

NaCl 水分复合胁迫下宁夏十种主栽苜蓿品种 幼苗体内脯氨酸含量变化

刘根红, 谢应忠, 兰 剑, 杨 锐, 赵功强

(宁夏大学, 宁夏 银川 750021)

摘 要: 二次通用旋转组合设计盆栽试验, 分析比较宁夏 10 种主栽苜蓿品种苗期在 NaCl、水分复合胁迫下体内脯氨酸含量的变化, 并对其抗盐、抗旱性进行初步评价。结果表明: NaCl 胁迫对各品种体内脯氨酸含量的主效应除陇东和阿尔冈金苜蓿表现为负效应外, 其它苜蓿品种均表现为正效应; 水分胁迫对各品种的脯氨酸含量均表现为负效应; 其单因素效应为: 随 NaCl 胁迫的增加, 各品种体内脯氨酸均有先减小, 后增大的趋势; 随水分胁迫的增加, 各品种体内脯氨酸均有增加趋势; 其交互效应表现为: NaCl、水分两因素对阿尔冈金、新疆大叶、宁苜 1 号、内蒙苜蓿和金皇后五个品种体内脯氨酸含量(Y) 影响的交互效应不显著; 其余五个品种 CW301、三得利、陇东苜蓿、朝阳苜蓿和 CW200 交互作用显著, 且均为负交互, 交互作用的大小排序为: $Y_{CW301} = Y_{\text{陇东苜蓿}} > Y_{CW200} = Y_{\text{三得利}} > Y_{\text{朝阳苜蓿}}$; 以脯氨酸含量为主要指标对 10 个苜蓿品种抗盐、抗旱性初步排序: $CW301 > CW200 > \text{朝阳苜蓿} > \text{金皇后} > \text{宁苜 1 号} > \text{阿尔冈金} > \text{内蒙苜蓿} > \text{陇东苜蓿} > \text{三得利} > \text{新疆大叶}$ 。

关键词: NaCl; 水分; 复合胁迫; 脯氨酸含量; 苜蓿

中图分类号: S 551⁺.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008) 03-0146-05

干旱和盐碱是限制植物生长发育的重要限制因子, 也是制约农业生产的一个全球性问题, 目前, 全球 20% 的耕地受到盐害威胁, 43% 的耕地为干旱、半干旱地区。我国干旱区面积 455 万 km^2 , 占国土面积的 47%, 各类盐渍土总面积 0.991 亿 km^2 , 占国土面积的 10.3%^[1]。因此, 研究旱、盐逆境胁迫对植物的影响以及植物的反应, 寻找并利用各种方法来提高植物的抗逆性显得尤为重要。对于苜蓿抗盐抗旱性, 国内外已有大量研究, 但所有研究均是在水分和盐分单独胁迫下形态及体内调节代谢物的变化。自然胁迫常是多因子复合胁迫, 尤其宁夏, 在 44.11 万 hm^2 耕地中, 非盐渍化面积为 29.32 万 hm^2 , 盐渍化面积为 14.79 万 hm^2 , 分别占灌区耕地总面积的 66.5% 和 33.5%; 在盐渍化耕地中, 轻盐渍化 9.39 万 hm^2 , 中盐渍化 3.42 万 hm^2 , 重盐渍化 198 万 hm^2 , 分别占耕地面积的 21.3%、7.8% 和 4.5%^[2], 同时伴有不同程度的干旱, 再加上水资源短缺, 污染严重, 水土流失严重, 自然灾害频繁^[3] 等生态因素, 使植物生长同时会有多种胁迫。因此, 开展植物的抗逆研究意义重大。

宁夏是我国苜蓿主产区之一。种植面积 50 年代为 1.7 万 hm^2 , 70 年代为 2.3 万 hm^2 , 80 年代为

14 万 hm^2 , 位居全国第五。90 年代面积下降, 到 1999 年保留面积约 6.7 万 hm^2 , 2000 年苜蓿种植面积又达到 $1.05 \times 10^5 \text{hm}^2$, 呈现迅猛发展态势^[4]。

在水分和盐分单独胁迫下关于植物抗盐抗旱的研究很多, 虽然植物的抗盐、抗旱机理不同, 在形态及生理生化反应上, 也各有差异, 但植物在水分、盐分胁迫下许多形态及生理生化反应趋于相似。在形态上如植株矮化、茎栓质化增强; 在生理生化表现上如体内呼吸和光合作用减弱, 渗透调节能力增强, 参与代谢的很多酶(SOD、POD、CAT) 以及一些调节物质均有不同量的明显变化, 使植物体在形态上表现出相似的生长状况, 很多研究表明: 植物分别在水分及盐分胁迫下, 体内代谢调节物如脯氨酸含量、甜菜碱、可溶性糖、抗坏血酸、多元醇、植物激素均明显变化, 使植物在逆境下增强渗透调节能力^[5~8]。特别是脯氨酸, 现已证实植物在水分和盐分胁迫下其含量均明显增加, 并已将其作为重要的抗盐、抗旱的生理指标之一。关于脯氨酸植物抗逆机理, 目前主要研究认为: 逆境条件下, 游离脯氨酸大量积累, 不仅起到渗透调节作用, 还因其水合能力增强而减少水分丢失。另一方面, 它还可以作为植物的氮源储藏, 待植物解除干旱后参与叶绿素等物质的合成, 及作

收稿日期: 2007-10-05

作者简介: 刘根红(1973-) 男, 宁夏隆德人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为作物栽培与耕作学。

为受早期间植物生成氨的解毒剂。脯氨酸常以游离状态广泛存在于植物体内,当植物受到环境胁迫时,植物体内游离的脯氨酸积累增加^[9]。干旱胁迫下植物体内游离脯氨酸积累主要表现为渗透调节的功能。渗透调节是植物适应水分亏缺的主要生理机制之一^[10]。虽然关于脯氨酸抗逆的研究较多,但多集中于植物在单一的水分胁迫或单一盐分胁迫下其体内脯氨酸含量的变化,对在水分、盐分复合胁迫下其在体内的变化几乎没有,因此本课题组预选择宁夏主栽内蒙苜蓿、新疆大叶等 10 个苜蓿品种,在水分、盐分复合胁迫下系统研究各品种从发芽到收获各时期生长状况、体内代谢及生长调节物质的变化,以系统研究各苜蓿品种的抗盐抗旱性,筛选更适于宁夏生长的苜蓿品种,为其进一步高产栽培及抗逆育种提供科学参考。本试验主要研究在水分盐分复合胁迫下 10 种主栽苜蓿品种体内脯氨酸含量的变化,对 10 种主要苜蓿品种的抗盐抗旱性进行初步评价。

1 供试材料与方法

1.1 供试材料

从宁夏主要栽培的苜蓿品种选取有代表性的 10 个品种:内蒙苜蓿(*Nei meng*)、C W 200、C W 301、新疆大叶(*Xingjiang*)、陇东(*Longdong*)、阿尔冈金(*Al - gonguin*)、金皇后(*Golden Empress*)、宁苜 1 号(*Ningmu No 1*)、朝阳(*Zhaoyang*)、三得利(*Sanditi*)为供试品种。其中内蒙苜蓿、金皇后、新疆大叶、朝阳苜蓿、阿尔冈金、金皇后六个苜蓿品种为宁夏上个世纪末引进的适生性强、品质优良品种,目前种植总面积 20 万 h m² 左右,陇东苜蓿为宁夏本地种植苜蓿,目前种植面积约 27 万 h m²,宁苜 1 号为宁夏固

原农科所研究的新品种,产量高,抗逆性强,目前正处于推广阶段,C W 200、C W 301 两个品种为固原农科所刚从美国引进试验品种。以上种子由宁夏克劳沃公司提供。

1.2 试验设计与方法

本试验运用二因素(NaCl 、水分) 二次通用旋转组合设计,采用盆栽试验,各因素上下限及零水平设计见表 1。

选用直径为 30 c m 的花盆,将预先自然风干的土壤按每盆 18 k g 重均匀装好,分别按表 1 的盐分和水份浓度处理。每种如表 2 共 13 个处理,重复 3 次,并用水势快速测定仪每天进行控制,自然光照,在 18~25℃ 的室温下培养。待苗长到三叶一心期时,选取生长一致的幼苗。洗净根系上的泥土,吸干根系上的水份,每个品种在不同时间下,选取不同渗透胁迫强度中的幼苗 5 棵,称取叶片 0. 05 g ,剪碎后,放入试管中,加 5 m L 3% 磺基水杨酸溶液,于沸水浴中浸提 10 m i n 。冷至室温,吸取提取液 2 m L 于试管中,再加入 2 m L 水、2 m L 冰乙酸和 4 m L 2. 5% 酸性茚三酮溶液(3: 2 的冰乙酸和 6 m o l / L 磷酸为溶剂进行配制) 。置沸水浴中显色 60 m i n ,冷却后,加入 4 m L 甲苯,用旋涡振荡器(或手工) 振荡,以萃取红色物质。静置后,吸取甲苯于分光光度计 520 n m 波长处比色,测得 O D 值,即可得出各处理下脯氨酸的含量^[11]。

2 结果与分析

宁夏 10 种主栽苜蓿各品种脯氨酸含量(*Y*) 的变化见表 2。

表 1 水分、NaCl 两因素水平编码
Table 1 Two factors of water and salt code level

<i>x_{ij}</i>	编码 Code		因素 Factors	
	<i>X</i> ₁	<i>X</i> ₂	土壤 NaCl 浓度 Soil salt density	土壤含水量 Soil water content
	Soil salt density	Amount water added	(%)	(%)
+ γ	1. 414	1. 414	1. 00	80
+ 1	1	1	0. 85	70
0	0	0	0. 50	50
- 1	- 1	- 1	0. 15	30
- γ	- 1. 414	- 1. 414	0	20

表 2 水分、NaCl 复合胁迫下宁夏 10 种主栽苜蓿脯氨酸含量苗期的测定值(mg/g)

Table 2 surveyed value of ten staple alfalfa varieties in Ningxia during seedling stage under water and NaCl compound stress

X_1	X_2	CW301	CW200	陇东 Alfalfa Longdong	阿尔 冈金 Algonquin	金皇后 Golden Empress	宁苜 1 号 Ningmu No 1	朝阳 Alfalfa Zhaoyang	内蒙苜蓿 Alfalfa Nei meng	新疆大叶 Alfalfa Xingjiang	三得利 Sanditi
-1	-1	3.2	2.9	2.9	2.9	2.0	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3
-1	1	4.0	3.2	3.7	3.2	2.4	2.2	2.5	2.1	2.1	2.3
1	-1	4.2	3.8	3.6	3.3	2.7	2.8	2.7	2.3	2.3	2.3
1	1	3.5	3.0	2.9	2.9	2.3	2.6	2.6	2.6	2.6	2.2
-1.414	0	1.9	2.3	3.0	3.2	2.4	3.1	2.4	2.4	2.4	1.9
1.414	0	2.9	2.5	2.1	2.0	2.9	3.3	2.7	3.1	2.9	2.2
0	-1.414	4.6	3.7	4.0	3.6	3.3	3.5	3.0	3.3	3.1	3.1
0	1.414	1.4	1.5	1.2	1.4	1.2	1.4	1.3	1.2	1.3	1.3
0	0	2.8	2.0	2.0	1.7	1.4	1.2	1.4	1.3	0.9	0.7
0	0	2.4	2.4	1.9	1.5	1.1	1.3	1.3	1.5	0.7	1.0
0	0	2.8	2.1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.3	0.7	1.1
0	0	2.6	2.3	2.2	1.7	1.2	1.5	1.5	1.3	1.0	1.0
0	0	2.4	2.3	2.0	2.0	1.6	1.1	1.2	1.2	1.2	0.6

对各品种脯氨酸含量(Y) 随 NaCl (X_1) 、水分 (X_2) 变化进行数学模拟, 并经方程和、回归显著性检验, 得出各苜蓿品种脯氨酸含量与 NaCl 、水分的变化曲线如下:

CW301: $Y=2.60065+0.12285X_1-0.45135X_2-0.37500X_1X_2+0.15577X_1^2+0.45567X_2^2$

CW200: $Y=2.22060+0.23925X_1-0.45135X_2-0.27500X_1X_2+0.27077X_1^2+0.37074X_2^2$

陇东苜蓿: $Y=1.94062-0.17157X_1-0.48240X_2-0.37500X_1X_2+0.47950X_1^2+0.50449X_2^2$

朝阳苜蓿: $Y=1.38057+0.17803X_1-0.22547X_2-0.20000X_1X_2+0.59701X_1^2+0.39707X_2^2$

三得利: $Y=0.88051+0.16553X_1-0.20565X_2-0.27500X_1X_2+0.55959X_1^2+0.63457X_2^2$

阿尔冈金: $Y=1.70062-0.19960X_1-0.40135X_2+0.58074X_1^2+0.53076X_2^2$

金皇后: $Y=1.38059+0.16337X_1-0.37118X_2+0.60949X_1^2+0.40955X_2^2$

宁苜 1 号: $Y=1.34068+0.21035X_1-0.34617X_2+0.81064X_1^2+0.43575X_2^2$

内蒙苜蓿: $Y=1.32060+0.27373X_1-0.27117X_2+0.62697X_1^2+0.37705X_2^2$

新疆大叶: $Y=0.90059+0.25087X_1-0.20565X_2+0.79949X_1^2+0.57456X_2^2$

2.1 各苜蓿品种在 NaCl 、水分胁迫下脯氨酸含量变化的主效应分析

由于设计中各因素经无量纲线性编码处理, 且各一次项回归系数间与交互项、平方项的回归系数都是不相关的, 因此可以由回归系数的绝对值的大小直接来比较各因素一次项脯氨酸含量的影响。由以上各模型可以看出, 除陇东和阿尔冈金苜蓿 X_1 的系数表现为负外, 其它各系数均表现为正, 说明 NaCl 胁迫除陇东和阿尔冈金苜蓿对其体内脯氨酸含量表现为负效应外, 其它苜蓿品种均表现为正效应, 并且由 X_1 系数绝对值大小排序, 可以看出 NaCl 对各品种的影响大小顺序为: 内蒙苜蓿>新疆大叶>CW200>宁苜 1 号>阿尔冈金>朝阳苜蓿>陇东苜蓿>三得利>金皇后>CW301; 对于水分, 各方程中 X_2 系数均表现为负, 说明水分胁迫对各品种的脯氨酸含量均表现为负效应, 且各苜蓿品种抗旱性排序(由 X_2 系数绝对值大小决定) 为: 陇东苜蓿>CW301=CW200>阿尔冈金>金皇后>宁苜 1 号>内蒙苜蓿>朝阳苜蓿>新疆大叶=三得利。

2.2 各苜蓿品种在 NaCl 、水分胁迫下脯氨酸含量变化的单因素效应分析

将 NaCl 、水分两因素的其中一个因素固定于 0 水平, 就可以得到另一个因素对脯氨酸含量的影响。现将其中一个因素设为 0 水平, 另外一个因素分别取值-1.414;-1;0;1;1.414, 可得到这一因素对脯氨酸含量的单因素效应。

表 3 NaCl (X_1)、水分(X_2) 两因素对不同品种脯氨酸含量(Y) 的单因素效应 mg /g)
Table 3 Single effect of NaCl and water influenced on free proline contain of each varieties

序号 Code	品种 Varieties	X	−1.414	−1	−0.5	0	0.5	1	1.414
1	C W301	X_1	2.5	2.5	2.0	2.6	2.7	2.9	3.3
	Alfalfa C W301	X_2	4.2	3.6	2.9	2.6	2.4	2.5	2.0
2	C W200	X_1	2.5	2.3	2.2	2.2	2.0	2.6	2.9
	Alfalfa C W200	X_2	3.0	3.0	2.5	2.2	2.0	2.0	2.3
3	陇东苜蓿	X_1	3.1	2.5	2.1	1.9	1.9	2.2	2.6
	Alfalfa Longdong	X_2	3.6	2.9	2.3	1.9	1.8	1.9	2.2
4	阿尔冈金	X_1	3.1	2.4	1.9	1.7	1.7	2.0	2.0
	Algonguin	X_2	3.0	2.6	2.0	1.7	1.6	1.0	2.1
5	金 皇 后	X_1	2.3	1.8	1.4	1.3	1.6	2.1	2.8
	Golden Empress	X_2	2.7	2.1	1.6	1.3	1.2	1.4	1.6
6	宁苜 1 号	X_1	2.6	1.9	1.4	1.3	1.6	2.3	3.2
	Ningmu No 1	X_2	2.7	2.1	1.6	1.3	1.2	1.0	1.7
7	朝阳苜蓿	X_1	2.3	1.0	1.4	1.4	1.6	2.1	2.8
	Alfalfa Zhaoyang	X_2	2.4	2.0	1.5	1.3	1.3	1.5	1.8
8	内蒙苜蓿	X_1	2.1	1.6	1.0	1.3	1.6	2.2	2.9
	Alfalfa Nei meng	X_2	2.4	1.9	1.0	1.3	1.2	1.4	1.6
9	新疆大叶	X_1	2.1	1.4	0.9	0.9	1.2	1.9	2.8
	Alfalfa Xingjiang	X_2	2.3	1.6	1.1	0.9	0.9	1.2	1.8
10	三 得 利	X_1	1.8	1.3	0.9	0.9	1.1	1.6	2.2
	Sanditi	X_2	2.4	1.7	1.1	0.9	0.9	1.3	1.9

从表 3 可以看出, NaCl (X_1) 和水分(X_2) 对不同品种脯氨酸含量(Y) 的单因素效应变化趋势基本一致,即当 NaCl (X_1) 取 0 水平时,水分对各品种的脯氨酸含量影响为:随水分胁迫的增加,各品种体内脯氨酸均有不同量的增加趋势,只是 C W301、C W200、阿尔冈金和陇东苜蓿四种苜蓿体内脯氨酸含量较高,随水分胁迫增加,脯氨酸的增量也较高;金皇后、内蒙苜蓿、朝阳苜蓿和宁苜 1 号四个品种脯氨酸含量较少,随水分胁迫的增加,体内脯氨酸含量的增加量相对也较少;三得利和新疆大叶两个品种体内脯氨酸含量最低,随水分胁迫增加,体内脯氨酸含量的增加量也相对最低。当水分因子(X_2) 取 0 水平时,NaCl (X_1) 对脯氨酸含量的变化规律为:随 NaCl 胁迫的增加,各品种体内脯氨酸均有相似的变化规律,即随着 NaCl 浓度的增大,各品种体内脯氨酸含量均出现先减小,后增大的趋势,而且 C W301、C W200、阿尔冈金和陇东苜蓿四种苜蓿体内脯氨酸含量较高,随 NaCl 胁迫增加,脯氨酸的变化量也较大;金皇后、内蒙苜蓿、朝阳苜蓿和宁苜 1 号四个品种脯氨酸含量较少,随 NaCl 胁迫的增加,体内脯氨酸含量的变化量也较少;三得利和新疆大叶两个品种体内脯氨酸含量最低,随 NaCl 胁迫增加,体内脯氨酸含量的变化量相对最低。

2.3 不同苜蓿品种在 NaCl 、水分胁迫下脯氨酸含量(Y) 变化的交互效应分析

由 NaCl 、水分两因素对脯氨酸影响数学模拟的检验方程可以看出,阿尔冈金、新疆大叶、宁苜 1 号、内蒙苜蓿和金皇后五种苜蓿品种 NaCl 、水分两因素对体内脯氨酸影响的交互效应不显著,说明该五个苜蓿品种 NaCl 、水分两因素对其体内脯氨酸含量影响没有交互作用;其余五个品种 C W301、三得利、陇东苜蓿、朝阳苜蓿和 C W200,NaCl 、水分两因素对体内脯氨酸影响均有交互作用,而且均为负交互,并且交互作用的大小排序为: $Y_{C W301} = Y_{\text{陇东苜蓿}} > Y_{C W200} = Y_{\text{三得利}} > Y_{\text{朝阳苜蓿}}$ 。可见 NaCl 、水分两因素对这五个品种脯氨酸含量影响的交互作用以 C W301、陇东苜蓿交互作用最大,其次是 C W200 和三得利,以朝阳苜蓿的交互影响最小。

2.4 以脯氨酸为主要指标对 10 种主栽苜蓿抗盐、抗旱性的综合评价

因 C W301 苗期在 NaCl 、水分胁迫下生长量及脯氨酸含量最高,选择其为母序列: $X_{(K)} = [X_{(1)}, X_{(2)}, X_{(3)}, \dots, X_{(n)}]$, 其余品种为子序列: $X_{i(K)} = [X_{i(1)}, X_{i(2)}, X_{i(3)}, \dots, X_{i(n)}]$, 对 10 个苜蓿品种编号如下:1、三得利;2、新疆大叶;3、内蒙苜蓿;4、朝阳苜蓿;5、宁苜 1 号;6、金皇后;7、阿尔冈金;8、陇东苜蓿;9、C W200; 参比母序列为 1、

CW301;采用以下方法计算第*i* 品种分别在NaCl、水分胁迫下关联系数 $\zeta_{(k)}$ 与关联度

$$\zeta_{(k)} = \frac{\min_i \min_k |X_{Q(k)} - X_{i(k)}| + \max_i \max_k |X_{Q(k)} - X_{i(k)}|}{|X_{Q(k)} - X_{i(k)}| + \max_i \max_k |X_{Q(k)} - X_{i(k)}|}$$

式中, $\rho = 0.5$,再求出两个因素对各品种脯氨酸含量影响的等权关联度并排序,

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \zeta_{(k)}$$

对各品种苗期的抗盐抗旱性进行综合评价。

当水分因素为 0 水平时,计算各品种抗盐性关联系数。经数值标准化处理,计算各品种与CW301 盐分关联系数: $G_{1(1,1)} = 0.28464$; $G_{1(1,2)} = 0.22145$; $G_{1(1,3)} = 0.28261$; $G_{1(1,4)} = 0.34955$; $G_{1(1,5)} = 0.31219$; $G_{1(1,6)} = 0.34779$; $G_{1(1,7)} = 0.2360$; $G_{1(1,8)} = 0.26290$; $G_{1(1,9)} = 0.55508$;

各品种耐盐能力排序为: CW301 > CW200 > 朝阳苜蓿 > 金皇后 > 宁苜 1 号 > 三得利 > 内蒙苜蓿 > 陇东苜蓿 > 阿尔冈金 > 新疆大叶;

同样计算各品种水分胁迫关联系数: $G_{2(1,1)} = 0.21994$; $G_{2(1,2)} = 0.22317$; $G_{2(1,3)} = 0.26660$; $G_{2(1,4)} = 0.28346$; $G_{2(1,5)} = 0.27049$; $G_{2(1,6)} = 0.30743$; $G_{2(1,7)} = 0.33306$; $G_{2(1,8)} = 0.28403$; $G_{2(1,9)} = 0.67296$;

各品种耐旱能力排序为: CW301 > CW200 > 阿尔冈金 > 金皇后 > 陇东苜蓿 > 朝阳苜蓿 > 宁苜 1 号 > 内蒙苜蓿 > 新疆大叶 > 三得利;

计算等权关联度: $G = (G_1 + G_2) / 2$

各种苜蓿抗盐抗旱的等关联度为: $G(1,1) = 0.2523$; $G(1,2) = 0.2223$; $G(1,3) = 0.2746$; $G(1,4) = 0.3165$; $G(1,5) = 0.2913$; $G(1,6) = 0.3276$; $G(1,7) = 0.2845$; $G(1,8) = 0.2735$; $G(1,9) = 0.6140$;

最后确定出 10 种主栽苜蓿品种的抗盐抗旱性排序为: CW301 > CW200 > 朝阳苜蓿 > 金皇后 > 宁苜 1 号 > 阿尔冈金 > 内蒙苜蓿 > 陇东苜蓿 > 三得利 > 新疆大叶。

3 结 论

1) NaCl 胁迫除陇东和阿尔冈金苜蓿对其体内脯氨酸含量表现为负效应外,其它苜蓿品种均表现为正效应;水分胁迫对各品种的脯氨酸含量均表现为负效应。

2) NaCl 和水分两因素对不同品种脯氨酸含量

的单因素效应变化趋势基本一致,当NaCl 取 0 水平时,水分对各品种的脯氨酸含量影响为:随水分胁迫的增加,各品种体内脯氨酸均有不同量的增加趋势;当水分因子取 0 水平时,NaCl 对脯氨酸含量的变化规律为:随NaCl 胁迫的增加,各品种体内脯氨酸均出现先减小,后增大的趋势。

3) NaCl、水分两因素对阿尔冈金、新疆大叶、宁苜 1 号、内蒙苜蓿和金皇后五种苜蓿品种体内脯氨酸含量影响的交互效应不显著;其余五个品种CW301、三得利、陇东苜蓿、朝阳苜蓿和CW200,NaCl、水分两因素对体内脯氨酸影响交互作用显著,均为负交互,交互作用的大小排序为: $Y_{CW301} = Y_{\text{陇东苜蓿}} > Y_{CW200} = Y_{\text{三得利}} > Y_{\text{朝阳苜蓿}}$ 。

4) 10 种主栽苜蓿品种的抗盐抗旱性排序为: CW301 > CW200 > 朝阳苜蓿 > 金皇后 > 宁苜 1 号 > 阿尔冈金 > 内蒙苜蓿 > 陇东苜蓿 > 三得利 > 新疆大叶。

本试验结果证明在水分盐分复合胁迫下 10 种苜蓿体内脯氨酸含量均有不同含量增加的势态,这一结论进一步证实了在逆境条件下植物体内脯氨酸变化对其抗逆具有重要意义。脯氨酸是植物抗逆的主要生理特征指标之一,但仅凭其对各品种的抗盐抗旱性进行定论评价还不够,还需要进一步对其它生理指标及田间生长状况进行综合分析。

参 考 文 献:

- [1] 曾华宗,罗 利.植物抗旱、耐盐基因概述[J].植物遗传资源学报,2003,4(3):270—273.
- [2] 张 伟,沈振荣.宁夏引黄灌区盐渍化发展变化趋势及治理对策[J].甘肃农业科技,2005,(11):40—45.
- [3] 汪一鸣.宁夏生态环境建设的基本思路及对策[J].宁夏大学学报(自然科学版),1999,20(20):113—117.
- [4] 杨世宏,黄玉库.宁夏苜蓿产业发展现状、问题与对策探讨[J].宁夏农林科技,2003,(6):84—85.
- [5] 倪秀珍,张 强.抗盐植物研究进展[J].Special Wild Economic Animal and Plant Resch.,2004,(4):58—63.
- [6] 沈 艳,谢应忠.牧草抗旱性和耐盐性研究进展[J].宁夏农学院学报,2004,25(1):65—71.
- [7] 谢振宇,杨光德.研究牧草耐盐性研究进展[J].草业科学,2003,20(8):11—18.
- [8] 张楠楠,徐香玲.植物抗盐机理的研究[J].哈尔滨师范大学自然科学学报,2005,21(1):65—69.
- [9] 辛国荣,董美玲.水分胁迫下植物乙烯、脯氨酸积累、气孔反应的研究现状[J].草业科学,1997,14(2):62—66.
- [10] 韩瑞宏,毛 凯,干友民,等.干旱对草坪草的影响[J].草原与草坪,2003,5,8—11.
- [11] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.

(英文摘要下转第 204 页)

Water using and transfor ming efficiency of rainwater harvesting : concept and ways of enhancing

ZHANG Jian xin¹, ZHENG Da wei², LI Fen¹, DUAN Yu³

(1. *Institute of Applied Meteorology , Nanjing University of Information Science & Technology , Nanjing 210044, China ;*

2. *College of Resources and Environmental Science , China Agricultural University , Beijing 100094, China ;*

3. *Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences , Hohhot 010030, China)*

Abstract : Rainwater harvesting for agriculture is the agricultural activity which collects , stores runoff and uses it for drinking , sanitation and supplemental irrigation . It includes several interrelated processes : rainwater collecting , rainwater storing , rainwater transporting and rainwater utilizing . Prevenient researches of rainwater harvesting focused more on each individual process or technique and did not concern the processes or techniques as a whole . This resulted in a loose relationship of above processes and low water transfor ming efficiency from one process to another . In this paper , the concept of Water Using and Transfor ming Efficiency of rainwater harvesting is put forward systematically . The sub processes of rainwater harvesting rainwater collecting , rainwater reserving , rainwater transporting and rainwater using are studied and analyzed as a whole . Then combining some experi mental data , several ways to enhance rainwater using and transfor ming efficiency are provided .

Key words : rainwater harvesting ; water using and transfor ming efficiency ; enhancing way

(上接第 150 页)

Free proline trends during seedling stage of ten staple alfalfa varieties in Ningxia with NaCl and water compound stress

LI U Gen hong , XIE Ying zhong , LAN Jian , YANG Rui , ZHAO Gong qiang

(*Ningxia Univeristy , Yinchuan , Ningxia 750021, China*)

Abstract : An experi ment was conducted to study the free proline trends during seedling stage and give ten - tative evaluation about their capability to resist water and NaCl stress of ten staple alfalfa varieties in Ningxia with NaCl and water compound stress by using quadratic general spinning design . The results showed do minant effect of free proline variation on all alfalfa varieties displayed positive effect except Longdong and Algonguin with negative effect in the case of NaCl stress , which displayed negative effect in the case of water stress ; Single effect displayed in all varieties free proline content increased at first and then , decreased in serious NaCl stress , and increased in serious drought ; As for the interaction effect of water and NaCl on free proline variation , five varieties such as C W³⁰¹ , Sanditi , Longdong , Zhaoyang and C W²⁰⁰ displayed negative effect significantly with the order as $Y_{CW^{301}} = Y_{Longdong} > Y_{CW^{200}} = Y_{Sanditi} > Y_{Zhaoyang}$, while the other varieties such as Algonguin , Xingjiang , Ningmu No 1 , Nei meng and Golden Empress displayed no significant to evaluate the resistance of ten staple alfalfa varieties to NaCl and drought according to their free proline content from high to low , the following order may be drawn : $CW^{301} > CW^{200} > Zhaoyang > Golden Empress > Ningmu No 1 > Algonguin > Nei meng > Longdong > Sanditi > Xingjiang$.

Key words : NaCl ; water ; compound stress ; proline contain ; alfalfa