

控释肥料养分释放规律及对水稻生长发育效应的研究

唐拴虎¹, 郑惠典², 张发宝¹, 徐培智¹, 张育灿², 陈建生¹

(1 广东省农业科学院 土壤肥料研究所, 广东 广州 510640; 2 广东省土肥总站, 广东 广州 510500)

摘要: 采用盆栽试验, 研究了控释肥料与水稻专用肥不同施用方式的养分释放规律及对水稻生长发育的影响。结果表明, 一次性施用控释肥料, 在水稻移栽初期对氮素有一定控制效果, 至第 9 d 氮素释放达到高峰, 第 9~50 d 氮素供应充足, 50 d 以后氮素供应仍维持在较高水平。因此, 养分释放完全能满足水稻本田期需求。施用控释肥料, 水稻总茎数与一级分蘖均比专用肥分次施用和一次施用处理增加, 平均成穗数比后者分别增加 16.7% 和 8.3%; 在水稻生长后期叶绿素含量保持在较高水平; 水稻谷粒产量显著提高, 较专用肥分次施用和一次施用处理分别增产 10.1% 和 18.2%。一次性施用控释肥料能明显提高肥料氮利用率, 较专用肥分次施用和一次施用处理分别提高 13.5% 和 22.7%, 磷钾利用率也有一定提高。

关键词: 控释肥料; 一次性施肥; 水稻; 产量; 利用率

中图分类号: S145.6; S511

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2003)04-0009-04

普通化肥养分利用率低是长期困扰农业生产的重大难题, 其原因主要是由于肥料施入土壤后存在养分的淋失、挥发及土壤固定等损失。养分损失不仅增加了农业生产成本, 更重要的是逃逸出农田生态系统的各养分形态加重了环境负荷, 影响到人体健康与人类生存。控释肥料的出现与发展, 在提高养分利用率、减轻养分流失污染等方面为人们提供了极有潜力的解决途径^[1~3]。目前, 一般认为控释肥料的养分释放速率与作物的需肥规律基本一致, 利用控释肥能实现作物一次性施肥, 从而, 尽可能地简化施肥技术, 降低施肥劳动强度, 减少施肥成本, 提高肥料养分利用率, 并减轻养分流失造成的环境污染^[4,5]。但由于该类肥料普遍存在生产成本过高等问题, 极大地限制了其在大田作物上的应用^[6]。

笔者将筛选和研制的矿物质材料、天然植物素及其衍生物、化肥长效增效剂经优化处理后配制成复合控释包裹材料, 在原水稻专用肥基础上, 开发出廉价高效的水稻控释肥料, 探讨了控释肥料、专用肥不同使用方式的养分释放规律及其对水稻生长发育的影响, 为大田应用推广本水稻控释肥料提供理论依据。

1 材料与方法

试验于 2001 年在广东省农科院土肥所网室通过盆栽进行。供试土壤为赤红壤水稻土, 采自增城市朱村镇稻田, 基本化学性状为 pH 5.2, 有机质 8.7 g/kg,

碱解氮 25.5 mg/kg, 有效磷 6.4 mg/kg, 速效钾 45.6 mg/kg, 交换性钙 467.6 mg/kg, 交换性镁 62.8 mg/kg。供试水稻为特优质品种九七香, 秧苗移栽在播种后 18 d 进行, 每盆 3 穴, 每穴 1 苗。

试验设 4 个处理: T1 为控释肥料一次施用; T2 为水稻专用肥分次施用; T3 为水稻专用肥一次施用; T4 为不施肥等。每盆盛土 7.5 kg, 施肥量按每公斤土施 N 0.133 g、P₂O₅ 0.045 g、K₂O 0.119 g 施用, 氮、磷、钾肥分别采用尿素、磷酸二铵、氯化钾。对氮、磷、钾肥包裹复合控释材料即成控释肥料, 复合控释材料使用量为氮量的 13.5%(w)。肥料一次施用处理在秧苗移栽前将全部肥料作基肥一次性施入; 分次施用处理分移栽前和移栽后 5、10、25 d 4 个时期施肥, 各期施肥量分别占 30%、20%、30% 和 20%。试验分早稻(3 月 30 日至 7 月 2 日)、晚稻(8 月 8 日至 11 月 7 日)2 次进行, 早稻试验设 6 个重复, 主要测定土壤养分及稻谷产量变化情况, 晚稻设 24 个重复, 除延续早稻考察指标外, 另通过分期取样, 测定水稻生长动态, 每期取 3 个重复。

试验中, 水稻分蘖数、茎数或穗数调查分别在分蘖盛期(I)、幼穗分化期(II)、孕穗期(III)、灌浆期(IV)和成熟期(V)进行; 叶绿素含量测定采用 80%(φ)丙酮浸提, 645、663 nm 下比色测定^[7], 土壤硝态氮含量用 2 mol/L KCl 浸提, 220、275 nm 下用紫外光度法比色测定; 土壤铵态氮含量用 2 mol/L KCl 浸提, 蒸馏滴定法测定; 水稻植株氮、磷、钾含量采用常

收稿日期: 2002-05-30

作者简介: 唐拴虎(1966-), 男, 副研究员, 硕士。

基金项目: 广东省重大科技项目(A20405); 广州市重大科技项目(2001-Z-024-01)

1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

规分析法分析测定.

2 结果与分析

2.1 水稻叶片叶绿素含量动态变化

水稻叶色是反映氮素供应水平的重要指标.图1表明晚稻分蘖期至幼穗分化期,专用肥一次施用处理叶绿素含量远高于控释肥一次施用和专用肥分次施用处理,平均含量分别高出23.1%和24.3%;控释肥一次施用处理叶绿素含量分蘖期低于专用肥分次施用处理,幼穗分化期则略高.孕穗期至灌浆期,各处理叶绿素含量均有下降趋势,其中,专用肥一次施用处理叶绿素含量降低幅度较大,在3个施肥处理中从最高降至最低;而控释肥一次施用处理叶绿素含量降低不明显,始终保持较高水平,灌浆期叶绿素含量显著高出两专用肥处理.叶绿素含量变化说明控释肥一次施用处理在水稻生长前期对氮素释放有一定控制效果,但释放量仍能满足水稻生长之需,后期氮素释放量增加,叶色相对较绿,光合作用强,有利于碳水化合物形成及向子粒内累积;专用肥一次施用处理前期养分大量释放,供应充足,植株生长迅猛,易徒长,而后期由于养分供应明显减少,植株生长减慢,以至发生早衰.

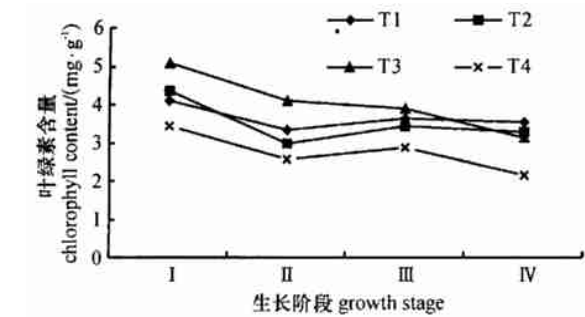


图1 晚稻叶片叶绿素含量动态变化
Fig 1 Changes of chlorophyll content of late rice blade

2.2 不同施肥处理对晚稻茎数的影响

不同施肥处理晚稻茎数调查结果(表1)表明,分

蘖盛期专用肥一次施用处理养分供应充足,总茎数比控释肥一次施用和专用肥分次施用处理分别多10.1%和23.7%,一级分蘖也比后两处理多;在幼穗分化期由于养分供应减弱,总茎数和一级分蘖仅与专用肥分次施用处理相当,但明显低于控释肥一次施用处理.从平均成穗数看,控释肥一次施用处理明显增多,分别比专用肥分次施用和一次施用处理多16.7%和8.3%.

表1 不同施肥处理晚稻每株平均茎数
Tab. 1 Average stem and tiller number per plant of late rice under different fertilization treatments

处理 treatments	茎数 stem and tiller		一级分蘖数 primary tiller		成穗数 panicle
	I	II	I	II	
T1	10.9	13.9	4.9	5.8	9.1
T2	9.7	12.2	4.3	5.4	7.8
T3	12.0	12.4	5.1	5.3	8.4
T4	4.6	4.6	3.3	3.4	2.7

2.3 不同施肥处理对水稻产量的影响

表2表明,水稻生长前期专用肥一次施用处理植株生物量略高于控释肥一次施用和专用肥分次施用处理,但差异不明显,成熟期明显低于其他两施肥处理;控释肥一次施用处理自孕穗期开始,生物量明显高于专用肥一次施用和分次施用处理,而且,将这种趋势维持至水稻成熟;专用肥分次施用处理由于生长中期追肥使得后期植株生物量增加较快.

表2还表明,控释肥一次施用处理水稻谷粒平均产量显著高于其他处理,早晚造平均产量比专用肥一次施用和分次施用处理分别增加18.2%和10.1%.说明控释肥一次施用养分供应能较好地满足水稻生长全期需求,并在后期供应较充足,较专用肥分次施肥和一次施用能明显增加水稻生物量与谷粒产量.

表2 不同施肥处理的水稻干物质及稻谷产量

处理 treatments	干物质产量 dry matter yield					稻谷产量 ¹⁾ grain yield			
	I	II	III	IV	V	早造 early	晚造 late	平均 ave.	增产 increase/%
T1	8.41	27.38	64.68	75.53	83.72	35.8a	38.3a	37.1	18.2
T2	7.77	25.89	57.22	67.84	79.06	32.8b	34.6b	33.7	7.3
T3	9.76	30.78	55.82	65.77	71.37	31.0b	31.7c	31.4	
T4	3.92	8.88	15.38	18.98	19.94	7.6c	8.8d	8.2	

1) 同列数据后字母不同者示在0.05水平差异显著,早稻 LSR_{0.05} = 2.32 g/盆;晚稻 LSR_{0.05} = 2.78 g/盆

2.4 土壤有效氮含量动态变化

2.4.1 铵态氮 从图2a可以看出,控释肥一次施用晚稻土壤铵态氮含量高峰大约出现在施肥后第9 d,专用肥一次施用铵态氮含量从测定一开始,即施

肥后第 2 d 就达到高峰, 而专用肥分次施用铵态氮含量变化则伴随不断追肥有 2 次高峰出现; 自施肥后第 9~50 d, 控释肥一次施用处理铵态氮含量虽有下降, 但下降幅度显然较专用肥一次施用处理小, 该阶段土壤铵态氮平均含量为 43. 07 mg/kg, 比后者高出 57. 4%; 在 50 d 以后, 各施肥处理土壤铵态氮含量变化趋于平稳, 始终是控释肥一次施用处理最高, 专用肥分次施用处理次之, 专用肥一次施用最低, 控释肥一次施用处理的铵态氮平均含量为 20. 32 mg/kg, 比专用肥一次施用和分次施用处理分别高出 85. 7% 和 21. 3%。说明控释肥一次施用在水稻生长前期对铵态氮释放有一定控制作用, 推迟了铵态氮释放高峰, 中后期铵态氮含量下降较为平缓, 明显高于专用肥两处理, 即氮素供应明显较两专用肥处理充足。

2. 4. 2 硝态氮 图 2 b 说明, 施肥后第 2 d, 2 个一次施用处理土壤硝态氮含量明显高于专用肥分次施用处理, 以后随土壤浸水时间延长, 3 个施肥处理硝态氮含量均保持在较低水平, 且无明显差异; 在水稻开始灌浆以后, 由于土壤不再浸水, 硝态氮含量又有回升, 可以看出控释肥一次施用处理硝态氮含量明显

高于专用肥两处理, 说明灌浆至成熟期控释肥一次施用处理仍有较多氮素供应, 有利于水稻灌浆。

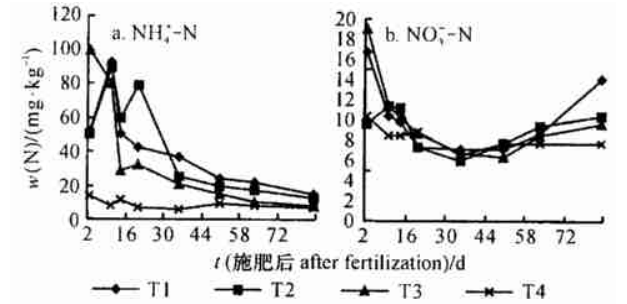


图 2 不同施肥处理晚稻土壤氮素含量动态变化

Fig 2 Changes of soil $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ content of late rice under different fertilization treatments

2. 5 盆栽晚稻的氮磷钾利用率

表 3 表明, 晚造控释肥一次施用处理较水稻专用肥分次施用和一次施用, 氮素利用率显著提高, 分别高出 13. 5% 和 22. 7%; 磷素利用率也有较明显提高, 分别高出 7. 0% 和 12. 7%; 钾素利用率提高幅度仅 4. 8%~7. 6%。水稻专用肥分次施用处理较一次施用处理氮素利用率提高了 8. 1%, 磷、钾利用率略有起伏, 但相差不明显, 分别为-5. 0% 和 2. 7%。

表 3 盆栽晚稻的氮磷钾利用率¹⁾
Tab. 3 N, P and K utilization efficiency of late rice

处理 treatments	吸收量 uptake/(g·盆 ⁻¹)			利用率 utilization efficiency / %			比 T ₃ 增幅 increase/%			比 T ₂ 增幅 increase/%		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
T1	0. 725	0. 211	0. 818	57. 9	36. 5	63. 8	22. 7	12. 7	7. 6	13. 5	7. 0	4. 8
T2	0. 656	0. 197	0. 792	51. 0	32. 4	60. 9						
T3	0. 618	0. 203	0. 778	47. 2	34. 1	59. 3						
T4	0. 146	0. 087	0. 250									

1) 氮利用率=(施肥处理的氮素吸收量-不施肥处理的氮素吸收量)/施氮量; 磷、钾计算公式与氮同

3 结论

利用肥料控释技术, 将水稻专用肥升级为控释肥料, 一次作基肥施用完全能满足水稻生长发育对养分的需求, 而且, 施用本控释肥较专用肥分次施用或一次施用能增加水稻分蘖, 提高水稻成穗率, 提高水稻产量。

施用控释肥料, 由于养分缓慢释放, 或氮素的挥发、淋失被抑制, 养分持效期相对被延长, 从而, 明显提高了肥料养分的利用率。研究表明, 一次性施用本控释肥料, 氮素在水稻移栽初期被控制, 释放量较小, 至第 9 d 左右才达到释放高峰, 以后逐步降低; 在第 9~50 d 氮素一直维持较高水平, 水稻生长健壮, 有效穗增多; 50 d 以后, 氮素供应量仍较多, 有利于水稻灌浆和增产。氮素利用率为 57. 9%, 显著高于

专用肥分次施用和一次施用处理, 这与郑圣先等研究结果^[4, 8, 9]基本一致。同时, 磷、钾的利用率也有一定提高。

2001 年笔者在增城市的 2 个晚稻千亩示范片的试验结果^[10]与本试验结果基本一致, 进一步验证了本控释肥在大田一次性施用的效果, 说明水稻生产一次性施用本控释肥是完全可行的。

参考文献:

[1] WIEDENFELD R P. Rate, timing and slow-release nitrogen fertilizers on cabbage and onions[J]. Hortscience, 1986, 21: 236-238.
[2] HAGIN J, LIUBA C. Nitrogen fertilizer potential of an experimental urea formaldehyde[J]. Agronomy J, 1976, 68: 518-520.
[3] 何绪生, 李素霞, 李旭辉, 等. 控效肥料的研究进展[J].

植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 97—106.

[4] 符建荣. 控释氮肥对水稻的增产效应及提高肥料利用率的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(2): 145—152.

[5] ELIZABETH A G. Preplant slow-release nitrogen fertilizers produce similar bell pepper yields as split applications of soluble fertilizer[J]. Agron J. 2000, 92: 388—393.

[6] MARTIN E T. Improving fertilizer use efficiency——controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture[M]. Paris: IFA, 1997. 61—71.

[7] 西北农业大学植物生理生化教研组. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987. 47—48.

[8] 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—15.

[9] 马军伟, 何念祖, 陈 俊, 等. 肥效调节肥料(CAF)的节肥省工效应研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2000, 26(3): 317—320.

[10] 徐培智, 张发宝, 唐拴虎, 等. 水稻专用长效控释 BB 肥应用效果初报[J]. 广东农业科学, 2002, (1): 30—32.

Nutrient Release of Controlled-Release Fertilizer and its Effects
on Rice Growth and Development

TANG Shuan-hu¹, ZHENG Hui-dian², ZHANG Fa-bao¹, XU Pei-zhi¹, ZHANG Yu-can², CHEN Jian-sheng¹
(1 Soil and Fertilizer Institute, Guangdong Academy of Agricultural Science, Guangzhou 510640, China;
2 Fertilizer Station of Guangdong, Guangzhou 510500, China)

Abstract: Pot experiment was conducted to investigate the effects of controlled-release fertilizer (CRF), applying as only one basal, on rice growth and nutrient release. It has been observed that the release of N was controlled at early growth stage immediately after transplanting for the CRF treatment. Release peak of N appeared at the 9th day and kept sufficient N supply from the 9th day to the 50th day after application. In addition, the CRF maintained relatively higher N supply than the specific fertilizer treatments at late stages. This N release model indicated that one basal application of the CRF could satisfactorily meet the demand of N nutrition throughout the growth and development of rice. In comparison with the same rates of the specific fertilizer either in splits or as one basal, the CRF resulted in greater primary tillers thus increasing effective panicle by 16.7% and 8.3% respectively. Application of the CRF significantly increased yield of rice grain by 10.1% and 18.2% respectively, probably due to better N nutrition, which increased chlorophyll concentration of blade, resulting in more effective photosynthesis and carbohydrate accumulation at late growth stages. The utilization efficiency of fertilizer N of the CRF as basal significantly increased by 13.5% and 22.7% respectively, comparing to the rice special fertilizer in splits and as basal. Apart from N, application of the CRF also increased the utilization efficiency of P and K.

Key words: controlled-release fertilizer; a single fertilization; rice; yield; utilization efficiency

【责任编辑 周志红】