

## 分解者亚系统

高寒草甸不同植被土壤真菌  
生物量的季节动态

王启兰 李家藻

(中国科学院西北高原生物研究所)

## 摘 要

本文研究了海北高寒草甸生态系统开放实验站地区的放牧与非放牧的金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛、杂类草草甸、矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 草甸土壤中真菌生物量的季节动态规律。结果表明:真菌生物量在0—10厘米的土壤中有明显的季节性变化。从5月份开始菌丝生物量迅速增大,7月或8月达最高值,随后下降,10月几乎无菌丝。孢子生物量随菌丝生物量增大而减少,7—9月保持较低水平,无明显高峰期,变化幅度也小。10—20厘米和20—40厘米土壤中的生物量相对稳定且低,季节变化不明显。回归分析表明,土壤温度与菌丝生物量有非常密切的相关性,而与孢子生物量只在个别植被间密切相关。土壤水分与菌丝生物量及孢子生物量相关性均低。

**关键词:** 菌丝生物量; 孢子生物量; 季节动态

真菌是生态系统分解者亚系统的重要组成部分。在真菌生物量的季节动态方面,国外有不少报道 (Krempin 等, 1981; Ross 等, 1981)。但国内研究甚少。本研究就这方面做一初步探讨。

## 材料与方 法

本研究于1988年5—11月在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行。样品采自该地区具有典型代表的4种植被土壤,即放牧与非放牧的金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 灌丛,杂类草草甸,矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 草甸及垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 草甸。每种植被类型随机取样3次,面积占该类型总面积的 $\frac{1}{3}$ 。土样采集深度分0—

10厘米, 10—20厘米, 20—40厘米3个层次。将土样封闭, 带回实验室备用。

制备 $10^{-2}$ 土壤悬液。用0.1毫升吸管取0.005毫升均匀涂在面积为0.785平方厘米的特制载玻片的圆圈内, 用异硫氰酸盐荧光染色剂(李家藻, 1984)染色后待干, 镜检。孢子计数和菌丝长度测量用日本产 Olympus-BF 型荧光显微镜进行镜检。采用 $20\times$ 物镜和 $10\times$ 目镜, 高压汞灯为光源, 选100个大方格(面积为 $2.601\times 10^{-3}$ 平方厘米)为一个计数视野, 共检5个视野。由其平均数算出涂在载玻片圆面积内的孢子数和菌丝长度。再算出每克土壤中孢子总数、菌丝总长度和真菌生物量。

## 结果与讨论

由图1—5中 A 可知, 在4种植被土壤的0—10厘米, 10—20厘米, 20—40厘米三层土中, 表层土的菌丝生物量有明显季节性变化, 中底两层土的菌丝生物量变化比表层小。5月份在三层土中均未发现菌丝, 以后菌丝生物量逐渐上升。其中表层上升幅度大, 下两层小, 至7月或8月份达最高峰。之后又逐渐下降, 10月份时, 除杂类草草甸在三层土壤中均未发现菌丝外, 其它几种植被中的0—10厘米和20—40厘米土壤也未发现菌丝, 仅在10—20厘米土壤中仍有菌丝存在。

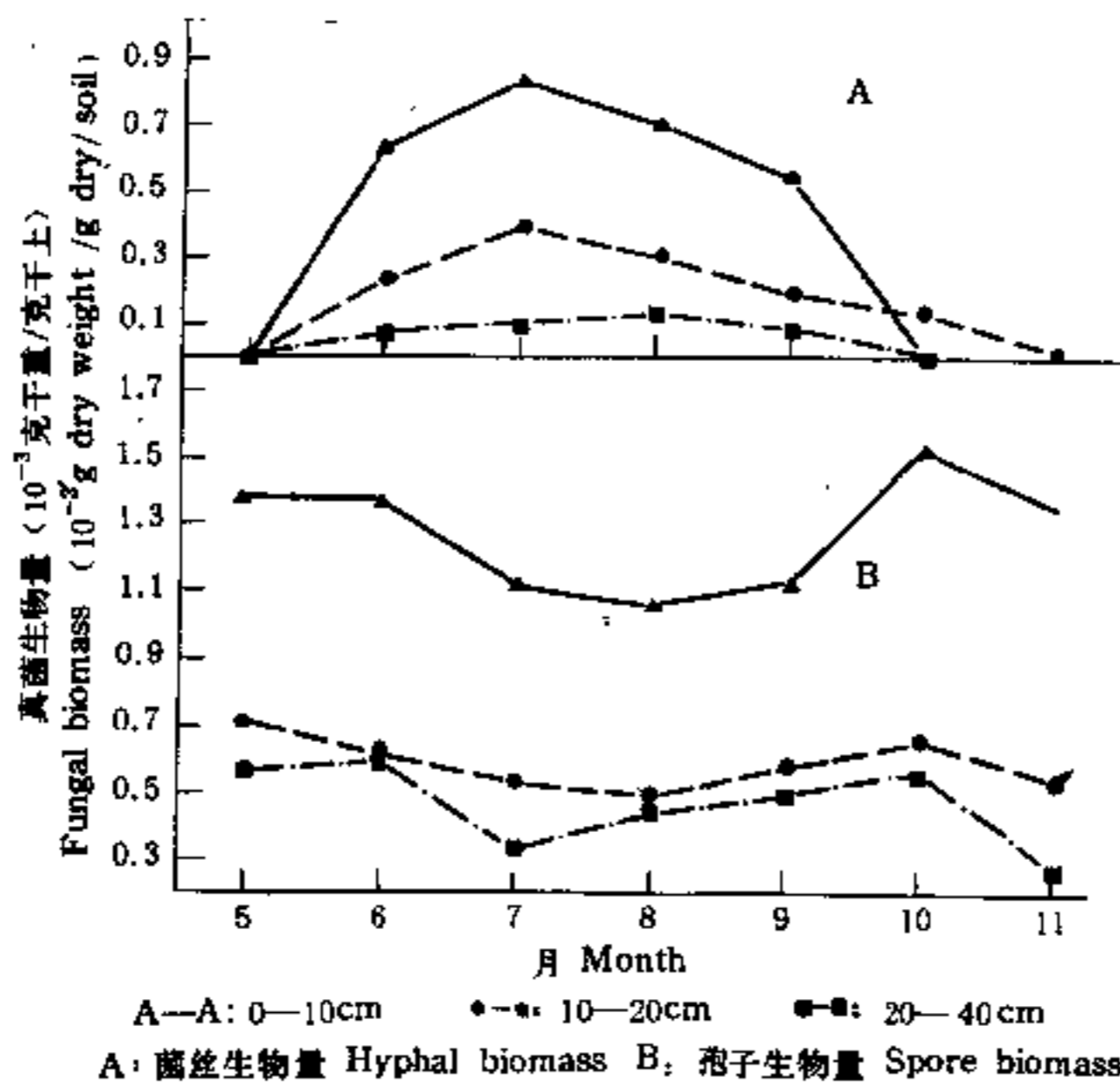


图1 非放牧金露梅灌丛不同深度土壤中真菌生物量的季节动态  
Fig. 1 Seasonal dynamics of fungal biomass in different soil depth of ungrazed *Potentilla fruticosa* shrub

从图1—5中 B 可知, 各植被土壤中, 孢子生物量的季节性变化没有菌丝生物量的变化明显。但有其共同特点, 即5月份的孢子生物量都较高, 但从6月份开始孢子生物量就逐

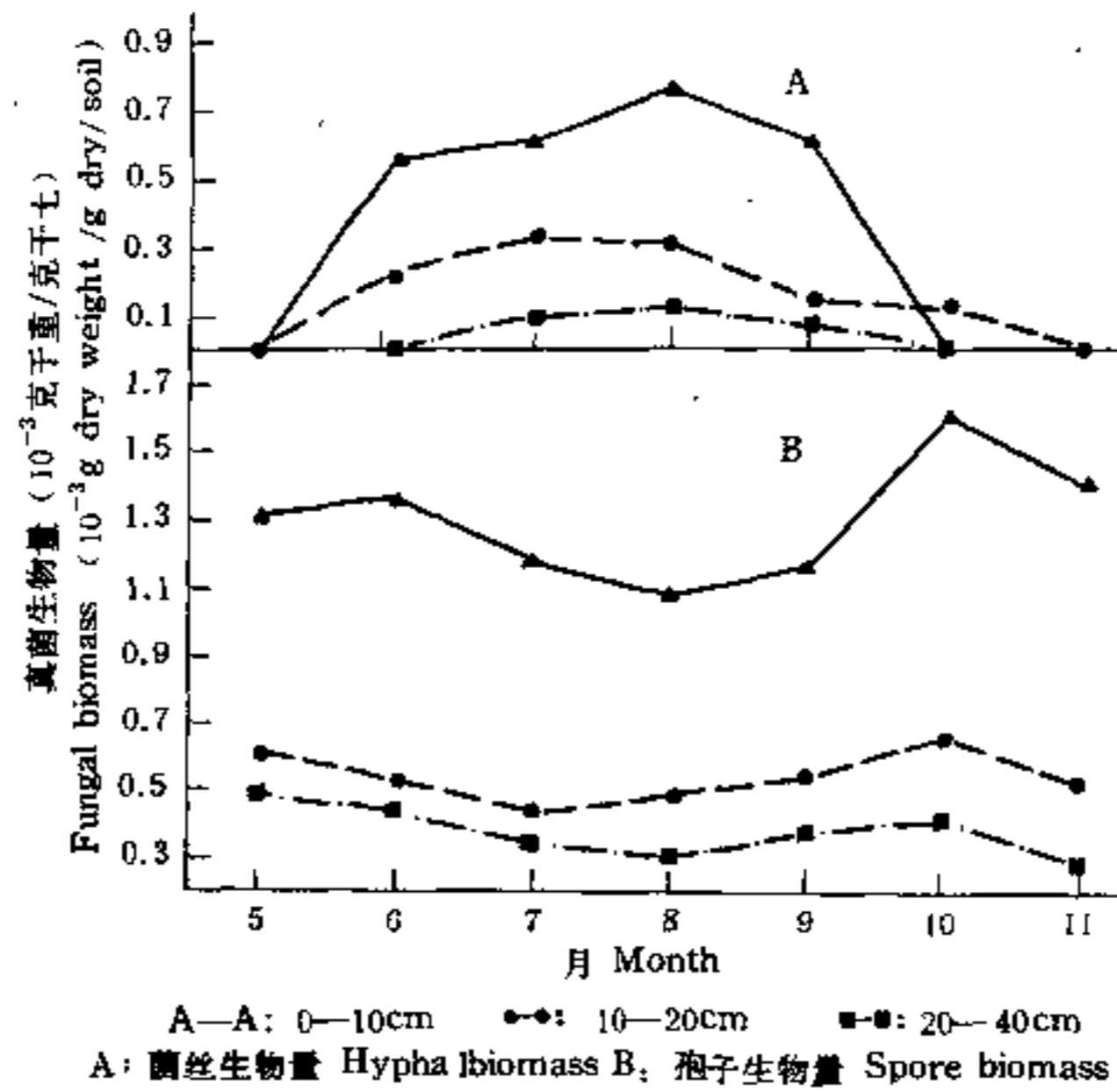


图2 放牧金露梅灌丛不同深度土壤中真菌生物量的季节动态  
 Fig. 2 Seasonal dynamics of fungal biomass in different soil depth of grazed *Potentilla fruticosa* Shrub

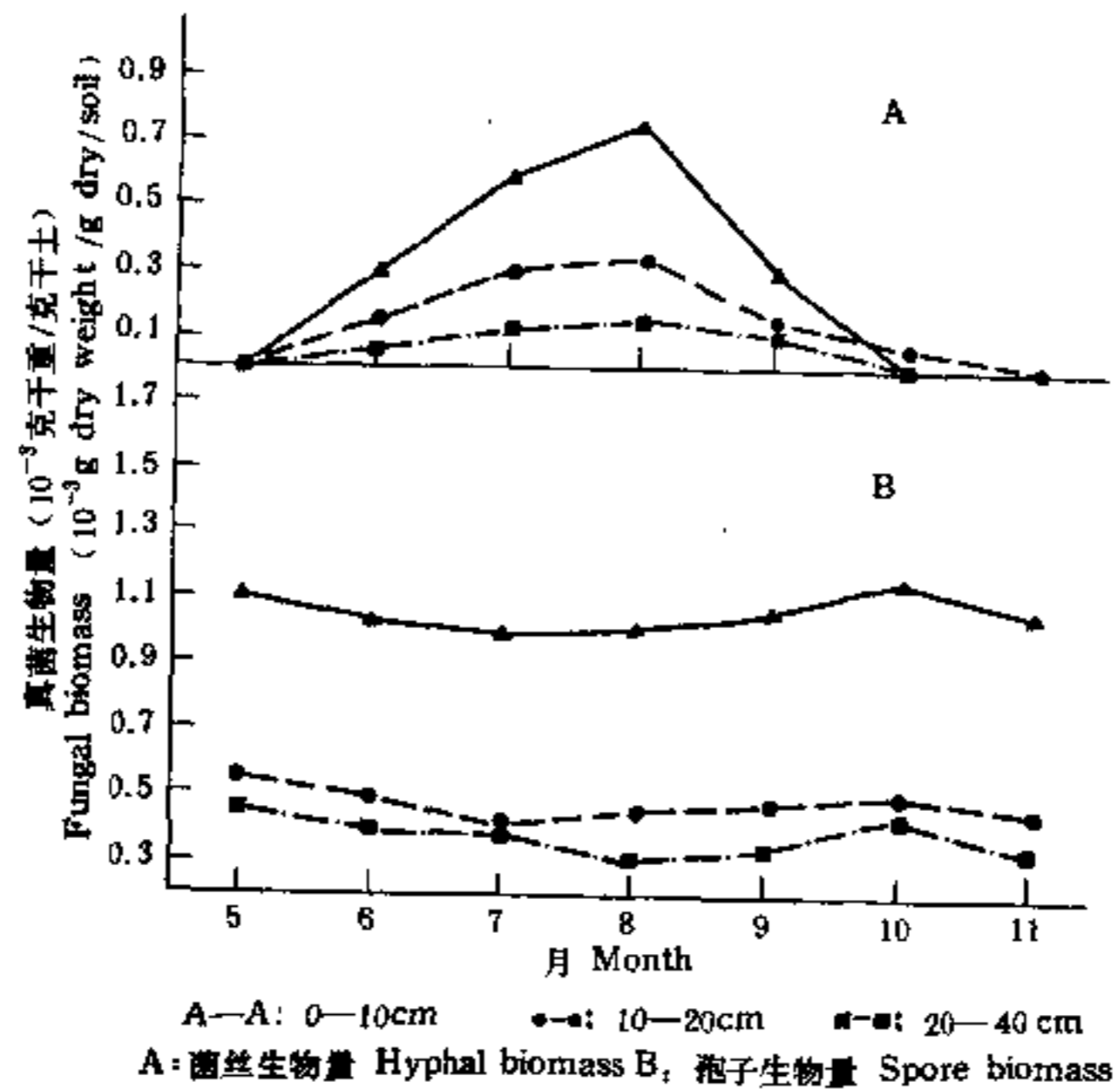


图3 杂类草草甸不同深度土壤中真菌生物量的季节动态  
 Fig. 3 Seasonal dynamics of fungal biomass in different soil depth of forbs meadow

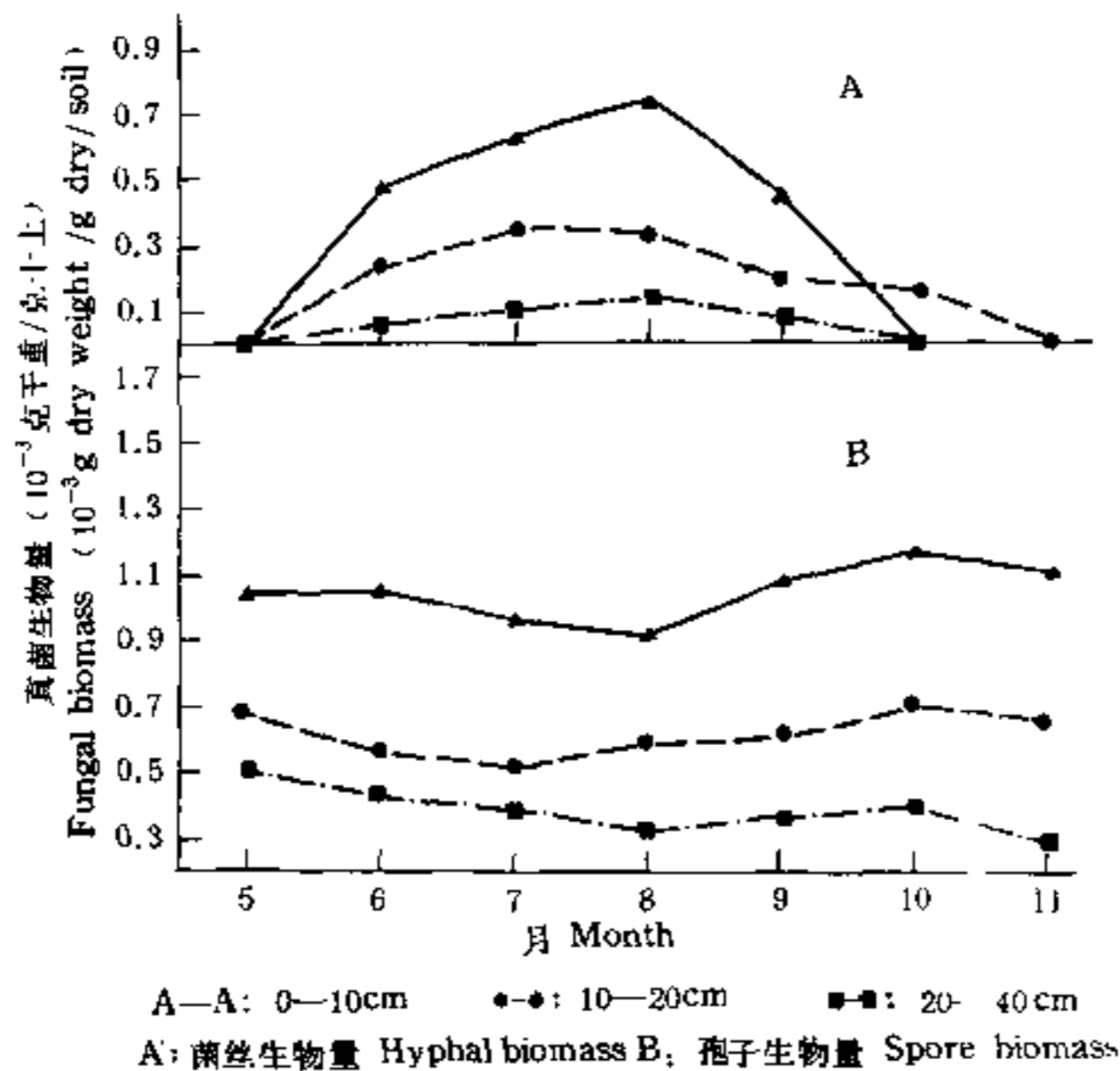


图4 矮嵩草草甸不同深度土壤中真菌生物量的季节动态

Fig. 4 Seasonal dynamics of fungal biomass in different soil depth of *Kobresia humilis* meadow

渐下降，7—9月份孢子生物量保持相对较低水平。10月和11月份又有上升趋势。表层的变化幅度较深层明显。

不论是菌丝生物量还是孢子生物量，其季节性变化在0—10厘米土层中反映明显。因土壤表层比深层更易受环境因素变化的影响。5月份，土壤开始解冻，地温回升，土壤表层植物根的分泌物及死根是异养微生物必要的碳源和能源。土壤微生物生物量随着植物根的生长和密度增加而增大。草盛期，丰富的根系分泌物使土壤中的休眠孢子因获营养物和适合的温度条件而萌发成菌丝体，导致菌丝生物量迅速上升，孢子生物量下降。7—9月份温度较高，各种微生物活动旺盛，此时纤维素分解作用达高峰，分解率为24.5%—53.32%，这给孢子萌发及菌丝迅速生长创造了有利条件。故菌丝生物量的最大值和孢子生物量的低峰期均出现在此时。10月份地温下降，菌丝体因无足够养分而进入休眠状态，结果孢子生物量上升，菌丝生物量下降。微生物生物量的大小与其从植物根获取养分的多少相联系 (Lynch 等, 1982)。在土壤深层，菌丝生物量和孢子生物量都很低，只有微小波动。因土壤深层只有少量的植物死根及根的分泌物作为养分供给微生物，微生物种群量小且稳定 (Higashida 等, 1985)。10月份，除10—20厘米土壤层仍能发现菌丝外，其它两层均无菌丝。在不同季节，菌丝生物量只在腐殖质层保持相对稳定 (Visser 等, 1975)。在4种植被土壤中，除杂类草草甸各土层有机质含量低，10厘米以下有沙土而无腐殖质层外，其余几种植被的土壤上有厚实的草皮层，下有腐殖质层，尤其是金露梅灌丛中的腐殖质层厚约30厘米，故腐殖质层的存在与否和10月份土壤中是否有菌丝有关。

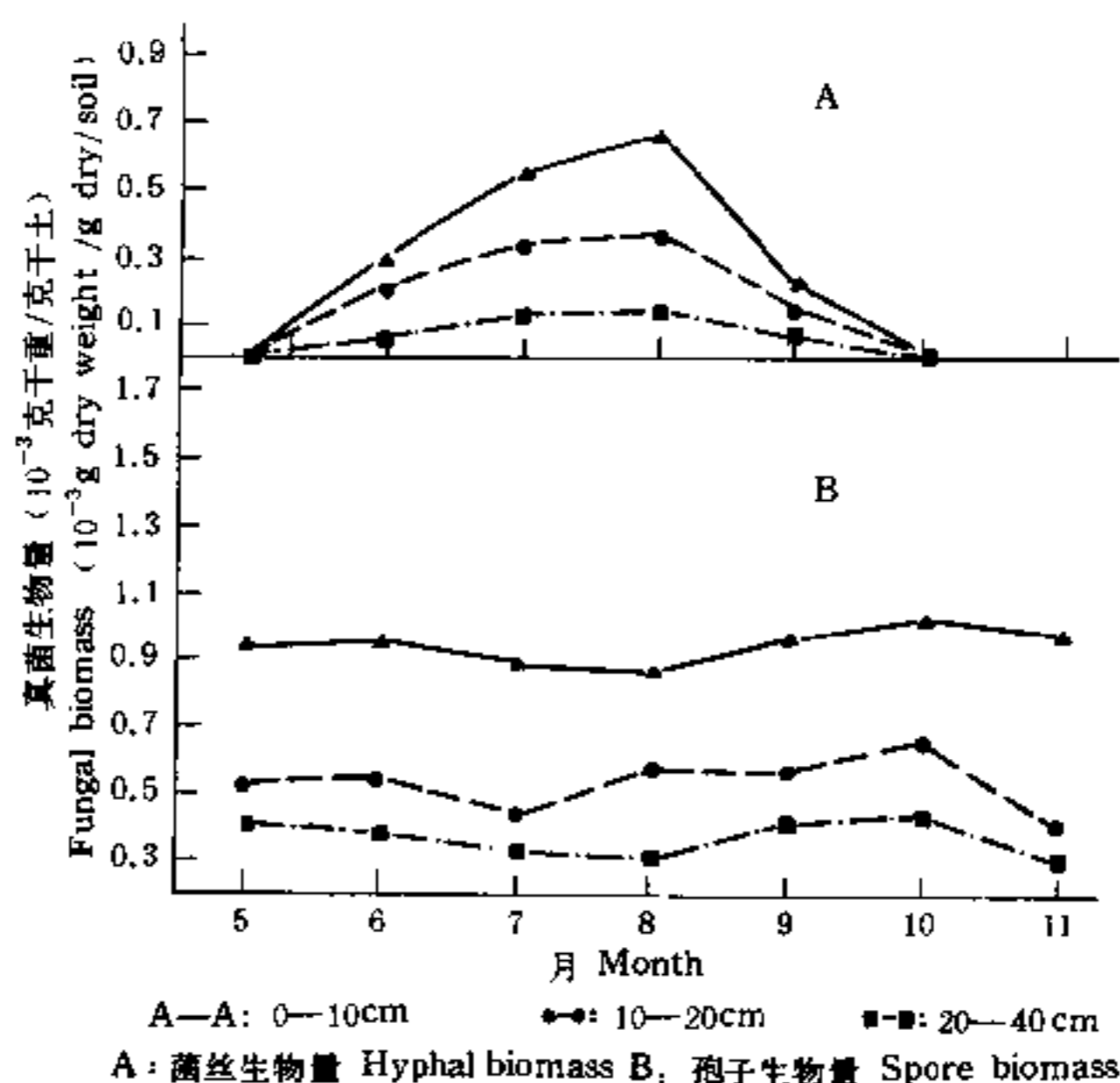


图5 垂穗披碱草草甸不同深度土壤中真菌生物量的季节动态

Fig. 5 Seasonal dynamics of fungal biomass in different soil depth of *Elymus nutans* meadow.

表1 1988年海北高寒草甸生态系统定位站的平均土壤温度(°C)

Table 1 The monthly mean soil temperature(°C) of Haibei Research Station of alpine meadow ecosystem in 1988

土壤深度(厘米) Soil depth(cm)	5月 May	6月 June	7月 July	8月 Aug.	9月 Sept.	10月 Oct.	11月 Nov.
0—10	7.70	11.93	15.03	14.60	9.73	4.10	-2.70
10—20	3.83	8.57	12.13	12.10	8.57	4.00	-1.23
20—40	2.10	6.70	10.80	11.40	8.95	4.95	0.45

由表1可见,海北定位站土壤温度的最大值出现在7月或8月。回归分析表明菌丝生物量与土壤温度密切相关(表2),而孢子生物量与土壤温度的相关性则较差,温度对微生物生物量有显著的影响。定位站土壤从5月份开始解冻,7—8月份地温最高,以后逐渐下降,至11月份土壤结冻,这种变化与真菌生物量的变化相一致。从土壤表层到深层,温度下降,生物量也下降。但表层土壤温度的季节性变化与生物量的季节变化均很明显,而深层的季节变化则较小。孢子生物量的季节变化没有菌丝生物量的变化明显。表层土壤中的孢子生物量季节波动小,深层土壤中的真菌基本上以孢子形式存在。这可能是海北高寒草甸生态系统不同于其它生态系统的微生物学特点。

表2 海北高寒草甸不同植被不同深度土壤温度对真菌菌丝生物量的二次多项式回归数据

Table 2 Second degree polynomial regression data of soil temperature for fungal hyphal biomass in different soil depth of various vegetations of Haibei alpine meadow

植 被 Vegetation	土壤深度(厘米) Soil depth(cm)	A	B	C	R <sup>2</sup>
非放牧金露梅灌丛 ungrazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$1.772 \times 10^{-5}$	$1.433 \times 10^{-5}$	$-2.088 \times 10^{-4}$	0.8760
	10—20	$6.661 \times 10^{-6}$	$5.170 \times 10^{-5}$	$3.452 \times 10^{-5}$	0.8950
	20—40	$3.169 \times 10^{-6}$	$1.915 \times 10^{-5}$	$-4.120 \times 10^{-5}$	0.9049
放牧金露梅灌丛 grazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$1.342 \times 10^{-5}$	$4.854 \times 10^{-5}$	$-1.303 \times 10^{-4}$	0.7898
	10—20	$6.089 \times 10^{-6}$	$5.015 \times 10^{-5}$	$3.376 \times 10^{-5}$	0.8965
	20—40	$9.183 \times 10^{-6}$	$-5.577 \times 10^{-5}$	$4.135 \times 10^{-5}$	0.9629
杂类草草甸 forbs meadow	0—10	$1.830 \times 10^{-5}$	$-6.322 \times 10^{-5}$	$-2.652 \times 10^{-4}$	0.9499
	10—20	$1.301 \times 10^{-5}$	$-7.766 \times 10^{-6}$	$-8.072 \times 10^{-5}$	0.9731
	20—40	$6.118 \times 10^{-6}$	$-1.114 \times 10^{-5}$	$-6.627 \times 10^{-6}$	0.9568
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0—10	$1.672 \times 10^{-5}$	$-6.633 \times 10^{-6}$	$-2.084 \times 10^{-4}$	0.8955
	10—20	$5.360 \times 10^{-6}$	$6.560 \times 10^{-5}$	$5.700 \times 10^{-5}$	0.8902
	20—40	$5.271 \times 10^{-6}$	$-3.927 \times 10^{-6}$	$-1.341 \times 10^{-6}$	0.9341
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	0—10	$1.955 \times 10^{-5}$	$-6.313 \times 10^{-6}$	$-2.759 \times 10^{-4}$	0.9208
	10—20	$1.060 \times 10^{-5}$	$-4.890 \times 10^{-6}$	$-1.482 \times 10^{-5}$	0.9757
	20—40	$5.706 \times 10^{-6}$	$-3.029 \times 10^{-6}$	$-1.988 \times 10^{-5}$	0.9443

表3 海北高寒草甸不同植被不同深度土壤温度对真菌孢子生物量的二次多项式回归数据

Table 3 Second degree polynomial regression data of soil temperature for fungal spore biomass in different soil depth of various vegetations of Haibei alpine meadow

植 被 Vegetation	土壤深度(厘米) Soil depth(cm)	A	B	C	R <sup>2</sup>
非放牧金露梅灌丛 ungrazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$-4.543 \times 10^{-6}$	$2.364 \times 10^{-5}$	0.003	0.6268
	10—20	$-6.062 \times 10^{-6}$	$5.846 \times 10^{-5}$	0.001	0.8163
	20—40	$-1.667 \times 10^{-5}$	$2.024 \times 10^{-4}$	$5.845 \times 10^{-4}$	0.7110
放牧金露梅灌丛 grazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$-3.547 \times 10^{-6}$	$6.772 \times 10^{-6}$	0.003	0.5880
	10—20	$-5.526 \times 10^{-6}$	$4.372 \times 10^{-5}$	0.001	0.8534
	20—40	$-8.263 \times 10^{-6}$	$9.175 \times 10^{-5}$	$6.415 \times 10^{-4}$	0.6136
杂类草草甸 forbs meadow	0—10	$-1.609 \times 10^{-6}$	$8.954 \times 10^{-6}$	0.002	0.7649
	10—20	$-5.865 \times 10^{-6}$	$7.547 \times 10^{-6}$	$9.417 \times 10^{-4}$	0.5297
	20—40	$-7.496 \times 10^{-6}$	$8.698 \times 10^{-5}$	$6.105 \times 10^{-4}$	0.7697

续表3 Cont. table 3

植 被 Vegetation	土壤深度(厘米) Soil depth(cm)	A	B	C	R <sup>2</sup>
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0—10	$-2.449 \times 10^{-6}$	$1.050 \times 10^{-5}$	0.002	0.8512
	10—20	$-2.020 \times 10^{-6}$	$1.657 \times 10^{-6}$	0.001	0.7472
	20—40	$-6.504 \times 10^{-6}$	$7.250 \times 10^{-5}$	$6.769 \times 10^{-4}$	0.3551
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	0—10	$-2.350 \times 10^{-6}$	$1.940 \times 10^{-5}$	0.002	0.8490
	10—20	$-3.386 \times 10^{-6}$	$3.173 \times 10^{-5}$	$9.569 \times 10^{-4}$	0.8019
	20—40	$-5.056 \times 10^{-6}$	$4.968 \times 10^{-5}$	$7.233 \times 10^{-4}$	0.5198

土壤水分含量与菌丝生物量、孢子生物量的回归分析表明,它们之间的相关程度很低,在有的植被中,相关指数接近零(表4,表5)。土壤水分条件一般控制着土壤微生物生物量的大小(BÅ Å TH, 1980; Ross 等, 1984)。但在海北站土壤中,年降水量达531.6毫米,且降水集中在5—10月,土壤含水量达20%以上。这足够大多数微生物进行正常的生理代谢活动。所以水分对菌丝和孢子生物量的影响不大。

表4 海北高寒草甸不同植被不同深度土壤水分含量对真菌菌丝生物量的二次多项式回归数据

Table 4 Second degree polynomial regression data of soil water content for fungal hyphal biomass in different soil depth of various vegetations of Haibei alpine meadow

植 被 Vegetation	土壤深度(厘米) Soil depth (cm)	A	B	C	R <sup>2</sup>
非放牧金露梅灌丛 ungrazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$4.395 \times 10^{-4}$	-0.032	0.591	0.4871
	10—20	$-4.445 \times 10^{-6}$	$2.378 \times 10^{-4}$	-0.002	0.0558
	20—40	$1.671 \times 10^{-5}$	$-9.591 \times 10^{-4}$	0.014	0.2482
放牧金露梅灌丛 grazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$-7.976 \times 10^{-7}$	$-2.462 \times 10^{-4}$	0.012	0.2796
	10—20	$3.530 \times 10^{-6}$	$-3.595 \times 10^{-4}$	0.009	0.4403
	20—40	$1.817 \times 10^{-7}$	$-4.610 \times 10^{-5}$	0.001	0.2863
杂类草草甸 forbs meadow	0—10	$1.756 \times 10^{-5}$	$-6.692 \times 10^{-4}$	0.006	0.1817
	10—20	$-2.074 \times 10^{-6}$	$1.792 \times 10^{-4}$	0	0.0066
	20—40	$-5.086 \times 10^{-5}$	0.002	-0.029	0.2784
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0—10	$3.150 \times 10^{-4}$	-0.019	0.287	0.8243
	10—20	$7.245 \times 10^{-5}$	-0.004	0.050	0.3548
	20—40	$1.172 \times 10^{-5}$	$-5.311 \times 10^{-4}$	0.006	0.1657
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	0—10	$9.047 \times 10^{-5}$	-0.005	0.076	0.6681
	10—20	$1.487 \times 10^{-4}$	-0.008	0.105	0.5581
	20—40	$1.923 \times 10^{-4}$	-0.010	0.123	0.4290

表5 海北高寒草甸不同植被不同深度土壤水分含量对真菌孢子生物量的二次多项式回归数据

Table 5 Second degree polynomial regression data of soil water content for fungal spore biomass in different soil depth of various vegetations of Haibei alpine meadow

植 被 Vegetation	土壤深度 (厘米) Soil depth (cm)	A	B	C	R <sup>2</sup>
非放牧金露梅灌丛 ungrazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$-8.110 \times 10^{-5}$	0.006	-0.108	0.7388
	10—20	$6.830 \times 10^{-6}$	$-4.062 \times 10^{-4}$	0.007	0.5403
	20—40	$1.971 \times 10^{-5}$	-0.001	0.015	0.4516
放牧金露梅灌丛 grazed <i>Potentilla</i> <i>fruticosa</i> shrub	0—10	$-1.579 \times 10^{-5}$	0.001	0.020	0.2480
	10—20	$-2.591 \times 10^{-6}$	$2.044 \times 10^{-4}$	-0.003	0.5740
	20—40	$4.262 \times 10^{-6}$	$-2.219 \times 10^{-4}$	0.004	0.6533
杂类草草甸 forbs meadow	0—10	$5.620 \times 10^{-6}$	$-3.229 \times 10^{-4}$	0.006	0.1095
	10—20	$-1.144 \times 10^{-6}$	$7.983 \times 10^{-4}$	$-2.797 \times 10^{-4}$	0.0664
	20—40	$1.607 \times 10^{-6}$	$-7.968 \times 10^{-4}$	0.011	0.4122
矮嵩草草甸 <i>Kobresia humilis</i> meadow	0—10	$-2.944 \times 10^{-6}$	0.002	-0.024	0.7983
	10—20	$-1.170 \times 10^{-5}$	$6.292 \times 10^{-4}$	-0.007	0.1131
	20—40	$-2.847 \times 10^{-5}$	0.001	-0.016	0.6614
垂穗披碱草草甸 <i>Elymus nutans</i> meadow	0—10	$-1.118 \times 10^{-5}$	$6.756 \times 10^{-4}$	0.008	0.5447
	10—20	$-5.696 \times 10^{-6}$	$2.915 \times 10^{-4}$	-0.003	0.1463
	20—40	$-8.222 \times 10^{-6}$	$4.027 \times 10^{-4}$	-0.004	0.0399

土壤的酸碱性对土壤微生物的组成种类和数量的影响也很显著。在酸性土壤中,真菌生命活动旺盛。如挪威 Hardangervida 地区的湿草甸, pH 值为 5.3, 其 0—10 厘米土壤中的菌丝长度达 4583.3 米/克干土; 瑞典 Stordalen 地区沼泽地的 pH 值为 4.03, 菌丝长度达 3260 米/克干土。而南极 Signy I. 地区的大理石页岩土壤中的 pH 值为 8.4, 菌丝长度只有 44 米/克干土; 加拿大 Devon I. 地区的河滨土壤的 pH 值为 7.2, 菌丝长度为 199 米/克干土 (Holding 等, 1974)。与上述地区相比, 海北定位站土壤属中性微偏碱, 所测最大菌丝长度为 375.2 米/克干土 (非放牧金露梅灌丛 0—10 厘米土层, 7 月份测得), 最小菌丝长度 (菌丝存在时) 仅 26.7 米/克干土 (垂穗披碱草草甸 20—40 厘米土层; 6 月份测得)。此结果与上述所列的中性或微偏碱土壤的测定结果较接近, 而与酸性土壤的测定结果相差甚大。因此海北定位站土壤的微偏碱性条件可能是真菌以孢子形式存在的一个原因。

### 参 考 文 献

- 李家藻, 1984, 高寒草甸土壤细菌生物量的研究 I. 不同植被类型土壤中细菌生物量的测定. 高原生物学集刊, 第 3 集, 173—180.
- Baath E, 1980, Soil fungal biomass after clear-cutting of a pine forest in central Sweden, *Soil Biol. Biochem.*, 12, 495—500.
- Higashida S, Takao K, 1985, Seasonal fluctuation patterns of microbial numbers in the surface soil of a grassland, *Soil Sci. Plant Nutr.*, 31 (1): 113—121.



- Holding A J, Heal O W, Maclean S F Jr., Flanagan P W, 1974, Soil organisms and decomposition in Tundra, 123–150, The Tundra Biome Steering Committee Stockholm, Sweden.
- Krempin D W, Sullivan C W, 1981, The seasonal abundance, vertical distribution, and relative microbial biomass of Chroococcoid cyanobacteria at a station in southern California coastal waters, *Can. J. Microbiol.*, **27**, 1341–1344.
- Lynch J M, Panting L M, 1982, Effects of season, cultivation and nitrogen fertiliser on the size of the soil microbial biomass, *J. Sci. Food Agric.*, **33**, 249–252.
- Ross D J, Tate K R, 1984, Microbial biomass in soil: Effects of some experimental variables on biochemical estimations, *Soil Biol. Biochem.*, **16** (2), 161–167.
- Ross D J, Tate K R, Cairns A, Meyrick K F, 1981, Fluctuations in microbial biomass indices at different sampling times in soils from Tussock grasslands, *Soil Biol. Biochem.*, **13**, 109–114.
- Visser S, Parkinson D, 1975, Fungal succession on aspen poplar leaf litter, *Can. J. Bot.*, **53**, 1640–1651.

# SEASONAL DYNAMICS OF FUNGAL BIOMASS IN DIFFERENT VEGETATION SOIL OF ALPINE MEADOW ECOSYSTEM

Wang Qilan    Li Jiazao

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences)

## Abstract

The seasonal dynamics of fungal biomass in different soil depth of four vegetations (ungrazed and grazed *Potentilla fruticosa* shrub, forbs meadow, *Kobresia humilis* meadow, and *Elymus nutans* meadow) were studied in Haibei Alpine Meadow Ecosystem in 1988.

In the soil of four vegetation types, a significant seasonal dynamics of fungal biomass were observed in the 0–10cm soil layer. It was found that the hyphal biomass gradually increased from May, and appeared maximum values in July and August, and decreased after September. Hyphal was hardly observed in October. Fungal spore biomass decreased with a concomitant increased of hyphal biomass, but its seasonal fluctuation were lower than the hyphal biomass. Otherwise, fungal biomass of the 10–20 and 20–40cm soil layers were always lower than that of the 0–10cm soil layer.

Second degree polynomial regressions indicated that the soil temperature has a greater effect on hyphal biomass, whereas it has a little effect on fungal spore biomass. But soil water content has almost no effect on neither hyphal biomass nor fungal spore biomass.

The alkalinity of soil in Haibei Research Station may be a another important factor that affect the increase of soil fungal biomass.

**Key words:** Hyphal biomass; Spore biomass; Seasonal dynamics

