

УДК 574.4 (470.67)

БАЛАНС КАЛИЯ В ТРАВЯНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ СРЕДНЕГОРИЙ ДАГЕСТАНА

© 2017 Ш.К. Салихов, З.Н. Ахмедова, К.Б. Гимбатова, Ж.О. Шайхалова

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, г. Махачкала

Статья поступила в редакцию 09.05.2017

Исследование посвящено определению объемов накопления и транслокации надземной и подземной массы по блокам органического вещества, концентрации и запасов калия, а также скомпенсированности баланса этого элемента в травяных экосистемах Среднегорной подпровинции Дагестана. Исследования проведены на склонах северной и южной экспозиции горы Маяк, с крутизной, соответственно, 15-20° и 20-25° на территории экспериментальной базы Горного ботанического сада Дагестанского научного центра РАН на высоте 1700-1800 м над уровнем моря, в условиях заповедного режима. Приведены результаты исследований по формированию зеленой массы, ветоши и войлока, живой и мертвой подземной массы естественного фитоценоза. Определены концентрации и запасы калия в блоках органического вещества по экспозициям склонов. Определен вынос калия на формирование органической массы и возврат его в почву за счет выщелачивания из надземных органов, прижизненных выделений и разложения подземных органов и степного войлока. Определена степень скомпенсированности баланса этого элемента питания растений.

Ключевые слова: фитомасса, транслокация, блок органического вещества, калий, концентрация, запасы, баланс

Фитоценозам принадлежит ведущая роль в создании кормовой базы животноводства. В этом аспекте главным является вопрос повышения продуктивности растений, которым для роста и развития необходимы вода и питательные элементы – азот, фосфор, калий. Видовой состав, накопление, транслокация органического вещества и баланс элементов в фитоценозах во многом определяются эдафическими и климатическими условиями произрастания растений, зависящих от конкретной территории их местообитания.

Территория Среднегорной подпровинции Дагестана охватывает три ландшафтных природных пояса: горно-степной с горно-каштановыми почвами на высотных отметках 700-900 (1000) м, субальпийский лугово-степной с горными лугово-степными, горно-луговыми черноземовидными почвами на высотах 900 (1000)-1700 (2000) м и субальпийский лугово-лесной и луговой пояс с горными бурными лесными, горными лугово-лесными скрыто-оподзоленными и горно-луговыми почвами на абсолютных отметках 1700 (1800)-2000 (2500) м. Почвы подпровинции маломощные, щебнистые, среднесуглинистые. Гумуса на целинных почвах содержится от 2,5% до 12-18%, гидролизующим азотом обеспечены средне и высоко, обменным калием – средне, фосфором – низко [2].

Климат территории умеренно-холодный полувлажный, среднегодовая температура воздуха 6,1-9,8°C, продолжительность безморозного периода – 160-190 дней, сумма активных температур выше 10°C – 2000-3000, годовая сумма осадков – 400-800

мм, гидротермический коэффициент – 1,0-2,0 [2]. Общая площадь подпровинции составляет 1 млн. 300 тыс. га. Здесь сосредоточены летние пастбища многих с/х предприятий и личных подсобных хозяйств горных районов. Благодаря достаточной влагообеспеченности и термическим ресурсам кормовые угодья подпровинции отличаются высокой продуктивностью, достигающей 4,9 и 6,2 т/га воздушно-сухой массы в зависимости от гидротермических условий и склоновой экспозиции [5, 6]. Однако в этих работах не дана динамика транслокации органического вещества по блокам: зеленая масса-ветошь-войлок-корни. Не рассмотрены также вопросы деструкции органического вещества, концентрации и запасов калия, скомпенсированности его баланса.

Цель исследований: определение накопления и транслокации надземной и подземной массы органического вещества, концентрации и запасов калия, а также скомпенсированности баланса этого важнейшего биофильного элемента в экосистемах северной и южной экспозиций горы Маяк Среднегорной подпровинции Дагестана на высоте 1700-1800 м над уровнем моря.

Методика исследований. Исследования проведены в 2012-2014 гг. на склонах северной и южной экспозиций горы Маяк на территории экспериментальной базы «Верхний Гуниб» Горного ботанического сада ДНЦ РАН. Почва на склоне северной экспозиции – горная бурая лесная олуговелая карбонатная маломощная тяжелосуглинистая на делювиальных глинистых карбонатных отложениях, мезорельеф – склон средней крутизны (15-20°) с выраженными террасами, степень проективного покрытия – 100%, сильно задернен, степень каменистости – 0%, эрозии нет. На склоне южной экспозиции почва горная лугово-степная карбонатная маломощная тяжелосуглинистая на делювиальных

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

Ахмедова Заира Нажмутдинова, научный сотрудник. E-mail: zaira-1945@mail.ru

Гимбатова Кабират Бадыровна, младший научный сотрудник

Шайхалова Жамилат Омаровна, старший лаборант

плотных известняковых отложениях, мезорельеф – склон средней крутизны (20-25°), степень проективного покрытия – 100%; сильно задернен, степень каменистости – 5-10% покрытия, эрозии нет.

Экспериментальные участки расположены на гипсометрических отметках 1700-1800 м на площадках по 100 м². Каждая из площадок разделена на 100 квадратов (по 1 м²) полиэтиленовым шпагатом и имеют свой порядковый номер (от 1 до 100). Образцы для определения видового состава, накопления фитомассы и концентрации калия на участках отбирались ежегодно по семь раз в период с апреля по октябрь в первой декаде каждого месяца в трехкратной повторности методом рандомизации (случайный по жребию). Причем повторный отбор образца с одной и той же площадки в течение всех трех лет исследований не допускался. Продуктивность растительных сообществ определяли укосным методом, концентрация и запасы калия, а также скомпенсированность его баланса провели по А.А. Титляновой [10]. Определение содержания калия в

растениях произведено при помощи системы капиллярного электрофореза – «Капель-105М» (в режиме определения катионов и анионов) [8].

Результаты и обсуждение. Климатические условия на территории исследуемой подпровинции Дагестана за годы исследований были благоприятны для роста и развития пастбищных фитоценозов. Максимальные показатели температур и осадков приходились на июль-август, за исключением 2014 г., когда максимум осадков приходился на май (табл. 1). Среднемесячная температура воздуха существенно меняется по экспозициям склонов, увеличиваясь на южной стороне, по сравнению с ровной поверхностью, на 4,5-5,8°С и, снижаясь на северной, на 4,5-5,2°С [7]. В расчетах средних температур по экспозициям склонов мы ориентировались на средние из этих показателей: увеличение на южной экспозиции на 5,2°С и снижение на северной на 4,8°С. Максимальная продуктивность зеленой массы фитоценозов за годы исследований достигалась в июле-августе (рис. 1).

Таблица 1. Гидротермические условия по экспозициям склонов горы Маяк на базе «Верхний Гуниб» ГорБС ДНЦ РАН в 2012-2014 гг.

Месяц	Т _{ср.} , °С		RRR, мм	Т _{ср.} , °С		RRR, мм	Т _{ср.} , °С		RRR, мм
	1	2		1	2		1	2	
	2012 г.			2013 г.			2014 г.		
4	6,7	16,7	41	4,0	14,0	37	3,8	13,8	46
5	9,0	19,0	70	8,5	18,5	132	10,0	20,0	296
6	12,6	22,6	85	10,6	20,6	93	11,4	21,4	65
7	13,0	23,0	107	12,0	22,0	139	13,8	23,8	146
8	14,9	24,9	60	11,9	21,9	44	15,3	25,3	68
9	9,6	19,6	49	8,4	18,4	52	9,5	19,5	49
10	7,3	17,3	8	3,8	13,8	50	2,9	12,9	18
средние (сумма)	10,44	20,44	420	8,46	18,46	547	9,53	19,53	688

Примечание: 1 – северный склон; 2 – южный склон; Т_{ср.} – среднемесячная температура воздуха, °С; RRR – сумма осадков, мм

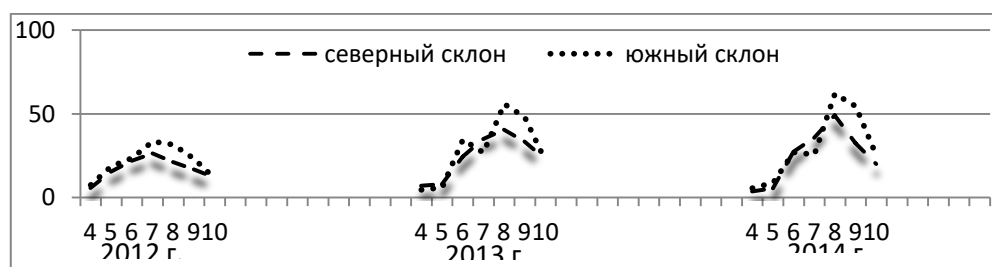


Рис. 1. Динамика накопления зеленой массы, ц/га

Обнаружена тесная связь продуктивности зеленой массы сообществ с температурой воздуха (колебания $r = 0,54$ до $0,93$, в зависимости от года исследования и экспозиции склона) (табл. 2). Выявлена также зависимость продуктивности от количества осадков (колебания $r = 0,01$ до $0,81$). На склонах южной и северной экспозиции майские осадки (табл. 1, 2), выпавшие в большом количестве, не повлияли пропорционально на рост растений, вероятно вследствие избыточного увлажнения, что ухудшило воздушный режим и снизило аэрацию почв.

Кроме того, в мае, в начальные фазы развития растений нет необходимости в повышенных количествах осадков. Прямой зависимости между ежемесячным количеством осадков и ежемесячным приростом массы не обнаружено. На рост продуктивности фитоценозов повлияла сумма осадков за вегетационный период, что выразилось в пропорциональном росте продуктивности фитоценозов. В целом во влажные 2013 и 2014 гг. урожайность сообществ была выше, чем в 2012 г.

Таблица 2. Коэффициент корреляции показателей зеленой массы с гидротермическими условиями склонов (2012-2014 гг.)

Показатели климата	Годы	Зеленая масса в сообществах по экспозициям склонов, ц/га	
		южная	северная
температура, °C	2012	0,93	0,89
	2013	0,59	0,65
	2014	0,54	0,73
количество осадков, мм (без учета майских осадков)	2012	0,73	0,78
		(0,76)	(0,81)
	2013	-0,30	-0,08
		(-0,03)	(0,33)
	2014	-0,39	-0,32
		(0,01)	(0,44)

Важнейшей характеристикой фитоценозов, которая обеспечивает прохождение биологического круговорота веществ и энергии в природе, является органическое вещество, созданное фитоценозом за единицу времени на единице площади [10]. Расчет проводится на безморозный период, поскольку вегетация естественного фитоценоза продолжается вплоть до нулевой температуры воздуха [10]. Средняя продолжительность этого периода за 2012-2014 гг. на рассматриваемой территории составила 239 дней. Для расчета запасов питательных элементов в фитоценозах, их деструкции и потребления в последующем для создания новой продукции используются расчеты по транслокации их по блокам органического вещества. Эти данные в среднем за годы исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3. Накопление фитомассы в блоках органического вещества по экспозициям склонов горы Маяк в Среднегорной подпровинции Дагестана (2012-2014 гг., кг/га·сутки)

Блок органического вещества	Экспозиция склона	
	северная	южная
зеленая масса	7,69	8,14
ветошь	10,49	15,58
войлок	6,07	7,23
вся надземная масса	24,25	30,95
живая подземная масса	37,79	52,7
мертвая подземная масса	23,55	27,5
вся подземная масса	61,34	80,2
вся фитомасса	85,59	111,15
доля подземной массы в общей фитомассе, %	71,67	72,15

В наших исследованиях высокой продуктивностью отличается почва на южной экспозиции Среднегорной подпровинции, где надземной воздушно-сухой фитомассы собрано на 27,63% больше, чем на северной. Полученные нами результаты не согласуются с данными исследователей [3, 4], которые указывают на более высокую продуктивность фитоценозов именно на северной экспозиции склонов по сравнению с южной. Данное «противоречие» мы объясняем следующими причинами:

во-первых, на нашем экспериментальном участке поддерживается заповедный режим содержания пастбищ, то есть, не допускалось стравливание фитоценозов животными, что исключает, характерную для южных экспозиций склонов, пастбищную эрозию, которая выражается в образовании многочисленных тропинок различных ширины и направлений, где полностью выбивается растительность. Оголенная поверхность почвы на этих тропинках дает начало процессам образования интенсивного поверхностного стока и эрозии почв, которая усиливает свое разрушительное действие по всему склону, по мере накопления массы дождевой воды. Такие случаи на нашем участке не наблюдались;

во-вторых, проективное покрытие экспериментального участка составляет 100% и это обеспечивает полную защиту почвы от водной эрозии в летнее время. Помимо этого, к концу осени на поверхности почвы склона накапливается по усредненным за годы исследования данным – 5,67 т/га ветоши и степного войлока. Эта масса способствует сохранению снега на поверхности почвы более продолжительное время, чем на открытой ее части. При наступлении теплых дней температура почвы сохраняется на более низком уровне по сравнению с оголенной поверхностью почвы, препятствуя ускоренному снеготаянию, усилению эрозионных процессов и смыву почвы с оттаявшей поверхности [2]. Высокая степень задерненности верхнего слоя почвы также является фактором, сдерживающим эрозию почвы. Так, масса живых корней на южной экспозиции склона в наших исследованиях достигала 12,6 т/га, а на северной экспозиции – 9,03 т/га. Почва, скрепленная корневой системой растений, меньше подвергается эрозии, чем лишенная такой поддержки.

Формированию высокой продуктивности фитоценоза на южном склоне, на наш взгляд, способствовало также относительно большие запасы влаги в почве: 1280 м³/га в среднем за 2012-2014 гг., что почти на четверть больше, чем на северной экспозиции склона. Формированию их способствовала высокая каменистость почвы, которая начиналась с 40-50 см от ее поверхности. В условиях больших перепадов ночных и дневных температур воздуха

среднегорий каменистость пахотного слоя почвы и нижележащая прослойка камня на указанной глубине, возможно, играют роль конденсаторов паров влаги и способствуют увеличению ее запасов в почве.

Полученные нами данные подтверждают справедливость положения, высказанного многими авторами [14, 15] о том, что величина продукции является функцией, в первую очередь, тепла и влагообеспеченности. Именно высокие температуры воздуха и достаточная обеспеченность влагой способствовали достижению лучших показателей по накоплению надземной фитомассы на южной экспозиции склона по сравнению с северной.

Доля зеленой массы в общей надземной массе естественного фитоценоза на северной и южной экспозициях склона составляет соответственно 31,7-26,3%, ветоши – 43,26-50,34%, войлока – 25,03-23,36%. Но соотношение зеленой массы к ветоши на южной экспозиции несколько шире (1:1,9), чем на северной (1:1,4), зеленой массы к войлоку – 1:0,8 и 1:0,9. Эти данные свидетельствуют о том, что транс-

локация зеленой массы в ветошь, а в дальнейшем и в войлок на южном склоне идет более интенсивно, чем на северном. Соотношение массы корней к надземной части фитомассы на участке, приуроченном к южной экспозиции было чуть выше – 2,6:1, против 2,5:1 на северной.

Большое значение для растений имеет калий – незаменимый питательный элемент, который оказывает большое влияние на обмен веществ, повышает толерантность растений к неблагоприятным условиям среды, защищает от болезней, вредителей, засухи, засоления, холода [9, 11]. Он играет существенную роль в активации ферментных систем, синтезе белка, фотосинтезе, осморегуляции, передаче энергии, катион-анионном балансе и стрессоустойчивости [12, 13]. В нашем случае калий больше всего концентрируется в зеленой массе фитоценоза, а в ветоши и степном войлоке относительное содержание его снижается соответственно 6,3 и 5,5 раз в условиях северной экспозиции, в 5,9 и 5,6 раз – южной (табл. 4).

Таблица 4. Концентрация (%) и запасы (кг/га) калия в блоках органического вещества естественного фитоценоза по экспозициям склонов горы Маяк (2012-2014 гг.)

Блок органического вещества	Концентрация		Запасы	
	экспозиция			
	северная	южная	северная	южная
зеленая масса	2,66	2,65	48,89	51,55
ветошь	0,42	0,45	10,53	16,76
войлок	0,48	0,47	6,96	8,12
всего в надземных органах	–	–	66,38	76,43
в подземных органах	0,52	0,55	76,23	105,42
всего в фитомассе	–	–	142,61	181,85

В корневой массе концентрируется в пять раз меньше калия, чем в зеленой массе, независимо от экспозиции склона. Но, благодаря более высокой массе подземных органов, в корневой массе накапливается на 9,85 и 28,99 кг/га больше калия, на северной и южной экспозиции соответственно. С учетом приведенных выше данных нами составлен баланс калия, в биогеоценозах рассматриваемой подпровинции (табл. 5). При расчетах количества

калия, выщелоченного из надземных органов, и прижизненных выделений из подземных органов нами приняты данные А.А. Титляновой [10]. Установлено, что на обеих экспозициях склона в условиях заповедного режима использования пастбищ складывается скомпенсированный баланс калия, в приходную часть которого включено количество элемента, закрепленного в ветоши и возвращенного в почву.

Таблица 5. Баланс калия в естественном фитоценозе по склонам горы Маяк (2012-2014 гг., кг/га)

Показатель	Экспозиция склона	
	северная	южная
всего потреблено	142,61	181,85
закреплено в ветоши	10,53	16,76
возвращено в почву:		
- выщелочено из надземных органов	20,2	20,2
- выделено прижизненно из подземных органов	14,0	14,0
- при разложении войлока	6,96	8,12
- при разложении подземных органов	76,23	105,42
всего	117,39	147,74
баланс	35,75	50,87

Выводы: по результатам трехлетних исследований выявлены факторы формирования и накопления фитомассы в Среднегорной подпровинции Дагестана на гипсометрической отметке 1700-1800 м. Выявлены концентрация и запас калия в блоках органического вещества надземной и подземной фитомассы на склонах северной и южной экспозиции горы Маяк. Повышение среднемесячной температуры воздуха за период вегетации естественно-го фитоценоза на 10°C на склоне южной экспозиции, способствовало увеличению доли ветоши в общей надземной массе с 43,3 до 50,3%.

Калий больше концентрируется в зеленой массе фитоценоза, а в ветоши и степном войлоке относительное содержание его снижается в 5-6 раз, независимо от ориентации склона. В корневой массе концентрируется в пять раз меньше калия, чем в зеленой массе, независимо от экспозиции склона. Но, благодаря более высокой массе подземных органов, в корневой массе накапливается на 9,85 и 28,99 кг/га больше калия, на северной и южной экспозиции соответственно. Несмотря на почти одинаковую концентрацию калия в блоках органического вещества, запасы его на склоне южной экспозиции были больше на 15% в надземной и 28% всей фитомассы, из-за более высокой величины растительной массы формируемой на этом склоне. На обоих склонах в условиях заповедного режима складывается скомпенсированный баланс калия. Эти данные являются средними за 2012-2014 гг. Но по годам они менялись существенно в зависимости от гидротермических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Базилевич, Н.И.* Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах / *Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова*. – Новосибирск, изд. СО РАН, 2008. 381 с.
2. *Баламирзоев, М.А.* Почвы Дагестана. Экологические аспекты их рационального использования / *М.А. Баламирзоев, Э.М.-Р. Мирзоев, А.М. Аджиев, К.Г. Муфараджев*. – Махачкала: ГУ «Дагестанское книжное издательство», 2008. 336 с.
3. *Белолюбцев, А.И.* Агроклиматическая оценка продуктивности фитоценозов на склоновых землях // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 4. С. 52-61.
4. *Братков, В.В.* Пространственно-временная структура ландшафтов Большого Кавказа: дис. ... д.геогр.н. – Ростов-на-Дону, 2002. 335 с.
5. *Гасанов, Г.Н.* Видовой состав и продуктивность растительных сообществ Среднегорной подпровинции Дагестана / *Г.Н. Гасанов, Ш.К. Салихов, К.М. Гаджиев* и др. // Известия ДагПИУ. Естественные и точные науки. 2015. № 3 (32). С. 31-35.
6. *Гасанов, Г.Н.* Видовой состав и продуктивность луговых фитоценозов горы Маяк (Гунибское плато, Республика Дагестан) / *Г.Н. Гасанов, Ш.К. Салихов, К.М. Гаджиев* и др. // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52, № 2. С. 214-224.
7. *Калашиников, К.Г.* Адаптивная система земледелия и производство кормов / *К.Г. Калашиников, М.С. Хлопюк, А.Ю. Акимов* // Кормопроизводство. 2006. №11. С. 2-4.
8. *Комарова, Н.В.* Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КА-ПЕЛЬ» / *Н.В. Комарова, Я.С. Каменцев*. – СПб.: ООО «Веда», 2006. 212 с.
9. *Сискевич, Ю.И.* Мониторинг содержания калия в почвах Липецкой области / *Ю.И. Сискевич, Г.Н. Никонова* // Агрохимический вестник. 2006. №6. С. 2-4.
10. *Титлянова, А.А.* Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / Под ред. *В.Б. Ильина*. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1988. С. 109-127.
11. *Amtmann, A.* The Effect of Potassium Nutrition on Pest and Disease Resistance in Plants / *A. Amtmann, S. Troufflard, P. Armengaud* // Physiologia Plantarum. 2008. Vol. 133, No. 4. P. 682-691.
12. *Ashley, M.K.* Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins / *M.K. Ashley, M. Grant, A. Grabov* // J. Exp. Bot. 2006; V. 57, No 2. P. 425-436.
13. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants.* 3-rd edition. Edited by *P. Marschner*. – Amsterdam, Netherlands: Elsevier/Academic Press, 2011. P. 684
14. *McGuire, A.D.* Environmental variation, vegetation distribution, carbon dynamics and water/energy exchange at high latitudes / *A.D. McGuire, S. Storch, M. Apps et al.* // J. Veg.Sci. 2002. Vol. 13. P. 301-314.
15. *Pan, Y.* A biogeochemistry – based dynamics vegetation model and its application along a moisture gradient in the continental United States / *Y. Pan, A.D. McGuire, J.M. Melillo et al.* // J. Veg. Sci. 2002. Vol. 13. P.369-382.

BALANCE OF POTASSIUM IN HERBAL ECOSYSTEMS OF DAGESTAN MIDDLE MOUNTAINS

© 2017 Sh.K. Salikhov, Z.N. Ahmedova, K.B. Gimbatova, Zh.O. Shaykhalova

Precaspian Institute for Biological Resources DSC RAS, Makhachkala

The study is devoted to determination the volume of accumulation and translocation of aboveground and underground mass in blocks of organic matter, concentration and potassium reserves, as well as the balance of this element in the grass ecosystems of the Middle mountain Dagestan subprovince. Studies were carried out on the slopes of northern and southern exposure of Mount Mayak, with a steepness respectively 15-20° and 20-25° in the experimental base of the Mountain Botanical Garden Dagestan Scientific Center RAS at an altitude of 1700-1800 m above sea level. The results of research on the formation of green mass, rags and felt, live and dead ground masses of natural phytocenosis are presented. The concentrations and reserves of potassium in blocks of organic matter are determined from the exposures of the slopes. Potassium was removed to form an organic mass and return it to the soil by leaching from aboveground organs, intra vital precipitation and decomposition of underground organs and steppe felts. The degree of balance of this plant nutrient balance has been determined.

Key words: *phytomass, translocation, block of organic matter, potassium, concentration, reserves, balance*

Shamil Salikhov, Research Fellow, научный сотрудник. E-mail: salikhov72@mail.ru; Zaira Akhmedova, Research Fellow. E-mail: zaira-1945@mail.ru; Kabirat Gimbatova, Minor Research Fellow; Zhamilat Shaikhalova, Senior Laboratory Assistant