

黄丽娜,赵志汝,程世敏,等. 交联聚丙烯酰胺配施尿素对香蕉苗期生长及氮素去向的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(10):218-221.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.10.058

# 交联聚丙烯酰胺配施尿素对香蕉苗期生长及氮素去向的影响

黄丽娜, 赵志汝, 程世敏, 魏守兴, 赵增贤

(中国农业科学院热带作物品种资源研究所/国家热带果树品种改良中心/海南省热带果树工程技术研究中心,海南儋州 571737)

**摘要:**采用盆栽试验,研究3种粒径交联聚丙烯酰胺与尿素配施对香蕉苗期生长及氮素吸收、淋失、残留、表观损失等氮素去向的影响。结果表明,与尿素1次单独施用相比,交联聚丙烯酰胺(CPA)配施尿素1次施用能显著提高香蕉的苗期株高,平均提高13.19%,氮素淋失量显著减少,平均减少15.92%,氮素残留量明显增加,平均增加13.42%;L粒径(粒径在1.6~4.0 mm之间)CPA配施尿素能显著提高香蕉苗期的干物质质量及氮素吸收量,分别较无CPA处理提高58.42%、59.86%,与尿素分3次施用处理无显著性差异;L粒径CPA配施尿素处理的氮素表观损失量有显著减少,分别比尿素1次施用和分3次施用降低33.40%、28.99%。香蕉苗期使用L粒径CPA与尿素配施,将有助于促进香蕉生长、氮肥吸收利用,减少氮素淋溶和表观损失,增加氮素的残留。

**关键词:**交联聚丙烯酰胺(CPA);尿素;香蕉;生长;氮素去向;淋溶

**中图分类号:** S668.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)10-0218-04

香蕉是世界上仅次于柑橘的第二大贸易水果,是我国热带地区农业结构调整中实现农民增收的主要高效益经济作物,

收稿日期:2016-04-13

基金项目:国家香蕉产业技术体系儋州综合试验站(编号:CARS32-16);热带作物品种资源研究所基本科研业务费专项(编号:1630032014026)。

作者简介:黄丽娜(1984—),女,山东菏泽人,博士,助理研究员,主要从事热带作物养分高效利用机理研究及新型肥料研发。E-mail: huanglinahappy@sina.com。

通信作者:魏守兴,硕士,研究员,主要从事热带作物营养高效利用与物种资源调查。E-mail: shouxingwei@163.com。

10 509.0 kg/hm<sup>2</sup>,比平均产量低46.7%。

## 3 结论

通过对引种的22份慈姑资源性状进行比较,发现几份综合性状优良的慈姑资源,表现为产量高、品质好,可以在江苏里下河地区扩大推广种植。

日本慈姑于2013年引自日本,株高137.5 cm,成株期开展度140 cm,叶片宽箭形,长38 cm,宽25.7 cm,中晚熟,球茎圆球形,单球质量18.0 g,纵径3.2 cm,横径3.1 cm,表皮为紫蓝色,顶芽浅紫色,干物质含量高,肉质白色、紧实,含水率60.72%,直链淀粉含量37.72%,产量达28 813.5 kg/hm<sup>2</sup>。

滁州慈姑B引自滁州市水生蔬菜种植户家,在江苏里下河地区农业科学研究所种植后提纯复壮。株高92 cm,开展度133 cm,叶片宽箭形,叶片总长39 cm、宽21 cm,中熟,球茎大,扁球形,单球质量56.3 g,纵径4.2 cm,横径5.1 cm,表皮黑蓝色,顶芽为黄色,含水量66.8%,直链淀粉含量31.46%,产量达28 063.5 kg/hm<sup>2</sup>。

物,是热带地区水果产业的重要支柱<sup>[1-2]</sup>。壮苗是香蕉获得高产优质的关键,因此,苗期需科学用肥,以促进香蕉根、茎、叶的快速生长。但是,在香蕉苗期管理过程中,蕉农往往重视氮肥的使用,尤其过多施用尿素,并在施肥后进行大水漫灌或喷灌,从而造成氮肥淋失严重、氮肥利用率低、水体受到严重污染等,不利于香蕉苗期的生长<sup>[3-4]</sup>,同时,香蕉苗期根为肉质根,土壤水分过多或过少均会影响其透气性,对生长和养分吸收不利。开展香蕉苗期的科学水肥管理研究,使水、肥尤其是氮肥更好地被吸收利用,对香蕉优质高产具有重要的意义。

保水剂(super absorbent polymer, SAP)别称土壤保水剂、高吸水剂、高吸水性树脂、高分子吸水剂,是利用强吸水性树脂制成的一种具有超高吸水、保水能力的高分子聚合物,能调

嘉兴慈姑引自浙江省嘉兴市,株高118.7 cm,开展度129.9 cm,叶片长37.3 cm、宽18.2 cm,中熟,球茎中等大小,近圆形,单球质量31.9 g,纵径3.9 cm,横径3.7 cm,表皮浅紫蓝色,顶芽浅紫色,含水量60.81%,直链淀粉含量为21.81%,产量为26 809.5 kg/hm<sup>2</sup>。

## 参考文献:

- [1] 李峰,李双梅,黄新芳,等. 慈姑种质资源表型性状多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(3):473-477.
- [2] 杨月欣,王光亚. 中国食物成分表[M]. 北京:北京大学医学出版社,2002:62-63.
- [3] 熊范孙. 慈姑[J]. 食品与生活,2001(5):15.
- [4] 李峰,彭静,刘玉平,等. 慈姑种质资源的品质性状分析[J]. 中国蔬菜,2012(4):48-53.
- [5] 唐世林. 慈姑特征特性及高产栽培技术[J]. 农技服务,2009,26(4):28-29.
- [6] 李峰,柯卫东. 慈姑种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2013.

节土壤水、热、气状况,促进作物生长,一定程度上可减少养分淋溶损失,达到节省肥料、提高肥料利用的效果<sup>[5-8]</sup>。目前,关于 SAP 与尿素配施对作物生长、氮肥利用率和淋失及不同粒径 SAP 吸水效果等影响的研究<sup>[9-14]</sup>较多,而 SAP 对土壤氮素残留、表观损失等影响研究未见相关报道,不同粒径保水剂配施尿素在作物上的应用效果研究较少,且试验结果也不尽相同<sup>[15-16]</sup>。交联聚丙烯酰胺(crosslinked polyacrylateamide, CPA)作为一种稳定性好的 SAP,大颗粒寿命长,耐盐、耐紫外线能力强,吸水后的凝胶强度高,更适合黏土为主南方土壤的拌入<sup>[17]</sup>。本研究采用盆栽试验,以苗期香蕉为对象,研究 3 种规格 CPA 与尿素配施对香蕉苗期生长及氮素吸收、淋失、残留、表观损失等氮素去向的影响,旨在获得香蕉苗期施用 CPA 最适合的粒径,为 CPA 在香蕉苗期的合理施用及氮肥利用率的提高提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2014 年 07 月 20 日至 10 月 20 日在中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所热带果树改良中心基地室内进行,供试土壤为砖红壤,容重为 1.34 g/cm<sup>3</sup>,pH 值为 5.16,电导率为 35.89 μS/cm,有机质含量为 8.74 g/kg,全氮含量为 0.768 g/kg,速效氮(铵态氮与硝态氮)、速效磷、速效钾含量分别为 157.22、7.32、90.83 mg/kg。供试作物为 7~8 张叶巴西蕉组培出圃苗,由中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所种苗中心提供。供试盆钵为棕红色塑料盆,上口径、下口径、高分别为 32.0、23.5、28.0 cm,盆底有孔。供试肥料为 N 含量 46% 的尿素、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量为 12.5% 的钙镁磷肥、K<sub>2</sub>O 含量为 60% 的氯化钾。供试 CPA 由北京汉力森新技术有限公司提供,分为 S、M、L 3 种粒径,其中, S 粒径 <0.3 mm; M 粒径在 0.3~0.8 mm 之间; L 呈颗粒状,粒径在 1.6~4.0 mm 之间。

### 1.2 试验设计

采用单因素试验设计,共设计 6 个处理,分别为 S-U1: S-CPA+尿素,1 次施用; M-U1: M-CPA+尿素,1 次施用; L-U1: L-CPA+尿素,1 次施用; U1: 尿素,1 次施用; U2: 尿素,3 次均分施用,1 次作为基肥,追肥 2 次,每隔 1 个月采用沟施方法施入盆中; CK: 不施用氮肥,不使用 CPA。CPA 使用量为风干土质量的 0.2%; 氮肥施用量为 0.25 g/kg, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 为 22:8:15,磷、钾肥作为基肥施入。重复 3 次。

### 1.3 试验方法

风干土过 5 mm 筛,每盆装土 13 kg;按照试验设计,称取相应的 CPA、尿素、钙镁磷肥及氯化钾,CPA 与土壤充分混合,再与磷钾肥混匀,装盆;选择大小均匀的香蕉苗移栽在盆中,每盆定植 1 株;移栽后 1 周,在温室内加盖遮阴网以缓苗,定期称重浇水,使土壤含水量保持在田间持水量的 60%~80%,整个试验持续 3 个月。土壤氮素淋溶试验采用间歇式淋溶方式,从香蕉苗芽移栽后,每隔 15 d 淋溶 1 次,按照田间持水量的 150% 进行淋溶,隔日收集淋溶液,测定淋溶液的全氮含量。

### 1.4 测定项目及方法

1.4.1 香蕉生长指标 10 月 20 日测定香蕉苗的株高、茎粗、新抽生叶张数、倒 3 叶的叶长、叶宽等生长指标。株高指土壤表面假茎基部到香蕉最新自然展开叶的叶柄与假茎交汇处的高度,用软尺测量;茎粗用游标卡尺测量假茎基部以上 2 cm 处的香蕉苗茎秆直径;新抽生叶片数指香蕉最新展开叶叶片的数量;倒数第 3 张叶的叶长和叶宽用软尺测量,叶长指香蕉叶鞘至叶尖的长度,叶宽指香蕉叶片的最宽处,可得到叶面积,计算公式<sup>[18]</sup>为  $A = 0.767P - 76.014$ 。式中, A 为香蕉叶面积,单位为 m<sup>2</sup>; P 为叶长与叶宽的乘积,单位为 m<sup>2</sup>。

1.4.2 香蕉干物质 试验结束,香蕉植株分地上部和地下部进行采集;将采集的样品用清水冲洗干净,擦干水分,分别称量鲜质量;采用四分法取样,105℃杀青 30 min,75℃烘至恒质量。

1.4.3 氮素去向 (1)氮素吸收:取各香蕉植株的烘干样品,用植物粉碎机粉碎,采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-靛酚蓝比色法<sup>[19]</sup>测定植株样品全氮含量,香蕉氮素吸收计算公式为氮素吸收量=施氮处理香蕉全氮含量-不施氮处理香蕉全氮含量。(2)氮素淋失:采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定淋溶液中淋失的全氮含量,氮素淋失量计算公式为氮素淋失量=施氮处理淋失的全氮含量-不施氮处理淋失的全氮含量。(3)氮素土壤残留:试验结束,将盆中土壤取出混匀,用四分法取土壤;样品自然风干,磨细过小于 0.25 mm 的筛,采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-靛酚蓝比色法<sup>[19]</sup>测定土壤中全氮含量,氮素残留量计算公式为氮素残留量=施氮处理的土壤全氮含量-不施氮处理的土壤全氮含量。(4)氮的表观损失:根据氮平衡模型即根据氮素输入、输出平衡原理<sup>[20]</sup>进行计算,氮素表观损失量计算公式为氮素表观损失量=施氮量-氮素吸收量-氮素淋失量-土壤残留量。

### 1.5 数据处理

数据采用 Excel 2007 进行处理,采用邓肯氏新复极差检验法进行(DMRT)多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 CPA 配施尿素对香蕉苗期生长的影响

由表 1 可见,与 CK 相比,施用氮肥能显著增加香蕉株高和倒 3 叶的叶面积,施用氮肥香蕉平均株高和倒 3 叶的叶面积分别是 CK 的 1.81、4.77 倍;与 U1 处理相比,施用 CPA (S-U1、M-U1、L-U1 处理)并未显著影响香蕉苗期叶片数、茎粗和倒 3 叶的叶面积;S-U1、M-U1、L-U1 处理的香蕉株高分别比 U1 处理增加 11.87%、11.08%、16.62%,平均增加 13.19%,施用 CPA 与 U1 处理相比,对香蕉苗期株高有显著增加,但相互间没有显著性差异,不受 CPA 粒径的影响;L-U1 处理的株高显著高于 U2 处理,其他施用 CPA 处理与 U2 处理之间无显著性差异。因此,香蕉苗期施用 CPA 配施尿素,不仅不影响香蕉的苗期生长,而且能显著增加香蕉的假茎高,尤其以 L 粒径增加效果最为显著。

### 2.2 CPA 配施尿素对香蕉苗期干物质累积的影响

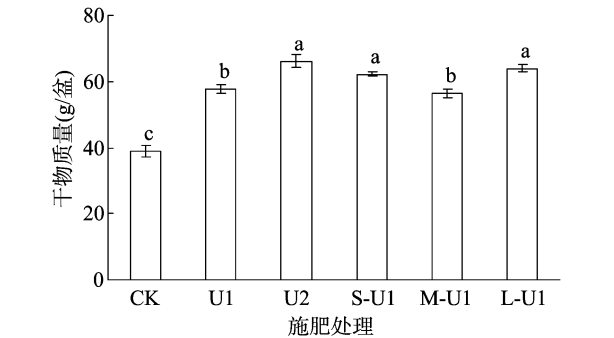
由图 1 可知,与 CK 相比,施用氮肥能显著促进香蕉苗期干物质的累积,且各施氮处理干物质累积量平均是 CK 处理的 1.58 倍;S-U1、L-U1、U2 处理的香蕉苗期干物质累积量分别是 U1 处理的 7.84%、10.80%、14.58%,显著高于 U1 处

表 1 不同试验处理香蕉苗期生长指标

处理	叶片数	株高(cm)	茎粗(cm)	倒3叶叶面积(m <sup>2</sup> )
CK	17.3 ± 0.7b	22.9 ± 0.2d	15.53 ± 0.74b	0.015 4 ± 0.005 8c
U1	19.0 ± 0.6ab	37.9 ± 1.0c	16.73 ± 0.35ab	0.076 1 ± 0.006 9ab
U2	17.7 ± 0.3ab	40.4 ± 0.6b	18.83 ± 0.82a	0.066 0 ± 0.006 6b
S-U1	17.7 ± 0.3ab	42.4 ± 0.7ab	16.87 ± 0.47ab	0.085 5 ± 0.002 6a
M-U1	19.3 ± 0.7a	42.1 ± 1.0ab	18.37 ± 0.86a	0.065 5 ± 0.002 8b
L-U1	18.3 ± 0.3ab	44.2 ± 0.9a	18.43 ± 0.39a	0.074 1 ± 0.003 5ab

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著( $P < 0.05, n = 3$ )。多重比较采用 Duncan's 新复极差法。

理,S-U1、L-U1、U2 处理的香蕉苗期干物质累积量相互间无显著性差异。因此,香蕉苗期 1 次施用尿素过程中配施 S 粒径或 L 粒径的 CPA 颗粒,能显著促进香蕉苗期干物质的累积,且效果与尿素分 3 次施用相同。



图柱上不同小写字母表示不同施氮处理间差异显著( $P < 0.05, n = 3$ )。多重比较采用 Duncan's 新复极差法。下图同  
图1 不同试验处理香蕉苗期干物质累积

2.3 CPA 配施尿素对香蕉苗期氮素去向的影响

2.3.1 对香蕉苗期氮素吸收的影响 由图 2 可知,S-U1、L-U1 处理苗期香蕉的氮素吸收量分别比 U1 处理提高 36.47%、59.85%,与 U1 处理相比,S-U1、L-U1 处理对氮素吸收量有显著提高,M-U1 处理与 U1 处理无显著性差异;除 L-U1 处理的苗期香蕉氮素吸收量与 U2 处理无显著性差异外,其他 CPA 配施尿素处理均显著低于 U2 处理;不同规格 CPA 处理中,苗期香蕉对氮素的吸收量大小顺序为 L-U1 > S-U1 > M-U1,L-U1 处理比 M-U1 处理提高了 46.37%。因此,S 粒径或 L 粒径 CPA 配合尿素 1 次施用,能显著促进苗期香蕉对氮素的吸收,尤其是 L 粒径 CPA 配施尿素 1 次施用与尿素分 3 次施用效果相同,可有效减少尿素的施用次数。

2.3.2 对香蕉苗期氮素淋失量的影响 尿素施入土壤中,由于淋雨、灌溉等原因,其氮素往往随着水淋失,并成为氮素主要的损失途径之一。由图 3 可知,香蕉苗期经 5 次淋洗,施肥处理的氮素淋失量存在明显差异;与 U1 处理相比,CPA 配施尿素能明显减少氮素的淋失量,平均减少 15.92%;S-U1 与 M-U1 处理的氮素淋失量分别较 U1 处理降低了 18.21%、17.05%,与 U1 处理相比有显著降低;与尿素分 3 次施用(U2 处理)相比,CPA 配施尿素处理的氮素淋失量均与其无显著性差异;不同规格 CPA 处理中,苗期香蕉氮素的淋失量无显著性差异,这表明氮素淋失量不受 CPA 规格的影响。CPA 在香蕉苗期施用,尤其是与尿素配施,能有效减少氮肥的淋失,这可能与 CPA 颗粒对土壤水分、养分有吸附作用相关。

2.3.3 对香蕉苗期氮素残留量的影响 由图 4 可知,CPA 配

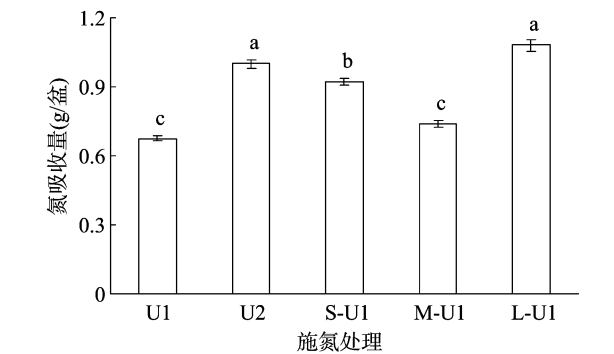


图2 不同施氮处理香蕉苗期氮素吸收量

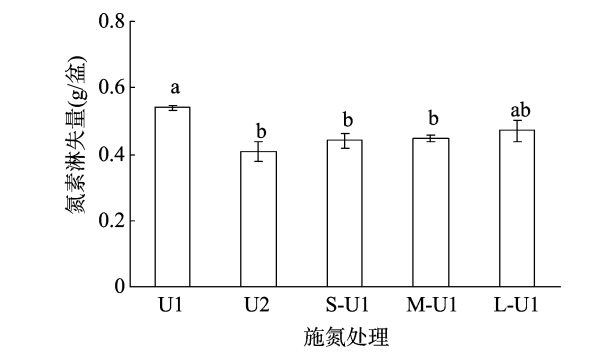


图3 不同施氮处理香蕉苗期氮素淋失量

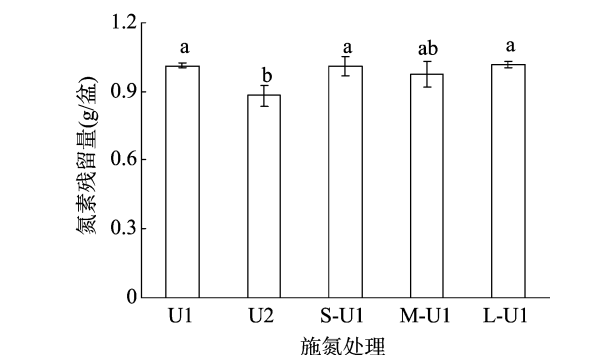


图4 不同施氮处理香蕉苗期氮素残留量

施尿素 1 次施用与尿素单独 1 次施用(U1 处理)的肥料氮素残留量无显著性差异;与 U2 处理相比,CPA 配施尿素能增加肥料氮素的残留量,平均增加 13.42%;S-U1、L-U1 处理与 U2 处理相比,苗期香蕉氮素残留量分别提高 14.56%、15.20%;不同规格 CPA 处理的苗期香蕉氮素残留量无显著性差异;与尿素分 3 次施用相比,S 粒径 CPA 配施尿素与尿素 1 次施用能显著提高氮素残留量。尿素 1 次施用过程中配施 CPA,不影响香蕉苗期的氮素残留量,且这种影响与 CPA 规格无关。

2.3.4 对香蕉苗期氮素表观损失的影响 由图 5 可知,尿素 1 次施用过程中施用 S 粒径或 L 粒径 CPA(S-U1、L-U1 处理),比单独施用尿素能显著减少肥料氮肥的表观损失量,平均减少 23.90%;不同规格 CPA 处理,L-U1 表观损失量相对最少,S-U1 次之,L-U1、S-U1 处理氮素表观损失量比 U1 处理分别降低 33.40%、14.41%;L-U1 处理的表观损失量比 U2 处理降低了 28.99%,与 U2 处理相比有显著性降低;M 粒径 CPA 配施尿素不能明显减少氮素表观的损失。因此,与尿素 1 次施用相比,S 或 L 粒径 CPA 配施尿素在香蕉苗期 1 次施用能有效减少氮素表观的损失,尤其是 L 粒径 CPA 效果更为明显。

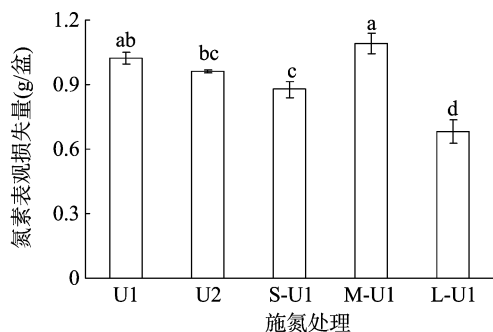


图5 不同施氮处理香蕉苗期氮素表观损失量

### 3 结论与讨论

CPA 作为高聚合度的土壤蓄水改良剂,可吸附溶于土壤中的肥料,吸持土壤中的养分离离子或分子,促进作物生长<sup>[11-14]</sup>。本研究结果表明,香蕉苗期使用 CPA 配施尿素 1 次施用,能显著提高香蕉苗期的株高,尤其是 L 粒径 CPA 优于尿素分 3 次施用处理,而干物质量与尿素分 3 次施用效果相当,这与崔娜等研究结果<sup>[15-16]</sup>有所不同。崔娜等研究表明,中粒保水剂在改善土壤结构和番茄幼苗干物质累积方面优于其他粒径的保水剂<sup>[15]</sup>;刘慧军等则认为,小粒径保水剂在提高当地土壤水分和促进燕麦生长方面优于大粒径保水剂<sup>[16]</sup>。这可能是由土壤质地和试验时间长短不同造成的,崔娜等供试的土壤为辽宁潮棕壤,刘慧军等供试的土壤为内蒙古砂壤土,而本试验供试的土壤为海南砖红壤,土壤质地不同,保水剂的应用效果可能存在差别。

另外,研究表明,香蕉苗期使用 CPA 配施尿素,尤其是 S 或 L 粒径 CPA 配合尿素 1 次施用,能显著促进香蕉苗期对氮素的吸收,尤其是配施 L 粒径 CPA,与尿素分 3 次施用效果相同,可有效减少尿素施用次数,这与 Busscher 等研究结果<sup>[8-9]</sup>相同;CPA 与尿素配施在香蕉苗期施用,能有效减少氮肥的淋失,这与杜建军等研究结果<sup>[11-12]</sup>一致;尿素 1 次施用过程中配施 CPA,不影响苗期香蕉的氮素残留量,且这种影响与 CPA 规格无关。

需说明的是,本研究虽从氮素利用、氮素淋失、氮素残留和表观损失方面分析了氮素平衡,并粗略估计氮素的表观损失,但未对土壤中氮挥发及 CPA 自身所吸收的氮素养分进行测定,不同规格 CPA 的氮挥发量及 CPA 本身吸收的养分量还

有待进一步研究。总之,相对于尿素单独施用而言,CPA 颗粒配施尿素在香蕉苗期 1 次施用能显著提高氮肥的吸收利用,减少氮素淋失和表观损失,尤其是 L 粒径 CPA 效果更为明显,这对减少肥料氮素资源浪费和硝态氮淋失对地下水污染有着重要的意义,同时,这也为 CPA 配施尿素的进一步高效利用提供有价值的参考。

### 参考文献:

- [1] 黄秉智,周灿芳,吴雪珍,等. 2011 年广东香蕉产业发展现状分析[J]. 广东农业科学,2012,39(5):12-14,26.
- [2] 柯佑鹏,过建春,张锡炎,等. 2012 年我国香蕉产业发展趋势与建议[J]. 中国果业信息,2012,29(5):23-25.
- [3] 樊小林. 香蕉营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,2007.
- [4] 林电,郑丽燕,廖志气,等. 海南香蕉园土壤肥力研究[J]. 中国土壤与肥料,2007(2):26-29,81.
- [5] Shaviv A, Mikkelsen R L. Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation: a review[J]. Fertilizer Research,1993,35(1/2):1-12.
- [6] Janardan S, Singh J. Effect of stockosorb polymers and potassium levels on potato and onion[J]. Potassium Research,1998,4(1):78-82.
- [7] 李秧秧,黄占斌. 节水农业中化控技术的应用研究[J]. 节水灌溉,2001(3):4-6.
- [8] Busscher W J, Bjorneberg D L, Sojka R E. Field application of PAM as an amendment in deep-tilled US southeastern coastal plain soils[J]. Soil & Tillage Research,2009,104(2):215-220.
- [9] 苟春林,王新爱,李永胜,等. 保水剂与氮肥的相互影响及节水保肥效果[J]. 中国农业科学,2011,44(19):4015-4021.
- [10] 徐刚,韩玉玲,高文瑞,等. 保水蓄肥改土剂与氮肥结合对辣椒生长以及光合作用的影响[C]//中国园艺学会十字花科蔬菜分会第十届学术研讨会论文集. 天津:中国园艺学会十字花科蔬菜分会,2012:151-157.
- [11] 杜建军,苟春林,崔英德,等. 保水剂对氮肥挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J]. 农业环境科学学报,2007,26(4):1296-1301.
- [12] 员学锋,汪有科,吴普特,等. 聚丙烯酰胺减少土壤养分的淋溶损失研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24(5):929-934.
- [13] 刘瑞凤,张俊平,王爱勤. PAA-AM/SH 复合保水剂吸水性能及缓释效果研究[J]. 中国农学通报,2005,21(12):205-208.
- [14] 陈海丽,吴震,刘明池. 不同保水剂的吸水保水特性[J]. 西北农业学报,2010,19(1):201-206.
- [15] 崔娜,张玉龙,白丽萍. 不同粒径保水剂对土壤物理性质和番茄苗期生长的影响[J]. 核农学报,2011,25(1):127-130.
- [16] 刘慧军,刘景辉,徐胜涛,等. 不同粒径保水剂对土壤水分及燕麦生长的影响[J]. 西北农业学报,2012,21(8):89-93,100.
- [17] 张浣中. 保水剂对土壤理化性质的影响研究[D]. 北京:中国农业科学院,2009.
- [18] 刘永霞,周兆禧,唐粉玲,等. 巴西香蕉叶面积与叶片形态特征关系的定量分析[J]. 热带作物学报,2013,34(9):1641-1645.
- [19] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000:303-308.
- [20] 刘学军,赵紫娟,巨晓棠,等. 基施氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. 生态学报,2002,22(7):1122-1128.