

尹丹丹,薛泽云,徐迎春,等. 外源一氧化氮对黄长筒石蒜子球发育的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):153-156.

外源一氧化氮对黄长筒石蒜子球发育的影响

尹丹丹¹, 薛泽云¹, 徐迎春¹, 李永荣², 翟敏², 周杰¹

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095; 2. 南京绿宙薄壳山核桃科技有限公司, 江苏南京 210007)

摘要:采用八分法切割黄长筒石蒜(*Lycoris longituba* var. *flava*)的4年生鳞茎,研究不同浓度(0、25、50、75 $\mu\text{mol/L}$)一氧化氮(NO)供体硝普钠(SNP)对黄长筒石蒜子球发育及生理特性的影响。结果表明,相对较高浓度(50~75 $\mu\text{mol/L}$)的外源NO能够使黄长筒石蒜鳞茎可溶性糖、还原糖含量升高,淀粉含量与对照无显著差异;50 $\mu\text{mol/L}$ 外源NO处理时,可溶性蛋白质含量升高,总淀粉酶活性增加,促进内源IAA和GA的合成,抑制内源ABA和ZR的合成。75 $\mu\text{mol/L}$ 外源NO作用下,黄长筒石蒜的平均子球数和平均根数显著增多,平均子球直径和平均根长差异不显著。表明外源NO可以提高黄长筒石蒜鳞茎内IAA和GA的含量,促进黄长筒石蒜体内的氮代谢和碳水化合物代谢,进而有利于黄长筒石蒜子球发生及根系发育,提高繁殖系数。

关键词:一氧化氮;长筒石蒜;子球;发育

中图分类号: S682.2⁺90.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)09-0153-03

黄长筒石蒜(*Lycoris longituba* var. *flava*)是石蒜科石蒜属多年生球根花卉,主要分布于我国^[1]。早春出叶,入夏(5月底)叶片枯萎进入休眠期,秋季(7月下旬到9月)抽茎开花,翌年春季再长叶。花为黄色,花被裂片腹面稍有淡红色条纹,十分美丽;且其花、叶不同时出现,非常独特,具有很高的观赏价值,既可观花又可赏叶,可用作切花、盆花、地被植物及用于园林景观配置,具有广阔的园林应用前景。目前我国内地用作人工栽培的石蒜属花卉仅有石蒜和忽地笑2种,黄长筒石蒜仍处于野生状态,未得到有效的开发利用。其中主要限制因素是其自然繁殖系数低,周期长,资源量少,无法满足大规模产业化生产的要求^[2-4]。已有研究表明,球根花卉的子球发生与发育均受到内源激素的调控^[5-6],目前关于利用激素浸泡石蒜母球促进子球发生的研究已有报道,主要集中在NAA、GA₃、6-BA和2,4-D等生长调节剂上^[7-8]。一氧化氮(NO)是近年来发现的植物体内的一种信号分子,与其他植物激素具有相同或相近的特性,在调节植物的生长发育时具有浓度效应,有人甚至把它看作一种新的激素^[9-10]。目前关于应用NO促进黄长筒石蒜子球发育方面的研究尚未见报道。本研究采用不同浓度NO供体硝普钠(SNP)溶液浸泡经八分切割的黄长筒石蒜鳞茎,研究外源NO对子球发生及根系发育的效果,为提高黄长筒石蒜种球繁殖系数提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为黄长筒石蒜4年生成熟鳞茎。2011年8月

自南京绿宙薄壳山核桃科技有限公司石蒜属植物种质资源圃采挖黄长筒石蒜鳞茎,挑选周径基本一致的鳞茎,剥去外表皮,剪去原有根系并清洗干净备用。

1.2 试验处理

将洗净晾干的黄长筒石蒜鳞茎用0.3%高锰酸钾溶液浸泡30 min,取出阴干,采用八分法切割,从球茎基部往上切到球体高度的1/2处。NO供体硝普钠($[\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5] \cdot \text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, SNP)设3个浓度水平:25、50、75 $\mu\text{mol/L}$;蒸馏水浸泡作对照(CK)。将黄长筒石蒜已切割的鳞茎投入不同浓度SNP溶液中浸泡12 h后阴干,种植于36 cm×27 cm×13.5 cm的塑料周转箱内,以珍珠岩为栽培基质。将周转箱置于室内,及时检查并保持基质湿度,箱上加以覆盖避光。

试验采用随机区组设计,每处理5个鳞茎(5次重复)。2011年10月13日,每个处理随机选3个鳞茎(3次重复),取其中层鳞片(由外向内第3~5层)用于各项生理指标的测定。

1.3 测定内容与方法

形态指标:子球直径用游标卡尺测定,根长用直尺测定。

生理指标:测定方法均参考文献[11]。可溶性糖含量、淀粉含量采用蒽酮比色法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝G-250染色法测定;还原糖含量和总淀粉酶活性采用3,5-二硝基水杨酸比色法测定。内源激素包括生长素(IAA)、赤霉素(GA)、玉米素核苷(ZR)、脱落酸(ABA)等,采用酶联免疫法(ELISA)测定。试验在中国农业大学作物化控室进行。

1.4 数据处理方法

试验数据用Excel和SPSS 19.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 外源NO对黄长筒石蒜子球发生及根系发育的影响

由表1可以看出,SNP浓度为75 $\mu\text{mol/L}$ 时,黄长筒石蒜平均子球数显著高于对照和其他处理。在外源NO作用下,各处理和对照间平均子球直径均无显著差异。中、高浓度(50、75 $\mu\text{mol/L}$)SNP处理黄长筒石蒜的平均根数显著高于对

收稿日期:2013-02-28

基金项目:江苏省大学生实践创新计划(编号:JSS1113);南京农业大学SRT计划(编号:1114A10)。

作者简介:尹丹丹(1990—),女,山西朔州人,2009级本科生。Tel:(025)84396762;E-mail:yindandan12345@163.com。

通信作者:徐迎春,副教授,硕士,研究生导师。Tel:(025)84396762;E-mail:xye@njau.edu.cn。

表 1 不同浓度外源 NO 对黄长筒石蒜子球发生及根系发育的影响

SNP 浓度 ($\mu\text{mol/L}$)	平均子球数 (个)	平均子球直径 (mm)	平均根数 (条)	平均根长 (cm)
0 (CK)	$0.67 \pm 0.58\text{b}$	$9.40 \pm 2.64\text{a}$	$1.33 \pm 0.58\text{b}$	$1.18 \pm 0.22\text{b}$
25	$1.00 \pm 0.00\text{b}$	$8.35 \pm 2.59\text{a}$	$2.33 \pm 0.58\text{ab}$	$2.80 \pm 1.59\text{a}$
50	$1.00 \pm 0.00\text{b}$	$8.24 \pm 2.49\text{a}$	$3.33 \pm 0.58\text{a}$	$2.48 \pm 1.32\text{ab}$
75	$2.33 \pm 0.58\text{a}$	$11.98 \pm 3.62\text{a}$	$3.67 \pm 1.16\text{a}$	$2.44 \pm 1.09\text{ab}$

注:表中数据为“平均值±标准偏差”;同列数据后标注不同大、小写字母分别表示差异极显著($P<0.01$)、显著($P<0.05$)。下表同。

照,而低浓度时与对照无显著差异。外源 NO 浓度为 25 $\mu\text{mol/L}$ 时平均根长显著高于对照,而其他处理均与对照差异不显著。

2.2 外源 NO 对黄长筒石蒜鳞茎碳水化合物代谢的影响

由图 1-A 可见,75 $\mu\text{mol/L}$ SNP 处理黄长筒石蒜鳞茎内可溶性糖含量显著增加,说明 NO 具有促进母球向子球供应碳水化合物的作用。由图 1-B 可见,随着 SNP 浓度升高,鳞茎内还原糖含量逐渐增加,SNP 浓度为 75 $\mu\text{mol/L}$ 时最高。

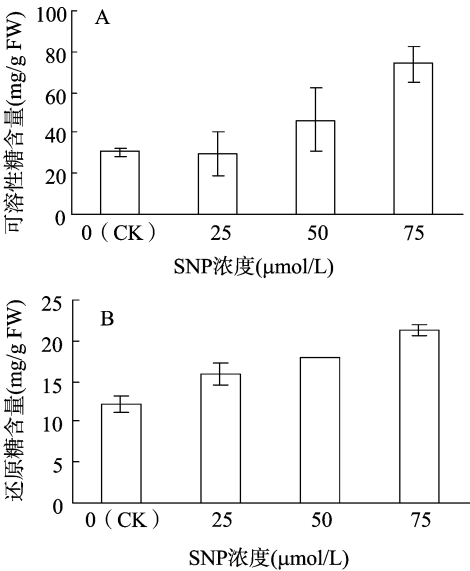


图1 不同浓度外源NO对黄长筒石蒜鳞茎内可溶性糖 (A) 及还原糖 (B) 含量的影响

由图 2-A 可见,黄长筒石蒜在 SNP 处理时鳞茎内淀粉含量与对照无显著差异,说明此时母球内的淀粉可能尚未发生明显降解。由图 2-B 可发现,50 $\mu\text{mol/L}$ SNP 处理黄长筒石蒜鳞茎内总淀粉酶活性显著高于对照和其他处理,而 25、75 $\mu\text{mol/L}$ SNP 处理与对照差异不显著,与图 2-A 中淀粉含量变化表现不一致,其中的原因有待进一步研究。

2.3 外源 NO 对黄长筒石蒜鳞茎可溶性蛋白质含量的影响

植物体内蛋白质含量的变化,可以反映植物活性的变化。由图 3 可以发现,在低、中浓度(25,50 $\mu\text{mol/L}$) SNP 处理下,黄长筒石蒜鳞茎内可溶性蛋白质含量升高,说明此时氮代谢活性较高。但在高浓度 SNP 处理(75 $\mu\text{mol/L}$)时鳞茎内可溶性蛋白质含量与对照无显著差异,说明此时外源 NO 作用减弱。

2.4 外源 NO 对黄长筒石蒜鳞茎内源激素含量的影响

由表 2 可见,较高浓度(50,75 $\mu\text{mol/L}$) SNP 处理下黄长筒石蒜鳞茎内 ZR、ABA 含量极显著降低;且与对照相比,

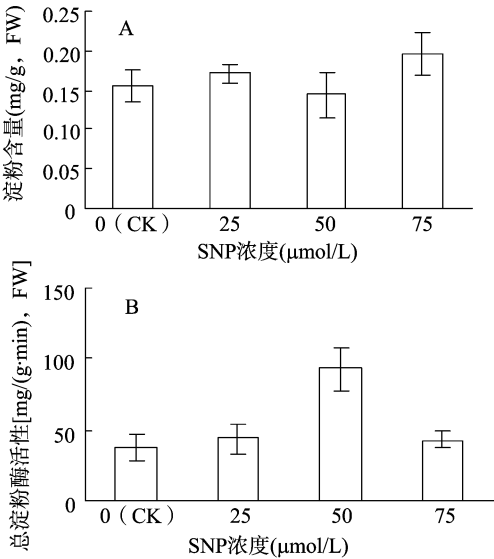


图2 不同浓度外源NO对黄长筒石蒜鳞茎内淀粉含量 (A) 及总淀粉酶活性 (B) 的影响

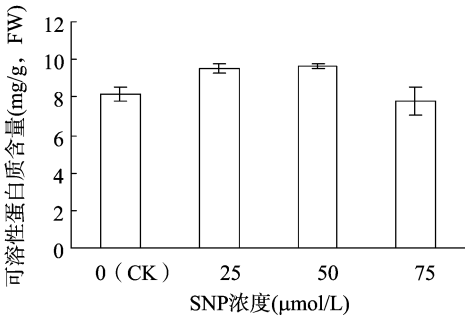


图3 不同浓度外源NO对黄长筒石蒜鳞茎内可溶性蛋白质含量的影响

50 $\mu\text{mol/L}$ SNP 作用下鳞茎内 IAA、GA 含量极显著增加。由表 3 可见,在 50 $\mu\text{mol/L}$ SNP 作用下,黄长筒石蒜鳞茎内 ABA/IAA、ABA/GA、ZR/IAA 三者的比例均极显著低于对照,说明 50 $\mu\text{mol/L}$ SNP 促进内源 IAA 和 GA 的合成,抑制了内源 ABA 和 ZR 的合成;此时 GA/IAA 比例与对照差异不显著。与表 2 结论相吻合。

3 讨论

NO 是植物体中广泛存在的一种正常代谢物或副产物,也是一种非极性、短效、普遍存在的信号分子^[12]。SNP 是植物体常用的外源一氧化氮供体,0.50 mmol/L 的 SNP 约能产生 2 $\mu\text{mol/L}$ NO 气体^[13]。作为信号分子的 NO 可以广泛参与植物各种生理过程的调节,尤其在植物的种子萌发、形态建

表 2 不同浓度外源 NO 对黄长筒石蒜鳞茎内源激素含量的影响

SNP 浓度 ($\mu\text{mol/L}$)	ZR 含量 (ng/g,FW)	IAA 含量 (ng/g,FW)	ABA 含量 (ng/g,FW)	GA 含量 (ng/g,FW)
0(CK)	16.35 \pm 0.37Aa	137.42 \pm 1.11Bc	58.17 \pm 0.69Bb	4.54 \pm 0.05Cc
25	15.31 \pm 0.46Ab	143.83 \pm 1.91Ab	64.57 \pm 0.24Aa	6.78 \pm 0.09Aa
50	12.84 \pm 0.22Bc	147.34 \pm 2.09Aa	49.92 \pm 1.17Dd	4.92 \pm 0.11Bb
75	13.45 \pm 0.62Bc	115.03 \pm 1.13 Cd	54.83 \pm 0.44Cc	4.20 \pm 0.21Cd

表 3 不同浓度 SNP 对黄长筒石蒜鳞茎内源激素比例的影响

SNP 浓度 ($\mu\text{mol/L}$)	ABA/IAA	ABA/GA	ZR/IAA	GA/IAA
0(CK)	0.42 \pm 0.00Cc	12.82 \pm 0.01Aa	0.12 \pm 0.00Aa	0.03 \pm 0.00Cc
25	0.45 \pm 0.01Bb	9.52 \pm 0.16Bb	0.11 \pm 0.00Bb	0.05 \pm 0.00Aa
50	0.34 \pm 0.01Dd	10.14 \pm 0.10Bb	0.09 \pm 0.00Cc	0.03 \pm 0.00Cc
75	0.48 \pm 0.01Aa	13.07 \pm 0.77Aa	0.12 \pm 0.01Aa	0.04 \pm 0.00Bb

成及对逆境的响应等方面起着重要的调节作用^[13-15]。

王金祥等、廖伟彪等分别在拟南芥和地被菊的研究中发现,外源 NO 可促进插穗生根和根的生长^[16-17],推测适宜浓度的外源 NO 有促进植物无性繁殖过程中器官建成的作用。本研究表明,75 $\mu\text{mol/L}$ 外源 NO 处理下黄长筒石蒜的平均子球数显著高于对照;50、75 $\mu\text{mol/L}$ 外源 NO 处理下黄长筒石蒜的平均根数显著高于对照,同时发现,此时子球平均直径和平均根长与对照无显著差异,可能是因为黄长筒石蒜子球的数量和膨大与根系的数量和伸长存在相互制衡的关系。

可溶性糖是球根花卉新鳞片或球茎形成的主要营养源及碳源,其含量的高低反映了植物体内可利用态物质和能量的供应情况^[18-19]。本研究发现,75 $\mu\text{mol/L}$ 外源 NO 作用下黄长筒石蒜可溶性糖、还原糖含量均显著升高,说明外源 NO 促进了母球碳水化合物的代谢,以提供子球发育所需的碳水化合物。同时,本研究发现对黄长筒石蒜的鳞茎进行八分切割后,50 $\mu\text{mol/L}$ 外源 NO 处理鳞茎内淀粉含量与对照无显著差异,总淀粉酶活性显著增强,可能是因为从处理到调查时间较短,子球还未发育完全,淀粉含量暂时还未出现显著变化。已知淀粉酶在鳞茎发育过程中对调节和平衡碳水化合物的形态起重要作用^[20],本试验观测到淀粉酶活性的提高说明外源 NO 有加速降解淀粉的潜力,可促使贮藏性碳水化合物淀粉转化为可以直接被植物利用的可溶性糖,进而提供黄长筒石蒜子球发育的碳源,这与罗琦研究 8 种石蒜属植物鳞茎内淀粉和可溶性糖转化的关系相一致^[21]。

可溶性蛋白质作为一种结构物质,对各种物质的合成均起重要作用,它是器官形态建成的物质基础。因此植物体内可溶性蛋白质含量变化在一定程度上体现了植物组织内营养的转移变化^[18]。本试验中 50 $\mu\text{mol/L}$ 外源 NO 处理黄长筒石蒜鳞茎内蛋白质含量显著升高,可见 50 $\mu\text{mol/L}$ 外源 NO 促使黄长筒石蒜鳞茎内氮代谢活性增强,为子球的发育提供了物质基础,基本与前人认为的蛋白质的积累对石蒜球茎内部营养、物质代谢和球茎的增高、增粗有重要作用相吻合^[19]。

GA 和 IAA 作为促进植物生长发育的一类激素,其含量高低与植株生长情况有直接关系。本试验中观测到 50 $\mu\text{mol/L}$ 外源 NO 促进子球数量增加,同时鳞茎内 IAA 和 GA 含量也极显著增加,说明 NO 可通过引起鳞茎内 IAA 和

GA 水平升高,进而促进子球的发生。同时本试验中发现较高浓度(50、75 $\mu\text{mol/L}$) SNP 处理黄长筒石蒜鳞茎内 ABA 含量极显著降低。由于 ABA 的生理效应为抑制种子和幼芽萌发,延长休眠,因此 NO 处理引起 ABA 含量的降低预示着新生器官的发生,说明鳞茎将开始进入活跃的生理代谢阶段,对子球的发生有积极作用。伴随着子球初期形态建成,黄长筒石蒜鳞茎内 ZR 含量降低,原因有待进一步研究查明。

本研究表明,25 ~ 50 $\mu\text{mol/L}$ 的外源 NO 能够提高 IAA 和 GA 的含量;相对较高浓度外源 NO 可以促进黄长筒石蒜鳞茎内的氮代谢和碳水化合物代谢,进而有利于黄长筒石蒜子球发生及根系发育,提高繁殖系数。关于 NO 对植物生长发育影响的作用机制目前还不清楚,但有报导认为可能是 NO 通过质外体直接作用于细胞壁组分,使细胞壁松弛,利于细胞扩展,从而促进植株的生长,不过浓度过高时将会产生破坏性的影响^[22];也可能是 NO 与植物激素共同作用,或作为信号物质与激素相互诱导合成,进而对植物生长进行调控。在植物生长发育方面,NO 与植物激素功能存在着重叠,外源 IAA、ABA 处理均导致植物体内 NO 升高^[23-24],但它们之间是怎样协同发挥功能的,还有待进一步研究。

参考文献:

[1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第十六卷第一分册[M]. 北京:科学出版社,1989:16-17.
[2] 孙长生,朱虹,彭志金. 石蒜属植物的繁殖研究进展[J]. 现代中药研究与实践,2010,24(3):74-76.
[3] 姚青菊,夏冰,彭峰. 石蒜鳞茎切片扦插繁殖技术[J]. 江苏农业科学,2004(6):108-110.
[4] 张露,曹福亮. 石蒜属植物栽培技术研究进展[J]. 江西农业大学学报,2001,23(3):375-378.
[5] 许智宏,李家洋. 中国植物激素研究:过去、现在和未来[J]. 植物学通报,2006,23(5):433-442.
[6] 金雅琴,黄雪芳,李冬林,等. 2 种石蒜生长发育期鳞茎内源激素的动态变化[J]. 植物研究,2010,30(6):697-702.
[7] 谢菊英,张露,连芳青,等. 生长调节剂对石蒜无性繁殖的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2006,30(3):125-127.
[8] 李玉萍,张庆峰,汤庚国. 石蒜(*Lycoris radiata*)种球的繁殖试验[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2005,29(2):103-105.

刘 端,刘 华,江晓珩,等. 不同光照强度下苦杨幼苗生长特性分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):156-158.

不同光照强度下苦杨幼苗生长特性分析

刘 端,刘 华,江晓珩,白志强,韩燕梁

(新疆林业科学院森林生态研究所,新疆乌鲁木齐 830000)

摘要:额尔齐斯河流域是我国杨柳科树木分布面积最大的区域,素有“杨树基因库”之称。在 3 个光照强度处理(全光照、50%遮光、80%遮光)下,测定苦杨幼苗在 5—9 月份的生长特性(树高和地径生长、叶形态指标)对不同光照强度的响应,结果表明:遮光在一定程度上限制了苦杨幼苗的树高和地径生长,但 5—9 月苦杨幼苗的高生长量大于地径生长量;随着遮光率增大,苦杨的平均叶长、平均叶宽、叶面积、叶重均呈下降趋势,而比叶面积呈上升趋势。

关键词:苦杨;高径生长;比叶面积;光照强度

中图分类号: S718.51⁺2.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)09-0156-03

光是影响植物生长、发育的重要环境因子之一,它通过引起环境温度、湿度、热、气等因子的改变而使植物光合作用发生变化,影响植物体内有机物的积累。植物叶片对不同光环境的响应一直是研究的热点^[1]。同一物种在不同光照条件下往往表现出不同的形态和生理特征,而这种形态和生理上的变化又是植物本身对不同光照条件做出的适应性变化。不同生态习性的物种对不同光环境有不同的适应方式,植物利用形态特征、生长特性、生物量分配策略、光合特征等的改变

以适应光的变化,如植物比叶面积、叶绿素含量、光合作用等均会发生不同程度的改变。研究光照对植物形态特征的影响有助于人们理解植物与光之间的生态关系。在不同的光照条件下,天然林分内外叶片的形态特性有明显的变化,林外蒙古栎幼苗的苗高、叶片比叶面积明显低于林内的,而地径则相反^[2]。高光照能明显促进胡杨叶面积的增加,而遮阴则阻碍胡杨幼苗的生长^[3]。

额尔齐斯河(简称额河)位于我国新疆北部阿勒泰地区,是我国唯一的北冰洋水系河流。它源于阿尔泰山脉中段西南坡,全长 4 248 km,我国境内的河长 633 km,流域面积 5.726 万 km²^[4]。额尔齐斯河流域是我国杨柳科树木自然混交种类最多、集中程度最高、分布面积最大的区域,也是部分杨柳科树种唯一的天然分布和自然种源发源地,素有“杨树基因库”之称,具有极其重要的科学研究价值和潜在的生态经济价值。天然杨树作为额河流域自然生态系统的主体和林牧生态经济

收稿日期:2013-06-14

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划(编号:2012BAD22B03);新疆自治区阿尔泰山森林生态系统定位研究站开放基金。

作者简介:刘 端(1966—),女,四川仁寿人,高级实验师,主要从事森林生态研究。E-mail:309912601@qq.com。

通信作者:刘华,博士,主要从事植物生态学方面的研究。E-mail:249299258@qq.com。

[9]吴春太. 一氧化氮与植物激素的相互作用及其关系[J]. 基因组学与应用生物学,2010,29(6):1169-1176.

[10]Beligni M V, Lamattina L. Nitric oxide in plants; the history is just beginning[J]. Plants, Cell and Environment, 2001, 24(3):267-278.

[11]王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

[12]Neill S J, Desikan R, Clarke A, et al. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants[J]. Journal of Experimental Botany, 2002, 53(372):1237-1247.

[13]刘建新,王 鑫,雷蕊霞. 外源一氧化氮供体 SNP 对黑麦草种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 生态学杂志,2007,26(3):393-398.

[14]张少颖,任小林,程顺昌,等. 外源一氧化氮供体浸种对玉米种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 植物生理学通讯,2004,40(3):309-310.

[15]Beligni M V, Lamattina L. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants[J]. Planta, 2000, 210(2):215-221.

[16]王金祥,陈碧丽,廖 红,等. 生长素、乙烯和一氧化氮对拟南芥下胚轴插条形成不定根的调节[J]. 植物生理学通讯,2009,45

(10):986-990.

[17]廖伟彪,张美玲,吴永华,等. 一氧化氮和过氧化氢对地被菊扦插生根的影响[J]. 园艺学报,2009,36(11):1643-1650.

[18]黄雪方,金雅琴,李冬林. 两种石蒜生长发育期鳞茎可溶性糖、蛋白质及 POD 活性的变化[J]. 亚热带植物科学,2011,40(3):16-19.

[19]左 慧,张日清,杨志玲,等. 石蒜球茎生物学性状及营养成分年变化规律[J]. 江西农业大学学报,2007,29(4):598-602.

[20]孙红梅,李天来,李云飞. 百合鳞茎发育过程中碳水化合物含量及淀粉酶活性变化[J]. 植物研究,2005,25(1):59-63.

[21]罗 琦. 石蒜属植物鳞茎发育生理及盐胁迫下叶片生理变化研究[D]. 芜湖:安徽师范大学,2007.

[22]Leshem Y Y, Haramaty E. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of *Pisum sativum* Linn. foliage[J]. Journal of Plant Physiology, 1996, 148(3/4):258-263.

[23]Cueto M, Hernández-Perera O, Martín R, et al. Presence of nitric oxide synthase activity in roots and nodules of *Lupinus albus* [J]. FEBS Letters, 1996, 398(2/3):159-164.

[24]García-Mata C, Lamattina L. Nitric oxide and abscisic acid cross talk in guard cells[J]. Plant Physiology, 2002, 128(3):790-792.