

**БАЛАНС ФОСФОРА, КАЛИЯ, КАЛЬЦИЯ В ФИТОЦЕНОЗАХ
СРЕДНЕГОРНОЙ ПОДПРОВИНЦИИ ДАГЕСТАНА**
THE BALANCE OF PHOSPHORUS, POTASSIUM, CALCIUM IN PLANT
COMMUNITIES OF THE FOOTHILLS AND MIDDLE MOUNTAINS
SUBPROVINCE OF DAGESTAN



УДК 631.95(470.67)

DOI:10.24411/2588-0209-2019-10080

**Г.Н. Гасанов, Ш.К. Салихов, К.М. Гаджиев, М.А. Яхияев, Р.Р. Баширов,
З.Н. Ахмедова, К.Б. Гимбатова, А.С. Абдулаева, Н.И. Рамазанова,
Ж.О. Кичева**

Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского научного центра РАН, Россия, Махачкала

**G.N. Gasanov, Sh.K. Salikhov, K.M. Hajiyev, M.A. Yahyaev, R.R. Bashirov,
Z.N. Akhmedova, K.B. Gimbatova, A.S. Abdulaeva, N.I. Ramazanova,
Zh.O. Kicheva**

Precaspian Institute of Biological Resources Dagestan Scientific Center RAS,
Makhachkala, Russia

Аннотация

Проведено исследование накопления, концентрации и запасов фитомассы по блокам растительного вещества, баланса фосфора, калия, кальция в фитоценозах Среднегорной подпровинции Дагестана. Исследования проведены в 2017 г. на склонах южной и северной экспозиций горы Маяк (1700 м н.у.м.) Гунибской экспериментальной базы Горного ботанического сада ДНЦ РАН. Отмечено снижение в 2017 г. показателей накопления растительной массы, концентраций фосфора, калия, кальция и их запасов по экспозициям склонов по сравнению с предыдущими 2012-2016 гг. Отмечено незначительное по сравнению с предыдущими годами увеличение концентрации фосфора, калия, кальция в фитомассе, вследствие накопления

и дальнейшего разложения большого количества растительных остатков (ветоши и войлока), в связи с заповедным режимом использования участков. Максимальное количество зеленой фитомассы (7,1 кг/га·сутки), ветоши (14,2 кг/га·сутки), степного войлока (6,2 кг/га·сутки) и корней (75,6 кг/га·сутки) накапливалось на южном склоне Среднегорья Дагестана. Концентрация химических элементов и их запасы в надземной и подземной массе различались в зависимости от экспозиции склона. В зеленой фитомассе наибольшую концентрацию имел калий – 2,68-2,71, затем кальций – 0,48-0,50, наименьшую – фосфор (0,08-0,09%). В ветоши, войлоке и корнях концентрация кальция была выше, чем калия и фосфора. В Среднегорной подпровинции сложился положительный баланс фосфора, калия и кальция – потребление из почвы было ниже возврата в неё этих элементов.

Annotation

The study of accumulation, concentration and reserves of phytomass by blocks of plant matter, balance of phosphorus, potassium, calcium in phytocenoses of the middle Mountain subprovince of Dagestan was carried out. The research was carried out in 2017 on the slopes of the southern and northern expositions of mount Mayak (1700 m n. a. m.) of the Gunib experimental base Of the mountain Botanical garden of the DSC RAS. There was a decrease in 2017 of indicators of accumulation of plant mass, concentrations of phosphorus, potassium, calcium and their reserves in the exposures of slopes compared to the previous 2012-2016. There was a slight increase in the concentration of phosphorus, potassium, calcium in phytomass in comparison with previous years, due to the accumulation and further decomposition of a large number of plant residues (dead phytomass and litter), in connection with the protected mode of use of sites. The maximum amount of green phytomass (7.1 kg / ha*day), dead phytomass (14.2 kg / ha* day), steppe litter (6.2 kg/ha·day) and roots (75.6 kg/ha·day) accumulated on the southern slope of the middle Mountains of Dagestan. The concentration of chemical elements and their reserves in the aboveground and underground mass differed depending on the exposure of the slope. In green phytomass the highest concentration was potassium – 2,68-2,71, then calcium – 0,48-0,50, the lowest-phosphorus (0,08-0,09%). In dead phytomass, litter and roots, the concentration of calcium was higher than potassium and phosphorus.

Ключевые слова: *фосфор, калий, кальций, концентрация элементов, баланс элементов, накопление фитомассы, склоновые экосистемы, подпровинции, гипсометрические отметки.*

Keywords: *phosphorus, potassium, calcium, concentration of elements, balance of elements, phytomass accumulation, slope ecosystems, subprovince, hypsometric marks.*

Вопрос баланса биофильных элементов в объектах биосферы изучается, начиная с 60-х годов прошлого века, с охватом более 500 различных экосистем мира. Однако различные экосистемы резко отличаются между собой по структуре и интенсивности обменных процессов. В таких масштабных исследованиях количественно определить интенсивность всех процессов круговорота веществ очень сложно [1]. Изыскания в этих областях, проведенные у нас в стране [1-4] и за рубежом [5, 6], не охватили все регионы биосферы. В этой связи актуальным является вопрос транслокации и баланса растительного вещества и химических элементов в таком контрастном по своим экологическим условиям регионе как Восточный Кавказ, в целом и Горный Дагестан, в частности.

Важным элементом питания растений – фосфору, калию и кальцию – принадлежит существенная роль в жизни растений. Фосфор входит в состав ряда органических соединений, таких, как нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК), нуклеотиды (АТФ, НАД, НАДФ), нуклеопротеиды, витамины и других соединений, играющих центральную роль в обмене веществ [7-9]. Недостаток калия замедляет транспорт сахарозы по флоэме, что определяет его роль в формировании урожая. Под влиянием калия увеличивается накопление крахмала, сахарозы, моносахаридов [10-12]. Кальций защищает растения в стрессовых ситуациях: нагрев [13], охлаждение [14], осмотический дисбаланс [15], возбудители болезней [16], избытка ультрафиолета [17].

Цель исследования

Определение накопления, концентрации и запасов фитомассы по блокам растительного вещества, баланса фосфора, калия, кальция в фитоценозах Среднегорной подпровинции Дагестана.

Объекты и методы исследования

Исследования проведены в 2017 г. на склонах южной и северной экспозиций горы Маяк на Гунибской экспериментальной базе Горного ботанического сада ДНЦ РАН. Площадь экспериментальных участков составляла по 100 м², каждый из них разделен на 100 постоянных квадратов, площадью по 1 м². полиэтиленовым шпагатом. На огороженных площадках был введен заповедный режим, что исключало сенокошение и выпас домашних животных. Запасы надземного и подземного растительного вещества учитывались по методике А.А. Титляновой [18]. Надземную массу определяли укосным методом, с выделением фракций: зеленая фитомасса, ветошь (мертвые части растений, не лишенные связи с растениями), войлок. Подземную массу определяли в эти же сроки на тех же учетных площадках после скашивания надземной массы до глубины 60 см методом монолита. Размер монолитов 10x10x10 см, повторность 4 кратная. Расчет продолжительности вегетационного периода растений проводился по датам перехода среднесуточной температуры воздуха через $\pm 0^{\circ}\text{C}$.

Содержание фосфора в блоках фитомассы установлено методом озоления, с последующим определением на КФК-2МП [19]. Определение содержания калия и кальция в растениях произведено при помощи системы капиллярного электрофореза – «Капель-105М» (в режиме определения катионов и анионов) [20].

Результаты исследований

Отмечено снижение в 2017 г. (табл. 1) показателей накопления растительной массы, концентраций макроэлементов (фосфора, калия, кальция) и их запасов по экспозициям склонов Среднегорной подпровинции дагестанской части Восточного Кавказа по сравнению с предыдущими годами [21-26].

Таблица 1

Накопление фитомассы в блоках растительного вещества по экспозициям склонов Среднегорья Дагестана, кг/га·сутки. 2017 г.

Блоки растительного вещества	Экспозиция склона	
	северная	южная
Зеленая масса, G	6,7	7,1
Ветошь, D	9,6	14,2
D : G	1,43	2,0
Войлок, L	5,6	6,2
L : D	0,6	0,4
Вся надземная масса, G+D+L	21,9	27,5
Живая подземная масса, R	35,5	49,7
R : G	5,3	7,0
Мертвая подземная масса, V	19,6	25,9
Вся подземная масса R+V	55,1	75,6
Вся фитомасса	77,0	103,1
Доля подземной фитомассы в общей, %	71,6	73,3

Это связано с нарастанием по годам накапливаемой массы ветоши и войлока, которые, хотя и играют положительную роль в накоплении гумуса и питательных элементов в почве препятствуют прорастанию семян однолетних трав и формированию вегетативной массы многолетних растений. На формирование фитомассы в блоках органического вещества повлияли гипсометрические отметки и экспозиции склонов. Так, продолжительность вегетационного периода составила в Гунибе (1700 м) – 265 дней. Отличия были и в температуре воздуха на различных экспозициях склонов, которые в Среднегорной подпровинции отклонялась на 10⁰С. Это приводило к различиям в датах наступления и продолжительности прохождения фаз развития растений и вегетационного периода фитоценозов. На важную роль экспозиции склона в формировании микроклимата, видового разнообразия, продукционные процессы и другие экологические

функции путем изменения режима поступления света, температуры, влаги указывают и другие исследователи [27, 28].

Отмечено незначительное по сравнению с 2012-2016 гг. увеличение концентрации фосфора, калия, кальция в фитомассе, вследствие накопления и дальнейшего разложения большого количества растительных остатков (ветоши и войлока), из-за заповедного режима использования экспериментальных участков (табл. 2).

Таблица 2

Концентрация фосфора, калия, кальция в фитомассе по экспозициям склонов Среднегорья Дагестана, % в сухой массе. 2017 г.

Блоки растительного вещества	Элемент	Экспозиция склона	
		северная	южная
Зеленая масса, G	фосфор	0,20	0,21
	калий	2,71	2,68
	кальций	0,48	0,50
Ветошь, D	фосфор	0,08	0,09
	калий	0,44	0,46
	кальций	0,49	0,52
D :G	фосфор	0,4	0,4
	калий	0,2	0,2
	кальций	1,0	1,0
Войлок, L	фосфор	0,14	0,14
	калий	0,49	0,50
	кальций	1,16	1,18
L : D	фосфор	1,8	1,6
	калий	1,1	1,1
	кальций	2,4	2,3
В подземных органах, R+V	фосфор	0,10	0,11
	калий	0,54	0,57
	кальций	1,22	1,24

На роль растительных остатков в накопления гумуса и элементов питания указывают и другие исследователи [29-31].

В нашем случае суммарное накопление ветоши и войлока отклонялось от 41 до 55,1 ц/га, в зависимости от экспозиции склона.

Запасы фосфора, калия, кальция соответствовали накоплению фракций растительного вещества и концентрации в них элементов питания (табл. 3).

Таблица 3

Запасы фосфора, калия, кальция в фитомассе по экспозициям склонов Среднегорья Дагестана, кг/га. 2017 г.

Блоки растительного вещества	Элемент	Среднегорье, 1700 м/н.у.м.	
		северная	южная
		Зеленая масса, G	фосфор
	калий	18,2	19,0
	кальций	3,2	3,6
Ветошь, D	фосфор	0,8	1,3
	калий	4,2	6,5
	кальций	4,7	7,4
Войлок, L	фосфор	0,8	0,9
	калий	2,7	3,1
	кальций	6,5	7,3
Всего в надземной массе	фосфор	2,9	3,6
	калий	25,1	28,7
	кальций	14,4	18,3
В подземных органах, R+V	фосфор	5,5	8,3
	калий	29,8	43,1
	кальций	67,2	93,7
Всего в фитомассе	фосфор	8,4	12,0
	калий	54,9	71,8
	кальций	81,6	112,0

С учетом приведенных выше данных нами составлен баланс фосфора, калия и кальция в биогеоценозах рассматриваемой подпровинции (табл. 4).

При расчетах количеств элементов, выщелоченного из надземных органов, и прижизненных выделений из подземных органов нами приняты данные А.А. Титляновой [18].

Таблица 4

Баланс химических элементов (P, K, Ca) в травяных экосистемах Среднегорной подпровинции, кг/га·год. 2017 г.

Показатель	Экспозиция склона					
	северная			южная		
	P	K	Ca	P	K	Ca
Всего потреблено из почвы	8,4	54,9	81,6	12,0	71,8	112,0
Закреплено в ветоши	0,8	4,2	4,7	1,3	6,5	7,4

Возвращено в почву:						
- выщелочено из надземных органов	1,6	20,2	-	1,6	20,2	-
- выделено прижизненно из подземных органов	1,8	14,0	12,0	1,8	14,0	15,0
- при разложении войлока	0,8	2,7	6,5	0,9	3,1	7,3
- при разложении подземных органов	5,5	29,8	67,2	8,3	43,1	93,7
Всего	9,7	66,7	85,7	12,6	80,4	116,0
Баланс	+ 2,1	+ 16,0	+ 8,8	+ 1,9	+ 15,1	+ 11,4

Выводы

Максимальное количество зеленой фитомассы (7,1 кг/га·сутки), ветоши (14,2 кг/га·сутки), степного войлока (6,2 кг/га·сутки) и корней (75,6 кг/га·сутки) накапливается на южном склоне Среднегорья Дагестана. Концентрация химических элементов, запасы их в надземной и подземной массе соответствовали урожайности фитоценозов. В зеленой фитомассе наибольшую концентрацию имеет калий – 2,68-2,71, затем кальций – 0,48-0,50, наименьшую фосфор – 0,08-0,09%. В ветоши, войлоке и корнях концентрация кальция выше, чем калия и фосфора. В Среднегорной подпровинции складывался положительный баланс фосфора, калия и кальция – потребление из почвы было ниже возврата в неё этих элементов.

Литература

1. Базилевич Н. И., Титлянова А. А. Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск. Издательство: Издательство Сибирского отделения РАН, 2008. 376 с.
2. Болонева Л.Н., Убугунов Л.Л. Биопродуктивность и емкость круговорота химических элементов пойменных фитоценозов дельты р. Селенги // Проблемы агрохимии и экологии. 2010. № 1. С. 3-6.
3. Решетникова Т.В. Лесные подстилки как депо биогенных элементов // Вестник КрасГАУ. 2011. № 12. С. 74-81.
4. Бессонова В.П., Немченко М.В., Ткач В.В. Запас макроэлементов (P, K, Ca, Mg) и азота в опаде и подстилке в противозерозионном насаждении *Robinia Pseudoacacia* L. // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2017. №1-1(27). С. 42-50.
5. Heyburn, Jemma, Paul McKenzie, Michael J. Crawley, and Dario A. Fornara. "Effects of Grassland Management on Plant C: N: P Stoichiometry: Implications for Soil Element Cycling and Storage." *Ecosphere* 8, No. 10 (October 2017): e01963. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1963>
6. Negrin, Vanesa L., Sandra E. Botté, Paula D. Pratolongo, Gabriela González Trilla and Jorge E. Marcovecchio. "Ecological Processes and Biogeochemical Cycling in Salt Marshes: Synthesis of Studies in the Bahía Blanca Estuary (Argentina)." *Hydrobiologia* 774, No. 1 (November 17, 2015): 217-235. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2582-9>
7. Kader M., Lindberg S. Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress. *Plant Signaling & Behavior*, 2010, 5(3): 233-238 <https://doi.org/10.4161/psb.5.3.10740>

8. Renata Gaj, Nacer Bellaloui Evaluation of phosphorus and nitrogen balances as an indicator for the impact of agriculture on environment: A comparison of a case study from Poland and Mississippi US. *Agricultural Sciences*, 2012, 3(2): 317-329. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2012.32036>
9. Теучеж А.А. Изучение роли подвижного фосфора в системе почва - удобрения – урожай // *Научный журнал КубГАУ*. 2017. №127(03). С. 905-917.
10. Christopher E. Tripler, Sujay S. Kaushal, Gene E. Likens and M. Todd Walter Patterns in potassium dynamics in forest ecosystems. *Ecology Letters*, 2006, 9: 451-466. <http://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00891.x>
11. Tan Wei et al. Photosynthesis is improved by exogenous calcium in heat-stressed tobacco plants. *Journal of plant physiology*, 2011, 168(17): 2063-2071 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2011.06.009>
12. Агеев В.В., Лобанкова О.Ю., Гречишкина Ю.И., Лысенко И.О., Подколзин О.А., Фурсова А.Ю. Калий в современной земледелии. Проблемы и их решения // *Вестник АПК Ставрополя*. 2016. №2(22). С. 115-121.
13. Gong M., Van der L. A. H., Knight M. R. Trewavas A. J. Heat-shock – induced changes in intracellular Ca^{2+} level in tobacco seedling in relation to thermotolerance // *Plant Physiol*. 1998. Vol. 116, No 1. P.429-437.
14. Guo L.-H., Chen S.-N., Gong M. Influence of heat shock and calcium on corn plantlets chilling resistance // *J. Yunnan Univ. Natur. Sci.* 2003. Vol. 25, No 5. P. 449-452.
15. Sulochana Ch. Savithamma N. Influence of calcium in amelioration of water stress thorough calmodullin, Ca^{2+} and peroxidase activity during seedling growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars // *Plant Arch.* 2002. Vol. 2. P. 309-315.
16. Wei S., Lin Ye-hao, Qu H. et al. Influence of nitrogen and calcium on a polyphenoloxidase, peroxidase and resistance to the pink leaf blight // *J. Anhui Agr. Univ.* 2002. Vol. 29, No 1. P. 78-81.
17. Zhou Q., Huang X., Shi G., Dai Y. Calcium influence on biological characteristics of wheat plantlets at the stress caused by the ultraviolet-B irradiating // *Chin. J. Environ. Sci.* 2001. Vol. 22, No 6. P. 79-82.
18. Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1988. С. 109-127.
19. Практикум по агрохимии Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин и др. М.: Агропромиздат, 1987. 512 с.
20. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ» СПб.: ООО «Веда», 2006. 212 с.
21. Гасанов Г.Н., Салихов Ш.К., Гаджиев К.М., Гимбатова К.Б., Шайхалова Ж.О. Видовой состав и продуктивность растительных сообществ Среднегорной подпровинции Дагестана // *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 2015. № 3 (32). С. 31-35.
22. Салихов Ш.К., Гасанов Г.Н., Гаджиев К.М., Гимбатова К.Б., Шайхалова Ж.О. Продуктивность почв Гунибского плато // *Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН*. 2015. № 65. С. 83-87.

23. Гасанов Г.Н., Салихов Ш.К., Гаджиев К.М., Маллалиев М.М., Шайхалова Ж.О., Гимбатова К.Б. Видовой состав и продуктивность луговых фитоценозов горы маяк (Гунибское плато, республика Дагестан) // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52. № 2. С. 214-224.

24. Салихов Ш.К., Гасанов Г.Н., Ахмедова З.Н., Гимбатова К.Б., Яхияев М.А., Адиева А.А., Казанбекова А.А. Транслокация по блокам органического вещества и баланс фосфора в среднегорной подпровинции Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2017. Т. 11. № 3. С. 76-83.

25. Рамазанова Н.И., Гасанов Г.Н., Салихов Ш.К., Шайхалова Ж.О., Казанбекова А.А., Адиева А.А. Накопление органического вещества и баланс P, Ca, K в травяных экосистемах предгорий Дагестана // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2017. Т. 11. № 3. С. 65-71.

26. Рамазанова Н.И., Гасанов Г.Н., Салихов Ш.К., Яхияев М.А., Гимбатова К.Б., Шайхалова Ж.О., Семенова В.В. Концентрации, запасы и баланс химических элементов в травяных экосистемах Предгорной подпровинции Дагестана // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 2-3. С. 523-527.

27. Седельников В.П. Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. Новосибирск: Наука, 1988. 223 с.

28. Shen Z.H., Zhang X.S., Jin Y.X. Gradient analysis of the influence of mountain topography on vegetation pattern // Acta phytocologica Sinica. 2000. Vol. 24. P. 430-435.

29. Сергеев В.С. Влияние растительных остатков на показатели почвенного плодородия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета № 9 (71), 2010. С. 28-34.

30. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. №2(42). С. 63-72.

31. Мудрых Н.М., Самофалова И.А. Опыт использования растительных остатков в почвах Нечерноземной зоны России (обзор) // Пермский аграрный вестник. 2017. №1(17). С. 88-97.

Literatura

1. Bazilevich N. I., Titlyanova A. A. Bioticheskij krugovorot na pyati kontinentah: azot i zol'nye elementy v prirodnyh nazemnyh ekosistemah. Novosibirsk. Izdatel'stvo: Izdatel'stvo Sibirskogo otdeleniya RAN, 2008. 376 s.

2. Boloneva L.N., Ubugunov L.L. Bioproduktivnost' i emkost' krugovorota himicheskikh elementov pojmnennyh fitocenzov del'ty r. Selengi // Problemy agrohimii i ekologii. 2010. № 1. S. 3-6.

3. Reshetnikova T.V. Lesnye podstilki kak depo biogennyh elementov // Vestnik KrasGAU. 2011. № 12. S. 74-81.

4. Bessonova V.P., Nemchenko M.V., Tkach V.V. Zapas makroelementov (P, K, Ca, Mg) i azota v opade i podstilke v protiverozionnom nasazhdenii Robinia Pseudoacacia L. // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. №1-1(27). S. 42-50.

5. Heyburn, Jemma, Paul McKenzie, Michael J. Crawley, and Dario A. Fornara. "Effects of Grassland Management on Plant C: N: P Stoichiometry: Implications for Soil Element Cycling and Storage." *Ecosphere* 8, No. 10 (October 2017): e01963. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1963>
6. Negrin, Vanesa L., Sandra E. Botté, Paula D. Pralongo, Gabriela González Trilla and Jorge E. Marcovecchio. "Ecological Processes and Biogeochemical Cycling in Salt Marshes: Synthesis of Studies in the Bahía Blanca Estuary (Argentina)." *Hydrobiologia* 774, No. 1 (November 17, 2015): 217-235. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2582-9>
7. Kader M., Lindberg S. Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress. *Plant Signaling & Behavior*, 2010, 5(3): 233-238 <https://doi.org/10.4161/psb.5.3.10740>
8. Renata Gaj, Nacer Bellaloui Evaluation of phosphorus and nitrogen balances as an indicator for the impact of agriculture on environment: A comparison of a case study from Poland and Mississippi US. *Agricultural Sciences*, 2012, 3(2): 317-329. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2012.32036>
9. Teuchezh A.A. Izuchenie roli podvizhnogo fosfora v sisteme pochva - udobreniya – urozhaj // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2017. №127(03). S. 905-917.
10. Christopher E. Tripler, Sujay S. Kaushal, Gene E. Likens and M. Todd Walter Patterns in potassium dynamics in forest ecosystems. *Ecology Letters*, 2006, 9: 451-466. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00891.x>
11. Tan Wei et al. Photosynthesis is improved by exogenous calcium in heat-stressed tobacco plants. *Journal of plant physiology*, 2011, 168(17): 2063-2071 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2011.06.009>
12. Ageev V.V., Lobankova O.YU., Grechishkina YU.I., Lysenko I.O., Podkolzin O.A., Fursova A.YU. Kalij v sovremennom zemledelii. Problemy i ih resheniya // Vestnik APK Stavropol'ya. 2016. №2(22). S. 115-121.
13. Gong M., Van der L. A. H., Knight M. R. Trewavas A. J. Heat-shock – induced changes in intracellular Ca²⁺ level in tobacco seedling in relation to thermotolerance // *Plant Physiol.* 1998. Vol. 116, No 1. P.429-437.
14. Guo L.-H., Chen S.-N., Gong M. Influence of heat shock and calcium on corn plantlets chilling resistance // *J. Yunnan Univ. Natur. Sci.* 2003. Vol. 25, No 5. P. 449-452.
15. Sulochana Ch. Savithamma N. Influence of calcium in amelioration of water stress thorough calmodullin, Ca²⁺ and peroxidase activity during seedling growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars // *Plant Arch.* 2002. Vol. 2. P. 309-315.
16. Wei S., Lin Ye-hao, Qu H. et al. Influence of nitrogen and calcium on a polyphenoloxidase, peroxidase and resistance to the pink leaf blight // *J. Anhui Agr. Univ.* 2002. Vol. 29, No 1. P. 78-81.
17. Zhou Q., Huang X., Shi G., Dai Y. Calcium influence on biological characteristics of wheat plantlets at the stress caused by the ultraviolet-B irradiating // *Chin. J. Environ. Sci.* 2001. Vol. 22, No 6. P. 79-82.
18. Titlyanova A.A., Bazilevich N.I., Snytko V.A. Biologicheskaya produktivnost' travyanyh ekosistem. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd., 1988. S. 109-127.

19. Praktikum po agrohimii B.A. YAgodin, I.P. Deryugin i dr. M.: Agropromizdat, 1987. 512 s.
20. Komarova N.V., Kamencev YA.S. Prakticheskoe rukovodstvo po ispol'zovaniyu sistem kapillyarnogo elektroforeza «KAPEL'» SPb.: OOO «Veda», 2006. 212 s.
21. Gasanov G.N., Salihov SH.K., Gadzhiev K.M., Gimbatova K.B., SHajhalova ZH.O. Vidovoj sostav i produktivnost' rastitel'nyh soobshchestv Srednegornoj podprovincii Dagestana // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2015. № 3 (32). S. 31-35.
22. Salihov SH.K., Gasanov G.N., Gadzhiev K.M., Gimbatova K.B., SHajhalova ZH.O. Produktivnost' pochv Gunibskogo plato // Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN. 2015. № 65. S. 83-87.
23. Gasanov G.N., Salihov SH.K., Gadzhiev K.M., Mallaliev M.M., SHajhalova ZH.O., Gimbatova K.B. Vidovoj sostav i produktivnost' lugovyh fitocenzov gory mayak (Gunibskoe plato, respublika Dagestan) // Rastitel'nye resursy. 2016. T. 52. № 2. S. 214-224.
24. Salihov SH.K., Gasanov G.N., Ahmedova Z.N., Gimbatova K.B., YAhiyaev M.A., Adieva A.A., Kazanbekova A.A. Translokaciya po blokam organicheskogo veshchestva i balans fosfora v srednegornoj podprovincii Dagestana // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2017. T. 11. № 3. S. 76-83.
25. Ramazanova N.I., Gasanov G.N., Salihov SH.K., SHajhalova ZH.O., Kazanbekova A.A., Adieva A.A. Nakoplenie organicheskogo veshchestva i balans P, Ca, K v travyanyh ekosistemah predgorij Dagestana // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2017. T. 11. № 3. S. 65-71.
26. Ramazanova N.I., Gasanov G.N., Salihov SH.K., YAhiyaev M.A., Gimbatova K.B., SHajhalova ZH.O., Semenova V.V. Koncentracii, zapasy i balans himicheskikh elementov v travyanyh ekosistemah Predgornoj podprovincii Dagestana // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2017. T. 19. № 2-3. S. 523-527.
27. Sedel'nikov V.P. Vysokogornaya rastitel'nost' Altae-Sayanskoj gornoj oblasti. Novosibirsk: Nauka, 1988. 223 s.
28. Shen Z.H., Zhang X.S., Jin Y.X. Gradient analysis of the influence of mountain topography on vegetation pattern // Acta phytocologica Sinica. 2000. Vol. 24. P. 430-435.
29. Sergeev V.S. Vliyanie rastitel'nyh ostatkov na pokazateli pochvennogo plodorodiya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta № 9 (71), 2010. S. 28-34.
30. Dronova T.N., Burceva N.I. K voprosu o roli mnogoletnih trav v sohranении plodorodiya pochv // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. №2(42). S. 63-72.
31. Mudryh N.M., Samofalova I.A. Opyt ispol'zovaniya rastitel'nyh ostatkov v pochvah Nechernozemnoj zony Rossii (obzor) // Permskij agrarnyj vestnik. 2017. №1(17). S. 88-97.

***Благодарности.** Работа выполнена с использованием УНУ "Система экспериментальных баз, расположенных вдоль высотного градиента" Федерального государственного бюджетного учреждения науки Горного ботанического сада Дагестанского научного центра Российской академии наук (УНУ СЭБ ГОРБС ДНЦ РАН).*