

УДК 581.55:581.552:581.557.24:502

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И МИКОРИЗНЫХ СТРАТЕГИЙ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *ERIGERON ACRIS* L. НА ТЕХНОГЕННЫХ СУБСТРАТАХ

©2013 Н.В. Лукина, М.А. Глазырина

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

Поступила 10.06.2013

В данной работе приводятся результаты изучения некоторых особенностей структурной и функциональной (на примере микоризообразования) организации ценопопуляций *Erigeron acris* L. на разных промышленных отвалах. Показано изменение некоторых морфологических параметров и микоризообразования в ходе онтогенеза на разных техногенных субстратах.

Ключевые слова: промышленные отвалы, ценопопуляция, микориза.

В настоящее время производственная деятельность человека сопровождается образованием, так называемых техногенных ландшафтов, среди которых по распространенности и неблагоприятному воздействию на окружающую среду и здоровье человека особое место занимают промышленные отвалы. Восстановление растительности на этих территориях, происходит крайне медленно. При изменении условий окружающей среды, связанных с нарушением или уничтожением почвенного или растительного покровов происходит смещение равновесия в природных комплексах, нарушение консортивных связей, в частности микориз. Известно, что микоризные грибы, вступая в симбиоз с растениями, увеличивают адсорбционную поверхность корня, участвуют в поглощении питательных веществ из почвы, главным образом фосфора, улучшают снабжение водой, выполняют защитную роль в борьбе с патогенными инфекциями, повышают устойчивость к засолению, снижают поступление металлов в побеги растений, дают им преимущества в приспособлении к условиям окружающей среды [1-5]. В связи с этим большой интерес представляет изучение особенностей микоризообразования пионерных видов растений, поселяющихся на промышленных отвалах.

Целью нашей работы было изучение экологических аспектов структурной организации и микоризообразования ценопопуляций *Erigeron acris* L., произрастающих на различных техногенных субстратах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в июле 2009 г. на промышленных отвалах Среднего Урала (таежная зона, подзона южной тайги). Обследование территорий проводилось детально-маршрутным методом по общепринятым методикам [6, 7]. Для изучения популяций *Erigeron acris*, выявления их плотности,

горизонтальной и возрастной структуры, было заложено случайным образом по 15 учетных площадок (размером 25x25 см, $S=0,0625 \text{ м}^2$) на золоотвалах и по 21 – на Сухореченском и Галкинском отвалах. Далее особи *Erigeron acris* с этих площадок были выкопаны. В камеральных условиях растения разбирались по возрастным состояниям, высушивались до воздушно сухого состояния и взвешивались на весах SHIMADZU AUX x 320 UniBlok с точностью до 0,0001. Определен коэффициент возрастности ценопопуляций (Δ) [8], индекс восстановления ценопопуляций J_b [9]. Проведен морфологический анализ вегетативных и генеративных особей для каждого возрастного состояния. Для анализа было взято 352 особи *Erigeron acris* в ЦП₁, 232 – в ЦП₂, 202 – в ЦП₃, 151 – в ЦП₄. Собранный материал обработан стандартными методами математической статистики [10].

Для изучения микоризы во всех ценопопуляциях *Erigeron acris* были отобраны корни 25 особей каждой возрастной группы, которые обрабатывались по стандартной методике: мацерировали в 15%-ом КОН с последующей окраской анилиновой синью [1]. 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) определяется по 5-ти балльной шкале – характеризует обилие микоризного гриба в корне.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вид *Erigeron acris* L. – ксеромезофит, анемохор, двулетнее травянистое растение семейства Asterales, 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* [ЦП₁] расположена на участке самозарастания золоотвала Среднеуральской государственной районной электростанции.

Лукина Наталья Валентиновна, к.б.н., доцент, старший научный сотрудник, e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru; Глазырина Маргарита Александровна, к.б.н., доцент, старший научный сотрудник, e-mail: Tamara.Chibrik@usu.ru

тростанции (СУГРЭС). Субстрат – зола с примесью песка, характеризуется низкой влагоемкостью, слабой теплопроводностью крайне малой обеспеченностью подвижными фосфатами, азотом и калием, рН водной вытяжки – 5,7–6,6. Общее проективное покрытие растительностью (ОПП) на исследуемом участке составляет 35%. Видовой состав растительного сообщества представлен 21 видом, из них преобладают: *Erigeron acris* (коэффициент встречаемости [КВ] – 100%, обилие – $\text{cop}_{1\text{gr}}$), *Potentilla impolita* Wahlenb. (80 %, $\text{sol}_{\text{gr}}\text{--sp}$). У остальных видов КВ и обилие значительно ниже.

Вторая ценопопуляция *Erigeron acris* [ЦП₂] расположена на участке самозарастания золоотвала Верхнетагильской государственной районной электростанции (ВТГРЭС). Субстрат – зола, с достаточным содержанием подвижных фосфатов, низкой обеспеченностью азотом и калием, рН водной вытяжки 7,3. ОПП растительностью достигает 20–40 %. Видовой состав представлен 22 видами, из них преобладают *Erigeron acris* (КВ=100%, обилие – $\text{cop}_{1\text{gr}}$), *Pimpinella saxifrage* L. (86,7%, cop_2), *Festuca rubra* L. (66,7%, cop_1).

Третья ценопопуляция *Erigeron acris* [ЦП₃] расположена на участке самозарастания Сухореченского доломитового отвала. Субстрат – каменные, уплотненные доломиты и доломитизированные известняки. Грунтосмеси карбонатные с низ-

кой обеспеченностью элементами минерального питания, рН водной вытяжки 7,3–7,5. ОПП растительностью неравномерное, варьирует от 40 до 70%. Видовой состав представлен 22 видами, из них преобладают *Erigeron acris* (КВ=76,2%, обилие – cop_1), *Artemisia vulgaris* (42,9%, sp), *Artemisia absintium* L. (42,9%, sol), *Taraxacum officinale* (47,6%, sol).

Четвертая ценопопуляция *Erigeron acris* [ЦП₄] расположена на участке самозарастания Галкинского отвала мраморизированного известняка. Субстрат – каменные, уплотненные известняки и запесоченные глины. Породы карбонатные, не засоленные, рН водной вытяжки 7,0–8,0. ОПП растительностью в среднем составляет 15–20%. Видовой состав растительного сообщества представлен 26 видами, из которых преобладают: *Erigeron acris* (КВ=90,5% обилие – cop_2), *Taraxacum officinale* (76%, cop_1), *Artemisia vulgaris* (71,4%, cop_1), *Agrostis gigantea* (61,9%, $\text{cop}_1\text{--sp}$).

Условия освещенности во всех растительных сообществах одинаковые – 100%. Подробная характеристика объектов представлена в работах Т.С. Чибрик и др. [11].

Проведено сравнение видового состава растительных сообществ, формирующихся на исследуемых объектах (с учетом обилия видов) по показателю Пирсона (рис. 1).

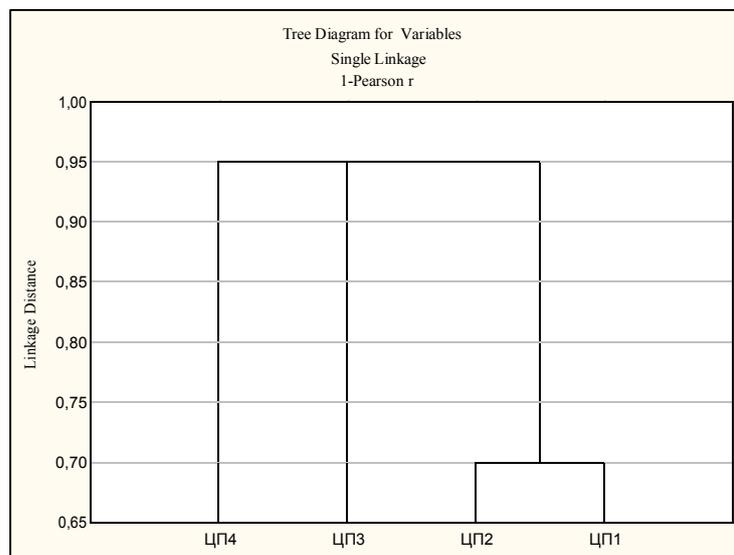


Рис. 1. Дендрограмма сходства растительных сообществ с учетом обилия видов

Исследования показали, что самая высокая плотность особей *Erigeron acris* в ЦП₁ (338,4 шт./м²), это в 1,6 раза выше, чем в ЦП₂ (217,6 шт./м²) и в 3 раза выше чем в ЦП₃ и ЦП₄ (118,1 шт./м²; 116,6 шт./м² соответственно).

Изучение возрастной структуры показало, что все ценопопуляции *Erigeron acris* являются нормальными (способными к самоподдержанию) не-

полночленными, представленными преимущественно молодыми особями (ЦП₁ – 77 %, ЦП₂ – 66 % и ЦП₃, ЦП₄ – 82 %).

На золоотвалах возрастные спектры ценопопуляций является двухвершинными, на Сухореченском и Галкинском отвалах – одновершинными (рис. 2).

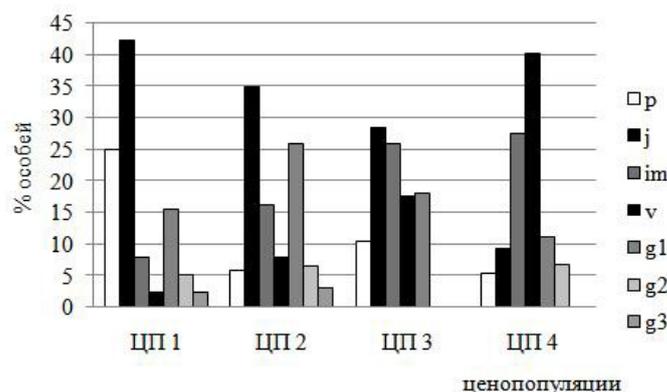


Рис. 2. Возрастные спектры популяций *Erigeron acris* L. на техногенных субстратах

Известно, что изучение коэффициента возрастности (Δ) популяций дает представление об их динамике и позволяет оценить степень влияния популяции на среду [8]. Воздействие исследуемых ценопопуляций, представленных преимущественно молодыми особями, на окружающую их среду невелико, т. к. значения Δ не превышают 0,5 (в ЦП₁ он составляет $\Delta=0,099$; в ЦП₂ – $\Delta=0,147$; в ЦП₃ – $\Delta=0,088$; в ЦП₄ – $\Delta=0,126$). Индексы восстано-

вления (J_b) популяций [9], показывающие, какую часть генеративной фракции после ее отмирания способен восстановить подрост, ниже в ценопопуляциях золоотвалов (J_b ЦП₁=2,30; J_b ЦП₂=1,67; J_b ЦП₃=3,98 J_b ; ЦП₄=4,36).

При анализе биометрических показателей особей было выявлено, средние значения фитомассы растений в первой и во второй ценопопуляциях больше, чем в третьей и четвертой (рис. 3).

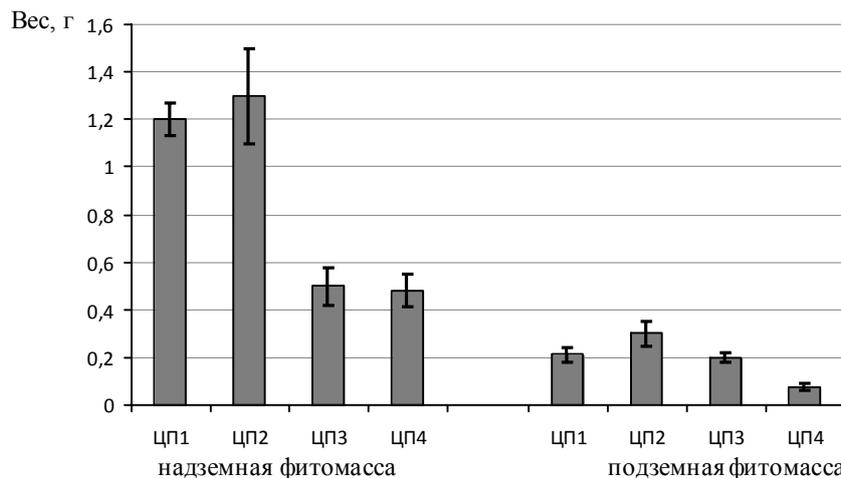


Рис. 3. Вес надземной и подземной фитомассы генеративных особей *Erigeron acris* L. на разных субстратах

Известно, что соотношение надземной и подземной массы растения зависит от его индивидуальных особенностей и от условий среды, чем выше это соотношение, тем благоприятнее условия произрастания [12]. Отношение «побег–корень» меняется в ходе развития, т. к. у большинства растений побег растет значительно быстрее [13]. Нами было прослежено изменение соотношения надземной и подземной масс особей *Erigeron acris* в разных онтогенетических состояниях на разных субстратах (рис. 4). Наибольшие значения соотношения «побег–корень» наблюдаются на Галкинском отвале мраморизированного известняка, наимень-

шие – на Сухореченском доломитовом отвале. В ЦП₁ – ЦП₃ в процессе онтогенеза наблюдается постепенное нарастание как надземной, так и подземной фитомассы, причем рост надземных органов незначительно превышает рост корней. В ЦП₄ на начальных этапах онтогенеза рост корней превышает рост надземных органов, а начиная с имматурного возрастного состояния нарастание надземной фитомассы превышает рост корней. Одной из причин относительно более интенсивного нарастания корневой системы по сравнению с надземными органами может быть недостаток в почве питательных веществ [14].

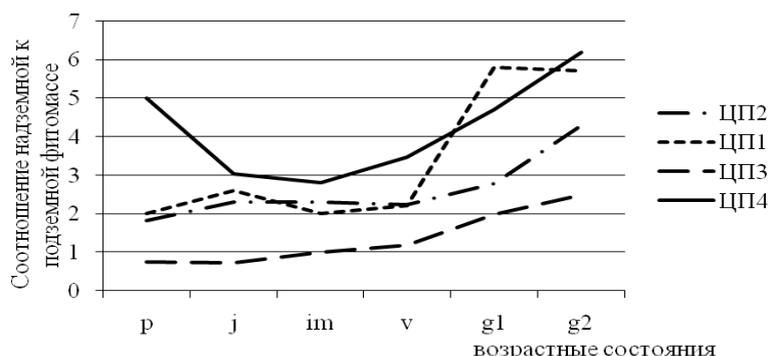


Рис. 4. Средние показатели отношения (R) надземной к подземной фитомассе растений *Erigeron acris* L.

Изучение микоризы показало, что в симбиотические отношения с грибами *Erigeron acris* вступает на самых ранних этапах онтогенеза. Уже на стадии проростков встречается арбускулярная микориза, представленная в основном гифами гриба и скоплениями везикул. На ранних этапах развития растений микориза сосредоточена в главном корне. При появлении боковых корней гифы грибов перемещаются в них. Начиная с виргинильного возрастного состояния, микориза встречается в основном в боковых корнях. Во всех ценопопуляциях *Erigeron acris* гриб распределен в корнях растений не равномерно. Частота встречаемости микоризной инфекции (F,%) варьирует в ЦП₁ – от 22,4% до

52,0%, в ЦП₂ – от 12,7 до 72,8%, в ЦП₃ – от 43,2% до 85,8%, в ЦП₄ – самые высокие показатели частоты встречаемости микоризной инфекции (87,7–97,5%).

По показателям степени микотрофности все особи в ценопопуляциях ЦП₁–ЦП₃ относятся к слабомикотрофным, в ЦП₄ большая часть особей в прегенеративном состоянии являются среднемикотрофными [15]. У особей разных возрастных состояний степень и интенсивность микоризной инфекции различаются, в ЦП₁ и ЦП₂ степень микотрофности в прегенеративном состоянии меньше, чем в генеративном, а в ЦП₃ и ЦП₄ наблюдается противоположная тенденция (рис. 5).

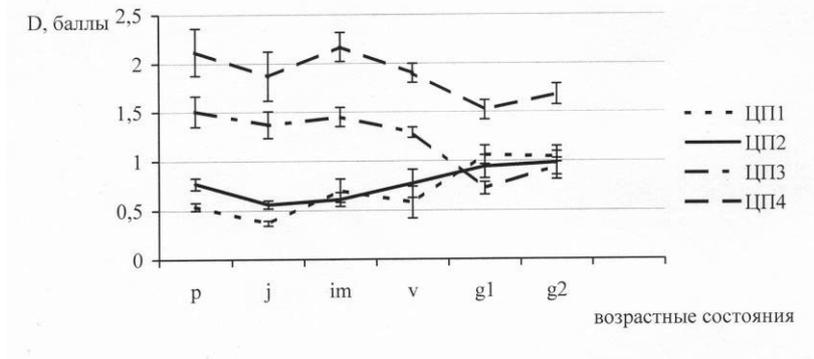


Рис. 5. Изменение степени микотрофности (D, баллы) *Erigeron acris* L. в зависимости от возрастного состояния на разных субстратах

Сравнение средних значений микотрофности показало, что наиболее микотрофными оказались особи *Erigeron acris* в ЦП₄ на Галкинском отвале мраморизированного известняка, имеющие наименьшие размеры надземной и подземной фитомассы (рис. 3, 5). В ряде работ по изучению арбускулярной микоризы было показано, что для растений выгода от симбиоза может заключаться не в приросте биомассы, а в устойчивости к неблагоприятным условиям, кроме того, при недостатке в почве питательных веществ, образование корней для растения обходится «дороже», чем образование гиф микобионта аналогичной длины [16, 17].

Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что особенности техногенных субстратов: их плотность, влагоемкость, обеспеченность доступными для растений питательными

веществами и др. влияют на структурную организацию и микоризообразование *Erigeron acris*. Интенсивность микоризообразования *Erigeron acris* меняется в ходе онтогенеза и играет важную адаптивную роль в условиях техногенных экотопов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм, как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 230 с.
2. Каратыгин И.В. Коэволюция грибов и растений. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 115 с.
3. Read D.J. The structure and function of the vegetative mycelium of roots // In: ennings D.H., Reyner A.D.M. (ed.). The ecology and physiology of the fungal mycelium. Cambridge: Univ. Press, 1984. P. 215-240.
4. Smith J.E., Read D.J. Mycorrhizal symbiosis. London: Acad. Press, 1997. P. 605.

5. *Marschner H., Dell B.* Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis // *Plant & Soil*. 1994. V. 159. P. 89-102.
6. *Корчагин А.А.* Видовой (флористический состав) растительных сообществ и методы его изучения // *Полевая геоботаника*. Т. 3. М.; Л.: Наука, 1964. С. 39-62.
7. *Понятовская В.М.* Учет обилия и особенности видов в растительных сообществах // *Полевая геоботаника*. Т. 3. М.; Л.: Наука, 1964. С. 209-299.
8. *Уранов А.А.* Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // *Науч. докл. высш. школы. Биол. науки*. 1975. № 2. С. 7-34.
9. *Жукова Л.А.* Динамика ценопопуляций луговых растений в естественных фитоценозах // *Динамика ценопопуляций травянистых растений*. Киев: Наукова думка, 1987. С. 9-19.
10. *Зайцев Г.Н.* Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1973. 256 с.
11. *Чибрик Т.С., Лукина Н.В., Филимонова Е.И., Глазырина М.А.* Экологические основы и опыт биологической рекультивации нарушенных промышленностью земель. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2011. 286 с.
12. *Качинский Н.А.* Корневая система растений в почвах подзолистого типа // *Труды Моск. обл. с.-х. опыт. станции*. 1925. Вып. 7. Ч. 1. С. 124-136.
13. *Станков Н.З.* Корневая система полевых культур. М.: Изд-во «Колос», 1964. 280 с.
14. *Колосов И.И.* Поглощительная деятельность корневых систем растений. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 388 с.
15. *Селиванов И.А., Шавкунова И.Ф.* Микрофитность растений во флоре и в растительном покрове горы Ирмель // *Микориза растений*. Пермь: ПГПИ, 1973. С. 72-93.
16. *Eissenstat D.M., Graham J.H., Syversten J.P., Drouillard D.L.* Carbon economy of sour orange in relation to mycorrhizal colonization and phosphorus status // *Annals of Botany*. 1993. V. 71. P. 1-10.
17. *Graham J.H., Abbott L.K.* Wheat response to aggressive and non-aggressive arbuscular mycorrhizal fungi // *Plant and Soil*. 2000. V. 202. P. 207-218.

STRUCTURAL ORGANIZATION AND MYCORRHIZAL STRATEGIES OF CENOPOPULATIONS *ERIGERON ACRIS* L. ON TECHNOGENIC SUBSTRATES

©2013 N.V. Lukina, M.A. Glazyrina

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg

The results of a study of some structural and functional features (for example mycorrhiza formation) of the organization of populations *Erigeron acris* L. for various industrial dumps are presents in this paper. The change of some morphological parameters and mycorrhiza formation during ontogeny in various technogenic substrates is shown.

Key words: industrial dumps, cenopopulation, mycorrhizae.