

# 干旱胁迫对芦竹茎秆萌发和幼苗生长的影响

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

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

**摘要:**通过盆栽试验研究不同土壤水分条件对芦竹茎秆萌发、幼苗形态特征、生物量及叶绿素的影响。结果表明:芦竹幼苗高度、生长速率、叶片面积、生物量、叶绿素随着土壤水分的减少而减小。土壤水分含量对芦竹存活时间具有明显影响,当土壤水分含量小于或等于 27.8% 时,芦竹陆续出现死亡。试验结果还表明土壤水分含量大于或等于 33.3% 时茎秆有腋芽萌发。淹水土壤不是芦竹生长的最佳土壤水分条件,当土壤水分含量等于 38.9% 时,幼苗各指标达到最优,是芦竹生长的最佳水分条件。当土壤水分含量为 38.9%~44.4% 时,芦竹幼苗各指标都可达到较高水平,是适宜芦竹生长的理想水分条件。

**关键词:**干旱胁迫; 芦竹; 茎秆萌发; 幼苗

中图分类号:S715.43;S795.8

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0213-05

## Effects of Drought Stress on Stalk Germination and Seedling Growth of *Arundo donax*

SHI Qiang<sup>1</sup>, CAO Yun<sup>1,2</sup>, HU Hong<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:** The pot experiments were carried out to investigate the effects of soil moisture on stalk germination, seedling morphological characteristics, biomass and the chlorophyll of *Arundo donax*. The results showed that seedling height, growth rate, leaf area, biomass and chlorophyll content of *Arundo donax* seedling decreased with the reduction of soil water content. The soil water content has significant effect on survival time of *Arundo donax*, and when it was less than or equal to 27.8% the *Arundo donax* died. The results also showed that when the soil water content was greater than or equal to 33.3%, stalks had axillary bud germination. Waterlogging in soil was not the best soil moisture condition for the growth of *Arundo donax*. The 38.9% of the soil water content was the best one for the growth of *Arundo donax* and its growth parameters of the seedling can achieve optimal under this condition. The soil water content ranging from 38.9% to 44.4% was the favorable condition of *Arundo donax* growth and each growth parameters of the seedling may achieve the high level.

**Key words:** drought stress; *Arundo donax*; stalk germination; seedling

干旱胁迫是影响植物生长发育的重要逆境因子<sup>[1]</sup>。进入 20 世纪 70 年代以来,全球进入一个气候明显变化期<sup>[2-3]</sup>,各种极端天气现象增多<sup>[4]</sup>。在我国汛期,旱涝成为影响最为严重的灾害性气候之一<sup>[5]</sup>,在降水较丰富的区域也存在季节性或非周期性的干旱现象,水分对植物分布及生长的影响更加明显,因此研究不同强度干旱胁迫下植物的响应对生态环境

保护和培育以及破坏区植被恢复具有重要的意义。

芦竹(*Arundo donax* L.)为多年生丛生草本植物,适应性很强,易于繁殖<sup>[6]</sup>。生长在河塘、沼泽地、河滩地、河岸、沙荒地或旷野地<sup>[7]</sup>。在我国南方水土保持林和防风固沙林方面起到了重要的作用,为一种优良护堤植物<sup>[6]</sup>。芦竹产量高,具有很高的经济价值和生态效益,具有很好的开发前景<sup>[8]</sup>。

收稿日期:2011-07-26

修回日期:2011-09-19

资助项目:江西省教育厅青年科学基金项目(GJJ10095);国家科技支撑计划课题“湿地生态修复、重建技术集成研究与示范”(2007BAC23B01)

作者简介:时强(1985—),女,陕西汉中,人,硕士研究生,主要从事湿地生态研究。Email:fantuan710@yahoo.cn

通信作者:曹昀(1974—),男,甘肃镇原人,博士,副教授,主要从事湿地生态学研究。Email:yun.cao@163.com

芦竹是生态恢复主要物种,利用茎秆萌发是一种快速方便、经济的繁殖方法<sup>[9]</sup>。近年来对于芦竹的研究较多,主要集中在其生理生态<sup>[10-11]</sup>、种植技术<sup>[12]</sup>、种植前景<sup>[8]</sup>等方面,但有关干旱胁迫对芦竹生长的影响研究甚少。研究干旱胁迫下芦竹茎秆萌发和幼苗的生长响应,不仅可以揭示芦竹在不同水分条件下生长机理的差异,完善芦竹生长的耐旱机理,而且对生态环境保护与植被恢复具有积极意义。

## 1 材料与方法

2011 年 3 月从南昌市瑶湖周边池塘采集芦竹材料,选取生长状况良好的芦竹茎秆,切成 10 cm 左右的小段,分成 10 组,每组 10 个(重复 3 次),栽培到

表 1 试验各组水分体积百分含量

处理	CK	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>
含水量	55.5±0.5	50.0±0.5	44.4±0.5	38.9±0.5	33.3±0.5	27.8±0.5	22.2±0.5	16.7±0.5	11.1±0.5	5.6±0.5

每隔 6 d 观察一次,记录幼苗萌发率、叶片数,使用最小刻度为 1 mm 的刻度尺测量幼苗的高度、每个叶片的长、宽,将叶面宽度的最大值记为叶片宽度,各指标求平均值后比较。试验结束前,分别在每组幼苗叶片上随机选取 20 个点,使用 SPAD—502 叶绿素仪测值,求平均值为其叶绿素值。试验结束时,用刻度尺测量幼苗根系的长度及数量;收割每组幼苗,放入烘箱用 80℃ 恒温烘干至恒重,电子分析天平 BS214D 称重,求平均值为其生物量;各组随机选取 10 片幼苗叶片,测定样品叶片的鲜重,电子分析天平 BS214D 称重,80℃ 烘至恒重后再称干重,计算其叶片含水率:含水率=(鲜重-干重)/鲜重×100%。幼苗生长速率采用绝对生长速率计算方法。各试验数据采用 SPSS 13.0 统计分析软件进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对芦竹茎秆萌发的影响

干旱胁迫对芦竹茎秆萌发具有不同程度的影响,萌发个数随着干旱胁迫的加重而减少。除 C<sub>9</sub> 外,前 16 天各组茎秆萌发个数不存在显著差异( $P>0.05$ ),第 16 天,各组萌发个数基本一致(10 个)。第 17 天后各组存在较显著差异( $p<0.05$ ),土壤水分含量大于或等于 33.3%,各组均有新芽萌发。C<sub>3</sub> 茎秆腋芽萌发时间最早(第 18 天)且个数最多(17 个)。试验第 65 天开始,各组萌发个数无增长,C<sub>9</sub> 始终无幼芽萌发。已有研究表明,芦竹茎秆刈割后浸水,改变其生态位且水的浸泡可以除去附着在腋芽上的抑制物质,打破腋芽休眠,使其继续生长<sup>[13]</sup>。芦竹茎秆有腋芽,多数处于休眠状态。土壤水分含量高的土壤中腋芽处于浸水状态,使得生态位发生改变,由原来挺水生

20 cm 深的盆中试验,试验时间为 2011 年 3 月 13 日至 2011 年 6 月 9 日,在鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室植物地理实验室进行。

土壤基质为泥沙土,泥沙比例 1:1。每盆土壤体积为 3.6 L。设置 10 个水分含量处理:对照 CK,水分始终饱和;轻度胁迫(C<sub>1</sub>,C<sub>2</sub>,C<sub>3</sub>),中度胁迫(C<sub>4</sub>,C<sub>5</sub>,C<sub>6</sub>),重度胁迫(C<sub>7</sub>,C<sub>8</sub>,C<sub>9</sub>)。通过计算土壤体积含水量:土壤含水量(体积%)=土壤含水量(重量%)×土壤容重,得出 CK 土壤中需补充水分 2 000 ml(土壤水分达到饱和),其余各组(C<sub>1</sub>—C<sub>9</sub>)依次减少 200 ml。通过定量浇水来调节土壤体积含水量,采用称重法,使用量筒测量,试验开始后每隔 2 天在每组中补充 10% 的水分,使每组水分含量保持在表 1 的范围。

态位变为沉水或浮水生态位<sup>[14]</sup>。随着茎秆萌发时间的增长,腋芽打破休眠状态,茎秆有新芽萌发(图 1)。

这表明干旱胁迫程度的加重会不同程度地减少芦竹茎秆的萌发数量,对照组和轻度胁迫组受干旱影响不明显且均有腋芽萌发,中、重度胁迫组茎秆随着水分的减少,幼芽萌发个数减少且基本无腋芽萌发。

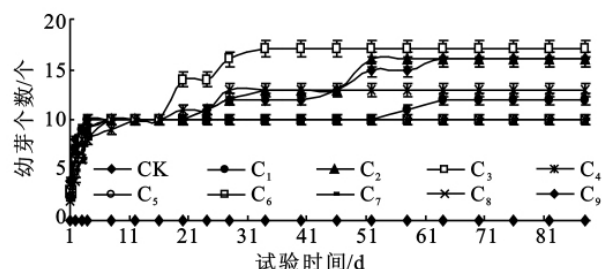


图 1 芦竹茎秆发芽个数变化

### 2.2 干旱胁迫对芦竹幼苗生长高度的影响

前 40 d,各组幼苗平均高度不存在显著差异( $P>0.05$ ),第 52 天各组出现显著差异( $P<0.05$ )。幼苗在水分含量 33.3% 以上土壤中生长状况良好,在水分含量 33.3% 以下的土壤中出现死亡。试验结束时 C<sub>3</sub> 芦竹幼苗平均高度最大为 56 cm, C<sub>8</sub> 最小仅为 0.5 cm,相差 55.5 cm(图 2)。

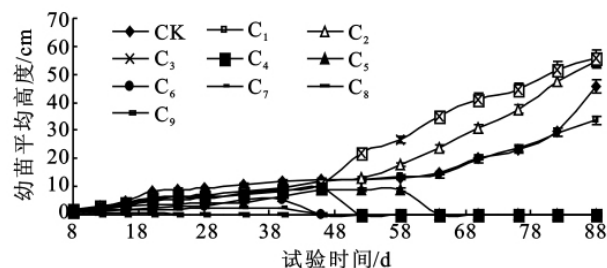


图 2 芦竹幼苗平均高度变化

幼苗最高高度随着土壤水分含量的降低而降低,试验前期各组最高高度不存在显著差异( $P>0.05$ )。试验后期,土壤水分含量小于或等于 33.3% 芦竹幼苗出现死亡,与对照组 CK 相比,  $C_1, C_2, C_3$  芦竹幼苗最高高度明显增大。第 88 天  $C_3$  幼苗高度最大为 78 cm,  $C_8$  最小为 0.8 cm, 相差 77.2 cm, 详见图 3。

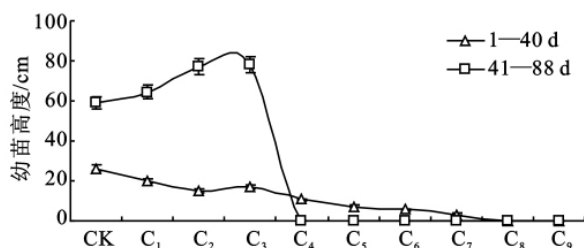


图3 芦竹幼苗最高高度变化

生长速率决定植物竞争空间和能否利用充足的阳光<sup>[15]</sup>。生长速率随着水分的降低而逐渐降低。试验前期, 各组平均生长速度不存在显著差异( $P>0.05$ )。  $C_4$  是芦竹绝对生长速率的一个临界点, 土壤水分含量低于或等于 33.3% 时, 芦竹幼苗平均绝对生长速率为 0.09 cm/d。土壤水分含量高于 33.3% 时, 为 0.25 cm/d, 是前者的 2.6 倍。从试验后期及总体来看, 土壤水分含量低于或等于 33.3% 时, 芦竹幼苗出现死亡(图 4)。

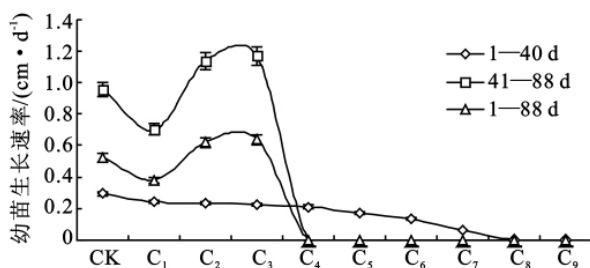


图4 芦竹幼苗的绝对生长速率

因为幼苗生长前期对水分需求较小, 水分对植物生长影响不明显。因此在试验前期其平均高度和最高高度差别很小, 生长速率慢且差异不明显。随着植物生长, 后期水分对植物生长影响加强, 水分含量少的土壤不能为植物提供充足水分, 幼苗出现枯萎死亡, 因此试验后期土壤水分含量低于 33.3% 的组幼苗出现死亡, 各组幼苗平均高度和最高高度都出现明显差别, 生长速率存在显著差异。

### 2.3 干旱胁迫对芦竹幼苗存活时间的影响

植物在不同水分条件下存活时间体现了植物的抗旱性<sup>[16]</sup>, 干旱胁迫下芦竹存活时间的长短直接反映出了芦竹生长对水分的需求。土壤水分含量大于 33.3% 时, 水分对芦竹幼苗的存活时间无影响。土壤水分含量小于或等于 5.6% 时, 芦竹不能生存。土壤水分含量为 11.1% 时, 幼苗生长受土壤水分影响较

大, 存活时间仅为 16 d。土壤水分含量小于或等于 33.3% 时, 各组幼苗受到土壤水分不同程度影响, 但各组差异较小, 平均存活时间为 62 d(图 5)。因为土壤水分含量不能满足植物生长需求, 可能导致植物出现萎蔫直至死亡<sup>[16]</sup>, 因此芦竹幼苗的存活时间随着土壤水分的减少而缩短。这对于在气候变动异常年份估算芦竹生长情况具有参考作用。

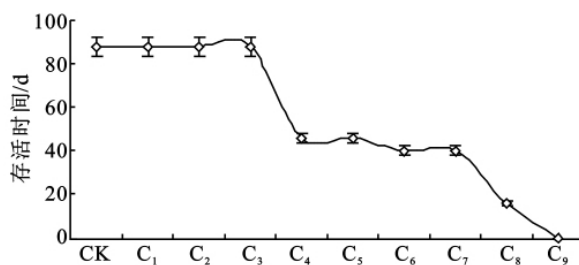


图5 芦竹幼苗存活时间的变化

### 2.4 干旱胁迫对芦竹幼苗叶形态特征的影响

芦竹叶片长度随着土壤水分含量的减少而缩短, 叶片宽度无明显变化, 芦竹通过减小叶片长度而缩小叶片的面积, 叶片数也随着水分的减少而减小,  $C_3$  的各项优势最明显。干旱胁迫下叶面积减少主要是由叶长变短引起的, 而叶宽相对受水分影响较小, 因为叶片细胞的伸长比横向伸展对水分亏缺更敏感<sup>[17]</sup>。芦竹叶片水分含量随着土壤水分含量减少而减少, 但差异很小。芦竹通过缩小叶片面积和减少叶片数量而减少自身对水分的蒸发。研究认为, 植物在干旱条件下通过缩小叶片面积和减少叶片数量, 利用土壤可利用水分来维持现存叶片水分<sup>[15]</sup>, 因此不同干旱胁迫下芦竹叶片含水率的差异很小, 详见图 6。

### 2.5 干旱胁迫对芦竹幼苗期根的数量和长度的影响

根系是植物吸收水分的重要器官, 水分的缺失必然会导致根系自身调整变化从而适应不同的水分条件。土壤水分含量小于或等于 33.3% 芦竹出现死亡, 基本无根系。土壤水分含量大于 33.3% 芦竹根长随着土壤水分的减少而变长。这是因为土壤表层水分减少, 芦竹为吸收更多水分, 根系往土壤深处生长。芦竹根的个数随着土壤水分的减少而减少, 其中水分饱和的对照组 CK, 侧根数明显多于其他组。这是因为土壤水分过少时, 根生长慢, 土壤水分过多时, 通气不良, 根短且侧根数增多<sup>[18]</sup>, 详见图 7。

### 2.6 干旱胁迫对芦竹地上生物量和叶绿素值的影响

芦竹幼苗的生物量随着土壤水分含量的降低而减少, 芦竹幼苗的干重和鲜重变化趋势一致。试验结束时土壤水分含量小于或等于 33.3% 幼苗死亡,  $C_3$  生物量最大, 干重为 0.68 g/株, 是干重最小  $C_1$  的 1.9

倍。土壤水分减少使植物吸收不到足够的水分和养分,植物通过缩小叶片面积和减少叶片数量来减少水分蒸发,生物量也随之减少。土壤的水分条件越适宜植物生长,植物生长的状况越良好,生物量越大(图 8)。

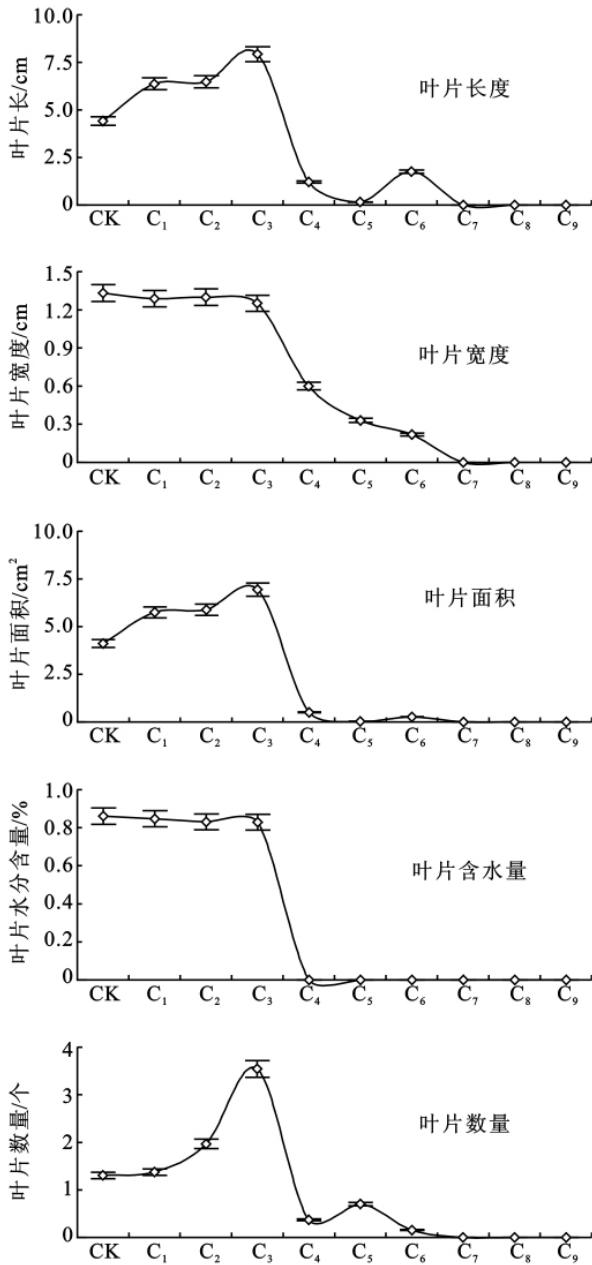


图 6 芦竹幼苗叶形态特征变化

叶绿素作为光合色素中重要的色素分子,参与光合作用中光能的吸收、传递和转化,在光合作用中占有重要地位<sup>[19]</sup>。植物生长状况越良好,叶片叶绿素值越高。与对照组 CK 相比,轻度胁迫组( $C_1, C_2, C_3$ )的叶绿素值逐渐升高,其中  $C_3$  值最大为 35.8 SPAD。说明在土壤水分含量达到 38.9% 左右的土壤中芦竹的生长状况最好,叶绿素含量最高,植物可以进行良好的光合作用。土壤水分含量小于或等于 33.3% 幼苗死亡(图 9)。

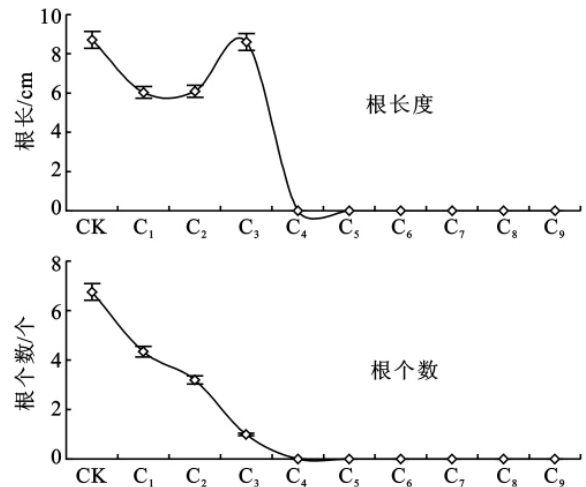


图 7 干旱胁迫对芦竹幼苗根的影响

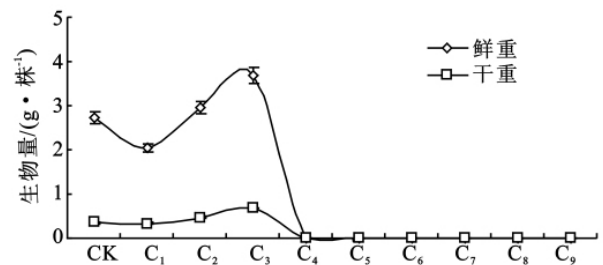


图 8 干旱胁迫对芦竹地上生物量的影响

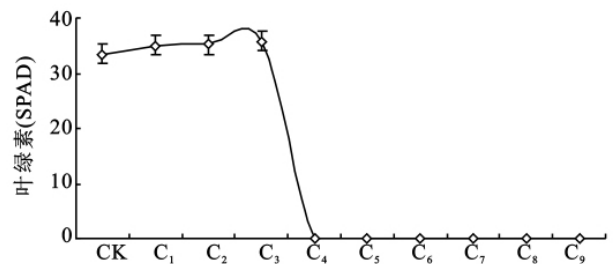


图 9 干旱胁迫对芦竹叶片叶绿素的影响

### 3 结论

大多数植物在生长过程中对水分要求具有阶段性,一定阶段植物的耗水量随着生长时间的增长而提高<sup>[20]</sup>。研究表明芦竹耐旱耐涝,适应性很强<sup>[6]</sup>。本试验仅限于茎秆幼芽和幼苗初期生长,这时芦竹根系没有形成或不够发达,吸水能力有限,对水分要求较高,因此芦竹幼苗在不同时间出现不同程度的枯萎死亡。重度胁迫组中  $C_9$  组芦竹茎秆无法萌发,  $C_8$  组幼苗在试验开始第 16 天出现死亡。随着芦竹的生长,幼苗对水分要求增大,中度胁迫组的幼苗也陆续出现枯萎死亡,对照组和轻度胁迫组则没有受到影响。

当环境中有限资源量下降到一个最低点时,环境中具有最小资源需要量的个体获得生存<sup>[21]</sup>。芦竹幼苗在干旱情况下通过减小个体高度、缩小叶片面积、减少叶片数量等方法来降低植物水分的缺失,保持土壤供给水分与自身生长所需水分之间的平衡,形成自

身的抗旱调节机制以保证生长的需求。

研究表明,土壤水分含量 38.9% 是最适宜芦竹茎秆萌发和幼苗生长的水分条件,其萌发率、幼苗的生长状况、生物量、叶绿素值达到最优。说明芦竹茎秆萌发及幼苗成长初期抗旱性较弱,在利用茎秆繁殖时必须保证土壤水分含量。本文仅初步探讨了茎秆萌发和幼苗初期生长状况、生理指标的抗旱性,对芦竹整体生长阶段的抗旱性还有待进一步的研究。

#### 参考文献:

- [1] 宋松泉,王彦荣. 植物对干旱胁迫的分子反应[J]. 应用生态学报,2002,13(8):1037-1044.
- [2] 罗哲贤,屠其璞. 人类活动与气候变化[M]. 北京:气象出版社,1983.
- [3] 陈隆勋,周秀骥,李维亮. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报,2004,62(5):634-646.
- [4] Houghton J T, Ding Y H, Griggs D G, et al. Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC[M]. Cambridge, US: Cambridge University Press, 2001.
- [5] 冯新灵,罗隆诚. 全球变化背景下中国未来汛期旱涝灰预测[J]. 资源学报,2006,28(5):81-87.
- [6] 韩志萍,胡正海. 芦竹对不同重金属耐性的研究[J]. 应用生态学报,2005,16(1):161-165.
- [7] 赵建松,白梅,程凤鸣,等. 两种人工湿地条件下芦苇与芦竹生理生态特性研究[J]. 湿地科学,2008(3):398-404.
- [8] 余醉,李建龙,李高扬. 芦竹作为清洁生物质能源牧草开发的潜力分析[J]. 草业科学,2009,26(6):62-69.

- [9] 王庆海,武菊英,滕文军,等. 种植方式和越冬保护措施对芦竹成活率的影响[J]. 林业科学研究,2006,19(6):813-815.
- [10] 韩志萍,王趁义. 不同生态型芦竹对 Gd、Hg、Pb、Gu 的富集与分布[J]. 生态环境,2007,16(4):1092-1097.
- [11] 韩志萍,胡正海. 芦竹对不同重金属耐性的研究[J]. 应用生态学报,2005,16(1):161-165.
- [12] 马文奎. 芦竹的栽培和综合利用[J]. 中国野生植物资源,2006(2):64-65.
- [13] 张群,王海洋,崔心红. 花叶芦竹冬季浸水萌芽试验的初步研究[J]. 西南农业大学学报,2005,27(2):248-251.
- [14] 韩路,王海珍. 生态位理论的发展及其在农业生产中的应用[J]. 新疆环境保护,1999,21(4):10-15.
- [15] 曹昀,王国祥,张琳. 干旱对芦苇幼苗生长和叶绿素荧光的影响[J]. 干旱区地理,2008,11(6):862-868.
- [16] 王艳荣,赵利清,邵元虎. 温带半干旱地区草坪草与主要杂草抗旱性的比较研究[J]. 生态学杂志,2005,24(1):1-5.
- [17] 叶鹏武. 干旱胁迫下  $\text{CoCl}_2$  对玉米幼苗生长的影响研究[J]. 甘肃水利水电技术,2005,9(3):276-277.
- [18] 蒋高明. 植物生理生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [19] 任丽花,王义祥,翁伯琦,等. 土壤水分胁迫对圆叶决明叶片含水量和光合特性的影响[J]. 厦门大学学报,2005,6(44):28-31.
- [20] 李新荣,马凤云,龙立群,等. 沙坡头地区固沙植被土壤水分动态研究[J]. 中国沙漠,2010,21(3):217-222.
- [21] Grime J P. Plant Strategies and Vegetation Processes [M]. London: Willey, 1997.

(上接第 212 页)

#### 参考文献:

- [1] 赵聚宝,梅旭荣,薛军红,等. 秸秆覆盖对旱地水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学,1996,29(2):59-66.
- [2] Voss J G M, Submarine N. Integrate crop management of hot pepper under tropical low land conditions: effect of mulch on cropper for mince and production [J]. Journal Horticultural Science, 1997, 72(3):415-424.
- [3] 杨荣光,毕建杰,王升国. 秸秆覆盖对麦田土壤含水量及小麦生长状况的影响[J]. 山东农业科学,2009(2):43-44.
- [4] Tebrugge F, Bohrsen A. Farmers and experts opinion on no-tillage in West-Europe and Nebraska (USA) [C] // Garcia-Torres L. Conservation Agriculture. Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [5] 鲁向晖,高鹏,王飞. 宁夏南部山区秸秆覆盖对春玉米水分利用及产量的影响[J]. 土壤通报,2008,39(6):1248-1251.
- [6] 刘超,汪有科,湛景武. 秸秆覆盖量对夏玉米产量影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报,2008,27(4):64-66.

- [7] 王俊,李凤民,宋秋华,等. 地膜覆盖对土壤水温和春小麦产量形成的影响[J]. 应用生态学报,2003,14(2):205-210.
- [8] 李建奇. 地膜覆盖对春玉米产量、品质的影响机理研究[J]. 玉米科学,2008,16(5):87-92,97.
- [9] 王喜庆,李生秀,高亚军. 地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响[J]. 作物学报,1998,24(3):348-353.
- [10] 闫根海,杨晓军,王斌. 地膜覆盖对玉米产量及其土壤状况的影响[J]. 安徽农业学报,2010,38(12):6405-6406,6413.
- [11] 钟良平,邵明安,李玉山. 农田生态系统生产力演变及驱动力[J]. 中国农业科学,2004,37(4):510-515.
- [12] 薛少平,朱琳,姚万生. 麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J]. 农业工程学报,2002,18(6):71-73.
- [13] 李凤民,鄢珣,王俊. 地膜覆盖导致春小麦产量下降的机理[J]. 中国农业科学,2001,34(3):330-333.
- [14] 翟治芬,赵元忠,景明,等. 秸秆和地膜覆盖下春玉米农田腾发特征研究[J]. 中国生态农业学报,2010,18(1):62-66.