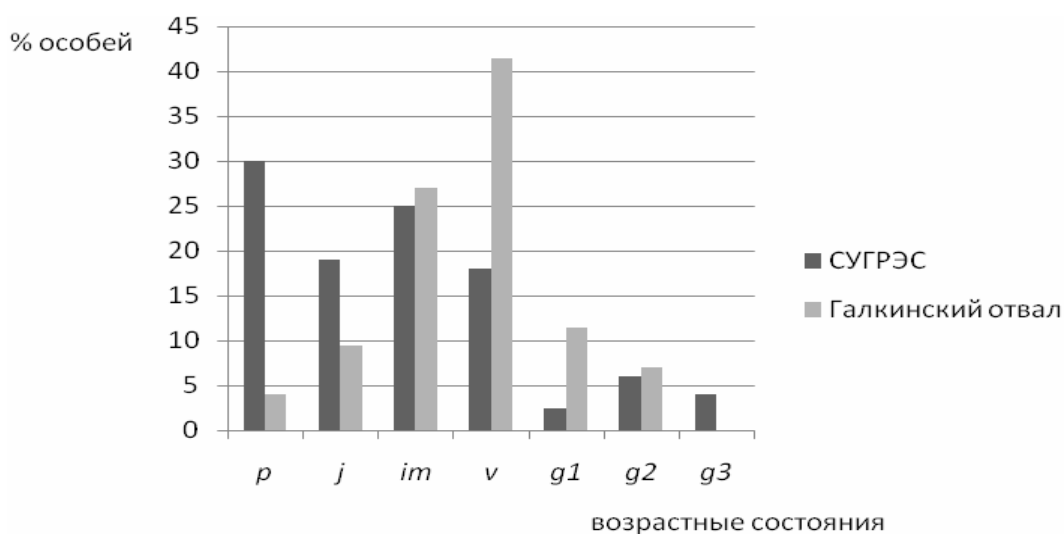


Рис. 1. Возрастной спектр ценопопуляций *Erigeron acris* L. на разных субстратах.

При изучении возрастности популяций можно получить не только представление о динамике популяций, но использовать результат в направлении оценки степени влияния популяции на среду (Уранов, 1975). Воздействие популяций *Erigeron acris* L., представленных преимущественно молодыми особями, на среду невелико, т. к. индекс возрастности данных ценопопуляций не превышает 0,5 (на СУГРЭС –  $\Delta=0,0975$ , на Галкинском отвале –  $\Delta=0,127$ ).

При анализе биометрических показателей особей было выявлено, что в обеих ценопопуляциях *Erigeron acris* L. во всех возрастных состояниях идет нарастание как надземной, так и подземной массы, средние значения массы растений во второй ценопопуляции во всех возрастных состояниях, кроме молодых генеративных, больше, чем средние значения массы растений в первой ценопопуляции (табл. 1). У особей прегенеративных состояний самыми переменными признаками в обеих ценопопуляциях *Erigeron acris* L. являются масса надземной (коэффициенты вариации ( $C_v$ ) изменяется от 40,0 до 99 %) и подземной частей растений ( $C_v$  изменяется от 62,1 до 140 %).

Соотношение надземной и подземной массы растения зависит от его индивидуальных особенностей и от условий среды (Качинский, 1925 – цит. по Станкову, 1964). Отношение корень–побег меняется в ходе развития, т. к. у большинства растений побег растет значительно быстрее, чем корень (Синнот, 1963 – цит. по Станкову, 1964). Нами было прослежено изменение соотношения надземной и подземной масс особей *Erigeron acris* L. в разных онтогенетических состояниях (рис. 2). В ценопопуляции I в процессе онтогенеза наблюдается постепенное замедление нарастания корней при интенсификации нарастания надземной массы. В ценопопуляции II на начальных этапах онтогенеза наблюдается противоположная тенденция – рост корней превышает рост надземной массы, а, начиная с имматурного возрастного состояния, нарастание надземной массы превышает рост корней. Известно, что относительно более интенсивное нарастание корневой системы по сравнению с надземными органами наблюдается при недостатке в почве питательных веществ (Колосов, 1962 – цит. по Станкову, 1964).

Таблица 1

Некоторые биометрические показатели ( $x_{cp} \pm$  ошибка среднего) разных возрастных состояний в ценопопуляциях *Erigeron acris* L.

Показатели	Возрастное состояние особей					
	<i>p</i>	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i> <sub>1</sub>	<i>g</i> <sub>2</sub>
Ценопопуляция I						
Высота особи, см	0,69± 0,02	1,61± 0,03	2,88± 0,04	5,81± 0,12	15,77± 1,36	28,34± 0,59
Масса надземной части растения, г	0,003± 0,0001	0,010± 0,0004	0,025± 0,0008	0,0908± 0,005	0,32± 0,05	0,39± 0,03
Масса подземной части растения, г	0,001± 0,0001	0,003± 0,0002	0,007± 0,0004	0,016± 0,0007	0,031± 0,004	0,04± 0,002
Ценопопуляция II						
Высота особи, см	1,08± 0,16	1,77± 0,16	2,65± 0,15	4,65± 0,20	12,19± 1,81	28,57± 1,63
Масса надземной части растения, г	0,005± 0,0005	0,015± 0,003	0,033± 0,003	0,097± 0,008	0,21± 0,03	0,48± 0,07
Масса подземной части растения, г	0,001± 0,0002	0,005± 0,002	0,012± 0,002	0,028± 0,003	0,041± 0,005	0,076± 0,014

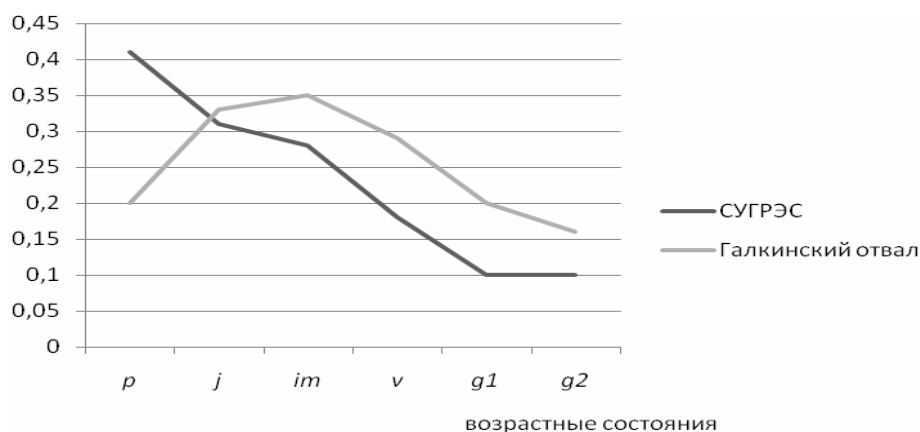


Рис. 2. Средние показатели отношения ( $R$ ) подземной к надземной масс растений *Erigeron acris* L.

Адаптация растений к различным условиям произрастания накладывает значительный отпечаток на тип строения мезофилла листа. Исследование поперечных срезов листьев генеративных особей *Erigeron acris* L. в обеих ценопопуляциях показало, что при одинаковой толщине листьев тип строения мезофилла различается. В первой ценопопуляции – дорзовентральный тип строения, характерный для умеренно влажных и умеренно теплых местообитаний, во второй ценопопуляции преобладает изолатеральный (или изопалисадный) тип строения, характерный для видов, произрастающих в условиях сильной освещенности, испытывающих недостаток водоснабжения или действие высоких температур воздуха и почвы.

Изучение микотрофности *Erigeron acris* L. показало, что растения всех возрастных состояний оказались микотрофными. В симбиотические отношения с грибами *Erigeron acris* L. вступает на самых ранних этапах развития. Уже на стадии проростков встречается эндомикориза, представленная в основном гифами гриба и скоплениями везикул. На ранних этапах развития растений микориза сосредоточена в главном корне. При появлении боковых корней микоризная инфекция перемещается в них. Начиная с виргинильного возрастного состояния, микориза встречается в основном в боковых корнях. В ценопопуляции I в стадии проростков огрибненными оказываются 68,9 % корней, с увеличением возраста растений происходит постепенное распространение микоризы в корне (до 93,2 % у особей в генеративном состоянии [ $g_3$ ]). В ценопопуляции II гриб в корнях у особей всех возрастных состояний распределен более равномерно, значения частоты встречаемости микоризной инфекции ( $F$ ) варьируют от 92,6 % у проростков до 97,5 % у генеративных особей ( $g_2$ ) (табл. 2). По показателям степени микотрофности все особи в обеих ценопопуляциях относятся к слабомикотрофным (Селиванов, Шавкунова, 1973). Исследования показали, что у особей разных возрастных состояний степень и интенсивность микоризной инфекции различаются, в ценопопуляции I степень микотрофности особей в прегенеративном состоянии меньше, чем в ценопопуляции II (табл. 2, рис. 3).

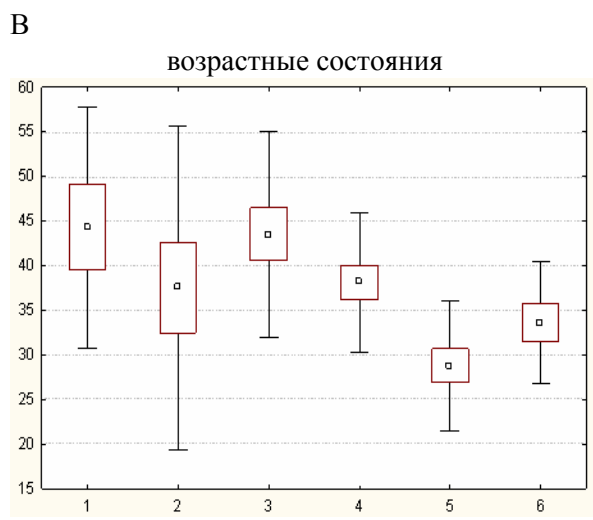
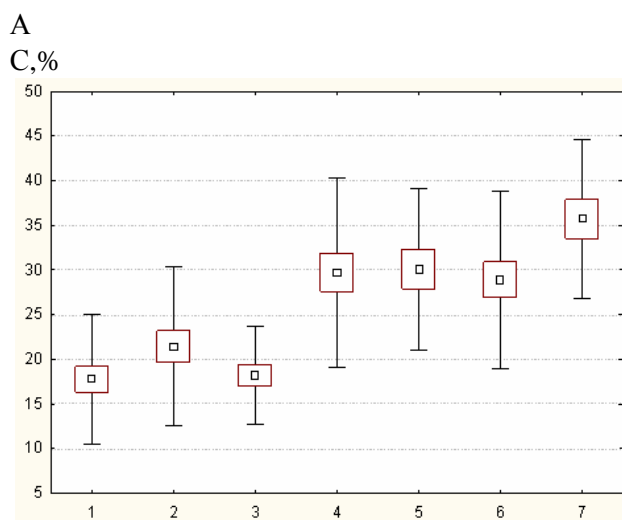


Рис. 3. Статистическая обработка зависимости микоризной инфекции от возрастного состояния А – на золоотвале СУГРЭС, В – на Галкинском отвале:  
 □ – Хср.; □ – ± ошибка Хср.; I – стандартное отклонение;  
 возрастные состояния: 1 – *p*, 2 – *j*, 3 – *im*, 4 – *v*, 5 – *g*<sub>1</sub>, 6 – *g*<sub>2</sub>, 7 – *g*<sub>3</sub>.

Таблица 2

Показатели микотрофности разных возрастных состояний  
 в ценопопуляциях *Erigeron acris* L.

Показатели	Возрастное состояние особей						
	<i>p</i>	<i>j</i>	<i>im</i>	<i>v</i>	<i>g</i> <sub>1</sub>	<i>g</i> <sub>2</sub>	<i>g</i> <sub>3</sub>
Ценопопуляция I							
Частота встречаемости микоризы ( <i>F</i> ), %	68,9	77,4	75,3	82,8	90,2	87,2	93,2
Степень микотрофности растений ( <i>D</i> ), баллы	0,9	1,1	0,9	1,5	1,5	1,4	1,8
Ценопопуляция II							
Частота встречаемости микоризы ( <i>F</i> ), %	92,7	87,7	96,8	97,4	94,8	97,5	–
Степень микотрофности растений ( <i>D</i> ), баллы	2,12	1,9	2,2	1,9	1,5	1,7	–

Известно, что микориза участвует в поглощении растениями труднодоступного фосфора. Было установлено, что в листьях мелкопестника едкого, произрастающего на Галкинском отвале, мраморизированного известняка фосфора содержится в 1,6 раза больше (0,42 % от сухой массы), чем на золоотвале СУГРЭС (0,26% от сухой массы), что связано, по нашему мнению, с разной интенсивностью микоризообразования.

**Выводы**

Интенсивность микоризообразования *Erigeron acris* L. в исследованных ценопопуляциях меняется в процессе онтогенеза и зависит от свойств субстрата. В условиях техногенных экотопов микориза играет важную адаптивную роль, особенно на ранних стадиях онтогенеза.

Литература

1. Ерошенко Х.И., Глазырина М.А. Формирование естественных фитоценозов на Галкинском отвале мраморизированного известняка // Экологические механизмы динамики и устойчивости биоты: Материалы конф. молодых ученых, Екатеринбург, 19–23 апр. 2004 г. - Екатеринбург: Академкнига, 2004. -С. 72–73.
2. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в

экспериментальной ботанике. -М.: Наука, 1973. -256 с.

3. Корчагин А.А. Видовой (флористический состав) растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. -М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. -С. 39–62.

4. Пасынкова М.В. Зола углей как субстрат для выращивания растений // Растения и промышленная среда. -Свердловск: УрГУ, 1974. -С. 29–44.

5. Понятовская В.М. Учет обилия и особенности видов в растительных сообществах // Полевая геоботаника. -М.; Л.: Наука, 1964. Т. 3. -С. 209–299.

6. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. -М.: Наука, 1981. -232 с.

7. Селиванов И.А., Шавкунова В.Ф. Микотрофность растений во флоре и растительном покрове горы Иремель / Учен. зап. Перм. гос. ин-та, 1973. -С. 72–93.

8. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. -М.: Колос, 1964. -280 с.

9. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. школы биол. науки. 1975. - № 2. -С. 7–34.

10. Шкараба Е.М. Развитие микоризы в ходе онтогенеза кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella* L.) // Микориза и другие формы консортивных связей в природе. Пермь: -Перм. гос. пед. ин-т, 1983. -С. 24–28.