

# 镧浸种对百喜草种子萌发及生理生化特性的影响

宋 华 伟, 张 巨 明, 刘 颖, 姬 静 华

(华南农业大学 林学与风景园林学院, 广东 广州 510642)

**摘 要:**以百喜草种子为试材,研究了 2、5、10、20、30、50、100、300、500、1 000 mg/L 的氯化镧浸种对百喜草种子萌发及幼苗生长过程中生理生化特性的影响。结果表明:La<sup>3+</sup> 浸种对百喜草种子萌发和幼苗生长有影响且与浓度有关;2~20 mg/L 的 La<sup>3+</sup> 处理能提高百喜草种子活力及淀粉酶活性,并且能促进百喜草幼苗茎叶和根系的生长,其中以 20 mg/L 处理效果最为显著;当 La<sup>3+</sup> 浓度>50 mg/L 时,百喜草种子的活力指数、淀粉酶活性以及幼苗茎叶和根系生长受到抑制;此外,镧对百喜草幼苗地下部分生长的影响比地上部分生长的影响显著。

**关键词:**百喜草;镧;种子萌发;幼苗生长

**中图分类号:**S 688.404<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0065-05

中国是世界稀土资源最为丰富的国家<sup>[1]</sup>,稀土元素对植物生长及抗逆有重要作用,许多学者已经证实适当添加稀土元素,在促进作物优质增产的同时,还有诱导植物抗性的能力<sup>[2-3]</sup>。镧是 17 种稀土元素中最重要和最活泼的元素<sup>[4]</sup>,具有提高植物种子酶活性、加快胚乳储藏细胞中高分子物质分解与合成、提供种子萌发所需的能量和养分、促进种子萌发和增强抵御逆境胁迫等作用<sup>[5-6]</sup>。

百喜草(*Paspalum natatu*)属禾本科雀稗属多年生草本植物,又名巴哈雀稗、标志雀稗等<sup>[7]</sup>。具有适应性广、生长迅速、抗逆性强、耐践踏的特点<sup>[8-9]</sup>。在我国目前已推广至华南及西南地区的近 10 个省区,在水土保持、动物饲料、美化绿化等方面应用广泛<sup>[10-11]</sup>。

有关稀土元素在草坪草上应用的研究还比较少,该试验研究了不同浓度 La<sup>3+</sup> 浸种处理对百喜草种子萌发及幼苗生长期间相关生理生化指标的影响,旨在明确 La<sup>3+</sup> 是否对百喜草种子萌发及幼苗生长有影响,并筛选出最佳浓度,以期进一步阐明稀土元素在百喜草生长中的生理作用,为百喜草的生产和推广提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试百喜草种子,购于克劳沃集团。

**第一作者简介:**宋华伟(1990-),男,硕士研究生,研究方向为草坪生理。E-mail:583854165@qq.com.

**责任作者:**张巨明(1963-),男,博士,副研究员,研究方向为草坪与草地生态。E-mail:jimmzh@scau.edu.cn.

**基金项目:**广东省科技计划资助项目(2012B020302002)。

**收稿日期:**2015-05-19

### 1.2 试验方法

试验于 2014 年 10 月初进行,试验前用 0.2%NaClO 消毒百喜草种子 10 min,用蒸馏水冲洗数次,再分别置于 2、5、10、20、30、50、100、300、500、1 000 mg/L 氯化镧溶液中,浸泡 24 h,以蒸馏水为对照(0 mg/L)。从浸泡过的种子中各精选 150 粒健康饱满的种子,用蒸馏水冲洗数次,然后分别放入垫有 2 层滤纸的 9 cm 培养皿中,加入等量的蒸馏水,每处理重复 4 次。试验在光照培养箱中培养,温度为 28℃,湿度为 75%~80%,光周期为 10 h/14 h(光/暗比),培养过程中每 24 h 更换 1 次蒸馏水。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 种子活力测定** 种子发芽指标的测定参照颜启传等<sup>[12]</sup>的方法:发芽率(GR,%)=7 d 发芽的种子数/供试种子数×100;发芽指数(GI)= $\sum(Gt/Dt)$ ,式中:Gt 为不同时间的发芽数,Dt 为相应的发芽天数;活力指数(VI)= $S \times \sum(Gt/Dt)$ ,式中:S 为单株幼苗平均鲜重。

**1.3.2 淀粉酶活力测定** 当试验进行到 4 d 后,采用 3,5-二硝基水杨酸还原法测定萌发种子的淀粉酶活性<sup>[13]</sup>。

**1.3.3 种子膜透性测定** 参考杨小环等<sup>[14]</sup>的方法,取 50 粒用不同 La<sup>3+</sup> 浓度溶液浸种处理的百喜草种子,经去离子水反复冲洗干净,然后用滤纸吸干种子表面水分,置 50 mL 刻度试管中,加去离子水 30 mL,加塞置于 35℃恒温箱中保温 24 h。室温条件下用 DDSJ-307 型电导率仪(上海精密科学仪器有限公司)测定种子的电导率。之后将锥形瓶先置水浴锅中沸水浴 10 min,再冷却至室温后摇匀,测种子杀死后的电导值,计算种子相对电导率,重复 3 次。种子相对电导率(%)=(种子煮前电

导值/种子煮后电导值)×100。

1.3.4 幼苗生长指标 对萌发第8天的百喜草幼苗测定株高、根长、茎干重、根干重、根茎比。每处理30株(随机取10株进行测定),重复3次。株高和根长用直尺测定拉直后的长度,分离地上部和地下部,105℃杀青,80℃烘干至恒重,根茎比=地上部干重/地下部干重<sup>[15]</sup>,重复3次。采用分光光度法测定第9天幼苗叶绿素含量<sup>[13]</sup>,重复3次。

#### 1.4 数据分析

试验数据均用Excel 2010统计并制图表,应用SPSS 17.0统计分析软件对不同浓度处理的发芽率、发芽指数、根长、株高等各项指标进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度 $\text{La}^{3+}$ 对百喜草种子活力的影响

从表1可以看出,在2~20 mg/L范围内, $\text{La}^{3+}$ 浸种处理均提高了百喜草幼苗的发芽率、干重和活力指数,说明低浓度 $\text{La}^{3+}$ 能提高百喜草种子的生长速率,促进幼苗生长,且 $\text{La}^{3+}$ 浓度为20 mg/L时效果最为显著;而当 $\text{La}^{3+}$ 浓度 $\geq 50$  mg/L时,百喜草幼苗的干重和活力指数均受到抑制,且随着浓度的升高抑制作用越明显。

表1 不同浓度  $\text{La}^{3+}$  对百喜草种子活力的影响

Table 1 Effect of different  $\text{La}^{3+}$  concentrations on seed vigor of *Paspalum natatu*

$\text{La}^{3+}$ 浓度 $\text{La}^{3+}$ concentration /(mg·L <sup>-1</sup> )	发芽率 Germination rate/%	发芽指数 Germination index	幼苗干重 Seedling dry weight /(×10 <sup>-2</sup> mg)	活力指数 Vigor index
0	39.33±2.40	19.67±1.59	33.33±0.67cd	655.66±1.06e
2	40.00±1.15	20.00±1.79	36.67±1.33bc	733.33±2.39cd
5	41.33±1.77	20.67±1.91	38.33±0.33b	792.35±0.64bc
10	41.33±1.33	20.67±1.57	39.33±0.67b	813.02±1.05b
20	44.00±2.30	22.00±1.64	43.33±1.67a	953.33±2.73a
30	42.67±3.71	21.33±1.78	33.00±1.53cd	703.89±2.72e
50	42.00±2.00	21.00±1.20	30.33±1.20de	636.00±1.44e
100	40.80±2.31	20.40±1.65	28.00±1.00fe	571.20±1.65f
300	40.67±3.53	20.33±1.80	25.33±2.03fg	515.03±3.65gh
500	40.64±1.76	20.31±1.19	22.33±1.21g	454.04±1.43g
1 000	39.33±0.67	19.66±1.83	15.67±0.67h	308.16±1.22h

注:同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同。

Note: The different lowercase letters in the same column show significant differences at  $P<0.05$  level. The same below.

### 2.2 不同浓度 $\text{La}^{3+}$ 浸种对百喜草种子淀粉酶活力的影响

由图1可知,在低 $\text{La}^{3+}$ 浓度2~50 mg/L范围内,用 $\text{La}^{3+}$ 浸种,百喜草种子淀粉酶活性有所提高,但增幅不明显;以20 mg/L  $\text{La}^{3+}$ 浸种的百喜草种子淀粉酶活性最高,比对照提高14.88%,而当 $\text{La}^{3+}$ 浓度 $>50$  mg/L时,百喜草种子淀粉酶活性则逐渐下降,但降幅不明显。可

见镧对百喜草萌发期间淀粉酶活性影响不大。

### 2.3 不同浓度 $\text{La}^{3+}$ 浸种对百喜草种子膜透性的影响

由图2可知,经不同浓度 $\text{La}^{3+}$ 浸泡处理后,百喜草种子的相对电导率呈先逐渐下降而后升高的变化趋势。但所有浓度浸种处理,电导率均不同程度降低,且20、30 mg/L的 $\text{La}^{3+}$ 溶液浸种处理与对照相比差异达显著水平,分别比对照降低5.14%和4.44%。

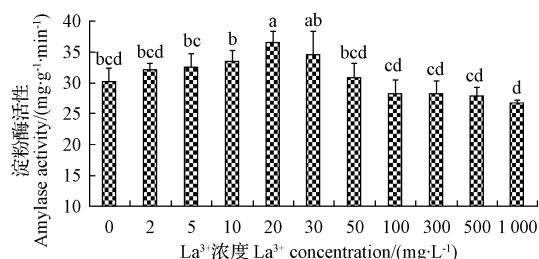


图1 不同浓度  $\text{La}^{3+}$  对萌发百喜草种子淀粉酶活性的影响

Fig. 1 Effect of different  $\text{La}^{3+}$  concentrations on amylase activity of germinating *Paspalum natatu* seed

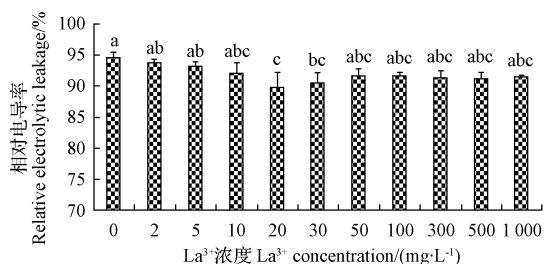


图2 不同浓度  $\text{La}^{3+}$  对萌发百喜草种子膜透性的影响

Fig. 2 Effect of different  $\text{La}^{3+}$  concentrations on membrane permeability of germinating *Paspalum natatu* seed

### 2.4 不同浓度 $\text{La}^{3+}$ 浸种对百喜草幼苗生长的影响

2.4.1 不同浓度  $\text{La}^{3+}$  对百喜草幼苗地上部分生长的影响 由图3可知,2~30 mg/L  $\text{La}^{3+}$ 浸种处理对百喜草株高有促进作用,与对照相比,5、10、20 mg/L的 $\text{La}^{3+}$ 处理促进效果显著;但随着 $\text{La}^{3+}$ 浓度的进一步升高,百喜草植株的生长受到了一定的抑制作用,当 $\text{La}^{3+}$ 浓度 $>100$  mg/L时,抑制作用显著。从图4可以看出,5~

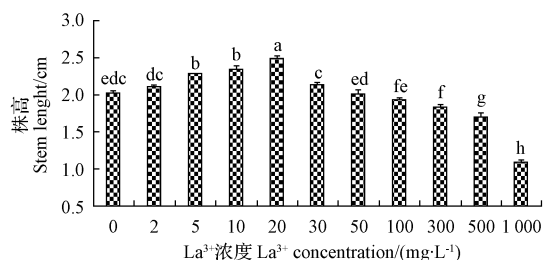


图3 不同浓度  $\text{La}^{3+}$  对百喜草株高的影响

Fig. 3 Effect of different  $\text{La}^{3+}$  concentrations on stem length of *Paspalum natatu*

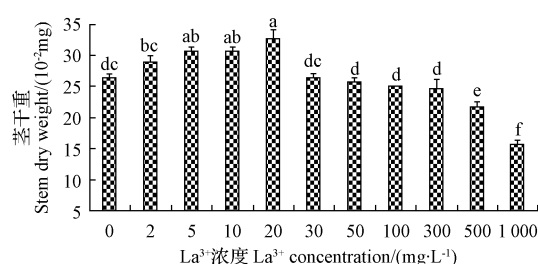


图4 不同浓度 La³⁺ 对百喜草茎干重的影响

Fig. 4 Effect of different La³⁺ concentrations on dry stem weight of *Paspalum natatu*

20 mg/L La³⁺ 浸种处理的百喜草茎干重明显高于对照;随着 La³⁺ 浓度的进一步升高,百喜草茎干重呈下降的趋势,且当 La³⁺ 浓度>300 mg/L 时,对百喜草茎干重有显著抑制作用。

2.4.2 不同浓度 La³⁺ 浸种对百喜草幼苗叶绿素含量的影响 由表 2 可知,2~30 mg/L La³⁺ 浸种处理的百喜草幼苗的叶绿素含量与对照相比,叶绿素含量呈增加趋势,且 5、10、20、30 mg/L La³⁺ 浸种处理促进效果显著;随着 La³⁺ 浓度的增加,百喜草幼苗的叶绿素含量呈下降趋势,且当 La³⁺>300 mg/L,与对照相比叶绿素含量显著降低。

表 2 不同浓度 La³⁺ 对百喜草幼苗叶绿素含量的影响

Table 2 Effect of different La³⁺ concentrations on seedlings chlorophyll content of *Paspalum natatu* mg/L

La³⁺ 浓度 La³⁺ concentration	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content	叶绿素含量 Chlorophyll content
0	1.919±0.014de	0.490±0.001d	2.410±0.015de
2	2.001±0.027cd	0.526±0.009c	2.527±0.036cd
5	2.168±0.048b	0.553±0.014b	2.721±0.062b
10	2.223±0.043b	0.609±0.003a	2.832±0.040b
20	2.331±0.042a	0.624±0.004a	2.955±0.045a
30	2.060±0.026c	0.537±0.016bc	2.598±0.042c
50	1.996±0.059cd	0.517±0.003c	2.513±0.063cd
100	1.956±0.028cde	0.488±0.002d	2.444±0.030de
300	1.866±0.024ef	0.477±0.004d	2.343±0.028ef
500	1.811±0.022f	0.475±0.008d	2.287±0.014f
1 000	1.799±0.015f	0.480±0.005d	2.279±0.009f

2.4.3 不同浓度 La³⁺ 对百喜草幼苗地下部分生长的影响 由图 5 可知,2~20 mg/L La³⁺ 处理对百喜草根长有显著的促进作用,而当 La³⁺ 浓度≥100 mg/L 时,则显著抑制根的生长。由图 6 可以看出,2~20 mg/L La³⁺ 处理对百喜草根干重有促进作用,且以 20 mg/L 处理的促进效果最为显著;但随着 La³⁺ 浓度的进一步升高,百喜草根系生长受到显著抑制作用,尤其在 1 000 mg/L 浓

度处理下的百喜草根系受到严重抑制,根系轻微到万分之一天平无法称量到根干重数值。

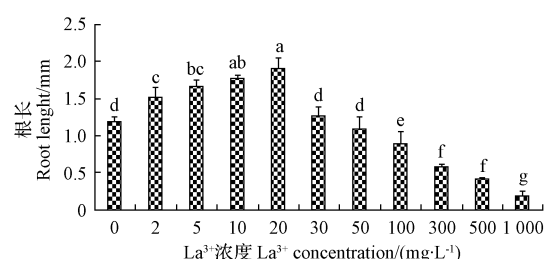


图5 不同浓度 La³⁺ 对百喜草根长的影响

Fig. 5 Effect of different La³⁺ concentrations on root length of *Paspalum natatu*

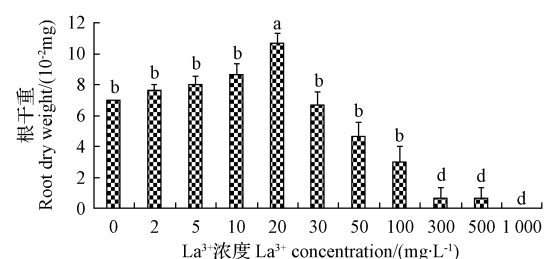


图6 不同浓度 La³⁺ 对百喜草根干重的影响

Fig. 6 Effect of different La³⁺ concentrations on dry root weight of *Paspalum natatu*

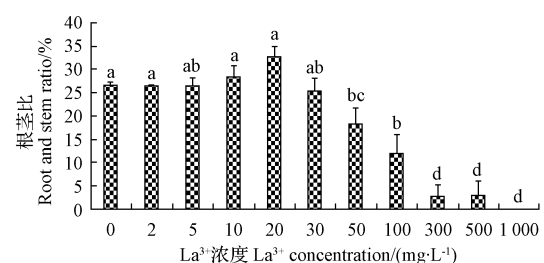


图7 不同浓度 La³⁺ 对百喜草根茎比的影响

Fig. 7 Effect of different La³⁺ concentrations on root and stem ratio of *Paspalum natatu*

2.4.4 不同浓度 La³⁺ 对百喜草幼苗根茎比的影响 从图 7 可以看出,随着 La³⁺ 浓度的增加(2~20 mg/L),根所占的比例逐渐增加;而 La³⁺ 浓度>30 mg/L 时,根所占的比例又逐渐减小。由此可知,La³⁺ 对百喜草植株地下部分(根系)生长的影响比对地上部分(茎叶)生长的影响更加明显,这种影响与 La³⁺ 浓度有关。

### 3 讨论

种子的发芽情况是判定种子质量,确定播种的一项重要指标<sup>[16]</sup>。该研究结果表明,不同浓度 La³⁺ 浸种的百喜草发芽率和发芽指数都高于对照,但无显著性差异,说明 La³⁺ 对百喜草种子的萌发率和萌发速度影响不大,这与冉景盛等<sup>[17]</sup>的研究结果一致。低 La³⁺ 浓度

(2~20 mg/L)的浸种可以显著增加种子的活力指数,促进百喜草植株的生长。

在种子萌发过程中,淀粉酶可以催化贮藏淀粉水解,为作物幼苗的形态建成和生长发育提供主要的物质和能量来源<sup>[18]</sup>。SHEPHARD等<sup>[19]</sup>对水稻种子淀粉酶与种子活力之间关系的研究表明,幼苗胚根伸长淀粉酶活性密切相关。VELASCO等<sup>[20]</sup>认为,稀土对植物生长的影响与水解酶活性有关。该研究结果表明,低 $\text{La}^{3+}$ 浓度(2~20 mg/L)浸种处理可以增加淀粉酶的活性,但效果不显著。

植物完整的种子膜结构,可以保证萌发时细胞内各种反应的正常进行。当种子老化或者受损时,细胞膜受到破坏,透性增大,种子内营养物质外渗增多,种子活力降低<sup>[21]</sup>。该试验结果表明,所有浓度的 $\text{La}^{3+}$ 浸种处理都降低了种子的相对电导率,且以20 mg/L处理最为显著。说明适当 $\text{La}^{3+}$ 浓度浸种处理,对百喜草种子细胞膜的修复有一定的促进作用<sup>[22]</sup>。

低 $\text{La}^{3+}$ 浓度(2~20 mg/L)浸种处理对百喜草种子幼苗生长起促进作用,且当 $\text{La}^{3+}$ 浓度为20 mg/L时效果最佳,根长、株高和叶绿素含量等均达到最大值;而当 $\text{La}^{3+}$ 浓度>50 mg/L时,幼苗茎叶、根系的生长缓慢,干物质的积累、叶绿素的含量开始下降,这可能是因为稀土可改变植物细胞膜性质和结构,破坏叶绿体结构,降低叶绿素含量,而导致光合作用减弱造成的<sup>[23]</sup>。而且 $\text{La}^{3+}$ 浸种对百喜草幼苗的根系生长的影响比茎叶生长的影响显著,这可能与稀土提高根中的内源激素GA和IAA的含量以及 $\text{La}^{3+}$ 在百喜草体内不同部位的富集量有关<sup>[24]</sup>。

该试验各项生理生化指标及种子萌发结果表明, $\text{La}^{3+}$ 浸种对百喜草种子萌发和幼苗生长有影响且与浓度有关。适当浓度的 $\text{La}^{3+}$ (2~20 mg/L)浸种处理对百喜草种子的萌发和幼苗的生长起促进作用,以20 mg/L的 $\text{La}^{3+}$ 处理效果最好。因稀土元素并非生物必需元素<sup>[25]</sup>,它在土壤中和植物体内迁移性相对较小,外源稀土大部分残留在农田的表层土壤中,并迅速积累,演变成具有一定毒性的重金属<sup>[26-28]</sup>。长期施用可能会对百喜草及土壤产生负面效应,所以建议在百喜草种子萌发时选择适当的浓度浸种加以利用镧的有益性,若施用于土壤则需先测定土壤中镧的残留浓度。

#### 参考文献

[1] 程建忠,车丽萍.中国稀土资源开采现状与发展趋势[J].稀土,2010,31(2):65-69.  
[2] ZHOU Q, HUANG X H, CAO Y H, et al. Mitigative effect of La on glycine max seedling under Pb-Cd compound pollution[J]. J Rare Earths, 1999, 17(4): 303-307.  
[3] 邵红建,常江,张自立,等.稀土在植物抗逆中的生理作用[J].中国稀土学报,2003,21(5):487-490.

[4] 彭安,朱建国.稀土元素的环境化学及生态效应[M].北京:中国环境科学出版社,2003:4-10.  
[5] 赵依杰,张小红,林航,等.硝酸镧对甜瓜叶片生理指标和果实品质的影响[J].云南农业大学学报,2010,25(1):91-97.  
[6] 陈远孟,白厚义,李杨瑞.镧在主要农作物上的应用及生理生化作用[J].广西农业科学,2003(6):14-17.  
[7] WALTON P D. Production and management of cultivated forages[M]. Virginia: Reston Publishing Company, 1983: 67-69.  
[8] 刘士余,聂明英,彭鸿燕.百喜草及其应用研究[J].安徽农业科学,2007,35(25):7808-7810.  
[9] 储国良,傅反生,王敬根,等.生态节约型草坪百喜草应用技术研究[J].江苏农业科学,2011,39(6):292-294.  
[10] 龙忠富,孟军江,刘正书.百喜草营养动态初探[J].四川草原,2004(4):12-14.  
[11] 陈宏荣,林芬,夏卫平.福厦高速公路边坡稳定与绿化技术研究[J].草业科学,2001,18(5):50-52.  
[12] 颜启传,胡伟民,宋文坚.种子活力测定的原理和方法[M].北京:中国农业出版社,2006:75-82.  
[13] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2010:174-176.  
[14] 杨小环,杨文秀,李卫东,等.稀土浸种对玉米萌发和幼苗生长的影响[J].山西农业科学,2011,39(2):116-119.  
[15] 姚佳,刘信宝,郭米山,等.不同浓度NaCl胁迫对扁蓿豆苗期生长及生理指标的影响[J].草地学报,2014,22(3):564-571.  
[16] ATTREE S M, FOWKE L C. Embryogeny of gymnosperms: advances in synthetic seed technology of conifers[J]. Plant Cell, 1993, 35(1): 1-35.  
[17] 冉景盛,陈今朝,方平,等.硝酸镧浸种对水稻种子萌发及生理生化特性的影响[J].湖北农业科学,2009,48(2):283-285.  
[18] 葛才林,杨小勇,孙锦荷,等.重金属胁迫对水稻萌发种子淀粉酶活性的影响[J].西北农林科技大学学报,2002,30(3):47-52.  
[19] SHEPHARD H L, NAYLOR R E L, STUCHBURY T. The influence of seed maturity at harvest and drying method on the embryo, alpha-amylase activity and seed vigour in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. Seed Science and Technology, 1995, 23(2): 487-499.  
[20] VELASCO J R, AYERBE F R. Effects of rare earths on some enzymes of oil plants[J]. Coconut Study, 1979, 4(1): 111-115.  
[21] 徐亚丽,王慧超,郑美娜,等.PEG 6000 渗透处理对茎瘤芥老化种子膜透性的影响[J].安徽农业科学,2009,37(26):12476-12477.  
[22] WU J Y, WANG C G, MEI X G. Stimulation of taxol production and excretion in *Taxus* spp cell cultures by rare earth chemical lanthanum[J]. Journal of Biotechnology, 2001, 85(1): 67-73.  
[23] WEN K J, LIANG C J, WANG L H, et al. Combined effects of lanthanum and acid rain on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in soybean seedlings[J]. Chemosphere, 2011, 84(1): 601-608.  
[24] 杨燕生,刘德,龙白娟,等.镧对小麦幼苗素质、蛋白质及钙调素水平的影响[J].稀土,1997,18(2):61-63.  
[25] 唐慧安,赵爱萍,刘妍,等.稀土生物无机化学近十年的进展[J].天水师范学院学报,2003,23(2):19-23.  
[26] XIE Z B, ZHU J G. Influence of exogenous lanthanum on fertility parameters of red soil and paddy soil[J]. Rare Earths, 2001, 19(3): 229-232.  
[27] 金妹兰,黄益宗.土壤中稀土元素的生态毒性研究进展[J].生态毒理学报,2014,9(2):213-223.  
[28] WANG X, LIN Y S, LIU D W, et al. Cerium toxicity, uptake and translocation in *Arabidopsis thaliana* seedlings[J]. Journal of the Chinese Rare Earth, 2012, 30(6): 579-585.



# “德钦”紫花苜蓿苗期耐热性综合评价

赵 雁<sup>1</sup>, 车伟光<sup>1</sup>, 毕玉芬<sup>2</sup>

(1. 云南农业大学 园林园艺学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学 动物科学与技术学院, 云南 昆明 650201)

**摘 要:**以“阿尔冈金”(低秋眠级, 2)、“赛迪 10”(高秋眠级, 9)和“德钦”(低秋眠级, 1, 2)为试材, 采用了 30℃/35℃(夜温/昼温)长期高温处理方法, 研究了高温胁迫对“德钦”苗期的光化学效率、相对电导率、丙二醛含量、相对含水量、细胞质和细胞膜蛋白质的影响, 以探明云南野生栽培品种“德钦”紫花苜蓿苗期的耐热性。结果表明: 3 个紫花苜蓿品种苗期的耐热性强弱为: “赛迪 10”(1.00) > “德钦”(0.47) > “阿尔冈金”(0.06)。“赛迪 10”为耐热性强的品种; “德钦”耐热性中等; “阿尔冈金”为耐热性弱的品种。苗期“德钦”的耐热性强于“阿尔冈金”, 弱于“赛迪 10”。“德钦”的耐热性可能与其高温胁迫下维持细胞膜的完整性和叶片持水能力强有关, 也与其机体对膜蛋白质的保护有关。

**关键词:**“德钦”紫花苜蓿; 秋眠级; 苗期; 耐热性; 评价

**中图分类号:**S 551+.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0069-05

温度上升超过一定幅度, 可能改变植物的代谢和生长发育, 造成不可逆的损害, 最终导致生长量和产量的减少。高温胁迫下, 光合作用是最敏感的生理过程之一<sup>[1]</sup>, 高温使光合色素含量降低并伤害类囊体上的光化学反应中心<sup>[2]</sup>, 导致 PSII 功能降低甚至完全丧失<sup>[3-4]</sup>。植

物对高温胁迫的适应是依赖于整个机体的大量分子反应, 如胁迫感应、信号传导和热相关蛋白质的表达<sup>[5]</sup>。高温胁迫将影响蛋白质代谢过程, 阻碍蛋白质合成和积累、蛋白质降解和变性, 以及诱导产生热激蛋白<sup>[6]</sup>。蛋白质加速降解将导致叶片快速衰老<sup>[7-8]</sup>。与此同时, 高温胁迫将诱导或增强热激蛋白的转录和合成<sup>[9-10]</sup>。细胞中的蛋白质在大小、可溶性、定位和分布各不相同<sup>[11]</sup>, 不同蛋白质的诱导或降解均与植物的耐热性有关<sup>[12-14]</sup>。此外, 细胞膜的热稳定性越高, 植物的耐热性越强<sup>[15-16]</sup>。在云南干热河谷地区严酷的干热条件下, 栽培紫花苜蓿品种很难生存, 而“德钦”紫花苜蓿能够成群落分布, 并

**第一作者简介:**赵雁(1974-), 女, 博士, 副教授, 研究方向为牧草种质资源与育种。E-mail: 744234036@qq.com.

**责任作者:**毕玉芬(1960-), 女, 博士, 教授, 研究方向为牧草种质资源与育种。E-mail: biyufenynd@sina.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31160480)。

**收稿日期:**2015-06-16

## Effect of Seed Soaking With $\text{La}^{3+}$ on Seed Germination and Physiological and Biochemical Characteristics of *Paspalum natatu*

SONG Huawei, ZHANG Juming, LIU Ying, JI Jinghua

(College of Landscape and Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

**Abstract:** Using *Paspalum natatu* seed as test materials, the effect of soaking *Paspalum natatu* seed with lanthanum chloride solution at concentrations of 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 300, 500, 1 000 mg/L on its germination and physiological and biochemical characteristics were studied. The results showed that  $\text{La}^{3+}$  had effects on seed germination and physiological and biochemical characteristics of *Paspalum natatu*, and depended on the concentration of  $\text{La}^{3+}$ . Within the range of 2—20 mg/L,  $\text{La}^{3+}$  soaking increased vigor of seed and its amylase activities, and promoted the *Paspalum natatu* seedling leaf and root growth, and 20 mg/L of  $\text{La}^{3+}$  was the best. When  $\text{La}^{3+}$  concentration was higher than 50 mg/L, seed vigor, amylase activities, seedling leaf and root growth was inhibited. Furthermore, it was found that the effect of  $\text{La}^{3+}$  on the growth of underground part was much stronger than the ground part.

**Keywords:** *Paspalum natatu*; lanthanum; seed germination; seedling growth