

# 控释氮肥施用对香蕉产量和氮素吸收的影响

曾艳<sup>1</sup> 周柳强<sup>1</sup> 黄金生<sup>1</sup> 区惠平<sup>1</sup> 朱晓晖<sup>1</sup> 谢如林<sup>1</sup> 谭宏伟<sup>2\*</sup>

(1. 广西农科院农业资源与环境研究所, 广西南宁 530007; 2. 广西农科院甘蔗研究所, 广西南宁 530007)

**摘要:** 本文研究了不同用量控释氮肥对香蕉产量、农艺性状以及氮肥利用率的影响, 为南方香蕉生产中控释氮肥的合理施用提供科学依据。结果表明, 控释尿素的施用可显著增加香蕉产量, 施用控释尿素3年平均香蕉产量与不施氮肥处理相比, 增产7.46–31.59吨/公顷, 增产幅度达47.37–166.97%。随控释尿素施用量的增加, 香蕉产量有增加的趋势, 100%控释尿素的香蕉产量最高。与施用100%尿素处理相比, 施用100%控释氮肥和80%控释氮肥处理3年平均香蕉产量增产0.22–2.52吨/公顷, 增产幅度达0.92–7.0%。与普通尿素施用相比, 控释氮肥施用提高香蕉产量构成因子(果指数、果指重)、农艺性状(径周、株高)、地上部干重和植株氮素吸收, 其中以施用100%控释氮肥、80%控释氮肥处理表现最好。施用控释尿素比普通尿素产值提高6253.00–10309.00元/公顷, 每公斤N增产收益提高9.29–15.32元, 每公斤实物氮肥增产收益增加1.83–4.49元, 因而施用控释尿素比普通尿素可获得较好的投资回报。在全部施用控释尿素条件下, 减少20–30%的施用量, 产值减少7267.00–13013.00元/公顷, 但每公斤N增产收益提高17.02–24.69元, 每公斤实物氮肥增产收益增加7.49–10.86元; 产量、产值虽降低, 但施用控释尿素的单位回报率却有所提高。施用控释氮肥可促进香蕉获得高产, 增加植株氮素吸收, 提高氮肥利用率, 增加香蕉产值。本试验条件下, 控释氮肥适宜的控释氮肥比例为80%–100%。

**关键词:** 香蕉; 控释氮肥; 氮肥利用率; 产量

## 引言

化肥氮的施用在我国农业生产中发挥了举足轻重的作用, 但近年来随着我国氮肥施用量快速增加, 氮肥增产效应呈递减趋势, 氮肥当季利用率偏低、损失率偏高、环境风险增加等问题日益凸显<sup>[1]</sup>。在我国耕地资源有限、人口压力大的现实国情下, 如何在提高氮肥增产效应的同时, 降低施肥对环境的负面作用、提高氮肥利用效率已成为农业可持续发展的必然要求。

香蕉是我国栽培面积大、经济效益高的作物之一, 是热带高效农业的主要支柱产业之一<sup>[2]</sup>。由于香蕉生育期长, 需肥量大, 需要多次精细施肥才能满足其生长发育需求<sup>[3–5]</sup>, 而常规施肥模式效率低, 难以满足香蕉的需求, 普通化肥氮如尿素, 由于其速效性特点, 施入香蕉地后短时间内迅速溶解, 一次性基施通常导致香蕉前期养分供应过量, 中后期营养供应不足, 养分利用率低、损失率高<sup>[6]</sup>, 只有通过分次施用才能达到为香蕉全生育期提供养分的目的,

但分次施用方法并不适应目前农村劳动力日益紧缺的现状。控释氮肥通过各种调控机制有效控制养分释放速度和时间, 延长香蕉对其养分吸收利用的有效期, 达到减少施肥次数即可满足香蕉全生育期对氮素养分的生理需求, 实现作物增产, 促进香蕉氮素的吸收利用<sup>[7]</sup>, 同时还可适当减少施氮量, 提高氮肥利用效率<sup>[8]</sup>, 减少对环境的污染。为了克服传统施肥模式下养分比例不协调、养分利用率低<sup>[9–12]</sup>等弊端, 近年来人们对控释肥进行了深入的研究<sup>[13–15]</sup>。陈祥等<sup>[16]</sup>、易镇邪等<sup>[17]</sup>认为控释氮肥能有效改善作物不同时期营养状况, 提高氮肥利用率, 并最终达到增产效果。侯雪坤等<sup>[18]</sup>认为控释氮肥虽能提高氮肥利用率, 但对品质无明显影响。以往关于控释氮肥在香蕉上的应用研究较为缺乏。因此, 为了探讨控释氮肥在香蕉上的施用效果, 在广西香蕉主要种植区设置连续3年的定点大田试验, 研究其产量效应对香蕉农艺性状、产量、产量构成及氮素吸收利用的影响, 旨在为香蕉生产合理施用控释氮肥提供理论依据。

基金项目: 广西农科院基金(2015YT30、2015YT38、2013YM19、2015JM06)、广西自然科学基金2014GXNSFBA118088、IPNI。

作者简介: \*为通讯作者: 谭宏伟(1961–), 研究员, 主要从事植物营养与生态环境研究工作, E-Mail: hwtan@gxaas.net。

曾艳(1982–), 主要从事植物营养与环境生态研究工作, E-mail: zengyan\_528285@163.com

# 1 材料与amp;方法

## 1.1 试验区概况

大田试验于 2013–2015 年在广西南宁市西乡塘区广西壮族自治区农业科学院试验基地 (N: 22° 51' 15.60", E: 108° 14' 40.83", 海拔 H: 75 米) 进行。该地区属于典型的亚热带湿润季风气候, 平均气温 21.6℃, 年降水量 1650 毫米, 年均日照 1800 小时。供试土壤为第四纪红土的红泥土。试验前土壤 0–20 厘米耕层土壤有机质含量 21.15 克 / 公斤, pH (H<sub>2</sub>O) 6.2, 碱解氮 115 毫克 / 公斤, 速效磷 35 毫克 / 公斤, 速效钾 142 毫克 / 公斤。

## 1.2 试验设计

田间试验设 5 个处理, 分别为不施氮肥 (N0)、100% 普通尿素 (RU100%)、100% 控释氮肥 (CRU100%)、80% 控释氮肥 (CRU 80%)、70% 控释氮肥 (CRU 70%), 每个处理都施用等量磷肥和钾肥, 不同年份香蕉具体施肥量见表 1。各施氮处理香蕉生育期内的施氮量保持一致, 均为 185 公斤 N·hm<sup>-2</sup>。控释氮肥加阳控释尿素 (含 N 44%) 为水溶性聚合物包膜的控释尿素, 由加拿大加阳有限公司 (Agrium Inc.) 提供。其他肥料在当地市场购买, 普通尿素 (含 N 46%), 氯化钾 (含 K<sub>2</sub>O 60%), 钙镁磷肥 (含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18%)。磷肥 100% 做基肥施用, 钾肥 40% 做基肥, 60% 做追肥。具体施肥措施见表 2。

试验小区面积为 46 平方米 (9 株), 重复 3 次, 随机区组排列, 种植规格为: 行距 × 株距 = 2.35 米 × 2.15 米。3 年香蕉的种植密度均为 1950 株 / 公顷。供试香蕉品种为桂蕉 6 号。

表 2 香蕉施肥处理及施肥方式

处理	施肥量	施肥时间
CK	不施氮肥	
RU100%	100% 普通尿素	基肥 + 5 次追肥
CRU100%	100% 控释氮肥	基肥 + 1 次追肥
CRU80%	80% 控释氮肥	基肥 + 1 次追肥
CRU70%	70% 控释氮肥	基肥 + 1 次追肥

2013 年 3 月 18 日定植, 2014 年 3 月 15 日收获结束, 留第二造苗, 2014 年 3 月 19 日施春 (基) 肥。2014 年 8 月 4 日开始抽穗, 2014 年 12 月 15 日开始收获, 2015 年 1 月 25 日收获结束; 2015 年 3 月 18 日施春 (基) 肥, (钙镁磷肥、氯化钾、普通尿素、加阳控释尿素), 定量混匀后撒施在畦面上), 然后盖土, 起平畦面, 同时用松土培覆蕉苗基部; 4 月 6 日施苗肥 (普通尿素), 开穴撒施, 施肥后盖土; 5 月 9 日施第二次苗肥 (普通尿素), 开穴撒施, 施肥后盖土; 6 月 10 日施伸长肥 (加阳控释尿素、普通尿素、加拿大氯化钾、钙镁磷肥), 开穴撒施, 施肥后盖土; 7 月 10 日施攻穗肥 (普通尿素), 开穴撒施, 施肥后盖土; 8 月 4 日施果实膨大肥 (加阳控释尿素、普通尿素、加拿大氯化钾), 在种植畦面撒施, 施肥后盖土、淋水。2015 年 7 月 5 日开始抽穗, 10 月 5 日结束抽穗。2015 年 10 月 5 日开始采收, 2015 年 1 月 10 日收获结束。

## 1.3 样品采集与测定方法

2013 年试验田施基肥前取 0–20 厘米耕层土壤, 按常规法测定土壤基本理化性质。2013–2015 年在香蕉收获期调查统计各处理商品蕉实际收获产量、售价、果指数、

表 1 不同年份香蕉施肥量

年份	处理	(公斤 / 公顷)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2013	CK	0	175.5	877.5
	RU100%	672.8	175.5	877.5
	CRU100%	672.8	175.5	877.5
	CRU80%	538.2	175.5	877.5
	CRU70%	470.9	175.5	877.5
2014	CK	0	228.2	877.5
	RU100%	897.0	228.2	877.5
	CRU100%	897.0	228.2	877.5
	CRU80%	717.6	228.2	877.5
	CRU70%	627.9	228.2	877.5
2015	CK	0.0	156.9	706.7
	RU100%	672.8	156.9	706.7
	CRU100%	672.8	156.9	706.7
	CRU80%	538.2	156.9	706.7
	CRU70%	470.9	156.9	706.7

果指重等。果指数为一串香蕉果穗的果指总数；单果质量用天平测定。2015年在香蕉收获期，在采收旺盛期2015年12月2日，各处理选择抽蕾期相近的有代表性3株香蕉，沿地面截取地上部位，分叶稍、假茎、果实和果轴制样，测定其N养分含量，用地上部的养分累积量求算氮肥利用率。

## 1.4 数据处理

测定结果用Excel 2003软件和DPSv7.05软件进行统计分析。

## 2. 结果与分析

### 2.1 控释氮肥施用对香蕉产量和产量构成因子的影响

#### 2.1.1 控释氮肥施用对香蕉产量影响

从表3可看出，不同试验年份香蕉产量差异显著。2015年香蕉产量最高，2013年香蕉产量最低，但3年中不同施肥处理之间产量的差异性表现一致。表3也显示，控释尿素的施用可显著增加香蕉产量，施用不同用量控释尿素3年平均香蕉产量与不施氮肥处理CK相比，增产7.46–31.59吨/公顷，增产幅度达47.37–166.97%；随控释尿素施用量的增加，香蕉产量有增加的趋势，CRU100%处理的香蕉产量最高，控释尿素3个用量水平处理间差异不显著；与施用100%尿素处理RU100%相比，施用控释尿素70%(CRU70%)处理产量较低，施用控释尿素(CRU100%、CRU80%)3年平均香蕉产量增

产0.22–2.52吨/公顷，增产幅度达0.92–7.0%，但控释尿素3个用量处理与RU100%差异不显著，并且CRU70%处理产量在第2年显著低于CRU80%处理。可见，与普通尿素施用相比，适宜用量的控释氮肥施用有助于香蕉获得高产。

#### 2.1.2 控释氮肥施用对香蕉产量构成因子的影响

影响香蕉产量的因素包括果指数、单果重等。施肥能够影响香蕉果实的生长发育，只有协调各因素指标才能保证香蕉高产优质。不同施肥处理对香蕉产量构成因子的影响结果见表3。从表3可以看到，施用氮肥显著增加了香蕉果指数和单果指重。施用控释尿素3个用量水平3年平均香蕉果指数较不施氮肥处理CK相比增加了28.46–65.67个，增幅达26.13–95.17%。随控释尿素施用量的增加，香蕉果指数增加。3年平均香蕉果指数CRU100%处理的最高，3个控释尿素用量处理间差异不显著；与施用100%尿素处理相比，施用控释尿素70%较RU100%果指数少，但随控释尿素施用量的增加香蕉果指数增加，施用控释尿素(CRU100%和CRU80%)3年平均香蕉果指数增加幅度达0.77–6.03%，但控释尿素3个用量处理与施用尿素处理差异不显著。香蕉果指重表现出与果指数相似的规律。控释尿素100%时香蕉的果指数和单果重均较高，从而有利于香蕉高产。由此可见，控释氮肥施用量能够影响香蕉产量构成因子，适宜的控释氮肥比例将有利于香蕉产量构成因子协调生长。本试验中，CRU100%处理影响产量构成因子的各指标表现协调并优于其他处理，故其产量最高。

表3 控释氮肥施用对香蕉产量和产量构成的影响

年份	处理	产量(吨/公顷)	较CK增产(%)	较RU增产(%)	果指数(个)	果指重(公斤)
2013	CK	16.19±3.93bB	--	--	93.37±4.30bB	88.96±3.70bB
	RU100%	23.86±3.77aA	47.37	--	120.03±6.31aA	102.06±3.12aA
	CRU100%	25.53±0.81aA	57.69	7.00	127.27±1.18aA	102.86±0.48aA
	CRU80%	24.08±8.92aA	48.73	0.92	123.40±4.83aA	99.95±4.17aA
	CRU70%	23.65±3.44aA	46.08	-0.88	121.83±5.28aA	99.63±1.90aA
2014	CK	24.52±8.84cB	--	--	109.67±5.19bB	114.51±3.93bB
	RU100%	38.36±1.74abA	56.44	--	138.67±1.81aA	141.85±1.22aA
	CRU100%	40.88±2.86aA	66.72	6.57	142.67±2.14aA	146.94±0.71aA
	CRU80%	38.74±3.08abA	57.99	0.99	140±0.71aA	141.88±2.42aA
	CRU70%	38.16±2.69bA	55.63	-0.52	138.33±1.10aA	141.44±1.96aA
2015	CK	18.92±5.74bB	--	--	69.0±5.23bB	140.58±2.18cB
	RU100%	48.1±5.68aA	154.23	--	129.33±3.97aA	190.64±1.95aA
	CRU100%	50.51±4.68aA	166.97	5.01	134.67±4.54aA	192.44±4.31aA
	CRU80%	47.71±4.33aA	152.17	-0.81	130.33±3.86aA	187.71±1.11abA
	CRU70%	45.5±4.12aA	140.49	-5.41	129±2.80aA	180.83±1.36bA



## 2.2 控释氮肥对香蕉农艺性状的影响

连续3年控释尿素施用对香蕉农艺形状的试验结果表明(表4),与不施氮肥相比,施氮显著增加香蕉径周和株高。其中施用控释氮肥与不施氮肥处理相比,径周增加6.41–10.45厘米,增幅为14.66–24.89%,各施用控释氮肥处理径周均随着施用量增加而增加,控释尿素处理间差异不显著;与RU100%相比,各施控释尿素处

理,2013、2014年果指数随控释尿素施用量的增加香蕉果指数而增加,径周增加0.22–0.91厘米,增幅为0.48–1.67%,但2015年各控释尿素处理果指数变化趋势略有不同,CRU80%、CRU70%平均径周小于RU100%,而CRU100%平均径周大于RU100%。

施控释氮肥比不施用氮肥处理的3年平均香蕉株高增加13.42–58.03厘米,增幅为7.33–29.96%。与RU100%相比,2013年控释尿素处理株高均比RU100%大;2014年CRU80%平均株高大于RU100%,但CRU100%、CRU70%平均株高小于RU100%;而2015年CRU100%平均株高大于RU100%,但CRU80%、CRU70%平均株高小于RU100%。

## 2.3 控释氮肥施用对香蕉地上部干物质含量的影响

香蕉成熟期地上部干物质质量不同处理间存在显著差异(表5)。3年平均数据显示,不同部位香蕉干物质含量均为:果实>叶稍>假茎>蕉轴。与不施氮肥处理相比,施用氮肥显著增加地上部干物质含量,增加7192–8672公斤/公顷,增幅为109.99–132.63%。与施用尿素处理

表4 控释氮肥施用对香蕉农艺形状的影响

年份	处理	茎周(厘米)	株高(厘米)
2013	CK	39.82±9.57bB	181.28±4.17bB
	RU100%	46.01±3.40aA	204.48±4.44aA
	CRU100%	46.46±1.89aA	205.37±2.66aA
	CRU80%	46.26±1.21aA	204.7±1.35aA
	CRU70%	46.23±1.39aA	205.23±0.63aA
2014	CK	48.13±3.03bB	183.17±3.65bB
	RU100%	54.56±2.07aA	200.89±2.32aA
	CRU100%	55.47±2.40aA	196.59±1.45aA
	CRU80%	55.24±1.43aA	201.85±3.05aA
	CRU70%	55.19±1.34aA	199.30±4.42aA
2015	CK	41.98±9.08bB	193.7±2.79cB
	RU100%	51.62±2.43aA	249.58±1.40aA
	CRU100%	52.43±4.66aA	251.73±1.15aA
	CRU80%	49.51±1.68aA	242.55±2.41abA
	CRU70%	49.36±1.47aA	239.58±2.48bA

表5 控释氮肥施用对香蕉干物质含量的影响

处理	CK	RU100%	CRU100%	CRU80%	CRU70%
假茎	1485	2858	2949	2787	2678
叶稍	2049	4201	4440	4200	3985
果实	2916	7249	7614	7187	6880
蕉轴	88	206	209	198	188
地上部合计	6539	14514	15211	14373	13731
较CK增产%	--	121.98	132.63	119.82	109.99
较RU100增产%	--	--	4.80	-0.97	-99.24

相比, CRU100% 处理的干物质量最高, 达 15211 公斤·hm<sup>-2</sup>, 较 RU100% 处理提高 4.8%。而相比 RU100% 处理, CRU80%、CRU70% 成熟期香蕉地上部平均干物质含量均降低。

## 2.4 控释氮肥施用对香蕉氮养分吸收状况的影响

从表 6 可以得出, 施用控释尿素比 RU100% 处理的香蕉果实、假茎、叶稍、果轴的 N 含量分别提高 0.13–0.24、0.13–0.14、1.11–1.17、0.54–1.01 克/公斤; 地上部吸 N 量增加 20.30–22.93 公斤/公顷; 每生产 1 吨香蕉吸收的 N 增加 0.12–0.17 公斤; 氮肥利用率提高 2.26–2.56% (绝对值), 每公斤 N 素的生理利用效率降低 7.5–10.3 公斤。

在全部施用控释尿素的条件下, 减少 20–30% 的施用量处理的香蕉果实、假茎、叶稍、果轴的 N 含量分别降低 0.17–0.23、0.18–0.26、1.00–1.23、0.31–0.61 克/公斤; 地上部吸 N 量减少 15.8–21.6 公斤/公顷; 每生产 1 吨香蕉吸收的 N 减少 0.06–0.12 公斤; 氮肥利用率提高 0.72–1.58% (绝对值), 每公斤 N 素的生理利用效率提高 3.6–7.6 公斤。

在等 N 量的条件下, 控释尿素掺混 20% 的普通尿素施用, 比 100% 的控释尿素处理的香蕉果实、假茎、叶稍、果轴、球茎的 N 含量分别降低 0.08、0.22、–0.09、0.01 克/公斤; 地上部吸 N 量减少 11.1 公斤/公顷; 氮肥利用率降低 1.24% (绝对值), 每公斤 N 素的生理利用效率降低 0.81 公斤;

控释尿素减少 20–30% 施用量, 对香蕉各部位 N 养

分含量及 N 吸收情况的影响无明显规律, 由于多吸收的 N 素对产量的提高无明显影响, 故氮肥利用率及氮的生理利用效率均有所降低。

## 2.5 香蕉不同施用量及施用方式施用加阳控释尿素的经济效益分析

施用控释尿素比普通尿素的产值提高 6253.00–10309.00 元/公顷, 每公斤 N 增产收益提高 9.29–15.32 元, 每公斤实物氮肥增产收益增加 1.83–4.49 元, 因而施用控释尿素比普通尿素可获得较好的利润 (表 7)。

在全部施用控释尿素的条件下, 减少 20–30% 的施用量, 香蕉总产值减少 7267.00–13013.00 元/公顷, 但每公斤 N 增产收益提高 17.02–24.69 元, 每公斤实物氮肥增产收益增加 7.49–10.86 元; 减少控释尿素的施用量, 产量、产值虽降低, 但施用控释尿素的单位回报率却有所提高。

可见, 在等 N 条件下, 香蕉施用控释尿素, 比普通尿素处理的产值不仅提高, 平均每公斤 N 增产收益及平均每公斤实物氮肥的增产收益亦有所增加, 说明施用控释尿素可获得较大投资回报率。

## 3 讨论

合理施用氮肥是作物高产优质的重要因素之一, 但目前在我国农业生产中普遍存在着氮肥施用不合理的问题, 导致氮肥当季利用率较低, 仅为 30%–35%<sup>[19]</sup>。这

表 6 控释氮肥施用对香蕉氮养分吸收状况的影响

处理	N 养分含量 (克/公斤)					N 吸收量 (公斤/公顷)	每公斤 N 增产 (公斤)	生产 1 吨香蕉需累积干物质 (公斤)	生产 1 吨香蕉需吸收 N (公斤)	N 生理利用效率 (公斤)	NUE (%)
	果实	假茎	叶稍	果轴	假茎及根						
CK	12.79	16.14	27.22	19.63	14.06	161.9	507	8.56			
RU100%	13.41	17.25	28.08	20.72	15.13	371	43.4	435	7.71	140	31.08
CRU100%	13.44	17.52	28.19	21.26	14.9	392.5	47	436	7.77	137	34.28
CRU80%	13.43	17.28	29.06	20.95	14.67	373	53.5	436	7.82	136	39.24
CRU70%	13.41	16.36	29.06	19.87	14.2	349.8	56.5	435	7.69	141	39.9

表 7 施用不同控释尿素经济效益分析

处理	产值 (元/公顷)	每公斤 N 增加 (元)	普通尿素			控释尿素		合计实物氮肥		每公斤实物氮肥增产值 (元)
			普通尿素	控释尿素	合计实物氮肥	普通尿素	控释尿素	合计实物氮肥		
CK	49179	--	--	--	--	--	--	--	--	
RU100%	125060	112.8	1462.5	0	1462.5	0	1462.5	1462.5	51.88	
CRU100%	131313	122.1	0	1529	1529	0	1529	1529	53.72	
CRU80%	124046	139.1	0	1223.2	1223.2	0	1223.2	1223.2	61.21	
CRU70%	118300	146.8	0	1070.3	1070.3	0	1070.3	1070.3	64.58	

香蕉价格: 2.6 元/公斤

不仅造成农业资源浪费、成本增加，同时对环境有不良影响。控释肥具有控制养分释放的特点，可以提高肥料利用效率，省时省工，减少对环境的不良影响，该类肥料目前是国内外研究的热点<sup>[20]</sup>。

本研究结果表明，施用控释氮肥的香蕉产量比施用普通尿素的香蕉产量有明显提高，施用控释氮肥显著增加香蕉果指数和单果指重。与施用100%尿素处理相比，施用100%控释氮肥和80%控释氮肥3年平均香蕉产量增产幅度达0.92–7.0%，施用100%控释氮肥和80%控释氮肥3年平均香蕉产量增产幅度达0.77–6.03%，这可能与在香蕉生长中后期，由于控释氮肥可以供应充足氮素，能够提供香蕉生长充足的氮素营养，因此获得最高产量。这与前人研究的控释氮肥对香蕉具有增产效果的结果<sup>[21]</sup>一致。

本试验试验结果也表明，施用控释尿素香蕉农艺性状（如：株高，径周等）均优于普通尿素处理。说明施用控释肥促进了香蕉生长从而增加香蕉产量，其主要原因可能还是控释氮肥延长了氮素在土壤中留存时间、减少养分损失和提高作物有效性。

香蕉与一般果树比较，需肥量较大，追肥次数较多，全年约需追肥10–15次，因此降低香蕉的追肥次数将对降低农民的劳动强度和人工成本具有非常重要的意义。本研究结果表明，在等N或者施氮量减少情况下，减少追肥次数香蕉产量仍然增加，说明控释氮肥对香蕉生产具有重要作用，较普通肥料能显著提高氮肥利用率。究其原因可能是供试的控释尿素养分释放动态与香蕉需求较吻合<sup>[22]</sup>，为香蕉提供了持续、较高水平的养分供应，满足植物在整个生长期对养分的需求，促进了香蕉株高、每穗果指数。

## 4 结论

4.1 控释尿素的施用可显著增加香蕉产量。施用控释尿素3年平均香蕉产量与不施氮肥处理相比，增产7.46–31.59吨/公顷，增产幅度达47.37–166.97%，随控释尿素施用量的增加，香蕉产量有增加的趋势，100%控释尿素的香蕉产量最高；与施用100%尿素处理相比，施用100%控释氮肥、80%控释氮肥3年平均香蕉产量增产



0.22–2.52 吨 / 公顷, 增产幅度达 0.92–7.0%。与普通尿素施用相比, 适量施用控释氮肥有助于香蕉获得高产。

4.2 与普通尿素施用相比, 控释氮肥施用提高香蕉产量构成因子(果指数、果指重)、农艺性状(径周、株高)、地上部干重和植株氮素吸收, 其中以施用 100% 控释氮肥、80% 控释氮肥处理表现最好。

4.3 施用控释尿素比普通尿素产值提高 6253–10309

元 / 公顷, 每公斤 N 增产收益提高 9.29–15.32 元, 每公斤实物氮肥增产收益增加 1.83–4.49 元, 因而施用控释尿素比普通尿素可获得较好的投资回报。在全部施用控释尿素的条件下, 减少 20–30% 的施用量, 产值减少 7267–13013 元 / 公顷, 但每公斤 N 增产收益提高 17.02–24.69 元, 每公斤实物氮肥增产收益增加 7.49–10.86 元; 产量、产值虽降低, 但施用控释尿素的单位回报率却有所提高。

## 参考文献

- [1] 朱兆良. 中国土壤氮素研究 [J]. 土壤学报, 2008, 45(5):778–783.
- [2] 李玉萍, 方佳. 中国香蕉产业现状与发展对策研究 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(8):443–447.
- [3] 樊小林, 梁有良, 王孝强, 等. 香蕉营养与施肥 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007:79–83.
- [4] 姚丽贤, 周修冲, 彭志平, 等. 巴西蕉的营养特性及钾镁肥配施技术研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1):116–121.
- [5] 杨苞梅, 林电, 李家均, 等. 香蕉营养规律的研究 [J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(1):117–121.
- [6] 司东霞, 崔振岭, 陈新平, 等. 不同控释氮肥对夏玉米同化物积累及氮平衡的影响 [J]. 应用生态学报, 2014, 25(6):1745–1751.
- [7] 李敏, 郭熙盛, 叶舒娅, 等. 硫膜和树脂膜控释尿素对水稻产量、光合特性及氮肥利用率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(4):808–815.
- [8] 王艳, 王小波, 王小晶, 等. 包膜缓释肥料 (CSFS) 增产机理与氮肥利用率示踪研究 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(5):109–111.
- [9] 冯爱青, 张民, 李成亮, 等. 控释氮肥对土壤酶活性与土壤养分利用的影响 [J]. 水土保持学报, 2014, 28(3):177–184.
- [10] 黄达斌, 林芑华, 林惠环, 等. 不同肥料配比对香蕉的施用效果 [J]. 福建果树, 2011(2):1–5.
- [11] 谢贵水, 林位夫, 陈俊明, 等. 不同质量配比的氮磷钾混合肥在香蕉园施用的效果 [J]. 热带作物学报, 2003, 24(1):36–40.
- [12] 姚丽贤, 周修冲, 蔡永发. 香蕉适宜氮、钾肥施用比例研究 [J]. 广东农业科学, 2004(1):35–36.
- [13] 姚丽贤, 周修冲, 蔡永发, 等. 高产香蕉平衡施肥技术研究 [J]. 土壤肥料, 2004(2):26–29.
- [14] 张玉树, 丁洪, 卢春生, 等. 控释肥料对花生产量、品质以及养分利用率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(4):700–706.
- [15] 郑圣先, 聂军, 熊金英, 等. 控释肥料提高氮素利用率的作用及对水稻效应的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1):11–16.
- [16] 陈祥, 同延安, 亢欢虎, 等. 氮肥后移对冬小麦产量、氮肥利用率及氮素吸收的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(3):450–455.
- [17] 易镇邪, 王璞. 包膜复合肥对夏玉米产量、氮肥利用率与土壤速效氮的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(2):242–247.
- [18] 侯雪坤, 王鹏. 控释氮肥对玉米生长发育及产量和品质的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2009(5):61–63.
- [19] 李庆奎, 朱兆良, 于天良. 中国农业持续发展中的肥料问题 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 1998:1–5.
- [20] 赵秉强, 张福锁, 廖宗文, 等. 我国新型肥料发展战略研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(5):536–545.
- [21] 曹明, 宋媛媛, 樊小林. 控释氮钾比例对香蕉产量及氮磷钾肥料利用率的影响 [J]. 西北农林科技大学学报, 2012, 40(11):35–41.
- [22] 曲均峰, 赵福军, 傅送保. 香蕉应用不同氮肥的效果研究 [J]. 广东农业科学, 2010, (09):116–117.