

孙 干,裴宗平,涂永成,等. 不同抗旱技术组合对矿区油松的抗旱效果[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):360-363.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.123

不同抗旱技术组合对矿区油松的抗旱效果

孙 干,裴宗平,涂永成,孔 静,张 鑫

(江苏省资源环境信息工程重点实验室/中国矿业大学环境与测绘学院,江苏徐州 221116)

摘要:以 60 cm 高的油松幼苗为试验树种,在山西省忻州市窑矿某废弃煤矸石山进行野外栽种试验。选择保水剂、有机肥、植物生长调节剂(GGR)、菌根剂作为抗旱材料,设计 8 种不同的抗旱技术组合,研究各抗旱技术组合下油松叶片相对水含量、叶片水分饱和亏、叶片相对电导率、叶绿素含量、丙二醛含量、过氧化氢酶活性、油松存活率以及油松株高生长量等指标;对单指标进行对比分析,再运用隶属函数值法对 8 种技术组合的抗旱性进行综合评价。结果表明:8 种技术组合抗旱性从强到弱依次为 8#>2#>3#>4#>5#>6#>7#>1#;即自然条件下,8#-保水剂+GGR+菌根+有机肥抗旱技术组合的抗旱效果最好。

关键词:油松;抗旱技术;隶属函数法;抗旱能力

中图分类号:X171.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)07-0360-04

矿产资源是我国社会发展的重要支柱,开发矿产资源的同时,矿山生态环境、土壤基质、土壤结构、地下水、生物多样性等会遭到严重破坏^[1-2]。应当在生态学理论的基础上,结合工程绿化技术、土壤改良技术、矿山边坡稳固技术,对

矿山废弃地严重受损的生态环境进行恢复,实现矿山废弃地的生态复垦与可持续利用^[3-4]。如何有效提高植物抗旱性是干旱地区矿山生态修复面临的关键问题。本研究以山西省大同市当地植被修复常用树种油松作为供试植物,进行 8 种不同技术组合处理,在自然条件下,观察植株的生长状况,测定植株的保存率、株高生长量、叶片相对水含量、叶片水分饱和亏、叶片相对电导率、叶绿素含量、丙二醛含量、过氧化氢酶活性等指标,研究不同抗旱技术组合的抗旱效果,旨在为干旱矿区生态修复提供理论依据。

收稿日期:2014-12-30

基金项目:山西省“十二五”科技重大专项(编号:20121101008)。

作者简介:孙 干(1991—),男,山东鱼台人,硕士研究生,主要从事矿山生态修复研究。E-mail:1017258079@qq.com。

通信作者:裴宗平,博士,教授,硕士生导师,主要从事矿区生态修复、环境规划、地下水污染治理等研究。E-mail:peizp689@163.com。

质,对氨态氮去除效果最好的都是混合基质;排除基质的影响只看植物,2 种植物对总磷的去除效果几乎相同,高羊茅稍好于黑麦草。这主要是因为磷的去除主要还是靠土壤基质的吸附作用,混合基质中炉渣的加入促进了这种吸附作用。

3 结论

本试验采用室内模拟的方式研究岸堤漫流系统中不同植物与基质的配置方式对污水净化的效果,结果显示,3 种基质对污染物的整体去除效果依次为混合基质>棕壤土基质>黄土基质;2 种植物对污染物的整体去除效果依次为高羊茅>黑麦草。岸堤漫流系统对 SS、NH₃-N、TP 有较好的去除效果,去除率均在 60% 以上,对 COD 的去除率仅达到 30% 左右。岸堤式漫流系统可以应用于城市面源污染的控制中,特别是对 SS 的去除效果较好。混合基质较单一基质对污染物的去除效果更好。

参考文献:

- [1]倪艳芳. 城市面源污染的特征及其控制的研究进展[J]. 环境科学与管理,2008,33(2):53-57.
- [2]尹澄清. 城市面源污染问题:我国城市化进程的新挑战——代“城市面源污染研究”专栏序言[J]. 环境科学学报,2006,26

(7):1053-1056.

- [3]赵建伟,单保庆,尹澄清. 城市面源污染控制工程技术的应用及进展[J]. 中国给水排水,2007,23(12):1-5.
- [4]徐德福,李映雪. 用于污水处理的人工湿地的基质、植物及其配置[J]. 湿地科学,2007,5(1):32-38.
- [5]孙 敏,阮晓红,曾 扬. 地表漫流系统处理污染河水工程设计探讨[J]. 给水排水,2006,32(4):25-27.
- [6]魏 成,刘 平,秦 晶. 不同基质和不同植物对人工湿地净化效率的影响[J]. 生态学报,2008,28(8):3691-3697.
- [7]陈开宁,陈小峰,陈伟民,等. 不同基质对四种沉水植物生长的影响[J]. 应用生态学报,2006,17(8):1511-1516.
- [8]肖海文. 城市径流特征与人工湿地处理技术研究[D]. 重庆:重庆大学,2010:78-79.
- [9]孙 敏,阮晓红,张旭东,等. 地表漫流系统处理污染新沂河水的中试研究[J]. 中国给水排水,2006,22(9):46-49.
- [10]魏复盛. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [11]Taebi A, Droste R L. Performance of an overland flow system for advanced treatment of wastewater plant effluent[J]. Journal of Environmental Management, 2008, 88(4):688-696.
- [12]张旭东. 地表漫流系统处理污染河水的试验研究[D]. 南京:河海大学,2005:38-43.

1 材料与方法

1.1 材料

选择大同市当地植被修复常用树种油松作为供试树种,油松株高约 60 cm。抗旱材料为聚丙烯酰胺保水剂、GGR 6 号绿色植物生长调节剂、PT 菌根剂以及有机复合肥。试验在忻州市窑矿附近一座废弃的煤矸石山上进行,表层已覆土 3 年,覆土厚度达 80 cm,场地面积约 0.01 km²,平均坡度约 20°,共栽植油松 500 株。

1.2 方法

1.2.1 栽植技术 保水剂栽植技术(1#):将保水剂与水按 1 mL:150 g 比例混匀,使其充分吸水,栽植前按 4 530 g/穴(即 30 g/穴干保水剂)与种植土混匀备用。保水剂+有机肥栽植技术(2#):种植土施入 4 530 g/穴保水剂,再施入 3 000 g/穴羊粪及 150 g/穴有机复合肥,用铁锹将其混匀备用。保水剂+GGR 栽植技术(3#):种植土施入 4 530 g/穴保水剂,用铁锹将其混匀备用,当种植土盖住土球时,踩实压紧,施入 20 mg/kg GGR 溶液 3 000 g/穴,确保根系充分吸收 GGR 溶液并继续覆土。保水剂+GGR+有机肥栽植技术(4#):栽植前,方法与处理 2#相同;栽植时,GGR 使用方法与处理 3#相同。保水剂+菌根剂栽植技术(5#):将保水剂、菌根剂与水按 1 g:1 g:150 mL 比例混匀,使保水剂分吸水,栽植前按 4 560 g/穴保水剂与种植土混匀备用。保水剂+菌根剂+有机肥栽植技术(6#):种植土施入 4 560 g/穴保水剂+菌根剂,再施入 3 000 g/穴羊粪、150 g/穴有机复合肥,用铁锹将其混匀备用。保水剂+GGR+菌根剂抗旱技术(7#):栽植前,方法与处理 5#相同;栽植时,GGR 使用方法与处理 3#相同。保水剂+GGR+菌根剂+有机肥栽植技术(8#):栽植前,方法与处理 6#相同;栽植时,GGR 使用方法与处理 3#相同。

1.2.2 后期护理 2012 年 5 月在忻州窑矿附近的煤矸石山试验场地进行油松幼苗栽植试验。设置 1#(保水剂)、2#(保水剂+有机肥)、3#(保水剂+GGR)、4#(保水剂+GGR+有机肥)、5#(保水剂+菌根剂)、6#(保水剂+菌根剂+有机肥)、7#(保水剂+GGR+菌根剂)、8#(保水剂+GGR+菌根剂+有机肥)8 种抗旱技术组合,以空白处理(CK)为对照。油松幼苗种植初期进行正常浇水、护理,正常护理半年后,让油松自然生长。2014 年 10 月测定油松植株保存率及相关指标。

1.3 测定项目

采用统计方法测定植株保存率。采用直尺测量植株高度,取平均值。采用烘干测定法测定叶片相对含水量(RWC)。叶片相对水分饱和亏 $RWD = 1 - RWC$ ^[5]。利用 TFW-VI 型土壤养分·温湿度综合测试仪^[4]测定叶片相对电导率。采用 95%乙醇浸提比色法^[6]测定叶片叶绿素含量。采用分光光度计法^[7]测定叶片丙二醛(MDA)含量。采用高锰酸钾滴定法^[8]测定叶片过氧化氢酶活性。

$RWC = (\text{原始鲜质量} - \text{干质量}) / (\text{饱和鲜质量} - \text{干质量})$ 。

1.4 数据分析

模糊数学中,1 个评价因素指标实测值属于某一级别的程度称为隶属度,它是介于 0~1 之间的数,越接近 1,隶属于这一级别的程度就越大,每给 1 个评价因素指标实测值,就对应 1 个隶属度,对应关系称为隶属函数^[9-10]。该方法根据模

糊数学原理,先将各指标换算成隶属函数值,然后对各植物隶属函数值求平均值,得出综合评价指标值,该值越大,说明植物抗旱性能越强。若评价指标与抗旱性呈正相关,则计算公式为 $X_u = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。若价指标与抗旱性呈负相关,则计算公式为 $X_u = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。 X 为植物的某一指标抗旱系数, X_{\max} 、 X_{\min} 分别为植物各指标的最大值、最小值, X_u 为植物的抗旱隶属函数均值^[11-12]。隶属函数是在多指标测定基础上,对植物抗旱性进行综合评价的有效途径,避免了单一评价指标的不准确性^[13]。采用 Excel 2007、DPS 2000 软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 不同抗旱技术组合对油松植株保存率的影响

植株保存率是直接反映生态修复效果的重要参数。由图 1 可知,各处理下油松保存率为 62.5%~85.0%,油松保存率从大到小依次为 7#>6#>8#>5#>3#>4#>1#>2#>9#,不同组合之间的差异比较明显,但均明显高于 CK(9#),各抗旱技术组合都能很好地改善植物生长状况,提高植物存活率、保存率。

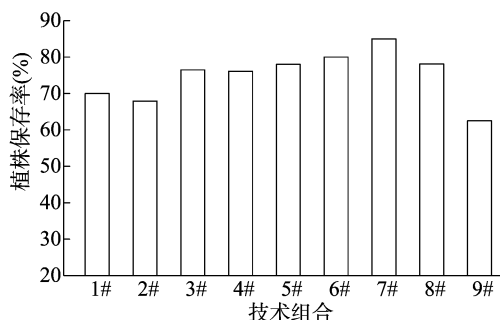


图1 不同抗旱技术组合对油松植株保存率的影响

2.2 不同抗旱技术组合对油松株高生长量的影响

株高反映了植物在自然环境下的生长状况。由图 2 可知,不同抗旱技术组合下油松年均株高生长量为 10.57~14.57 cm,2#、4#、6#、7#、8# 5 种抗旱技术组合下油松年均株高生长量不存在显著差异。除 1#外,其他抗旱技术组合的年均株高生长量均大于 CK。2#、3#、4#、5#、6#、7#、8#抗旱技术组合下,油松年均株高生长量依次为 0.97、3.28、2.22、3.68、2.73、2.17、2.85 cm。处理 1#效果最差,这可能与种植场地有关,处理 1#油松种植于斜坡最上端,水分在斜坡作用下向下流失,从而影响了油松生长。

2.3 不同抗旱技术组合对油松叶片相对含水量的影响

植物叶片相对含水量(RWC)反映植物的抗脱水、保水能力,该值越大,植物抗旱性越强。从图 3 可以看出,相对于 CK(9#),8 种抗旱技术组合均能明显提高植物叶片的相对含水量,说明各处理均能明显提高植株的抗脱水、保水能力。其中,2#、3#、4#、5#、8#等 5 种抗旱技术组合处理下油松叶片相对含水量差异不显著,1#、6#、7#等 3 种抗旱技术组合下油松叶片相对含水量差异不显著。保水剂+GGR+菌根+有机肥(8#)组合植株叶片的相对含水量最高,保水剂+菌根+有机肥(6#)植株叶片相对含水量最低,说明 8#组合下植株在干旱条件下有较强的保水能力,能维持植物正常的生理代谢功能,6#处理下植株保水性最差。

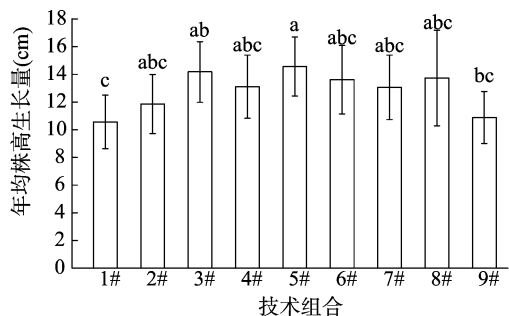


图2 不同抗旱技术组合对油松年均株高生长量的影响

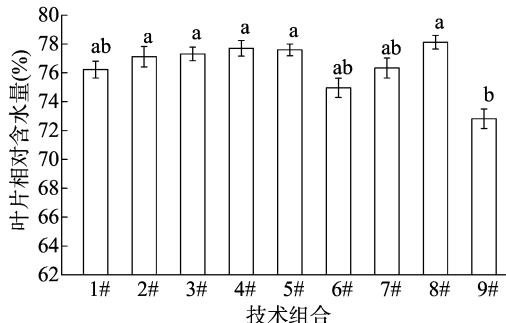


图3 不同抗旱技术组合下油松叶片相对含水量

2.4 不同抗旱技术组合对油松叶片水分饱和和亏的影响

叶片水分饱和和亏(RWD)反映植物体内水分亏缺的程度,该值越大,说明植物受干旱胁迫程度越大。由图4可知,8种抗旱技术组合处理下油松的叶片水分饱和和亏值均小于CK(9#),说明各抗旱技术组合均能明显缓解植物体内水分的亏缺程度。1#、2#、3#、4#、5#、7#等5种技术组合下油松叶片水分饱和和亏之间差异不显著。其中,8#处理下油松叶片水分饱和和亏最小,说明保水剂+GGR+菌根+有机肥(8#)能使植株叶片在相同自然条件下仍然保持较低的水分饱和和亏值。

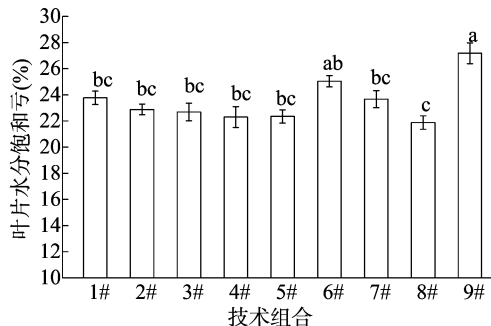


图4 不同抗旱技术组合下油松叶片水分饱和和亏

2.5 不同抗旱技术组合对油松叶片相对电导率的影响

逆境会对植物的细胞质膜造成伤害,改变细胞质膜透性,从而导致叶片相对电导率变大。抗旱性强的植物,叶片相对电导率较小。从图5可以看出,各抗旱技术组合下油松叶片相对电导率从大到小依次为1#>4#>3#>5#>2#>6#>7#>8#。其中,保水剂+GGR+菌根+有机肥组合叶片的相对电导率最低,细胞质膜受到的伤害最小;保水剂组合相对电导率最高,说明该组合下植物受到逆境胁迫。保水剂(1#)与保水剂+GGR+有机肥(4#)组合之间差异不显著且都大于对照组(9#),这可能由于种植后,8#组合下部分养分在斜坡

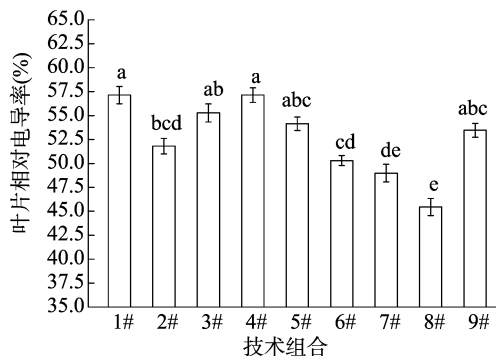


图5 不同抗旱技术组合下油松叶片相对电导率

作用下流失到CK,造成CK的部分指标优于试验组。

2.6 不同抗旱技术组合对油松叶片叶绿素含量的影响

植物叶片叶绿素含量与光合作用密切相关,水分不足时,植物体内叶绿素含量会产生变化,一定程度上,叶绿素含量可以反映植物的抗逆能力。从图6可以看出,各技术组合下油松叶片叶绿素含量为0.298~0.462 mg/g,除保水剂+菌根(5#)组合外,各抗旱技术组合处理下植株叶片叶绿素含量均明显高于CK(9#)。其中保水剂+GGR(3#)组合下油松叶片叶绿素含量最高,说明保水剂+GGR(3#)组合处理下植株光合作用旺盛,植株抗逆性较强,其次是保水剂+GGR+有机肥(4#)组合。

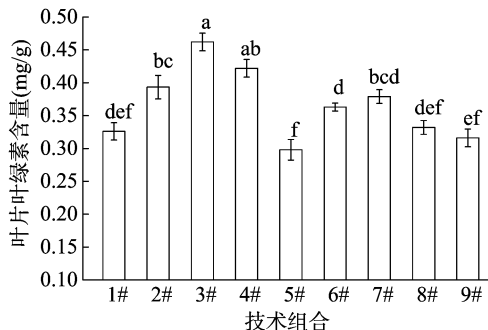


图6 不同抗旱技术组合下油松叶片叶绿素含量

2.7 不同抗旱技术组合对油松叶片丙二醛含量的影响

逆境条件下植物器官会发生膜脂过氧化作用,产生丙二醛等破坏细胞膜结构、功能的物质。植物体内丙二醛含量越高,表示植物受到的伤害越大。由图7可知,自然条件下,保水剂(1#)组合下油松叶片丙二醛含量最高,表明植株正遭受逆境胁迫,不利于植株生长;保水剂+有机肥(2#)、保水剂+GGR+有机肥(4#)、保水剂+菌根(5#)、保水剂+菌根+有机肥(6#)、保水剂+GGR+菌根+有机肥(8#)5种抗旱技术组合

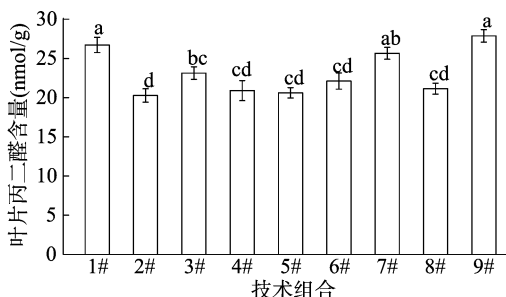


图7 不同抗旱技术组合对油松叶片丙二醛含量的影响

之间差异不显著。CK(9#)组合处理下油松体内丙二醛积累量最多,表明各抗旱技术组合均能明显提高植株的抗逆性。

2.8 不同抗旱技术组合对油松叶片过氧化氢酶活性的影响

过氧化氢酶是植物体内清除过氧化氢的主要酶类,过氧化氢酶的主要功能是清除植物代谢过程产生的过氧化氢^[9]。由图 8 可知,1#、4#、6# 等 3 种抗旱技术组合,3#、8# 等 2 种抗旱技术组合,2#、5# 2 种抗旱技术组合均差异不显著。各抗旱

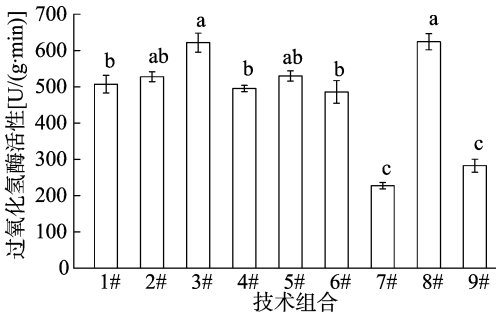


图8 不同抗旱技术组合对油松叶片过氧化氢酶活性的影响

技术组合下油松叶片过氧化氢酶活性从强到弱依次为 8# > 3# > 5# > 2# > 1# > 4# > 6# > 7#, 除 7# 组合外,各技术组合均能显著增强植株的过氧化氢酶活性,有利于植株快速清除体内多余的过氧化氢,保证植株正常生理代谢功能。

2.9 8 种技术组合抗旱性综合评价

单一指标的抗旱性评价往往具有单一性、不准确,通过多指标综合评价能很好地消除单一性、不准确。隶属函数是在多指标测定基础上,对植物抗旱性进行综合评价的有效途径,避免了单一评价指标的不准确性^[13]。选取叶片相对含水量(RWC)、叶片水分饱和亏(RWD)、叶片相对电导率、叶绿素含量、丙二醛(MDA)含量、过氧化氢酶活性 6 项指标,进行抗旱性隶属函数值综合评价。由表 1 可知,8 种不同抗旱技术组合的综合抗旱能力由强到弱依次为 8# > 2# > 3# > 4# > 5# > 6# > 7# > 1#,其中保水剂 + GGR + 菌根 + 有机肥(8#)组合隶属函数值均值为 0.849,保水剂(1#)组合隶属函数值均值为 0.386,说明 8# 组合的抗旱性明显比其他组合强。

表 1 8 种不同抗旱技术组合抗旱性综合评价

技术组合	隶属函数值						排序
	相对含水量	水分饱和亏	相对电导率	叶绿素含量	丙二醛含量	过氧化氢酶活性	
1#	0.643	0.643	0	0.171	0.153	0.705	8
2#	0.811	0.811	0.484	0.787	1.000	0.757	2
3#	0.847	0.847	0.159	1.000	0.624	0.994	3
4#	0.921	0.921	0	0.756	0.918	0.675	4
5#	0.900	0.900	0	0	0.955	0.762	5
6#	0.404	0.404	0.585	0.396	0.758	0.651	6
7#	0.662	0.662	0.697	0.494	0.292	0	7
8#	1.000	1.000	1.000	0.207	0.887	1.000	1
CK	0	0	0.315	0.110	0	0.139	9

3 结论与讨论

干旱是限制植物生长的主要因素之一,测定植物某些形态指标、生理指标,能很好地反映植物对逆境的抗性^[14]。其中,叶片相对含水量反映植物抗脱水、保水能力。水分饱和和亏反映了植物体内水分亏缺的程度;叶片相对电导率可以反映叶片细胞质膜受伤害的程度;叶片叶绿素含量直接影响植物的光合作用;丙二醛累积量直接反映植物受伤害的程度;过氧化氢酶活性越大,其清除过氧化氢的能力就越强,保护植物细胞免受过氧化氢的伤害。与 CK 相比,各抗旱技术组合均能提高油松保存率,促进植株生长。本试验结果表明,8 种抗旱技术组合的抗旱性能为 8# > 2# > 3# > 4# > 5# > 6# > 7# > 1#,保水剂 + GGR + 菌根 + 有机肥(8#)组合的抗旱性最强。综上所述,8 种抗旱技术组合均能显著提高植物抗旱性,由于各抗旱技术组合使用抗旱材料的差异,故抗旱性均不相同,其中保水剂 + GGR + 菌根 + 有机肥(8#)组合的抗旱性最强。

参考文献:

[1]张 波,赵 曜. 矿山废弃地治理中植物修复作用的研究[J]. 山西建筑,2011,37(2):189-190.
[2]王 林,曹 珂,车 轩,等. 矿山废弃地生态修复研究进展[J]. 现代矿业,2013(12):170-172.
[3]王霖琳,胡振琪,赵艳玲,等. 中国煤矿区生态修复规划的方法与

实例[J]. 金属矿山,2007(5):17-20.
[4]余莉琳,裴宗平,常晓华,等. 干旱胁迫及复水对 4 种矿区生态修复草本植物生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):362-364.
[5]高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006:228-231.
[6]苏正淑,张宪政. 几种测定植物叶绿素含量的方法比较[J]. 植物生理学通讯,1989(5):77-78.
[7]邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:161-162.
[8]郝建军,康宗利,于 洋. 植物生理试验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
[9]刘 冰,梁婣娟. 生物过氧化氢酶研究进展[J]. 中国农学通报,2005,21(5):223-224,232.
[10]吴克宁,杨 扬,吕巧灵. 模糊综合评判在烟草生态适宜性评价中的应用[J]. 土壤通报,2007,38(4):631-634.
[11]黎 裕. 作物抗旱鉴定方法与指标[J]. 干旱地区农业研究,1993,11(1):91-99.
[12]周 江,裴宗平,胡佳佳,等. 干旱胁迫下 3 种岩石边坡生态修复植物的抗旱性[J]. 干旱区研究,2012,29(3):440-444.
[13]刘海龙,余治家,熊 伟,等. 模糊隶属法在塔里木河荒漠植物抗旱性评价中的应用[J]. 干旱区地理,2005,28(3):367-372.
[14]薛彦斌,秦 华,张 科. 3 种藤本地被植物抗旱性比较[J]. 中国农学通报,2010,26(9):239-243.