

306-311

12031(13)

第14卷 第3期
1994年9月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 14, No. 3
Sep., 1994

松嫩平原盐碱化草地羊草的生长适应性 及耐盐生理特性的研究*

王萍 殷立娟 李建东

(东北师范大学草地所, 长春, 130024)

5812

摘要 本文对不同程度盐碱生境下羊草的生物量及生理指标做了系统的分析研究。得出以下结论: 羊草的生态分布幅度很宽, 具有较强的适应盐碱生境的能力, 在土壤的电导率为 0.074—1.74mS/cm, pH 为 8.4—10.3 土壤上均能正常生长。它对盐碱生境的适应性表现为大量吸收土壤中的无机离子和通过体内积累脯氨酸进行渗透调节。在土壤的电导率低于 0.7mS/cm 时, 主要靠吸收无机离子进行调节, 在土壤的电导率为 0.7—1.2mS/cm 时, 靠脯氨酸积累和吸收无机离子共同进行调节。当土壤的电导率高于 1.2mS/cm 时, 脯氨酸积累成为渗透调节主要因素。

关键词: 羊草, 盐碱生境, 无机离子, 脯氨酸, 渗透调节,

草地, 生理生态学

羊草 (*Leymus chinensis*) 是松嫩平原盐碱化草地上的优势植物^[1,2], 是耐盐碱性较强的一种优质牧草。它的生态分布幅度很宽, 能和獐毛 (*Aeluropus sinensis*)、星星草 (*Puccinellia tenuiflora*) 碱蓬 (*Suaeda glauca*) 等耐盐碱性较强的植物组成混合群落。关于羊草适应盐碱逆境的研究目前只限于室内的单因子模拟实验^[3]就天然草场羊草如何适应盐碱生境的研究尚未见报道。为此, 本文从野外调查分析入手, 分析不同含盐量梯度下羊草的生物量、优势度等指标, 从而确立松嫩平原盐碱化草地上羊草适宜生长的盐碱生境范围。然后结合不同盐碱梯度下羊草体内钾离子、钠离子、细胞膜透性、脯氨酸等生理指标的变化, 来初步探讨羊草耐盐碱的生理生态机制, 为改良碱化羊草草场提供依据。

1 研究地点的自然状况

研究地点在吉林省长岭县腰井子种马场境内。地处松嫩平原南部, 该地区地势坦缓, 稍有微波起伏, 起伏地段由 5—20m 之间的固定沙丘群构成。该地区为冲积-湖积平原^[4]。由于地形封闭, 径流不畅, 地面蒸发量大, 地下水位高, 且含可溶性盐类, 使该地区土壤大部分盐渍化。气候属于温带半湿润气候, 具有明显的大陆季风气候特征。年降雨量为 310—580mm, 其中 70% 左右集中于 6—9 月, 年蒸发量为 1136—1565mm, 约为年降雨量的 3 倍^[5]。

羊草群落主要分布在广阔的平地上, 但因微地形变化, 土壤盐分、水分的多寡及人为干扰程度不同, 羊草群落的分布呈规律性变化。在放牧场上由于土壤表层被破坏, 碱化严重, 羊草群落与其它群落呈复合体形式分布。

2 研究方法

2.1 样地选择

本工作在保护区种马场北甸子上进行, 于 1989 年 7 月中旬, 以放牧场进出口为起点, 从沙

* 国家自然科学基金资助课题的一部分。

收稿日期 1992 10 25, 修改稿收到日期 1993 03 31。

丘上开始取样,一直到放牧场中心,按预先普查的土壤的电导率和pH由低至高,选取8个梯度盐碱群落(表1)

表1 群落生境的土壤指标
Table 1 The index of soil in habitat of community

土壤指标 Soil index	群落 Community							
	羊草+杂类草 <i>L. chinensis</i> +	羊草+虎尾草 <i>L. chinensis</i> +	羊草+寸草苔 <i>L. chinensis</i> +	羊草+虎尾草 +寸草苔 <i>L. chinensis</i> +	羊草+獐毛 <i>L. chinensis</i> +	羊草+碱蓬 <i>L. chinensis</i> +	羊草+碱蓬+ 苜蓿 <i>L. chinensis</i> +	碱蓬+羊草 <i>Suaeda</i> <i>glauca</i> +
土壤电导率 (mS/cm)	0.0735	0.1725	0.4395	0.444	0.78	1.229	1.64	1.74
土壤pH	8.4	10.05	9.975	9.225	10.25	9.375	9.575	9.275

2.2 野外调查和样品分析

每个群落选择较均一地段设4个50×50cm²样方,记录样方中羊草的鲜重、高度、盖度、密度等指标。然后测定叶片细胞膜透性、脯氨酸、K⁺、Na⁺含量及干重。对应各样区选取地表以下0—10,10—20,20—30,30—40cm土层样品,测定pH、含盐量等指标。

用分光光度法测定游离脯氨酸含量^[4],用火焰光度法测定K⁺、Na⁺含量,用电导法测定细胞膜透性,用1481-60型电导仪测定土壤含盐量,用ZO-2型pH计测定土壤pH值。

3 结果与分析

3.1 羊草耐盐碱生长适应性

群落的一切变化都是在一定生态环境中进行的,随着土壤含盐量和pH的增加,植物群落进行退化演替,群落中占优势的羊草的数量开始减少,耐盐碱性较弱的植物逐渐从群落中消失,一年生植物虎尾草侵入,随着地表含盐量继续上升,耐盐碱性强的苜蓿、獐毛、星星草侵入,进而耐盐碱性更强的一年生植物碱蓬侵入,并成为群落的优势种(表2)。

从表2可以看出:羊草的生态分布幅度很宽,能在很多盐碱群落中存在。但在不同盐碱生境的群落中优势度有所差异,说明羊草对不同盐碱生境的适应程度不同。

3.2 羊草地上生物量与土壤盐碱度关系

不同盐碱生境下羊草的生物量有所差异。本文研究了羊草种群的生物量和羊草单株生物量受土壤盐度(以电导率表示)和土壤pH值的影响,按土壤电导率和pH值的分布做出羊草生物量的柱状示意图(图1),图中白柱代表50×50cm²样方内羊草种群生物量,黑柱代表羊草个体生物量×100。

从图中可以看出:在电导率为0.074—1.74mS/cm,pH为8.4—10.3土壤上羊草均能正常生长,且生物量随土壤电导率、pH的增加基本呈下降趋势。50×50cm²样方中羊草种群的生物量由51.5g下降到25g,单株生物量由0.264g/株下降到0.158g/株。但从柱状图上可以看

出:在电导率为 0.125—0.44mS/cm 范围时,随土壤电导率和 pH 增加,羊草生物量呈现上升趋势,说明有一定含盐量和 pH 的环境更适合羊草生长。

表 2 不同群落类型中各主要牧草优势度

Table 1 The dominance of main kinds of forage in different types of community

牧草种类 Herbage species	群 落 Community								
	羊草+杂类草 <i>L. chinensis</i> + Weed	羊草+虎尾草 <i>L. chinensis</i> + <i>Chloris virgata</i>	羊草+寸草苔 <i>L. chinensis</i> + <i>Carex duriuscula</i>	羊草+虎尾草+寸草苔 <i>L. chinensis</i> + <i>Chloris virgata</i> + <i>Carex duriuscula</i>	羊草+星星草 <i>L. chinensis</i> + <i>Puccinellia tenuiflora</i>	羊草+碱蓬 +苜蓿蒿 <i>L. chinensis</i> + <i>Suaeda glauca</i> <i>Artemisia anethoides</i>	羊草+獐毛 <i>L. chinensis</i> + <i>Aeluropus sinensis</i>	羊草+碱蓬 +虎尾草 <i>L. chinensis</i> + <i>Suaeda glauca</i> <i>Chloris virgata</i>	碱蓬+羊草 <i>Suaeda glauca</i> + <i>L. chinensis</i>
羊草 <i>Leymus chinensis</i>	41.97	74	97	80.88	64.95	63	66.88	67.15	21.73
虎尾草 <i>Chloris virgata</i>		32.75		86.55	17.8	11.85	6	17.2	
寸草苔 <i>Carex duriuscula</i>		4.85	91.38	12.75		11.75	15.20	30.03	
星星草 <i>Puccinellia tenuiflora</i>					56.8				
苜蓿蒿 <i>Artemisia anethoides</i>						10.93			
獐毛 <i>Aeluropus sinensis</i>						13.6	37.25		
碱蓬 <i>Suaeda glauca</i>					9.875	23.4		32.13	119.4

注:优势度按下式计算: $Y = \frac{N+H+W+C}{4}$ 其中, N 为多度, H 为高度, C 为盖度, W 为干重。

将羊草单株生物量(y)对土壤电导率(x_1)和 pH(x_2)做二元回归分析,回归方程 $y = 0.2264 - 0.0598x_1 + 0.00333x_2$,全相关系数 $R = 0.9743$,自变量 x_1, x_2 的 T 值分别为 12.23, 0.6209。根据数理统计理论⁽⁷⁾,自变量 x_1 的 T 值大于 2, x_2 的 T 值小于 1,说明电导率(即含盐量)对生物量影响比较显著,是导致生物量变化的主导因素。相比之下,生物量受 pH 影响较小。

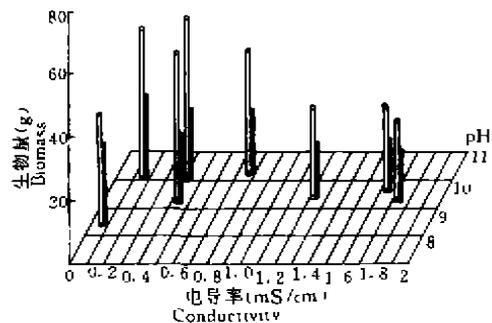


图 1 羊草生物量柱状示意图

Fig. 1 The columnar figure of biomass of *L. chinensis*

3.3 羊草适应盐碱生境的生理特点

3.3.1 不同盐碱生境下羊草叶片细胞膜透性的变化

植物细胞质膜是活细胞和环境之间的界面和屏障,各种不良环境对细胞的影响往往首先作用于这层由脂和蛋白质构成的生物膜。膜体系的功能之一是细胞选择透性能力的改变或丧失。在盐碱程度低的环境下,羊草叶片细胞膜透性小。随着土壤盐碱化程度增高,羊草叶

片细胞膜透性增大,叶片电解质外渗量增大,实验得出:羊草叶片细胞膜透性随土壤含盐量(电导率)的变化而变化(见图2)。结果表明,在电导率为1.74mS/cm 范围内羊草叶片细胞膜透性随土壤电导率增加而缓慢增大。

3.3.2 不同盐碱生境下羊草体内脯氨酸积累

渗透胁迫是盐碱胁迫的基本组成部分^[8],脯氨酸是植物体内一种重要的渗透调节剂^[9-12]。在不同盐碱生境下羊草体内能不同程度地积累脯氨酸,实验结果见图3。

从图3可以看出:羊草体内脯氨酸积累量随土壤含盐量增加而增加。在电导率低于1.2mS/cm 以下,曲线一直呈缓慢上升趋势。在电导率高于1.2mS/cm 以后,曲线上升较快,脯氨酸含量的变化率增大。

盐碱逆境下,羊草通过积累脯氨酸等有机溶质来增强渗透调节能力,以适应一定的盐碱生境。脯氨酸作为一种渗透调节物质,其含量的增加将会使细胞的渗透势下降,促进吸水过程。羊草以积累脯氨酸减轻由于盐碱逆境而造成的“生理干旱”,这是羊草对盐碱生境的一种生理适应。从脯氨酸积累量变化可反应出羊草受盐碱胁迫的程度,也可作为评价羊草耐盐碱能力的综合指标。上面的实验结果表明:土壤的电导率高于1.2mS/cm 以后,羊草受较大程度的盐危害,此时脯氨酸的积累是其抗盐作用的主要生理机制之一。

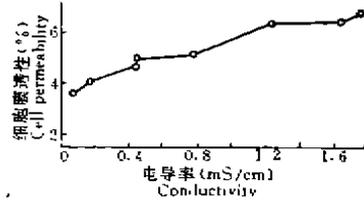


图2 不同电导率土壤下羊草细胞膜透性
Fig.2 The cell membrane permeability of *L. chinensis* in soil with different conductivity

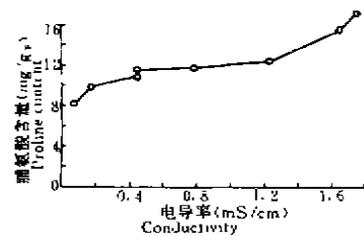


图3 不同电导率土壤下羊草体内脯氨酸含量
Fig.3 Proline content in the body of *L. chinensis* in soil with different conductivity

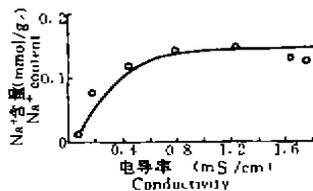


图4 不同电导率土壤下羊草体内Na+含量
Fig.4 Na+ content in the body of *L. chinensis* in soil with different conductivity

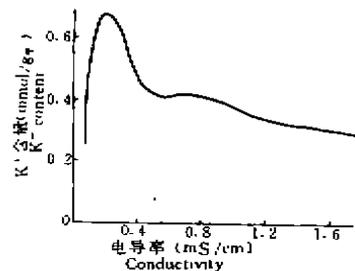


图5 不同电导率土壤下羊草体内K+含量
Fig.5 K+ content in the body of *L. chinensis* in soil with different conductivity

3.3.3 不同盐碱生境下羊草体内K⁻、Na⁺含量 松嫩平原盐碱化草地土壤主要是苏打盐碱土^[10]。

钠离子在植物体内是没有活性作用的阳离子,在植物体内积累过多会毒害植物。钾离子是植物代谢中的重要物质。从生理意义看,Na⁻、K⁺在植物体内积累可以降低细胞渗透势,促进吸水过程,增加抗盐碱能力。本文对不同盐碱生境下羊草体内Na⁺、K⁺含量及K⁺/Na⁺进行分析(图4—6)

从图4中可以看出:Na⁺含量在土壤电导率低于0.6mS/cm时,随电导率增大而迅速增加。在电导率为0.6—1.2mS/cm范围内,基本稳定在最高值(0.1456mmol/g·DW)附近。而电导率高于1.2mS/cm时,略有下降趋势。K⁻含量在电导率为0.17mS/cm处出现峰值(0.693mmol/g·DW),而后随电导率增加而下降。当土壤电导率高于1.2mS/cm时,K⁺含量几乎稳定在一个最低水平。K⁺/Na⁺随土壤盐度增加而下降。在低盐度下,下降趋势较快,而后随着盐度增加缓慢趋于一个较低的稳定水平。这是由于低盐下Na⁺、K⁻含量变化较大,而高盐下Na⁻、K⁺含量变化较小的原因。本文将羊草体内Na⁺含量(y₁)与K⁺/Na⁺(y₂)对土壤电导率(x)建立了数学模型(表3)。

表3 不同电导率土壤下羊草体内Na⁺含量及K⁺/Na⁺作用的数学模型

Table 3 The mathematical model of Na⁺ content and K⁺/Na⁺ in the body of *L. chinensis* in soil with different conductivity

指标 Index	方程 Equation	Y _m	K	SS	r
Na ⁺ 含量 Na ⁺ content	$y_1 = \frac{Y_m}{1 + K/x^2}$	0.15190	0.0695	0.00197	0.9271
K ⁺ /Na ⁺	$y_2 = \frac{Y_m}{1 + K \ln x}$	2.669	0.3504	32.23	0.9648

mS/cm, pH为8.4—10.3土壤上均能正常生长,表现出较强的适应盐碱生境的能力。

4.2 羊草地上生物量与土壤含盐量(电导率)密切相关。土壤含盐量是影响生物量变化的主要因素。相比之下,生物量受pH影响较小。

4.3 羊草在各盐碱群落中的优势度及生物量不同。随土壤含盐量增高,羊草的优势度及生物量呈下降趋势,同时细胞膜透性、脯氨酸、K⁺、Na⁺各项生理指标也呈现规律性变化,表明羊草对不同盐碱环境适应程度的差异。

4.4 羊草具有较强的适应盐碱逆境的能力,是由它自身的生理特点决定的。在盐碱逆境下,羊草能通过体内积累脯氨酸和吸收无机离子进行渗透调节,以维持细胞内一定膨压。在电导率低于0.7mS/cm土壤下,随土壤含盐量增高,羊草对Na⁻吸收量不断增加,同时K⁺在植物体内含量也较高,使细胞内溶质含量增加,以进行渗透调节,这个环境范围内,无机离子增加明显高于脯氨酸的增加,而成为渗透调节主要因素。在电导率为0.7—1.2mS/cm的土壤生境内,羊草对Na⁺吸收逐渐趋于饱和,K⁺吸收也逐渐稳定在一个较低水平,脯氨酸积累继续增加,二者共同进行渗透调节。当土壤电导率高于1.2mS/cm,Na⁺、K⁺吸收呈现下降趋势,这时脯氨酸积累仍继续上升,并且上升较快,成为渗透调节的主要因素。

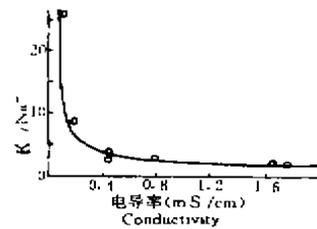


图6 不同电导率土壤下羊草体内K⁺/Na⁺

Fig. 6 The K⁺/Na⁺ in the body of *L. chinensis* in soil with different conductivity

模型中Y_m有极值的含义,分别对应于Na⁻含量的极大值和K⁺/Na⁺的极小值,它们与实验测得的Na⁻含量极大值和K⁺/Na⁺极小值基本一致。K能反应出植物体耐盐变性,K值越大,植物体耐盐变性越强,相应指标趋于极限值越缓慢。SS为剩余平方和,r为相关系数。

4 结论与讨论

4.1 羊草的生态分布幅度很宽,能在很多盐碱群落中生存。在电导率为0.074—1.74

参 考 文 献

- 1 李建东. 我国的羊草 *Aneurolepidium chinense* (Trin) Kitagawa 草原. 东北师范大学学报(自然版), 1978, 1: 145—159
- 2 祝廷成, 李建东, 杨殿臣. 中国东北羊草草地生态研究. 第十四届国际草地会议论文集(中文版中册). 中国草原学会出版, 1985, 131—134
- 3 石德成, 殷立娟. Na_2CO_3 胁迫下羊草苗的胁迫反应及其数学分析. 植物学报, 1992, 34(5): 386—393
- 4 祝廷成等. 东北草原上的植被复合体. 吉林师范大学学报, 1965, 7: 87—102
- 5 杨靖春. 东北羊草草原土壤微生物呼吸速率的研究. 生态学报, 1989, 9(2): 139—143
- 6 朱广廉. 植物体内游离脯氨酸测定. 植物生理学通讯, 1980, 20(1): 35—37
- 7 常用数理统计方法. 中国科学院数学研究所统计组. 北京: 科学出版社, 1973, 100—108
- 8 刘友良等. 植物耐盐性研究进展. 植物生理学通讯, 1987, 24(4): 1—7
- 9 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能意义. 植物生理学通讯, 1984, 20(1): 15—21
- 10 葛莹, 李建东. 东北羊草草地钾、钠含量特征的研究. 植物学报, 1992, 34(3): 169—175
- 11 Бирюков а. П. Свободный пролин как показатель физиологического состояния особи обыкновенноч. физиология растений, 1986, 33(5): 1027—1030
- 12 Шелькова. и. и. Метаболизм и физиологическая роль пролина в растениях при водном и солевом стрессе. физиология растений, 1983, 30(4): 768—773

**STUDIES ON THE ADAPTABILITY AND TO
LERANCE OF *LEYMUS CHINENSIS* TO SALINITY IN
SALINIZED GRASSLAND IN THE SONGNEN PLAIN**

Wang Ping Yin Lijuan Li Jiandong

(Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun, 130024)

The biomass and physiological index of *Leymus chinensis* in different salty habitats are analyzed. The results show that *L. chinensis* distributes in a wide ecological variability, because it can adapt to the habitats of different salinization gradients. It can grow well if soil has a conductivity is reflected in uptaking inorganic ions and accumulating proline in a large mount to improve regulation of osmosis. When the conductivity is lower than 0.7mS/cm, it mainly relies on uptaking inorganic ions to have such a regulation. When the conductivity is in the range of 0.7—1.2mS/cm, the regulation will be conducted by accumulating proline and inorganic ions while the conductivity is higher than 1.2mS/cm, accumulating proline becomes a main factor to ragulate osmosis.

Key words: *Leymus chinensis*, salty hebitats, inorganic ions, proline, to ragulate osmosis.