

文章编号: 1007-0435(2002)01-0063-06

# 生物措施对柴达木盆地弃耕盐碱地效应分析\*

李海英, 彭红春, 牛东玲, 王启基

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

**摘要:** 利用生物技术改良柴达木盆地弃耕盐碱地, 3 年结果表明, 全盐量随着苜蓿种植年限的增加而降低, 0~30cm 耕作层全盐量由试验前的 1.518% 下降到 0.126%, 脱盐率达 91.7%, 盐分表聚现象已不明显。土壤盐分季节变化呈 U 型曲线, 建植人工草地后, 初级生产力明显提高。试验区植物群落的物种数、多样性指数、均匀度均高于对照区。

**关键词:** 柴达木盆地; 生物措施; 弃耕盐碱地; 效应分析

**中图分类号:** S156.4 **文献标识码:** A

## Analysis of the Effect of Biomeasures on Discarded Salkaline Land in Chidamu Basin

L I Hai-ying, P E N G Hong-chun, N U Dong-ling, W A N G Q i-ji

(Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Science Xining 810001 China)

**Abstract:** Through three years experiment about improvement of discarded salkaline land by biomeasures in Chaidamu Basin from 1998 to 2000, the results showed the effect was very notable. Total salt content decreased with plant growth. In 0~30cm soil layer the total salt content decreased from 1.518% to 0.126%, mean desalinization rate was 91.7%. The salt did not gather in top layer of soil notably. The seasonal change of total salt content was keep in "U" curve. Primary productivity increased highly by rehabilitation. The number of species, diversity and evenness in experimental field were higher than those in CK field.

**Key words:** Chaidamu Basin; Biomeasures; Discarded salkaline land; Effect analysis

柴达木盆地地处青藏高原北部, 地处东经 90° 07' ~ 99° 20', 北纬 35° 13' ~ 39° 18', 北依阿尔金山-祁连山南侧, 南靠昆仑山, 东为青海南山, 属高海拔断陷内流封闭盆地<sup>[1]</sup>。由于柴达木盆地独特的地理位置和气候的影响, 形成植被类型多样, 其中荒漠植被为主的面积占 42%, 植被稀疏矮小。干旱严酷的荒漠气候使盆地平原地区几乎不产生径流, 是无灌溉就无农业的地区<sup>[2]</sup>。自 20 世纪 50 年代起, 在盆地环形细土带进行大规模农业开发建设, 垦殖宜农地 8.67 万  $\text{hm}^2$ 。在开垦的同时也相应的发展了自流渠灌, 因采用传统的大水漫灌方式, 又无配套的排水设施, 导致灌区地下水急剧上升。由于盆地是个封闭

式的水系, 水量平衡主要消耗于蒸发<sup>[3]</sup>, 从而使已垦耕地普遍发生盐碱化问题。长期以来, 因采用无排水压盐、大水漫灌等不合理的灌溉制度, 致使土地贫瘠, 土壤自我调控能力低下, 盐碱现象严重, 造成大面积土地弃耕撂荒。目前耕地面积只有 4.4 万  $\text{hm}^2$ , 撂荒一半, 其中盐碱化面积达 1.87 万  $\text{hm}^2$ 。由于柴达木盆地干旱多风, 降水稀少, 蒸发强烈, 土地一旦弃耕撂荒, 土体中盐分就会迅速随水分蒸发而上行, 使盐碱化现象进一步加剧。盆地内较大面积的撂荒地, 大多复垦条件好, 与新垦荒地相比, 具有投资少, 见效快地优势。因而, 开发利用和改良培肥盆地大面积的弃耕盐碱化土地, 具有重要的现实意义。

收稿日期: 2001-06-21; 修回日期: 2001-11-22

\* 该项研究由“九五”科技攻关项目资助(97-924-03-03)

作者简介: 李海英(1975-), 女, 汉族, 在读研究生

提高盐碱地生产力的主要手段是合理利用和改良盐碱地。种植耐盐植物提高盐碱地生产力,是当前行之有效的“生物措施”之一<sup>[4]</sup>。在治理盐碱地的历史上,排水冲洗等水利措施虽曾被认为是治理盐碱地行之有效的方法,但由于一方面既要冲洗土体中的盐分,另一方面还要控制地下水位的上升不致引起土壤返盐,这就要求必须具备充足的水源和良好的排水出路,做到灌排相结合。由于建立水利设施投资非常昂贵,且用于维护的代价也很高,同时还要面对处理排出含盐水的问题。对于柴达木盆地而言,原来的灌溉设施由于年久失修,已基本报废,而且盆地干埋少雨、蒸降比高、淡水资源有限,财力有限。虽然排水防止盐碱化在技术上是有效地,但是在干旱的农业中是不经济的<sup>[5]</sup>。因而一些研究者主张寻求生物学治理措施,通过筛选耐盐种和品种,提高作物耐盐能力较之用工程措施改良盐碱地要经济有效<sup>[6]</sup>。发展耐盐植物能提高盐碱地的生产力水平,降低使用高质灌溉水和灌溉水处理的开支,有利于盐碱条件下农业生态的良性循环和环境的改善。

本文通过在弃耕地种植燕麦(*Avena sativa*)和多年生豆科牧草紫花苜蓿(*Medicago sativa*)等措施改良盐碱地,以揭示其盐分变化规律和改良效果,为改造中低产田和退耕还林、还草提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区自然概况

试验区设在青海省海西州草原站德令哈市尕斯农场。海拔 2880m,位于德令哈巴音河流域东南部,属巴音河冲积-洪积和尕斯湖相沉积的交接处,地势呈西北高,东南低。年均气温 2.8℃,年辐射量 6933.33KJ/cm<sup>2</sup>,年日照 3182.8h, 0℃年积温 2363.9℃,约 216d, 10℃积温 1660.0℃,约 113d,无霜期 90~110d,年均降水量 181.8mm,主要集中在 6~8月,占全年的 58.36%,年蒸发量 2370.0mm,干燥度 2.4。平均风速 3.0m/s,年大风日数 44.1d。土壤类型为盐化耕灌棕钙土,土壤耕层全盐量在 0.54~4.0%之间,盐渍化严重地段有 2cm 左右的盐壳。盐分主要组成为氯化物-硫酸盐,pH 值约 8.28。试验区为多年弃耕撂荒地,植被稀疏,主要植物种为阔叶独行菜(*Lepidium latifolium*),芦苇(*Phragmites australis*)和刺儿菜(*Cirsium setosum*)等,植被覆盖

度仅 15% 左右。

### 1.2 供试材料

紫花苜蓿种子于 1997 年从陕西榆林县引进,发芽率为 88%。

### 1.3 栽培管理

试验样地于 1997 年冬灌,1998 年春耕翻(耕深 30cm),用圆盘耙耙耱一遍,于 4 月 24 日机械条播,播后镇压,行距 20cm,播深 2.5~4.0cm。紫花苜蓿播种量 22.5kg/hm<sup>2</sup>、青海甜燕麦 112.5kg/hm<sup>2</sup>、过磷酸钙 300kg/hm<sup>2</sup>和二胺 187.5kg/hm<sup>2</sup>混合后条播,面积 2.27hm<sup>2</sup>、苗期(1998 年 6 月中旬)追肥(尿素 150kg/hm<sup>2</sup>)一次。三龄混播紫花苜蓿在 2000 年 7 月上旬施追肥(尿素 75kg/hm<sup>2</sup>)一次,灌溉 2~3 次,在试验期间不除草。对照样地(1hm<sup>2</sup>)不进行耕播、施肥、灌水等处理,仅采用网围栏封育,其它保持自然状态。

### 1.4 地上生物量测量

每年 5~8 月的 22 日,选 5 个样方(0.5m × 0.5m),齐地面剪割,称鲜重,风干后称干重。

### 1.5 群落调查

2000 年 9 月 2 日随机选取面积 5.0m × 0.5m 的样条,将其均分为 10 个 0.5m × 0.5m 的小样方,重复二次,共计 20 个。调查样方的植物种类组成及其分盖度(估测法),植株高度(随机选取 20 株)等参数。

### 1.6 土样采集

1.6.1 试验前(1997 年秋季)采集土样,在试验区东、西、南、北、中 5 个方位取土样,即重复 5 次,每个方位随机取 10 个点,按 0~10cm、10~20cm、20~30cm 三层取样,于室内通风处阴干,将各点相应层次的样品均匀混合后,按 4 分法留土样待分析。

1.6.2 1998、1999 年按不同处理区采样。2000 年 5~9 月每月取土样一次,测定季节动态变化。

1.6.3 土壤分析由青海省化工研究所分析室承担,引用标准为 GB 7857-7887。土壤全盐量测定用重量法,可溶盐离子用常规容量法,pH 值用酸度计法,测试土壤溶液采用 1:5 土水比浸提液。

所有运算过程均在计算机上完成。

### 1.7 数据分析<sup>[7]</sup>

1.7.1 优势度 ( $P_i$ )  $P_i = \frac{C + F}{2} \%$  (1)

1.7.2 Shannon 信息多样化指数 ( $H'$ )

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i) \quad (2)$$

1.7.3 Pielou 的均匀度指数 ( $E$ )

$$E = H' / \ln(s) \quad (3)$$

式中:  $C$  为相对盖度,  $F$  为相对频度,  $P_i$  为第  $i$  种优势度,  $s$  为所在样地物种总数。

## 2 结果与分析

### 2.1 弃耕地土壤含盐量

试验区土壤 pH 值为 8.06, 呈碱性。0~30cm 土壤耕作层全盐量为 1.518%。不同土层全盐量依次为 0~10cm > 10~20cm > 20~30cm, 呈 T 型分布。除  $\text{HCO}_3^-$  外, 其余离子含量分布与全盐量一致, 也呈 T 型分布 (表 1)。

表 1 弃耕地土壤盐分含量 (1997)

Table 1 Properties of salt content of discarded land

土壤层次 (cm) Soil layer (cm)	全盐量 (%) Total salt content (%)	pH	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> + Na <sup>+</sup>
0~10	2.808	8.15	0.942	0.129	0.239	0.03	0.003	0.204	0.307
10~20	1.074	7.98	0.275	0.029	0.016	0.04	0.002	0.105	0.026
20~30	0.673	8.06	0.165	0.019	0.013	0.04	0.002	0.064	0.019
0~30	1.518	8.06	0.461	0.059	0.089	0.04	0.002	0.124	0.117

### 2.2 土壤全盐量年际动态

2.2.1 土壤全盐量及其分布 对照区 0~10cm 土层的全盐量随着时间的延长呈上升趋势, 在 3 个土层中年际间变化最大 (图 1), 全盐量由 1997 年的 2.808% 增加到 1999 年的 4.524%, 增加了 68.3%, 其中 10~20cm 和 20~30cm 土层的全盐量的年际间变化规律与 0~10cm 相反, 随着年份的变化呈下降趋势。

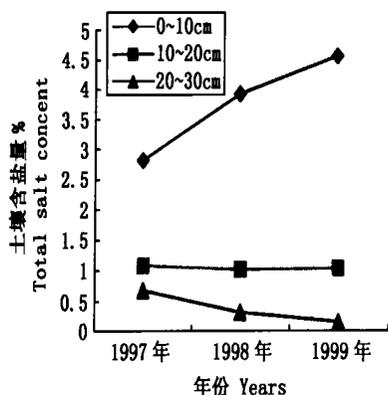


图 1 对照区全盐量年际动态

Fig. 1 Yearly dynamics of total salt of CK field

混播区土壤全盐量随着牧草年限地增加而降低 (图 2)。1998 年混播燕麦-紫花苜蓿区, 土壤全盐量明显下降, 由 1.518% (1997) 下降到 0.171%

(1999), 下降了 88.7%。1999 年土壤全盐量与 1998 年相比, 呈下降趋势, 但变化幅度不大。对照区全盐量变化最大的土层是 0~10cm, 与此相同, 混播区改良前后变化最明显的也是 0~10cm, 其全盐量由 2.808% (1997) 降为 0.170% (1999), 下降了 93.9%。10~20cm 和 20~30cm 的全盐量分别由 1997 年的 1.074% 和 0.673%, 降为 1999 年的 0.101% 和 0.108%。

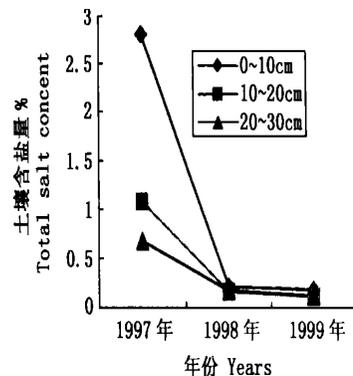


图 2 混播区全盐量年际动态

Fig. 2 Yearly dynamics of total salt content of mixed sowing field

2.2.2 土壤盐分季节动态 土壤盐分的分布既随着深度变化, 也随着时间而变化。在我国北方盐渍区, 在蒸发和降水的双重作用下, 土壤盐分运动呈现

明显的季节变化,即春季蒸发积盐,雨季淋溶脱盐,秋季蒸发积盐,冬季相对稳定<sup>[8]</sup>。

试验区土壤盐分季节变化遵循“U”型曲线(图 3)。春季土壤全盐量较高,6~8 月降低,9 月后再次积盐。

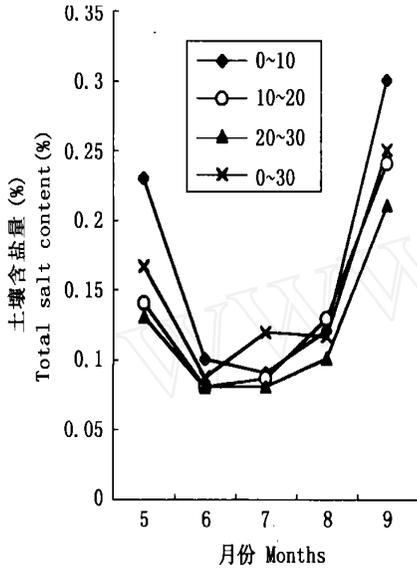


图 3 混播区土壤盐分季节动态

Fig 3 Seasonal dynamics of total salt content of mixture *M edicago sativa* field

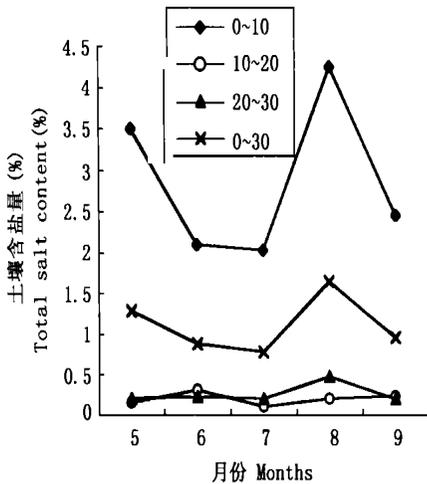


图 4 对照区土壤盐分季节动态

Fig 4 Seasonal dynamics of total salt content of CK field

2 2 3 生物措施对土壤全盐量的影响及其脱盐效率分析 改良前与改良后对比,3 个土层(表 2),以 0~10cm 脱盐率最高,10~20cm 居中,20~30cm 最低。0~30cm 耕作层平均脱盐率达 91.70%,脱盐效果明显,而对照区不仅未减,反而呈增加趋势。

### 2 3 生物措施对群落结构的影响

2 3 1 生物措施对地上生物量的影响 紫花苜蓿人工草地上生物量远远大于对照区(图 5),前者地上净生物量为 1300g/m<sup>2</sup>(2 年平均),而对照区仅 259.95g/m<sup>2</sup>,比对照区提高了 4 倍,较天然荒漠草原提高 8.72 倍。而且优良牧草比例达到 91.04%,较对照区提高 1.23 倍。

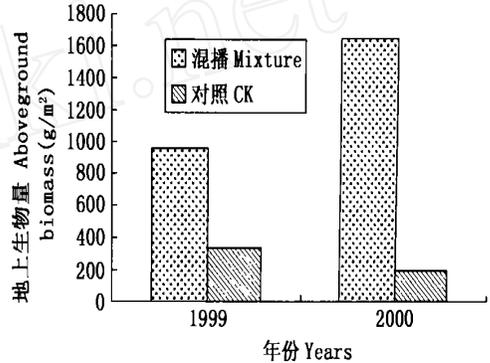


图 5 混播区与对照区地上生产量

Fig 5 Comparison of aboveground net productivity of plant community in CK and mixture *M edicago sativa* field

2 3 2 群落组成及多样性分析 1998 年 4 月 24 日混播紫花苜蓿,经过 3 年演替,其群落由 16 种植物组成,隶属 7 科 15 属。紫花苜蓿和白花草木樨 (*M elilotus albus Desr.*) 作为优势种,优势度为 45.49%。群落多样性指数(H)=2.2896,均匀度指数(E)=0.8258。

而对照区群落由 10 种植物组成,阔叶独行菜为其优势种,优势度为 53.9%。群落多样性指数=1.8759,均匀度=0.8147。因此,混播紫花苜蓿人工草地群落中的物种数,多样性指数,均匀度均高于对照区。

### 2 4 经济效益分析

2 4 1 1998 播种当年,产燕麦籽 532.5kg/hm<sup>2</sup>,鲜草 27000kg/hm<sup>2</sup>;第二年鲜草 26940kg/hm<sup>2</sup>,第三年产鲜草 46755kg/hm<sup>2</sup>。种子按 1.6 元/kg,鲜草按 0.13 元/kg 计算,三年总收入 13942.35 元/hm<sup>2</sup>。

2 4 2 三年投入:苜蓿种子 22.5kg/hm<sup>2</sup>,16 元/kg,燕麦种子 225kg/hm<sup>2</sup>,1.6 元/kg,总计 720 元/hm<sup>2</sup>。二胺 150kg/hm<sup>2</sup>,4 元/kg,尿素 kg/hm<sup>2</sup>,4 元/kg,总计 1500 元/hm<sup>2</sup>。水费 675 元/hm<sup>2</sup>,播种费 600 元/hm<sup>2</sup>,收割费 900 元/hm<sup>2</sup>,三年总计支出 4395 元/hm<sup>2</sup>。

2.4.3 燕麦-苜蓿混播三年纯收和 9547.35 元/hm<sup>2</sup>, 年均纯收入 3197.7 元/hm<sup>2</sup>, 投入与产出比为 1.317。

## 2.5 生态效益分析

对于次生盐碱化等原因而退化的弃耕地, 通过

灌溉、耕翻、松耙、整地建植、人工草地等综合措施, 使荒废多年的弃耕地成为高产、稳产的人工草地。处理区物种多样性增加, 盖度增大, 平均盖度达到 84%, 较对照区提高 1.38 倍; 土壤盐分含量明显减少, 生态环境明显改善, 促进了退化生态系统良性循环。

表 2 生物防治前后土壤全盐量及脱盐率(%)

Table 2 Total salt content before and after experiment and desalination rate

土层深度 (cm) Soil layer	1997 年试验前 Before experiment	1999 年 1999a		增减量(%) Increase or decrease		相对脱盐率(%) Relative desalt percentage	
		EM	CK	EM	CK	EM	CK
0~ 10	2.808	0.170	4.524	- 2.638	+ 1.716	93.95	- 61.11
10~ 20	1.074	0.101	0.999	- 0.973	- 0.075	90.60	6.98
20~ 30	0.673	0.108	0.136	- 0.565	- 0.537	83.95	79.79
0~ 30	1.518	0.126	1.886	- 1.392	+ 0.368	91.70	- 24.24

\* 1998 年混播紫花苜蓿-燕麦 *Avena sativa* mixture *Medicago sativa*; EM: 示范区 Experiment field

## 3 讨论与结论

3.1 改良前(1997 年)土壤全盐量以表层最高, 随着土壤深度的增加含量依次减少。该地区土壤中 Cl 为主, 属于中重度氯化物盐渍地。改良前土地已撂荒, 植被稀疏矮小, 地表裸露, 而且气候干旱多风, 降水稀少, 蒸发强烈, 致使盐分随着水分的蒸发上行, 积聚地表。因此, 生物改良应于农业措施结合, 若农业措施不当, 造成缺苗, 作物生长季节地表无覆盖, 将使下移盐分重新上返, 使已改良的土壤再次盐渍化。

3.2 对照区(1997- 1999)0~ 10cm 土壤全盐量逐年上升, 10~ 20cm 和 20~ 30cm 土层则呈下降趋势。表明表层土壤聚盐作用强烈, 返盐现象加强。在相同年份, 盐分的分布特征与气候干旱、降水少、蒸发量巨大, 关系密切。由于植被稀疏, 覆盖度低, 加剧了土壤水分的蒸发, 盐分随水分上行而积聚地表。

而燕麦+ 紫花苜蓿混播区 3 层土壤全盐量都呈下降趋势。燕麦+ 紫花苜蓿属深浅根植物混播, 混播当年, 燕麦比紫花苜蓿出苗早, 增加地表覆盖度, 减少土壤水分蒸发, 减小盐分地表积聚作用。据李述刚等<sup>[4]</sup>研究表明, 深浅根植物混播, 盐分移动明显, 是深浅根双重作用的结果。浅根系导致 0~ 20cm 土层显着淋洗, 20~ 80cm 的盐分移动为深根系推动<sup>[4]</sup>。因此可使灌溉盐分沿根系表面向下移动。

3.3 改良后试验区全盐量季节变化遵循“U”型曲线。结果与该地区气候和植物生长季关系密切。混播紫花苜蓿从 4 月 20 日返青生长, 植被覆盖度较低, 加之雨季尚未来临, 气候干旱, 蒸发量大, 盐分在地表积聚, 致使土壤表层含盐量较高。随着紫花苜蓿的生长, 地表覆盖度增加, 减少了土壤水分蒸发, 导致盐分下降。8 月, 覆盖度达最大值, 且处于雨季, 一方面通过灌溉洗盐, 另一方面又增大了植被的蒸腾作用, 减少土壤水分的蒸发, 盐分明显下降。8 月下旬, 进入枯黄期, 根系吸收水分减少, 苜蓿收割后, 地表覆盖大大降低, 裸露面积增加, 太阳辐射量增加, 加之雨季结束, 土壤水分蒸发加剧, 促使盐分从土壤返回地表, 各层盐分又随之增高, 但均低于对照样区。

3.4 试验区 0~ 30cm 土层平均脱盐率达 91.70%, 而对照区与 1997 年相比全盐量增加 24.24%。脱盐为盐碱地改良的基本过程, 脱盐量和脱盐率是脱盐的主要指标, 反映脱盐过程、速度并决定脱盐效果<sup>[9]</sup>。试验区土壤全盐量由 1.518% (1997) 降至 0.126% (1999), 能适应一般作物种植(灌溉水为淡水)。脱盐效果显著, 生产力大大提高。生产量较对照区提高 4 倍, 且优良牧草比例提高 1.23 倍。生物多样性指数、均匀度指数、物种数也均高于对照区。种植耐盐植物使土壤水分改善, 有机质增加, 团粒结构改变, 培肥土壤。

3.5 生物改良盐碱地使土壤得以改善, 按直接种植

计算经济效益、生态效益,比工程措施投资少,操作简单,方便群众,实用价值大。因此,在德令哈地区实施农牧结合,种植耐盐植物一方面可以改良土壤,提高土壤生产能力,增加农牧民收入,另一方面以种植的作物作为牧畜的饲料,既减轻放牧对天然草场的压力,又保护生态环境。

### 参考文献

- [1] 杜庆,孙世洲著 柴达木地区植被及其利用[M]. 北京:科学出版社,1990 1~ 10
- [2] 青海农业资源区划办公室编著 青海土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1997. 12~ 371
- [3] 黎立群,王遵亲 青海柴达木盆地盐渍类型及盐渍地球化学特

征[J]. 土壤学报,1990,27(1): 43~ 53

- [4] 李述刚,程心俊,王周琼 荒漠绿洲农业生态系统[M]. 北京:气象出版社,1998 75~ 90
- [5] Peck A J. Development and reclamation of secondary salinity [M]. University of Queensland press, 1975. 301~ 307
- [6] A shraf M, McNeilly T, Bradshw A D. Selection and heritability of tolerance to sodium chloride in fore forage species[J]. Crop Sci, 1987, 26: 232~ 234
- [7] 李加宠,俞仁培 水-土壤-植物系统中盐分的迁移和植物耐盐性研究进展[J]. 土壤学进展,1995,23(6): 9~ 20
- [8] 彭红春,牛东玲,李晓明,等 柴达木盆地弃耕盐碱地紫花苜蓿生物量季节动态[J]. 草地学报,2001,9(3): 218~ 222
- [9] 龚家柯 重盐渍土麦糠覆盖保苗增产技术的研究[J]. 土壤肥料,1984(4),7~ 10

(上接 52 页)

累量大时,具有较高的冠层密度,冠层密度越大失水越多。此外,草屑积累量大,草坪草的叶面积指数增大,光合作用和蒸腾作用增强,也导致蒸散量增大。

在不同水分条件下,供试草种的总草屑量累积效应差异显著,充足供水时高于不充足供水;但各周期的草屑积累量差异不显著。表明通过水分管理能够调控草坪草的草屑积累量,但短期内效果不明显。

### 参考文献

- [1] 马燕玲 草坪水分需求及研究趋势[J]. 国外畜牧学-草原与牧草,1998,(2): 13~ 16
- [2] 潘全山,韩建国等 播量及修剪留茬高度对草地早熟禾草坪蒸散量的影响[J]. 草原与牧草,2000,(4): 10~ 14

- [3] Biran I B, Bravdo I, Harav B, et al Water consumption and growth rate of 11 turfgrass as affected by mowing height, irrigation frequency, and soil moisture [J]. Agron J., 1981, (73): 85~ 90
- [4] Feldhake C M, Danielson R E, Butler J D. Turfgrass evapotranspiration. I. Factors influencing rates in urban environments[J]. Agron J., 1983, (75): 824~ 830
- [5] Johns D J, Beard B, Van Bavel C H M. Resistance to evapotranspiration from a St Augustinegrass turf canopy[J]. Agron J., 1983, (75): 419~ 422
- [6] Kopec D M, Sheaman R C, Riordan T P. Evapotranspiration of tall fescue turf[J]. Hortscience, 1988, (23): 300~ 301
- [7] Beard J B. Turfgrass water stress: drought resistance components, physiological mechanisms, and species-genotype diversity[A]. In Takaton H. Proc Int Turf Sci 6<sup>th</sup>, Tokyo, Japan August, Japan, Soc, Turf Sci, Tokyo. 1989, 23~ 28