

# 高山草甸土壤蔗糖酶活性的研究

杨涛 姜文波 李玉英 杜伊光

(中国科学院西北高原生物研究所)

蔗糖酶对进入土壤的动植物残体的分解和分解产物的进一步转化有相应的作用,在生态系统的物质循环中有一定的意义,同时也与植物的营养有关.对蔗糖酶的研究国外已有不少报道(Bender 等,1983; Khariyev 等,1983; Ross 等,1979; Spalding 等,1977),国内也有部分研究(关松荫等,1984),但对高山草甸土壤中蔗糖酶的研究未见报道,因此我们结合高寒草甸生态系统的研究,于1985年8月在海北高寒草甸生态系统定位站,对4种植被类型土壤的蔗糖酶活性进行了测定.

## 一、材料与方 法

### 1. 样品的采集

样品采自定位站4种植被类型的土壤,分别为矮嵩草草甸(*Kobresia humilis* meadow)、金露梅灌丛(*Dasiphora fruticosa* shrub)、垂穗披碱草草甸(*Elymus nutans* meadow)和杂类草草甸(Forbs meadow). 采样深度为0—10、10—20、20—40、40—60厘米.在采样的同时测定土壤含水量.

### 2. 测定方法

土壤蔗糖酶活性的测定采用《土壤微生物实验法》叶维青等译,1983介绍的Hoffmann等所使用的铜试剂定量的方法;土壤多糖含量按《土壤动态生物化学研究法》(郑洪元等,1982)介绍的方法进行定量测定;脲酶活性用奈氏比色法(郑洪元等,1982)进行测定.

## 二、结果与讨论

土壤蔗糖酶活性、多糖含量、脲酶活性和水分含量的测定值列于表1.

1. 高山草甸土蔗糖酶活性的层次性差异: 从表1可知,高山草甸土中的蔗糖酶活性均有明显的层次性差异,以表层(0—10厘米)的酶活性为最高,且随着土壤深度的加深而递减. 植被类型不同,其土壤中的蔗糖酶活性也不相同,在0—10厘米土壤中的酶活性(毫克蔗糖/克干土·小时),以垂穗披碱草草甸为高(7.206),杂类草草甸最低(4.589);在10—20厘米土壤中的酶活性,以矮嵩草草甸较高(4.421),金露梅灌丛最低(0.985);在20—40厘米土壤中,以矮嵩草草甸为高(1.201),金露梅灌丛较低(0.832);40—60厘米土壤中,垂穗披碱草草甸为高(0.922),杂类草最低(0.487).

表1 高山草甸土壤蔗糖酶活性、多糖含量、脲酶活性和含水量的测定值

Table 1 Experimental data of sucrase activities, polyose content, urease activities and moisture content in soil of the alpine meadow.

项目 Item	土壤深度(厘米) Soil depth (cm)	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	杂类草草甸 Forbs meadow
蔗糖酶活性(毫克蔗糖/克干土·小时) Sucrase activities(mg sucrose/g dry soil. hr)	0—10	4.960	6.824	7.206	4.589
	10—20	4.421	0.985	3.355	3.901
	20—40	1.201	0.832	1.007	0.844
	40—60	0.736	0.520	0.922	0.487
多糖含量(毫克/克干土) Polyose content (mg/g dry soil)	0—10	12.175	36.007	13.418	7.306
	10—20	5.788	7.777	4.648	3.870
	20—40	1.658	2.966	2.889	1.777
	40—60	0.737	2.107	1.715	0.976
脲酶活性(毫克氮/克干土) Urease activities (mgN/g dry soil)	0—10	176.70	134.70	376.91	82.83
	10—20	55.62	7.32	63.93	48.36
	20—40	24.11	6.65	51.55	65.11
	40—60	15.38	2.40	5.83	12.03
含水量(%) Moisture content (%)	0—10	29.27	49.42	34.03	29.14
	10—20	25.16	30.16	26.62	24.69
	20—40	23.21	30.30	24.43	21.86
	40—60	22.02	25.41	23.64	19.59

表2 高山草甸土壤蔗糖酶活性对多糖含量和脲酶活性的二次多项式回归数据

Table 2 Second degree polynomial regression data of sucrase activities vs. polyose content and urease activities in soil of the alpine meadow.

项目 Item	植被类型 Vegetation types	A	B	C	R <sup>2</sup>
蔗糖酶活性对多糖含量 Sucrase activities vs. polyose content	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	1.5111	-6.3824	5.7217	0.9302
	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	-0.8868	11.9850	-4.4826	0.9926
	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	0.2029	0.1244	1.9790	0.9924
	杂类草草甸 Forbs meadow	0.7708	-2.5991	2.6654	0.9500
蔗糖酶活性对脲酶活性 Sucrase activities vs. urease activities	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	31.335	-149.890	130.690	0.8654
	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	1.686	8.57	-2.309	0.9999
	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	10.466	-29.658	46.969	0.9875
	杂类草草甸 Forbs meadow	-0.661	5.711	31.909	0.3386

2. 高山草甸土蔗糖酶活性与土壤多糖含量、土壤脲酶活性的关系: 蔗糖酶活性与多糖含量、脲酶活性的二次多项式回归数据列于表2。

(1) 蔗糖酶活性与多糖含量的关系: 从表2的相关指数  $R^2$  可看出, 4种植被类型的相关性均显著, 依次为金露梅灌丛( $R^2 = 0.9926$ )、垂穗披碱草( $R^2 = 0.9924$ )、杂类草甸( $R^2 = 0.9500$ )、和矮嵩草草甸( $R^2 = 0.9302$ )。蔗糖酶活性与多糖含量均呈极显著的正相关, 即多糖含量愈高, 蔗糖酶活性亦愈强。可见, 在植物残体的分解过程中, 蔗糖酶起了一定的作用, 进而加快了植物残体的分解。

(2) 蔗糖酶活性与脲酶活性的关系: 由表2的相关指数  $R^2$  可看出, 4种植被类型的

土壤中,以金露梅灌丛为最显著( $R^2 = 0.9999$ ),杂类草草甸较差( $R^2 = 0.3386$ )。总的看来,蔗糖酶活性与脲酶活性的相关性,除杂类草草甸外,都较为显著。杂类草草甸的相关性差,可能是由于开垦或鼠害使原植被土壤层次发生了变化所造成的。

3. 高山草甸土中蔗糖酶活性与氮素代谢微生物数量及活性的关系: 高山草甸土氮素代谢微生物数量及活性已有报道(李家藻等,1984),本文用它和蔗糖酶活性进行了回归分析,相关指数列于表3。

表3 高山草甸土壤的蔗糖酶活性对氮素代谢微生物数量及生化活性的相关指数( $R^2$ )  
Table 3 Correlation index ( $R^2$ ) of sucrase activities vs. the numbers and activities of nitrogen metabolic microorganisms in soil of the alpine meadow.

项目 Item	代谢类型 Metabolic types	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	金露梅灌丛 <i>Dasiphora</i> <i>fruticosa</i> shrub	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	杂类草草甸 Forbs meadow
蔗糖酶活性对微生物数量 Sucrase activities vs. numbers of nitrogen metabolic microorganisms	氨化细菌 Ammonifying bacteria	0.4784	0.9771	0.9999	0.9120
	硝化细菌 Nitrifying bacteria	0.8460	0.7501	0.9994	0.9223
	反硝化细菌 Denitrifying bacteria	0.8674	0.9526	1.0000	0.9884
	嫌气性自生固氮菌 Anaerobic monsybiotic nitrogen-fixing bacteria	0.9280	0.9169	0.9920	0.9458
蔗糖酶活性对生化活性 Sucrase activities vs. activities of nitrogen metabolic microorganisms	氨化作用 Ammonification	0.2543	0.8694	0.9452	0.9918
	硝化作用 Nitrification	0.9437	0.9709	0.9226	0.7730
	嫌气性固氮作用 Anaerobic nitrogen fixation	0.9871	0.9770	0.9954	0.9689

其。(1) 蔗糖酶活性与氮素代谢微生物数量的关系: 从表3看出,高山草甸土的蔗糖酶活性与氨化细菌、硝化细菌、反硝化细菌及嫌气性自生固氮菌的数量均有显著的相关性,植被类型不同其相关性也有差异。在矮嵩草草甸中蔗糖酶活性与嫌气性自生固氮菌数量的相关性最显著( $R^2=0.9280$ ),与氨化细菌的相关性较差( $R^2=0.4784$ )。金露梅灌丛中的蔗糖酶活性与氨化细菌,反硝化作用的相关性较显著( $R^2$ 分别为0.9771, 0.9526),与硝化细菌的相关性较差( $R^2=0.7501$ )。在垂穗披碱草草甸中,蔗糖酶活性与反硝化细菌、氨化细菌、硝化细菌及嫌气性自生固氮菌的数量均有显著的相关性( $R^2$ 分别为1.0000、0.9999、0.9994和0.9920)。在杂类草草甸中蔗糖酶活性与反硝化菌、嫌气性自生固氮菌、硝化细菌和氨化细菌的数量均有显著的相关性( $R^2$ 分别为0.9884、0.9458、0.9223和0.9120)。(2) 蔗糖酶活性与氮素代谢微生物生化活性的关系: 二者间的相关指数(表3)表明,高山草甸土的蔗糖酶活性与氨化作用的相关性在4种植被类型中,杂类草草甸和垂穗披碱草草甸均为显著( $R^2$ 分别为0.9918、0.9452),矮嵩草草甸则较差( $R^2=0.2543$ ),与硝化作用的相关性是以金露梅灌丛为最显著( $R^2=0.9709$ ),杂类草草甸较差( $R^2=0.7730$ );与嫌气性固氮作用的相关性均为显著( $R^2$ 分别为0.9954、0.9871、0.9770和0.9689)。总

表4 矮嵩草草甸土壤蔗糖酶活性对土壤化学性质的二次多项式回归数据  
 Table 4 Secondary polynomial regression data of sucrase activities vs. the chemical properties in soil of the *Kobresia humilis* meadow.

项目 Item	A	B	C	R <sup>2</sup>
蔗糖酶活性对有机质 Sucrase activities vs. O. M.	-0.4297	3.8337	-1.1937	0.9960
蔗糖酶活性对碳氮比 Sucrase activities vs. C/N	0.1601	-0.9736	11.384	0.2122
蔗糖酶活性对代换量 Sucrase activities vs. CEC	-3.3770	24.541	-9.9240	0.9809
蔗糖酶活性对全氮 Sucrase activities vs. total N	-0.0252	0.20595	-0.0613	0.9881
蔗糖酶活性对水解氮 Sucrase activities vs. hydrolyzable N	-12.866	86.677	-16.320	0.9229
蔗糖酶活性对全磷 Sucrase activities vs. total P	0.0038	-0.0287	0.1034	0.5713
蔗糖酶活性对有效磷 Sucrase activities vs. available P	2.8457	-15.773	16.642	0.8422
蔗糖酶活性对全钾 Sucrase activities vs. total K	0.0094	-0.0662	2.2132	0.4078
蔗糖酶活性对速效钾 Sucrase activities vs. available K	28.088	-112.32	161.32	0.9305
蔗糖酶活性对 pH 值 Sucrase activities vs. pH	-0.0513	0.0644	8.4036	0.9682

之,高山草甸土的蔗糖酶活性与土壤的嫌气性固氮作用、硝化作用和氨化作用(除矮嵩草草甸外)的相关性均为显著。因为蔗糖酶活性以表层土为最高,随着土壤深度增加而递减,氮素代谢微生物的生化活性也大都具有同样的趋势,故二者的相关性显著。

4. 高山草甸土蔗糖酶活性与土壤化学性质的关系:乐炎舟等(1982)报道了高山草甸土的化学性质,据此,本文对蔗糖酶活性与土壤化学性质进行了二次多项式回归分析(仅以矮嵩草草甸土壤为例)。

从表4来看,高山草甸土的蔗糖酶活性与土壤中有有机质、全氮、代换量、pH值、速效钾和水解氮有显著的相关性, R<sup>2</sup> 分别为 0.9960、0.9881、0.9809、0.9686、0.9305 和 0.9229, 其次与有效磷的相关性也较显著 (R<sup>2</sup> = 0.8422)。蔗糖酶活性与 pH 值的相关分析是在 pH7.3—8.5 的范围内进行的,蔗糖酶活性在表层土(pH 为 7.3) 中最高,随着土壤深度的加深 (pH 值逐渐上升) 而递减,说明蔗糖酶活性在 pH 值接近中性时为高,随着 pH 的升高而降低,在 pH7.3—8.5 的范围内呈明显的负相关。据测定蔗糖酶活性与土壤的碳氮比相关性较差 (R<sup>2</sup> = 0.2122),其原因尚不清楚,有待进一步研究。

5. 高山草甸土蔗糖酶活性与土壤温度、土壤含水量的关系:采样时, 0—10、10—20、20—40、40—60 厘米深土壤的平均温度分别为 15.56、12.95、11.70 和 10.15℃。蔗糖酶活性对土壤温度、含水量的二次多项式回归数据列于表 5。

(1) 蔗糖酶活性与土壤温度的关系:表 5 中相关系数表明,高山草甸土蔗糖酶活性与土壤温度具有显著的相关性,从 4 种植被类型来看,相关性较显著的为金露梅灌丛和垂穗披碱草 (R<sup>2</sup> 分别为 0.9871 和 0.9766),其次为杂类草草甸和矮嵩草草甸 (R<sup>2</sup> 分别为 0.8502 和 0.8460)。因为土壤中微生物的数量及生化活性、植物的生长与繁殖都与土壤温度关系密切,这也是土壤蔗糖酶活性与土壤温度相关性显著的原因。

表5 高山草甸土壤蔗糖酶活性对土壤温度和含水量的二次多项式回归数据

Table 5 Seconddegree polynomial regression data of sucrase activities vs. soil temperature and moisture content in soil of the alpine meadow.

项目 Item	植被类型 Vegetation types	A	B	C	R <sup>2</sup>
蔗糖酶活性对土壤温度 Sucrase activities vs. soil temperature	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	-0.0942	3.2943	-23.352	0.8460
	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	0.3380	-7.5631	42.602	0.9871
	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	0.1709	-3.1825	15.435	0.9766
	杂类草草甸 Forbs meadow	-0.0712	2.6764	-19.679	0.8502
蔗糖酶活性对土壤含水量 Sucrase activities vs. moisture content	矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0.8262	-3.3895	24.949	0.8803
	金露梅灌丛 <i>Dasiphora fruticosa</i> shrub	-1.2515	12.947	19.344	0.9949
	垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	0.1320	0.5236	23.398	0.9961
	杂类草草甸 Forbs meadow	0.7540	-1.9187	21.514	0.9139

(2) 高山草甸土壤蔗糖酶活性与土壤含水量的关系: 土壤蔗糖酶活性与土壤含水量相关亦较显著(表5)。4种植被类型土壤中, 相关性除矮嵩草外, R<sup>2</sup> 均在 0.9000 以上。这很可能与微生物的生长繁殖有关。

### 三、小 结

1. 高山草甸土壤中的蔗糖酶活性具有明显的层次性, 4种植被土壤均以表层(0—10厘米)的蔗糖酶活性为最高, 且随着土壤深度的加深而递减。不同植被类型的土壤蔗糖酶活性有显著差异。
2. 蔗糖酶活性与土壤多糖含量有显著的相关性, 多糖含量愈高, 酶活性愈高, 从而说明蔗糖酶在分解植物过程中起了一定的作用。
3. 蔗糖酶活性与脲酶活性, 在4种植被类型中(除杂类草外)均有显著的相关性。
4. 蔗糖酶活性与土壤氮素代谢微生物数量及活性均有显著的相关性。植被类型不同其相关的程度也不同。
5. 蔗糖酶活性与土壤有机质、代换量、全氮、pH 值、速效钾和水解氮均有显著的相关性。在 pH 值为 7.3 的表层土中蔗糖酶活性较高, 随着 pH 值的上升, 酶活性下降。
6. 蔗糖酶活性与土壤温度和含水量均有显著的相关性。含水量与蔗糖酶的相关性较土壤温度与蔗糖酶的相关性为高。

### 参 考 文 献

土壤微生物研究会编(叶维青等译), 1983, 土壤微生物实验法, 513—515, 科学出版社。  
 乐炎舟、左克成、张金霞、赵宝莲、王在模、郭建华, 1982, 海北高寒草甸生态系统定位站的土壤类型及其基本特点, 高寒草甸生态系统, 19—23, 甘肃人民出版社。  
 关松荫、沈桂琴、孟鹏、姚造华、闵康, 1984, 我国主要土壤剖面酶活性状况, 土壤学报 21(4): 368—381。  
 李家藻、杨涛、朱桂茹、叶启智、程双宁, 1984, 高寒草甸土壤氮素代谢微生物数量及活性的研究, 高原生物学集刊 (3)

郑洪元、张德生, 1982, 土壤动态生物化学研究法, 144—146, 科学出版社.

Bender, J. and M. Gilewska, 1983, The enzymatic as an indicator of the initial stage of the soil forming process. Matruualja Coal Mining Company, 193—198.

Khariyev, F. Kh. and I. K. Khabirov, 1983 Physiographic factors and enzymatic activity of soils. *Soviet Soil Science*, 15(6): 23—31.

Ross, D. J. and T. W. Speir, 1979 Biochemical activities of organic soils from subantarctic tussock grasslands on Campbele Island. 2. Enzyme activities. *New Zealand Journal of Science*, 22(2): 173—182.

Spalding, B. P. and J. M. Duxbury, 1977 Enzymatic activities and extractable organic matter in soil invaded by lycopodium tristachyum fairy rings. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 41(6): 1109—1113.

## STUDIES ON SUCRASE ACTIVITY IN THE SOIL OF THE ALPINE MEADOW

Yang Tao Jiang Wenbo Li Yuying Du Yiguang

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The samples of soil were collected from the Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station. Vegetation types are *Kobresia humilis* meadow, *Dasiphora fruticosa* shrub, *Elymus nutans* meadow, and Forbs meadow. Depth of sampling soil are 0—10 cm, 10—20 cm, 20—40 cm, and 40—60 cm. Experimental data indicated that the sucrase activities changed with soil depth. Their activities reached highest levels on surface layer of the soil and then diminished with deepening of soil layers.

Experimental results also showed that there are significant correlation between the sucrase activities and the polyose content. The more polyose content, the more sucrase activity. Secondary degree polynomial regression data showed that sucrase have more reaction in decomposition of plant residue.

The soil sucrase activities are correlated with the population of nitrogen metabolic microorganisms. The correlation was changeable and depended upon the soil collected from what types of the vegetation. The soil sucrase activities are correlated with the biochemical activities of the nitrogen metabolic microorganisms.

Excepting forb meadow, the soil sucrase activities of the three vegetations are all correlated with urease activities (except for Forbs meadow).

The sucrase activities in soil of the *Kobresia humilis* meadow are correlated with soil organic matter, cation-exchanged capacity, pH, total N, available K, and hydrolyzable N. Sucrase activities were highest on the surface layer of the soil at pH 7.3 were a peak and diminished with the increase of soil pH.

Sucrase activities in the soil were correlated with soil temperature of and moisture content.

植 文 卷

1982年... (1982年...)