

УДК 58.009. (470-67)

КОНЦЕНТРАЦИИ, ЗАПАСЫ И БАЛАНС ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРЕДГОРНОЙ ПОДПРОВИНЦИИ ДАГЕСТАНА

© 2017 Н.И. Рамазанова, Г.Н. Гасанов, Ш.К. Салихов, М.А. Яхияев,
К.Б. Гимбатова, Ж.О. Шайхалова, В.В. Семенова

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

Статья поступила в редакцию 09.05.2017

В работе представлены данные по видовому составу и формированию зеленой массы, ветоши, войлока и подземной массы естественным фитоценозом. Рассмотрены вопросы концентрации и накопления запасов биофильных элементов – фосфора, калия, кальция в блоках органической массы по экспозициям склонов Предгорной подпровинции Дагестана.

Ключевые слова: баланс, химические элементы, фитоценоз, экспозиция склона, блок органического вещества

В Дагестане проведено немало исследований по изучению компонентов биосферы, биологии развития различных представителей фитоценозов в горных условиях. Выполненные до сих пор исследования по рассматриваемым вопросам посвящены анализу видового состава естественных фитоценозов и технологии возделывания лугопастбищных трав [1, 2]. Горным ботаническим садом Дагестанского научного центра РАН (ГорБС ДНЦ РАН) исследованы биологические особенности различных представителей травяных и других фитоценозов [4, 5, 8]. Нами изучены видовой состав и продуктивность естественных фитоценозов по экспозициям горных склонов предгорий на экспериментальной базе «Цудахарский» ГорБС ДНЦ РАН [6, 7]. Однако исследования по концентрации и запасам химических элементов, определение их баланса в блоках органической массы, применительно к различным экспозициям склона в рассматриваемых условиях ранее не проводились.

Цель исследований: определение концентрации и транслкации запасов фосфора, калия и кальция по блокам органического вещества на северном и южном экспозициях склонов, расчет балансов этих элементов в экосистемах Предгорной подпровинции Дагестана.

Методика исследований. Исследования проводились на северном и южном экспозициях хребта Чакулабек отрогов горы Шунудаг на высоте 1000 м над уровнем моря (экспериментальная база «Цудахарский» Горного ботанического сада ДНЦ РАН). Почва южного склона – лугово-степная карбонатная среднесуглинистая на валунно-галечниковых отложениях, северного – горно-долинная лугово-степная карбонатная, среднесуглинистая на

древнеаллювиальных карбонатных суглинках. Климатические условия приведены по данным метеостанции Куппа. Исследования проводились на экспериментальных участках площадью по 100 м² в 4-х кратной повторности. Запасы надземного и подземного растительного вещества учитывались по А.А. Титляновой [12], концентрация и запасы химических элементов и компенсированности их баланса по А.А. Титляновой [12]. Определение содержания калия, кальция в растениях произведено при помощи системы капиллярного электрофореза – «Капель-105М» (в режиме определения катионов и анионов) [9]. Определение содержания фосфора в растениях проводили методом озоления [10] с последующим определением на КФК-2МП.

Результаты и обсуждение. Речные долины Дагестана занимают 113,7 тыс. га. Это основные водосборные бассейны, где зарождается и формируется речной сток, создающий необходимые запасы воды для орошаемого земледелия республики. Характерный для засушливых долин теплый климат, без резких колебаний суточных и годовых температур, благоприятен для производства кормов и другой продукции аграрного производства. Они благоприятны для производства кормов, плодов, овощей и винограда, а также для круглогодичного пастбищного содержания овец и крупного рогатого скота. Поэтому исследование видового состава и продуктивности фитоценозов горных долин имеет актуальное значение для биологической и аграрной наук.

Нами исследована продуктивность травяных экосистем на границе предгорной (1000 м) и среднегорной (1700 м) провинций Дагестана: на Северном, Южном склонах хребта Чакулабек межгорной долины Казы-Кумухского Койсу, на территории экспериментальной базы Горного ботанического сада ДНЦ РАН. Климатические условия Предгорной подпровинции, особенно речных долин, характеризуются засушливым теплым климатом без резких колебаний суточных и годовых температур. Среднегодовая температура воздуха колеблется в пределах 10,0-10,8°C, сумма эффективных температур 3100-3300°C, годовая сумма осадков – 350-400 мм, продолжительность вегетационного периода составляет

Рамазанова Нуржаган Идрисовна, научный сотрудник. E-mail: nurjagan@yandex.ru

Гасанов Гасан Никуевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. E-mail: nikuevich@mail.ru

Салихов Шамиль Курамагомедович, научный сотрудник. E-mail: salichov72@mail.ru

Яхияев Магомедпазиль Атагишиевич, младший научный сотрудник. E-mail: pazil59@mail.ru

Гимбатова Кабират Бадыровна, младший научный сотрудник

Шайхалова Жамилат Омаровна, старший лаборант

Семенова Виктория Валентиновна, старший лаборант

225-230 дней. Почвы подпровинции имеют различную мощность и слоистость профиля, не содержат вредных для растений легкорастворимых солей. Они обладают хорошими водно-физическими свойствами.

Условия увлажненности рассматриваемой территории для вегетации фитоценозов по С.А. Сапожникову [11] были «незначительно засушливыми» – 2011-2013 гг. и «влажными» – 2014-2015 гг., со значениями ГТК – 1,3-1,6. Климатические условия в 2011-2016 гг. были благоприятны для функционирования фитомассы, однако температура существенно меняется по экспозициям склонов. Снижению влажности почвы на южной экспозиции в условиях предгорий способствовали более высокие

температуры воздуха: по сравнению с северным склоном средняя температура воздуха за годы исследований повышалась на 4,3°C (18,7°C против 14,4°C).

На южном склоне доминировали: *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Salvia canescens* C. A. Mey., *Artemisia salsoloides* Willd., *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Stipa caucasica* Schmalh., *Festuca woronowii* Hack. Основными доминантами на северной экспозиции склона экспериментального участка явились: *Carex humilis* Leyss., *Elytrigia gracillima* (Nevski) Nevski, *Bothriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Salvia canescens* C. A. Mey., *Medicago falcata* L., *Festuca woronowii* Hack. *Euphrasia tatarica* Fisch. ex Spreng. (табл. 1).

Таблица 1. Флористический состав и проективное покрытие видов на учётных площадках Цудахарской базы ГорБС ДНЦ РАН, %

№	Общий список видов	Южный склон	Северный склон
1	<i>Bothriochloa ischaemum</i> (L.) Keng	55	9,2
2	<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	-	2
3	<i>Salvia canescens</i> C. A. Mey.	15	4,5
4	<i>Carex humilis</i> Leyss.	-	12,4
5	<i>Medicago falcata</i> L.	-	3,8
6	<i>Elytrigia gracillima</i> (Nevski) Nevski	-	9,6
7	<i>Festuca woronowii</i> Hack.	1,6	3,6
8	<i>Artemisia salsoloides</i> Willd.	5	-
9	<i>Pastinaca pimpinellifolia</i> Bieb.	-	0,2
10	<i>Euphrasia tatarica</i> Fisch. ex Spreng.	-	2,9
11	<i>Onobrychis cornuta</i> (L.) Desv.	2,8	-
12	<i>Stipa caucasica</i> Schmalh.	2,8	-
13	<i>Salvia verticillata</i> L.	-	2,3
14	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Mill.	0,2	2,4
15	<i>Leontodon danubialis</i> Jacq.	-	0,6
16	<i>Inula britannica</i> L.	-	0,6
17	<i>Potentilla verna</i> L.	-	1,2
18	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	-	2
19	<i>Festuca sclerophylla</i> Boiss. ex Bisch.	-	2
20	<i>Astragalus onobrychioides</i> Bieb.	-	2
21	<i>Satureja subdentata</i> Boiss.	-	1,8
22	<i>Astragalus alexandri</i> Char.	-	1,8
23	<i>Oxytropis dasypoda</i> Rupr. ex Boiss.	-	1,7
24	<i>Alchemilla sericata</i> Reichenb.	-	0,8
25	<i>Trifolium pratense</i> L.	-	0,4
26	<i>Filipendula vulgaris</i> Moench	-	1,4
27	<i>Cruciata humifusa</i> (Willd.) A. D. Mikheev	-	0,3
28	<i>Coronilla varia</i> L.	-	0,8
29	<i>Teucrium polium</i> L.	0,7	0,4
30	<i>Ephedra procera</i> Fisch. et C. A. Mey.	1,2	-
31	<i>Seseli alexeenkoi</i> Lipsky	-	1,2
32	<i>Juniperus oblonga</i> Bieb.	-	1
33	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.	-	1
34	<i>Bupleurum polyphyllum</i> Ledeb.	-	0,8
35	<i>Viola somchetica</i> C. Koch	-	0,1
36	<i>Scabiosa gumbetica</i> Boiss.	-	0,7
37	<i>Androsace villosa</i> L.	-	0,7
38	<i>Thymus collinus</i> Bieb.	-	0,2
39	<i>Anthyllis lachnophora</i> Juz.	-	0,6
40	<i>Thalictrum foetidum</i> L.	-	0,6
41	<i>Asperula alpina</i> Bieb.	-	0,6
42	<i>Gentiana grossheimii</i> Doluch.	-	0,5
43	<i>Linum tenuifolium</i> L.	-	0,4

Продолжение таблицы 1			
44	<i>Anthemis fruticulosa</i> Bieb.	-	0,4
45	<i>Juniperus oblonga</i> Bieb.	-	0,4
46	<i>Alyssum daghestanicum</i> Rupr.	0,3	-
47	<i>Campanula daghestanica</i> Fomin	-	0,2
48	<i>Thalictrum minus</i> L.	-	0,2
49	<i>Thesium ramosum</i> Hayne	-	0,2
50	<i>Rhamnus tortuosa</i> Somm. et Levier	-	0,2
51	<i>Berberis vulgaris</i> L.	-	0,2
52	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	-	0,2
53	<i>Thesium procumbens</i> C.A. Mey.	-	0,2
54	<i>Pinus kochiana</i> Klotzsch	-	0,2
55	<i>Fumana procumbens</i> (Dun.) Gren. et Godr.	-	0,2
56	<i>Medicago dagestanica</i> Rupr.	-	0,2
57	<i>Silene chloropetala</i> Rupr.	0,1	-
58	<i>Allium daghestanicum</i> Grossh.	0,1	-
59	<i>Polygala sosnowskyi</i> Kem.-Nath.	-	0,1
60	<i>Campanula charadzae</i> Grossh.	-	0,1
Всего видов		12	53

Важнейшей характеристикой экосистемы, которая обеспечивает прохождение биологического круговорота веществ и энергии в природе, является органическое вещество, созданное фитоценозом за единицу времени на единице площади [12]. Расчет проводится на безморозный период, поскольку вегетация естественного фитоценоза продолжается вплоть до нулевой температуры воздуха. Для расчета запасов питательных элементов в фитоценозах, их деструкции и потребления в последующем для создания новой продукции нами использованы расчеты по транслокации их по блокам органического вещества. Благоприятные, в целом, климатические условия обеспечили достижение высокой продуктивности фитоценозов в подпровинции. Но на северной экспозиции из-за относительно высокой влажности почвы урожайность вегетирующей массы повысилась на: 21,0%, ветоши – на 24,8%, степного войлока – на 33,1%, всей надземной массы – на 26,7%. Но подземная масса фитоценозов на этом склоне повышается на относительно меньшую величину – всего на 8,5%. Вызвано это тем, что соотношение подземной массы к надземной на этом склоне на 0,7 меньше, чем на южной, и составляет 4,9 (табл. 2).

Таблица 2. Накопление надземной и подземной фитомассы в блоках органического вещества по экспозициям склонов Предгорной подпровинции, 2011-2016 гг., кг/га в сутки

Блок органического вещества	Экспозиция склона	
	северная	южная
зеленая масса	11,5	9,5
ветошь	20,1	16,1
войлок	17,3	13,0
вся надземная масса	48,9	38,6
живая подземная масса	124,2	111,1
мертвая подземная масса	82,0	78,9
вся подземная масса	206,2	190,0
вся фитомасса	255,1	228,5
доля подземной массы в общей фитомассе, %	80,8	83,1

Биогенные элементы – фосфор, калий, кальций играют важную физиологическую роль в растениях. Фосфор необходим для синтеза нуклеиновых кислот, фосфолипидов и ряда коферментов [12], калий – в регуляции осмотических процессов и в поддержании структуры и активности протоплазмы [12], кальций находится в растениях в основном в клеточных оболочках, связываясь с пектиновой кислотой в виде соли, содействует регуляции роста [12]. Максимальная концентрация фосфора в фитомассе содержится в блоке «зеленая масса» – 0,18%. В ветоши она снижается в три раза, в войлоке – на 36%, в подземных органах – в 2,3 раза (табл. 3).

Таблица 3. Концентрация (% от сухой массы) химических элементов в фитомассе по гипсометрическим отметкам, экспозициям склонов предгорной подпровинции (2011-2016 гг.)

Блок органического вещества	Элемент	Концентрация	
		северный склон	южный склон
зеленая масса, G	фосфор	0,18	0,18
	калий	2,43	2,72
	кальций	0,39	0,46
ветошь, D	фосфор	0,06	0,06
	калий	0,42	0,43
	кальций	0,48	0,48
войлок, L	фосфор	0,12	0,12
	калий	0,42	0,45
	кальций	1,12	1,17
в подземных органах, R + V	фосфор	0,08	0,09
	калий	0,52	0,54
	кальций	1,20	1,18

Относительное содержание калия также много в зеленой массе – в 5,8-6,5 раза больше, чем в ветоши и войлоке, в 4,7-5,0 раз – чем в подземной фитомассе. Это, безусловно, связано с физиологической ролью этого элемента в поддержании структуры и активности протоплазмы [12]. Но максимальная концентрация кальция отмечено в войлоке и

корневой массе. В зеленой массе по сравнению с корневой, она снижается в 2,6-3,1 раза, в ветоши – в 2,5 раза. Что касается концентрации биофильных элементов по экспозициям склонов, то существенных отклонений по этому признаку нами не обнаружено, за исключением случая увеличения ее в зеленой массе на южном склоне на 0,29%. Отношение Са:К значительно меняется в разных блоках. Оно составляет всего 0,2% в надземной фитомассе и увеличивается до 2,9% в подстилке и в корневой массе.

Подстилка, в которой интенсивно протекают микробиологические процессы, и где деструкция органического вещества сопровождается его синтезом, служит биохимическим барьером, задерживающим химические элементы. Для того, чтобы оценить дифференциацию химических элементов между надземной и подземной фитомассой, вычисляют

величину отношений зеленой массы к подземной фитомассе, показывающего, во сколько раз подземные органы обеднены или обогащены каким-либо элементом по сравнению с надземными. В наших исследованиях подстилка оказалась богаче химическими элементами, чем ветошь, из которой она формируется. Отмечена также большая концентрация калия и фосфора в надземной фитомассе, кальция – в подземных органах. Запасы перечисленных химических элементов в фитомассе является функцией накопленного органического вещества и концентрации этих элементов. На южном склоне запасы химических элементов в фитомассе снижается, и составляют: по фосфору – 95,5%, калию – 93,6%, кальцию – 79,8% по отношению к их запасам на северной экспозиции склона, а суммарные запасы всех трех элементов – 85,2% (табл. 4).

Таблица 4. Запасы (кг/га) химических элементов в фитомассе по гипсометрическим отметкам, экспозициям склонов предгорной подпровинции (2011-2016 гг.)

Блок органического вещества	Элемент	Запасы	
		северный склон	южный склон
зеленая масса, G	фосфор	2,1	1,7
	калий	27,9	25,8
	кальций	4,5	4,4
ветошь, D	фосфор	1,2	1,0
	калий	8,4	6,9
	кальций	9,6	7,7
войлок, L	фосфор	2,1	1,6
	калий	7,3	5,8
	кальций	19,4	14,6
в подземных органах, R + V	фосфор	16,5	17,1
	калий	107,2	102,6
	кальций	247,4	224,2

Максимальное количество во всей надземной массе на северном склоне отмечено кальция – 280,9 кг/га, калия выносятся 150,8 кг, фосфора – 22,4 кг/га. С учетом полученных данных нами составлены балансы этих элементов в травяных экосистемах. По каждому из них получены положительные показатели на обеих экспозициях склонов с учетом в приходной части количества элемента, закреп-

ленного в ветоши, и, возвращенное в почву. На северной экспозиции склона скомпенсированность баланса составила по: фосфору – 25,1%, калию – 2,0%, кальцию – 9,0% (табл. 5). На южной экспозиции склона эти показатели снизились соответственно до 17,3; 3,3 и 1,0%. Средний показатель скомпенсированности трех элементов на северной экспозиции составил 11,4%, на южной 7,2%.

Таблица 5. Баланс фосфора, калия и кальция в естественных фитоценозах по экспозициям склонов среднегорной провинции Дагестана

Показатели	Экспозиция склонов					
	северная			южная		
	Р	К	Са	Р	К	Са
Всего потреблено	21,9	150,8	280,9	21,4	141,1	250,9
Закреплено в ветоши	1,2	8,4	8,8	1,0	6,9	12,4
Возвращено в почву:						
-выщелочено из надземных органов	1,5	18,4	0,0	0,7	18,4	0,0
-выделено прижизненно:						
- из подземных органов	1,8	14,0	15,0	1,8	14,0	15,0
-при разложении войлока	2,1	7,3	17,1	1,6	5,8	31,9
-при разложении подземных органов	16,5	107,2	247,4	17,1	102,6	224,2
Всего	21,9	146,9	279,5	21,2	140,8	244,6
Баланс	+5,5	+3,0	+2,6	+3,7	+4,7	+2,4

Выводы: в условиях Предгорной подпровинции Дагестана процессы прихода и убыли растительного вещества относительно сбалансированы на обеих экспозициях склонов. На них также складывается скомпенсированный баланс всех трех биофильных элементов. На северной экспозиции склона Предгорной подпровинции Дагестана накапливается 48,9 кг/га сутки надземной и 206,2 кг/га сутки подземной органической массы, или соответственно на 26,7% и 8,5% больше, чем на южной экспозиции. Возврат в почву фосфора на северной экспозиции склона превышает потребление фитocenозом на 5,5%, калия – на 2,0%, кальция – на 9,0%, на южной экспозиции соответственно на 17,3%, 3,3 и 1,0%. Полученные результаты могут быть положены в основу научного прогноза устойчивости и продуктивности экосистем подпровинции по экспозициям склонов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атаев, З.В. Ландшафтная структура Предгорного Дагестана «антропогенные ландшафты», структура, методы и прикладные аспекты изучения. – Воронеж: изд.-во Воронежского университета, 1988. С. 79-89.
2. Базилевич, Н.И. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах / Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова. – Новосибирск: изд.-во СО РАН, 2008. 380 с.
3. Баламирзоев, М.А. Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования / М.А. Баламирзоев, Э.М.-Р. Мирзоев, А.М. Аджиев, К.Г. Муфараджев. – Махачкала: Дагкнигоиздат, 2008. 336 с.
4. Габимова, А.Р. Фенология развития интродуцированных видов жимолости на Гунибской базе Горного ботанического сада / А.Р. Габимова, М.А. Газиев, З.М. Асадуллаев // Мат-лы 7 междунар. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа». – Теберда, 2005. С. 39-41.
5. Гамзатова М.З. Межпопуляционная дифференциация *Trifolium campestre* Schreb по высотному градиенту в условиях Дагестана / М.З. Гамзатова, А.Д. Хабибов // Мат-лы 7 междунар. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа». – Теберда, 2005. С. 53-55.
6. Гасанов, Г.Н. Видовой состав и продуктивность горно-долинных фитоценозов Дагестана / Г.Н. Гасанов, Н.И. Рамазанова, К.М. Гаджиев // Известия ДГПУ. 2014. № 3. С. 35-42.
7. Гасанов, Г.Н. Продуктивность горно-долинных почв Дагестана / Г.Н. Гасанов, Н.И. Рамазанова, К.М. Гаджиев // Горное сельское хозяйство. 2015. № 1. С. 34-39.
8. Дибиров, М.Д. Результаты интродукционных исследований малораспространенных кормовых растений в Гунибском плато / М.Д. Дибиров, А.М. Мусаев, Г.А. Абдулкадырова // Мат-лы 7 междунар. конф. «Биологическое разнообразие Кавказа». – Теберда, 2005. С. 52-53.
9. Комарова, Н.В. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» / Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев. – СПб., 2006. 212 с.
10. Ягодин, Б.А. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин и др. – М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
11. Сапожников, С.А. Агроклиматические ресурсы Дагестанской АССР. – Л.: Гидрометиздат, 1975. 11 с.
12. Титлянова, А.А. Продуктивность травяных экосистем «Биологическая продуктивность травяных экосистем». – Новосибирск: «Наука», Сибирское отделение, 1988. С. 109-127.

CONCENTRATIONS, STOCKS AND BALANCE OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE HERBAL ECOSYSTEMS OF DAGESTAN PREMOUNTAIN SUB-PREVENTION

© 2017 N.I. Ramazanov, G.N. Gasanov, Sh.K. Salikhov, M.A. Yakhiyev, K.B. Gimbatova, Zh.O. Shaikhalova, V.V. Semenova

PreCaspian Institute of Biological Resources DSC RAS

The paper presents data on the species composition and formation of green mass, rags, felt and ground mass by a natural phytocenosis. The problems of concentration and accumulation the stocks of biophilic elements - phosphorus, potassium, calcium in blocks of organic mass on the exposures of the slopes of the Piedmont subprovince of Dagestan are considered.

Key words: *balance, chemical elements, phytocenosis, slope exposition, block of organic matter*

Nurgazhan Ramazanov, Research Fellow. E-mail: nurjagan@yandex.ru

Gasan Gasanov, Doctor of Agriculture, Professor.

E-mail: nikuevich@mail.ru

Shamil Salikhov, Research Fellow. E-mail:

salikhov72@mail.ru

Magomedpazil Yakhiyev, Minor Research Fellow.

E-mail: pazil59@mail.ru

Kabirat Gimbatova, Minor Research Fellow

Zhamilat Shaikhalova, Senior Laboratory Assistant

Viktoria Semenova, Senior Laboratory Assistant