

烯效唑对青钱柳试管苗生长及生理特性的影响

谢寅峰, 王莹, 张志敏, 尚旭岚, 杨万霞, 方升佐

(南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 在含 0.00(CK)、0.01、0.05、0.10 和 1.00 mg · L⁻¹ 烯效唑的 WPM 培养基上继代培养 120 d 后, 对青钱柳 [*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja] 试管苗的部分生长及生理指标的变化进行了比较研究。结果显示: 不同质量浓度烯效唑对青钱柳试管苗的生长及生理指标有不同的影响效应。总体上, 随培养基中烯效唑质量浓度的提高, 青钱柳试管苗的苗高、叶片数和可溶性蛋白质含量逐渐降低, 可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值、SOD 和 POD 活性逐渐提高; 在培养基中添加 0.01、0.05 和 0.10 mg · L⁻¹ 烯效唑对青钱柳试管苗的成活率无显著影响, 却可使试管苗的单株鲜质量增加量、叶绿素含量和可溶性糖含量均高于对照; 在培养基中添加 1.00 mg · L⁻¹ 烯效唑能显著或极显著降低试管苗的成活率、单株鲜质量增加量、分化芽数、苗高、叶片数以及叶绿素含量、可溶性糖含量和可溶性蛋白质含量, 并使苗茎出现异常增粗和矮化。而在含 0.10 mg · L⁻¹ 烯效唑的培养基上, 虽然试管苗的苗高、分化芽数和叶片数分别较对照降低了 28.03%、9.70% 和 12.37%, 但试管苗的单株鲜质量增加量、叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值、SOD 和 POD 活性分别较对照提高了 99.39%、14.00%、5.00%、115.43%、129.77% 和 33.79%。研究表明, 在培养基中添加 0.10 mg · L⁻¹ 烯效唑可有效改善青钱柳试管苗的生长和生理特性, 有效控制苗高和叶片数, 促进苗茎的增粗, 有助于增强试管苗的抗逆能力。

关键词: 青钱柳; 试管苗; 烯效唑; 生长; 生理特性

中图分类号: Q945.3; S482.8⁺92 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)04-0050-06

Effects of uniconazole on growth and physiological characteristics of *Cyclocarya paliurus* plantlets
XIE Yin-feng, WANG Ying, ZHANG Zhi-min, SHANG Xu-lan, YANG Wan-xia, FANG Sheng-zuo
(College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China),
J. Plant Resour. & Environ. 2010, 19(4): 50-55

Abstract: Changes of some growth and physiological indexes of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja plantlets were comparatively studied after subcultured for 120 d in WPM medium with 0.00(CK), 0.01, 0.05, 0.10 and 1.00 mg · L⁻¹ uniconazole. The results show that different concentrations of uniconazole have various influences on growth and physiological indexes of *C. paliurus* plantlets. Generally, seedling height, leaf number and soluble protein content gradually decrease, and ratio of soluble sugar content to soluble protein content, activities of SOD and POD gradually increase with rising of uniconazole concentration in medium. Adding uniconazole of 0.01, 0.05 and 0.10 mg · L⁻¹ in medium has no significant influence on survival rate of plantlets, but leads to higher increment of individual fresh weight and higher contents of chlorophyll and soluble sugar than those in the control. Adding uniconazole of 1.00 mg · L⁻¹ in medium makes significantly or highly significantly decrease of survival rate, individual fresh weight increment, number of differentiated bud, seedling height, leaf number and contents of chlorophyll, soluble sugar and soluble protein, and also makes abnormal thickening and dwarf of stem of plantlets. While, using the medium with 0.10 mg · L⁻¹ uniconazole, although seedling height, number of differentiated bud and leaf number of plantlets decrease by 28.03%, 9.70% and 12.37% respectively as compared with those of the control, but individual fresh weight increment, contents of chlorophyll and soluble sugar, ratio of soluble sugar content to soluble protein content, activities of SOD and POD

收稿日期: 2010-02-03

基金项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项(200904046); 江苏省高等学校创新团队科研计划资助项目(苏教科[2009]10号); 江苏省“六大人才高峰”资助项目

作者简介: 谢寅峰(1966—), 男, 浙江余杭人, 博士, 教授, 主要从事植物生理生化研究。

increase by 99.39%, 14.00%, 5.00%, 115.43%, 129.77% and 33.79% respectively as compared with those of the control. It is concluded that adding $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ uniconazole in medium can effectively improve growth and physiological characteristics of *C. paliurus* plantlets, control seedling height and leaf number, promote seedling stem thickening, and help to enhance plantlet's stress resistance.

Key words: *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja; plantlet; uniconazole; growth; physiological characteristics

青钱柳[*Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja]又名摇钱树、铜钱树,为胡桃科(Juglandaceae)青钱柳属(*Cyclocarya* Iljinskaja)落叶乔木,是中国特有的单属植物之一,也是国家重点保护的珍稀濒危植物,具有很高的保护和开发应用价值^[1]。但是青钱柳的繁殖发育比较困难,主要体现在以下3个方面:①种子具有深休眠特性,休眠期长达2 a,在时间上影响其繁育进程;②种子败育现象十分严重,人工育苗过程中出苗率很低;③扦插繁殖难以生根,导致扦插苗的成活率很低^[2]。这些问题的存在严重影响了青钱柳的开发利用和产业化进程^[3]。组织培养技术可实现植物的快速繁殖、满足规模化生产的需要,尤其对繁殖困难植物的扩大繁殖非常有利。因此,可以利用组织培养技术建立青钱柳的快速繁殖体系,实现大规模生产青钱柳苗木的目的,这对于解决青钱柳资源匮乏问题具有重大的现实意义。但是,青钱柳快繁技术研究难度极大,相关报道甚少,国内外至今尚未建立完整的青钱柳组织培养快速繁殖技术体系,笔者也仅仅是在前期的研究工作中对青钱柳生根困难的问题进行了初步研究^[4]。

烯效唑(uniconazole),又称S-3307,是一种新型的植物生长延缓剂,具有控制生长、矮化增粗、改善株型、促进分枝和分蘖、促根壮苗、延缓衰老、提高抗逆性和增加产量等生理效应^[5]。烯效唑在农业和园艺生产中的应用已有许多研究报道^[6-7],但在组培壮苗研究中的应用尚少,且未见其在青钱柳组培快繁技术研究中的应用报道。

针对青钱柳试管苗继代培养中常出现的生长细弱、叶发黄、易褐化烂梢和早衰、移栽成活率低等问题,作者使用添加不同质量浓度外源烯效唑的WPM培养基对青钱柳无根试管苗进行继代培养,探讨外源烯效唑对青钱柳组培苗生长及生理特性的调节作用,为青钱柳试管苗壮苗及其组培快繁技术的研究提供实验依据,同时也为烯效唑在林木组培快繁中的应用研究提供参考资料。

1 材料和方法

1.1 材料

实验用组培苗为南京林业大学植物生理学实验室工作人员利用贵州剑河种源青钱柳离体胚培养诱导获得的无根试管苗,选取苗高约1.8 cm、生长健壮且长势一致的试管苗用于实验。

1.2 方法

1.2.1 烯效唑的处理方法 采用单因素实验设计,在含 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BA、 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA、 $30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 蔗糖和 $6.0 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 琼脂的WPM培养基(pH 5.8)中分别添加 0.01 、 0.05 、 0.10 和 $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 烯效唑,以不添加烯效唑(质量浓度 $0.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$)的同一配置WPM培养基为对照(CK)。每瓶接种5株试管苗,每处理20瓶,各重复3次,即每处理组共60瓶。将试管苗置于温度 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、光照时间 $14 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 、光照强度 $50 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、相对湿度50%~70%的条件下培养。每40天继代1次,连续继代3次后进行各项生长和生理指标的测定。

1.2.2 生长和生理指标的测定方法 测定的生长指标包括成活率、鲜质量增加量、苗高、分化芽数、叶片数及试管苗生长状况等。其中,成活率为培养后成活试管苗数占接种试管苗总数的百分率;鲜质量增加量为培养后与接种时单株鲜质量的差值,采用电子天平称重法测定。叶片数以单瓶均值进行统计分析;鲜质量增加量、苗高及分化芽数均以单株均值进行统计分析。

测定的生理指标包括叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化物酶(POD)活性。随机选取各处理组试管苗若干株,剪碎并混匀后,每份样品称取1 g左右用于各项生理指标的测定,每个指标至少重复测定3次。采用乙醇-丙酮法^{[8]35-36}测定叶绿素含量;采用苯酚比色法^{[9]199-200}测定可溶性糖含量;采用考马斯

亮蓝 G-250 法^[8]⁵⁴⁻⁵⁵测定可溶性蛋白质含量;采用氮蓝四唑(NBT)还原法^[9]¹⁶⁷⁻¹⁶⁹测定 SOD 活性;采用愈创木酚比色法^[9]¹⁶⁴⁻¹⁶⁵测定 POD 活性。

1.3 数据处理和统计分析

使用 Excel、STST 和 SPSS 11.8 统计分析软件对数据进行处理和统计分析,并采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果和分析

2.1 烯效唑对青钱柳试管苗生长的影响

用添加了不同质量浓度(0.00 ~ 1.00 mg · L⁻¹)烯效唑的 WPM 培养基培养 120 d 后青钱柳试管苗的生长状况见表 1。由表 1 可以看出,在 0.00 ~ 0.10 mg · L⁻¹质量浓度范围内,烯效唑对青钱柳试管苗成活率的影响较小,对照及各处理组间均无显著差异;但 1.00 mg · L⁻¹处理组试管苗的成活率极显著低于其他浓度处理组和对照组($P < 0.01$)。

在 0.00 ~ 0.10 mg · L⁻¹质量浓度范围内,随烯效唑质量浓度的提高,青钱柳试管苗的单株鲜质量增加量逐渐增大,且各处理组间有极显著差异($P < 0.01$);烯效唑的添加量提高至 1.00 mg · L⁻¹,则试管苗的单株鲜质量增加量极显著降低($P < 0.01$);烯效唑质量浓度为 0.10 mg · L⁻¹时试管苗的单株鲜质量增加量最大,比对照高 99.39%。

在 0.00 ~ 0.05 mg · L⁻¹质量浓度范围内,试管苗的分化芽数逐渐增加,其中,0.05 mg · L⁻¹处理组的分化芽数最多,但各处理组间的差异不显著($P > 0.05$)。烯效唑添加量提高至 0.10 和 1.00 mg · L⁻¹,试管苗的分化芽数分别比对照减少 9.70% 和 32.72%,差异分别达到显著和极显著水平。

青钱柳试管苗的苗高和叶片数随培养基中烯效唑添加量的增加逐渐下降。其中,0.10 mg · L⁻¹处理组试管苗的苗高和叶片数分别比对照低 28.03% 和 12.37%,1.00 mg · L⁻¹处理组的苗高和叶片数分别比对照低 37.67% 和 38.08%;对照及各处理组间的苗高均有极显著差异,而对照及 0.01 ~ 0.10 mg · L⁻¹各处理组间叶片数的差异均未达到极显著水平,仅 1.00 mg · L⁻¹处理组的叶片数极显著低于对照及其他处理组。随着烯效唑添加量的增加,青钱柳试管苗逐渐增粗,0.10 mg · L⁻¹处理组的试管苗生长健壮;而 1.00 mg · L⁻¹处理组试管苗异常增粗,显示在这一培养基中试管苗的苗高生长受到过度抑制,生物量明显降低,植株过于矮化,表现出异常的生长状态。

综合分析结果表明,在培养基中添加适量的烯效唑能够明显促进青钱柳试管苗生物量的增加和茎的增粗、适度提高分化芽的数量并能有效控制苗高和叶片数,起到良好的壮苗作用,以添加 0.10 mg · L⁻¹烯效唑的壮苗效果最佳。

表 1 培养基(WPM)中添加不同质量浓度烯效唑对青钱柳试管苗生长指标的影响($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

Table 1 Effect of uniconazole added in WPM medium with different concentrations on growth indexes of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja plantlets ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

质量浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	成活率/% Survival rate	鲜质量增加量/g Increment of fresh weight	苗高/cm Seedling height	分化芽数 Number of differentiated bud	叶片数 Leaf number	生长状况 Growth state
0.00 (CK)	98.33aA	1.63±0.05dD	4.46±0.15aA	15.16±1.1aA	35.00±2.5aA	纤细 Fine
0.01	98.33aA	1.95±0.06cC	4.06±0.11bB	15.20±1.2aA	32.67±1.5abA	较粗 Thick
0.05	96.67aA	2.65±0.06bB	3.65±0.18cC	15.23±1.2aA	32.67±1.2abA	较粗 Thick
0.10	98.33aA	3.25±0.15aA	3.21±0.21dD	13.69±0.8bA	30.67±1.1bA	粗壮 Thicker
1.00	76.67bB	1.34±0.04eE	2.78±0.15eE	10.20±0.9cB	21.67±1.8cB	异常增粗 Abnormal thickening

¹⁾ 同列中不同的小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著 Different small letters and capitals in the same column indicate the significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively; 鲜质量增加量、苗高和分化芽数均为单株均值,叶片数为单瓶均值 Increment of fresh weight, seedling height and number of differentiated bud all are the average of individual, leaf number is the average of each culture bottle.

2.2 烯效唑对青钱柳试管苗部分生理指标的影响

2.2.1 对叶绿素含量的影响 用添加了不同质量浓度(0.00 ~ 1.00 mg · L⁻¹)烯效唑的 WPM 培养基培养 120 d 后青钱柳试管苗叶绿素含量的差异见表 2。由

表 2 可知,在 0.00 ~ 0.10 mg · L⁻¹质量浓度范围内,随烯效唑质量浓度的提高,青钱柳试管苗的叶绿素含量逐渐增高。其中,0.01 和 0.05 mg · L⁻¹处理组试管苗叶绿素含量的增加幅度较小,与对照无显著差异

($P>0.05$); $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组试管苗的叶绿素含量最高, 比对照增加了 14.00% , 且差异极显著 ($P<0.01$)。 $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 烯效唑处理组试管苗的叶绿素含量显著或极显著低于对照和其他处理组, 较对照降低了 7.33% 。可见, 在培养基中添加适量的烯效唑能够显著提高青钱柳试管苗的叶绿素含量, 添加量过高不利于青钱柳试管苗叶绿素的合成与积累。

由表2还可见, 培养基中烯效唑的添加量对青钱柳试管苗叶绿素 a 与 b 的比值的影响不明显, 对照组及各处理组间的差异均不显著 ($P>0.05$)。

表2 培养基(WPM)中添加不同质量浓度烯效唑对青钱柳试管苗叶绿素含量的影响 ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

Table 2 Effect of uniconazole added in WPM medium with different concentrations on chlorophyll content of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja plantlets ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration	叶绿素含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Chlorophyll content	a/b
0.00 (CK)	$1.50 \pm 0.07\text{bBC}$	$1.45 \pm 0.12\text{aA}$
0.01	$1.55 \pm 0.06\text{bB}$	$1.36 \pm 0.05\text{aA}$
0.05	$1.56 \pm 0.04\text{bB}$	$1.42 \pm 0.08\text{aA}$
0.10	$1.71 \pm 0.03\text{aA}$	$1.49 \pm 0.04\text{aA}$
1.00	$1.39 \pm 0.05\text{cC}$	$1.43 \pm 0.07\text{aA}$

¹⁾ 同列中不同的小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著 Different small letters and capitals in the same column indicate the significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively; a/b: 叶绿素 a 与叶绿素 b 含量的比值 Ratio of chlorophyll a content to chlorophyll b content.

2.2.2 对可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响 用添加了不同质量浓度 ($0.00 \sim 1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 烯效唑的 WPM 培养基培养 120 d 后青钱柳试管苗的可溶性糖和可溶性蛋白质含量的变化状况见表 3。结果表明, 在 $0.00 \sim 0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 质量浓度范围内, 随烯效唑质量浓度的提高, 青钱柳试管苗可溶性糖含量逐渐增加。其中, $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组的可溶性糖含量显著高于对照及 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组 ($P<0.05$), 且较对照增加 6.79% , 但 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组与对照间的差异不显著 ($P>0.05$)。 $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组的可溶性糖含量分别比对照及 $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组高 5.00% 和 3.52% , 低于 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组, 且差异均不显著。 $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组的可溶性糖含量最低, 较对照低 9.64% , 且与对照组及其他处理组的差异达到极显著水平 ($P<0.01$)。可见, 提高培养基中烯效唑的添加量对青钱柳试管苗的可溶性糖含量有一定的影响。

由表3还可见, 随培养基中烯效唑添加量的提

高, 青钱柳试管苗的可溶性蛋白质含量呈逐渐下降的趋势, $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组的可溶性蛋白质含量比对照低 51.25% , $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组的可溶性蛋白质含量比对照低 64.38% , 各处理组的可溶性蛋白质含量均与对照组间有极显著差异 ($P<0.01$)。表明在培养基中添加烯效唑对青钱柳试管苗的可溶性蛋白质含量具有明显的抑制作用。

此外, 由于不同质量浓度烯效唑对青钱柳试管苗可溶性糖与可溶性蛋白质含量的效应不同, 导致其可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值也随之发生一定的变化。由表3可见, 随着烯效唑添加量的提高, 可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值呈逐渐上升的趋势, $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值较对照高 115.43% , $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组较对照高 153.71% 。各处理组可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值均与对照有极显著差异 ($P<0.01$)。

表3 培养基(WPM)中添加不同质量浓度烯效唑对青钱柳试管苗可溶性糖和可溶性蛋白质含量的影响 ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

Table 3 Effect of uniconazole added in WPM medium with different concentrations on contents of soluble sugar and soluble protein of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja plantlets ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Concentration	含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content		SSC/SPC
	可溶性糖 Soluble sugar	可溶性蛋白质 Soluble protein	
0.00 (CK)	$2.80 \pm 0.07\text{bA}$	$1.60 \pm 0.03\text{aA}$	$1.75 \pm 0.07\text{dC}$
0.01	$2.84 \pm 0.12\text{bA}$	$0.93 \pm 0.05\text{bB}$	$3.05 \pm 0.16\text{cB}$
0.05	$2.99 \pm 0.01\text{aA}$	$0.90 \pm 0.12\text{bB}$	$3.32 \pm 0.46\text{bcB}$
0.10	$2.94 \pm 0.04\text{abA}$	$0.78 \pm 0.04\text{cB}$	$3.77 \pm 0.28\text{bAB}$
1.00	$2.53 \pm 0.08\text{cB}$	$0.57 \pm 0.04\text{dC}$	$4.44 \pm 0.38\text{aA}$

¹⁾ 同列中不同的小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著 Different small letters and capitals in the same column indicate the significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively; SSC/SPC: 可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值 Ratio of soluble sugar content to soluble protein content.

2.2.3 对超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的影响 用添加了不同质量浓度 ($0.00 \sim 1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 烯效唑的 WPM 培养基培养 120 d 后青钱柳试管苗的超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的变化状况见表4。结果显示, 青钱柳试管苗 SOD 和 POD 活性的变化趋势一致, 均随烯效唑质量浓度的提高呈不断增加的趋势。其中, $0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组的 SOD 和 POD 活性与对照差异均不显著, 0.05 、 0.10 和 $1.00 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理组青钱柳试管苗 SOD 和 POD 活性均极显著高于对照 ($P<0.01$), 且各处理组间的差异也达到极显著水平。 $0.10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

处理组的 SOD 和 POD 活性分别比对照增加 129.77% 和 33.79%; 1.00 mg · L⁻¹ 处理组的 SOD 和 POD 活性均最高, 分别比对照增加 161.06% 和 56.36%。实验结果说明, 培养基中添加适量烯效唑可以有效提高青钱柳试管苗体内的保护酶活性, 从而增强试管苗的抗逆能力。

表 4 培养基 (WPM) 中添加不同质量浓度烯效唑对青钱柳试管苗 SOD 和 POD 活性的影响 ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾
Table 4 Effect of uniconazole added in WPM medium with different concentrations on SOD and POD activities of *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja plantlets ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

质量浓度/mg · L ⁻¹ Concentration	活性/U · g ⁻¹ Activity	
	SOD	POD
0.00 (CK)	107.69 ± 2.88dD	4 264 ± 296dD
0.01	112.21 ± 12.72dD	4 875 ± 187dD
0.05	179.14 ± 5.21cC	5 574 ± 211cC
0.10	247.44 ± 9.31bB	5 705 ± 304bB
1.00	281.14 ± 7.78aA	6 667 ± 169aA

¹⁾ 同列中不同的小写和大写字母分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著 Different small letters and capitals in the same column indicate the significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

3 讨 论

研究表明, 在 WPM 培养基中添加适当质量浓度的烯效唑 (0.10 mg · L⁻¹) 不仅能明显促进青钱柳试管苗生物量增加和苗茎矮化增粗, 还能有效改善试管苗的某些生理特性, 为青钱柳试管苗的生长和壮苗过程提供生理基础。但是, 烯效唑的添加量过高 (1.00 mg · L⁻¹) 则对青钱柳试管苗的生长、分化及生理功能产生一定的抑制作用, 导致试管苗出现早衰现象, 体现出明显的浓度效应。这一结果与一些研究者以其他植物为研究对象所得出的研究结果^[10-13]类似。因此, 在植物试管苗的增殖和壮苗培养阶段, 选择合适的烯效唑浓度非常关键。

烯效唑能抑制植物体内 IAA 和 GA₃ 的合成, 但能够促进 ZT 和 ABA 的合成并降低 IAA/ZT 和 GA₃/ZT 比值, 进而促进顶端分生组织的细胞分裂、抑制细胞的纵向生长而促进细胞的横向生长^[14-15]; 烯效唑通过抑制试管苗茎的纵向生长、促进其横向增粗而起到壮苗的效应^[16-17]。据此推测, 烯效唑可能通过调节青钱柳试管苗内源激素的变化与平衡而影响其生理代谢过程, 从而调节青钱柳试管苗的生长发育。

烯效唑对青钱柳试管苗代谢的调节作用可能与其对植物碳和氮代谢的调节作用有关。适当浓度的

烯效唑可以提高植物叶片的叶绿素含量、促进植株的光合作用, 从而增加植物体的生物量。严寒等^[18]的研究结果表明, 10 ~ 50 mg · L⁻¹ 烯效唑能明显增加甜玉米幼苗叶片的叶绿素、可溶性糖和蛋白质含量。本研究表明, 0.10 mg · L⁻¹ 烯效唑可极显著促进青钱柳试管苗叶绿素含量的提高, 但对可溶性糖含量的促进作用并不明显, 并极显著降低了可溶性蛋白质的含量。不同的研究结论可能与不同植物本身的生理特性有关。由于青钱柳试管苗在处理前经过增殖诱导, 致使植株体内的碳氮代谢平衡失调, 可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值偏低, 但经过适量的烯效唑处理后, 植株体内的碳氮代谢趋于平衡, 可溶性糖与可溶性蛋白质含量的比值显著提高, 有利于壮苗。杨文钰等^[19]的研究结果表明, 烯效唑干拌种可使小麦 (*Triticum aestivum* L.) 生育前期糖氮比值增高, 生长健壮; 关华等^[20]认为, 在小麦苗期施以适当浓度的烯效唑, 有明显的促进壮苗的作用, 同时糖氮比也明显高于对照。这些研究结果与本研究的结果类似, 但有关机制尚待进一步研究。

烯效唑对青钱柳试管苗生理特性的改善还表现在增强试管苗保护酶系统的活性方面。SOD 和 POD 作为植物清除活性氧的主要保护酶类可相互协调, 从而维持植物体内活性氧代谢的平衡。经过烯效唑处理的小麦叶片中 POD、SOD 和过氧化氢酶 (CAT) 活性升高, MDA 含量降低, 增强了对自由基的清除能力, 进而提高了小麦植株的抗逆性^[21]。本研究表明, 在培养基中添加适量的烯效唑可明显提高青钱柳试管苗的 SOD 和 POD 活性, 这与余松烈等^[22]对小麦的研究结果一致。青钱柳试管苗活性氧清除能力的明显增强有助于提高试管苗本身的抗逆能力和移栽成活率。在本研究中, 在烯效唑添加量较高的情况下 (1.00 mg · L⁻¹), 青钱柳试管苗的 SOD 和 POD 活性最高, 但叶绿素含量与可溶性糖含量等却未达到最高, 表明烯效唑对青钱柳试管苗保护酶活性及其他生理指标的影响效应是不同的, 详细的作用机制仍有待进一步的实验研究。

参考文献:

- [1] 杨万霞, 方升佐. 青钱柳种皮甲醇浸提液的生物测定[J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(4): 11-14.
- [2] 上官新晨, 郭春兰, 蒋 艳, 等. 培养基和植物激素对青钱柳茎段和叶片愈伤组织诱导的研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(5): 678-682.

- [3] 方升佐, 洪香香. 青钱柳资源培育与开发利用的研究进展[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2007, 31(1): 95-100.
- [4] 谢寅峰, 王莹, 张志敏, 等. 青钱柳子叶不定根的发生机制[J]. 林业科学, 2009, 45(12): 72-76.
- [5] 周祖富, 艾素云, 杨美纯, 等. 烯效唑对罗汉果试管苗生长的影响[J]. 福建果树, 2005(1): 13-15.
- [6] 孔繁华, 刘震, 孙竹波, 等. 多效唑和烯效唑调节花生生长对比试验[J]. 黑龙江农业科学, 2009(5): 74-75.
- [7] 李丹, 李志华. 烯效唑对匍匐剪股颖的矮化作用及生理指标的影响[J]. 中国草地学报, 2009, 31(4): 57-62.
- [8] 陈建勋, 王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2005.
- [9] 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.
- [10] 李青苗, 杨文钰. 烯效唑浸种对玉米壮苗的生理效应[J]. 玉米科学, 2003, 11(4): 74-75, 89.
- [11] 李宁义, 孔丹, 林丽华. S3307对盆栽一串红的矮化效应[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(4): 333-334.
- [12] 郑萍, 朱淑婉, 王火旭. 马铃薯脱毒试管苗促壮研究[J]. 北方园艺, 2008(1): 186-188.
- [13] 李松, 何新民. 烯效唑在甘蔗组织培养中的应用研究[J]. 甘蔗糖业, 2001(6): 19-22.
- [14] 李宁毅, 李天来, 于洋, 等. 烯效唑(S-3307)浸球对盆栽东方百合生长发育和植物激素含量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(3): 295-299.
- [15] 李青苗, 杨文钰, 韩惠芳, 等. 烯效唑浸种对玉米幼苗生长和内源激素含量的影响[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(6): 752-754.
- [16] 艾素云, 周祖富, 黎兆安, 等. 烯效唑(S-3307)对罗汉果组培苗组织结构的影响[J]. 广西农业生物科学, 2005, 24(2): 123-126.
- [17] 周祖富, 黎兆安, 杨美纯, 等. 烯效唑对马铃薯试管苗的壮苗效应[J]. 亚热带植物科学, 2008, 37(3): 49-50.
- [18] 严寒, 田志宏, 徐勇刚. 烯效唑对甜玉米种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 长江蔬菜, 2009(8): 40-42.
- [19] 杨文钰, 韩惠芳, 任万君, 等. 烯效唑干拌种对小麦分蘖期间内源激素及糖氮比的影响[J]. 作物学报, 2005, 31(6): 760-765.
- [20] 关华, 韩惠芳, 杨文钰. 烯效唑对小麦苗期生长的调控效应(II)[J]. 中国农学通报, 2002, 18(4): 56-58, 89.
- [21] 杨文钰, 樊高琼, 任万军, 等. 烯效唑干拌种对小麦根叶生理功能的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(7): 1339-1345.
- [22] 余松烈, 杨文钰, 史春余, 等. 激发作物植株活力、改变植株生理机制的栽培技术研究[J]. 山东农业科学, 2009(3): 1-7.

《生物质化学工程》2011年征订启事

《生物质化学工程》是由国家林业局主管、中国林业科学院林产化学工业研究所主办的,面向国内外公开发行的全国生物质化工行业的技术类刊物。A4开本,56页。国内统一连续出版物号:CN 32-1768/S,国际标准连续出版物号:ISSN 1673-5854。本刊突出技术类期刊的特点,注重稿件的时效性。本刊为美国《化学文摘》(CA)的收录期刊,也是中国期刊全文数据库、中文科技期刊数据库、万方数据——数字化期刊群、CEPS中文电子期刊服务全文收录期刊,为中国学术期刊综合评价数据库统计来源期刊、《CAJ-CD规范》执行优秀期刊和全国农业核心期刊。

办刊宗旨:认真执行国家的有关方针政策,为经济建设服务、为促进中国生物质化工产业的发展服务。办刊方针:理论与实践相结合,普及和提高相结合,引导技术潮流,促进行业发展。报道内容:可再生的木质和非木质生物质资源的化学加工与利用,包括生物质能源、生物质化学品、生物质新材料、生物质天然活性成分和制浆造纸等。主要报道内容为松脂化学、生物质能源化学、生物质炭材料、生物基功能高分子材料、胶黏剂化学、森林植物资源提取物化学利用、环境保护工程、木材制浆造纸为主的林纸一体化和林产化学工程设备研究设计等方面的最新研究成果。主要栏目:研究报告、综述评论、行业热点、国内外信息等。读者对象:适于从事生物质化学工业、林产化学工业、林业、农业、森工、能源、轻工、化工、环保、医药、食品、土产、商检、外贸等行业从事科研、教学、生产、经营、设计工作等相关人士阅读。

本刊为双月刊,单月25日出版。邮局发行,邮发代号28-205。国内定价:每期10.00元,全年60.00元;国外定价:全年60美元,国外发行代号BM 2743。也可直接向本刊编辑部订阅。地址:南京市锁金五村16号林产化工研究所内,邮编210042;电话:025-85482492;传真:025-85482493;网址: <http://www.bce.ac.cn>; E-mail: bce@vip.163.com。

欢迎积极投稿、踊跃订阅或来人来函联系广告业务!