

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

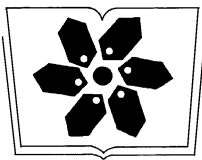
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第9期 Vol.31 No.9 **2011**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 9 期

2011 年 5 月 (半月刊)

目 次

EAM 会议专刊述评——气候变化下旱区农业生态系统的可持续性	李凤民, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, 等 (I)
第二届生态系统评估与管理(EAM)国际会议综述	李朴芳, 赵旭喆, 程正国, 等 (2349)
应对全球气候变化的干旱农业生态系统研究——第二届 EAM 国际会议青年学者论坛综述	赵旭喆, 李朴芳, Kadambot H. M Siddique, 等 (2356)
微集雨模式与降雨变律对燕麦大田水生态过程的影响	强生才, 张恒嘉, 莫非, 等 (2365)
黑河中游春小麦需水量空间分布	王 瑶, 赵传燕, 田风霞, 等 (2374)
祁连山区青海云杉林蒸腾耗水估算	田风霞, 赵传燕, 冯兆东 (2383)
甘肃小陇山不同针叶林凋落物量、养分储量及持水特性	常雅军, 陈 琦, 曹 靖, 等 (2392)
灌水频率对河西走廊绿洲菊芋生活史对策及产量形成的影响	张恒嘉, 黄高宝, 杨 斌 (2401)
玛纳斯河流域水资源可持续利用评价方法	杨 广, 何新林, 李俊峰, 等 (2407)
西北旱寒区地理、地形因素与降雨量及平均温度的相关性——以甘肃省为例	杨 森, 孙国钧, 何文莹, 等 (2414)
黑河河岸植被与环境因子间的相互作用	许莎莎, 孙国钧, 刘慧明, 等 (2421)
干旱胁迫对高山柳和沙棘幼苗光合生理特征的影响	蔡海霞, 吴福忠, 杨万勤 (2430)
树锦鸡儿、柠条锦鸡儿、小叶锦鸡儿和鹰嘴豆干旱适应能力比较	方向文, 李凤民, 张海娜, 等 (2437)
胡杨异形叶绿素荧光特性对高温的响应	王海珍, 韩 路, 徐雅丽, 等 (2444)
柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量	张海娜, 方向文, 蒋志荣, 等 (2454)
玛河流域扇缘带盐穗木土壤速效养分的“肥岛”特征	涂锦娜, 熊友才, 张 霞, 等 (2461)
摩西球囊霉对三叶鬼针草保护酶活性的影响	宋会兴, 钟章成, 杨万勤, 等 (2471)
燕麦属不同倍性种质资源抗旱性状评价及筛选	彭远英, 颜红海, 郭来春, 等 (2478)
光周期对燕麦生育时期和穗分化的影响	赵宝平, 张 娜, 任长忠, 等 (2492)
水肥条件对新老两个春小麦品种竞争能力和产量关系的影响	杜京旗, 魏盼盼, 袁自强, 等 (2501)
猪场沼液对蔬菜病原菌的抑制作用	尚 斌, 陈永杏, 陶秀萍, 等 (2509)
不同夏季填闲作物种植对设施菜地土壤无机氮残留和淋洗的影响	王芝义, 郭瑞英, 李凤民 (2516)
不同群体结构夏玉米灌浆期光合特征和产量变化	卫 丽, 熊友才, Baoluo Ma, 等 (2524)
脱硫废弃物对碱胁迫下油菜幼叶细胞钙分布及 Ca^{2+} -ATPase 活性的影响	毛桂莲, 许 兴, 郑国琦, 等 (2532)
过去 30a 玛纳斯河流域生态安全格局与农业生产力演变	王月健, 徐海量, 王 成, 等 (2539)
基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价	岳东霞, 杜 军, 刘俊艳, 等 (2550)
毛乌素沙地农牧生态系统能值分析与耦合关系	胡兵辉, 廖允成 (2559)
民勤绿洲农田生态系统服务价值变化及其影响因子的回归分析	岳东霞, 杜 军, 巩 杰, 等 (2567)
青岛市城市绿地生态系统的环境净化服务价值	张绪良, 徐宗军, 张朝晖, 等 (2576)
基于 3S 技术的祖厉河流域农村人均纯收入空间相关性分析	许宝泉, 施为群 (2585)
专论与综述	
全球变化下植物物候研究的关键问题	莫非, 赵 鸿, 王建永, 等 (2593)
区域气候变化统计降尺度研究进展	朱宏伟, 杨 森, 赵旭喆, 等 (2602)
干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展	李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等 (2610)
山黧豆毒素 ODAP 的生物合成及与抗逆性关系研究进展	张大伟, 邢更妹, 熊友才, 等 (2621)
旱地小麦理想株型研究进展	李朴芳, 程正国, 赵 鸿, 等 (2631)
小麦干旱诱导蛋白及相关基因研究进展	张小丰, 孔海燕, 李朴芳, 等 (2641)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-05



封面图说: 覆膜-垄作燕麦种植——反映了雨水高效利用和农田水生态过程的优化(详见强生才 P2365)。

彩图提供: 兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室莫非 E-mail: mofei371@163.com

柠条平茬处理后不同组织游离氨基酸含量

张海娜¹, 方向文², 蒋志荣^{1,3,*}, 冯彦皓²

(1. 甘肃农业大学 林学院, 兰州 730070; 2. 兰州大学 干旱与草地生态教育部重点实验室, 兰州 730000;
3. 甘肃农村发展研究院, 兰州 730070)

摘要:选择 12 株 30 年生的老年柠条作为研究对象,之后随机对 6 株进行平茬处理,其余 6 株未破坏的植株为对照,在植物旺盛生长期,对平茬后当年生萌蘖株与未破坏对照株根、茎、叶中 17 种常见游离氨基酸含量进行了分析比较,以期从氨基酸的角度对柠条萌蘖的再生生长进行认识。结果显示,游离氨基酸含量在对照和平茬萌蘖柠条叶和根中处理间的差异远大于茎间差异;在生长季的座荚期,萌蘖株叶中天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸,根中天门冬氨酸、丝氨酸、缬氨酸、胱氨酸含量为对照株的 1.5 倍以上;成熟期,萌蘖株叶中天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、精氨酸、胱氨酸,根中天门冬氨酸、丝氨酸、缬氨酸、组氨酸、精氨酸的含量也达到对照的 1.5 倍以上。脯氨酸在座荚期对照株叶和茎中含量显著高于萌蘖株,成熟期处理间差异不显著,其含量受降雨和叶含水量影响显著,在植株体内起着重要的渗透调节作用。若不计脯氨酸含量,萌蘖株的根和叶中其余 16 种游离态氨基酸含量之和分别是对照株的 2.0 和 2.7 倍之多。由此可见,生长季叶和根中较高的游离氨基酸含量为萌蘖柠条快速合成其地上组织和实现生物量积累提供了较好的物质条件,是平茬后柠条萌蘖株迅速再生生长的重要机制之一。

关键词:游离氨基酸;柠条;平茬;再生生长

Free amino acid content in different tissues of *Caragana korshinskii* following all shoot removal

ZHANG Haina¹, FANG Xiangwen², JIANG Zhirong^{1,3,*}, FENG Yanhao²

1 Forestry College of Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

2 Key Laboratory of Arid and Grassland Agroecology, Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

3 Gansu Rural Development Research Institute, Lanzhou 730070, China

Abstract: *Caragana korshinskii* K., a dominant member of desert flora in north-western China, is often subjected to aboveground shoot damage, such as grazing, clipping, trampling or wind throw, but as a resprouter shrub, it has a strong ability to regrow following damage and is very successful in its rapid recovery. This sprouting growth plays an important role in maintaining and regenerating the population and contributes to controlling desertification in this area. However, the mechanisms underlying the rapid growth have not been studied in concert. In this study, a total of 12 30-year-old shrubs were randomly selected from the *C. korshinskii* wood stand. For half of the selected plants, all shoots were cut 1 cm above the soil surface at the end of winter (resprouts), and the other half of the plants were untreated (control plants). At pod set (12th July) and seed maturity (16th August), roots, stems and leaves from resprouts and control plants were sampled to measure the 17 common free amino acids so as to determine whether the resprouts had higher free amino acid concentrations in plant tissues during the growing season. The results showed that the differences of the concentrations of the free amino acids between the treatments were more significant in leaves and roots than in stems. At pod set, the concentrations of most amino acids in leaves, such as aspartate (ASP), threonine (THR), serine (SER), alanine (ALA), valine (VAL), leucine (LEU), tyrosine (TYR), histidine (HIS) and arginine (ARG), and the concentrations of ASP,

基金项目:国家自然科学基金项目(30800124);教育部博士点基金(200807301007);春晖计划(z2007-1-62002);兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金资助(lzujbky-2009-37)

收稿日期:2010-09-13; **修订日期:**2011-01-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jzhirong@gsau.edu.cn

SER、VAL and cystin (CYS) in roots were 1.5 times greater in resprouts than in control plants. At seed maturity, the concentrations of most amino acids in leaves, such as ASP、THR、SER、glutamic (GLU)、TYR、phenylalanine (PHE)、ARG and cystine (CYS), and the concentrations of ASP、SER、VAL、HIS and ARG in roots were still higher in resprouts than in control plants. As far as proline (PRO) was concerned, its concentrations in leaves and roots in resprouts were about two-thirds of those in controls at pod set, but there was no significant difference between treatments at seed maturity as the concentration of PRO in control plants decreased dramatically with more rainfall and an increase in leaf water content. The results suggested that PRO was an essential ingredient for osmotic regulation in this species under water deficit. With the exception of PRO, the total concentration of the other 16 free amino acids in leaves and roots in sprouts were 2.7 and 2.0 times greater than the controls, respectively. More free amino acids were available in leaves and roots in resprouts at each sampling time, which would provide essential resources for plant rapid regrowth and then contribute to aboveground biomass recovery. In conclusion, after shoot clipping, resprouts had higher free amino acid concentration in leaves and roots to increase the supply of nutrient for current-year shoot growth, which may be one of the important mechanisms underlying regrowth following the removal of all shoot.

Key Words: free amino acid; *Caragana korshinskii* K. ; clipping; regrowth

萌蘖植物地上组织破坏后进行萌蘖和快速生长,这是维持其生存生态位的重要机制之一。由于植物能够通过萌蘖生长进行种群更新,从而减少外界扰动对种群的影响,降低了植物通过种子对种群进行更新的依赖性^[1],因此萌蘖植物的再生生长是众多生态学家关注的焦点之一。

对萌蘖植物破坏后的再生生长机制已有众多的研究。萌蘖植物有较高的根冠比,地上组织破坏导致根冠比平衡的严重失调,原有庞大根系吸收的水分供给有限地上组织,萌蘖株叶水势提高,植物有较高的光合速率^[2-3]。同时,在地上组织破坏后萌蘖植物将根系储藏的营养物质供给地上组织生长,使得萌蘖枝迅速伸长,叶面积尽快恢复^[4-6]。植物体内的游离氨基酸是氮素代谢中心物质,也是根部与地上部之间氮素循环的主要形态^[7-8],是合成地上组织生长所需蛋白质的基本物质。游离氨基酸可从多方面反映植株体内的氮素营养状况。因此,对平茬后萌蘖植物体内不同器官游离氨基酸含量进行分析,无疑会对植物再生生长机制做进一步的认识和扩展。

柠条(*Caragana korshinskii* K.)是我国西北干旱和半干旱地区广泛分布的典型萌蘖植物,其根系发达,主根可深达5—10 m^[9]。地上组织破坏后能从根颈部萌生出大量枝条,具有极强的再生生长能力^[10]。本文通过对平茬处理植株体内不同部位游离氨基酸含量进行了分析,对其组成和分布特征进行了初步探讨,以期从养分供给的角度对柠条迅速萌蘖再生生长进行认识。

1 材料与方法

1.1 实验材料和方法

实验在甘肃省榆中县中连川乡兰州大学干旱与草地生态教育部重点实验室黄土高原实验站进行。实验地海拔高为2400 m,年平均温度为6.5℃,年均降水量和蒸发量分别为395 mm和1362 mm^[11]。柠条在当地广泛栽植,在水土保持,恢复地力,提供薪碳和饲料等方面具有重要的生态和经济价值,是当地退耕还林的首选树种。

平茬处理在2009年冬末春初树液流动之前进行(3月25日)。在地势平缓、人工均匀栽植,株距为1.5m×1.5m的柠条地中,选择12株30年生的老年柠条作为研究对象,之后随机对6株进行平茬处理,即将枝条全部从高于地表1 cm处平茬,其余6株未破坏的植株为对照。在植物旺盛生长期,即座荚期(7月12日)和果荚成熟期(8月16日),对萌蘖株侧根、当年生萌蘖枝中上部的茎和成熟叶,对照株当年生枝、当年生枝生长的成熟叶以及侧根进行采样,侧根为具有吸收功能的须根,直径小于1 mm(每处理每采样时间点采样3株,实验期间每株植物只采样1次)。采后部分样品迅速放入液氮,带回实验室超低温冰箱-80℃低温保存,

之后进行游离氨基酸测定,剩余样品立即称其鲜重,之后带回实验室,烘箱 70℃ 烘至恒重,称干重,利用两次称重的结果求出样品的含水率。

实验期间通过自动气象站对实验地每天的降雨量进行监测和记录。

1.2 游离氨基酸含量的测定

称取样品 0.8 g,冰浴研磨后加入 10 mL 4% 磺基水杨酸浸提,用 10000 r/min 高速离心机离心,取上清液,在日立 835-50 型氨基酸自动分析仪上测定游离氨基酸。样品中各组分氨基酸以 mg/100g 干重表示。

利用 *T*-检验对同一时间不同处理之间的特定游离态氨基酸含量进行显著性分析 (SPSS 软件,15.0)。

2 结果分析

2.1 实验地降雨量分布与不同组织含水率

实验地 5 到 7 月降雨较少,从柠条座荚期 (7 月 12 日) 到成熟期 (8 月 16 日),降雨量增多,累计达 108 mm,最大一次降雨发生在 8 月 15 日,为 27 mm。

在生长季对不同处理柠条的叶、茎和根含水量进行了测定 (表 1)。从座荚期到果荚成熟期,不同处理植株不同组织的含水量均呈增加趋势,但萌蘖株含水量均高于对照株,萌蘖株叶中含水量平均比对照高 4%;茎和根中,萌蘖株也分别比对照高出 3% 和 6%。可见,萌蘖株水分状况优于对照。

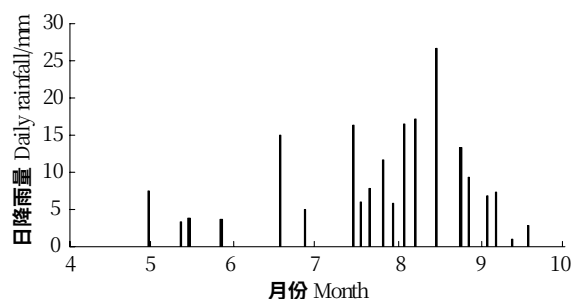


图 1 2009 年柠条生长季 5—10 月实验地降雨量分布图

Fig. 1 The rainfall distribution in the experimental land from May to October in 2009

表 1 柠条不同组织的含水率/%

Table 1 Water contents in different parts of *C. Korshinskii*

柠条不同部位 Different parts	座荚期 Pod set		成熟期 Seed maturity	
	对照 Control	平茬 Clipping	对照 Control	平茬 Clipping
叶 Leaf	59.03±2.67b	64.38±1.54a	63.51±2.77b	68.42±0.97a
茎 Stem	57.13±0.39b	62.73±1.73a	61.33±0.71b	64.17±1.16a
根 Root	47.50±1.04b	49.91±0.87a	51.71±1.34b	58.09±2.96a

表中数据是平均值±标准差;同一时期不同处理间相同字母 $P>0.05$,不同字母 $P<0.05$

2.2 不同时期不同处理柠条叶中游离氨基酸含量

从表 2 可以看出,生长季 2 次采样时期柠条萌蘖株叶中多数游离氨基酸含量显著高于对照株,使得萌蘖株中总游离氨基酸量平均为对照的 2.1 倍。座荚期,主要氨基酸如天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、酪氨酸、组氨酸、精氨酸在处理之间差异显著,萌蘖株中的含量分别为对照的 3.6、2.2、2.3、1.8、1.9、1.7、2.0、1.5、15.2 倍。与上述 8 种游离酸不同,脯氨酸在对照中的含量为萌蘖株的 1.5 倍。成熟期,萌蘖株中天门冬氨酸和精氨酸较座荚期分别下降了 39.5% 和 49.8%,但仍显著地高于对照,分别为对照的 4.6 和 8.1 倍。另外,萌蘖中的其它主要氨基酸,如苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、丙氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、胱氨酸的含量分别为对照的 1.5、2.8、2.9、1.4、2.1、2.6、1.5 倍,脯氨酸在处理间无显著差异。

2.3 不同时期不同处理柠条茎中游离氨基酸含量

座荚期,对照与萌蘖株茎中总游离氨基酸量差异显著,前者为后者的 1.2 倍,这主要由在处理间含量差异显著的脯氨酸引起;脯氨酸在总游离酸中所占比重最大 (高于 65%) 且在对照中的含量为萌蘖株的 1.5 倍。柠条茎中仅次于脯氨酸的天门冬氨酸,在萌蘖株中的含量为对照的 1.9 倍,差异极显著。成熟期,对照株茎中脯氨酸含量下降了 35.5%,且与萌蘖株之间差异不显著 (表 3);而对照株中天门冬氨酸较座荚期显著增加,含量是萌蘖株的 1.3 倍,处理间差异显著。柠条茎中其余苏氨酸、丝氨酸、甘氨酸、丙氨酸、蛋氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、精氨酸的含量在两次采样期处理间均差异不显著,主要原因可能是茎为输导组织。

表 2 平茬处理对柠条不同生长期叶游离氨基酸含量的影响/(mg/100g 干重)

Table 2 The content of free amino acids in the leaf of *C. Korshinskii*

氨基酸种类 Amino acid type	座荚期 Pod set		成熟期 Seed maturity	
	对照 Control	平茬 Clipping	对照 Control	平茬 Clipping
天门冬氨酸 ASP	46.86±3.78b	169.55±4.99a	22.47±3.5b	102.60±4.76a
苏氨酸 THR	23.19±3.64b	50.25±2.39a	29.60±5.97b	43.70±3.56a
丝氨酸 SER	41.01±4.35b	94.04±9.90a	32.07±19.40b	89.62±3.82a
谷氨酸 GLU	43.93±5.22a	40.70±5.90a	18.36±3.09b	52.88±2.52a
甘氨酸 GLY	5.13±0.82b	8.42±0.52a	6.85±0.79a	7.92±1.88a
丙氨酸 ALA	39.05±3.58b	71.58±6.89a	49.33±5.13b	70.93±3.49a
缬氨酸 VAL	17.82±3.02b	34.25±6.37a	20.83±3.62a	26.28±2.99a
蛋氨酸 MET	6.59±1.95a	10.11±2.16a	6.58±0.52b	9.82±1.41a
异亮氨酸 ILE	4.39±0.35b	7.86±1.49a	4.11±0.67b	7.28±0.97a
亮氨酸 LEU	15.38±1.19b	25.54±3.84a	14.52±3.32a	19.95±2.93a
酪氨酸 TYR	11.23±2.04b	22.74±5.14a	15.76±1.13b	33.57±1.40a
苯丙氨酸 PHE	18.06±2.10a	16.00±2.65a	10.41±1.51b	27.23±1.66a
赖氨酸 LYS	12.45±3.69a	18.53±3.14a	15.07±0.89a	9.18±1.28b
组氨酸 HIS	14.16±2.24b	20.64±1.49a	25.49±5.20a	32.30±0.61a
精氨酸 ARG	29.78±4.67b	453.91±21.78a	27.96±5.22b	227.68±6.67a
脯氨酸 PRO	172.92±20.17a	111.79±12.56b	127.32±9.73a	123.98±12.51a
胱氨酸 CYS	36.86±4.11a	30.04±2.95a	36.18±6.39b	56.05±3.08a
总量 Total	538.79±39.11b	1185.94±76.53a	462.91±31.62b	940.98±32.89a

表 3 平茬处理对柠条不同生长期茎游离氨基酸含量的影响/(mg/100g 干重)

Table 3 The content of free amino acids in the stem of *C. Korshinskii*

氨基酸种类 Amino acid type	座荚期 Pod set		成熟期 Seed maturity	
	对照 Control	平茬 Clipping	对照 Control	平茬 Clipping
天门冬氨酸 ASP	99.62±9.78b	188.37±16.24a	219.80±10.47a	171.08±6.68b
苏氨酸 THR	36.78±4.31a	39.18±2.95a	48.10±2.71a	46.61±3.18a
丝氨酸 SER	53.66±2.09a	53.67±5.51a	65.94±3.57a	72.00±3.00a
谷氨酸 GLU	13.53±1.36a	10.73±0.64b	17.84±3.01a	13.95±1.93a
甘氨酸 GLY	7.47±0.84a	8.32±1.51a	8.79±1.20a	10.88±0.83a
丙氨酸 ALA	28.46±5.70a	33.27±3.15a	38.53±5.31a	44.09±2.70a
缬氨酸 VAL	29.63±3.98a	37.30±6.56a	31.29±3.86b	42.42±3.17a
蛋氨酸 MET	9.56±0.51a	9.12±0.82a	10.60±1.45a	12.28±1.44a
异亮氨酸 ILE	16.10±2.15a	15.56±1.25a	12.67±2.08b	18.98±0.97a
亮氨酸 LEU	29.63±2.13a	28.44±4.50a	30.51±6.17a	40.47±3.72a
酪氨酸 TYR	13.53±0.92a	12.88±2.44a	17.84±2.24a	17.30±0.61a
苯丙氨酸 PHE	25.66±3.05a	23.61±5.60a	27.15±5.55a	32.65±2.06a
赖氨酸 LYS	18.66±1.15a	20.13±2.73a	17.58±1.66b	27.91±2.86a
组氨酸 HIS	18.43±1.69b	23.88±1.64a	22.24±1.08a	23.72±1.11a
精氨酸 ARG	33.83±3.32a	40.79±5.99a	83.00±13.45a	69.77±3.66a
脯氨酸 PRO	1677.59±117.53a	1141.79±98.57b	1081.65±49.32a	1175.20±33.87a
胱氨酸 CYS	17.73±1.55b	22.81±1.05a	26.38±5.01a	20.65±1.52a
总量 Total	2129.87±97.88a	1709.86±116.21b	1759.91±59.56a	1839.97±26.68a

2.4 不同时期不同处理柠条根中游离氨基酸含量

座荚期, 萌蘖根中多数主要氨基酸的含量都不同程度地高于对照, 如天门冬氨酸、丝氨酸、缬氨酸、组氨酸、胱氨酸的含量分别为对照的 1.7、2.2、2.8、1.4、1.5 倍。但由于对照株中的精氨酸和脯氨酸含量分别是萌

藁株中的 1.3 和 1.8 倍,且对照株和萌藁株根中精氨酸与脯氨酸之和分别占到了总游离酸的 78.2% 和 55.2%,导致对照株根中总游离氨基酸的含量是萌藁根的 1.2 倍。成熟期,对照和萌藁株根中脯氨酸含量较座荚期分别降低了 78.8% 和 57.8%,处理间无显著差异。而天门冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、缬氨酸、组氨酸、精氨酸、胱氨酸在萌藁株根中的含量显著高于对照,分别为对照的 3.0、1.2、1.5、1.9、5.7、5.4、1.3 倍。萌藁株总游离酸含量是对照株的 1.8 倍(表 4)。

表 4 平茬处理对柠条不同生长期根游离氨基酸含量的影响/(mg/100g 干重)

Table 4 The content of free amino acids in the root of *C. Korshinskii*

氨基酸种类 Amino acid type	座荚期 Pod set		成熟期 Seed maturity	
	对照 Control	平茬 Clipping	对照 Control	平茬 Clipping
天门冬氨酸 ASP	129.90±12.67b	220.22±9.79a	62.07±2.73b	185.62±2.98a
苏氨酸 THR	44.86±6.34a	42.13±0.82a	34.58±3.38a	41.37±2.58a
丝氨酸 SER	47.56±1.91b	104.42±5.79a	18.54±4.16b	27.29±0.50a
谷氨酸 GLU	14.23±1.66a	18.37±3.57a	15.00±2.64a	15.38±1.60a
甘氨酸 GLY	6.13±0.82b	9.78±0.70a	7.08±1.01b	9.31±0.54a
丙氨酸 ALA	14.59±2.17a	20.17±4.25a	15.00±2.65a	17.76±0.67a
缬氨酸 VAL	24.50±2.29b	67.48±2.76a	17.91±1.01b	34.87±0.81a
蛋氨酸 MET	5.22±0.86a	6.19±0.33a	5.00±0.50b	6.28±0.48a
异亮氨酸 ILE	4.50±0.50b	4.77±0.69a	3.33±0.58b	5.20±0.34a
亮氨酸 LEU	8.47±1.75a	11.98±1.70a	10.62±1.47a	10.61±0.54a
酪氨酸 TYR	10.81±1.85b	21.36±2.56a	6.46±1.28b	14.94±1.69a
苯丙氨酸 PHE	10.09±2.14b	18.57±0.98a	9.37±1.11b	18.63±0.55a
赖氨酸 LYS	3.24±0.34b	5.19±0.33a	4.17±0.29a	4.33±0.29a
组氨酸 HIS	26.12±3.19b	35.34±1.52a	8.96±0.94b	51.33±0.58a
精氨酸 ARG	141.43±16.65a	110.01±9.02b	46.45±2.23b	251.25±9.92a
脯氨酸 PRO	1210.37±106.93a	659.07±18.89b	257.04±8.06b	278.32±3.04a
胱氨酸 CYS	26.30±5.46a	39.13±6.20a	26.25±2.38b	32.92±1.89a
总量 Total	1728.35±127.81a	1394.20±25.15b	547.82±26.73b	1005.43±23.64a

3 讨论

已有研究表明,柠条在地上组织破坏后会从地表根颈处萌生大量枝条,且在生长季节生长迅速^[12],这对柠条维持其生存生态位具有重要的意义,也是地上枝条作为补偿饲料和燃料的重要基础。已有的研究对柠条的再生生长机制进行了揭示^[10];和对照株相比,平茬后植株根冠比失调,萌藁株庞大的根系吸收水分和养分供给有限的地上组织,使水分和氮素条件得以改善(表 1),光合同化作用增强;同时,根系将储存的淀粉水解成可溶性糖供给地上组织恢复;光合产物和根系淀粉水解产物仅用于营养生长而非生殖生长,从而使萌藁株当年生枝条生物量是对照株的 100 倍左右。本实验则对植物不同器官游离氨基酸含量进行分析,从营养物质供给角度对柠条再生生长机制进行认识。结果表明,在生长季,萌藁株叶和根中大多数游离氨基酸含量高于对照株,若不计脯氨酸,其余 16 种氨基酸含量之和为对照株的 2.3 倍,说明萌藁株有更多的游离氨基酸来合成其生长所需的蛋白质等营养物质,从而实现植物组织的补偿生长和生物量的积累,这为植物的再生生长和组织的恢复提供了有力的物质基础和能量来源。

高等植物的游离氨基酸不会在体内过多的积累,而且不同种类的氨基酸在植株生长中的作用也不同。因此,某种情况下,这种增加是植株有机体对这几种氨基酸需要量增大的一种表现^[13]。天门冬氨酸是合成数种必需氨基酸的原料,是赖氨酸、苏氨酸、异亮氨酸、蛋氨酸等氨基酸及嘌呤、嘧啶碱基的合成前体^[14-15],因此,天门冬氨酸含量的增多说明生物体代谢旺盛。在柠条根、茎和叶的所有游离酸中,天门冬氨酸的含量均较高,且同一时期,萌藁柠条中天门冬氨酸的含量高于对照株,这在生长季为对照株的生殖生长和萌藁株的快速再生生长提供了原料,满足了赖氨酸等必需氨基酸的合成。

萌蘖植物在地上组织受到破坏后,会调动根系储存的碳和氮用于地上组织的恢复生长^[1-3]。氮除以蛋白质形式储存外,可溶性氨基酸是植物氮素贮存的重要形式,而精氨酸是 N/C 比很高的氨基酸,被认为是氮素的重要储存形态。多年生植物的根中,精氨酸在冬季含量最高,夏季最低,进入休眠期后则又上升,早春芽萌动时达到最高点^[16],说明其在为植物提供氮素和氮的再利用中起着重要作用。本实验中,座荚期萌蘖株叶和根中精氨酸的含量显著高于对照,说明萌蘖植物在旺盛生长季有良好的氮素供给。果实成熟期,对照株和萌蘖株不同部位精氨酸含量均有所提高,说明氮素以精氨酸的形式迅速合成,贮藏在根、枝干和皮层等部位^[16-18]。精氨酸除参与氮素循环外,还是生成信使分子 NO 和 PA 等的前体,可以通过向 PA 和 NO 的转化而感知和识别外界条件的变化^[16]。此外,属于多胺类的二胺(腐胺)来源于精氨酸,有促进细胞分裂的功能^[16],萌蘖株中较高含量的精氨酸为二胺的合成提供了物质基础,有利于萌蘖柠条的再生生长。

植物在受到干旱胁迫时,就会积累大量的渗透调节物质,通过增加细胞内溶质浓度,降低水势等来维持一定的膨压,从而保证生理代谢活动的正常进行^[19-20],而游离脯氨酸是植物体内一种重要的渗透调节物质^[21-23],是植物适应干旱胁迫,提高水分利用率的重要生理机制之一^[24]。本文实验区位于干旱半干旱区,柠条经常受到干旱胁迫的影响。2004 年生长季对柠条对照株与萌蘖株凌晨叶水势进行了测定^[10],结果显示,生长季萌蘖株水势平均为 -0.9 MPa,最低时达 -1.2 MPa,而对照株生长季平均为 -1.6 MPa,最低时达 -2.1 MPa;在最大一次降雨后(35 mm),萌蘖株水势恢复至 -0.7 MPa,对照株恢复至 -1.1 MPa。2009 年降雨分布和 2004 年极为相似,2009 年从座荚期到成熟期,降雨增多,累计达 108 mm,最大一次降雨量在 8 月 15 日,达 27 mm。降雨前后对照株叶含水量分别是 59%、63%,萌蘖株为 64%、68%,根据实验测得的水势和叶含水量拟合曲线计算,对应的叶凌晨水势分别约为 -1.48 MPa、 -0.81 MPa 和 -0.75 MPa、 -0.52 MPa,说明,相对萌蘖株,对照株座果期所受干旱胁迫较为严重,随降雨增多,干旱得到一定的缓解。座荚期,对照株不同器官中脯氨酸含量大量累计,平均为萌蘖株的 1.6 倍;成熟期,随可获得性水分增加,对照株中游离脯氨酸含量显著降低,如对照株根系脯氨酸含量仅为座荚期的 21%,上述结果说明对照柠条通过脯氨酸的大量累积来适应干旱。

柠条在地上枝条平茬后,庞大的根系将储存的大量储存态氮素转化为游离态等生长所需物质,如游离氨基酸,从根系不断供给地上部分,促进枝条的再生生长。游离态氨基酸的充分供给是柠条平茬后进行迅速再生长的重要机制之一。

References:

- [1] Bond W J, Midgley J J. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. *Trends in Ecology and Evolution*, 2001, 16(1): 45-51.
- [2] Fleck I, Hogan K P, Llorens L, Abadía A, Aranda X. Photosynthesis and photoprotection in *Quercus ilex* resprouts after fire. *Tree Physiology*, 1998, 18(8/9): 607-614.
- [3] Fang X W, Wang X Z, Li H, Chen K, Wang G. Responses of *Caragana korshinskii* to different aboveground shoot Removal: combining defence and tolerance strategies. *Annals of Botany*, 2006, 98(1): 203-211.
- [4] Bowen B J, Pate J S. The significance of root starch in post-fire shoot recovery of the resprouter *Stirlingia latifolia* R. Br. (Proteaceae). *Annals of Botany*, 1993, 72(1): 7-16.
- [5] Van Der Heyden F, Stock W D. Regrowth of a semiarid shrub following simulated browsing: the role of reserve carbon. *Functional Ecology*, 1996, 10: 647-653.
- [6] Canadell J, López-Soria L. Lignotuber reserves support regrowth following clipping of two Mediterranean shrubs. *Functional Ecology*, 1998, 12(1): 31-38.
- [7] Li Y T, Mi G H, Chen F J, Zhang F S, Lao X R. Genotypic difference of nitrogen recycling between root and shoot of maize seedlings. *Acta Phytophysiological Sinica*, 2001, 27(3): 226-230.
- [8] Xiang C Y, Guan Y X, Ling B Y, Zhang B S. The research progress on genotype difference of nitrogen efficiency of maize. *Journal of Maize Sciences*, 2002, 10(1): 75-77.
- [9] Wang Q Z, Li Q F, Cui J, Wang Y L, Bai R S, Dong Z F. Path-coefficient analysis of seed yield with main agronomic characters in *Caragana korshinskii* K. *Grassland of China*, 2001, 23(3): 35-37.

- [10] Fang X W, Li J H, Xiong Y C, Xu D H, Fan X W, Li F M. Responses of *Caragana korshinskii* Kom. to shoot removal; mechanisms underlying regrowth. *Ecological Research*, 2008, 23(5): 863-871.
- [11] Guo S L, Liu W Z, Shi Z Y, Hou X L, Li F M. Soil nutrients distribution and its relation to landform and vegetation at small watershed in semiarid area. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2004, 21(4): 40-43.
- [12] Fang X W, Wang W P, He X Q, Wang G. A study on vegetation compensation growth of shrub, *Caragana Korshinskii*, under different clipping treatments in disturbance environment. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(5): 810-816.
- [13] Liu S Q, Song F B. The content of the main free amino acids in root system of maize during reproduction stage. *Acta Agricultural Boreali-Sinica*, 2007, 22(1): 35-39.
- [14] Lu B Z. *Biochemistry Teaching Materials*. Beijing: PLA Publishing House, 1975.
- [15] Cai T S. *Biochemistry*. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2005: 125-147.
- [16] Yang H Q, Gao H J. Physiological function of arginine and its metabolites in plants. *Journal of Plant and Molecular Biology*, 2007, 33(1): 1-8.
- [17] Cantón F R, Suárez M F, Cánovas F M. Molecular aspects of nitrogen mobilization and recycling in trees. *Photosynthesis Research*, 2005, 83(2): 265-278.
- [18] Cheng L L, Ma F W, Ranwala D. Nitrogen storage and its interaction with carbohydrates of young apple trees in response to nitrogen supply. *Tree Physiology*, 2004, 24: 91-98.
- [19] Khalil A A M, Grace J. Acclimation to drought in *Acer pseudoplatanus* L. (Sycamore) seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 1992, 43(12): 1591-1602.
- [20] Turner N C, Stern W R, Evans P. Water relation and osmotic adjustment of leaves and roots of lupins in response to water deficits. *Crop Science*, 1987, 27(5): 977-983.
- [21] Watanabe S, Kojima K, Ide Y, Sasaki S. Effects of saline and osmotic stress on proline and sugar accumulation in *Populus euphratica* in vitro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2000, 63(3): 199-206.
- [22] Ain-Lhout F, Zunzunegui M, Barradas M C D, Tirado R, Clavijo A, Novo F G. Comparison of proline accumulation in two mediterranean shrubs subjected to natural and experimental water deficit. *Plant and Soil*, 2001, 230(2): 175-183.
- [23] Sofo A, Dichio B, Xiloyannis C, Masia A. Lipoyxygenase activity and proline accumulation in leaves and roots of olive trees in response to drought stress. *Physiologia Plantarum*, 2004, 121(1): 58-65.
- [24] Cai K Z, Wu X Z, Luo S M. Effects of water stress on osmolytes at different growth states in rice leaves and roots. *Journal of Plant Ecology*, 2008, 32(2): 491-500.

参考文献:

- [7] 李燕婷, 米国华, 陈范骏, 张福锁, 劳秀荣. 玉米幼苗地上部/根间氮的循环及其基因型差异. *植物生理学报*, 2001, 27(3): 226-230.
- [8] 向春阳, 关义新, 凌碧莹, 张宝石. 玉米氮素效率基因型差异的研究进展. *玉米科学*, 2002, 10(1): 75-77.
- [9] 王全珍, 李青丰, 崔健, 王月林, 白日升, 董占峰. 柠条种子产量与主要农艺性状的通径分析. *中国草地*, 2001, 23(3): 35-37.
- [11] 郭胜利, 刘文兆, 史竹叶, 侯喜禄, 李凤民. 半干旱区流域土壤养分分布特征及其与地形、植被的关系. *干旱地区农业研究*, 2004, 21(4): 40-43.
- [12] 方向文, 王万鹏, 何小琴, 王刚. 扰动环境中不同刈割方式对柠条营养生长补偿的影响. *植物生态学报*, 2006, 30(5): 810-816.
- [13] 刘胜群, 宋凤斌. 玉米生殖生长期根系主要游离氨基酸含量分析. *华北农学报*, 2007, 22(1): 35-39.
- [14] 吕宝璋. *生物化学讲义* (下册). 北京: 中国人民解放军出版社, 1975.
- [15] 蔡太生. *生物化学*. 郑州: 河南科学技术出版社, 2005: 125-147.
- [16] 杨洪强, 高华君. 植物精氨酸及其代谢产物的生理功能. *植物生理与分子生物学报*, 2007, 33(1): 1-8.
- [24] 蔡昆争, 吴学祝, 骆世明. 不同生育期水分胁迫对水稻根叶渗透调节物质变化的影响. *植物生态学报*, 2008, 32(2): 491-500.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 9 May, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Guest Editorial from EAM Workshop—Sustainability of agricultural ecosystems in arid regions in response to climate change	
..... LI Fengmin, Kadambot H. M Siddique, Neil C Turner, et al (I)	
Overview on the 2 nd international workshop on ecosystem assessment and management (EAM)	
..... LI Pufang, ZHAO Xuzhe, CHENG Zhengguo, et al (2349)	
Arid agricultural ecology in response to global change: Overview on Young Scholar Forum of the 2 nd International Workshop on	
EAM	ZHAO Xuzhe, LI Pufang, Kadambot H. M Siddique, et al (2356)
The effects of micro-rainwater harvesting pattern and rainfall variability on water ecological stoichiometry in oat (<i>Avena sativa</i> L.)	
field	QIANG Shengcai, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (2365)
Spatial variation of water requirement for spring wheat in the middle reaches of Heihe River basin	
..... WANG Yao, ZHAO Chuanyan, TIAN Fengxia, et al (2374)	
Model-based estimation of the canopy transpiration of Qinghai spruce (<i>Picea crassifolia</i>) forest in the Qilian Mountains	
..... TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong (2383)	
Litter amount and its nutrient storage and water holding characteristics under different coniferous forest types in Xiaolong Mountain,	
Gansu Province	CHANG Yajun, CHEN Qi, CAO Jing, et al (2392)
Effect of irrigation frequency on life history strategy and yield formation in Jerusalem artichoke (<i>Helianthus tuberosus</i> L.) in oasis	
of Hexi Corridor	ZHANG Hengjia, HUANG Gaobao, YANG Bin (2401)
The evaluation method of water resources sustainable utilization in Manas River Basin	
..... YANG Guang, HE Xinlin, LI Junfeng, et al (2407)	
Correlation of topographic factors with precipitation and surface temperature in arid and cold region of Northwest China: a case	
study in Gansu Province	YANG Sen, SUN Guojun, HE Wenying, et al (2414)
The relationship between riparian vegetation and environmental factors in Heihe River Basin	
..... XU Shasha, SUN Guojun, LIU Huiming, et al (2421)	
Effects of drought stress on the photosynthesis of <i>Salix paraqulesia</i> and <i>Hippophae rhamnoides</i> seedlings	
..... CAI Haixia, WU Fuzhong, YANG Wanqin (2430)	
The comparison of drought resistance between <i>Caragana species</i> (<i>Caragana arborescens</i> , <i>C. korshinskii</i> , <i>C. microphylla</i>) and two	
chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) cultivars	FANG Xiangwen, LI Fengmin, ZHANG Haina, et al (2437)
Response of chlorophyll fluorescence characteristics of <i>Populus euphratica</i> heteromorphic Leaves to high temperature	
..... WANG Haizhen, HAN Lu, XU Yali, et al (2444)	
Free amino acid content in different tissues of <i>Caragana korshinskii</i> following all shoot removal	
..... ZHANG Haina, FANG Xiangwen, JIANG Zhirong, et al (2454)	
“Fertile Island” features of soil available nutrients around <i>Halostachys caspica</i> shrub in the alluvial fan area of Manas River watershed	
..... TU Jinna, XIONG Youcai, ZHANG Xia, et al (2461)	
Analysis of the activities of protective enzymes in <i>Bidens pilosa</i> L. inoculated with <i>Glomus mosseae</i> under drought stress	
..... SONG Huixing, ZHONG Zhangcheng, YANG Wanqin, et al (2471)	
Evaluation and selection on drought-resistance of germplasm resources of <i>Avena</i> species with different types of ploidy	
..... PENG Yuanying, YAN Honghai, GUO Laichun, et al (2478)	
Ecophysiological mechanism of photoperiod affecting phenological period and spike differentiation in oat (<i>Avena nuda</i> L.)	
..... ZHAO Baoping, ZHANG Na, REN Changzhong, et al (2492)	
Effects of water and fertilization on relationship between competitive ability and seed yield of modern and old spring wheat varieties	
..... DU Jingqi, WEI Panpan, YUAN Ziqiang, et al (2501)	

- Inhibitory effect of biogas slurry from swine farm on some vegetable pathogen SHANG Bin, CHEN Yongxing, TAO Xiuping, et al (2509)
- Effects of different summer catch crops planting on soil inorganic N residue and leaching in greenhouse vegetable cropping system WANG Zhiyi, GUO Ruiying, LI Fengmin (2516)
- Photosynthetic characterization and yield of summer corn (*Zea mays* L.) during grain filling stage under different planting pattern and population densities WEI Li, XIONG Youcai, Baoluo Ma, et al (2524)
- Effects of desulfurization waste treatment on calcium distribution and calcium ATPase activity in oil-sunflower seedlings under alkaline stress MAO Guilian, XU Xing, ZHENG Guoqi, et al (2532)
- The evolution between ecological security pattern and agricultural productive force in Manas River Basin for the past 30 years WANG Yuejian, XU Hailiang, WANG Cheng, et al (2539)
- Spatio-temporal analysis of ecological carrying capacity in Jinghe Watershed based on Remote Sensing and Transfer Matrix YUE Dongxia, DU Jun, LIU Junyan, et al (2550)
- The coupling relationship and emergy analysis of farming and grazing ecosystems in Mu Us sandland HU Binghui, LIAO Yuncheng (2559)
- Dynamic analysis of farmland ecosystem service value and multiple regression analysis of the influence factors in Minqin Oasis YUE Dongxia, DU Jun, GONG Jie, et al (2567)
- Environment purification service value of urban green space ecosystem in Qingdao City ZHANG Xuliang, XU Zongjun, ZHANG Zhaohui, et al (2576)
- The spatial relationship analysis of rural per capital revenue based on GIS in Zulihe River basin, Gansu Province XU Baoquan, SHI Weiqun (2585)

Review and Monograph

- The key issues on plant phenology under global change MO Fei, ZHAO Hong, WANG Jianyong, et al (2593)
- Recent advances on regional climate change by statistical downscaling methods ZHU Hongwei, YANG Sen, ZHAO Xuzhe, et al (2602)
- Current progress in eco-physiology of root-sourced chemical signal in plant under drought stress LI Jinan, LI Pufang, KONG Haiyan, et al (2610)
- ODAP biosynthesis: recent developments and its response to plant stress in grass pea (*Lathyrus sativus* L.) ZHANG Dawei, XING Gengmei, XIONG Youcai, et al (2621)
- Current progress in plant ideotype research of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) LI Pufang, CHENG Zhengguo, ZHAO Hong, et al (2631)
- Recent advances in research on drought-induced proteins and the related genes in wheat (*Triticum aestivum* L.) ZHANG Xiaofeng, KONG Haiyan, LI Pufang, et al (2641)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

客座编辑 Guest Editors LI Fengmin XIONG Youcai Neil Turner Kadambot Siddique

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 31 卷 第 9 期 (2011 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 9 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元