

偃麦草属植物种质材料不同耐盐群体生理指标分析

孟 林,毛培春,张国芳

(北京市农林科学院北京草业与环境研究发展中心, 北京 100097)

摘 要: 采用温室苗期模拟 NaCl 盐分胁迫方法,对来自于 21 个国家的偃麦草属 8 个植物种 34 份种质材料苗期的叶片相对含水量(RWC)、相对电导率(REC)、脯氨酸(Pro)、 K^+/Na^+ 、相对生长速度变化率、耐盐系数、存活率和出现盐害到死亡时间等指标进行测定,且将 0.9% NaCl 浓度下的各项生理指标变化率和生长指标测定值,利用欧氏最大距离聚类分析,将 34 份偃麦草属植物种质划分为 3 个耐盐群体(级别):即耐盐种质、中度耐盐种质、敏盐种质。在此基础上,对 NaCl 胁迫下的 RWC、REC、Pro 和 K^+/Na^+ 等生理指标进行比较分析,结果显示:随着 NaCl 胁迫浓度的增加,不同耐盐群体的偃麦草属植物种质材料叶片的各项生理指标表现出不同的变化趋势,其中 REC、Pro、 Na^+ 均呈逐渐增加趋势,而 K^+ 、 K^+/Na^+ 和 RWC 则呈逐渐下降趋势,但当 NaCl 浓度上升至 1.2% 时,与对照(CK)相比,耐盐种质的 REC、Pro 和 Na^+ 分别增加了 121.83%、29.25 倍和 145.45%, K^+ 、 K^+/Na^+ 和 RWC 分别下降了 26.89%、74.26% 和 16.40%;而敏盐种质的 REC、Pro 和 Na^+ 分别增加了 199.20%、75.45 倍和 617.86%, K^+ 、 K^+/Na^+ 和 RWC 分别下降了 43.16%、93.55% 和 27.69%,中度耐盐种质的增加和下降幅度居于二者之间。

关键词: 偃麦草属;种质;耐盐性;生理指标

中图分类号: S543+.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0083-07

偃麦草属 (*Elytrigia* Desv.) 系禾本科小麦族 (*Triticeae* Dumort) 优良多年生根茎疏丛型草本植物,具有十分重要的利用价值^[1]。有的种质以其强抗旱抗寒性、耐盐碱性和抗病性等成为小麦进行远缘杂交的重要亲本材料,成为小麦改良不可缺少的野生基因库^[2];有的种质还是我国中西部地区重要的牧草资源和防风固沙、水土保持、改良盐碱地的理想植物^[3,4]。关于偃麦草属植物耐盐性的研究,除了与其他牧草种或品种进行比较研究外^[5,6],系统地开展偃麦草属不同种间、品种间、种质材料间的耐盐性研究较少^[7-9]。本研究采用温室苗期模拟 NaCl 盐浓度梯度胁迫,对来自不同国家的偃麦草属植物种质材料苗期耐盐性进行综合鉴定与评价,划分不同的耐盐群体(级别),并分析在不同 NaCl 浓度胁迫下其生理指标的变化趋势和规律。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以从美国植物种质资源库中收集整理到的来自于 21 个国家 8 个偃麦草属植物种的 34 份种质材料为试验材料(表 1)。

1.2 试验设计

试验从 2007 年 3~5 月在北京市农林科学院草业中心日光温室内进行,温室平均气温 26.5℃(白

天)/17.0℃(夜晚),相对湿度 52.2%(白天)/81.8%(夜晚)。试验土壤为过筛的大田土、草炭、细沙按 1:1:1 的体积比配制而成,土壤有机质含量 36.20 g/kg、全氮 1.40 g/kg、速效磷 23.03 mg/kg、速效钾 65.83 mg/kg、水溶性盐 42 mS/cm, pH 值 7.01。装入花盆(上口口径×下口径×高=17 cm×12 cm×14 cm)中,保证每盆干土重量为 1.5 kg。每个供试材料播 15 盆,每盆 40 粒种子,待幼苗长到三叶期时,每盆选择长势均匀的 25 株定苗,并开始进行盐分胁迫。设置 4 个处理浓度(分析纯 NaCl 占土壤干重的 0.3%、0.6%、0.9% 和 1.2%)^[10],1 个对照(CK,无 NaCl),每处理 3 次重复。将配制好的不同浓度的盐溶液分别一次性浇入对应的花盆中,对照浇入等量的自来水,以保证每盆土壤含水量为最大田间持水量的 70%左右^[11]。胁迫试验开始后,每天根据土壤水分的蒸发情况,浇入适量的水,以保证土壤含水量相对恒定。胁迫到 15 d 时测定各项生理和生长指标。

1.3 测定项目与方法

于胁迫第 15 天时,取 0.3%、0.6%、0.9%、1.2% 胁迫浓度和 CK 下各种质幼嫩叶片,测定如下生理和生长指标,其中生理指标有:叶片相对含水量(RWC)采用饱和称重法^[12];相对电导率(REC)采用电导率法测定^[13];游离脯氨酸(Pro)的含量采用茚三酮法^[13]; K^+ 、 Na^+ 采用原子吸收分光光度法^[14],

收稿日期:2008-10-25

基金项目:国家自然科学基金项目(30571321);“十一五”国家重点科技支撑项目(2008BADB3B05);北京市农林科学院常规育种财政专项;北京市科技计划项目(Z09090501040902)

作者简介:孟 林(1966—),男,内蒙古乌兰察布人,博士,主要从事草业资源与生态研究工作。E-mail: menglin9599@sina.com。

表 1 偃麦草属植物种质供试材料及来源
Table 1 Tested materials and sources of *Elytrigia* Desv. germplasm

现编号 New code	原编号 Original ID	种名 Species	种质材料名 Name of germplasm and material	来源地 Origin
ER008	PI 180407	偃麦草 <i>E. repens</i>	—	印度 India
ER014	PI 531747		D - 3244	波兰 Poland
ER027	PI 593438		MH - 114 - 1085	土耳其埃尔祖鲁姆 Erzurum, Turkey
ER028	PI 317410		QHAAV	阿富汗 Shaharak, Afghanistan
ER030	PI 499630		DT - 3045	中国新疆 Xinjiang, China
ER032	PI 502361		AR - 200	前苏联 Former Soviet Union
ER033	PI 371689		PN - 543	美国阿拉斯加 Alaska, United States
ER035	PI 401317		D - 1061	伊朗大不里士 Tabriz, Iran
ER036	PI 565007		AJC - 312	哈萨克斯坦阿克纠宾斯克 Aktyubinsk, Kazakhstan
ER037	PI 595134		X93028	中国新疆 Xinjiang, China
ER038	PI 634252		UKR - 99 - 105	乌克兰克里米亚 Krym, Ukraine
ER039	PI 618807		W94029	蒙古 Mongolia
ER041	PI 253431		—	南斯拉夫 Yugoslavia
ER044	PI 598741		AJC - 302	俄罗斯列宁格勒 Leningrad, Russia
ER045	PI 311333		A - 238	西班牙 Spain
EE007	PI 297871	长穗偃麦草 <i>E. elongata</i>	C. P. I. 27103	阿根廷 Argentina
EE011	PI 574516		ALKAR	美国华盛顿 Washington, United States
EE014	PI 276399		C. P. I. No. 22748	德国 Germany
EE017	PI 308592		FAO 18. 173	意大利 Italy
EE022	PI 578686		ORBIT	加拿大萨斯喀彻温 Saskatchewan, Canada
EE023	PI 535580		811	突尼斯 Tunisia
EE026	PI 595139		X93047	中国新疆 Xinjiang, China
EE027	PI 401007		D - 19	土耳其 Turkey
EE047	PI 578683		PLATTE	美国内布拉斯加 Nebraska, United States
EH001	PI 276708	杂交偃麦草	IV - 68	俄罗斯列宁格勒 Leningrad, Russia
EH002	PI 277183	<i>E. hybrid</i>	—	法国 France
EJ001	PI 634312	<i>E. juncea</i>	D - 3674	希腊 Greece
EJ003	PI 414667		W6 11157	荷兰 Zeeland, Netherlands
EPO02	PI 508561	<i>E. pontica</i>	546	阿根廷 Argentina
EPO04	PI 636523		D - 3494	阿根廷 Argentina
EPO03	PI 547312		VIR - 44719	俄罗斯列宁格勒 Leningrad, Russia
EL001	PI 440059	<i>E. lolioides</i>	D - 2026	前苏联 Former Soviet Union
EPU02	PI 277185	<i>E. pungens</i>	—	法国 France
EI022	PI 547334	长穗偃麦草 <i>E. intermedia</i>	D - 3209	波兰 Poland

计算 K^+/Na^+ 。RWC、REC 和 Pro 变化率 = (0.9% 浓度下的 RWC、REC 和 Pro 测定值 - CK 的 RWC、REC 和 Pro 测定值)/CK 的 RWC、REC 和 Pro 测定值 $\times 100\%$; K^+/Na^+ 变化率 = (CK 的 K^+/Na^+ 值 - 0.9% 浓度下的 K^+/Na^+ 值)/CK 的 K^+/Na^+ 值 $\times 100\%$ 。

测定的生长指标有相对生长速度变化率^[15], 相对生长速度 = (胁迫后的株高 - 胁迫前的株高)/胁迫天数 $\times 100\%$; 相对生长速度变化率 = 胁迫植株的相对生长速度/对照植株的相对生长速度 $\times 100\%$;

耐盐系数^[16], 系盐害症状出现前在不同浓度 NaCl 胁迫下生长的天数乘以百分比浓度的总和; 存活率, 系盐胁迫 15 d 时存活的苗数与处理前成活的总苗数的百分比; 出现盐害到死亡时间, 以全盆 50% 以上植株死亡定为死亡时间^[17]。

1.4 数据处理与分析

将 NaCl 胁迫到第 15 天时上述 8 个生理和生长形态指标测定值, 采用 SPSS11.0 数理统计分析软件进行欧氏最大距离聚类进行方差分析^[18]。

2 结果与分析

2.1 偃麦草属植物种质材料耐盐性的聚类分析

不同 NaCl 浓度胁迫下,偃麦草属植物种质材料苗期的生长状况和生理指标的变化不同。在 0.3% 和 0.6% NaCl 浓度下,各材料受到胁迫后各生理和生长指标的测定值与对照(CK)的相比,变化幅度均

相对较缓,当 NaCl 浓度升至 0.9% 时各指标表现出显著差异,1.2% NaCl 浓度下有的种质材料还会出现死亡。故本研究将 0.9% NaCl 浓度下的各项生理指标(RWC、REC、Pro、K⁺/Na⁺)的变化率和相对生长速度变化率、耐盐系数、存活率和出现盐害到死亡时间 8 项耐盐指标进行综合聚类分析(表 2、图 1),将 34 份偃麦草属植物种质材料聚合为 3 个耐盐群

表 2 0.9%NaCl 浓度胁迫 15 d 后的偃麦草属植物各项生理指标变化率和生长状况
Table 2 Change rates of physiological indexes and growth characteristics of
Elytrigia Desv. seedlings at stress 15 d under 0.9% NaCl concentration

种质材料 Cermplasm and material	RWC 变化率 Change rate of RWC (%)	REC 变化率 Change rate of REC (%)	Pro 变化率 Change rate of Pro (%)	K ⁺ /Na ⁺ 变化率 Change rate of K ⁺ /Na ⁺ (%)	相对生长 速度变化率 Change rate of relative growth (%)	耐盐系数 Salt-tolerant coefficient	存活率 Livability (%)	出现盐害到 死亡的时间 Days of salinity injure to death (d)
ER008	- 17.54 f	74.14klj	1759.71 gf	83.61	43.75	23.10	77.27	4
ER014	- 20.96 de	131.67ed	1886.51 d	87.83	23.56	21.90	77.27	4
ER027	- 14.66 ji	85.40gijh	1636.78 jih	81.47	35.67	27.90	100.00	6
ER028	- 21.93bc	126.10ed	2113.60 c	91.86	12.68	20.47	85.00	3
ER030	- 11.26 lmn	76.01 klj	1191.91 m	83.34	48.06	26.70	100.00	4
ER032	- 17.61f	113.43 ef	1726.18 gfh	83.57	35.98	24.50	100.00	5
ER033	- 22.46 ba	146.04 d	2160.51 c	88.94	15.69	25.00	93.33	3
ER035	- 10.07 n	19.82 o	872.13 n	73.33	47.52	30.80	100.00	8
ER036	- 11.76 lm	260.20 b	2125.83 c	93.99	15.77	18.12	88.46	4
ER037	- 14.11 ji	82.24 kgijh	1549.0 jk	78.48	34.76	26.10	98.15	4
ER038	- 18.98 e	112.58 ef	1869.14 ed	84.99	24.08	24.42	64.29	4
ER039	- 23.77 a	312.65 a	2313.90 b	91.84	- 18.53	21.50	100.00	5
ER041	- 12.47 lk	75.74 klj	1313.89 l	50.28	41.44	26.30	94.44	6
ER044	- 15.26 ih	86.82 gijh	1675.78 gih	78.13	38.49	28.50	96.67	5
ER045	- 14.30 ji	82.89 gijh	1516.04 k	83.66	22.36	26.10	100.00	5
EE007	- 21.63 bc	101.31 gf	1907.89 d	71.17	28.87	20.20	86.00	4
EE011	- 11.08 lmn	58.64 klm	876.05 n	48.33	48.01	30.70	100.00	5
EE014	- 10.96 mn	44.12 on	779.68 on	40.42	44.45	31.26	78.57	5
EE017	- 11.19 lmn	26.77 lm	876.59 n	64.48	46.06	31.80	100.00	8
EE022	- 19.23 de	110.58 ef	2088.65 c	91.99	18.60	23.70	100.00	4
EE023	- 11.86 lm	42.75 nm	850.58 on	40.22	44.23	33.80	100.00	7
EE026	- 10.87 mn	46.71 nm	809.68 on	73.73	43.26	33.00	100.00	6
EE027	- 16.52gfh	98.39 gifh	1701.71 gfh	61.50	34.58	26.40	100.00	9
EE047	- 11.10 lmn	63.09 kljm	858.50 on	65.08	47.27	31.08	100.00	1
EH001	- 10.80 mn	55.37 lm	772.88 on	57.86	47.12	29.50	82.61	6
EH002	- 10.59 mn	64.86 kljm	754.72 o	59.37	44.63	22.70	100.00	3
EJ001	- 16.05 gh	95.66 gifh	1632.27 jih	66.56	29.62	28.00	100.00	5
EJ003	- 21.66 bc	129.61 ed	2117.43 c	86.89	12.44	21.45	100.00	5
EP002	- 17.05 gf	98.60 gfh	1784.60 ef	70.25	34.38	23.55	100.00	5
EP004	- 13.43 jk	80.66 kgijh	1361.15 l	73.60	43.54	25.20	100.00	4
EP003	- 14.35 ji	84.83 gijh	1575.97 jik	61.42	40.95	26.40	92.59	8
EL001	- 22.69 ba	169.66 c	2461.99 a	87.11	12.35	20.30	71.43	5
EPU02	- 11.03 lmn	74.09 klj	1124.93 m	57.14	47.14	35.10	100.00	6
EIO22	- 22.38 b	169.29 c	2160.51 c	94.94	- 10.20	15.30	75.21	5

注:同列中不同字母的表示差异显著(P<0.05)。 Note: Different letters in the same column mean significance (P<0.05).

体(级别):即耐盐种质(Higher salt tolerant germplasm, HSTG)包括 ER030、ER035、ER041、EE011、EE014、EE017、EE023、EE026、EE047、EH001、EH002、EPU02; 中度耐盐种质(Medium salt tolerant gremplasm, MSTG)包括 ER008、ER014、ER027、ER032、ER037、ER038、ER044、ER045、EE007、EE027、EJ001、EPO02、EPO03、EPO04; 敏盐种质(Sensitive salt germplasm, SSG)包括 ER028、ER033、ER036、ER039、EE022、EI022、EJ003、EL001。

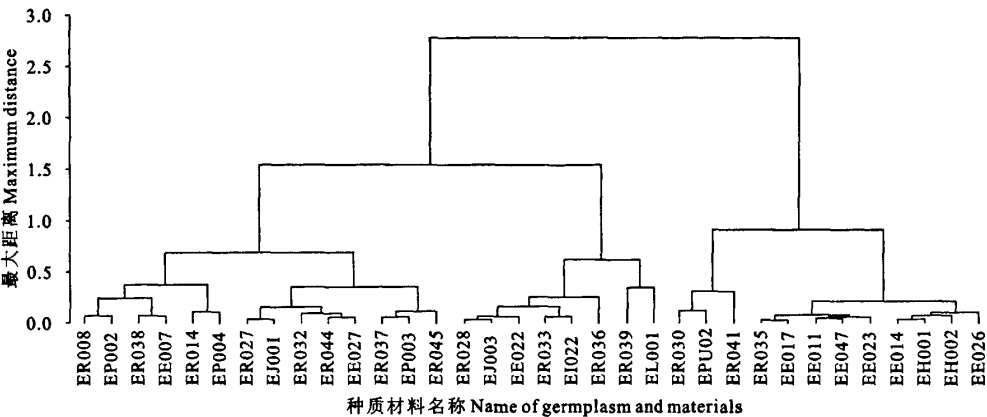


图 1 34 份偃麦草属植物种质材料苗期耐盐性分析聚类图
Fig.1 Cluster tree diagram of salt tolerance of 34 germplasm and materials of *Elytrigia* Desv. at seedling stage

2.2 相对电导率(REC)的变化

在 NaCl 连续胁迫下,植物叶片的 REC 上升越快,表明细胞膜受到的伤害越大,耐盐性就越差^[10,12,17]。由图 2 显示,随着 NaCl 浓度的增加,REC 均呈逐渐上升趋势。在 0.3% 和 0.6% NaCl 浓度胁迫下,3 个耐盐群体的 REC 间没有显著差异,而当 NaCl 浓度升至 0.9% 时,3 个耐盐群体 REC 间存在显著差异,敏盐种质的 REC 由 0.6% NaCl 浓度下的 17.87% 急速增加至 0.9% 和 1.2% NaCl 浓度下的 30.35% 和 33.51%,而耐盐种质的 REC 仅由 0.6% NaCl 浓度下的 15.06% 增加至 0.9% 和 1.2% NaCl 浓度下的 15.40% 和 22.76%,增幅相对缓慢。

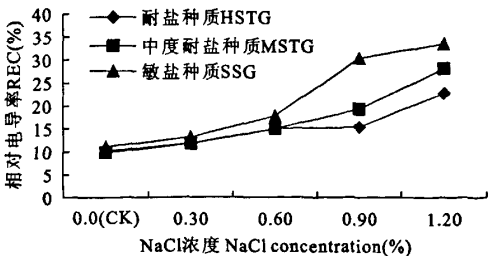


图 2 偃麦草属植物种质不同耐盐群体相对电导率的变化
Fig.2 The REC variation of different salt tolerant *Elytrigia* Desv. germplasm and materials

2.3 游离脯氨酸(Pro)的变化

连续盐胁迫下,Pro 含量随之大幅增加,与植物的耐盐性密切正相关^[19-21]。随着 NaCl 浓度的增加,Pro 含量均呈逐渐增加趋势,但 0.3% 和 0.6% NaCl 浓度下,3 个耐盐群体的 Pro 间没有显著差异,当 NaCl 浓度增加至 0.9% 时,差异显著。敏盐种质的 Pro 含量由 CK 的 53.1 $\mu\text{g/g}$ 增加到 0.9% 和 1.2% 浓度下的 1 216.51 $\mu\text{g/g}$ 和 4 006.16 $\mu\text{g/g}$,而耐盐种质的 Pro 含量由 CK 的 63.9 $\mu\text{g/g}$ 增加到 0.9% 和 1.2% 浓度下的 651.72 $\mu\text{g/g}$ 和 1 869.36 $\mu\text{g/g}$,中度耐盐种质的 Pro 增幅居于二者之间,在 1.2% 浓度下,达到 2 970.73 $\mu\text{g/g}$ 。Pro 含量随 NaCl 胁迫浓度的增

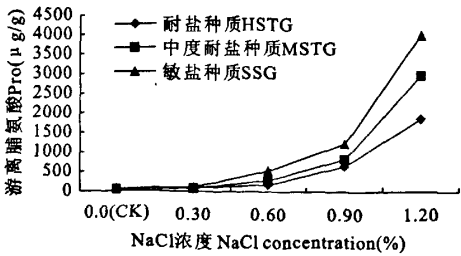


图 3 偃麦草属植物种质不同耐盐群体游离脯氨酸的变化
Fig.3 The Pro variation of different salt tolerant *Elytrigia* Desv. germplasm and materials

加而增加,且增幅越大,耐盐性越差,这与在苜蓿^[21]、黑麦草^[22]、转基因冰草^[23]、碱茅^[24]等牧草中的研究结果一致。

2.4 K^+/Na^+ 的变化

在盐生环境下,植物维持体内 K^+ 、 Na^+ 平衡的能力与其耐盐性呈正相关^[19,25,26]。由图 4 可知,3 个耐盐群体叶片中 K^+ 含量随 NaCl 胁迫浓度的增加而呈现逐渐下降趋势,而 Na^+ 含量则呈现逐渐上升趋势,但耐盐种质叶片中 K^+ 下降幅度和 Na^+ 上升幅度相对缓慢,敏盐种质 K^+ 下降幅度和 Na^+ 上升幅度则较大。这与石德成等^[27]的研究结果相似,即大多数植物对 K^+ 、 Na^+ 吸收具有拮抗作用,随着体内 Na^+ 含量上升, K^+ 含量则下降。3 个耐盐群体叶片的 K^+/Na^+ 随 NaCl 浓度的增加呈逐渐下降趋势(图 5),当 NaCl 胁迫浓度由 0(CK)升至 0.3% 时,耐盐、中度耐盐和敏盐种质叶片中 K^+/Na^+ 呈急速下降,分别由 CK 的 14.3%、17.07% 和 18.3% 下降为 0.3% 浓度下的 7.73%、6.75% 和 5.14%,下降了 45.94%、60.46% 和 71.91%,而当 NaCl 浓度分别为 0.3%、0.6%、0.9%,直到 1.2% 时,下降相对较为缓慢,且耐盐种质叶片的 K^+/Na^+ 显著高于中度耐盐和敏盐种质的。耐盐种质叶片的 K^+/Na^+ 由 NaCl 浓度 0.3% 时的 7.73% 下降到 0.9% 和 1.2% 浓度下的 5.05% 和 3.68%,而敏盐种质叶片的 K^+/Na^+ 由 NaCl 浓度 0.3% 时的 5.14% 下降到 0.9% 和 1.2% 浓度下的 1.54% 和 1.18% (图 5)。

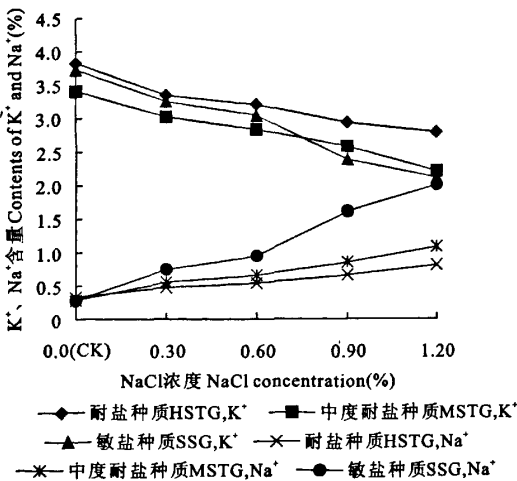


图 4 偃麦草属植物种质不同耐盐群体 K^+ 、 Na^+ 含量的变化

Fig.4 The K^+ 、 Na^+ variation of different salt tolerant

Elytrigia Desv. germplasm and materials

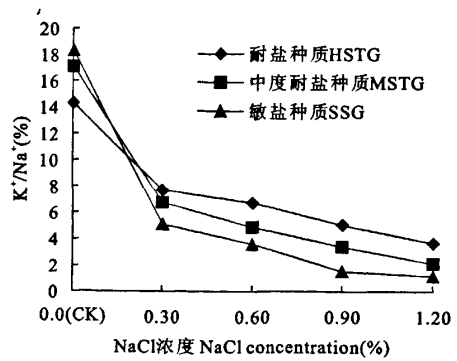


图 5 偃麦草属植物种质不同耐盐群体 K^+/Na^+ 的变化

Fig.5 The K^+/Na^+ variation of different salt tolerant

Elytrigia Desv. germplasm and materials

2.5 叶片相对含水量(RWC)的变化

盐胁迫导致植物叶片 RWC 下降,而且随着盐浓度的增加,RWC 下降幅度也增大^[10,28]。当 NaCl 浓度在 0.3% 和 0.6% 时,3 个耐盐群体的叶片 RWC 分别为 88.99%、85.79%、86.83% 和 85.47%、82.34%、78.39%,相互间没有明显差异。但当 NaCl 浓度升至 0.9% 和 1.2% 时,耐盐种质叶片 RWC 分别达到 83.04% 和 78.43%,分别由 CK 的 93.81% 下降了 11.48% 和 16.39%;而 0.9% 和 1.2% 浓度下,敏盐种质叶片 RWC 分别达到 72.34% 和 66.04%,分别由 CK 的 91.33% 下降了 20.79% 和 27.69%,充分说明耐盐种质 RWC 的下降速度较敏盐种质的相对要缓慢,更能忍耐 NaCl 的胁迫。中度耐盐种质叶片的 RWC 变化居于二者之间(图 6)。王雪青等对野大麦的盐胁迫研究同样得出 RWC 的变化一定程度上反映了植株的耐盐能力和保水能力,RWC 变化越小,其保水能力和耐盐能力越强^[28]。

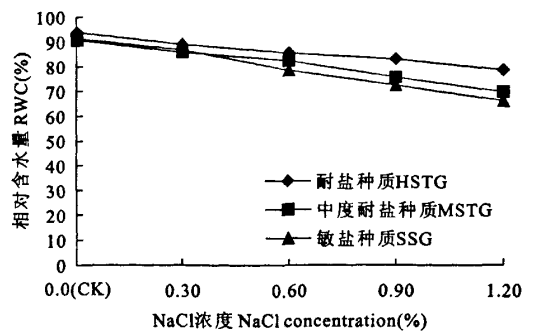


图 6 偃麦草属植物种质不同耐盐群体相对含水量的变化

Fig.6 The RWC variation of different salt tolerant

Elytrigia Desv. germplasm and materials

3 结 论

1) 通过 0.9% NaCl 浓度下耐盐指标变化率的综合评价和数学聚类分析, 可将 8 个偃麦草属植物种的 34 份种质材料划分为 3 个不同耐盐群体(级别), 即耐盐种质、中度耐盐种质和敏盐种质。

2) 不同耐盐群体的偃麦草属植物种质材料, 在 NaCl 胁迫下各项生理指标表现出不同的变化趋势, 其中 REC、Pro、 Na^+ 均呈逐渐增加趋势, 而 K^+ 、 K^+/Na^+ 和 RWC 则呈逐渐下降趋势, 但当 NaCl 浓度上升至 1.2% 时, 与对照(CK)相比, 耐盐种质的 REC、Pro 和 Na^+ 分别增加了 121.83%、29.25 倍和 145.45%, K^+ 、 K^+/Na^+ 和 RWC 分别下降了 26.89%、74.26% 和 16.40%; 而敏盐种质的 REC、Pro 和 Na^+ 分别增加了 199.20%、75.45 倍和 617.86%, K^+ 、 K^+/Na^+ 和 RWC 分别下降了 43.16%、93.55% 和 27.69%, 中度耐盐种质的增加和下降幅度居于二者之间。

3) 在 0.3% 和 0.6% NaCl 浓度胁迫下与对照(CK)相比, 3 个耐盐群体的各生理和生长指标值变化幅度均相对较缓, 当 NaCl 浓度升至 0.9% 时各指标呈现出显著差异($P < 0.05$), 如耐盐种质的 REC、 Na^+ 分别为 15.4% 和 0.66%, 而敏盐种质的 REC 则分别高达 30.35% 和 1.61%。

参 考 文 献:

- [1] 陈默君, 贾慎修. 中国饲用植物[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 125—130.
- [2] 王洪刚, 刘树兵, 亢增军, 等. 中间偃麦草在小麦遗传改良中的应用研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2000, 31(3): 333—336.
- [3] 孟 林, 张国芳. 优良饲用坪用水土保持兼用植物—偃麦草[J]. 草原与草坪, 2003, (4): 16—18.
- [4] 谷安琳. 耐盐碱栽培牧草—长穗薄冰草[J]. 中国草地, 2004, 26(2): 9.
- [5] 毛培春. 18 种多年生禾草种子萌发期和幼苗期的耐盐性比较研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2004.
- [6] 白玉娥. 根茎类禾草耐盐性评价及生理基础的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2004.
- [7] 张 竞. 偃麦草属植物耐盐性评价及耐盐补偿生理学研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2006.
- [8] 张 耿, 高洪文, 王 赞, 等. 偃麦草属植物苗期耐盐性指标筛选及综合评价[J]. 草业学报, 2007, 16(4): 55—61.
- [9] 彭运翔, 张力君, 于颖杰, 等. 偃麦草属植物种子和幼苗的耐盐性[J]. 内蒙古草业, 2002, 14(3): 42—43.
- [10] 尚春艳, 张国芳, 毛培春, 等. 中间偃麦草苗期 NaCl 胁迫的生理响应[J]. 华北农学报, 2008, 23(4): 157—162.
- [11] 董 钻, 沈秀瑛. 作物栽培学总论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 141.
- [12] 邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 11—12.
- [13] 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: 258—263.
- [14] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 278.
- [15] 费永俊, 王 燕, 李秋杰, 等. 几个草种的抗盐性评价[J]. 四川草原, 2005, (5): 19—21.
- [16] 陈穗云, 夏光敏, 陈惠民, 等. 小麦与高冰草(长穗偃麦草)体细胞杂种株系与其亲本幼苗抗盐性的比较[J]. 西北植物学报, 2000, 20(3): 327—332.
- [17] 赵可夫. 植物抗盐生理[M]. 北京: 中国科技出版社, 1993: 242.
- [18] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. (第 3 版). 北京: 电子工业出版社, 2007: 391—443.
- [19] Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu J K. Understanding and improving salt tolerance in plants[J]. Crop Sci, 2005, 45: 437—448.
- [20] Hare P D, Cress W A. Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants[J]. Plant Growth Regulation, 1997, 21: 79—102.
- [21] Petrusal M, Winicol L. Proline status in salt tolerant and salt sensitive alfalfa cell lines and plants in response to NaCl[J]. Plant Physiol Biochem., 1997, 35(4): 303—310.
- [22] 李孔晨, 卢欣石. 黑麦草属 9 个品种萌发及苗期耐盐性研究[J]. 草业科学, 2008, 25(3): 111—115.
- [23] 徐春波, 米福贵, 王 勇. 转基因草植株耐盐性研究[J]. 草地学报, 2006, 14(1): 20—23.
- [24] 王锁民, 朱兴运, 赵 银. 盐胁迫对拔节期碱茅游离脯氨酸成分和脯氨酸含量的影响[J]. 草业学报, 1994, 3(3): 22—26.
- [25] 翁森红, 聂素梅, 徐恒刚. 禾本科牧草 K^+/Na^+ 与其耐盐性的关系[J]. 四川草原, 1998, (2): 22—23.
- [26] Tester M, Davenport R. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants[J]. Annals of Botany, 2003, 91(5): 503—527.
- [27] 石德成, 殷立钢. 盐(NaCl)与碱(Na_2CO_3)对星星草胁迫作用的差异[J]. 植物学报, 1993, 35(2): 144—149.
- [28] 王雪青, 张俊文, 魏建华, 等. 盐胁迫下野大麦耐盐生理机制初探[J]. 华北农学报, 2007, 22(1): 17—21.

Analysis of physiological indexes variation for *Elytrigia* Desv. germplasm at different salt resistant colonies

MENG Lin, MAO Pei-chun, ZHANG Guo-fang

(Beijing Research and Development Center for Grasses and Environment, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract: The simulating salinity stress method in green house was adopted, and the relative water content, the relative electrical conductivity rate(REC), the content of free proline(Pro), K^+/Na^+ , the change rate of relative growth (RWC), the salt-tolerant coefficient, the livability and the days of salinity injure to death of 34 germplasm and materials of 8 species of *Elytrigia* Desv. collected from 21 different countries were measured and analyzed at seedling stage, and the above 8 index values at 0.9% NaCl concentration were analyzed using the Euclidean Farthest Distance Cluster Method. The results showed that 34 germplasm and materials were classified into 3 salt tolerant colonies (classes), namely higher salt tolerant germplasm (HSTG), medium salt tolerant germplasm (MSTG) and sensitive salt germplasm (SSG). And different variation trends and rules of the physiological indexes of different salt tolerant *Elytrigia* Desv. germplasm were showed, among them, REC, Pro and Na^+ showed gradually increase but K^+ , K^+/Na^+ and RWC showed gradually decrease, but when NaCl concentration was raised up to 1.2%, REC, Pro and Na^+ were increased by 121.83%, 29.25 times and 145.45%; K^+ , K^+/Na^+ and RWC were decreased by 26.89%, 74.26% and 16.40% for the HSTG, respectively. However, REC, Pro and Na^+ were increased by 199.20%, 75.45 times and 17.86%; K^+ , K^+/Na^+ and RWC were decreased by 43.16%, 93.55% and 27.69% for the SSG, respectively. The increase and decrease scales of the MSTG were in the middle.

Key words: *Elytrigia* Desv.; germplasm; salt tolerance; physiological indexes

(上接第75页)

Influence of orchard planting-life and returned to cultivated land on soil moisture content in typical gully region of the Loess Plateau

CHE Sheng-guo¹, GUO Sheng-li^{1,2}, GAO Hui-yi¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resource, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The change of land use and land management takes crucial roles on environment of soil moisture content. The various land use and management were collected, such as peak period, aged orchard and cultivated land from returning orchard on three terrains, i.e. tableland, slopeland and ridgeland, to analyze the effect of change of land-use and management on soil moisture content in soil profile in the form of measuring distribution of soil moisture in the 0~400 cm (0~600 cm on tableland). The results show that: on the slopeland and ridgeland, soil moisture content of peak orchard and aged orchard is close to crop wilting humidity, approximately equalled to 10%. On tableland, soil moisture in peak orchard and aged orchard is about 15%. For cultivated land aged four years after returning orchard, the water storage in 0~400 cm on slopeland increases significantly. On tableland and ridgeland, compared to aged orchard the soil water storage in profile can not reach significant level although it increases; and for cultivated land aged four years after returning orchard, the soil moisture in 60~140 cm and 220~400 cm in profile on slopeland and ridgeland increase significantly, compared to 220~600 cm on tableland.

Key words: loess plateau; soil moisture content; returning orchard to cultivated land