



聚乙二醇(PEG-6000)模拟干旱条件下 白芷苗期抗旱性研究

陈郡雯, 吴卫*, 郑有良, 侯凯, 徐应文, 翟娟园

(四川农业大学农学院, 四川雅安 625014)

[摘要] 目的:探讨研究白芷苗期抗旱性的最佳模拟条件,对白芷苗期抗旱性进行综合评价,并筛选鉴定白芷苗期抗旱性指标。方法:采用 5 种不同浓度聚乙二醇(PEG-6000)分别胁迫白芷幼苗 3,6,9,12 d,测定其株高、根长、根冠比、可溶性糖、脯氨酸和丙二醛等。用隶属函数法评价白芷药材不同原植物的抗旱性,用灰色关联度分析法筛选白芷苗期抗旱鉴定指标。结果:以 20% 的 PEG 胁迫 9 d 可作为研究白芷苗期抗旱性的最佳模拟条件。根据隶属函数均值进行抗旱性评价,抗旱性由强到弱依次为:川白芷、禹白芷、祁白芷和杭白芷。9 个考察指标与隶属函数均值的关联序为:可溶性糖 > 根长 > 脯氨酸 > 根冠比 > 叶绿素总含量 > 叶绿素 b > 叶绿素 a > 株高 > 丙二醛。结论:PEG-6000 模拟干旱条件下,渗透调节物质以及根的相关指标对白芷苗期抗旱性影响较大,川白芷苗期抗旱性最强。

[关键词] 聚乙二醇(PEG-6000);白芷;苗期抗旱性

白芷为伞形科植物白芷 *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. 或杭白芷 *A. dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. var. *formosana* (Boiss.) Shan et Yuan 的干燥根。始载于《神农本草经》,列为中品,主治风寒感冒、鼻渊头痛、风湿痹痛^[1]。前者称祁白芷(河北)、禹白芷(河南);后者称川白芷(四川)、杭白芷(浙江)^[2]。白芷常因苗期降水量较少,易遭受干旱。对白芷苗期抗旱性的研究国内外尚未见报道,本试验采用高渗溶液法模拟生理干旱,研究干旱胁迫对白芷苗期生长状况及生理指标的影响,旨在筛选出最佳模拟条件,并对白芷药材不同原植物的苗期抗旱性进行综合评价和筛选出鉴定白芷苗期抗旱性指标。

1 材料和方法

1.1 材料

试验材料包括川白芷、杭白芷、禹白芷和祁白芷。由四川农业大学吴卫教授鉴定,禹白芷和祁白芷原植物为白芷 *A. dahurica*;川白芷和杭白芷原植物为杭白芷 *A. dahurica* var. *formosana*。2008 年 9

月 18 日种植在四川农业大学教学科研农场,以川白芷作模拟干旱条件选择试验的材料;4 种不同白芷共同作为抗旱指标筛选以及抗旱性评价的试验材料。2008 年 12 月初移栽入花盆内(口径为 25 cm)。每盆移栽 10 株长势基本一致的植株,每个处理 6 盆,待植株恢复生长后,2009 年 1 月 8 日开始试验。

1.2 干旱处理

1.2.1 模拟干旱条件的选择 采用聚乙二醇(PEG-6000)模拟水分胁迫法,每盆材料于每天上午 8:00 浇灌相应浓度的 PEG 溶液。对川白芷苗设置对照(蒸馏水)及 5 级胁迫梯度,PEG 分别为 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 记为 ck, 1, 2, 3, 4, 5。于干旱胁迫第 3, 6, 9, 12 天,测定其株高、根长及根内脯氨酸、可溶性糖及丙二醛含量。每个处理取 5 株幼苗,试验设 3 次重复。

1.2.2 抗旱指标的筛选及抗旱性的综合评价 采用 20% 的聚乙二醇(PEG-6000)处理川白芷、禹白芷、杭白芷及祁白芷,于干旱胁迫第 9 天,测定其各自株高、根长,功能叶中叶绿素含量,根内脯氨酸、可溶性糖及丙二醛含量。每种材料取 5 株幼苗,试验设 3 次重复。

1.3 测定方法

株高为功能叶叶柄基部到叶梢的最大值,根长为主根的长度,采用直尺测量。叶绿素测定采用分光光度法^[3],丙二醛测定参照王晶英等的方法^[4],

[收稿日期] 2009-05-21

[基金项目] 四川省育种攻关项目(2006yzzg12-7)

[通信作者] * 吴卫, Tel: (0835) 2882108, E-mail: ewuwei@sicau.edu.cn

[作者简介] 陈郡雯, 硕士研究生, 主要研究方向为药用植物学



脯氨酸测定采用水合茚三酮法^[5],可溶性糖测定采用蒽酮比色法^[6]。

1.4 数据处理

株高胁迫指数(PHSI) = (干旱下幼苗株高/对照幼苗株高) × 100

隶属函数计算方法:如果指标与抗旱性成正相关 $X_{\mu} = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$;如果指标与抗旱性成负相关 $X_{\mu} = 1 - [(X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})]$

其中 X_{μ} 为测定指标的隶属函数值, X_i 为某参试材料干旱胁迫后某一指标测定值, X_{\max} , X_{\min} 为所有供试材料该指标测定值最大值和最小值。

灰色关联度采用 DPS v6.55 版软件进行统计分析,采用 LSD 法进行数据差异显著性多重比较。

2 结果与分析

2.1 模拟干旱条件的选择

2.1.1 模拟干旱对白芷部分生长指标的影响 模拟干旱对白芷苗期部分生长指标的影响列于表 1。对照处理(ck)正常生长,其株高、根长、根冠比随生长天数逐渐增大。经不同浓度 PEG 胁迫后,白芷幼苗表现为生长缓慢或抑制生长,严重时叶片萎蔫甚至枯死,叶片萎蔫程度随胁迫强度增加而增大。当高浓度 PEG 胁迫至第 12 天时,幼苗的大部分叶片枯死,仅留下心叶。PEG 为 10% 时,干旱胁迫第 3, 6, 9 天其株高均大于 ck; 当干旱胁迫时间延长至 12 d 时,株高小于 ck, 但差异均不显著。当 PEG 增大为 20%, 25%, 30% 时,干旱胁迫第 3, 6, 9, 12 天其株高均小于 ck。在整个干旱胁迫期间,以 PEG 为 10% 低浓度处理的 PHSI 最大。干旱胁迫至 12 d 时,株高与 PHSI 值均随着 PEG 浓度的增加依次减小,5 个胁迫梯度可分为低浓度(10%, 15%)与中高浓度(20%, 25%, 30%) 2 个组,组间差异显著($P < 0.05$),组内差异不显著。10% PEG 对根长的影响较小,15%, 20% PEG 使根生长缓慢,当 PEG 为 25%, 30% 时,胁迫第 3, 6, 9 天表现为促进生长,胁迫后期则抑制生长。整个干旱胁迫期间,PEG 为 30% 的高浓度处理根冠比始终最大,且与 ck 处理的差异显著($P < 0.05$)。

2.1.2 模拟干旱对白芷根内可溶性糖、脯氨酸和丙二醛含量的影响 模拟干旱对白芷根内可溶性糖、脯氨酸和丙二醛含量的影响列于表 2。作为渗透调节物质,脯氨酸的变化趋势与可溶性糖相似。相同的干旱胁迫时间,可溶性糖与脯氨酸含量均随 PEG

表 1 模拟干旱对白芷苗期部分生长指标的影响

模拟时间	分组	株高/cm	根长/cm	PHSI	根冠比
第 3 天	ck	10.5ab	5.2c	-	0.50cd
	1	10.6a	5.4b	100.95a	0.51c
	2	10.2b	5.0de	97.14b	0.49d
	3	9.8c	4.9e	93.33c	0.50cd
	4	9.7c	5.1cd	92.06c	0.53b
第 6 天	ck	11.6a	5.6b	-	0.48b
	1	11.7a	6.8ab	100.60a	0.58ab
	2	11.5a	5.6b	98.88a	0.49b
	3	10.3a	5.3b	88.56a	0.52b
	4	10.9a	6.2ab	93.72a	0.58ab
第 9 天	ck	11.9ab	7.2b	-	0.61b
	1	14.0a	7.1b	117.37a	0.51b
	2	11.1ab	5.8d	93.28a	0.52b
	3	11.0b	6.2cd	92.44a	0.57b
	4	11.4ab	6.9bc	96.08a	0.62b
第 12 天	ck	12.9a	7.4a	-	0.57b
	1	12.0ab	7.2a	92.76a	0.59ab
	2	11.2b	7.3a	86.56a	0.65ab
	3	9.3c	7.1a	72.09b	0.77ab
	4	8.4c	5.9a	64.86b	0.71ab
	5	8.2c	6.7a	63.70b	0.82a

注:每一性状指标同列中不同小写字母表示差异显著 $P < 0.05$ (表 2, 3 同)。

浓度增加而增大;胁迫强度越大,可溶性糖与脯氨酸含量越高。经 PEG 胁迫后,可溶性糖与脯氨酸含量均高于 ck,除 10% 的低浓度处理外,均呈显著差异($P < 0.05$)。PEG 浓度相同时,可溶性糖与脯氨酸含量随胁迫时间的延长先增后减,均在第 9 天达到最大值。而 PEG 为 25% 的处理例外,胁迫第 12 天的脯氨酸含量最高。所有处理中,以 PEG 为 30%, 处理 9 d 后,可溶性糖与脯氨酸的含量最高。

丙二醛是植物膜脂过氧化降解的产物,是表示植物氧化伤害程度的指标。由表可知,相同的胁迫时间内,随着 PEG 浓度增大,MDA 含量的变化规律不明显,但 PEG 为 20%, 25%, 30% 的丙二醛含量较 ck 及 10%, 15% 处理高。所有处理中,以 PEG 为 25%、胁迫 9 d 后丙二醛含量最高。

综上,当 PEG 为 20%, 胁迫处理 9 d 时,各指标变化较明显,除根冠比与丙二醛外,其他指标与 ck 处理的差异均显著。故综合考虑,选择 20% 的



表 2 模拟干旱对白芷根内可溶性糖、脯氨酸和丙二醛含量的影响

胁迫时间	处理	可溶性糖 /%	脯氨酸 / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	丙二醛 / $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$
第 3 天	ck	3.79e	21.57 e	2.94 c
	1	4.61d	27.05 d	3.04 d
	2	4.90d	47.37 c	2.50 c
	3	5.55c	48.05 c	4.92 a
	4	6.40b	53.19 b	4.37 b
第 6 天	ck	7.33b	56.43 d	7.12 ab
	1	7.53b	74.36c	6.46bc
	2	8.79ab	83.77c	5.62d
	3	8.5ab	105.14b	6.00cd
	4	9.50a	115.26b	7.68a
第 9 天	ck	15.70c	83.17d	5.63c
	1	20.56b	148.85c	4.83c
	2	22.20b	151.67c	5.48d
	3	22.02b	211.87b	5.74c
	4	29.76a	212.97b	9.46a
第 12 天	ck	11.15d	74.55c	5.20bc
	1	19.35c	88.58c	5.24bc
	2	21.35bc	138.75b	4.95c
	3	23.11b	160.86b	6.69a
	4	27.12a	282.68a	5.86ab
	5	28.29a	286.62a	5.42bc

PEG, 胁迫 9 d 作为研究白芷苗期的抗旱性的最佳模拟条件。

2.2 白芷药材不同原植物苗期抗旱性的综合评价

白芷药材不同原植物苗期部分生长、生理指标及隶属值见表 3, 4。4 份材料的根长与株高差异均不显著, 仅川白芷与禹白芷的根冠比差异显著 ($P < 0.05$)。叶绿素 a 含量大小顺序为禹白芷 > 川白芷 > 杭白芷 > 祁白芷, 叶绿素 b 含量为祁白芷 > 禹白芷 > 川白芷 > 杭白芷, 叶绿素总含量为禹白芷 > 川白芷 > 杭白芷 > 祁白芷, 与叶绿素 a 含量顺序一致, 且总含量差异达显著水平 ($P < 0.05$), 说明叶绿素总含量的差异可能主要是由叶绿素 a 决定, 叶绿素 a 可能更容易受干旱胁迫的影响。就丙二醛含量而言, 祁白芷和杭白芷的含量显著高于禹白芷和川白芷。而脯氨酸、可溶性糖含量, 均以川白芷最高, 且川白芷中脯氨酸含量与其他 3 份材料的差异达显著水平 ($P < 0.05$); 可溶性糖含量与杭白芷、禹白芷的差异显著, 但与祁白芷间的差异不显著。

从综合评价结果来看, 隶属函数平均值的大小顺序为川白芷 > 禹白芷 > 祁白芷 > 杭白芷, 各隶属函数平均值越大表明抗旱性越强, 故抗旱性由强到弱依次为川白芷、禹白芷、祁白芷和杭白芷, 其中川

表 3 白芷药材不同原植物苗期部分生长、生理指标

材料	叶绿素 a / $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	叶绿素 b / $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	叶绿素总含量 / $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	丙二醛 / $\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$	脯氨酸 / $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	可溶性糖 /%	株高 /cm	根长 /cm	根冠比
禹白芷	1.07a	0.30b	21.79a	5.19b	128.28b	6.78b	12.7a	5.4a	0.41b
祁白芷	0.15c	0.58a	11.79d	6.75a	196.81b	7.25ab	10.6a	5.0a	0.48ab
杭白芷	0.83b	0.08c	15.53c	7.04a	138.02b	6.22b	11.0a	5.1a	0.46ab
川白芷	0.85b	0.27b	17.83b	5.74b	220.75a	22.02a	11.0a	6.2a	0.56a

表 4 白芷药材不同原植物苗期部分生长、生理指标的隶属函数值

材料	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素总含量	丙二醛	脯氨酸	可溶性糖	株高	根长	根冠比	隶属函数平均值
禹白芷	1	0.43	1	0	0	0.04	1	0.33	0	0.42
祁白芷	0	1	0	0.84	0.74	0.07	0.19	0	0.47	0.35
杭白芷	0.74	0	0.37	1	0.11	0	0.35	0.08	0.33	0.31
川白芷	0.76	0.38	0.6	0.3	1	1	0	1	1	0.7

白芷的抗旱性较突出。从川白芷的隶属值可以看出贡献最大的指标为根长、根冠比、脯氨酸及可溶性糖含量。

2.3 白芷苗期抗旱指标的筛选

按灰色系统理论要求, 将 4 份白芷材料的抗旱隶

属函数均值及 9 个指标视为一个整体, 即灰色系统。原始数据经标准化处理, 分辨系数设置为 0.5, 计算各指标与抗旱隶属函数均值的关联度, 结果见表 5。9 个指标与抗旱隶属函数均值的关联序为可溶性糖 > 根长 > 脯氨酸 > 根冠比 > 叶绿素总含量 > 叶绿



素 b > 叶绿素 a > 株高 > 丙二醛, 关联度越大表明比较数列与参考数列的关系愈紧密; 反之, 关系愈远。本试验中关联度的大小表明某一指标对干旱的敏感程度, 试验结果表明, 在 9 个考察指标中, 与白芷幼苗抗旱性关系最为密切的是可溶性糖含量, 它们在幼苗受到干旱胁迫时所受的影响最大, 因而与抗旱隶属函数均值的关联度最大, 其次是根长、脯氨酸含量、根冠比等, 最小的是丙二醛含量。

表 5 9 项考察指标的关联度及排序

测定指标	关联度	排序
叶绿素 a	0.614 5	7
叶绿素 b	0.641 1	6
叶绿素总含量	0.643 7	5
丙二醛	0.429 6	9
脯氨酸	0.713 7	3
可溶性糖	0.786 9	1
株高	0.601 4	8
根长	0.762 2	2
根冠比	0.690 2	4

3 讨论

3.1 模拟干旱条件的选择

适宜的 PEG 浓度大小及胁迫时间的长短是研究模拟干旱条件下白芷苗期抗旱性的关键。本试验结果表明, 白芷的一些生长指标在 PEG 浓度较低、胁迫时间较短时对于干旱胁迫的影响不敏感。如当 PEG 为 10% 时对株高及根长的影响较小。反之, PEG 浓度较高、胁迫时间较长可能超过植株能承受的胁迫强度, 从而抑制生长, 甚至死亡。如当 30% 的 PEG 干旱胁迫 12 d 时, 株高及根长均较第 9 天的值小。本试验还发现, 5 种胁迫梯度可分为低浓度 (10%, 15%), 中等浓度 (20%) 和高浓度 (25%), 当 PEG 浓度为中高浓度时, 各指标的变化较明显。所有处理中, 脯氨酸和可溶性糖含量均于胁迫的第 9 天达到最大值, 说明对于幼嫩的根部, 能承受干旱胁迫的时间是有限度的, 当超过承受限度后, 渗透调节就不能充分发挥作用了, 植株将受到损伤。并且当 PEG 为 20%, 胁迫处理 9 d 时, 除根冠比与丙二醛外, 其他指标与 ck 处理的差异均显著。故综合考虑认为, 以 20% 的 PEG 胁迫处理 9 d 可作为研究白芷苗期抗旱性的最佳模拟条件。

3.2 白芷苗期抗旱性的综合评价

植物抗旱性是一个复杂的综合性状, 发生在生长发育的各个阶段, 用单一指标评价白芷苗期的抗

旱能力具有片面性, 故用多个指标进行综合评价才准确可靠。近年来较多采用综合指标评价方法, 如抗旱总级别法, 模糊数学中的隶属函数法和聚类分析法等^[7]。本试验采用模糊数学中的隶属函数法对白芷药材不同原植物苗期抗旱性进行了综合评价, 结果表明, 川白芷的抗旱性较突出, 这可能是由白芷不同原植物遗传基础差异引起, 具体原因还有待于进一步研究。

3.3 白芷苗期抗旱指标的筛选

本试验选用了白芷苗期的部分生长和生理指标来研究白芷苗期的抗旱性。已有的研究表明, 植物经不同强度的水分胁迫处理后, 光合产物叶绿素含量呈显著差异^[8]。水分胁迫时, 抗旱性强的品种丙二醛含量低于抗旱性弱, 膜脂过氧化水平较低, 这在甘蔗、玉米^[9]和小麦^[10]等作物上得到证实。许多研究者在高粱^[11]、玉米^[12-13]、棉花^[14]、水稻^[15]、小麦^[16]、甘蔗和蚕豆^[17]等的渗透调节方面也做了大量研究, 发现这些作物品种间存在渗透调节能力的差异, 通常抗旱品种比不抗旱品种渗透调节能力更大, 且 Morgan 通过一系列研究证明渗透调节能力是可遗传的^[18]。

为搞清不同因素与白芷苗期抗旱性间关系, 需要对各种指标进行统计分析, 从而确定主要影响因素。本试验采用灰色关联分析法, 以抗旱隶属函数均值为参考数列对苗期生理和生长指标进行筛选和排序。结果表明, 在 9 个测定指标中, 与白芷幼苗抗旱性关系最为密切的是可溶性糖含量, 它们在幼苗受到干旱胁迫时所受的影响最大, 因而与抗旱隶属函数均值的关联度最大, 其次是根长、脯氨酸含量、根冠比等。即渗透调节物质以及根的相关指标对白芷苗期抗旱性的影响较大。在实际鉴定过程中应选择本地切实可行的有效指标进行鉴定, 从而提高鉴定的科学性和可靠性。值得注意的是, 植物苗期抗旱性与其后期可能并不完全一致。因此, 有必要进行后期抗旱性鉴定 (尤其是后期产量测定), 以充分反映不同植物或品种的真实抗旱性。

[参考文献]

- [1] 中国药典. 一部[S]. 2005:69.
- [2] 李家实. 中药鉴定学[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2006:135.
- [3] 熊庆娥. 植物生理学实验教程[M]. 成都:四川科学技术出版社, 2003:55.
- [4] 王晶英, 敖红, 张杰, 等. 植物生理生化实验技术与原理[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社, 2003:135.



- [5] 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.
- [6] 石进校,尹江龙,刘应迪,等. 干旱胁迫对箭叶淫羊藿的影响[J]. 中草药,2002,33(6):455.
- [7] 陈雅君,冯淑华,陈桂芬,等. 植物抗旱性鉴定指标的研究现状与进展[J]. 中国林副特产,2005,6:26.
- [8] Ben De W, Hans C P W, Luuc R M. The effect of dehydration and ion stress on carbon dioxide fixation in drought-tolerant phototrophic micro-organisms[J]. FEMS Microbiol Lett, 1990, 74(1):33.
- [9] 张敬贤,李俊明,崔四平. 玉米细胞保护酶活性对苗期干旱的反应[J]. 华北农学报,1990,5(A12):19.
- [10] 史兰波,李云荫. 水分胁迫对冬小麦幼苗几种生理指标和叶绿体超微结构的影响[J]. 植物生理学通讯,1990,2:28.
- [11] Wright G C, Smith R G G. Differences between two grain sorghum genotypes in adaptation to drought stress. II. Root water uptake and water use[J]. Aust J Agric Res, 1983, 34:615.
- [12] Harsh N. Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water-stressed wheat and maize as affected by calcium and its antagonists[J]. Environ Exp Bot, 2003, 50(3):253.
- [13] 王纬,张枫,李德全. 外源 ABA 对渗透胁迫下玉米幼苗根系渗透调节的影响[J]. 作物学报,2002,28(1):121.
- [14] Lacape M J, Wery J, Annerose D J M. Relationships between plant and soil water status in five field-grown cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars[J]. Field Crops Res, 1998, 57(1):29.
- [15] 朱维琴,吴良欢,陶勤男. 干旱逆境下不同品种水稻叶片有机渗透调节物质变化研究[J]. 土壤学通报, 2003, 34(1):25.
- [16] Hafid R E L, Dan H S, Karitou M, et al. Physiological responses of spring durum wheat cultivars to early-season drought in a mediterranean environment[J]. Ann Bot, 1998, 81(2):363.
- [17] Francisco J, Manzanares M, Eusebio F, et al. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress[J]. Field Crops Res, 1998, 59(3):225.
- [18] Morgan J M. Osmoregulation and water stress in higher plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1984, 35:299.

Drought resistance of *Angelica dahurica* during seedling stage under polyethylene glycol (PEG-6000)-simulated drought stress

CHEN Junwen, WU Wei*, ZHENG Youliang, HOU Kai, XU Yingwen, ZAI Juanyuan
(Agronomy College, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

[Abstract] **Objective:** To study the optimum conditions of simulated drought stress, and screen the indexes of drought resistance and comprehensively assess the drought resistance of the *Angelica dahurica* resources during seedling stage. **Method:** Investigations were carried out on the changes of height, root length, root-shoot ration, contents of soluble sugar, proline and malondialdehyde under polyethylene glycol (PEG-6000)-simulated drought stress. A comprehensive evaluation on the drought resistance of different (varietal) species of *A. dahurica* during seedling stage was applied by using the method of subordinate function. And the drought resistance indexes were selected out by applying the method of grey correlative degree analysis. **Result:** Drought stress of 9 days with 20% PEG was the optimum condition for the simulation of drought stress. The results showed that the drought resistant capability decreased in the order as follows, *A. dahurica* from Sichuan province, *A. dahurica* from Henan province, *A. dahurica* from Hebei province and *A. dahurica* from Zhejiang province. And the order of correlative degree of drought resistance and indexes was: soluble sugar > root length > proline > root-shoot ration > total content of chlorophyll > chlorophyll b > chlorophyll a > height > malondialdehyd. **Conclusion:** Osmotic adjustment substance and the indexes related to the root have more influence on the drought resistance of *A. dahurica* during seedling stage. *A. dahurica* from Sichuan province shows the highest drought resistance during seedling stage.

[Key words] polyethylene glycol (PEG-6000); *Angelica dahurica*; the drought resistance of seedling stage

doi: 10.4268/cjcm20100205

[责任编辑 吕冬梅]