

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РАСТЕНИЙ НА ПЕРВОЙ СТАДИИ СУКЦЕССИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДОНБАССА

отвалы шахт, конкурентоспособность, кластерный анализ, сукцессия

Отвалы угольных шахт по сравнению с другими техногенными экотопами занимают значительные территории в Донбассе. Только в украинской части бассейна их насчитывается более тысячи при среднем размере основания одного отвала 5–6 га [8]. Эдафические условия на отвалах шахт отличаются сочетаниями различных параметров, нетипичными для местных биогеоценозов. Так, рН почвенного раствора молодого отвала на стадии окисления серо-содержащих соединений субстрата может составлять 2,8–3 при каменистом механическом составе, которому в регионе соответствует щелочная или нейтральная реакция. Поэтому в начале сукцессии часто встречаются адвентивные виды, такие как *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen, *Grindelia squarrosa* (Purch) Dunal, *Xanthium albinum* (Widd.) H.Scholz, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Stenactis annua* Nees и др. В формирующихся сообществах адвентивные виды, в том числе и карантинные, могут занимать доминирующее положение. Например, *Ambrosia artemisiifolia* L. часто образует моновидовые группировки с проективным покрытием свыше 80%, приуроченные обычно к вершинам отвалов, на которых находятся очаги горения. В выделяющихся продуктах горения содержатся ионы NH_3^+ , что обеспечивает дополнительное поступление азота, который в субстрате имеется в незначительных количествах.

Как отмечается в литературе, проблема фитоценотического контроля *Ambrosia artemisiifolia* является одной из важнейших [6]. При этом наиболее эффективным способом является моделирование стадий восстановительной сукцессии. На отвалах это, пожалуй, и единственный возможный способ. Количество местных видов, адаптировавшихся к условиям отвалов, невелико, но возрастает в процессе сукцессии фитоценозов, что сопровождается усилением конкурентных взаимоотношений с адвентивными растениями. Поэтому необходимым условием фито-рекультивации отвалов и фитоценотического контроля развития адвентивных карантинных видов является изучение взаимоотношений видов в формирующихся сообществах, что и является целью данного сообщения.

Для этого использовались следующие методы. Общая последовательность сукцессии растительности отвалов шахт была реконструирована методом композиционной ординации и на полученном ценохроноклине по динамике видового состава выделены три стадии сукцессии [1, 2]. Межвидовые взаимоотношения изучали на первой стадии сукцессии. Разделение видов на экологически сходные группы выполнено методом кластерного анализа с построением дендрограммы, для чего использовался пакет программ «Statgraphics plus 2.1» [7]. Конкурентоспособность видов определяли специально разработанным для этого методом разделения корреляций [3, 4]. При этом рассчитывали два показателя: коэффициент сензитивности или чувствительности, отражающий чувствительность вида к воздействию со стороны других видов, и коэффициент влияния, отражающий воздействие вида на структуру фитоценоза. Вместе эти два показателя составляют характеристику относительной конкурентоспособности вида в изученных условиях.

Для первой стадии сукцессии, к которой отнесены 36 описаний ценохроноклина растительности отвалов, проведен кластерный анализ с построением дендрограмм (рис.). Применение корреляций позволяет судить о сходстве экологии видов вообще, а частных корреляций – о сходстве экологии видов при исключении межвидовых взаимоотношений [5].

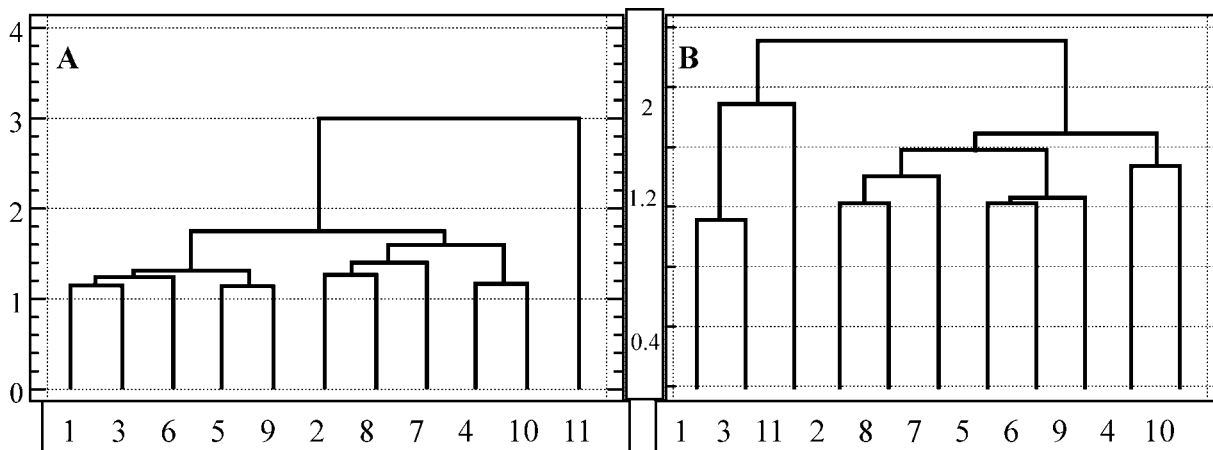


Рис. 1 Дендрограммы кластерного анализа видов на первой стадии сукцессии растительности отвалов угольных шахт Донбасса, построенные: А - по корреляциям, В - по парциальным корреляциям видов.

Условные обозначения:

- 1 - *Oberna behen* (L.) Ikonn.; 2 - *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D.Löve; 3 - *Polygonum aviculare* L.; 4 - *Fallopia convolvulus* (L.) A.Löve; 5 - *Ambrosia artemisiifolia* L.; 6 - *Reseda lutea* L.; 7 - *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.) Cruchet; 8 - *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.; 9 - *Rumex crispus* L.; 10 - *Amaranthus albus* L.; 11 - *Salsola australis* R.Br.

Изменения в дендрограммах при переходе к частным корреляциям незначительны. Переместилась только одна группа видов из *Ambrosia artemisiifolia*, *Rumex crispus* L., *Reseda lutea* L. целиком в правую половину графика. Обособленная ранее *Salsola australis* R. Br. присоединилась к сохранившейся группе из *Oberna behen* (L.) Ikonn. и *Polygonum aviculare* L., а остальные группы не изменились. Это говорит о том, что межвидовые взаимоотношения на структуру сообщества на данной стадии определяющего влияния не оказывают. Но сами частные корреляции между отдельными парами видов изменились. У *Ambrosia artemisiifolia* в общем корреляции снизились, но увеличилась отрицательная корреляция с *Reseda lutea*. Если учесть, что при переходе к частным корреляциям эти два вида объединились в один кластер, то есть сходно относятся к другим видам, то *Reseda lutea* скорее всего является наиболее конкурирующим с *Ambrosia artemisiifolia* видом и кандидатом для испытаний как объекта биологической борьбы с ней в этих условиях. Относительная конкурентоспособность, оцененная по чувствительности этого вида к влиянию других видов и по степени оказываемого на другие виды влияния, наиболее высока среди видов первой стадии и заметно выше, чем у *Ambrosia artemisiifolia* (табл. 1).

Есть также еще несколько видов, хоть и с несколько более высокой чувствительностью, чем *Ambrosia artemisiifolia*, но и с более высокой силой влияния, что позволяет надеяться на возможность их использования для биологической борьбы с *Ambrosia artemisiifolia*. Это такие виды, как *Persicaria maculata* (Rafin.) A. & D. Löve, *Erucastrum armoracioides* (Czern. ex Turcz.) Cruchet, *Rumex crispus*, *Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve. Кроме того, использование многовидовых сообществ более эффективно, так как при этом формируется замкнутый фитоценоз, в большей степени закрытый для проникновения адвентивных видов. Поэтому возможно использование и остальных видов, адаптировавшихся к условиям первой стадии сукцессии растительности на отвалах угольных шахт Донбасса, для создания сообщества с большей дифференциацией экологических ниш.

Необходимо также учесть, что для данного исследования использовались данные, полученные по 100 м² площадкам, то есть полученные результаты характеризуют обобщенный

Таблица. 1 Относительная конкурентоспособность видов на первой стадии сукцессии отвалов угольных шахт Донбасса

Виды	Сензитивность	Ранг	Степень влияния	Ранг
<i>Reseda lutea</i> L.	0,165	1	0,2381	1
<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Löve	0,188	2	0,054	2
<i>Rumex crispus</i> L.	0,212	3	0,0462	3
<i>Erucastrum armoracioides</i> (Czern.ex Turcz.) Cruchet	0,225	4	0,042	4
<i>Polygonum aviculare</i> L.	0,246	5	0,0102	8
<i>Amaranthus albus</i> L.	0,248	6	0,0169	7
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	0,248	7	0,0038	11
<i>Persicaria maculata</i> (Rafin.) A. & D. Löve	0,255	8	0,0379	5
<i>Oberna behen</i> (L.) Ikonn.	0,262	9	0,0047	10
<i>Salsola australis</i> R.Br.	0,28	10	0,0075	9
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	0,291	11	0,0303	6

ряд сообществ и наблюдается заметная неоднородность в пределах учетных площадок, а для более точного регулирования развития фитоценозов на отвалах нужны еще и исследования взаимоотношений видов и в пределах отдельных фитоценозов, при небольшом размере пробной площади.

Второй коэффициент конкурентоспособности – степень влияния вида, показанный в таблице 1, вычисляется на основе средних значений чувствительности всех видов и тех же видов при исключении из расчетов того вида, который анализируется в данном случае (табл. 2) [4]. Для этого в таблице 2 приведена матрица данных по чувствительности для 10 видов из 11, учитываемых на первой стадии сукцессии, с поочередным исключением по одному виду. При рассмотрении этих данных открывается возможность выяснить дополнительные нюансы взаимоотношений видов. Так, в отсутствие *Reseda lutea* при расчете чувствительности амброзия из-за высокой чувствительности (0,558) остается на последнем месте по конкурентоспособности, но значительно нарушается порядок ранжирования по чувствительности других видов. При расчете же чувствительности без *Ambrosia artemisiifolia* в общем сохраняются группы сильных и слабых видов по их конкурентоспособности. Об этом же говорит и степень корреляции между последовательностью в ранжировании видов по чувствительности без *Ambrosia artemisiifolia* и без *Reseda lutea* в сравнении с ранжированием при расчете по всем видам. Коэффициенты ранговой корреляции составляют – 0,74 и 0,82 в первом и лишь 0,32 и 0,27 во втором случае. Для целей фиторегулирования *Ambrosia artemisiifolia* интерес могут представлять виды, которые в большей степени конкурируют именно с ней, поэтому их чувствительность в расчетах *Ambrosia artemisiifolia* должна снижаться. Это такие виды, как *Reseda lutea*, перешедший с первого места на третье (1→3), *Fallopia convolvulus* (2→4), *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (7→9), *Persicaria maculata* (8→10), то есть в общем те же, на которые мы уже обращали внимание. Видимо, их влияние объясняется не только конкурентоспособностью, проявляемой взрослыми растениями при их контакте, но еще и (учитывая размер пробной площади) способностью конкурировать за свободную территорию, а также шириной экологической амплитуды.

Таблица 2. Чувствительность видов на первой стадии сукцессии растительности отвалов угольных шахт Донбасса

Виды растений*	Чувствительность при исключении из расчета одного вида, для видов, приводимых в колонке №1 под номером:											Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Oberna behen</i>	—	0,29	0,18	0,17	0,25	0,27	0,28	0,14	0,23	0,27	0,22	0,23
<i>Persicaria maculata</i>	0,26	—	0,31	0,2	0,32	0,31	0,25	0,21	0,25	0,28	0,35	0,27
<i>Polygonum aviculare</i>	0,18	0,25	—	0,16	0,25	0,24	0,24	0,2	0,23	0,22	0,28	0,23
<i>Fallopia convolvulus</i>	0,24	0,31	0,25	—	0,34	0,33	0,23	0,18	0,29	0,4	0,33	0,29
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,28	0,34	0,26	0,24	—	0,31	0,23	0,24	0,2	0,26	0,31	0,27
<i>Digitaria sanguinalis</i>	0,19	0,29	0,2	0,2	0,31	—	0,29	0,12	0,24	0,27	0,29	0,24
<i>Rumex crispus</i>	0,3	0,3	0,31	0,25	0,32	0,37	—	0,15	0,24	0,26	0,32	0,28
<i>Reseda lutea</i>	0,4	0,56	0,45	0,4	0,59	0,53	0,45	—	0,49	0,4	0,48	0,47
<i>Ericastrum ammoracioides</i>	0,3	0,33	0,26	0,24	0,28	0,35	0,24	0,18	—	0,28	0,32	0,28
<i>Amaranthus albus</i>	0,23	0,31	0,21	0,3	0,29	0,28	0,21	0,14	0,27	—	0,29	0,25
<i>Salsola australis</i>	0,19	0,3	0,21	0,19	0,31	0,31	0,22	0,22	0,28	0,2	—	0,24

* полные названия видов приведены в табл. 1

Важным фактором в фитоценотическом контроле за развитием адвентивных видов на отвалах шахт может стать также временной, поскольку даже виды с меньшей конкурентоспособностью при более раннем расселении на отвалах и формировании ими развитого растительного покрова могут длительное время препятствовать развитию нежелательных видов вследствие статистического характера конкурентных влияний.

Таким образом, анализ взаимоотношений видов в пионерных сообществах отвалов угольных шахт Донбасса показывает, что существует возможность и в этих условиях проводить мероприятия по фитоценотическому контролю за развитием адвентивных видов, таких как *Ambrosia artemisiifolia*. Имеется ряд видов, превосходящих их конкурентоспособностью как по силе влияния, так и по чувствительности. Это позволяет подобрать видовой состав для рекультивационных фитоценозов, препятствующих расселению этого карантинного вида даже для таких экстремальных условий, которые существуют на отвалах шахт.

1. Жуков С. П. Каскадный эффект первинної сукцесії на відвалах вугільних шахт Донбасу // Укр. ботан. журн. - 1999. - № 1. - С. 5-10.
2. Жуков С. П. Про напрям антропогенної сукцесії рослинності відвалів вугільних шахт Донбасу // Укр. ботан. журн. - 1999. - № 3. - С. 254-249.
3. Жуков С. П. Метод розділення кореляцій при вивченні взаємозв'язків видів в багатовидових спільнотах // VII молодіжна конференція ботаників в С.-Петербурзі (Санкт-Петербург, май 2000 г.). - С.-Пб: Б. и., 2000. - С. 184.
4. Жуков С.П. Використання методу розділу кореляцій для вивчення взаємовідносин рослин // Укр. ботан. журн. - 2001. - № 6. - С. 17-24.
5. Жуков С. Динаміка спряженості видів на початку сукцесії рослинності відвалів вугільних шахт Донбасу // Актуальні проблеми флористики, систематики, екології та збереження біорізноманіття. Матеріали конф. мол. вчених-ботаніків України (Львів, Івано-Франково, 6-10 серпня 2002 р.). - Львів, 2002. - С. 149-150.
6. Мар'юшкіна В. Я. Варіанти фитоценотичного контролю амброзії полиннолистої. 3. // Питання біоіндикації та екології. - Вып. 7, № 2-3. - Запорожье, 2002. - С. 39-56.
7. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология. Принципы и методы. - М.: Наука, 1978. - 212 с.
8. Промышленная ботаника / Е.Н. Кондратюк, В.П. Тарабрин, Р.И. Бурда и др. - Киев: Наук. думка, 1980. - 260 с.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 01.03.2003

УДК 581.524

Взаимоотношения растений на первой стадии сукцессии растительности отвалов угольных шахт Донбасса / С.П. Жуков // Промышленная ботаника. - 2003. - Вып. 3. - С. 25-29.

Изучены взаимоотношения растений в пионерных сообществах отвалов угольных шахт Донбасса. На основе дальнейшего развития метода разделения корреляций проанализированы взаимоотношения *Ambrosia artemisiifolia* L., как аллергенного вида, требующего мер по фитоценотическому контролю за его распространением. Выявлены виды, наиболее перспективные для биологической борьбы с этим видом в условиях отвалов угольных шахт.

UDC 581.524

Plants interrelations at the first stage of succession of vegetation of the coal mines dumps in Donbass / S.P. Zhukov // Industrial botany. - 2003. - V. 3. - P. 25-29.

The relations of plants in pioneer communities of the coal mine dumps in Donbass have been studied. Based on the further developing the method of correlations separation we've analysed the relationships of *Ambrosia artemisiifolia* L. as allergenic species requiring measures of phytocenotic control of its spread. As a result, the species for biological control of this species under the conditions of dumps coal mines have been determined.