

processes in glacial cycles, and to disintegrate the contributions from different latitudinal zones to the orbital forcing of the global climate system, if we are to predict the trend of future climate changes scientifically.

**Key words:** glacial cycles; carbon cycle; Earth climate system; green-house effect; Earth orbital periodicity

## 羊草对 CO<sub>2</sub> 倍增和水分胁迫的适应机制

周广胜<sup>1</sup>, 王玉辉<sup>1</sup>, 高素华<sup>2</sup>, 郭建平<sup>2</sup>

(1. 中国科学院 植物研究所 植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

羊草草原是欧亚大陆东部温带半湿润半干旱地区特有的地带性草原植被类型, 面积达  $4.2 \times 10^7 \text{ hm}^2$ , 其中一半以上分布于中国境内, 是我国重要的畜牧业生产基地。可是, 由于人类活动及现代工业的迅速发展导致的地球大气中温室气体, 特别是 CO<sub>2</sub> 浓度, 已由工业革命前的  $280 \times 10^{-6}$  增加到当前的  $360 \times 10^{-6}$ , 据估计到 21 世纪中后期将达到  $700 \times 10^{-6}$ 。大气 CO<sub>2</sub> 浓度倍增及由此引起的以“气候变暖”为标志的全球变化必将直接和间接地影响羊草草地生态系统。尽管关于草地地理分布与气候的关系, CO<sub>2</sub> 浓度倍增对作物、自然生态系统及其优势种的影响已经进行了大量研究与试验, 但关于羊草草原对 CO<sub>2</sub> 浓度倍增和水分胁迫的影响与适应机制的研究仍较少。本文基于 2000 年 6 月 20 日—10 月 15 日在黑龙江省农业科学院人工模拟试验室开展的 2 个 CO<sub>2</sub> 浓度 ( $350 \times 10^{-6}$  和  $700 \times 10^{-6}$ )、3 个水分胁迫 (土壤持水量的 30%~45%, 45%~60% 和 60%~80%) 下的羊草植物多因子模拟试验, 以增强羊草对 CO<sub>2</sub> 浓度倍增和水分胁迫响应机制的理解。

(1) 水分胁迫的影响。羊草叶水势随着水分胁迫的增加表现出明显减小的趋势, 但其日、季变化并没有改变 (图 1)。羊草叶水势的日变化表现为早晚高、中午低的“V”型变化规律, 且叶水势随着生长日期的增加而降低, 表现出与羊草的生长发育、成熟和衰老一致的变化规律。随着水分胁迫的增加, 叶片蒸腾、光合速率和各部分的生物量均减小, 而叶片气孔阻力则增加 (图 2)。作为对水分胁迫的响应, 羊草的根冠比则增加 (表 1)。

(2) CO<sub>2</sub> 浓度倍增的影响。羊草叶水势随着 CO<sub>2</sub> 浓度的倍增而增加, 且其季节变化发生变化 (图 3)。在羊草生长

42 d 前, CO<sub>2</sub> 浓度倍增条件下的羊草叶水势随着生长日期增

表 1 不同水分胁迫下的羊草生物量

土壤相对湿度	羊草生物总量/g	根生物量/g	茎生物量/g	叶生物量/g	根冠比
30%~45%	24.86	7.60	7.82	9.88	0.405
45%~60%	33.52	8.64	9.93	14.95	0.347
60%~80%	39.53	9.15	12.94	17.44	0.301

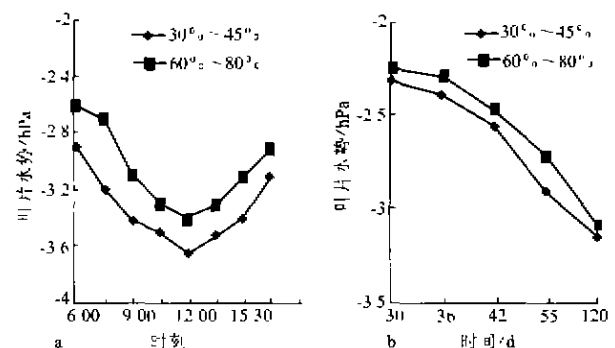


图 1 羊草叶水势的日、季动态

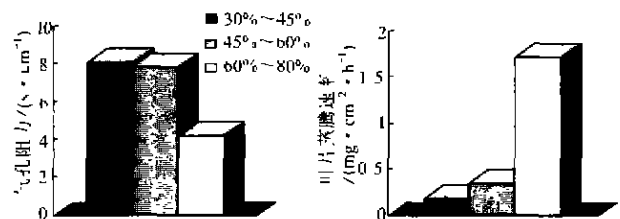


图 2 土壤水分胁迫对羊草气孔阻力和蒸腾速率的影响

加的减小的幅度小于当前 CO<sub>2</sub> 浓度的状况, 而在 42 d 后则相反。CO<sub>2</sub> 浓度倍增下羊草叶片的蒸腾作用、黄叶数将减小, 而气孔阻力、光合速率、株高、各部分的生物量均增加。作为对 CO<sub>2</sub> 浓度倍增的响应, 羊草的根冠比增加 (表 2)。

(3) 结果与讨论。CO<sub>2</sub> 浓度倍增与水分胁迫均导致羊草

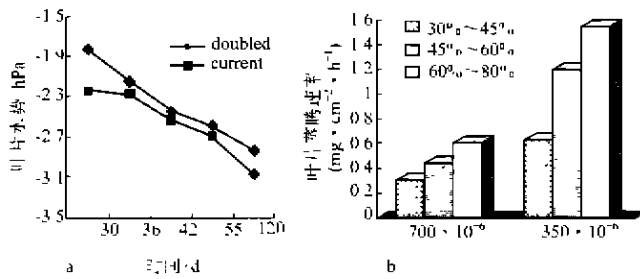


图3 CO<sub>2</sub>浓度倍增下的羊草叶水势季节动态(a)和不同水分胁迫下的叶片蒸腾速率(b)

根冠比的增加,反映了羊草对于环境胁迫的适应对策,但两者的机制是不同的。水分胁迫下羊草根冠比的增加是羊草为减缓水分胁迫而调节植物各部分的生长速率造成的,亦即

使根生长的减少速率低于冠生长的减少速率;而CO<sub>2</sub>浓度倍增则是由于提高水分利用效率造成的,植物各部分的生长均

表2 不同CO<sub>2</sub>浓度下的羊草生物量(g)

CO <sub>2</sub> 浓度/10 <sup>-4</sup>	羊草生物总量/g	根生物量/g	茎生物量/g	叶生物量/g	根冠比
350	18.74	6.75	5.34	6.65	0.427
700	26.42	9.12	6.81	10.49	0.486

增加。水分胁迫没有改变羊草叶水势的日、季变化规律,而CO<sub>2</sub>浓度倍增则改变了羊草叶水势的变化规律,使得生长季节延长。同时,由于水分胁迫对于植物生长具有负效应,水分胁迫将在一定程度上削弱“CO<sub>2</sub>施肥效应”。

## 祁连山东南缘新生代沉积环境变迁及其意义

顾延生<sup>1,2</sup>, 蔡雄飞<sup>1</sup>, 张克信<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉大学 人文科学院, 湖北 武汉 430072)

祁连山东南缘处于青藏高原东北缘与黄土高原过渡区,处于环境变化敏感地带,自新生代以来于巴州拗陷、永登拗陷发育了巨厚第三系、第四系,为研究祁连山地、青藏高原隆升的良好相关记录。通过系统的地层学、沉积学、地貌学及古气候学研究,将研究区自第三纪以来的沉积环境变迁、构造隆升及全球变化分以下几个阶段:

(1)由于燕山运动影响,本区缺失了上白垩统,至古新世时,本区自南而北沉积了一套河控湖相三角洲及冲积扇。反映了区域持续沉降,气候炎热,降水较丰富,推测此时高原抬升缓慢,地形起伏不大。

(2)始新世早—中期时,本区沉积环境变为浅湖、咸化湖,沉积物由棕黄色砂岩、泥岩变为棕红色膏泥岩,反映了区域构造拗陷作用,气候开始炎热、干旱化,为封闭环境下的沉积物特征。自始新世中期开始,本区出现了原生膏盐建造,且沉积环境较动荡,出现了分支河流道的频繁变迁,其中出现的具巨型槽状、板状交错层理的含砾粗砂岩、砾岩可能指示了始新世中期发生的印度板块与欧亚板块强烈碰撞作用(喜山I期运动)对本区的构造—环境效应,膏盐建造则反映了气候的炎热——干旱、沉积环境的封闭性。

(3)渐新世对本区沉积环境以湖相为主,湖盆沉积范围扩大,主要是由于当时降水增多缘故,湿润度发生了变化,打破了以前封闭的沉积环境,极可能指示了当时青藏高原隆升之后,改变了原有大气环流格局,古夏季风兴起并开始波及

本区,随后由于发生新、老第三纪之交的喜山II期运动使沉积湖盆消亡,抬升并处于区域夷平阶段。

(4)中新世早期本区以湖相沉积为主,随后发育了多期冲积扇,冲积扇发育与7~8 MaBP左右高原强烈隆升有密切关系,正是由于高原的强烈隆升使高原周边地区的沉积环境发生了重要的改变:上新世时本区为湖相环境,其中于3.1 MaBP(ESR)左右沉积了一套灰白色—灰黄色由风成砂和流水改造的砂丘构造,可能响应了3.1 MaBP左右高原的快速隆升,并促使冬季风兴盛,反映了高原隆升构造—气候效应,改变了原有行星风系格局,使冬季风占有统治地位,随后变为第四纪风成黄土沉积环境。

(5)自早更新世以来本区发育了3期山麓剥蚀面和7级河流阶地,分别指示了自2.5 MaBP以来的高原的多次隆升对本区地貌发育的影响,其中发生于2.5 MaBP、1.8 MaBP、1.6 MaBP、1.4 MaBP和0.36 MaBP构造抬升作用强烈。

(6)对本区黄土1.9 MaBP以来的古气候学研究表明,古气候的演化具有一定的阶段性,其中于1.6 MaBP、0.9 MaBP左右各发生了一次气候转型事件,与高原的强烈隆升阶段有对应关系,特别是0.9 MaBP气候转型(“中更新世革命”)使中国产生了三大自然景观分区即西北干旱区、东部季风区及青藏高原高寒区;另外,1.6~0.9 MaBP高原隆升促使秦岭—大别山系快速抬升,中国南北第四纪沉积环境发生了分异,中国南方沉积了一系列红土。