

АГРОФИЗИОЛОГИЯ

С. О. ГРЕВИНСКИЙ

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОГОРНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком А. А. Рихтером 11 VI 1939)

Биохимические исследования высокогорных растений обнаружили прежде всего повышенное накопление у них сахаров ⁽¹⁾, алкалоидов, эфирных масел и т. п. Имеются также указания на изменение с высотой места произрастания качества эфирных масел, жирных масел в семенах льна ⁽²⁾ и в коре деревьев ⁽³⁾.

Исследования Н. Н. Иванова и сотрудников ^(2,3) обнаружили пониженное содержание белка и повышенную активность ферментов в семенах злаков при выращивании их в горах.

По данным, приводимым Барановым ⁽⁵⁾, культивируемые на Памире на высоте до 4000 м растения чрезвычайно богаты растворимыми сахарами (до 20% от сухого веса), витамином С и маслом, которое в этих условиях откладывается в заметных количествах в листьях.

Несмотря на большое хозяйственное значение вопрос о биохимических отличиях высокогорных кормовых растений почти не освещен в литературе. Немногочисленные данные химического анализа сена, полученного в высокогорных районах, не дают материала для определенных выводов. Например, сравнивая приводимые Захарьевым и сотрудниками ⁽⁶⁾ данные о химическом составе сена высокотравного горного луга в Киргизии и степного злаково-разнотравного сена, можно сделать вывод о повышенном содержании азотистых веществ и золы и пониженном содержании клетчатки у горного сена. Подобные выводы получаются в некоторых случаях и при сопоставлении приводимых Поповым и Елкиным ⁽⁷⁾ в таблицах средних величин из проведенных в различных пунктах Союза многочисленных анализов сена горных и равнинных участков. Однако в этих работах химическому анализу подвергались не отдельные растения, а смесь их в виде сена. И в связи с этим мы находим в других работах Захарьева ^(8,9) и других авторов данные, которые не позволяют обнаружить заметную разницу между составом сена на разных высотных зонах. Сравнительные исследования отдельных кормовых трав, проведенные на Гавайских островах ⁽¹⁰⁾, на высотах 702, 915 и 1314 м, показали закономерное повышение содержания золы с высотой, тогда как наибольшее накопление азотистых веществ наблюдалось в летние месяцы на высоте 915 м. В этом исследовании анализировались целые растения. О химических изменениях в листьях высокогорных растений известно, что листья альпийских расте-

ний не содержат крахмала в своих тканях за исключением устьичных клеток (11). На больших высотах листья Калужницы (*Caltha*) становятся более толстыми и содержат меньше воды и золы, но больше осмотически активных веществ, чем на равнине (12).

В нашем сообщении будут изложены данные сравнительных анализов некоторых кормовых растений Заилийского Ала-тау в горных окрестностях г. Алма-Ата, проведенных нами в целях выяснения основных закономерностей биохимических изменений, а следовательно и кормовой ценности ряда кормовых растений, характерных для влажных гор Казахстана. Район этого исследования охватывает местность, постепенно возвышающуюся от прилегающих к г. Алма-Ата предгорий высотой в 900—1000 м до полосы вечных снегов на высоте 3500—3700 м в 20 км к югу и юго-востоку от города. Несмотря на большую амплитуду по высоте, достигающую 2000 м, исследуемые высотные зоны легко разграничить на две главные области. Для первой, охватывающей районы от 1400 до 2400 м, характерны повышенная влажность по сравнению с г. Алма-Ата (848 м) и сравнительно высокая средняя температура (12—14°) в период вегетации травянистых растений. В этой зоне луговая растительность достигает мощного роста, выше пояса человека. Следующая область отличается от первой значительно пониженной температурой (5—6°), тогда как осадков выпадает здесь не меньше, чем в нижележащей (800 мм).

Следует отметить однако, что выше 2400 м почва щебневатая, мелкоземистая и значительно беднее гумусовым слоем, в силу чего несмотря на большое количество осадков в этой зоне можно ожидать здесь ухудшенных условий водоснабжения, чем в нижележащей зоне. В этой верхней зоне еловые леса окончательно исчезают около 2700 м, а травянистые растения уменьшаются в размерах и приобретают черты ксероморфности, усиливающиеся с приближением к поясу альпийских лугов.

Летом 1938 г. были проведены сборы некоторых кормовых растений в описанных районах на разных высотах. Объектом исследования были избраны прежде всего виды, обладающие большой амплитудой распространения, от предгорий до альпийских лугов. Сюда относятся например, герань холмовая (*Geranium collinum* Steph.) и бузульник крупнолистный (*Ligularia macrophylla* D. C.). Для этих растений характерно резкое уменьшение с высотой как общих размеров, так и особенно листьев.

Кроме того было сделано несколько сборов вики тонколистной, ежи сборной и мятлики борového, охвативших однако более узкую амплитуду по высоте.

Высота местности определялась альтиметром. Растения собирались в 7 часов утра и убивались паром. Отдельные сборы были проведены вечером, в 18—19 часов. После этого растения поступали в лабораторию, измельчались без разделения на листья и стебли и подвергались химическому анализу. Были сделаны определения суммы воднорастворимых сахаров, нерастворимых (обозначенных дальше как запасных) углеводов (после гидролиза навески в течение 3 часов с 2%-й соляной кислотой), сырой клетчатки, общего азота и золы обычными методами. Сахара определялись по Бертрану.

Переходим к полученным результатам.

Герань холмовая (*Geranium collinum* Steph.)—многолетнее травянистое растение, опушенное, с ветвистым стеблем. Хорошо поедается овцами и хуже коровами (13). На высоте 3000 м стебель у этого растения совершенно исчезает.

В табл. 1 приведены данные анализов утренних и вечерних сборов герани на разных высотах. Все растения собраны в фазе цветения.

Таблица 1

Химический состав герани холмовой на разных высотах⁽¹⁾
Фаза цветения. Целые растения. В процентах на сухой вес

Высота в м	Азотистые вещества (N × 6.25)	Растворимые сахара	Запасные углеводы (после 3 часов гидролиза с 2%-й HCl)	Сумма углеводов	Сырая клетчатка	Зола	Процент растворимых углеводов к общей сумме	Дата сбора
У т р е н н и е с б о р ы								
1 450	8.72	2.86	12.55	15.41	22.42	6.34	18.50	18 VII
2 700	17.57	4.38	8.11	12.49	18.67	8.63	35.07	17 VII
3 150	17.64	4.36	6.00	10.36	14.14	9.00	42.49	16 VII
В е ч е р н и е с б о р ы								
1 450	8.11	2.83	12.16	14.99	—	6.04	23.27	18 VII
1 900	11.04	2.84	11.16	14.00	—	7.40	20.80	16 VII ⁽²⁾
2 550	15.74	3.27	7.02	10.29	—	9.50	31.77	17 VII
2 800	15.80	4.38	9.90	14.28	—	9.45	30.67	16 VII
3 000	18.11	4.08	6.02	10.10	—	12.02	40.38	19 VII ⁽²⁾
3 150	17.03	4.03	4.17	8.17	—	10.50	49.32	19 VII

Повышенное накопление азотистых веществ, возрастание доли растворимых сахаров в общем содержании углеводов, падение содержания запасных углеводов и клетчатки характерно не только для всего растения в целом, но и для листьев, как это показывают анализы листьев бузульника, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав листьев бузульника крупнолистного на разных высотах (в % на сухой вес)

Высота в м	Азотистые вещества N × 6.25	Растворимые сахара	Запасные углеводы	Сумма углеводов	Сырая клетчатка	Зола	Процент растворимых углеводов к общей сумме	Дата сбора
У т р е н н и е с б о р ы								
2 900	12,69	5,55	12,28	17,83	—	16,52	31,13	10 VII
1 625	—	4,38	4,40	8,48	—	15,65	51,76	10 VII
3 150	19,69	5,60	4,00	9,60	—	14,93	58,33	15 VII
В е ч е р н и е с б о р ы								
1 900	13,08	3,27	10,24	13,51	16,47	16,11	24,20	10 VII
2 750	14,98	4,03	7,66	11,69	12,52	14,91	34,47	10 VII
3 100	24,12	4,37	4,59	8,96	12,16	14,00	48,54	15 VII

⁽¹⁾ Определенные прямыми методами вещества составляют 51—59% сухого веса. Остальные вещества представлены неучтенными здесь смолами и жироподобными веществами, отчасти пектинами, а также органическими кислотами и т. п.

Как известно, определение различных веществ прямыми методами редко позволяет обнаружить их в сумме более 80% от сухого веса растения, что связано также с неточностью применяемых коэффициентов пересчета, например после гидролиза сильными кислотами.

⁽²⁾ Растения, высушенные на солнце.

Бузульник крупнолистный (*Ligularia macrophylla* D. C.), у которого собирались и анализировались только листья,—крупное многолетнее растение, плохо изученное в кормовом отношении. По наблюдениям в Киргизии, листья охотно поедаются животными⁽¹³⁾. Листья резко уменьшаются в размерах с высотой.

Эти данные показывают кроме того, что в отличие от анализов целых растений, содержание золы в листьях с высотой постепенно падает, что, возможно, связано с утолщением листа. Анализы других кормовых растений (ежи сборной, вики и мятлика), собранных, правда, в меньшем количестве, снова обнаружили уже описанный характер биохимических изменений, но выраженный несколько слабее, в связи с меньшей редукцией стебля и листьев у этих растений с высотой. Например, содержание азотистых веществ у вики возросло с 17.73% на высоте 1800 м до 21.30% на высоте 2625 м, а у мятлика с 9.35% (1000 м) до 12.33% (2625 м).

Оценивая полученные результаты с точки зрения интересов кормовой проблемы, отметим, что установленное нами повышенное накопление белков и золы за счет клетчатки является важным фактором высокой питательной ценности высокогорных кормов. Это увеличение содержания белка и золы наиболее интенсивно происходит у растений, значительно сокращающих размеры стебля и листьев. Следовательно увеличение облиственности значительно повышает питательную ценность высокогорных пастбищ, обогащая корма белком и зольными веществами.

Заслуживает также внимания очень высокое накопление азотистых веществ у бузульника на больших высотах, которое указывает на возможность выращивания в высокогорных условиях на сравнительно бедных азотом почвах высокобелковых растений.

Отметим в заключение, что ведущими факторами, определяющими особенности обмена веществ растений в высокогорных зонах, как это вытекает из наших данных, прежде всего являются пониженная температура и водный режим горных районов.

Лаборатория физиологии растений
Казахского государственного университета
Алма-Ата

Поступило
15 V 1939

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ E. Overton, Jahrb. wiss. Botan., **33**, 171—231 (1899). ² Н. Н. Иванов, Тр. по прикл. бот., ген. и сел. (1926). ³ R. C. Malhotra, Journ. Indian Bot. Soc., **10**, 293—310 (1931). ⁴ М. И. Лишкевич, Тр. пр. прикл. бот., ген. и сел., **25**, № 1 (1931). ⁵ П. А. Баранов, Яровизация, № 4—5 (1938). ⁶ Н. И. Захарьев, Р. И. Иоффе и др., Основные корма Киргизии, их состав и кормовая оценка (1936). ⁷ И. С. Попов и Г. М. Елкин, Корма СССР, состав и питательность (1935). ⁸ Н. И. Захарьев, Р. И. Иоффе и др., Кормовая оценка травы основных типов горных пастбищ Киргизии (1935). ⁹ Н. И. Захарьев, Тр. Киргизского ин-та животн., № 3 (1937). ¹⁰ D. W. Edwards a. R. A. Coff, Havaii Agr. Exp. Sta. Bull., № 76 (1935). ¹¹ P. Scaramella, Nuovo Giorn. Bot. Ital., **40**, 288—298 (1933). ¹² L. Montemartini, Ann. Lab. Chanoisia, I, 1—10 (1927). ¹³ И. В. Ларин, Ш. М. Агабян и др. Кормовые растения естественных сенокосов и пастбищ ССР (1937).