

5-氨基乙酰丙酸在育苗和盐碱地造林中的使用效果

王乃江¹,康博文¹,刘建军¹,习世红²

(1 西北农林科技大学 林学院,陕西 杨凌 712100;2 陕西省韩城市水利管理站,陕西 韩城 715400)

[摘 要] **【目的】**探索 5-氨基乙酰丙酸(ALA)在黄土高原育苗和造林中的使用效果。**【方法】**以紫穗槐种子为材料,采用土壤表面喷施和叶面喷施方法,研究了 ALA 对紫穗槐幼苗生长的影响;采用裸根苗直接栽植、裸根苗蘸根、裸根苗浸根和容器苗直接栽植、容器苗浇根 5 种方法处理苗木,研究了 ALA 对樟子松、油松和侧柏造林成活率的影响。**【结果】**在陕西关中进行紫穗槐播种育苗时,幼苗期喷施 ALA 溶液,对幼苗生长有一定的促进作用,有助于提高幼苗质量,喷施浓度以 300 mL/L 为宜;土壤表面喷施的效果较好。盐碱地樟子松造林使用 ALA 可明显提高造林成活率,使用效果好于油松和侧柏;同一树种不同处理方法之间以及同一处理方法不同树种之间的造林成活率有一定差异,但树种和治疗方法之间存在比较明显的交互作用。用 300 mL/L ALA 溶液对樟子松进行裸根苗蘸根、容器苗浇根、容器苗直接栽植和裸根苗直接栽植处理,造林成活率可以提高到 80%以上,对侧柏处理效果不明显。**【结论】**ALA 对育苗和造林有一定的促进作用,可以有选择地使用。

[关键词] ALA;盐碱地;造林;育苗

[中图分类号] S791.05;S723 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2008)09-0076-05

Effect of ALA on seedling and planting in salina soil

WANG Nai-jiang¹,KANG Bo-wen¹,LIU Jian-jun¹,XI Shi-hong²

(1 College of Forestry,Northwest A&F University,Yangling,Shaanxi 712100,China;

2 Hancheng Administrative Station of Water Conservancy,Hancheng,Shaanxi 715400,China)

Abstract:【Objective】 The study was done to confirm the effect of ALA on seeding and planting on loess plateau. **【Method】** Using ALA,the quality of the young seedlings of *Amorpha fruticosa* and the rate of forestation survival of *Pinus sylvestris*,*Pinus tabulaeformis* and *Platycladus orientalis* were observed. **【Result】** The study indicated that spraying ALA solution on the leaves of *Amorpha fruticosa* was helpful for its growth in the period of the young plant on the campus of Northwest A&F University,and the best spray concentration of ALA was 300 mL/L. Comparatively,spraying ALA to soil was better than spraying it to leaves. In the region of saline soil in Yulin city, Shaanxi province,five methods of ALA treatment were used in the period of forestation of *Pinus sylvestris*,*Pinus tabulaeformis* and *Platycladus orientalis*. The rate of forestation survival of *Pinus sylvestris* was higher than those of the other tree species. These five methods of treatment were common planting,dipping the root quickly,dipping the root for a long time,the container seedling planting and watering the container seedlings. The analysis of variation showed that dipping the root quickly can lead to a high rate of forestation survival of *Pinus sylvestris* and *Pinus tabulaeformis*. Meanwhile,the effect of ALA on *Platycladus orientalis* was not obvious. **【Conclusion】** The effect of ALA on seeding and planting was very obvious,and can be selected in practice.

* [收稿日期] 2007-09-30

[基金项目] 中日国际合作项目“ALA 在造林中的应用”;国家“十一五”科技支撑计划项目“黄土高原水土流失综合治理工程关键技术支撑技术研究”(2006BAD09B03-03);陕西省自然科学基金项目“黄龙林区退化天然林快速恢复及近自然经营”(2005C120);西北农林科技大学科研专项“黄土高原天然林封育效果及快速恢复”

[作者简介] 王乃江(1966—),男,陕西岐山人,副教授,硕士生导师,主要从事干旱区森林培育理论和技术研究。

Key words: 5-aminolevulinic acid; saline soil; forestation; seedling

盐碱地是在干旱和半干旱地区以及地下水位较高地区分布的一种特殊的土地类型,在我国有相当大的面积。陕西盐渍土面积 3.0 万 hm^2 ,盐化潮土和盐化沼泽土面积 5.6 万 hm^2 ,盐渍土和盐化土面积共计 8.6 万 hm^2 ,主要分布在定边、横山、榆林和神木等县的风沙滩地及无定河中游川道地区。由于盐碱土中含盐量和盐基离子浓度较高,降低了土壤水势,导致植物和农作物生长不良或难以生长。为了充分利用盐碱地,人们往往使用引水压沙和挖排水沟、高台整地等工程措施进行土壤改良,但这些方法投资较大,容易受到地形、水源、经济等因素的影响。

5-氨基乙酰丙酸(ALA)是一种生物代谢中间产物^[1],其能提高植物耐盐碱能力^[2],促进植物生长,提高产量,增强抗逆性^[3-4],改善果品品质^[5-9]。近年来,ALA 被大量人工合成,并作为选择性除草剂、杀虫剂和植物生长调节剂在农林业生产中广泛应用^[10-11],主要涉及苹果^[12-13]、黄瓜^[14-15]、西瓜^[5]、甜瓜^[7]、烟草、草莓^[9]、结缕草和羊草^[10]等植物,研究内容主要集中在 ALA 对植物光合作用和抗逆性影响等方面,但有关 ALA 在林业上的应用研究较少。本研究采用日本 COSMO 石油公司针对盐碱地土壤改良而开发的新型 ALA 土壤改良剂,研究了 ALA 在盐碱地育苗和造林中的使用效果和作用,以期对盐碱地土壤的合理开发利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

ALA 由日本 COSMO 石油公司提供,该产品为无色水溶液,无色无味。紫穗槐种子购于陕西省林木种子分公司,种源地为陕西省延安市燕沟,采种母树为 5 年生播种苗,栽植于黄土丘陵 17° 阳坡。樟子松、侧柏、油松幼苗均为 3 年生容器苗和裸根苗,樟子松苗高 45 cm,侧柏苗高 55 cm,油松苗高 60 cm,苗木生长良好。

1.2 试验地概况

ALA 育苗试验设在西北农林科技大学林学院教学试验苗圃,育苗地土壤为土,黏土质地,肥力中等。该区年平均气温 12.9 °C,1 月平均气温 -1.2 °C,7 月平均气温 26.0 °C,≥10 °C 年有效积温 4 169.2 °C。干燥度 1.1,年降水量 631.0 mm,主要集中于 7~9 月份。

ALA 造林试验设在陕北榆林市榆阳区小纪汗林场,该地地处毛乌素沙地南缘,是黄土高原与毛乌素沙漠的交接地带,土壤类型为风沙土,质地为沙质土,土壤 pH 8.41,EC 118.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$,肥力较差;属中温带干旱大陆性季风气候,日照充足,四季分明,气候多变,温差较大,气温偏寒,雨少不均,春季多风沙,霜冻时间较长,无霜期仅 155 d。年平均气温 7.9~8.6 °C,极端最高气温 38.6 °C,极端最低气温 -32.7 °C。年降雨量 350~400 mm,雨量分配不均,主要集中在 7~9 月份,年蒸发量在 2 000 mm 以上。

1.3 试验方法

2006-06-01,在西北农林科技大学林学院教学试验苗圃玻璃温室播种紫穗槐种子,试验采用土壤表面喷施和叶面喷施 2 种方式,比较 ALA 对紫穗槐播种苗的使用效果。土壤表面喷施在播种前结合整地,喷洒 0.16 kg/m^2 300 mL/L ALA 溶液,以喷洒清水为对照;叶面喷施设 300 和 600 mL/L ALA 2 个处理,喷施量为苗木叶片开始滴落药液为止,于幼苗期第二片真叶展开后开始第 1 次喷施,以后每 15 d 喷施 1 次,连续喷施 5 次,以喷施清水为对照。试验按随机区组方法布置,每处理重复 3 次,每重复 12 m^2 。出苗期间,按常规方法进行浇水、定苗、病虫害防治等苗期管理。9 月中旬,每处理随机抽取 20 株苗木,测定其叶片数、叶重、叶面积、苗高、地径、根长及地上部生物量和地下部生物量等指标。

2006 年 4 月下旬,在榆林市榆阳区小纪汗林场,选择生长健壮、大小均匀一致的 3 年生樟子松、侧柏和油松苗植苗造林,株行距 3 m×4 m。栽植时,每个树种分别采用裸根苗直接栽植、裸根苗蘸根、裸根苗浸根和容器苗直接栽植、容器苗浇根 5 种方法处理苗木。处理苗木的 ALA 溶液浓度为 300 mL/L,裸根苗蘸根是用 ALA 溶液调制成的泥浆蘸根后栽植;裸根苗浸根和容器苗浇根是将苗木根系在 ALA 溶液中浸泡 12 h,待根系充分吸足溶液后栽植。按随机区组方法布置试验,每处理重复 3 次,每小区为 1 个重复,栽植苗木 30 株。11 月上旬调查造林成活率。

2 结果与分析

2.1 叶面喷施 ALA 对紫穗槐幼苗生长的影响

表 1 结果表明,叶面喷施 ALA 溶液,对紫穗槐

幼苗生长有一定的促进作用,有利于提高幼苗质量。经 ALA 处理后,紫穗槐幼苗的叶重、叶面积、苗高、地径、地下部和地上部生物量均较对照有不同程度增加,而根长略低于对照。方差分析结果表明,紫穗槐叶面喷施 ALA 后,其复叶数、根长和地下部生物量与对照相比差异不显著;但叶重、叶面积、苗高、地

径和地上生物量等幼苗质量指标与对照差异显著;300 和 600 mL/L 的 ALA 处理后地径差异显著,其中 300 mL/L ALA 处理与对照差异不显著。也就是说,300 和 600 mL/L ALA 喷施效果相当,紫穗槐幼苗复叶数、叶重、叶面积、苗高、根长、地下部和地上部生物量等指标相差不大。

表 1 叶面喷施不同浓度 ALA 对紫穗槐幼苗生长的影响

Table 1 Effect of the different spraying concentrations of ALA on the quality index of young plants of <i>Amorpha fruticosa</i>								
ALA 浓度/ (mL · L ⁻¹) Concentration of spraying	复叶数 Quantity of leaves	叶重/g Weight of leaves	叶面积/cm ² Area of leaves	苗高/cm Height of seedling	地径/mm Diameter of the stem	根长/cm Length of the root	地下部 生物量/g Biomass of the root	地上部 生物量/g Biomass of the leaves and stem
对照 CK	7.1 a	0.114 a	0.333 a	8.44 a	2.7 a	24.5 a	0.216 a	0.087 a
300	8.0 a	0.166 b	0.467 b	11.19 b	2.7 a	23.8 a	0.254 a	0.152 b
600	7.9 a	0.162 b	0.462 b	10.81 b	3.0 b	23.7 a	0.219 a	0.127 b

注:同列数据后标不同小写字者表示差异显著($P<0.05$)。表 2 同。
Note: Different small letters in each column indicate significant difference ($P<0.05$) test. Table 2 is the same.

2.2 喷施方式对紫穗槐幼苗生长的影响

从表 2 可以看出,对紫穗槐幼苗地下部生物量,土壤表面喷施、叶面喷施与对照间差异不显著;复叶数、地径和根长等指标处理间差异显著。从土壤表面喷施和叶面喷施 ALA 的使用效果来看,采用土壤表面喷施的紫穗槐幼苗,其复叶数、地径、苗高和叶面积均大于对照和叶面喷施处理,而叶面喷施处

理的效果与对照基本一致或略大于对照;对于叶重、地下部生物量和地上部生物量而言,叶面喷施和土壤表面喷施的效果均优于对照,且叶面喷施的效果较土壤表面喷施明显;经叶面喷施处理的紫穗槐幼苗根长显著小于对照和土壤表面喷施处理,而土壤表面喷施处理的根长略大于对照。

表 2 喷施方式对紫穗槐幼苗生长的影响

Table 2 Effect of the different treatments of ALA on the young on the quality index of young plants of <i>Amorpha fruticosa</i>								
处理方法 Treatment method	复叶数 Quantity of leaves	叶重/g Weight of leaves	叶面积/cm ² Area of the leaves	苗高/cm Hight of seedling	地径/mm Diameter of the stem	根长/cm Length of the root	地下部 生物量/g Biomass of the root	地上部 生物量/g Biomass of the leaves and stem
对照 CK	7.1 a	0.114 a	0.333 a	8.44 a	2.7 ab	24.5 a	0.216 a	0.088 a
土壤表面喷施 Soil treatment	8.7 b	0.147 ab	0.564 b	11.72 b	3.2 a	25.4 a	0.228 a	0.128 b
叶面喷施 Spraying at leaf	7.2 a	0.182 b	0.366 ab	10.27 ab	2.5 b	22.0 b	0.245 a	0.151 b

2.3 ALA 对造林成活率的影响

由表 3 可以看出,在榆林毛乌素盐碱地造林,对樟子松、油松和侧柏采用 ALA 处理苗木,不同处理方法的造林成活率有一定差异。樟子松和侧柏不同处理方法间造林成活率无明显差异,樟子松造林成活率在 77.8%~93.3%,侧柏造林成活率在 57.8%~70.0%。油松裸根苗蘸根和裸根苗浸根 2 种方法处理后的苗木造林成活率相对较高,成活率在 74.0%以上,而容器苗浇根和容器苗直接栽植的造林成活率则较低,成活率仅高于 50.0%;裸根苗直接栽植的造林成活率处于一般水平,为 64.4%。

表 3 结果还表明,用 ALA 处理造林苗木,同一

处理方法不同树种之间也存在明显差异。采用裸根苗直接栽植和容器苗直接栽植 2 种处理方法,樟子松的造林成活率显著高于油松和侧柏,而油松和侧柏的造林成活率在 52.6%~66.7%,无显著差异。采用裸根苗蘸根,樟子松的造林成活率高达 93.3%,显著高于侧柏;采用容器苗浇根,樟子松的造林成活率也相对较高,显著高于油松,而油松的造林成活率相对较低,仅为 50.0%。采用裸根苗浸根的方法,3 个树种的造林成活率没有明显变化,其造林成活率在 60.0%~77.8%。3 个树种比较而言,樟子松的造林成活率明显高于油松和侧柏,油松和侧柏的造林成活率基本相当。

由表 3 还可以看出,树种与处理方法之间的交互作用比较明显,即不同树种的不同处理方法之间存在显著差异。樟子松裸根苗蘸根的造林成活率最高,可以达到 93.3%;樟子松容器苗浇根、容器苗直接栽植、裸根苗直接栽植 3 种处理的造林成活率次之;油松裸根苗蘸根,樟子松、油松裸根苗浸根,侧柏

容器苗直接栽植、容器苗浇根和油松裸根苗直接栽植的造林成活率处于一般水平;侧柏裸根苗直接栽植、裸根苗蘸根、裸根苗浸根的造林成活率相对较低;油松容器苗直接栽植、容器苗浇根的造林成活率最低,仅稍高于 50.0%。

表 3 ALA 对盐碱地樟子松、油松和侧柏造林成活率的影响

Table 3 Effect of ALA on the rate of forestation survival of *Pinus sylvestris*,
P. tabulaeformis and *Platycladus orientalis*

树种 Tree species	裸根苗直接栽植 Common planting	裸根苗蘸根 Dipping the root quickly	裸根苗浸根 Dipping the root for a long time	容器苗直接栽植 Container seedling planting	容器苗浇根 Watering the container seedlings
樟子松 <i>P. sylvestris</i>	82.2 Aa	93.3 Aa	77.8 Aa	90.0 Aa	92.2 Aa
油松 <i>P. tabulaeformis</i>	64.4 Bab	79.6 ABa	74.0 Aa	52.6 Bb	50.0 Bb
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	57.8 Ba	60.0 Ba	60.0 Aa	66.7 Ba	70.0 ABa

注:小写字母表示同行数据的差异性,大写字母表示同列数据的差异性。
Note:The small letters indicate the difference of data in the same row,the capital letters indicate the difference of data in the same column.

3 讨 论

本研究结果表明,叶面喷施 ALA 后,促进了紫穗槐幼苗的生长,这与张淑婷等^[11]、张一宾等^[16]的研究结论相一致。这可能与 ALA 的生理生化性质有关。已有资料证明,ALA 可以调节植物叶绿素生化合成^[10],增强光合作用^[11],也是一种植物生长促进剂^[16]。

ALA 还具有增强植物抗寒性和耐盐性的作用^[3-4,11-12,15],能够增加植物的抗逆性^[3-4,10,12]。研究表明,ALA 可以促进高盐(1.5% NaCl)条件下棉花^[17]、菠菜^[3]和小白菜^[4,8]等耐盐性较强作物的生长,对其耐盐性有一定的促进效应,也可以缓解盐胁迫对西瓜种子萌发的抑制效果^[5]。榆林市地处毛乌素沙地,土壤盐碱化较为严重,使用 ALA 后造林成活率提高,进一步验证了 ALA 缓解植物盐胁迫的特性。

4 结 论

在黄土高原南缘的陕西关中地区进行紫穗槐播种育苗时,对幼苗叶面喷施 ALA 溶液可促进其生长,有助于提高幼苗质量。喷施浓度以 300 mL/L 为宜,土壤表面喷施较叶面喷施效果好。

在榆林沙漠地区的盐碱地,用 ALA 处理造林苗木,在一定程度上可以提高造林成活率。对樟子松的使用效果明显优于油松和侧柏,同一树种不同处理方法之间以及同一处理方法不同树种之间的造林成活率存在一定差异,树种与处理方法之间存在比较明显的交互作用。用 300 mL/L ALA 对樟子

松裸根苗蘸根、容器苗浇根、容器苗直接栽植处理的造林成活率相对较高,其成活率可以达到 90.0%以上;油松容器苗直接栽植、容器苗浇根处理的造林成活率最低,仅稍高于 50.0%,但 ALA 对侧柏的处理效果不明显。

[参考文献]

[1] 刘 晖,康 琅,刘卫琴,等. 5-氨基乙酰丙酸(ALA)在水溶液中的稳定性[J]. 南京农业大学学报,2006,29(2):29-32.
Liu H,Kang L,Liu W Q. Stability of 5-aminolevulinic acid in aqueous solution[J]. Journal of Nanjing Agricultural University,2006,29(2):29-32. (in Chinese)

[2] 张一宾. 5-氨基乙酰丙酸(ALA)的功能与展开[J]. 世界农药,2006,28(4):14-18.
Zhang Y B. Function and deploitation of 5-aminolevulinic acid[J]. World Pesticides,2006,28(4):14-18. (in Chinese)

[3] Nishiharae,Kondok,Parvezmm,et al. Role of 5-aminolevulinic acid (ALA) on active oxygen-scavenging system in NaCl-treated spinach (*Spinacia oleracea*) [J]. Plant Physiology,2003,16:1085-1091.

[4] Wang L J,Jiang W B,Huang B J. Promotion of 5-aminolevulinic acid on photosynthesis of melon (*Cucumismelo* L.) seedlings under low light and chilling stress conditions [J]. Physiology Plant,2004,121(2):258-264.

[5] 刘 晖,康 琅,汪良驹. ALA 对盐胁迫下西瓜种子萌发的促进效应 [J]. 果树学报,2006,23(6):854-859.
Liu H,Kang L,Wang L J. Promotion of 5-aminolevulinic acid on seed germination of watermelon (*Citrullus lanatus*) under salt stress [J]. Journal of Fruit Science,2006,23(6):854-859. (in Chinese)

[6] 汪良驹,姜卫兵,章 镇,等. 5-氨基乙酰丙酸生物合成、生理活性及其在农业上的潜在应用 [J]. 植物生理学通讯,2003,39(3):185-192.

Wang L J, Jiang W B, Zhang Z, et, al. Biosynthesis and physiological activities of 5-aminolevulinic acid(ALA) and its potential application agriculture [J]. Plant Physiology Communications, 2003, 39(3): 185-192. (in Chinese)

[7] 汪良驹, 姜卫兵, 黄保健. 5-氨基乙酰丙酸对弱光下甜瓜幼苗光合作用和抗冷性的促进效应 [J]. 园艺学报, 2004, 31(3): 321-326.

Wang L J, Jiang W B, Huang B J. Promotion of photosynthesis by 5-aminolevulinic acid(ALA) during and after chilling stress in melon seedlings grown under low light condition [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(3): 321-326. (in Chinese)

[8] 汪良驹, 石伟, 刘晖, 等. 外源 5-氨基乙酰丙酸处理对小白菜叶片光合作用的效应 [J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(2): 34-38.

Wang L J, Shi W, Liu H, et, al. Effects of exogenous 5-aminolevulinic acid treatment on leaf photosynthesis of pak-choi [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2004, 27(2): 34-38. (in Chinese)

[9] 刘卫琴, 康琅, 汪良驹. ALA 对草莓光合作用的影响及其与抗氧化酶的关系 [J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 57-62.

Liu W Q, Kang L, Wang L J. Effects on strawberry photosynthesis and relations to anti-oxidant enzymes of ALA [J]. Acta Bot Boreal-Occident Sin, 2006, 26(1): 57-62. (in Chinese)

[10] 宋士清, 郭世荣. 5-氨基乙酰丙酸的生理作用及其在农业生产中的应用(综述) [J]. 河北科技师范学院学报, 2004, 18(2): 54-57, 72.

Song S Q, Guo S R. Physiological function of 5-aminolevulinic acid and its application in agriculture [J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technology, 2004, 18(2): 54-57, 72. (in Chinese)

[11] 张淑婷, 周强. 植物生长调节剂 D-ALA 的全化学合成 [J]. 农药, 2002, 41(7): 43-47.

Zhang S Q, Zhou Q. Synthesis of growth regulator D-aminolevulinic acid [J]. Pesticides, 2002, 41(7): 43-47. (in Chinese)

[12] 汪良驹, 王中华, 李志强, 等. 5-氨基乙酰丙酸促进苹果果实着色的效应 [J]. 果树学报, 2004, 21(6): 512-515.

Wang L J, Wang Z H, Li Z Q. Effects of 5-aminolevulinic acid on enhancing apple fruit coloration [J]. Journal of Fruit Science, 2004, 21(6): 512-515. (in Chinese)

[13] 王中华, 汤国辉, 李志强, 等. 5-氨基乙酰丙酸和金雀异黄酮促进苹果果皮花青素形成的效应 [J]. 园艺学报, 2006, 33(5): 1055-1058.

Wang Z H, Tang G H, Li Z Q, et al. Promotion of 5-aminolevulinic acid and genistein on anthocyanin accumulation in apples [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33(5): 1055-1058. (in Chinese)

[14] Aarti D, Tanaka R, Ito H, et al. High light inhibits chlorophyll biosynthesis at the level of 5-aminolevulinate synthesis during de-etiolation in cucumber (*Cucumis sativus*) cotyledons [J]. Photochemistry and Photobiology, 2007, 83(1): 171-176.

[15] 尹璐璐, 于贤昌, 王英华, 等. 5-氨基乙酰丙酸对黄瓜幼苗抗冷性的影响 [J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 166-169.

Yi L L, Yu X C, Wang Y H, et al. Effect of 5-aminolevulinic acid on chilling tolerance in cucumber seedlings [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(4): 166-169. (in Chinese)

[16] 张一宾, 周焱. 5-氨基乙酰丙酸的植物生理活性 [J]. 世界农药, 2000, 22(3): 8-14.

Zhang Y B, Zhou Y. Plant physiological activity of 5-aminolevulinic acid [J]. World Pesticides, 2000, 22(3): 8-14. (in Chinese)

[17] Watanbek, Tanakat, Hottay, et al. Improving salt tolerance of cotton seedlings with 5-aminolevulinic acid [J]. Plant Growth Reul, 2002, 32: 99-103.

(上接第 75 页)

[12] Zhu-Salzman K, Ahn J E, Salzman R A, et al. Fusion of a soybean cysteine protease inhibitor and a legume lectin enhances anti-insect activity synergistically [J]. Agricultural and Forest Entomology, 2003, 5: 317-323.

[13] Wu A, Sun X, Pang Y, et al. Homozygous transgenic rice lines expressing GNA with enhanced resistance to the rice sap-sucking pest *Laodelphax striatellus* [J]. Plant Breeding, 2002, 121: 93-95.

[14] 陈秋苹, 刘学群, 王春台. 根癌农杆菌介导的糖苷转移酶基因转化烟草的条件研究 [J]. 化学与生物工程, 2005(6): 9-11.

Chen Q P, Liu X Q, Wang C T. Research of conditions on tobacco transformation mediated by *Agrobacterium tumefaciens* expressing Glycosyltransferase gene [J]. Chemistry & Bioengineering, 2005(6): 9-11. (in Chinese)

[15] 许凤芹, 刘桂茹, 杨学举. 植物组织培养研究进展 [J]. 河北农业科学, 2005, 9(1): 99-103.

Xu F Q, Liu G R, Yang X J. Research progress on plant tissue culture [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2005, 9(1): 99-103. (in Chinese)