

# 土壤盐碱化程度及非毛管孔隙度对羊草群落生物量及优势度的影响\*

殷立娟 张为政 石德成

(东北师范大学草地研究所, 长春, 130024)

(2)

58122

## 摘 要

通过对不同盐碱化土壤上的羊草群落进行调查及定位连续观测, 分析了它和土壤盐碱化程度及非毛管孔隙度之间的相互关系, 探讨了盐碱生境下羊草群落生物量的形成规律以及土壤盐碱化程度对其影响。结果证明, 盐碱生境对羊草群落在一个生长季内的生物量形成过程无本质影响, 群落的生物量随返青后天数增加而呈S型曲线上升, 二者间的数学关系可用修改的 Logistic 方程  $Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{-bx}} + C$  描述。

土壤盐碱化程度可影响该方程的各参数, 随土壤盐碱化程度加剧, 生物量最大增长值  $Y_m$  和本底生物量  $C$  明显变小, 到达S型曲线拐点的天数减少。羊草群落生态优势度随土壤盐度增大呈倒S型曲线下降, 随土壤非毛管孔隙度增大而呈正S型曲线上升。三者之间的回归分析结果表明, 土壤盐度和非毛管孔隙度都是影响优势度的不可忽略的重要因素, 但前者的重要性大于后者。用方程

$$Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{a(x_1 + dx_2)^2 + b(x_1 + dx_2)}} + C$$

可获得最佳拟合结果及3个生态因子相互关系的总体模型。

关键词: 盐碱生境, 非毛管孔隙度, 羊草群落, 生物量, 优势度

以羊草群落为主体的草原, 是我国内蒙古东部和东北西部主要植被之一。作为建群种的羊草 (*Leymus chinensis*) 是多年生草本植物, 具较强的耐盐碱特性<sup>[1]</sup>。羊草生态幅度较宽, 适应多种生境, 几乎分布于所有的群落, 羊草群落中, 羊草的重要值达到 178.15<sup>[2]</sup>。有关羊草个体的抗盐生理生态的研究<sup>[3]</sup>及羊草种群的生物量形成规律的研究<sup>[4]</sup>已有报道, 但羊草群落在生长季内生物量形成过程, 及生境盐碱化程度对这一过程的影响等, 尚无探讨。

土壤对植被的影响是个涉及多种因素的复杂的问题。但对于盐碱化羊草群落来说, 在局部区域内, 由于水分、矿物营养、土壤类型等因素基本相同, 导致其上羊草群落在生物量形成过程的差异, 主要取决于土壤盐度和含氧量的不同。调查结果表明, 存在于这类草地土壤中的有害盐分主要是碱性的  $Na_2CO_3$  或  $NaHCO_3$ , 所以才导致碱化盐化同时发生。室内实验已表明, 羊草苗根系环境中的  $Na_2CO_3$  对其生长有明显胁迫作用, 而且胁迫与胁迫间的关系可以用方程  $Y = \frac{Y_m}{1 + Ke^{(ax^2 + bx)}} + C$  来描述<sup>[5]</sup>。另外植物对逆境的适应, 不论它采取哪种途径, 属于哪一生态类型, 都需要消耗能量<sup>[6]</sup>, 所以处在高盐生境中的植物根系的供氧

\* 国家重大自然科学基金资助课题的一部分。  
本文承蒙祝廷成教授、李建东教授审阅, 在此一并致谢。  
本文于1991年4月30日收到。修改稿于1991年10月31日收到。

情况都将影响其抗性强弱, 受害程度<sup>[7,8]</sup>。根系所能利用的氧气主要贮存于土壤的非毛管孔隙。

为此, 本文在揭示盐碱化生境下羊草群落在一个生长季内生物量形成过程的基础上, 重点探讨生境主导因子土壤盐碱度对这一过程的影响以及土壤盐度和非毛管孔隙度与羊草群落优势度三者间的数学模型。

## 一、生境描述和工作方法

本工作在吉林省长岭草原自然保护区境内进行, 地理位置: 东经123°31'—124°10', 北纬44°33'—44°45'。该地区是冲积-湖积平原, 地式坦缓。气候属于温带半湿润气候, 春季和夏初干燥多风, 夏末温暖多雨, 年均气温4.6—6.4℃, ≥10℃年积温2545—3374℃, 年降水量313—581mm, 多集中于6、7、8三个月份, 占年降水70%左右。

因小地形造成的土壤水分及盐分多寡不一和人为干扰造成轻重不同的土壤盐碱化, 使羊草群落的种类组成有所变化, 但总体来看, 上层即羊草层几乎无其它草本, 下层仅存在4—8种植物的变化, 所以羊草种群还是占相当大的优势。

本项研究的野外工作是在1989年初步调查基础上, 1990年做了系统的工作。具体方法如下:

盐碱生境下羊草群落生长季内生物量形成过程的调查: 选择植被、地形、土壤均一, 盐碱化程度均一且适中(pH8.5—9.0, 盐度1.7—1.9mg/g), 羊草盖度达75%以上, 多度均达90%以上的样区, 面积50m×50m为固定调查点。在整个生长季内(5月2日—10月20日)每隔25—30d定期取样调查。每次调查均5次重复, 即在样区内随机取5个样方, 每个样方50cm×50cm。用烘干称重法测定地上部分的生物量。

土壤盐碱化程度对群落生物量形成过程的影响: 按植被以羊草占绝对优势, 土壤除盐碱化程度有明显差异外, 其余条件均相似的原则出发, 选择3片盐碱化程度明显不同, 具有代表性的样区(每区50m×50m), 完全按上述方法在整个生长季内进行定期定点调查。3个样区的盐度分别为0.96mg/g, 1.86mg/g, 6.2mg/g, 相应pH分别为8.6, 8.9, 10.3。群落下层主要伴生种分别为糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*), 寸草苔(*Carex duriuacula*)、小獐毛(*Aeluropus Littoralis*)。

土壤盐度、非毛管孔隙度对群落优势度的影响: 羊草生长旺盛的6月上旬, 在约20km<sup>2</sup>的范围内, 根据土壤盐碱化程度, 选定10个羊草为单优势种的羊草群落的样点(面积25m×25m)、每点均随机设5个样方(每个样方50cm×50cm), 为5次重复。每个样方按下式测定群落的优势度。

$$Y = \sum_{i=1}^J \left( \frac{D_i + H_i + DW_i + C_i}{4} \right)$$

其中 $J$ 为群落中种数之和;  $i$ 为每个种;  $D$ 为多度;  $H$ 为高度;  $C$ 为盖度;  $DW$ 为干重。同时取每一样方群落地下部分集中区域0—20cm的土壤, 用1481-60型电导仪测定土壤含盐量, 并以每克干土含盐分的毫克数表示。同时用环刀法测定土壤的总孔隙度和毛管孔隙度, 按非毛管孔隙度=总孔隙度-毛管孔隙度, 计算非毛管孔隙度, 并以占土壤体积的百分比表示。

所获数据利用最小二乘法进行多元非线性回归分析。公式拟合在IBM-PC-XT计算机上

完成。

## 二、结果与讨论

### 1. 盐碱生境下羊草群落生物量的形成过程

通过对调查数据的分析见到,以返青后的生长天数为横坐标,以地上部生物量为纵坐标二者间则显出生物量随着天数增加而逐渐增大,而且呈S型曲线变化。这种S曲线与正常生境下一年生植物生长曲线及种群在有限环境下的增长曲线相似。用修正的Logistic方程进行拟合,结果如下:

$$Y = \frac{Y_n}{1 + Ae^{-bx}} + C = \frac{68.6533}{1 + 55.0301e^{-0.050578X}} + 3.6003$$

其中,  $Y$ : 生物量(每样方平均干物质克数);

$Y_n$ : 环境允许增长的生物量最大值;

$C$ : 返青时本底生物量;

$X$ : 返青后天数;

$A, b$ : 均为参数。

从图1看,拟合的效果良好,拟合精度检查得剩余标准离差  $s = 3.079582806$ ,  $X^2$  检查值为3.698, 小于95%置信度的3.94。

在羊草群落中,还有其它多年生草种,它们的种群发展与一年生植物有所不同。首先是返青时间难以确定,再者,当返青初始阶段,越冬的存活植物组织与本生长季新长出的组织难以区分,所以整个群落的生物量不能从零开始,方程中必须增加一个参数  $C$ , 即本文中所指的返青开始时的本底生物量。

### 2. 土壤盐碱化程度对羊草群落生物量形成过程的影响

土壤条件不同,群落的种类组成往往差异很大。而对于种类构成明显不同的群落来说,其生物量的形成过程也必然有异。如果只注意土壤盐碱化程度不同而不考虑其上群落的种类组成是否相近,这样来分析前者对后者的影响是无意义的。因而我们选择了3片样区,它们的土壤条件除盐碱化程度不同外其余均相近,而且其上植被均以羊草占绝对优势,样方内羊草多度均达80%以上,盖度达75%以上,主要伴生种均为下层植物。结果表明,土壤的盐碱化程度不同对羊草群落生物量形成过程的基本特征无明显的影响,生物量与生长天数间均呈

符合  $Y = \frac{Y_n}{1 + Ae^{-bx}} + C$  的S型曲线关系(图2)。

尽管曲线都呈S型,但是从曲线的几项特征参数来看,仍可发现有意义的区别。为便于分析曲线特征,对拟合方程求导得:

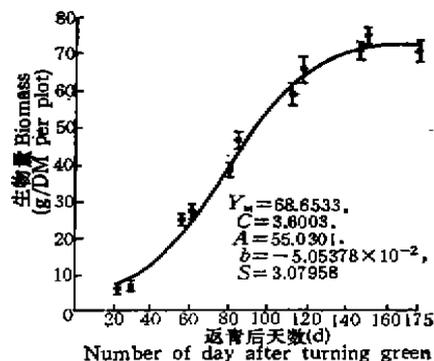


图1 羊草群落生物量在生长季内的形成过程  
Fig.1 The biomass forming process of *Leymus chinensis* community during a growing season

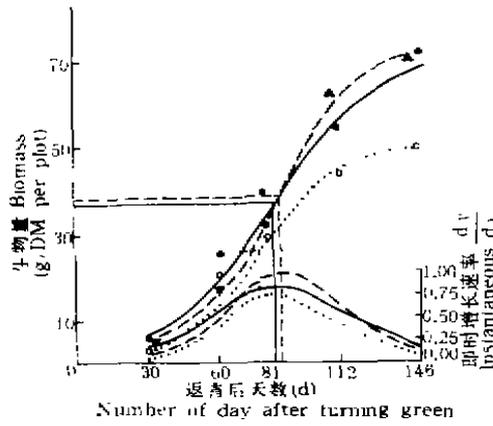


图 2 土壤盐碱化程度对羊草群落生物量的年积累的影响

Fig.2 The effect of soil saline-alkalization extent to the accumulation course of the biomass of *Leymus chinensis* community

- ▲ : pH8.6, 含盐量 salinity 0.96mg/g;  $Y_m$ : 69.3;  $C$ : 3.29;  $A$ : 197.5833;  $b$ :  $5.988642 \times 10^{-2}$ ;  $s$ : 2.78.
- , —: pH8.9, 含盐量 salinity 1.86mg/g;  $Y_m$ : 68.5608;  $C$ : 2.55;  $A$ : 58.97281;  $b$ :  $4.808574 \times 10^{-2}$ ;  $s$ : 4.41.
- , .....: pH10.0, 含盐量 salinity 6.2mg/g;  $Y_m$ : 47.3;  $C$ : 1.76;  $A$ : 193.4304;  $b$ :  $6.746 \times 10^{-2}$ ;  $s$ : 3.6.

表1 土壤盐碱化程度对拟合曲线特征参数的影响

Table 1 The effects of soil saline-alkalization extent on the character parameters of fitted curves

土壤条件 Soil condition	$Y_m$	$C$	拐点X X at critical point	最大增长速度 Maximum $\frac{dY}{dX}$
pH8.6, 盐度 0.96 mg/g Salinity	69.3	3.29	88	1.096
pH8.9, 盐度 1.86 mg/g Salinity	68.5	2.55	58	0.822
pH10.0 盐度 6.2 mg/g Salinity	47.3	1.75	79	0.796

区的范围, 这样群落物种组成的均一性必然下降。此时若进行不同土壤条件下的群落状态比较, 用群落优势度作为群落状态指标较生物量更合适。因为优势度是包含了群落中每一个各方面因素的综合指标, 为此用优势度进行该项分析。

通过对调查所得的羊草群落优势度, 土壤盐度、土壤非毛管孔隙度的数据分别进行回归分析, 发现优势度与盐度的自然对数间, 以及优势度与非毛管孔隙度之间均存在有可用公式

$Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{-bx}} + C$  表达的 S 型曲线关系, 只不过前者是倒 S 型, 而后者是正 S 型。将上式

$$\frac{dY}{dX} = \frac{bAe^{-bX}Y_m}{(1 + Ae^{-bX})^2}$$

并在图中同时绘出该函数的曲线, 即生物量在各点变化的即时速率曲线。对本文中的 S 型曲线来说, 其导数曲线基本上都是一条对称的单峰曲线, 峰顶就是 Y 在 S 型曲线拐点处的增长率, 即最大增长率。峰顶处的 X 值也就是到达 S 曲线拐点外的生长天数。从导数曲线明显可以看出生物量的增长率开始时随生长天数增加而逐渐增大, 到顶峰时达最大值, 而后随天数增加而逐渐下降。现将 3 个样区的拟合曲线及其导数曲线的特征参数列于表 1 中, 以便比较。

从表 1 可见随土壤盐碱化程度加重, 环境允许的最大增量  $Y_m$  及返青时本底生物量  $C$  均明显变小, 到达拐点的天数提前, 后者表明盐碱化越严重, 生物量的最大即时增长速率越低, 增长高峰提前。

### 3. 土壤盐度及非毛管孔隙度对羊草群落优势度的影响

为了保证样点的土壤条件在盐度和非毛管孔隙度上都有较合理的分布, 就必需扩大取样

转换成直线方程, 则有  $\ln\left(\frac{Y_n}{Y-C} - 1\right) = \ln A + aX$ , 用此式回归所得到的线性相关系数分别为 0.936 和 -0.871。既然盐度和非毛管孔隙度对羊草优势度来说都是重要的影响因素, 尽管 S 型曲线一倒一正, 但都可用同一方程拟合, 只是  $a, b$  系数符号不同。因而, 以上述方程为基础进行优势度同时与盐度和孔隙度两因素之间关系的回归分析是可行的。于是设盐度 (mg/g) 的自然对数为自变量  $X_1$ , 土壤非毛管孔隙度 (V%) 为  $X_2$ , 羊草群落优势度为  $Y$ , 理论上优势度允许变化的最大值为  $Y_n$ , 可生存的最低本底优势度  $C$ , 得公式

$$Y = \frac{Y_n}{1 + Ae^{(aX_1 + bX_2)}} + C$$

并用此公式对 10 个样点 (每个点均为 5 次重复) 的数据进行多元回归分析, 结果列于表 2。

表 2 羊草群落优势度与土壤盐度、非毛管孔隙度调查结果

Table 2 The investigation results of the dominance of *Leymus chinensis* community, soil salinity and soil noncapillary porosity

群落号 Number of community	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
优势度 Dominance	66.90	65.98	61.39	60.18	55.98	51.44	46.85	44.97	44.25	43.17
土壤含盐量 mg/g	1.769	1.845	3.017	2.672	2.693	4.283	3.178	5.628	4.666	11.800
Soil salinity ln mg/g	0.570	0.613	1.104	0.983	0.991	1.456	1.166	1.728	1.540	2.468
土壤非毛管孔隙度 (V%) Soil noncapillary porosity	19.00	15.98	13.87	12.62	12.04	11.52	7.12	7.17	7.55	10.11

注: 每一群落各项调查均为 5 次重复。

拟合结果得:  $a = 1.97437152$ ;  $b = -0.224073319$ ;  $A = 2.1730894$ ;  $Y_n = 28.4$ ;  $C = 42.4$  回归精度检查结果得剩余标准离差  $s = 1.9046$ ,  $X^2 = 0.521$  明显小于置信度为 99% 的 2.088, 二者均证明公式与数据高度拟合, 系数  $a$  为正数,  $b$  为负数, 表明  $Y$  与  $X_1$  是倒 S 型曲线关系,  $Y$  与  $X_2$  是正 S 型曲线关系。为便于进一步深入分析, 将拟合方程转换成直线方程式, 即  $\ln\left(\frac{Y_n}{Y-C} - 1\right) = aX_1 + bX_2 + \ln A$ , 按此直线方程得全相关系数  $R = 0.979231592$ , 同样证明了数据与公式高度拟合。为分析两因素的主次, 计算出标准回归系数得:  $a' = 0.599542823$ ;  $b' = -0.472464775$ , 因为  $|a'| > |b'|$  说明土壤盐度的影响作用比孔隙度更大些。经偏回归平方和分析得  $PX_1 = 6.261960204$ ;  $PX_2 = 3.888738646$ , 因  $PX_1 > PX_2$ , 同样也证明土壤盐度的作用大于孔隙度。但从两项分析的结果都可看出二者数值相差不大, 主次之差虽然存在, 但不十分显著。T 值分析得  $tX_1 = 5.8495$ ;  $tX_2 = 4.6096$ , 由于二者均大于 2, 证明均为不可忽略的重要因素。可见处在高盐生境中植物根系供氧状况与其抗性强弱, 受害程度密切相关。

在上述拟合的基础上设:  $X = X_1 + \frac{b}{a}X_2 = X_1 - 0.11349X_2$  其余设定均与前述相同。

按公式  $Y = \frac{Y_n}{1 + Ae^{(aX^2 + bX)}} + C$  再行拟合, 结果得  $a = 0.250000934$ ;  $b = 2.040285959$ ;

$A=1.8000012$ ;  $Y_m=29.2112$ ;  $C=42.25143$ 。回归精度分析得  $s=1.40503225$ ;  $X^2=0.2840$ ，二者均证明，拟合效果进一步提高。以  $X$  对  $Y$  绘制平面坐标图(图 3)，结果显示羊草群落优势度随  $X$  值增大而呈倒 S 型下降。但是因为  $X=X_1-0.11349X_2$ ，所以当  $X_2$  不变时，随  $X_1$  增大  $X$  增大， $Y$  从大至小呈倒 S 型变化，当  $X_1$  不变时，随  $X_2$  增大  $X$  减少， $Y$  从小至大呈正 S 型变化，这一规律仍如前述，这种二维平面图虽然使用方便，但看不清楚优势度、土壤盐度、孔隙度三者间的立体关系。故而得  $X=X_1-0.11349X_2$  代入二次拟合方程中，根据拟合结果绘出理论上的  $Y, X_1, X_2$  三者间的三维坐标图(图 4)。图 4 清晰地显示出三者间的关系，当盐度( $X_1$ )变低，非毛管孔隙度( $X_2$ )增大时，优势度( $Y$ )趋向生理允许的最大值  $Y_m+C$ ，当  $X_1$  增大， $X_2$  减少时， $Y$  趋向于允许存活的最低值  $C$ 。一种因素对  $Y$  的抑制作用特别大时，另一因素的作用减弱，如  $X_2$  越趋近 0，随  $X_1$  变化的曲线就越平缓，当  $X_1$  特别大时， $Y$  随  $X_2$  的变化曲线也是位于 S 型曲线的平缓区域。相反，当一种因素对  $Y$  增长的限制作用越小时，另一因素的作用越突出，S 型曲线也越明显。如当  $X_1 \rightarrow 0$  时， $Y$  随  $X_2$  增大而明显增大，当  $X_2$  增大到一定程度时，它对  $Y$  的限制作用趋于 0，此时  $Y$  随  $X_1$  增大而呈明显的 S 型曲线下降。

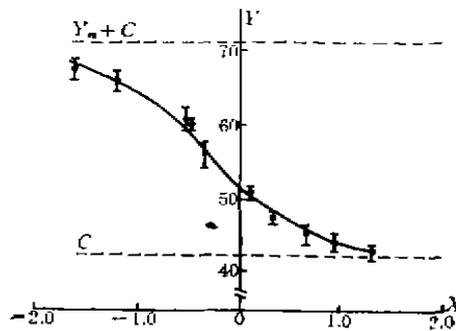


图 3 土壤盐度及非毛管孔隙度作为综合因子与羊草群落优势度的数学关系

Fig.3 A mathematical relationship between the dominance of *Leymus chinensis* community and a combined factor including soil salinity and noncapillary porosity

$X=X_1-0.11349X_2$ ;  $X_1$  = 土壤盐度的自然对数, natural logarithm of soil salinity;  $X_2$  = 土壤非毛管孔隙度 soil noncapillary porosity;  $Y$  = 优势度 dominance;  $Y_m=29.2112$ ;  $C=42.25143$ ;  $a=0.250000934$ ;  $b=2.040285958$ ;  $A=1.8000012$ ;  $s=1.40503225$ .

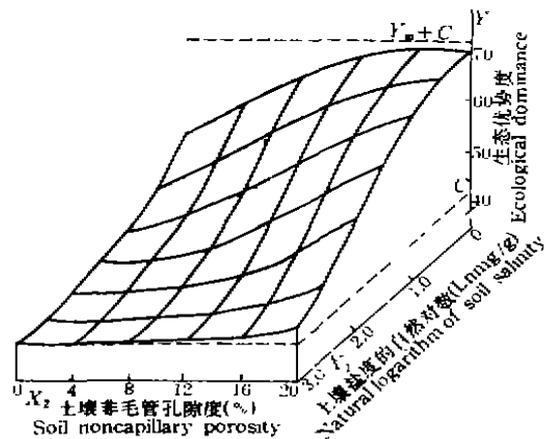


图 4 土壤盐度、非毛管孔隙度及羊草群落优势度三者间数学关系的立体模型

Fig.4 A space model of mathematical relationship among soil salinity, noncapillary porosity and the dominance of *Leymus chinensis* Community

从图 4，不难看出降低盐度和增加土壤孔隙度都可以达到提高优势度的目的。当然，二者同时进行效果最佳，在盐度不太高的情况下，即使不降低盐度只要提高土壤孔隙度，也能使优势度明显提高。所以这点启发我们在生产实践上采取根部松土，施加秸秆或枯草等提高土壤非毛管孔隙度的措施，也是治理盐碱草场的一个有效途径。

综上所述表明，在土壤类型、水分、营养等条件基本相同的盐碱化羊草群落上的局部区域，羊草群落的优势度与土壤盐度( $\ln \text{ mg/g}$ )土壤非毛管孔隙度密切相关，其数学关系可用如下方程来表示：

$$Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{a(X_1 + dX_2)^2 + b(X_1 + dX_2)}} + C$$

### 三、小 结

1. 在盐碱生境下羊草群落在生长季内生物量形成过程呈S型曲线上升, 可用修改的 Logistic方程  $Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{-bx}} + C$  描述。

2. 土壤盐碱化程度可影响上述方程各参数。随土壤盐碱化程度加剧, 环境允许的生物量最大值 $Y_m$ 和返青时存活的本底生物量 $C$ 明显变小, 到达S型曲线拐点的天数减少。

3. 羊草群落优势度随土壤盐度增大而呈倒S型曲线下降, 随土壤非毛管孔隙度增大而呈正S型上升, 三者之间的回归分析结果表明, 土壤盐度和非毛管孔隙度都是影响优势度的不可忽略的重要因素, 但前者的主要性大于后者。用方程

$$Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{a(X_1 + dX_2)^2 + b(X_1 + dX_2)}} + C$$

可获得最佳的描述3个因子相互关系的总体模型。

### 参 考 文 献

- [1] 殷立娟, 祝玲, 东北盐生草甸五种习见牧草苗期抗盐碱性的比较, 四川草原, 1988, 2:43—48
- [2] 郑慧莹, 李建东, 祝廷成, 松嫩平原南部植物群落的分类和排序, 植物生态学与地植物学学报, 1986, 10(3): 175—179
- [3] 殷立娟, 祝玲, 羊草苗期对盐碱胁迫性的研究, 草业学报, 1990, 1(1):77—82
- [4] 李月树, 祝廷成, 羊草种群地上部生物量形成规律的探讨, 植物生态学与地植物学丛刊, 1983, 7(4):289—297
- [5] 苏维埃, 宓容钦, 王文英, 王洪春, 植物抗性指标的数量化研究——耐强、时间与耐受三者植物抗冻性中的数量关系, 中国科学, B辑, 1987, 10:1058—1067
- [6] Yeo A.R., Salt Tolerance in the Halophyte *Suaeda maritima* L., Dum: Intracellular Compartmentation of Ions, *Journal of Experimental Botany*, 1981, 32(123):487—497.
- [7] Malcolm C. D. and Andre L., Oxygen-Dependent Exclusion of Sodium Ions from Shoots by Roots of *Zea mays* (cv. Pioneer 308) in Relation to Salinity Damage, *Plant Physiol.*, 1985, 79:171—176.
- [8] Drew M. C. and Dikumwin E., Sodium Exclusion from the Shoots by Roots of *Zea may* (cv. LG 11) and its Breakdown with Oxygen Deficiency, *Journal of Experimental Botany*, 1985, 36(162):55—62.

## EFFECTS OF SOIL SALINIZATION AND NONCAPILLARY POROSITY ON THE BIOMASS FORMING AND ECOLOGICAL DOMINANCE OF *LEYMUS CHINENSIS* COMMUNITY

Yin Li-Juan Zhang Wei-Zheng Shi De-Cheng

(Grassland Research Institute, Northeast Normal University, Changchun, 130024)

The biomass forming law of *Leymus chinensis* community in salinized habitat and the effects of the soil salinization extent were explored by investigating the *L. chinensis* communities growing on the soil with different level of salinization, and continually monitoring at fixed sample plots, and then the relationship among soil salinization extent, noncapillary porosity the biomass and ecological dominance of the *L. chinensis* community were analysed. The results showed that no essential change appeared in salinized habitat for the biomass forming process of *L. chinensis* community during a whole growing season. The biomass of the community was increasing with as-shaped curve as the number of days increased after turning green. The mathematical relation between them both could be expressed by a modified logistic

formula  $Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{-bx}} + C$ . The different salinization extents of soil made

some changes of parameters in the formula. As the salinization of soil became serious,  $Y_m$  (maximum increment of biomass allowed by environment) and  $C$  (background biomass at the start, of turning green) became smaller,

the number of days reaching the point of  $Y = \frac{Y_m}{2} + C$  tended to decrease.

The dominance of *L. chinensis* community was decreasing with an inverse S-shaped curve as the natural logarithm of salinity was increasing, and was increasing with a S-shaped curve as the noncapillary analysis showed that the salinity and noncapillary porosity of soil were the all important factors affecting the dominance which should not be neglected but the effect of salinity was greater than that of noncapillary porosity. A perfect result of regression and a mathematical space model of the three factors were gained by

using a formula  $Y = \frac{Y_m}{1 + Ae^{a(x_1 + dx_2)^2 + b(x_1 + dx_2)}} + C$ .

**Key words:** salinized habitat, noncapillary porosity, *Leymus chinensis* community.