

# 水分条件对狗牙根匍匐茎萌发及幼苗生长的影响

胡红<sup>1</sup>, 曹昀<sup>1,2</sup>, 杨阳<sup>1</sup>

(1. 江西师范大学 地理与环境学院, 南昌 330022; 2. 江西师范大学 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 南昌 330022)

**摘 要:**通过控制土壤水分含量的盆栽试验,设置 C<sub>0</sub>(5%),C<sub>1</sub>(10%),C<sub>2</sub>(20%),C<sub>3</sub>(25%),C<sub>4</sub>(30%)和 C<sub>5</sub>(35%)6 个水分处理,研究了不同的土壤水分含量对狗牙根匍匐茎萌发及幼苗生长过程中各项指标的影响。结果表明:(1) 随土壤水分含量的增加,狗牙根匍匐茎的萌发率和幼苗株高、叶片数量、叶片长度、叶绿素以及单株生物量均呈先升高后降低的趋势;(2) 土壤水分含量与狗牙根幼苗特征值(幼苗株高、叶片数量、叶片长度、单株生物量)存在显著或极显著的相关性;(3) 利用高斯模型定量分析狗牙根匍匐茎对土壤水分含量的响应,得出狗牙根匍匐茎萌发及幼苗的最适土壤水分生态幅为[14.78%,30.15%],极限生态幅为[5.65%,38.26%],水分含量对狗牙根匍匐茎萌发幼苗的单株生物量和平均叶片长度影响最为显著。

**关键词:**狗牙根匍匐茎; 土壤水分含量; 萌发; 幼苗生长

中图分类号:Q945.78

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)03-0284-04

## Effects of Soil Moisture Content on Stolons Germination and Seedling Growth of *Cynodon dactylon*

HU Hong<sup>1</sup>, CAO Yun<sup>1,2</sup>, YANG Yang<sup>1</sup>

(1. College of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; 2. Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research, Ministry of Education, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China)

**Abstract:**Stolon of *Cynodon dactylon* was influenced by soil water content on germination and seedling growth in the process of biological and ecological indexes by pot culture experiment using six soil samples with water content of C<sub>0</sub>(5%), C<sub>1</sub>(10%), C<sub>2</sub>(20%), C<sub>3</sub>(25%), C<sub>4</sub>(30%) and C<sub>5</sub>(35%). The results showed that: (1) with the increase of soil moisture content, the germination rate, seedling height, leaf number, leaf length, leaf chlorophyll and biomass per plant of *Cynodon dactylon* Stolons were increased firstly and then decreased; (2) with the change of soil moisture content, its biological and ecological characteristics (seedling height, leaf number, leaf length, biomass per plant) value present significant or extremely significant correlation; (3) through the analysis of the response of *Cynodon dactylon* stolons to different soil moisture by Gauss model, we could predict the germination and seedling of optimum soil moisture ecological amplitude value and limit ecological amplitude value was 14.78%, 30.15% and 5.65%, 38.26%, respectively. Effects of soil moisture content on Germination seedling biomass and average length of blade of *Cynodon dactylon* stolons were the most sensitive.

**Key words:***Cynodon dactylon*; soil water content; germination; seedling growth

狗牙根(*Cynodon dactylon* L. Pers.)属禾本科画眉草亚科的多年生草本植物,广泛分布于我国黄河流域及其以南地区,以及新疆、华北等地<sup>[1-2]</sup>,是主要暖季型草坪草之一<sup>[3]</sup>。我国建植草坪的方式主要有种子繁殖和营养体繁殖,建植狗牙根草坪一般用营养体繁殖<sup>[4]</sup>。营养体建坪有开沟植茎法、铺草皮块、草塞法以及撒茎覆土法等多种方法,其中撒茎覆土法具有成坪均一性高、质量好、速度快及其对当地耕作层破坏小等优点,成为最常用的营养体建坪方式<sup>[5-7]</sup>。水分是植物生长所必需的条件,水分生态幅(ecologi-

收稿日期:2013-08-31      修回日期:2013-11-01  
资助项目:国家自然科学基金(41361017);江西省教育厅科技落地计划项目“鄱阳湖沙化土地与水土流失治理技术推广与示范”(2012);鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室(江西师范大学)开放基金(PK2013010)  
作者简介:胡红(1986—),女,湖北黄冈英山人,在读硕士生,研究方向为受损生态系统恢复。E-mail:619365406@qq.com  
通信作者:曹昀(1974—),男,甘肃镇原人,博士,副教授,研究方向为湿地生态及生态系统恢复。E-mail:yun.cao@163.com

cal amplitude)是生物生存所处生态环境中最低水分含量与最高水分含量之间的范围。土壤水分含量会影响植物代谢过程和生长速度<sup>[8]</sup>、营养体繁殖能力、成坪均一性、成坪质量、成坪速度等。因此研究土壤水分含量对营养体繁殖及生长的影响,成为亟需解决的关键。对狗牙根的研究有种子萌发<sup>[9]</sup>、温度对狗牙根匍匐茎生理指标及再生活力的影响<sup>[10]</sup>等,但狗牙根匍匐茎对不同土壤水分条件的生理响应及萌发特性还尚未涉及。本文通过模拟不同土壤水分含量,研究狗牙根匍匐茎对不同水分含量的生理响应与适应以及其对水分的适应范围,旨在阐明不同土壤水分含量下狗牙根匍匐茎的萌发过程、幼苗特征等的变化特点以及其最适的土壤水分条件,探讨不同土壤水分含量下狗牙根匍匐茎繁殖的生理适应机制,为狗牙根人工草坪的建设和管理提供依据。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验设计

2012 年 8 月从南昌市艾溪湖湿地采集野生的狗牙根,选取生长状况良好的狗牙根匍匐茎,根据芽的位置切成 6~10 cm(2 个芽点)的小段备用。试验时间为 2012 年 8—9 月,在鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室进行。试验采用盆栽方法,盆栽试验在塑料容器中进行。容器规格:长×宽×高:30 cm×20 cm×18 cm,每盆装土深 15 cm,干土重 5 kg 试验土壤以壤质土和细土组成,在室内窗边的自然条件进行试验。试验以土壤水分含量(已体积含水量计)设置 C<sub>0</sub>(5%),C<sub>1</sub>(10%),C<sub>2</sub>(20%),C<sub>3</sub>(25%),C<sub>4</sub>(30%)和 C<sub>5</sub>(35%)6 个处理,每组设 3 个重复(每个重复 10 段匍匐茎)。每天 19:00 用 HH2 型土壤湿度计(Moisture Meter)测定土壤水分含量,并补充水分使土壤水分含量维持在各设定处理组水平内。

## 1.2 测定指标

(1) 每天上午 9:00 统计萌发数目,计算萌发率;  
(2) 试验结束后统计叶片数,测量幼苗的高度、每个叶片的长度,(各指标求平均值后比较);(3) 试验结束前分别在每组幼苗叶片上随机选取 10 个点,使用 SPAD-502 叶绿素仪测值,求平均值为其叶绿素值;  
(4) 试验结束测定幼苗生物量(地上部分)求平均值比较。

## 1.3 数据分析

处理组间试验数据差异性采用 SPSS 18.0 进行单因素方差分析,幼苗特征在不同水分含量之间的变化采用 Pearson 进行相关性分析,并用  $\chi^2$  检验其差异性。高斯模型又称高斯曲线,大量研究表明,植物

种与环境因子间的关系大多都符合高斯模型<sup>[11]</sup>。其模型方程为:

$$y=c\exp[-0.5(x-u)^2/t^2]$$

式中:y——狗牙根匍匐茎萌发过程生理响应特征的一个指标;c——对应指标的最大值;x——土壤水分含量的值;u——对应生理响应指标值对应的最适土壤水分含量,即该生理响应指标值达到最大值时对应的土壤水分含量的值;t——该狗牙根匍匐茎萌发生理响应指标的耐度值,是描述狗牙根匍匐茎生态幅的一个指标。一般一个植物种的生态幅区间为 $[u-2t,u+2t]$ ,最适生态幅区间为 $[u-t,u+t]$ <sup>[12]</sup>。

# 2 结果与分析

## 2.1 土壤水分对狗牙根匍匐茎萌发率的影响

狗牙根的萌发率随水分含量的变化呈现二次曲线的变化,表现为先增大后减小的趋势(图 1),其中 C<sub>3</sub> 和 C<sub>4</sub> 组的萌发率最高,均达到 100%,随后向两侧递减依次是 C<sub>2</sub> 和 C<sub>1</sub>,水分含量低于 5.29%或高于 37.4%条件下,水分成为狗牙根匍匐茎生长的制约因子,繁殖受抑制不萌发。通过对各组别的单因素方差分析,土壤水分显著地影响了狗牙根的萌发率( $P<0.05$ )。当土壤水分含量较低时,土壤水分含量增加促进狗牙根匍匐茎萌发的差异性显著;当土壤水分含量超过最适生长的含量后,水分含量增加抑制狗牙根匍匐茎萌发的差异性显著。

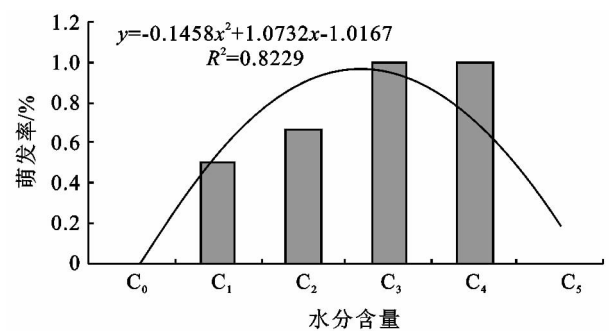


图 1 土壤水分对狗牙根匍匐茎最终萌发率的影响

## 2.2 土壤水分含量对狗牙根幼苗特征的影响

狗牙根幼苗特征变化呈非线性变化趋势,狗牙根的植株高度、单株生物量、幼苗叶片数量和幼苗叶片长度均随水分含量增加先较缓慢增加后迅速减小(图 2)。在 25%(C<sub>3</sub>)时均达明显的峰值,分别为 37.68 cm、0.34 g/株、11.31 /株、14.67 cm/株。而 C<sub>2</sub> 的幼苗特征值均明显( $P<0.05$ )小于 C<sub>3</sub> 组,说明自然状态下的土壤较狗牙根匍匐茎萌发的幼苗对水分的需求仍处于供不应求状态。分析各幼苗特征变化的相关性(表 1),各幼苗特征相互的相关系数  $r>0.9$ ,并通过  $\chi^2$  检验,除单株生物量与幼苗叶片长度在  $P<0.05$  水

平存在显著性差异外,其余各特征之间均在  $P<0.01$  水平存在显著性差异。说明狗牙根匍匐茎幼苗随着

主要影响因子土壤水分的变化,各幼苗特征的变化具有相同的变化趋势并具有极显著的强相关性。

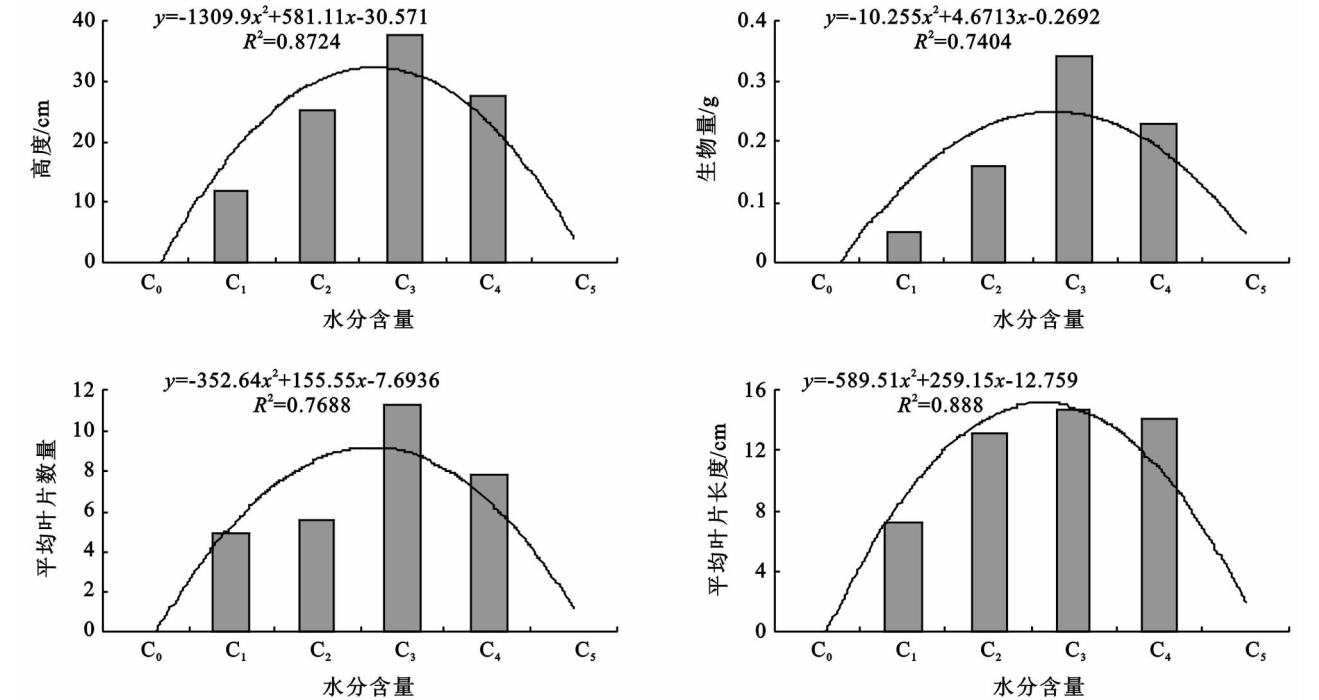


图 2 不同水分含量对狗牙根匍匐茎幼苗生长的影响

表 2 各幼苗特征值之间的相关性				
幼苗特征	平均高度	单株生物量	幼苗叶片数	幼苗叶片长度
平均高度	1			
单株生物量	0.975**	1		
幼苗叶片数	0.974**	0.959**	1	
幼苗叶片长度	0.973**	0.909*	0.937**	1

注: \* 为  $P<0.05$  水平存在显著性差异, \*\* 为  $P<0.01$  水平存在显著性差异。

不同土壤水分对幼苗叶片叶绿素含量影响很大 ( $P<0.05$ ) (图 3), 各处理下各叶绿素含量  $C_4>C_3>C_2>C_1>C_0=C_5$ 。在壤水分含量为 31.75% 时, 狗牙根叶片叶绿素含量达到最高的 10.15, 而后随土壤水分含量的减少而迅速降低, 水分含量 37.04% 时叶绿素含量为 0。由此得出, 土壤水分含量过高或过低都会成为叶绿素合成的限制因子。

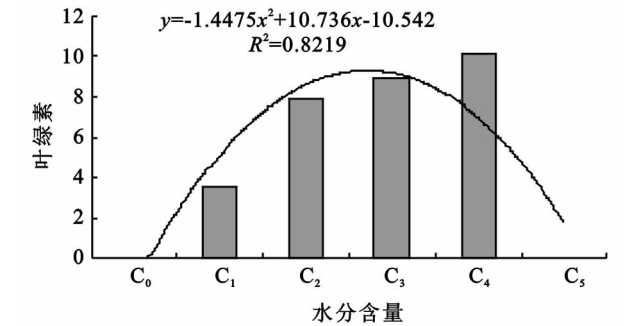


图 3 不同水分含量对狗牙根幼苗叶片叶绿素含量的影响

2.3 狗牙根匍匐茎萌发及幼苗阶段水分生态幅分析

将狗牙根匍匐茎萌发及幼苗阶段的萌发率、植株高度、单株生物量、幼苗叶片数量和幼苗叶片长度与土壤水分含量变化进行拟合, 得到拟合的方程通式为  $y=ax^2+bx+c$  (图 1—2)。根据拟合的一元二次曲线与高斯模型之间的转换关系, 可以解出高斯回归方程 (表 2)。根据各高斯回归方程, 求出萌发率和幼苗特征指标的最适点、最适水分生态幅以及生存的极限水分生态幅区间 (表 3)。

表 2 狗牙根匍匐茎萌发率及幼苗特征的高斯回归方程	
测定指标	高斯回归方程
萌发率	$y=\exp[-0.5(x-0.2229)2/0.08252]\times100\%$
高度	$y=33.88\exp[-0.5(x-0.2218)2/0.08042]$
生物量	$y=0.2627\exp[-0.5(x-0.2278)2/0.08002]$
叶片平均数量	$y=9.4597\exp[-0.5(x-0.2206)2/0.08192]$
叶片平均长度	$y=15.7217\exp[-0.5(x-0.2198)2/0.08172]$

狗牙根匍匐茎萌发过程中的萌发率及幼苗特征指标的水分生态幅均不相同, 但总体上水分生态幅的变化范围相差不大 (表 3)。最适点是其萌发率及幼苗特征指标对土壤水分含量响应的最大值, 狗牙根生长的最适土壤水分含量为 [21.98%, 22.78%]。当水分含量低于最适值时, 生理响应指标随土壤水分含量的增大而逐渐增大, 当土壤水分含量高于最适值时, 其生理响应指标随土壤水分含量的增大而逐渐减小。狗牙根生存的最适生态幅和极限生态幅, 以各生理响应指标在最适生态幅和极限生态幅区间的下限中的

最大值分别作为最适生态幅和极限生态幅区间的下限值,以最适生态幅和极限生态幅区间的上限中的最小值分别作为最适生态幅和极限生态幅区间的上限值,求得狗牙根匍匐茎萌发及幼苗阶段的最适土壤水

分含量为[14.78%,30.15%]和极限土壤水分含量为[5.65%,38.26%],即低于 5.65%和高于 38.26%的土壤水分含量无法满足狗牙根匍匐茎萌发和幼苗的正常生长和发育。

表 3 萌发率和幼苗特征的生态幅

项目	最大值 <i>c</i>	最适点 <i>u</i>	耐度值 <i>t</i>	最适生态幅[ <i>u-t,u+t</i> ]	生态幅[ <i>u-2t,u+2t</i> ]
萌发率/%	100.00	22.29%	8.32%	[13.97%,30.61%]	[5.65%,38.92%]
植株高度/cm	33.88	22.18%	8.04%	[14.14%,30.22%]	[6.10%,38.26%]
单株生物量/g	0.26	22.78%	8.00%	[14.78%,30.78%]	[6.77%,38.78%]
叶片数量	9.46	22.06%	8.19%	[13.87%,30.25%]	[5.68%,38.43%]
叶片长度/cm	15.72	21.98%	8.17%	[13.81%,30.15%]	[5.65%,38.31%]
狗牙根匍匐茎				[14.78%,30.15%]	[5.65%,38.26%]

3 讨论

草坪草营养体无性繁殖的萌发和幼苗阶段在其生活史中是关键时期之一,而水分是影响草坪植物生长发育的重要环境因子<sup>[13]</sup>。因此研究不同土壤水分含量环境下植物的萌发和生长机制,对草坪植物尤其重要<sup>[14-15]</sup>。本试验结果显示,随土壤水分含量的增大狗牙根匍匐茎的萌发率及幼苗的特征值——幼苗高度、单株生物量、叶片数量及叶片长度均先增大,到达最大值后迅速降低。可能是由于土壤水分的含量过高或过低均不利于狗牙根匍匐茎出苗,土壤水分含量过高,导致土壤中的狗牙根匍匐茎进行无氧呼吸,从而大量产生酒精和二氧化碳,影响其萌发;土壤水分含量过低,会对狗牙根匍匐茎的生长状况、生理活动与形态结构产生显著影响<sup>[16-18]</sup>,这与对冰草<sup>[13]</sup>、沟叶结缕草<sup>[19]</sup>的研究结果相近。通过数学模型计算,狗牙根匍匐茎萌发及生长的最适生态幅为土壤水分含量在 14.78%~30.15%之间,与冰草萌发最适土壤水量含量 12%~20%相比,狗牙根匍匐茎适宜的土壤水分的范围更广。

随着土壤水分含量的变化,狗牙根幼苗特征值——幼苗高度、单株生物量、叶片数量及叶片长度之间呈显著和极显著相关性。土壤水分含量对幼苗叶绿体含量产生显著的影响,在幼苗受到水分胁迫时,叶绿素合成受抑制,分解加速,导致含量下降<sup>[20]</sup>,这与红花幼苗<sup>[21]</sup>受干旱胁迫时有相似的趋势。通过高斯方程分析,得出狗牙根匍匐茎处于土壤含水量 14.78%~30.15%之间的水分环境时生长状况最优,处在低于 5.65%或者高于 38.26%的环境条件下生长受到抑制或者无法进行。

4 结论

土壤水分含量差异对狗牙根匍匐茎萌发和幼苗生长存在显著差异,土壤水分含量不足或者重度渍水

对狗牙根匍匐茎的萌发率和幼苗株高、叶片数量、叶片长度、叶绿素以及单株生物量有影响,其中水分含量对狗牙根匍匐茎萌发幼苗的单株生物量和平均叶片长度影响最为显著。从总体趋势上看,随土壤水分含量的增加,狗牙根匍匐茎的萌发率和幼苗特征值(幼苗株高、叶片数量、叶片长度、叶绿素以及单株生物量)均呈先升高后降低的趋势,且幼苗特征值的变化趋势存在显著或极显著的相关性。利用高斯模型定量分析狗牙根匍匐茎对土壤水分含量的响应,得出狗牙根匍匐茎萌发及幼苗的最适土壤水分生态幅为[14.78%,30.15%],极限生态幅为[5.65%,38.26%]。因此,在利用狗牙根匍匐茎播种和育苗的生产环节中,根据狗牙根繁殖体的萌发特性,应维持适当的水分条件,为提高人工种植狗牙根产量和质量奠定良好的外界环境。

参考文献:

[1] 董经生. 从狗牙根草在南京地区的应用谈运动草坪草本土化[J]. 江苏农业科学,2009(5):191-192.

[2] 郭海林,刘建秀,郭爱桂,等. 中国狗牙根染色体数变异研究初报[J]. 草地学报,2002,3(10):69-73.

[3] 王赞,吴彦奇,毛凯. 狗牙根研究进展[J]. 草业科学,2001,18(5):37-41.

[4] 张婷婷,陈静波,王丹,等. 水杨酸对杂交狗牙根离体匍匐茎采后保鲜效果研究[J]. 草地学报,2009,17(6):817-821.

[5] 张巨明,任继周. 暖季型草坪草营养体建坪方法的研究[J]. 草业学报,1997,6(1):38-43.

[6] 崔建宇,慕康国,胡林,等. 北京地区草皮卷生产对土壤质量影响的研究[J]. 草业科学,2003,6(20):68-72.

[7] 王文恩,张俊卫,傅强,等. 夏季狗牙根草坪不同建植方法及秋季交播黑麦草对成坪效果的影响[J]. 草业科学,2005,22(3):94-97.

[8] Fedro S Z, Grady L M, Zhang W X. Reduced Irrigation of St. Augustine grass Turfgrass in the Tampa Bay Area[M]. Gainesville: University of Florida Extension,2000.

- 变化与机制分析[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(6): 732-738.
- [2] 苏维词, 赵纯勇, 杨华. 三峡库区消落区自然条件及其开发利用评价[J]. 地理科学, 2009, 29(2): 268-272.
- [3] 钟冰, 唐治诚. 三峡库区水土流失及其防治[J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 147-149.
- [4] 王海锋, 曾波, 李娅, 等. 长期完全水淹对 4 种三峡库区岸生植物存活及恢复生长的影响[J]. 植物生态学报, 2008, 32(5): 977-984.
- [5] 王海锋, 曾波, 乔普, 等. 长期水淹条件下香根草(*Vetiveria zizanioides*), 菖蒲(*Acorus calamus*)和空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)的存活及生长响应[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2571-2580.
- [6] 谭淑端, 张守君, 张克荣, 等. 长期深淹对三峡库区三种草本植物的恢复生长及光合特性的影响[J]. 植物科学学报, 2009, 27(4): 391-396.
- [7] 刘云峰, 刘正学. 三峡水库消落区极限条件下狗牙根适生性试验[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(5): 661-663.
- [8] 马利民, 唐燕萍, 张明, 等. 三峡库区消落区几种两栖植物的适生性评价[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1885-1892.
- [9] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [10] Cardoso S M, Pereira C, Oliveira C R. Mitochondrial function is differentially affected upon oxidative stress[J]. Free Radical Biology and Medicine, 1999, 26(1): 3-13.
- [11] 罗祺, 张纪林, 郝日明, 等. 水淹胁迫下 10 个树种某些生理指标的变化及其耐水淹能力的比较[J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(1): 69-73.
- [12] 谭淑端, 朱明勇, 党海山, 等. 三峡库区狗牙根对深淹胁迫的生理响应[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3685-3691.
- [13] Zhang G, Tanakamaru K, Abe J, et al. Influence of waterlogging on some anti-oxidative enzymatic activities of two barley genotypes differing in anoxia tolerance[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2007, 29(2): 171-176.
- [14] Biemelt S, Keetman U, Albrecht G. Re-aeration following hypoxia or anoxia leads to activation of the anti-oxidative defense system in roots of wheat seedlings[J]. Plant Physiology, 1998, 116(2): 651-658.
- [15] Yan B, Dai Q, Liu X, et al. Flooding-induced membrane damage, lipid oxidation and activated oxygen generation in corn leaves[J]. Plant and Soil, 1996, 179(2): 261-268.
- [16] Crawford R, Braendle R. Oxygen deprivation stress in a changing environment[J]. Journal of Experimental Botany, 1996, 47(2): 145-159.
- [17] Komatsu S, Thibaut D, Hiraga S, et al. Characterization of a novel flooding stress-responsive alcohol dehydrogenase expressed in soybean roots[J]. Plant Molecular Biology, 2011, 77(3): 309-322.
- [18] Strommer J. The plant ADH gene family[J]. The Plant Journal, 2011, 66(1): 128-142.
- [19] Balakhnina T, Bennicelli R, Stępniewska Z, et al. Stress responses of spring rape plants to soil flooding[J]. International Agrophysics, 2012, 26: 347-353.
- [20] 施美芬, 曾波, 申建红, 等. 植物水淹适应与碳水化合物相关性的[J]. 植物生态学报, 2010, 34(7): 855-866.

(上接第 287 页)

- [9] 胡红, 曹昀, 王颖. 水分胁迫对狗牙根种子萌发的影响[J]. 草业科学, 2013, 30(1): 63-68.
- [10] 张婷婷, 陈静波, 阎君, 等. 贮藏温度对杂交狗牙根离体匍匐茎生理指标及再生活力的影[J]. 草地学报, 2009, 17(1): 58-62.
- [11] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [12] 毕作林, 熊雄, 路峰, 等. 黄河三角洲湿地芦苇种群水深生态幅研究[J]. 山东林业科技, 2007(4): 1-3.
- [13] 朱选伟, 黄振英, 张淑敏, 等. 浑善达克沙地冰草种子萌发、出苗和幼苗生长对土壤水分的反应[J]. 生态学报, 2005, 25(2): 364-370.
- [14] Mustart P J, Cowling R M. Effects of soil and seed characteristics on seed germination and their possible roles in determining field emergence patterns of four Agulhas Plain (South Africa) Proteaceae[J]. Canadian Journal of Botany, 1993, 71(10): 1363-1368.
- [15] 胡小文, 王彦荣, 武艳培. 荒漠草原植物抗旱生理生态学研究进展[J]. 草业学报, 2004, 13(3): 9-15.
- [16] Bosabalidis A M, Kofidis G. Comparative effects of drought stress on leaf anatomy of two olive cultivars[J]. Plant Science, 2002, 163(2): 375-379.
- [17] 聂春雷, 郑元润. 鄂尔多斯高原 4 种主要沙生植物种子萌发与出苗对水分和沙埋的响应[J]. 植物生态学报, 2005, 29(1): 32-41.
- [18] Wu F, Bao W, Li F, et al. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 63(1): 248-255.
- [19] 李存焕, 耿玉东. 沟叶结缕草草坪质量与水热因子的关系[J]. 草业科学, 2002, 19(5): 67-69.
- [20] 喻晓丽, 邸雪颖, 宋丽萍. 水分胁迫对火炬树幼苗生长和生理特性的影响[J]. 林业科学, 2007, 43(11): 57-61.
- [21] 桑子阳, 马履一, 陈发菊. 干旱胁迫对红花玉兰幼苗生长和生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(1): 109-115.