

## 两种土壤类型对羊草生物学特征的影响\*

王玉辉<sup>1,2</sup> 周广胜<sup>2</sup>

5543.901

<sup>(1)</sup> 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)<sup>(2)</sup> 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)

**摘要:** 研究两种土壤类型对羊草个体和群落生物学特征的影响。结果表明, 在碱化草甸土, 羊草的叶宽、净光合速率和气孔导度均低于风沙土型, 而单株重则高于后者, 而叶长、蒸腾速率和水分利用效率差异不显著。碱化草甸土型羊草的群落密度、地上生物量均高于后者, 而根冠比则低于后者。株高、凋落物量及地下生物量在两者间差异不明显, 碱化草甸土型羊草群落土壤呼吸及凋落物分解排放的 CO<sub>2</sub> 量均高于风沙土型。

**关键词:** 羊草; 碱化草甸土; 风沙土; 光合作用; 土壤呼吸; 群落生物量

**中图分类号:** S543.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-0435(2000)03-0220-06

羊草 (*Leymus chinensis*) 系多年生根茎型禾草, 是我国温带草原的主要建群种, 在适宜环境条件下, 常形成单优群落。羊草适应性强, 生态幅度广, 从半湿润地区到半干旱地区, 从黑土、黑钙土、栗钙土到碱化草甸土、盐化草甸土等多种土壤类型上均有大面积分布 (贾慎修, 1987; 李建东, 1978)。如此广泛的分布区域, 明显差异的自然环境, 必然使不同生境下羊草的趋异适应和种内分化成为可能。

迄今为止, 已有众多学者就不同生境下羊草的形态结构、遗传性状、光合作用和蒸腾作用以及种群特征等方面的差异进行了探讨 (王德立, 1999; 汪敏, 1998; 杨允菲, 1997; 任文伟, 1996; 杜占池, 1995; 陈世龙, 1994; 卢萍, 1990)。但这些研究多集中于分子、个体及种群水平, 从群落角度出发, 对不同土壤类型生境的羊草是否存在差异的研究尚未见报道。为此, 本文以生长于东北松嫩平原碱化草甸土和淡黑钙土型风沙土, (以下简称风沙土) 的单优羊草群落为研究对象, 从个体和群落水平对不同土壤类型生境下羊草生物学特征进行比较研究, 以增加羊草对不同土壤生境适应性的理解。

## 1 材料与方法

### 1.1 自然概况

试验于 1999 年在吉林省长岭种马场东北师范大学草地生态站进行。位于 44°30'~44°45'N, 123°31'~123°56'E。地处松嫩平原南部低洼冲积平原, 地势平坦, 海拔 138~145 m。属温带半湿润草原气候, 年降水量 300~500 mm, 主要集中于 7、8 月份, 年蒸发量是降水量的 2~3 倍 (郑蕙莹等, 1993)。

收稿日期: 2000-06-08; 修回日期: 2000-07-14

\* 本项国家重点基础研究专项经费资助项目 (我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究) (No. G1999043407)、国家自然科学基金重点项目 (No. 39730110) 及中国科学院重大项目 (KZ951-B1-108) 共同资助。

东北师范大学草地生态所李建东教授和张宝田老师在本文的完成及野外工作中给予大力支持和帮助, 特此致谢!

## 1.2 供试土壤

碱化草甸土和风沙土的物理性状相近而化学性状差异明显,前者的养分含量约为后者的两倍,盐离子含量及土壤 pH 均显著高于后者(见表 1)。

表 1 供试土壤理化性状

Table 1 Comparison of physical & chemical characteristic of soil

土壤类型 Soil type	土壤容重 Soil bulk density g/cm <sup>3</sup>	土壤孔隙度 Soil porosity %	有机质 Organic matter %	全氮 Total nitrogen %	交换性 Na <sup>+</sup> Exchange Na <sup>+</sup> mg N/100g±	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> mg N/100g±	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mgN/100g±	pH
碱化草甸土 Meadow alkali soil	1.34	49.4	2.282	0.114	11.95	0.89	3.43	9.22
风沙土 Wind-sand soil	1.32	50.1	1.425	0.068	0.13	0.0	0.58	8.31

## 1.3 光合生理特性观测

1.3.1 供试材料 在羊草生长盛期(7月),选晴天对两类土壤的羊草进行光合生理特性观测。

实验前 15d,将两种生境的羊草连同土壤移栽至东北师范大学草地生态站同期培养。

1.3.2 随机选 5~6 株羊草,测试由上至下第 1、2、3 片充分展开的完整叶片,共 15~18 片叶,每片叶测叶长和叶宽。

1.3.3 使用 CI-301PS 便携式光合作用测定仪,测定叶片的净光合速率( $A_n, \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )、蒸腾速率( $E, \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )和气孔阻力( $R_s, \text{m}^2 \text{s mol}^{-1}$ )。

1.3.4 每个测定日从 8:00~18:00,1h 测 1 次。观测结束后将叶片气孔阻力换算成气孔导度( $g_s, \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ,气孔导度为气孔阻力的倒数)。

## 1.4 CO<sub>2</sub> 排放量测定

8月1日至9月20日在两类土壤的羊草群落采用静态气室法测定。以过量 NaOH 吸收土壤排放的 CO<sub>2</sub> 气体,经过量 BaCl<sub>2</sub> 沉淀后,通过 HCl 中和滴定,获得未用于 CO<sub>2</sub> 气体吸收的 NaOH 量,计算 CO<sub>2</sub> 排放量。实验时分别在两类土壤的样地设 12 个样方(样方为直径 25 cm 的圆)测定土壤及凋落物分解的 CO<sub>2</sub> 排放量,另设 3 个重复测定空气中的 CO<sub>2</sub> 含量,最后将测定值换算成单位面积、单位时间内释放的 CO<sub>2</sub> 量。测定时间为 24h,每 10d 一次。

## 1.5 群落生物量测定

生物量测定与土壤呼吸同步进行。

1.5.1 地上生物量 采用收割法,在测定的全部样方,齐地面刈割在实验室烘干称重,换算成单位面积群落地上生物量。

1.5.2 地下生物量 在完成土壤呼吸测定的全部样方上,用环刀取地下 30 cm 处土块,带冲洗后,将枯死凋落物和活体部分分开烘干称重,换算成单位体积群落地下生物量。

## 2 结果和分析

### 2.1 羊草光合生理特性

两类土壤羊草的光合生理特性日变化趋势十分相近,其中净光合速率、蒸腾速率和气孔

导度的日变化趋势与以往的研究结果相一致(王德立,1999;杜占池,1995),均呈双峰型变化。T检验结果表明(见表2):两类土壤羊草的净光合速率和气孔导度差异显著( $P < 0.05$ ),而蒸腾速率和水分利用效率差异不显著。其中,风沙土羊草的净光合速率和气孔导度的最大值和日均值均高于碱化草甸土(图1)。

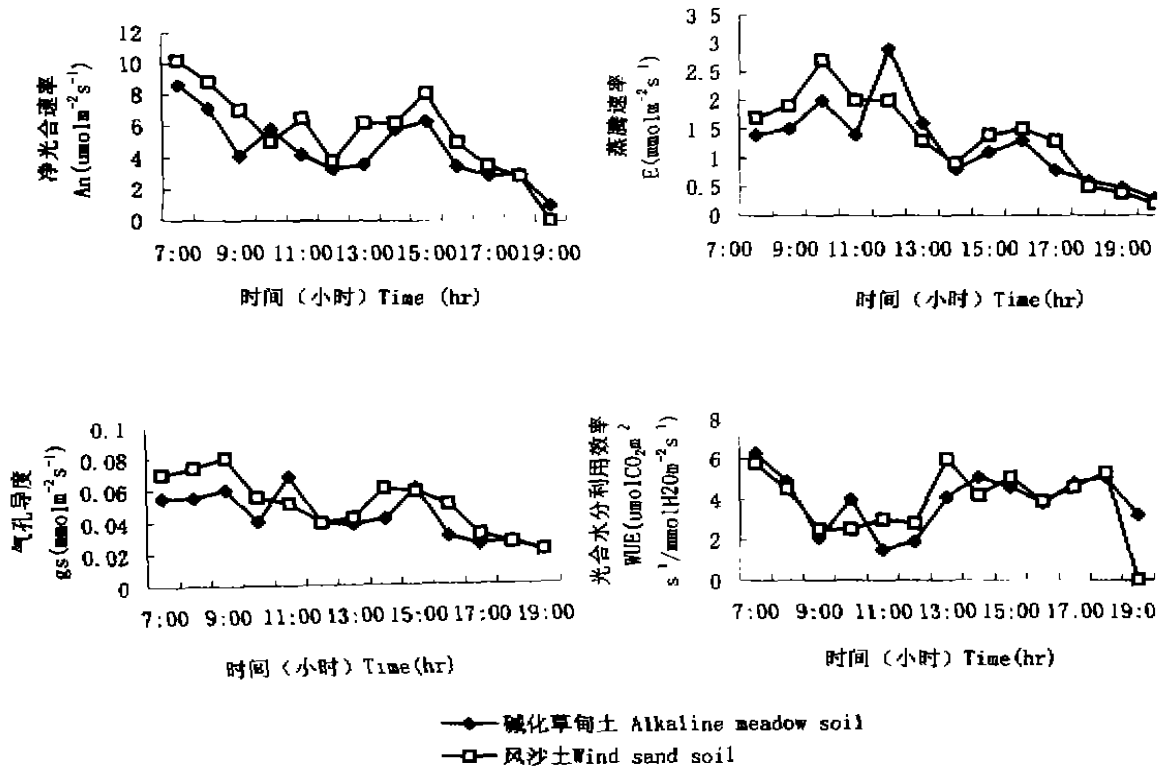


图1 两类土壤羊草的叶片净光合速率(An)、蒸腾速率(E)、气孔导率( $g_s$ )及水分利用效率(WUE)

Fig. 1 Comparison of An, E,  $g_s$  and WUE of *Leymus chinensis* in two soil types

## 2.2 羊草生物学特征

植物生物学特征是自身特性和植物间以及植物与环境间相互作用的综合体现。羊草具有很强的营养繁殖能力,通常在碱化草甸土和风沙土中都可形成优势群落,抑制其它杂类草的侵入和生长。两类土壤羊草的个体特征或群落特征都存在差异。

2.2.1 从个体特征分析,碱化草甸土羊草的叶宽和叶长要小于风沙土,而株高和单株重则略高于后者。T检验表明,两类土壤羊草的叶宽差异显著( $P < 0.05$ )。

2.2.2 从群落特征分析,碱化草甸土羊草群落密度、地上生物量、凋落物量均高于风沙土;而根冠则低于后者;地下生物量与风沙土接近。T检验结果表明,两类土壤羊草群落的密度、地上生物量和根冠比差异显著( $P < 0.05$ )。根冠比的差异表明,两类土壤的羊草不仅在形态(叶宽)和数量(密度)不同,而且在养分分配方面也存在差异(表3、4)。

## 2.3 羊草群落土壤呼吸特征

2.3.1 土壤呼吸是指土壤释放  $\text{CO}_2$  的过程,由微生物氧化有机物和植物根系呼吸产生,另有极少部分由土壤动物和化学氧化产生,是衡量土壤生物活性和土壤肥力乃至透气性的指

标,也是植物群落所在生态系统碳循环状况的重要体现。土壤呼吸的强弱将直接反映植物群落根系呼吸、土壤微生物和土壤动物活性状况,并对植物生长及生态系统碳平衡产生影响。

表 2 羊草叶片光合生理特性比较

Table 2 Comparison of photosynthetic characteristics of *Leymus chinensis*

项 目	土壤类型 Soil type	日均值±标准误 Average±stand error	最大值 Max. value	最小值 Min. value	T 检验 T-test	P
净光合速率 An ( $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	碱化草甸土 Meadow alkali soil	4.532±2.094	8.6	1.17	3.17	0.008*
	风沙土 Wind sand soil	5.649±2.753	10.17	-0.15		
蒸腾速率 E ( $\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	碱化草甸土 Meadow alkali soil	1.271±0.675	2.87	0.37	1.64	0.127
	风沙土 Wind sand soil	1.468±0.700	2.78	0.288		
气孔导度 gs ( $\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	碱化草甸土 Meadow alkali soil	0.041±0.016	0.066	0.018	2.57	0.025*
	风沙土 Wind sand soil	0.049±0.019	0.081	0.018		
水分利用效率 WUE	碱化草甸土 Meadow alkali soil	3.96±1.461	6.307	1.50	-0.324	0.751
	风沙土 Wind sand soil	3.83±1.786	6.114	-0.52		

\* 差异显著,  $P < 0.05$  (\* significant different,  $P < 0.05$ )

表 3 羊草个体特征

Table 3 Comparison of grown characteristic of *Leymus chinensis*

	碱化草甸土 Meadow alkali soil 平均值±标准误 Average±stand error	风沙土 Wind sand soil 平均值±标准误 Average±stand error	T 检验 T-test	P
叶宽(厘米) Leaf width cm	0.541±0.053	0.602±0.098	2.64	0.0153*
叶长(厘米) Leaf length cm	18.27±0.25	18.68±3.24	0.47	0.642
株高(厘米) Plant height cm	36.34±2.458	35.62±2.92	0.541	0.6175
单株重(克) Weight per plant(g)	0.319±0.025	0.287±0.057	1.479	0.199

\* 具有显著性差异,  $P < 0.05$  (\* significant different,  $P < 0.05$ )

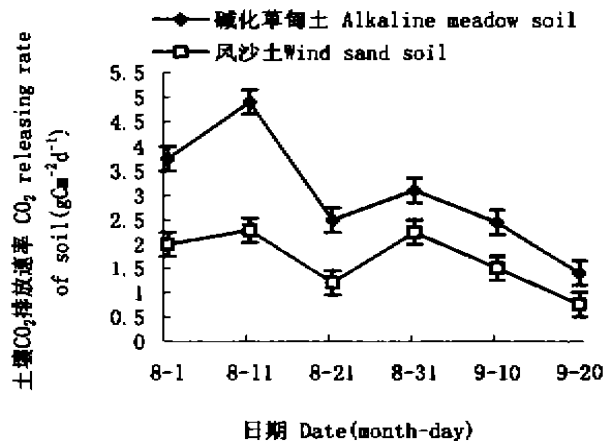
2.3.2 图 2 为,两类土壤羊草群落土壤呼吸及凋落物分解的  $\text{CO}_2$  排放量的动态变化。可以看出两种土壤  $\text{CO}_2$  排放速率变化趋势十分相似,但碱化草甸土的  $\text{CO}_2$  排放速率明显高于风沙土。两种土壤的日均  $\text{CO}_2$  排放量分别为  $2.763 \text{ g C/m}^2/\text{d}$  和  $1.705 \text{ g C/m}^2/\text{d}$ , T 检验结果两者差异显著 ( $p < 0.05$ ), 结果表明,碱化草甸土羊草的根系和土壤微生物及动物更为活跃。

表4 羊草群落特征

Table 4 Comparison of community characteristic of *Leymus chinensis*

	碱化草甸土 Meadow alkali soil 平均值±标准误 Average±stand error	风沙土 Wind sand soil 平均值±标准误 Average±stand error	T 检验 T-test	P
密度 Density (plant/m <sup>2</sup> )	1618.37±154.852	1266.94±160.306	8.177	0.0005 *
地上生物量 Aboveground biomass (g/m <sup>2</sup> )	515.14±53.72	360.65±63.00	7.51	0.0007 *
凋落物量 Litters (g/m <sup>2</sup> )	130.04±60.72	85.80±50.4	1.363	0.239
地下生物量 Belowground biomass (g/m <sup>2</sup> )	1243.388±221.80	1264.911±252.18	-0.189	0.857
根冠比 Root/shoot	2.464±0.633	3.564±0.716	-5.188	0.0035 *

(\* 差异显著, P<0.05) (\* significant different, P<0.05)

图2 土壤CO<sub>2</sub>排放速率动态比较Fig. 2 Comparison of CO<sub>2</sub> releasing rate in two soil types

### 3 讨论

3.1 当同种植物不同个体群长期分布和生长在不同环境,则将发生不同个体群之间的变异和分化,从而形成在生态学上互有差异的、异地性个体群,即生态型。生态型是同种植物对不同环境条件趋异适应的结果。长期以来,有关不同生境的羊草是否属于不同生态型的问题倍受研究者的关注。任文伟等(1996)指出不同生境羊草的形态、热值和水分反应存在明显不同;王德利等(1999)和杜占池等(1995)指出不同生境羊草的光合生理生态特性存在差异;王敏等(1998)陈世龙(1994)和卢萍(1990)的研究结果表明不同生境羊草在同工酶水平上保持较大的一致性,但存在一定程度的种内分化;杨允菲等(1997)对黄绿型和灰绿型羊草的种群特征研究结果表明两者在年龄结构和营养繁殖能力上存在差异。

3.2 本文对相同大气候环境下两种土壤类型羊草群落的研究证实了不同生境羊草光合生

理生态特性存在差异。碱化草甸土羊草叶宽要明显低于风沙土,而单株重则高于后者。碱化草甸土羊草群落的密度、地上生物量、土壤呼吸及凋落物分解的 $\text{CO}_2$ 排放量均高于后者,而根冠比低于后者。结果表明,长期生长在不同土壤生境条件下的羊草已经在个体和群落水平上存在差异。不同土壤类型生境中的羊草有可能存在种内分化,但是否能将其归属于不同的土壤生态型,仍有待在形态解剖、生理和遗传等方面进一步研究。

### 参考文献

- 1 王德立,王正文,张喜军. 1999. 羊草两个趋异类型的光合生理生态特性比较的初步研究[J]. 生态学报, 19(6):837~843
- 2 方精云,刘国华,徐嵩龄. 1996. 中国陆地生态系统的碳循环及其全球意义[J]. 引自现代生态学的热点问题研究. 北京:中国科学技术出版社 245~247
- 3 卢萍. 1990. 羊草脂酶同工酶分析[J]. 内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版), 2:63~65
- 4 任文伟,郑师章. 1996. 内蒙古高原不同地区羊草性状比较研究[J]. 生态学杂志, 15(2):60~63
- 5 李建东. 1978. 我国羊草. *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitagawa 草原[J]. 东北师范大学学报, 1:145~159
- 6 杜占池,杨宗贵. 1995. 不同土壤型羊草光合和蒸腾作用特性的比较研究[J]. 植物学报, 37(1):66~73
- 7 杨允非,郑慧莹,李建东. 1997. 松嫩平原两个趋异类型羊草无性系种群特征的比较研究[J]. 植物学报, 39(11):1058~1064
- 8 汪敏,钱吉,郑师章. 1998. 羊草不同地理种群的同工酶研究[J]. 应用生态学报, 9(3):269~272
- 9 陈世龙. 1994. 内蒙古东部地区不同类型草原中羊草的同工酶研究[J]. 中国草地, 6:47~50
- 10 郑慧莹,李建东. 1993. 松嫩平原的草地植被及其利用保护[J]. 北京:科学出版社, 1~9
- 11 郑慧莹,李建东. 1993. 松嫩平原盐生植物与盐碱化草地的恢复[M]. 北京:科学出版社, 1
- 12 贾慎修主编. 1987. 中国饲用植物志[M]. 北京:农业出版社, 19~34
- 13 郭继勋著. 1994. 羊草草原分解者亚系统[M]. 长春:吉林大学出版社

## Primary Study on Characteristics of *Leymus chinensis* in Two Soil Types

Wang Yuhui<sup>1,2</sup> Zhou Guangsheng<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang, 110015)

(<sup>2</sup> Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing 100093).

**Abstract:** Studies on photosynthesis characteristic, soil respiration and biomass (aboveground/belowground) of *Leymus chinensis* in two soil types had been made in 1999. The results show that (1) Leaf width, net photosynthesis ratio (An) and stomatal conductance ( $g_s$ ) of *Leymus chinensis* in meadow alkali soil are less than those in wind-sand soil, and plants are higher than those in wind-sand soil, but leaf length, transpiration rate and water use efficiency have no significant difference in two soil types. (2) Aboveground biomass, density and shoot/root of *Leymus chinensis* in meadow alkali soil are larger than those in wind-sand soil, but belowground biomass has no significant difference in two soil types. (3)  $\text{CO}_2$  releasing from soil respiration and litter of *Leymus chinensis* community in meadow alkali soil is more than that in wind-sand soil.

**Key words:** *Leymus chinensis* community; Meadow alkali soil; Wind-sand soil; Photosynthesis; Soil respiration; Biomass