

## 不同植物生长调节剂对甘薯薯苗生长及产量的影响

陈晶伟, 马居奎, 张成玲, 杨冬静, 唐伟, 高方园, 谢逸萍, 孙厚俊\*

(江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 农业农村部甘薯生物学与遗传育种重点实验室, 江苏徐州 221131)

**摘要** 为了研究不同植物生长调节剂对甘薯薯苗农艺性状及产量的影响, 以烟薯 25 为试验材料, 进行了甘薯苗期试验和大田试验。结果表明, 甘薯苗期施用不同浓度 0.02% 二氢吡吩铁 SP, 处理②、处理③和处理④(0.02% 二氢吡吩铁 SP 分别稀释 4 000、6 000、8 000 倍) 对薯苗生长均具有一定的促进作用, 其中处理③在所有处理中表现最佳, 生根率、发根数、根长与对照呈显著差异, 田间施用后增产幅度为 9.3%; 施用不同植物生长调节剂复配处理, 处理⑤(NAA: IBA: IAA = 7: 1: 1 和处理⑥(NAA: IBA: IAA = 4: 1: 1) 对薯苗生长均有促进作用, 施用后增产幅度分别为 15.5% 和 5.7%。表明稀释 6 000 倍 0.02% 二氢吡吩铁 SP 或浓度为 50 mg/kg NAA: IBA: IAA = 7: 1: 1 复配药剂处理可更好地促进甘薯生长和产量提升。

**关键词** 植物生长调节剂; 二氢吡吩铁可溶性粉剂; 甘薯; 生长; 产量

**中图分类号** S482.8 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2023)10-0119-04

**doi:** 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.026



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effects of Different Plant Growth Regulators on Growth and Yield of Sweet Potato

CHEN Jing-wei, MA Ju-kui, ZHANG Cheng-ling et al (Xuzhou Institute of Agricultural Sciences of Jiangsu Xuhuai Area, Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Sweet Potato of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Xuzhou, Jiangsu 221131)

**Abstract** To investigate the effect of plant growth regulators (PGRs) on the agronomic characters and the yield in sweet potato, *Ipomoea batatas* 'Yanshu 25' was used as experimental material to carry out seedling and field experiments. The results manifested that treatment ②, ③ and ④ (0.02% Iron chlorin SP diluted 4 000, 6 000 and 8 000 times, respectively) promoted the growth of sweet potato seedlings. Treatment ③ performed best among all treatments, with significant differences in rooting rate, number of roots, root length and control, and increased yield by 9.3% after field application. The application of different plant growth regulators compound treatment, treatment ⑤ (NAA: IBA: IAA = 7: 1: 1 and treatment ⑥ (NAA: IBA: IAA = 4: 1: 1) promoted the growth of sweet potato seedlings, and the yield increase after application was 15.5% and 5.7%, respectively. It showed that 0.02% Iron chlorin SP diluted 6 000 times or at a concentration of 50 mg/kg NAA: IBA: IAA = 7: 1: 1 compound agent treatment could better promote the growth and yield improvement of sweet potato.

**Key words** Plant growth regulator; Iron chlorin soluble powder; Sweet potato; Growth; Yield

植物生长调节剂是人工合成的具备与天然植物激素的类似结构与功效, 能调节植物代谢与生理过程的化合物, 在经济作物、园林景观和中药材等领域有广泛的应用<sup>[1]</sup>。常见的植物生长调节剂主要分为 6 类, 包括生长素类、细胞分裂素类、赤霉素类、脱落酸类、乙烯类和芸薹素内酯<sup>[2]</sup>, 其在促进种子萌发、生根和开花, 增强植物防御能力以及提高作物产量和品质等方面具有重要作用<sup>[3-4]</sup>。

二氢吡吩铁是一种新型植物生长调节剂, 对植物具有抑制叶绿素酶活性、提高叶绿素含量、促进根系生长、提高发芽率和增加抗逆性等作用, 该药剂于 2018 年 12 月获得国家农药登记并在油菜上进行施用<sup>[5-6]</sup>。郭丽华等<sup>[7]</sup>在油菜越冬期和返青期喷洒二氢吡吩铁后发现, 油菜的分枝数和产量均得到提升且未产生药害。邢宇俊等<sup>[8]</sup>在烟草中施用二氢吡吩铁可湿性粉剂后, 发现烟草的生长和产量均有提升。此外, 该植物生长调节剂在葡萄、水稻、花生、大豆等作物上也进行了研究, 发现其具有促进生长、提高产量的作用<sup>[9]</sup>。不同植物对同一种植物生长调节剂的反应可能表现不同, 二氢吡吩铁对甘薯的生长调节作用还不清楚。

植物生长调节剂的使用逐渐从单一化转变为络合化, 植物生长调节剂复配使用相比于单独使用具有更好的效果。生长素可以加快细胞分裂和生长, 引诱细胞分化, 改变植物的花期与坐果等, 其中 NAA(萘乙酸)是最常用的生长素, 可诱导植物芽和根系的生长。程晟等<sup>[10]</sup>利用乙烯利、多效唑和 IAA(吲哚乙酸)复配后处理玉米幼苗, 结果表明, 复配型植物生长调节剂与单一植物生长调节剂相比, 能有效提高玉米功能叶片在衰退期叶绿素的含量, 使玉米产量更高。顾建新等<sup>[11]</sup>比较了 NAA、IBA(吲哚丁酸)和 IAA 不同浓度的 7 种复配对马铃薯茎尖扦插成活率和单株结薯数的影响, 结果发现 NAA 50 mg/L+IBA 50 mg/L 浸泡茎尖后, 植株生长健壮且单株结薯数最多, 这与郭洪云等<sup>[12]</sup>的报道一致, NAA 浓度在 50 mg/L 左右时处理薯苗效果最佳。而 NAA 与 IBA 和 IAA 在甘薯中的研究主要集中于茎尖脱毒和离体快繁, 付增光等<sup>[13]</sup>比较不同植物激素对甘薯脱毒种苗生长的影响, 结果发现 NAA 相比于 BAP 更能促进甘薯苗的生长。NAA 与 IBA 和 IAA 不同比例复配处理在甘薯田间应用较少。

甘薯是重要的粮食、饲料和工业加工原料, 已成为促进农业农村发展的重要农作物之一。在甘薯生产中, 应根据实际需求选择适宜的植物生长调节剂或配比, 否则不仅不能达到预期目的, 还会对植株造成伤害, 降低产量。笔者比较了不同稀释倍数的 0.02% 二氢吡吩铁 SP 以及 NAA、IBA 和 IAA 的不同比例复配组合对甘薯生长的影响, 筛选适宜的生长调节剂种类及质量浓度, 以期对甘薯快速繁育、培育及推广提

**基金项目** 国家重点研发计划项目(2020YFD1001401, 2020YFD1001401-02); 国家甘薯产业技术体系(CARS-10); 徐州市农业科学院基金项目(XM2021005); 省苏北科技专项(XZ-SZ202046)。

**作者简介** 陈晶伟(1993—), 男, 陕西汉中, 研究实习员, 硕士, 从事甘薯栽培和病虫害研究。\* 通信作者, 副研究员, 硕士, 从事农作物病虫害研究。

**收稿日期** 2022-07-08

供理论基础和科学依据。

## 1 材料与方

**1.1 试验材料** 供试甘薯材料为烟薯 25,由江苏徐淮地区徐州农业科学研究所提供。供试植物生长调节剂为 0.02% 二氢吡吩铁 SP,由江苏省农业科学院提供;IAA、IBA 和 NAA 纯度均为 98%,为莱贝特生物公司生产。育苗营养基质,为农耕梦农业科技有限公司生产。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 苗期试验设计。**设计 7 个植物生长调节剂处理,1 个清水对照,各处理见表 1。供试薯苗采用 5 节顶苗,仅保留心叶。采用蘸根法将薯苗底部浸没于各处理药剂中 3 h,然后将薯苗 2 节扦插入盛满基质的营养钵内。每个处理 3 个重复,各重复 18 株薯苗,扦插后前 3 d 每天喷雾 3 次,后 17 d 减少喷雾次数。扦插第 3 天时,取出全部薯苗调查薯苗生根率,扦插 20 d 时取出所有薯苗调查成活率、叶数、苗长、发根数和根长等,分析各植物生长调节剂对甘薯苗期生长的影响。

表 1 不同植物生长调节剂处理

Table 1 Different treatments of plant growth regulator

处理 Treatment	药剂 Drug	药剂浓度 Reagent concentration//mg/kg	药剂稀 释倍数 Dilution ratio of reagents 倍	药剂分 配比例 Drug distrib- ution ratio
①	0.02% 二氢吡吩铁	500	2 000	—
②	0.02% 二氢吡吩铁	250	4 000	—
③	0.02% 二氢吡吩铁	167	6 000	—
④	0.02% 二氢吡吩铁	125	8 000	—
⑤	NAA、IBA 和 IAA	50	20 000	7:1:1
⑥	NAA、IBA 和 IAA	50	20 000	4:1:1
⑦	NAA、IBA 和 IAA	50	20 000	2:1:1
CK	清水	—	—	—

**1.2.2 大田试验设计。**试验于 2021 年在江苏徐淮地区徐州农业科学研究所甘薯试验田进行,试验田上茬作物为小麦。试验地为黏质土,底肥施农家肥 30 t/hm<sup>2</sup>、复合肥(15-15-15) 750 kg/hm<sup>2</sup>、硫酸钾 375 kg/hm<sup>2</sup>,集中条施深施。药剂处理同“1.2.1”(表 1)。试验小区为 5 行区,每行栽种 20 株,株

距为 23 cm,每个小区栽种 100 株。薯苗于 6 月 16 日栽种,10 月 9 日收获,分别在栽种 10 d(缓苗发根期)、26 d(分枝结薯期)、55 d(薯块膨大期),喷施各处理药剂,共计施药 3 次。施药器械为“市下牌 SX-MD15DA”15 L 电动喷雾器,喷头采用圆锥雾喷头,喷头孔径 0.7 mm,压力 0.30~0.45 MPa,流量为 0.70~0.90 L/min,全田均匀喷雾。各处理设置 3 个重复,随机区组排列。

在第 1 次施药后,分别在第 1、5、10 和 15 天用叶绿素测定仪(CCM-200,Opti-Sciences, Tyngsboro, MA, USA)测定主茎第 2 完全展开叶片叶绿素含量(CCI)<sup>[14]</sup>,每个小区取 6 株进行调查。收获时,调查大(≥300 g, <500 g)、中(≥150 g, <300 g)、小薯(≥30 g, <150 g)率,每个小区取 3 株进行调查;以小区为单位称块根鲜重,测产量。

**1.3 数据分析** 用 Microsoft Excel 2016 软件对试验数据进行录入和计算,运用 DPS 7.05 软件进行单因素方差分析,不同处理间的多重比较采用 Duncan 新复极差法(α=0.05)。

计算公式:

$$\text{大薯率} = \frac{\text{小区大薯质量}}{\text{小区产量}} \times 100\%$$

中薯率和小薯率计算方法同大薯率。

## 2 结果与分析

**2.1 不同植物生长调节剂对甘薯苗期农艺性状的影响** 从表 2 可以看出,各处理薯苗第 3 天的生根率均高于对照,表明该试验所设计各药剂处理均对薯苗生根具有促进作用,其中处理①、③、④和⑥与对照呈显著差异,处理⑥的生根率最高。成活率方面,处理①显著低于对照,其余各处理与对照间无显著差异。从薯苗发根数和根长来看,发根数除处理①外,其他各处理均显著高于对照,处理④发根数最多,为 19.61 根,高于处理⑤、⑥和⑦;处理③根长最长为 19.42 cm,与处理①、④、⑦和对照呈显著差异,表明 0.02% 二氢吡吩铁 SP(稀释浓度 4 000~8 000 倍)对甘薯发根和促进根系伸长的效果要优于不同植物生长调节剂复配处理。苗长和叶片数方面,各处理之间无显著差异,苗长除处理⑦略低于对照,处理①~⑥苗长均高于对照;除处理①叶片数略低于对照,处理②~⑦叶片数均高于对照。

表 2 不同植物生长调节剂处理对薯苗农艺性状的影响

Table 2 Effects of different plant growth regulator treatments on agronomic traits of sweet potato seedlings

处理 Treatment	生根率 Rooting rate//%	成活率 Survival rate//%	发根数 Rooting number//根	根长 Root length cm	苗长 Seedling length//cm	叶片数 Number of blades//片
①	0.63±0.03 a	85.00±3.46 b	12.76±1.61cd	15.64±0.34 b	9.36±0.44 a	4.95±0.58 a
②	0.57±0.06 ab	100.00±0.00 a	18.00±0.57 ab	17.54±1.31 ab	9.17±0.13 a	6.12±0.30 a
③	0.61±0.00 a	98.00±3.46 a	19.43±1.36 a	19.42±0.76 a	9.39±0.26 a	6.05±0.54 a
④	0.67±0.10 a	98.00±3.46 a	19.61±0.86 a	16.26±0.32 b	9.14±0.49 a	6.10±0.15 a
⑤	0.54±0.16 ab	98.00±3.46 a	16.81±1.58 ab	16.90±0.50 ab	9.29±0.54 a	5.21±0.50 a
⑥	0.74±0.06 a	98.00±3.46 a	17.50±3.12 ab	17.15±3.81 ab	9.54±0.67 a	5.95±0.27 a
⑦	0.57±0.23 ab	94.00±5.51 a	15.39±1.03 bc	15.50±1.13 b	8.80±0.42 a	5.72±1.50 a
CK	0.39±0.06 b	98.00±3.46 a	11.19±2.32 d	15.73±0.93 b	8.94±0.63 a	5.02±1.00 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments (P<0.05).

## 2.2 不同植物生长调节剂对甘薯田间生长的影响

**2.2.1 植物生长调节剂对甘薯叶绿素含量的影响。**从表 3 可以看出,在薯苗施药后第 1、5、10 和 15 天时,各处理甘薯叶片叶绿素相对含量一直处于上升阶段,虽然在各检测时间点叶绿素相对含量与对照未呈显著差异,但施药后第 5、10 和

15 天时各处理叶绿素相对含量均高于清水对照,表明该试验中不同浓度的 0.02% 二氢吡吩铁 SP 以及 NAA、IAA 和 IBA 不同复配处理对甘薯叶片叶绿素含量的提升具有一定促进作用。

表 3 不同植物生长调节剂对甘薯叶绿素含量的影响

Table 3 Effects of different plant growth regulators on chlorophyll content of sweet potato seedlings

处理 Treatment	叶绿素相对含量 Chlorophyll content (SPAD)			
	施药后第 1 天	施药后第 5 天	施药后第 10 天	施药后第 15 天
①	17.34±1.17 a	17.67±0.55 a	18.62±0.06 a	20.89±1.53 a
②	17.27±1.20 a	17.85±0.74 a	19.65±0.95 a	20.96±2.31 a
③	16.87±0.40 a	18.12±1.02 a	20.00±1.98 a	20.82±0.96 a
④	16.94±0.46 a	18.09±0.88 a	19.19±1.52 a	21.53±1.44 a
⑤	18.07±1.11 a	17.97±1.63 a	19.20±1.46 a	21.15±1.53 a
⑥	17.60±1.32 a	17.18±0.37 a	18.95±1.75 a	21.76±0.53 a
⑦	16.96±1.36 a	17.33±1.06 a	19.23±2.48 a	21.50±1.07 a
CK	17.34±1.17 a	17.00±0.17 a	17.95±1.72 a	20.04±1.38 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ( $P<0.05$ ).

**2.2.2 植物生长调节剂对甘薯产量与品质的影响。**从表 4 可以看出,在甘薯生育期 116 d 时进行田间调查,不同浓度 0.02% 二氢吡吩铁 SP 处理甘薯后,处理①~④甘薯的产量均比对照高,增产 3.1%~9.3%,其中处理③的增产效果最好,达 9.3%,但均与对照无显著差异。NAA+IBA+IAA 不同复配处理中,处理⑤和处理⑥产量高于对照,分别增产 15.5% 和

5.7%,处理⑦产量略低于对照。从大、中、小薯率来看,各处理大薯率均高于对照,且处理②、④、⑤和⑦与对照呈显著差异;而各处理中薯率均低于对照,其中处理④和⑤与对照呈显著差异。各处理的小薯率与对照未呈显著差异。表明该试验各药剂处理,除处理⑦外,均对甘薯具有一定增产作用。

表 4 不同植物生长调节剂对甘薯产量和品质的影响

Table 4 Effects of plant growth regulator on yield and quality of sweet potato

处理 Treatment	小区产量 Plot yield kg	大薯率 Big potato rate // %	中薯率 Medium potato rate // %	小薯率 Small potato rate // %
①	39.90±2.1 a	40.00±0.39 ab	37.00±0.34 ab	23.00±0.10 a
②	41.20±1.3 a	55.10±0.17 a	32.90±0.13 ab	11.90±0.05 a
③	42.30±1.6 a	41.30±0.06 ab	39.70±0.11 ab	19.00±0.05 a
④	40.30±2.8 a	59.80±0.10 a	18.70±0.07 b	21.50±0.14 a
⑤	44.70±4.2 a	62.70±0.07 a	26.30±0.05 b	10.90±0.04 a
⑥	40.90±3.2 a	42.80±0.03 ab	31.20±0.09 ab	26.00±0.11 a
⑦	37.20±3.8 a	55.60±0.15 a	31.80±0.08 ab	12.70±0.08 a
CK	38.70±7.3 a	17.40±0.30 b	62.60±0.26 a	20.00±0.07 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P<0.05$ )。

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences between different treatments ( $P<0.05$ ).

## 3 结论与讨论

二氢吡吩铁是一种新型植物生长调节剂,可调节作物生长,对作物抗逆和产量都有较好的增效作用<sup>[5-6]</sup>。不同植物对同一种植物生长调节剂的反应可能不同,目前二氢吡吩铁在甘薯上的应用效果还未见报道。该试验比较不同稀释倍数的 0.02% 二氢吡吩铁可溶性粉剂对甘薯苗期生长的影响,结果表明,处理②、③和④(分别稀释 4 000、6 000、8 000 倍 0.02% 二氢吡吩铁 SP)对薯苗各农艺性状均具有一定的促进作用,其中处理③稀释 6 000 倍液处理薯苗后在所有处理中表现最佳。郭丽华等<sup>[7]</sup>、邢宇俊等<sup>[8]</sup>在油菜和烟草中施用二氢吡吩铁后,发现其对油菜和烟草生长与产量均具有一定提

升效果,与该研究结果相一致。李波等<sup>[15]</sup>研究发现植物生长调节剂具有很强的生物活性,药剂浓度过高会对植物生长产生抑制作用,而该试验中处理①(稀释 2 000 倍 0.02% 二氢吡吩铁 SP)薯苗成活率、根长和叶片数略低于对照,可能是药剂施用过高导致。

植物生长调节剂复配使用可起到增效和加合等作用,可减少调节剂的使用量,同时扩大应用范围,克服单一使用的不足<sup>[10,16]</sup>。NAA 可促进插穗基部淀粉水解成还原糖等能源物质,为插穗提供能量,进而促进插穗生根,IBA 可通过促进根原基的起始、分化和发育等生物进程,促进不定根的形成<sup>[17]</sup>,IAA 可在幼嫩的芽叶、根尖等组织内合成,通过极性转

运传递系统传递到作用靶组织进行调控,可促进植物生长<sup>[18]</sup>。该试验 NAA、IBA 和 IAA 不同比例复配处理中,处理⑥(NAA:IBA:IAA=4:1:1)和处理⑤(NAA:IBA:IAA=7:1:1)均对薯苗生长具有促进效果,处理⑥在生根率、发根数、根长、叶片数和苗长方面表现均高于对照,促生效果最佳。Swamy 等<sup>[19]</sup>发现生长素类物质可以诱导植物生根,提高生根率,这在该研究结果中也得到充分体现,外施激素类物质可显著提高植物根系的生长。在 Chmiel<sup>[20]</sup>对 NAA、IBA 和 IAA 及其组合对菊花插穗生根影响的研究中,发现这 3 种生长素在适当的比例和浓度下混合使用,才可以获得最佳的促生效果,而处理⑦(NAA:IBA:IAA=2:1:1)对薯苗促生效果最差,在成活率、根长和苗长方面表现较差,可能是由于这 3 种药剂比例复配不适用于甘薯薯苗生长,其深层作用机理还需进一步研究。

从田间应用效果来看,施用不同浓度 0.02% 二氢吡吩铁 SP 后,均一定程度上促进了甘薯叶绿素含量提升,各小区产量均比对照产量高,增产 3.1%~9.3%,处理③效果最佳,这与陈黎明<sup>[5]</sup>对二氢吡吩铁在植物中的应用研究结果相一致。NAA、IBA 和 IAA 不同比例复配处理也表现出对甘薯叶绿素含量的提升具有一定作用。在产量方面,处理⑦略低于对照,而在甘薯苗期试验中处理⑦对薯苗生长的促进效果表现也不佳,再次印证了该处理下的 3 种药剂复配比例可能不适用于甘薯生长。处理⑤和处理⑥产量均高于对照,分别增产 15.5%和 5.7%,刘笛<sup>[21]</sup>研究了 IAA 对关苍术种子萌发及幼苗生长的影响,得出 100 mg/L 的 IAA 能显著提高幼苗叶绿素含量,梁从莲等<sup>[22]</sup>研究了植物生长调节剂对丹参组培苗出芽和生根的影响后发现,一定量的 IBA 能显著提高丹参产量,这与该研究结果相一致。上述所有植物生长调节剂处理中大薯率均高于对照,中薯率均低于对照,这表明植物生长调节剂施用后加速了薯块的膨大,大薯数量明显增加可能是甘薯产量得以提升的重要原因之一。

总体而言,稀释 6 000 倍 0.02% 二氢吡吩铁 SP 或浓度为 50 mg/kg NAA:IBA:IAA=7:1:1 复配药剂处理对甘薯生长和产量具有更好的促进作用。

## 参考文献

[1] 李思瑾,陈龙清.不同处理植物生长调节剂对‘素心’蜡梅切枝催花保

- 鲜效果的影响[J].西南林业大学学报(自然科学版),2021,41(5):42-48.
- [2] 熊国胜,李家洋,王永红.植物激素调控研究进展[J].科学通报,2009,54(18):2718-2733.
- [3] MA C,WANG L,LEE U Y,et al.Pre-harvest foliar application of ethephon strengthens gibberellins-induced fruit expansion in *Pyrus pyrifolia*[J].Genetics and molecular research,2016,15(4):1-13.
- [4] ZHOU W G,CHEN F,ZHAO S H,et al.DA-6 promotes germination and seedling establishment from aged soybean seeds by mediating fatty acid metabolism and glycometabolism[J].Journal of experimental botany,2019,70(1):101-114.
- [5] 陈黎明.植物生长调节剂二氢吡吩铁[J].农药科学与管理,2018,39(3):67-68.
- [6] 白小宁,李友顺,王宁,等.2017年我国登记的新农药[J].农药,2018,57(2):79-84.
- [7] 郭丽华,唐为爱,李万梅.0.02%二氢吡吩铁 DP 调节油菜生长的药效试验[J].上海蔬菜,2016(2):53-54.
- [8] 邢宇俊,陈黎明,孟东峰,等.0.02%二氢吡吩铁可溶粉剂在烟草上的应用效果[J].江苏农业科学,2020,48(24):91-94.
- [9] 邢宇俊,陈黎明,孟东峰,等.新型植物生长调节剂 0.02%二氢吡吩铁可溶粉剂对葡萄生长增产效果的初探[J].农药,2020,59(12):933-936.
- [10] 程晟,刘娜.乙烯利多效唑吡啶乙酸复配对玉米生长生理及产量构成影响的研究[J].农业技术与装备,2017(11):17-18,21.
- [11] 顾建新,丁鑫,李芳艳,等.马铃薯脱毒种薯扦插快繁技术研究[J].新疆农业科学,2009,46(2):266-268.
- [12] 郭洪云,宋新玲,陈滨波,等.NAA 和 2,4-D 对脱毒马铃薯扦插苗生长及产量的影响[J].中国马铃薯,1998,12(2):74-76.
- [13] 付增光,陈越,郭东伟,等.甘薯脱毒苗的离体快繁研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(1):37-39.
- [14] 魏猛,张爱君,李洪民,等.不同施肥方式对甘薯光合特性及产量的影响[J].江西农业学报,2017,29(1):47-50.
- [15] 李波,魏科宇,王丽华.不同种类及浓度的植物生长调节剂对具鳞水柏枝扦插生根的影响[J].西南林业大学学报(自然科学),2021,41(1):33-38.
- [16] 张义,刘云利,刘子森,等.植物生长调节剂的研究及应用进展[J].水生生物学报,2021,45(3):700-708.
- [17] 王关林,吴海东,苏冬霞,等.NAA、IBA 对櫻桃砧木(*Prunus pseudocerasus* Colt)插条的生理、生化代谢和生根的影响[J].园艺学报,2005,32(4):691-694.
- [18] BENNETT M J,MARCHANT A,MAY S T,et al.Going the distance with auxin:Unravelling the molecular basis of auxin transport[J].Philosophical transactions of the royal society of London.Series B:Biological sciences,1998,353(1374):1511-1515.
- [19] SWAMY S L,PURI S,SINGH A K.Effect of auxins (IBA and NAA) and season on rooting of juvenile and mature hardwood cuttings of *Robinia pseudoacacia* and *Grewia optiva*[J].New forests,2002,23(2):143-157.
- [20] CHMIEL H.The influence of NAA,IBA and IAA auxins and their mixture on rooting of chrysanthemum cuttings cv.super yellow[J].Acta horticulturae,1985,167:369-380.
- [21] 刘笛.植物生长调节剂对关苍术种子萌发及幼苗生长的影响研究[D].延吉:延边大学,2019.
- [22] 梁从莲,陈燕文,苏征,等.丹参组培条件优化研究[J].山东科学,2016,29(6):40-44,79.