

Г. П. СЕРАЯ, Т. С. ЧИБРИК
Уральский университет

Особенности структуры и жизненность ценопопуляций многолетних злаков в экспериментальных посевах (Коркинский угольный разрез)

Основной задачей научных исследований, проводимых лабораторией промышленной ботаники Уральского университета на Коркинском угольном разрезе, является разработка практически приемлемой технологии биологической рекультивации выработанного пространства разреза в режиме сухой консервации. Характеристика разреза и краткая программа исследований по теме опубликованы (Чибрик, Красавин, 1981).

Решение поставленной задачи предусматривает закладку серии опытных стационарных участков (с посевами различных видов многолетних злаковых и бобовых трав, посадками деревьев и кустарников) на разных глубинах и с учетом специфики состава пород. Состояние экспериментальных посевов и посадок выступает при этом интегральным показателем пригодности всего комплекса экологических условий для биологической рекультивации. Однако получение фактических данных, необходимых для более точной и объективной оценки состояния формирующихся культурфитоценозов, их динамики во времени и пространстве, связано с определенными методическими трудностями, обусловленными растянутостью прорастания семян, изреженностью посевов вследствие эрозионных размывов и гибели растений под влиянием крайне неблагоприятных эдафических условий. В результате наблюдается разновозрастность и значительная дифференциация особей в посевах по жизненному состоянию. Отсюда вытекает необходимость популяционного подхода при анализе экспериментальных посевов. Первые результаты применения этого метода в Коркинском угольном разрезе приведены ранее (Серая, Чибрик, 1982).

В основу написания настоящей работы легли материалы по сравнительному анализу структуры и продуктивности экспериментальных посевов многолетних злаков (костра безостого, полевицы белой, регнерии волокнистой) на 3-й год жизни растений. Основное внимание было обращено на выявление особенностей, пространственной, возрастной и морфологической

Таблица 1
Химическая характеристика грунтов опытных участков Коркинского угольного разреза

Опытный участок	Глубина, м	рН		Сухой остаток, %	Тип засоления	С, %		Р ₂ O ₅		K ₂ O
		водный	солевой			общий	гумус	мг/100 г		
I	14	4,7—8,45	4,27—7,52	0,12—1,04	Сульфатный, кальциевый	0,46—5,86	0,18—1,31	0,45—3,59		6,5—19,6
II	72	4,2—8,10	3,93—7,20	1,09—1,74	Сульфатный, кальциевый	1,4—6,10	0,3—1,19	0,45—3,34		7,0—19,5
III	64	6,7—8,48	6,35—7,35	0,24—0,54	Не засолен	1,18—8,75	0,25—0,56	0,47—3,19		8,75—22,25

структуры ценопопуляций с целью получения более объективной оценки их жизнеспособности в зависимости от конкретных условий произрастания.

Экспериментальные участки были заложены в Коркинском угольном разрезе на бермах южного борта. Поверхность участков предварительно спланирована бульдозером. Многолетние травы испытаны в двух вариантах: 1) порода (контроль), 2) порода + N₉₀P₆₀K₆₀ (опыт) — на участках, расположенных на глубине 14, 72, 64 м от дневной поверхности (соответственно участки I, II и III). Участки вытянуты вдоль берм с востока на запад. Повторность опыта 3-кратная. Площадь делянок выбрана в зависимости от наличия доступной территории берм и составляет 5 м² (1×5). Делянки расположены поперек берм.

Породный состав участков различен: I — запесоченные глины; II — аргиллит-алевролитистая смесь, перекрытая гореликом; III — продукты выветривания песчаников и алевролитов. Агрохимические показатели на участках сильно варьируют (табл. 1). Реакция среды на всех участках колеблется от кислой (рН=4,2) до щелочной (рН=8,48). На I и III участках породы могут быть отнесены по ГОСТу 17.5.1.03—78 к малопригодным для биологической рекультивации, а на II к непригодным, так как при рН>6,5 сумма токсичных солей (сухой остаток) >1,0 % у всех образцов с участка. В засоленных образцах из анионов в избытке SO₄⁻², из катионов Ca⁺². Обеспеченность доступными фосфатами очень низкая. Наблюдается некоторое колебание по обеспеченности обменным калием. Если рассматривать обеспеченность этим элементом питания из расчета возделывания самых малотребовательных культур (зерновые и многолетние травы), то на I участке 33 % образцов показали низкую, 53 % — среднюю и 14 % высокую обеспеченность обменным калием (соответственно на II участке 17, 33, 50 %;

III — 15, 60 и 25 %). Из чего следует, что для I и III участков можно говорить о средней, а для II — о высокой обеспеченности обменным калием. Наблюдается более высокое содержание обменного калия в верхнем 0—2 см и 0—5 см слое. Вероятно, это связано с биогенным его накоплением. Четкой закономерности изменения других химических показателей по глубине профиля не наблюдается.

Помимо визуальных наблюдений и геоботанического описания посевов с целью получения необходимых данных для характеристики численности и состава ценопопуляций злаков на разных экспериментальных участках закладывались учетные площадки ($0,5 \times 0,5 \text{ м}^2$) в 3-кратной повторности по каждому варианту опыта. Все особи исследуемых видов в пределах учетных площадок выкапывались для проведения морфологического анализа и установления их возрастного состояния. У анализируемых растений подсчитывалось количество ортотропных и плагиотропных побегов в зоне кущения, измерялись высота вегетативных, генеративных побегов, а также длина корневищ и соцветий. В лабораторных условиях определялась биомасса всех надземных побегов в воздушно-сухом состоянии. Степень развития и биомасса корневой системы не учитывались.

Принимая во внимание тот факт, что исследуемые виды злаков относятся к разным типам биоморф, для сравнительной характеристики численности, а также структуры ценопопуляций в качестве счетной единицы (ценобионта), бралась не особь в целом, а относительно обособленные ее части, которые могут рассматриваться как элементарные центры воздействия особи на среду, т. е. «фитоценоотические счетные единицы» (Ценопопуляции растений, 1976). В качестве ценобионтов в нашей работе рассматриваются у костра безостого и полевицы белой единичные парциальные побеги или кусты, у регнерии волокнистой, соответственно, единичные партикулы, представляющие собой систему побегов двух-трех порядков ветвления, тесно связанных между собой в пределах единой зоны кущения.

Как известно, одним из наиболее существенных признаков ценопопуляции, как биологической системы надорганизменного уровня, является численность, которая может подвергаться значительной пространственно-временной изменчивости (Ценопопуляции растений, 1977). Это замечание является справедливым не только для дикорастущих, но и для культивируемых растений. Экспериментальные посевы многолетних злаков за сравнительно короткий промежуток времени претерпели существенные изменения в численности и характере размещения растений по площади, что характерно как для контрольных, так и для опытных делянок (табл. 2). Отмечается значительное изреживание посевов костра безостого и полевицы белой на II участке, наименее благоприятном для роста и развития растений по агрохимическим свойствам грунта (повышенная

Таблица 2

Плотность ценопопуляций многолетних злаков в экспериментальных посевах

Опытный участок	Вариант	Учетная площадка	Число ценобионтов на 0,25 м²		
			костер безостый	полевица белая	регнерия волокнистая
I	Контроль	1	225	207	210
		2	169	87	119
		3	142	0	0
	Опыт	1	194	82	186
		2	239	97	107
		3	303	0	158
II	Контроль	1	0	0	224
		2	76	81	118
		3	54	71	174
	Опыт	1	45	123	191
		2	34	100	239
		3	0	349	178
III	Контроль	1	0	271	163
		2	0	238	134
		3	0	433	131
	Опыт	1	45	335	170
		2	75	366	185
		3	100	327	180

Примечание: 0 — отсутствие культурных растений на деланке

кислотность, засоленность). Причиной полного выпадения культурных растений из посевов на I и III участках являются эрозийные процессы (смыв семян, засыпание рядков и др.), в результате чего в посевах образуются «редины» или «плеши», которые постепенно зарастают сорняками. Определенную роль в изменении общей численности, а также плотности произрастания растений на 3-й год их жизни, играет, по-видимому, и обострение конкурентных отношений, что обусловлено крайне неблагоприятными эдафическими условиями, в частности, недостатком элементов минерального питания в грунтах. В пользу этого предположения свидетельствует тот факт, что в опытном варианте, по сравнению с контролем, наблюдается лучшее сохранение посевов. Улучшение условий минерального питания способствует выживанию особей в начальной стадии их онтогенеза (проростки, всходы, ювенильные особи), что влечет за собой лучшее сохранение и более равномерное размещение растений по площади (в рядках).

Помимо горизонтальной неоднородности пространственная структура ценопопуляций многолетних злаков на 3-й год жизни характеризуется и вертикальной анизотропностью. Расчленение травостоя на несколько ярусов и подъярусов в соответствии

Таблица 3

Варьирование высоты побегов в ценопопуляциях многолетних злаков в зависимости от условий произрастания

Опытный участок	Вариант	Высота побегов, см				
		вегетативных			генеративных	
		$M \pm t$	лимиты	коэф. вариации, %	$M \pm t$	лимиты

Костер безостый

I	Контроль	19,2±0,4	1,4—50,0	43,2	63,1±2,3	30,1—95,0	21,0
	Опыт	24,1±0,6	5,1—60,0	46,0	65,9±2,1	35,5—95,0	18,6
II	Контроль	17,9±0,6	5,6—35,0	31,8	48,7±1,7	20,1—60,0	18,0
	Опыт	17,4±0,7	4,7—30,0	32,0	46,6±3,3	15,6—75,0	17,4
III	Контроль	—	—	—	—	—	—
	Опыт	16,2±0,5	1,1—35,0	38,6	47,7±1,5	20,1—70,0	24,9

Полевца белая

I	Контроль	5,9±0,3	1,1—15,0	59,0	28,2±1,5	10,1—50,0	31,0
	Опыт	10,7±0,6	1,3—30,0	52,0	33,6±1,1	5,1—60,0	29,0
II	Контроль	9,7±0,6	1,2—20,0	42,0	22,1±0,6	5,1—40,0	28,0
	Опыт	8,8±0,5	1,4—25,0	58,0	29,6±0,7	5,5—55,0	38,0
III	Контроль	10,3±0,6	1,1—35,0	55,0	39,4±0,9	4,9—75,0	36,0
	Опыт	13,9±0,5	1,4—30,0	46,0	42,8±1,0	5,1—75,0	41,0

Регнерия волокнистая

I	Контроль	21,0±0,5	5,1—45,0	33,0	57,8±1,8	20,1—75,0	19,0
	Опыт	24,0±0,5	5,1—50,0	36,0	58,3±2,7	30,1—90,0	27,0
II	Контроль	17,8±0,4	1,1—35,0	41,0	51,3±1,3	20,4—85,0	29,0
	Опыт	23,5±0,6	5,1—40,0	33,0	48,4±1,6	10,7—90,0	37,0
III	Контроль	21,7±0,7	1,7—55,0	45,0	52,0±0,9	15,1—85,0	24,0
	Опыт	24,8±0,6	5,4—50,0	33,0	57,3±1,1	20,1—95,0	28,0

с высотой надземных побегов обусловлено, прежде всего, существованием в составе ценопопуляций групп особей, различающихся по возрастному состоянию. Помимо этого следует отметить, что в пределах одной возрастной группы наблюдается значительное варьирование особей по высоте надземных побегов (табл. 3).

Можно предположить, что возникновению сложной вертикальной структуры ценопопуляций многолетних злаков способствует не только одновременность прорастания высеванных семян, но и индивидуальная изменчивость, проявляющаяся в разных темпах онтогенетического развития особей, а также в разной интенсивности ростовых и органообразовательных процессов. Вертикальная анизотропность ценопопуляций позволяет растениям более полно использовать материальные и энергетические ресурсы среды и свидетельствует о высокой приспособляемости исследуемых видов злаков.

Таблица 4

**Возрастная структура ценопопуляций многолетних злаков
в зависимости от условий произрастания**

Опытный участок	Вариант	Число ценобионтов возрастной группы, %		
		ювенильные	виргинильные	генеративные
Костер безостый				
I	Контроль	11,0	82,0	7,0
	Опыт	10,0	85,0	5,0
II	Контроль	—	78,0	22,0
	Опыт	—	81,0	19,0
III	Контроль	—	—	—
	Опыт	—	69,6	30,4
Полевца белая				
I	Контроль	10,2	78,9	10,9
	Опыт	—	55,7	44,3
II	Контроль	3,1	26,4	70,5
	Опыт	2,9	21,8	75,2
III	Контроль	—	33,9	66,1
	Опыт	—	19,3	80,7
Регнерия волокнистая				
I	Контроль	8,2	79,9	11,9
	Опыт	3,6	88,6	7,8
II	Контроль	1,9	56,4	41,7
	Опыт	0,5	48,5	51,0
III	Контроль	—	49,7	50,3
	Опыт	0,9	40,2	58,9

Изучение морфобиологического разнообразия особей показало значительную степень их дифференциации по уровню онтогенетического развития, а также по мощности вегетативных и генеративных органов. В составе исследуемых ценопопуляций выделяются группы особей разного возрастного состояния: ювенильные, вегетативные и генеративные. Своеобразие возрастного спектра (табл. 4) является следствием как растянутости периода прорастания высеванных семян, так и проявлением генотипической разнокачественности особей, а также результатом влияния различных экологических и фитоценологических факторов на темпы их онтогенеза. Так, например, определенная задержка в развитии растений наблюдается на I экспериментальном участке, где в составе ценопопуляций всех исследуемых видов злаков доля генеративных особей значительно ниже, а ювенильных соответственно выше по сравнению с другими участками. Сравнительный анализ полученных данных показывает, что возрастной спектр ценопопуляций отражает также и биологические особенности вида. Так, на всех экспериментальных участках в посевах костра безостого на 3-й год жизни явно преобладают молодые вегетативные особи, что связано, по-види-

Таблица 5

Изменение мощности ценобионтов в зависимости от возрастного состояния и условий произрастания

Опытный участок	Вариант	Виргинильные особи		Генеративные особи		
		высота побегов, см	количество побегов в зоне кущения, шт	высота побегов, см	количество побегов в зоне кущения, шт	длина со- цветий, см
Костер безостый						
I	Контроль	19,2±0,4	2,5±0,1	63,1±2,3	2,4±0,1	8,4±0,1
	Опыт	24,1±0,6	3,1±0,1	65,9±2,1	3,1±0,1	9,4±0,1
II	Контроль	17,9±0,6	3,5±0,1	48,7±1,7	3,0±0,2	7,9±0,1
	Опыт	17,4±0,7	3,6±0,1	46,6±3,3	3,5±0,2	8,0±0,1
III	Контроль	—	—	—	—	—
	Опыт	16,2±0,5	2,9±0,1	47,7±1,4	2,5±0,1	7,2±0,1
Полевица белая						
I	Контроль	5,9±0,3	1,3±0,1	28,2±1,5	2,9±0,4	6,0±0,2
	Опыт	10,7±0,6	1,8±0,1	33,6±1,1	4,4±0,4	7,3±0,3
II	Контроль	2,7±0,6	1,1±0,1	22,1±0,6	1,4±0,1	5,6±0,3
	Опыт	9,8±0,5	1,2±0,1	29,6±0,7	1,6±0,1	8,2±0,3
III	Контроль	10,3±0,6	1,3±0,1	39,4±0,8	1,6±0,1	7,8±0,3
	Опыт	13,9±0,5	1,5±0,1	42,8±1,0	1,3±0,1	9,6±0,3
Регнерия волокнистая						
I	Контроль	21,0±0,5	1,3±0,1	57,8±1,8	3,0±0,3	8,9±0,3
	Опыт	24,3±0,5	2,3±0,1	58,3±2,7	6,3±0,6	9,1±0,3
II	Контроль	17,8±0,5	1,4±0,1	51,3±1,3	2,3±0,1	7,7±0,2
	Опыт	23,5±0,6	2,0±0,1	50,4±1,6	3,0±0,1	8,4±0,3
III	Контроль	21,7±0,7	1,5±0,1	52,0±0,9	1,8±0,1	7,8±0,2
	Опыт	24,8±0,6	1,8±0,1	57,3±1,1	1,9±0,1	8,7±0,3

мому, с характерной для этого вида растянутостью периода прорастания семян. В посевах же полевицы белой и регнерии волокнистой на 3-й год жизни растений преобладают генеративные особи. Группа ювенильных растений, включая проростки и всходы, составляет незначительный процент. Однако их присутствие свидетельствует о способности ценопопуляции к семенному возобновлению, что является важным обстоятельством при создании культурфитоценозов долгосрочного использования. Специальные исследования, проведенные с целью изучения абсолютного веса, энергии прорастания и всхожести семян многолетних злаков, собранных в конце вегетационного периода на экспериментальных участках, показали вполне удовлетворительные посевные качества семян.

Возрастной спектр, а также численность и мощность взрослых особей, являются основными признаками жизненности ценопопуляций (Ценопопуляции растений, 1976). Мощность взрослых особей отражает интенсивность ростовых и органо-

Таблица 6

Изменение жизненности ценопопуляций многолетних злаков в зависимости от условий выращивания

Опытный участок	Вариант	Число ценобионтов на 0,25 м²			Вес воздушно- сухой биомассы надземных побегов на 0,25 м², г
		всего	в том числе		
			вегетативных	генеративных	
Костер безостый					
I	Контроль	178,6	166,9	11,7	40,2 ± 4,1
	Опыт	245,3	233,6	11,7	57,8 ± 6,1
II	Контроль	65,0	51,0	14,0	26,1 ± 4,1
	Опыт	39,5	32,0	7,5	14,1 ± 3,1
III	Контроль	—	—	—	—
	Опыт	73,3	51,0	22,3	23,3 ± 12,3
Полевика белая					
I	Контроль	147,0	131,0	16,0	5,8 ± 0,1
	Опыт	88,0	49,0	39,0	19,8 ± 5,4
II	Контроль	76,0	22,5	53,5	8,4 ± 1,2
	Опыт	190,7	66,4	124,3	42,9 ± 6,7
III	Контроль	314,0	106,3	207,7	53,0 ± 23,4
	Опыт	342,0	66,3	276,3	79,2 ± 19,2
Регнерия волокнистая					
I	Контроль	164,5	145,0	19,5	17,4 ± 9,6
	Опыт	149,0	137,3	11,7	33,1 ± 11,2
II	Контроль	172,0	100,0	71,7	33,6 ± 1,8
	Опыт	202,7	99,4	103,3	60,2 ± 1,4
III	Контроль	142,7	71,0	71,7	32,1 ± 3,3
	Опыт	178,3	73,3	105,0	65,2 ± 14,0

образовательных процессов и позволяет судить о степени соответствия условий произрастания эколого-биологическим особенностям вида. О мощности отдельных ценобионтов можно судить по достигнутым размерам, т. е. по конечным параметрам, характеризующим отдельные органы.

Проведенный морфологический анализ показал, что при внесении минеральных удобрений мощность особей возрастает и это проявляется в более высоких показателях, характеризующих морфологические признаки у растений опытного варианта по сравнению с контролем (табл. 5).

Положительная реакция растений на улучшение условий минерального питания особенно наглядно проявилась у регнерии волокнистой и полевицы белой. Эффективность внесения минеральных удобрений зависит от агрохимических свойств грунта. На I и III экспериментальных участках, где эдафические условия более благоприятны для роста и развития растений, положительное влияние минеральных удобрений проявилось более отчетливо.

От численности и размеров отдельных ценобионтов зависит

и мощность ценопопуляции в целом — один из важных показателей ее жизненного состояния. Показателем мощности ценопопуляции может служить общая биомасса надземных побегов растений. Полученные данные (табл. 6) показывают, что продукция, получаемая с единицы площади, зависит не только от мощности ценобионтов, но и от численности и соотношения вегетативных и генеративных особей. На внесение минеральных удобрений все исследуемые злаки реагировали положительно, в результате чего биомасса надземных побегов в опытном варианте, по сравнению с контролем, возросла в 1,5—3 раза.

Выявленные особенности пространственной, возрастной и морфологической структуры свидетельствуют о достаточно высоком уровне жизненности ценопопуляций многолетних злаков, что отражает удовлетворительное состояние экспериментальных посевов костра безостого, полевицы белой и регнерии волокнистой. Полученные данные указывают на эффективность внесения минеральных удобрений при создании культурфитоценозов в условиях Коркинского угольного разреза.

Таким образом, проведенные исследования показывают перспективность использования методов популяционного анализа при изучении состояния экспериментальных посевов в условиях нарушенных промышленностью земель, а также при оценке состояния культурфитоценозов, созданных на них при биологической рекультивации.

ЛИТЕРАТУРА

- Серая Г. П., Чибрик Т. С., 1982. Сравнительная характеристика экспериментальных посевов многолетних трав в условиях Коркинского разреза.— В кн.: Рекультивация земель в СССР. Тез. Всесоюз. науч.-техн. конф. М., т. 2.
- Ценопопуляции растений. (Основные понятия и структура), 1976. М.
- Ценопопуляции растений. (Развитие и взаимоотношения), 1977. М.
- Чибрик Т. С., Красавин А. П., 1981. К проблеме рекультивации выработанных пространств глубоких угольных разрезов.— В кн.: Почвообразование в антропогенных условиях. Свердловск.