

А. Н. З И Р О Я Н

К МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ
ФИТОЦЕНОЗОВ

Определение продуктивности надземной части травостоя обычно связано с большой затратой труда и времени. Затрата труда особенно велика при массовых обследованиях фитомассы ценозов. Для того, чтобы эти исследования имели определенную достоверность и точность, необходимо применить методику, которая при наименьшем объеме работы дала бы наиболее точный показатель. Требования, необходимые для получения достоверных данных в работах по биологической продуктивности, предложены В.И.Василевичем (2,3).

В научной литературе нет единой точки зрения, касающейся количества и величины учетных площадок. Для определения биопроductивности ценозов некоторые авторы предлагают брать большие площадки размером в 50-100 м² в 1-2 кратной повторности (12, 23). Другие более мелкие площадки размером в 0,25; 0,5 или 1 м², но в большом количестве (4, 14, 16, 24 и др.). В последнее время, с применением статистических методов обработки, появились работы, в которых обосновано необходимое количество учетных площадок для определения биологической продуктивности (1, 5, 7-10, 17, 18, 21, 22).

Однако предложенные методы не являются универсальными и применяются только для определенных растительных ценозов.

Для условий высокогорий, в частности Армении, с разнообразными почвенно-климатическими условиями, обуславливающими своеобразный растительный покров, предложенные методы не позволяют получить достоверные данные по их биопроductивности. Исходя из этого нами разрабатывался метод учета биопроductивности с заданной точностью для условий южного макросклона г.Арагац.

Для установления требуемого оптимального количества и размеров площадок, позволяющего наиболее точно определить биологическую продуктивность различных фитоценозов по профилю южного макросклона г.Арагац в пределах 1100-3200 м над ур.м., были проведены специальные исследования с закладкой опытных площадок разной величины и их общей поверхности (табл.1-3).

Зависимость размеров площадок и их числа от точности полученных результатов для каждой формации проведены в наиболее типичных и распространенных сообществах.

Сделана попытка разработать также косвенный метод определения продуктивности надземной массы основных компонентов фитоценозов, который значительно упрощает и ускоряет учет фитомассы в полевых условиях.

Статистическая обработка полученных данных по массе травянистой растительности полупустынных сообществ показала (табл. I), что увеличение размера учетных площадок приводит к резкому уменьшению как среднего квадратического отклонения (E) и коэффициента их вариации (V), так и относительной ошибки (P) и требуемого числа площадок. В связи с этим увеличение размеров площадок приводит к непропорционально сильному уменьшению их числа. Так увеличение размера площадки в 16 раз (с 25х25 см до 100х100 см) приводит к уменьшению требуемого числа площадок при $P=5\%$, 10% и 15% соответственно в 18,6; 18,2 и 16,5 раза. Поэтому, например, для получения достоверных данных наиболее выгодно в полынно-мятловых ассоциациях использование площадок размером 100х100 см, так как в данном случае общая площадь учета заметно меньше. Это объясняется в основном неравномерным распределением растительного покрова, в частности его основных эдификаторов. Полынь, являющаяся основным эдификатором в полупустынных ценозах, расположенные друг от друга на расстоянии 30–50 см, весной, вместе с эфемерами и эфемероидами на маленьких площадках встречаются в различном количестве, что и приводит к увеличению коэффициента вариации. Более крупные площадки охватывают несколько пятен этой мозаики и, следовательно, коэффициент вариации будет меньше.

Как показали данные наших вычислений, для определения надземной растительной массы с точностью $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ и $\pm 15\%$ необходимо в полупустынных сообществах брать в среднем соответственно 18; 5 и 2 учетных площадки по 1 м². При переходе от $P=5\%$ к $P=10\%$ и 15% число площадок снижается соответственно в 4–9 раз, а при переходе от $P=10\%$ к $P=15\%$ – в 2,5 раза. Как отмечает В.И. Василевич (3), не всегда рационально получать среднее с ошибкой 2–5%. Нужно стремиться не к более точным методикам, а к наиболее быстрому и легкому пути получения среднего с точностью 10–15%. В нашем случае целесообразно получить данные с точностью 10%, закладывая, в зависимости от характера ассоциации, 4–7 площадок по 1 м².

Анализ результатов, полученных для лугостепных ассоциаций (табл. I), показал, что увеличение размера учетной площадки в 16 раз приводит к уменьшению требуемого числа площадок в среднем в 15 раз. При таком изменении наиболее выгодными в луговых ассоциациях оказались площадки размером 100х100 см, а площадки размером 25х25 см

Таблица I
Статистическая обработка данных по продуктивности надземной части травяного
покрова в различных сообществах

№№	Ассоциации	Размер (см) и площадь (см ²) пло- щадки	Число по- вторностей	Сухой вес, г				Необходимое число и общая площадь площадок в (см ²) при точности (Р)		
				M ^{±m}	E	V, %	P%	±5%	±10%	-15%
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Полупустынные									
I	Artemisia fragrans+Poa bulbosa-Astragalus orni- thopodioides-Carex pachy- stylis- Kochia prostra- ta- Ephemerae	25x25	40	8,3 ^{±1,13}	7,1	85,5	13,5	297 185625	73 45625	33 20625
		50x50 2500	40	33,0 ^{±2,64}	16,7	50,6	8,0	103 257500	26 67000	14 35000
		50x100 5000	20	64,5 ^{±4,58}	20,5	31,8	7,1	40 200000	10 50000	5 25000
		100x100 10000	20	130,0 ^{±5,75}	25,7	19,8	4,4	16 160000	4 40000	2 20000
II	Artemisia fragrans-Carex pachystylis-Ephemerae	100x100 10000	10	72,4 ^{±5,21}	16,5	22,8	7,2	21 210000	5 50000	2 20000
III	Artemisia fragrans+Vero- nica microcarpa+Astraga- lus ornithopodioides- Ephemerae	100x100 10000	10	92,6 ^{±6,94}	21,9	23,7	7,5	22 220000	6 60000	3 30000
IV	Artemisia fragrans+Astra- galus ornithopodioides- A. takhtajanii-Ephemerae	100x100 10000	10	120,2 ^{±9,73}	30,8	25,6	8,1	26 260000	7 70000	3 30000

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Дугостепные	25x25 625	40	14,0±1,52	9,6	68,6	10,9	188 117500	47 29375	21 13125
I	Trifolium trichocephalum+ Salvia verticillata-Beto- nica orientalis+Trifolium alpestre+Medicago papilo- sa-Plantago atrata-Stipa lessingiana	50x50 2500	40	52,6±3,68	23,3	44,3	7,0	78 195000	20 50000	9 22500
		50x100 50000	20	108,2±6,70	30,0	27,7	6,2	31 155000	8 40000	4 20000
		100x100 10000	20	213,6±8,54	38,2	17,8	4,0	13 130000	3 30000	1 10000
II	Trifolium trichocephalum+ Filipendula hexapetala+ Poa bulbosa-Stipa lessin- giana	100x100 10000	10	326,4±27,10	85,6	26,2	8,3	28 280000	7 70000	3 30000
III	Festuca sulcata-F.ovina+ Filipendula hexapetala- Dactylis glomerata-Poa bulbosa	100x100 10000	10	134,7±5,25	16,6	12,3	3,9	6 60000	2 20000	1 10000
IV	Festuca ovina-Dactylis glo- merata-Betonica orientalis- Ajuga orientalis-Myosotis alpestris	100x100 10000	5	225,0±22,5	50,3	22,4	10,0	21 210000	5 50000	2 20000
y	Festuca ovina-Astragalus incertus-Ziziphora tenui- or-Veronica kurdica+Sib- baldia semiglabra-Veronica gentianoides	100x100 10000	5	38,3±5,25	11,7	30,5	13,7	38 380000	9 90000	4 40000

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	Альпийские	25x25								
	Campanula tridentata-	25x25	40	5,4 $\pm$ 0,27	1,7	31,5	5,0	40	10	5
	Sibbaldia semiglabra+	625						25000	6250	3125
	Astragalus incertus-	50x50	40	20,1 $\pm$ 0,58	3,6	18,0	2,9	13	3	1
	Colpodium araraticum+	2500						32500	7500	2500
II	Veronica gentianoides	50x100	20	42,2 $\pm$ 1,39	6,2	14,7	3,3	9	2	1
		5000						45000	10000	5000
		100x100	20	83,4 $\pm$ 2,08	9,3	11,1	2,5	5	1	1
		10000						50000	10000	10000
III	Taraxacum stevenii+Pri-	50x50	10	15,0 $\pm$ 0,75	2,3	15,3	5,0	10	2	1
	mula algida+Cirsium	2500						25000	5000	2500
IV	rhizocephalum	100x100	10	57,3 $\pm$ 1,95	6,1	10,6	3,4	5	1	1
		10000						50000	10000	10000
	Campanula tridentata+Pedi-	50x50	8	15,1 $\pm$ 0,90	2,5	16,5	6,0	11	3	1
V	cularis sibthorpii-P.cras-	2500						27500	7500	2500
	sistrostris-Colpodium arara-									
VI	ticum-Cirsium caucasicum+									
	Sibbaldia semiglabra									
VII	Carum caucasicum- Trifo-	50x50	8	24,9 $\pm$ 1,76	4,9	19,7	7,1	16	4	2
	lium ambiguum-Carex oreo-	2500						40000	10000	5000
VIII	phila+Veronica gentianoi-									
	des+Campanula tridentata									

Таблица 2

Состав, проективное покрытие и масса мхов в различных сообществах

№№ жж	Состав мхов	Проективное покрытие, %							Сухой вес, г/м ²			
		M±m	E	У, %	Р, %	Необходимое число площадок при точности (Р)			M±m	E	У, %	Р, %
						±5%	±10%	±15%				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
II	Полупустынные Pterygoneurum ovatum+ Bryum argenteum-B.sp.+ Tortula desertorum- T.ruralis+Grim laevigata	15,10±2,27	5,10	33,7	15,0	45	11	5	5,30±0,67	1,50	28,3	12,6
I	Bryum sp.+B.argenteum+ Pterygoneurum ovatum+ Grimmia laevigata- G.ovalis	10,40±2,91	6,51	62,6	27,9	157	39	19	3,10±0,35	0,80	25,8	11,3
IV	Tortula desertorum+ T.ruralis+Bryum argenteum+B.sp.-Pterygoneurum ovatum- Grimmia laevigata	5,92±1,50	3,38	58,0	25,7	116	30	14	2,66±0,83	1,87	70,0	31,2
III	Bryum argenteum-B.sp.+ Tortula ruralis+ Grimmia laevigata	4,40±1,34	3,00	67,7	30,4	187	47	20	2,66±0,53	1,19	59,5	25,0

Продолжение таблицы 2

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2	I3
Дугостепные												
IV	<i>Brachythecium rivulare</i>	22,9 $\pm$ 2,96	6,63	28,9	12,9	34	8	4	18,86 $\pm$ 1,88	4,29	22,8	10,0
I	<i>Thomenthypnum nitens</i> + <i>Bryum argenteum</i> +B. sp.+ <i>Tortula princeps</i> * ^ж	18,0 $\pm$ 3,27	7,33	40,7	18,1	60	16	7	10,68 $\pm$ 2,68	6,10	57,1	25,0
II	<i>Tortula ruralis</i> + <i>Bryum argenteum</i> + B.sp.	14,1 $\pm$ 2,74	6,15	43,6	19,4	76	19	8	7,25 $\pm$ 0,72	1,63	22,4	10,0
Альпийские												
I	<i>Polytrichum piliferum</i> + <i>P.juniperinum</i> + <i>Bryum</i> sp.+ B.sp.- <i>Desmatodon latifolius</i> - <i>Lichenes</i> sp.* ^{жж}	37,2 $\pm$ 5,06	11,31	30,4	13,6	37	9	4	18,0 $\pm$ 1,80	4,02	22,3	10,0
	<i>Hypnum lindbergii</i> + <i>H.revolutum</i> + <i>Philonotis fontana</i> - <i>Brachythecium rivulare</i>											
	<i>Bryum</i> sp.-B.sp.- ² + <i>Desmatodon latifolius</i>											
II	<i>Hypnum lindbergii</i> + <i>H.revolutum</i> + <i>Philonotis fontana</i> - <i>Brachythecium rivulare</i>	20,3 $\pm$ 1,97	4,40	21,6	9,7	19	5	2	14,7 $\pm$ 1,98	4,33	29,4	13,5
III	<i>Bryum</i> sp.-B.sp.- ² + <i>Desmatodon latifolius</i>	48,0 $\pm$ 4,80	10,73	22,3	10,0	20	5	2	22,5 $\pm$ 2,00	4,47	19,9	8,9

* - произрастают на камнях, жж - ассоциации по номерам в таблице I, жжж - так как обнаружена тесная связь между проективным покрытием и сухой массой мхов, то расчеты необходимого числа учетных площадок для покрытия вполне приемлемы и для определения сухой массы

Таблица 3

Состав, проективная поверхность и масса лишайников в различных сообществах

Местообитания по характеру каме- нистости		Состав лишайников	Проективная поверхность, %							Сухой вес, г/м ²			
			M [±] м	Е	V, %	P, %	Необходимое число площадок при точности (P)			M [±] м	Е	V, %	P, %
							±5%	±10%	±15%				
I	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Полупустыни													
<u>Малокаменистые</u> (Д=10-30 см)		<i>Parmelia pulla</i> +											
покрытие 10-30%		<i>Lecanora frustu- losa</i>	3,20±0,76	2,15	67,2	24,0	278	45	20	7,10±1,57	4,44	62,5	22,2
<u>Мелкокаменистые</u> (Д=5-30 см)		<i>Parmelia pulla- Lecanora frustulo- sa-Collema tenax</i> ^а											
покрытие 10-20%			1,92±0,54	1,53	79,7	28,5	260	65	29	3,58±0,96	2,71	25,7	26,9
Лугостепи													
<u>Крупнокаменистые</u> (Д=50-100 см)		<i>Lecidea goniophila</i> +											
покрытие 25-60%		<i>Candelariella vit- lelina</i>	5,02±0,74	2,10	41,8	14,9	71	18	8	13,71±1,78	5,04	36,8	13,0
<u>Малокаменистые</u> (Д=10-30 см)		<i>Lecidea goniophila- Candelariella vit- lelina-Cladonia chlorophaea</i> ^а											
покрытие 10-30%			1,75±0,35	0,99	56,6	20,4	129	32	14	5,20±0,96	2,72	52,3	18,6

Продолжение таблицы 3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Альпийские												
Крупнокаменистые (Д=50-100 см) покрытие 60-80%	<i>Lecidea atrobrunnea</i> + <i>Rhizocarpon geographicum</i> + <i>Parmelia stenophylla</i>	5,24±0,85	2,40	45,8	16,2	84	21	10	15,20±1,83	5,19	34,1	12,0
Среднекаменистые (Д=30-70 см) покрытие 40-60%	<i>Placolecnora melanophthalma</i> + <i>P.muralis</i> + <i>Hypogymnia encausta</i> + <i>Aspecilia caesocinerea</i> + <i>Acarospora fuscata</i>	2,95±0,53	1,50	50,8	18,0	100	25	12	13,00±2,66	7,53	58,6	20,5
Мелкокаменистые (Д=5-30 см) покрытие 80-100%	<i>Rhizocarpon geographicum</i> + <i>Lecidea atrobrunnea</i> + <i>Parmelia stenophylla</i>	9,68±1,05	2,97	30,7	10,8	38	9	4	18,50±1,77	5,01	27,0	9,6
Малокаменистые (Д=10-30 см) покрытие 10-30%	<i>Aspecilia sp.</i> + <i>Placolecnora melanophthalma</i> + <i>Lecidea atrobrunnea</i> + <i>Cladonia chlorophaea</i>	1,60±0,25	0,71	43,1	15,7	79	20	9	4,41±0,62	1,76	39,9	14,1

x - произрастают на почве

Таблица 4

Вес сухой массы (мг/см^2) и содержание органических веществ (%)
доминирующих видов лишайников

7-824

В и д	п	$M \pm m$	Е	У, %	Р, %	Необходимое число площадок при точности (Р)			Орг. в-ва, %
						$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 15\%$	
<i>Placolecnora melano-phthalma</i>	23	$60,13 \pm 6,57$	31,53	52,4	10,9	106	27	12	95
<i>Lecidea atrobrunnea</i>	30	$33,17 \pm 1,98$	10,90	32,8	5,6	43	11	5	79
<i>Aspicilia</i> sp.	30	$23,10 \pm 1,27$	7,00	30,3	5,5	37	9	4	86
<i>Rhizocarpon geographicum</i>	23	$19,70 \pm 2,35$	11,20	56,8	11,9	129	32	14	83
<i>Parmelia stenophylla</i>	23	$16,56 \pm 2,14$	10,30	62,2	12,9	157	39	18	94

-97-

можно рекомендовать лишь для фитоценозов с низким и разреженным травостоем. При точности опыта в 5; 10 и 15% требовалось соответственно в среднем 6-38; 2-9 и 1-4 площадки по 1 м².

По характеру зависимости между размером площадок и общей учетной площадью ассоциации альпийского пояса сильно отличаются от лугостепной и полупустынной формаций. В альпийском поясе увеличение размера площадки приводит и к быстрому увеличению их общей учетной площади (табл.1). Исходя из этого, для альпийских фитоценозов можно рекомендовать более маленькие площадки размером 25х25 см или 50х50 см. В этом случае, при точности опыта в 10%, необходимо соответственно 10 площадок по 0,0625 м² и 2-4 площадки по 0,25 м².

Статистическая обработка материалов по проективному покрытию и массе мхов показала (табл.2), что при 5-кратной повторности среднее квадратическое отклонение (E), а следовательно и коэффициент их вариации (V), в зависимости от учетных площадок резко различны. При нормальном распределении коэффициент вариации обычно не превышает 45-50% и часто бывает ниже этого уровня (13). В нашем случае, в ассоциациях полупустыни, моховой покров и его масса имеют значительно больший коэффициент вариации (составляющий 34-68 и 26-70%), что объясняется неравномерным распределением мхов на поверхности почвы. В лугостепных и альпийских ассоциациях, где моховой покров и его масса приближаются к закону нормального распределения, составляет соответственно 29-44, 23-57% и 22-36, 20-29%.

Показатель точности опыта при определении покрытия и массы мхов в ассоциациях полупустыни составляет 15-30 и 11-31%, в лугостепной - 13-19 и 10-25%, а в альпийских ассоциациях - 10-14 и 9-14%.

Так как масса мхов составляет незначительную часть общей наземной массы фитоценозов, то учет можно проводить с 15% точностью. Более точные показатели с точностью 5-10% необходимы для специальных полевых исследований мхов. Для этого необходимо в полупустынных сообществах брать 5-20 учетных площадок по 1 м², в лугостепных - 4-8 площадок по 0,5 м², а в альпийских - 2-4 площадки по 0,25 м².

Проведенные определения коэффициента вариации (V) и степени точности (P) полученных данных по проективной поверхности и массе лишайников показали (табл.3), что при вычислении среднего показателя для различных сообществ 8-кратная повторность недостаточна, так как лишайниковый покров распределен по площади неравномерно. При этом поверхность и масса лишайников имеют наибольшие P и U в полупустынных сообществах, составляющие соответственно 24-29;

64-80% и 22-27; 63-76%. Наименьший процент Р и у отмечен в альпийских сообществах - II-I8; 3I-5I% и IO-2I; 27-58%.

Для учета поверхности и массы лишайников с точностью 15% в полупустынных сообществах необходимо брать 20-29 площадок по 0,25 м², в лугостепных - 8-14 площадок по 0,25 м², а в альпийских - 4-12 площадок по 0,25 м². Для получения более точных результатов масс доминирующих видов лишайников с точностью 5%, 10% и 15% необходимо соответственно брать 106; 27 и 12 площадок по 1 см² для *Plascolecanora melanopthalma*, для *Lecidea atrobrunnea* 43; II и 5 (табл.4).

Таким образом, нами установлено и статистически обосновано количество и размеры учетных площадок для определения биопродуктивности для различных фитоценозов с необходимой точностью. Однако часто необходимо бывает определить продуктивность отдельных видов, имеющих или хозяйственную ценность или являющихся основными эдификаторами ценоза. Исходя из этого, нами сделана попытка разработать объективную и более достоверную методику, позволяющую в полевых условиях, используя биометрические признаки растений - длину годичных побегов, проекционное покрытие и т.д. - быстро определить надземную массу основных компонентов полупустынного (полынь душистая) и лугостепного (трагакантовые астрагалы и можжевельник низкорослый) фитоценозов.

Прежде чем перейти к анализу сущности методики, остановимся на описании некоторых биоморфологических особенностей этих растений.

Полынь (*Artemisia fragrans* Willd.) - многолетний полукустарник с одревесневшим основанием. На 1 м² площади приходится в среднем 5-7 кустиков полыни, высотой 20-50 см. Число побегов на 1 м² составляет в среднем $160 \pm 8,4$. Корневая система мощная. Основная часть корней расположена на глубине от 10 до 60 см и составляет 72-86% от общей массы, остальная часть расположена в нижнем (60-100 см) слое. Максимальной продуктивности полынь достигает к началу октября и составляет 90-96% общей поедаемой части пастбища. Общая фитомасса достигает максимума к 5.XII, в основном за счет роста корней (табл.5).

Определение веса надземной массы растительности обычно проводится путем учета проективного покрытия или количества особей на единицу площади (6, II, 15, 19, 20, 25). Однако Л.Г.Раменский (19) высказал также мнение о возможности определения веса растений по численности побегов.

Нами обнаружено, что величина надземной массы полыни действительно характеризуется плотностью и длиной побегов. Так как плотность и высота побегов не одинаковы на разных участках и изменяются в зависимости от условий произрастания (микрорельеф, экспо-

Таблица 5

Основная характеристика фитомассы *Artemisia fragrans*

Показатель	25/IV	2/VI	8/VII	10/X	5/XII
Линейный рост побегов (см)	10,5	28,3	34,8	37,2	37,5
Сухое вещество надземной массы (%)	46,4	48,8	55,7	64,0	68,9
Фитомасса (г/м ²)	546,8	-	-	795,7	800,7
Структура фитомассы	Чистая первичная продукция (г/м ²)	19,5	59,2	72,4	80,2
	Многолетние надземные части (г/м ²)	16,7	18,1	16,4	19,5
	Корни (г/м ²)	510,6	-	-	696,0
	Продуктивность (г/м ²)	-	10,0	19,6	24,9
				20,1	

зия и др.), то для более точного подсчета веса надземной массы растений, побеги по высоте от поверхности почвы были подразделены на следующие группы: 1 - 20-25 см, 2 - 26-30 см, 3 - 31-35 см, 4 - 36-40 см, 5 - 41-45 см, 6 - 46-50 см. Статистическая обработка подсчетов дала возможность установить коррелятивную связь между количеством побегов и весом сухой массы для всех групп. Связь между ними прямолинейная и выражается уравнением $y = vx + a$, где y - вес сухой массы, x - количество побегов на 1 м², a - начальная величина при $x=0$, v - коэффициент пропорциональности, или коэффициент регрессии уравнения связи.

Для первой группы (высота 20-25 см) получено количественное выражение в виде уравнения $y = 0,445x - 0,4$ при коэффициенте корреляции $r = 0,96$. Коэффициент детерминации (r^2) составляет 0,92 (табл.6).

В каменистой полупустыне, как было отмечено выше, количество побегов на 1 м² варьирует в зависимости от экологических условий. Нами установлено, что при постоянной густоте побегов на единицу площади, с увеличением их высоты, чистая первичная продукция пропорционально возрастает. Такая зависимость между высотой и весом сухой массы 100 побегов выражается уравнением регрессии $y = 9,8 + 1,29x$, при $r = 0,76$, где y - вес сухой массы 100 побегов (г/м²), x - средняя высота побегов (см).

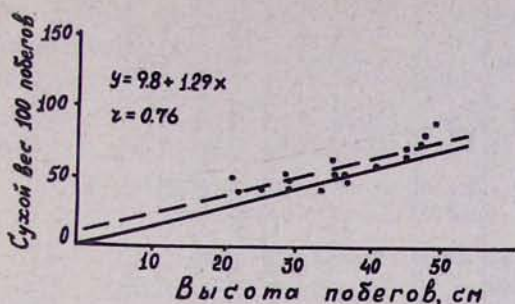


Рис. I. Зависимость веса надземной массы полыни от количества побегов (по высотным группам 20-50 см)

- фактический вес
- - количественное выражение по уравнению регрессии $Y = a + bx$
- расчетный вес $\Pi = kRV$

Обнаружена также тесная (а для некоторых групп почти функциональная) связь между количеством побегов и продуктивностью (поедаемая часть, высота 15 см от поверхности почвы). Связь между указанными величинами для всех групп прямолинейна и выражается уравнением регрессии. Коэффициент корреляции и детерминации разных групп соответственно колеблется в пределах 0,85-0,99 и 0,72-0,98 (табл. 6). Продуктивность находится также в прямолинейной зависимости от высоты побегов, при $r \approx 0,68$.

Исходя из такого характера зависимости, можно подсчитать продуктивность полыни по предлагаемой формуле $\Pi = kRV$, где Π — вес абсолютно сухой массы ($г/м^2$), k — коэффициент пропорциональности, R — количество побегов на $1 м^2$, V — высота побегов (см).

Для определения чистой первичной продукции коэффициент пропорциональности $k = 0,0144$, продуктивности — 0,004.

В табл. 6 приведены данные, из которых видно, что при пересчете на $1 м^2$ разница между фактическим и расчетным весом для годичного прироста составляет в среднем $5 г/м^2$, а для продуктивности — $1,7 г/м^2$. Так как в полупустынной зоне наиболее обильно представлены растения высотой 30-40 см, то разница в среднем составляет соответственно 1,9 и $0,7 г/м^2$.

Достоверность формулы подтверждается вычисленными коэффициентами корреляции и детерминации.

Построение точечного графика и линии формулы на нем также являются подтверждением точности формулы. При этом чем ближе расположены точки к прямой линии, тем меньше отклонение от истинной продуктивности.

Методика определения продуктивности полыни в полевых условиях состоит в следующем: в полупустынных сообществах закладываются 3-5 площадок по $1 м^2$ (при неравномерном покрытии необходимо увеличить число повторностей) и на каждой площадке проводится подсчет всех побегов полыни с измерением средней высоты от поверх-

Таблица 6

Фактический и расчетный ($\Pi = kPB$) вес сухой массы *Artemisia fragrans* при
различном количестве и высоте побегов, г/м²

Высота побегов, см	Связь между весом сухой массы и количеством побегов по уравнению регрессии ($y = vx + a$)	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	! Среднее количество побегов на 1 м ²											
				120			140			160			180		
				фактический	Расчетный	Разница	фактический	Расчетный	Разница	фактический	Расчетный	Разница	фактический	Расчетный	Разница
20-25	$0,445x - 0,4$ ^{жж}	0,95	0,90	47,0	39,7	7,3	55,7	46,4	9,3	68,8	52,9	15,9	67,7	59,6	8,1
	$0,099x + 1,82$	0,85	0,72	13,2	11,0	2,2	16,2	12,9	3,3	15,6	14,7	0,9	20,7	16,6	4,7
26-30	$0,430x + 5,6$	0,91	0,83	54,3	48,4	5,9	59,8	56,4	3,4	73,0	64,4	8,6	75,7	72,6	3,1
	$0,093x + 2,16$	0,92	0,85	15,4	13,4	2,0	16,0	15,7	1,3	19,0	17,9	1,1	20,8	20,2	0,6
31-35	$0,476x + 4,8$	0,86	0,74	60,5	57,0	3,5	66,9	66,5	0,3	78,4	75,9	2,5	88,7	85,5	3,2
	$0,103x + 1,95$	0,89	0,79	16,1	15,8	0,3	18,3	18,5	0,2	18,5	21,1	-2,6	23,9	23,8	0,1
36-40	$0,554x + 2,3$	0,91	0,83	65,8	65,7	0,1	78,0	76,6	1,4	87,2	87,4	-0,2	95,0	98,5	-3,5
	$0,122x + 2,40$	0,99	0,98	17,8	18,2	-0,4	21,6	21,3	-0,3	23,0	24,3	-1,3	27,8	27,4	0,4
41-45	$0,664x - 8,9$	0,94	0,88	72,0	74,3	-2,3	90,0	86,7	3,3	91,6	98,9	-7,3	107,7	111,5	-3,8
	$0,150x + 1,80$	0,99	0,98	19,0	20,6	-1,6	20,4	24,1	-3,7	29,7	27,5	2,2	29,0	31,0	-2,0
46-50	$0,501x + 18,6$	0,96	0,92	77,3	82,9	-5,6	100,0	96,8	3,2	95,8	110,4	-14,6	115,0	124,4	-9,4
	$0,187x + 1,07$	0,96	0,92	19,9	23,0	-3,1	23,9	26,9	-3,0	32,9	30,7	2,2	32,1	34,6	-2,5
В среднем				4,5			3,5			8,0			5,2		
				1,6			1,9			1,7			1,7		

ж - для подсчета брали среднюю высоту побегов по группам, жж - числитель - показатель чистой первичной продукции, знаменатель - продуктивности.

ности почвы. Далее, по соответствующим формулам или выведенной из них табл. 7, определяется чистая первичная продукция и продуктивность полни. Например, если на I площадке сосчитано 120 побегов высотой 26-30 см, на 2 - 140 побегов высотой 31-35 см, на 3 - 160 при высоте 36-40 см, то чистая первичная продукция и продуктивность составляют соответственно 48,4; 66,5; 87,4 г/м² и 13,4; 18,5; 24,3 г/м². В среднем: $P_{\text{чист}} = 67,4 \text{ г/м}^2$ или 674 кг/га; $P = 18,3 \text{ г/м}^2$ или 183 кг/га.

Трагакантовые астрагалы (*Astragalus aureus* Willd. и *A. lagurus* Willd.) представляют собой весьма медленно развивающиеся колючие кустарнички высотой 10-45 см с проекционным покрытием до 0,8 м². Количество растений на I га составляет в среднем 1830 экземпляров, покрытие - 3,7%, надземная масса - 549 кг. Содержание сухого вещества в период цветения составляет 62%. Количество годовых побегов на кусте в среднем 300 шт., длина побегов 1,67 см, годичный прирост - 100 кг/га.

Можжевельник низкорослый (*Juniperus depressa* Stev.) - ксерофильное растение, стелющееся, высотой 20-60 см и с проекционным покрытием до 9 м². В среднем на I га приходится около 790 кустов, покрытие 14%, надземная масса - 3065 кг. Содержание сухого вещества составляет 55%.

При помощи корреляционно-регрессионного анализа была установлена связь между весом сухой надземной массы (У), проекционным покрытием (з), высотой (Н) и диаметром (Д) корневой шейки (табл. 8).

Нами обнаружено, что величина надземной массы действительно характеризуется покрытием и высотой растений (табл. 8, рис. 1-3). Связь между ними очень тесная, прямолинейная, выражается уравнением регрессии. Коэффициент корреляции колеблется в пределах 0,86-0,99. На основании этой связи выведены формулы $P = kH \cdot z$ (для астрагалов) и $P = -2,990 + 0,15H + 1,429 z$ (для можжевельника), где P - вес абсолютно сухой массы (г - для астрагалов, кг - для можжевельника), k - коэффициент пропорциональности - 0,006; z - площадь (см² - для астрагалов, м² - для можжевельника), H - высота в см.

Составлено также уравнение для определения годичного прироста побегов *A. aureus* $y = -20,5 + 0,027 z$. Разница между фактическим и расчетным весом для астрагалов и можжевельника незначительна и соответственно составляет в среднем 5 и 8% (табл. 9, 10).

Для определения веса надземной массы в полевых условиях надо заложить несколько (3-5) участков размером 50 м² в различных местах так, чтобы учесть среднее количество кустов на территории. На каждом участке проводится подсчет всех кустов, измеряется их

Таблица 7

Определение чистой первичной продукции (числитель) и продуктивности (знаменатель)
по количеству и высоте побегов полныи, г/м²

Высота побегов, см	Среднее количество побегов на 1 м ²												
	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
20-25	<u>19,9</u>	<u>26,5</u>	<u>33,1</u>	<u>39,7</u>	<u>46,4</u>	<u>52,9</u>	<u>59,6</u>	<u>66,2</u>	<u>72,9</u>	<u>79,5</u>	<u>86,1</u>	<u>92,8</u>	<u>99,3</u>
	5,5	7,4	9,2	11,0	12,9	14,7	16,6	18,4	20,2	22,1	23,9	25,9	27,6
26-30	<u>24,2</u>	<u>32,2</u>	<u>40,3</u>	<u>48,4</u>	<u>56,4</u>	<u>64,4</u>	<u>72,6</u>	<u>80,6</u>	<u>88,7</u>	<u>96,8</u>	<u>104,8</u>	<u>112,9</u>	<u>121,2</u>
	6,7	9,0	11,2	13,4	15,7	17,9	20,2	22,4	24,6	26,9	29,1	31,4	33,6
31-35	<u>28,5</u>	<u>37,9</u>	<u>47,5</u>	<u>57,0</u>	<u>66,5</u>	<u>75,9</u>	<u>85,5</u>	<u>95,0</u>	<u>104,5</u>	<u>114,0</u>	<u>123,6</u>	<u>133,0</u>	<u>142,5</u>
	7,9	10,6	13,2	15,8	18,5	21,1	23,8	26,4	29,0	31,7	34,3	37,0	39,6
36-40	<u>32,8</u>	<u>43,7</u>	<u>54,7</u>	<u>65,7</u>	<u>76,6</u>	<u>87,4</u>	<u>98,5</u>	<u>109,4</u>	<u>120,3</u>	<u>131,3</u>	<u>142,3</u>	<u>153,2</u>	<u>164,1</u>
	9,1	12,2	15,2	18,2	21,3	24,3	27,4	30,4	33,4	36,5	39,5	42,6	45,6
41-45	<u>37,1</u>	<u>49,5</u>	<u>61,9</u>	<u>74,3</u>	<u>86,7</u>	<u>98,3</u>	<u>111,5</u>	<u>123,8</u>	<u>136,1</u>	<u>148,6</u>	<u>161,0</u>	<u>173,4</u>	<u>185,7</u>
	10,3	13,8	17,2	20,6	24,1	27,5	31,0	34,4	37,8	41,3	44,7	48,2	51,6
46-50	<u>41,4</u>	<u>55,2</u>	<u>69,1</u>	<u>82,9</u>	<u>96,8</u>	<u>110,4</u>	<u>124,4</u>	<u>138,2</u>	<u>153,0</u>	<u>165,9</u>	<u>179,7</u>	<u>193,6</u>	<u>207,3</u>
	11,5	15,4	19,2	23,0	26,9	30,7	34,6	38,4	42,2	46,1	49,9	53,8	57,6

проекционное покрытие и средняя высота, затем по соответствующим формулам определяется вес сухой надземной массы астрагалов и можжевельников. Проекционное покрытие астрагалов определяется как поверхность круга со средним радиусом куста. Проекционное покрытие можжевельников определяется измерением сплошной части куста как прямоугольника, а выступающие части сеткой с делениями 10x10 см. Например, при исходных данных:

Объект	1 участок			2 участок			3 участок			В среднем на 1 га		
	Кол-во растений, шт.	Средняя высота, см	Среднее проекционное покрытие, м ²	Кол-во растений, шт.	Средняя высота, см	Среднее проекционное покрытие, м ²	Кол-во растений, шт.	Средняя высота, см	Среднее проекционное покрытие, м ²	Кол-во растений, шт.	Средняя высота, см	Среднее проекционное покрытие, м ²
Астрагал	8	30	0,2	7	25	0,3	6	35	0,1	1400	30	0,2
Можжевельник	5	30	2	3	25	2,5	4	35	1,5	800	30	2

Надземная масса по соответствующим формулам составит:

$$P_{\text{астр.}} = k \cdot s \cdot H = 0,006 \cdot 280 \cdot 30 = 504 \text{ кг/га}$$

$$P_{\text{можж.}} = -2,990 + 0,150 \cdot H + 1,429 \cdot S = -2,990 + 0,150 \cdot 30 + 1,429 \cdot 2 = 4,37 \text{ кг}$$

$$P_{\text{можж.}} = 4,37 \cdot 800 = 3496 \text{ кг/га}$$

Таким образом, нами разработан быстрый и достоверный метод определения в полевых условиях биопродуктивности для различных фитоценозов.

При определении биопродуктивности с точностью от 10% до 15% объем работ сокращается более чем в 4-9 раз, что очень важно при массовых фитоценологических обследованиях.

При помощи корреляционно-регрессионного анализа было установлено, что связь между весом сухой надземной массы и основными биометрическими показателями, особенно проекционным покрытием, высотой и густотой растений, очень тесная, прямолинейная и выражается уравнением регрессии. На основании этой связи выведенные формулы дают возможность в полевых условиях косвенным путем быстро и точно определить надземную массу астрагалов, можжевельника и полыни.

Таблица 8

Характеристика связи основных биометрических показателей
и их уравнений

Объект	Изучаемая связь	Показатель связи		Уравнения
Трагакантовые астрагалы	$y - s$ $H = 10-15 \text{ см}$	$r = 0,93 \pm 0,033$ $= 0,95 \pm 0,025$	0,4	$-10,0 + 0,108 \cdot s$
	$y - s$ $H = 16-20 \text{ см}$	$r = 0,92 \pm 0,041$ $= 0,94 \pm 0,033$	0,3	$42,6 + 0,115 \cdot s$
	$y - s$ $H = 21-25 \text{ см}$	$r = 0,86 \pm 0,072$ $= 0,95 \pm 0,028$	0,9	$127,3 + 0,115 \cdot s$
	$y - s$ $H = 26-30 \text{ см}$	$r = 0,95 \pm 0,025$ $= 0,98 \pm 0,010$	0,5	$106,2 + 0,150 \cdot s$
	$y - s$ $H = 31-35 \text{ см}$	$r = 0,93 \pm 0,036$ $= 0,95 \pm 0,028$	0,3	$100,6 + 0,166 \cdot s$
	$y - s$ $H = 36-40 \text{ см}$	$r = 0,53 \pm 0,033$ $= 0,95 \pm 0,025$	0,4	$29,6 + 0,199 \cdot s$
	$y - H$ $s = 1800 \text{ см}^2$	$r = 0,78 \pm 0,108$ $= 0,84 \pm 0,075$	0,7	$33,8 + 10,841 \cdot H$
	$y_{2H} - s$	$r = 0,99 \pm 0,006$ $= 0,99 \pm 0,006$	$= r^2$	$-20,5 + 0,027 \cdot s$
	$\Delta - s$	$r = 0,45 \pm 0,147$ $= 0,72 \pm 0,087$	2,0	$2,50 + 0,00009 \cdot s$
	$\Delta - H$	$r = 0,23 \pm 0,009$ $= 0,59 \pm 0,045$	1,4	$2,23 + 0,022 \cdot H$
Мокшавельник низко- рослый	$y - s$	$r = 0,96 \pm 0,014$ $= 0,97 \pm 0,010$	0,4	$0,083 + 2,220 \cdot s$
	$y - H$	$r = 0,66 \pm 0,103$ $= 0,80 \pm 0,065$	1,3	$-8,188 + 0,408 \cdot H$
	$s - H$	$r = 0,46 \pm 0,144$ $= 0,86 \pm 0,047$	3,1	$55,23 - 4,32 \cdot H +$ $+ 0,080 \cdot H^2$
	$y - H \cdot s$	$r = 0,99 \pm 0,004$ $= 0,99 \pm 0,004$	$= r^2$	$-2,990 + 0,150 \cdot H +$ $+ 1,429 \cdot s$

Таблица 9

Фактический и расчетный ($\Pi=0,006 \cdot H \cdot S$) вес сухой надземной массы при различной высоте и покрытии астрагалов

Высота, см	Проекционное покрытие, см ²	Вес, г			Разница веса, кг при 1830 кустов на 1га
		факти- ческий	расчет- ный	разница	
13	1317,3	122,3	102,8	19,5	35,7
18	1814,7	220,1	196,0	24,1	44,1
23	2172,0	327,0	299,7	27,3	50,0
28	2445,4	423,7	410,8	12,9	23,6
33	2941,7	574,4	582,4	-8,0	-14,6
38	3929,5	867,7	895,9	-28,2	-51,6
В среднем				20,0	36,6

Таблица 10

Фактический и расчетный вес ($\Pi=0,150H+1,429S - 2,990$) вес сухой надземной массы при различной высоте и покрытии можже-
вельников

Высота, см	Проекционное покрытие, см ²	Вес, кг			Разница веса, кг при 790 кустов на 1га
		факти- ческий	расчет- ный	разница	
20	0,39	0,60	0,56	0,04	31,6
25	0,20	0,82	1,05	-0,23	-181,7
30	0,72	2,24	2,54	-0,30	-237,0
35	1,00	3,25	3,69	-0,44	-347,6
40	5,04	10,60	10,24	0,36	284,4
45	6,28	13,56	12,73	0,83	655,7
50	2,10	6,91	7,51	-0,60	-474,0
В среднем				0,40	316,6

Л и т е р а т у р а

1. Быков Б.А., Головина А.Г. Бот.журн., I, 1965.
2. Василевич В.И. Бот.журн., I, 1969а.
3. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике, Л., 1969б.
4. Воронов А.Г. Геоботаника, 1963.
5. Голубев В.Н. Бот.журн., 9, 1963.
6. Грингоф И.Г. и Алимжанов А.Г. Бот.журн., 8, 1962.
7. Дружинина Н.П. Докл.Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, вып.3, 1963.

8. Дружинина Н.П. Бот.журн., 8, 1968.
9. Дымина Г.Д. Тезисы конф. "Охрана, рациональное использование и воспроизводство естественных ресурсов Приамурья", Хабаровск, 1967.
10. Дымина Г.Д. Бот.журн., 6, 1971.
11. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. "Наука", М., 1976.
12. Конюшков Н.С. В сб. "Методика опытных работ на сенокосах и пастбищах", 1961.
13. Лакин Г.Ф. Биометрия, "Высшая школа", М., 1973.
14. Ларин И.В. Вестн. с.-х. наук, 1966.
15. Липатова В.В. В кн. "Материалы первой сессии научного совета по проблеме "Биологические комплексы районов нового освоения, их рациональное использование и обогащение", М.-Л., 1959.
16. Марков М.В. Общая геоботаника, 1962.
17. Матвеева А.А. Бот.журн., 4, 1967.
18. Понятовская В.М. В кн. "Полевая геоботаника", 3, 1964.
19. Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-ботаническое исследование земель, Сельхозгиз, М., 1938.
20. Сочава В.Б., Липатова В.В., Горшкова А.А. Бот.журн., 4, 1962.
21. Сухаверко Р.В., Ганецкая З.Г., Понятовская В.М. Бот.журн., 9, 1966.
22. Храмцова Н.Ф. Бот.журн., 6, 1974.
23. Цаценкин И.А. В сб. "Методика опытных работ на сенокосах и пастбищах", 1961.
24. Ярошенко П.Д. Геоботаника, 1961.
25. Ярошенко П.Д. Бюлл. МОИП, вып.4, 1967.

Ա.Ն.Ձ Ի Դ Ո Յ Ա Ն

ԲՈՒՄԱՆԱՆ ՀԱՄԱԵԹՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՆԻՆԱՆՈՒԹՎԱՆԻ ՈՐՈՇՄԱՆ
ՄԵԹՈԴԻԿԱՆԻ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Ռ Մ

Ուսումնասիրությունները տարվել են Արագածի հարավային լանջի կիսաանապատային, մարգագետնափսստանային և ալպյան բուսական միջանկյալ գոտիներից: Ստացված տվյալների վիճակագրական մշակումից պարզվել է, որ համակենցություններում վերգետնյա բուսական զանգվածը անհամաչափ է տեղաբաշխված և թույլատրելի մշարառության ցուցանիշի դեպքում, կախված համակենցության և նրա կազմի մեջ մանող առանձին կոմպոնենտներից, խիստ փոփոխվում է պահանջվող հաշվարկային բառակուսիների խանակը և ընդհանուր մակերեսը: Պարզվել է նաև, որ հոտավետ օշինդրի, տրագականային աստղալների և ցածրամ զինու

վերգետնյա զանգվածի մեծության իրական կազմը՝ կախված բույսի բնած-
րիկ ցուցանիշներից /հիմնականում խտությունից, պրոյեկցիոն մակերե-
սից և բարձրությունից/ շատ ուժեղ է և քանակապես կարելի է արտա-
հայտել բանաձևի միջոցով, որը և հնարավորություն կառ դաշտային
պայմաններում արագ և միշտ որոշելու նրանց վերգետնյա զանգվածը: