

机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻生理特性的影响

舒时富¹, 唐湘如^{1*}, 罗锡文^{2,3}, 黎国喜¹, 王在满^{2,3}, 郑天翔¹, 贾兴娜¹

(1. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 2. 华南农业大学工程学院, 广州 510642;
3. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 广州 510642)

摘要: 为了探明精量穴直播水稻机械深施肥技术的增产机理, 通过大田试验, 研究了机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻培杂泰丰(超级杂交稻)和玉香油占(超级常规稻)的光合生理和抗衰老生理特性的影响。结果表明: 与人工撒施缓释肥基肥(CK)比较, 精量穴直播超级稻机械深施缓释肥基肥(T2)在齐穗期和成熟期的光合速率和叶绿素含量(SPAD值)分别提高 2.00%~4.13%和 9.5%~12.37%, 2.74%~4.44%和 6.01%~6.66%; 所有机械深施缓释肥(T1、T2 和 T3)处理较人工撒施缓释肥(CK), 在齐穗期、齐穗期后 15 d 和成熟期的剑叶超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性均显著提高, 而丙二醛(MDA)含量均显著降低。

关键词: 作物, 耕作, 试验, 机械深施肥, 缓释肥, 精量穴直播, 生理特性

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.016

中图分类号: S233.71, S511

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0089-04

舒时富, 唐湘如, 罗锡文, 等. 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻生理特性的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 89-92.

Shu Shifu, Tang Xiangru, Luo Xiwen. et al. Effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on physiological characteristics of precision hill-direct-seeding super rice[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 89-92. (in Chinese with English abstract)

0 引言

肥料深施是一种节本增效的施肥方法, 可以有效地减少肥料撒施在土壤表面造成的挥发和流失, 提高了作物对肥料的吸收, 其肥料利用率由撒施肥的 30%左右提高到 50%左右^[1]。水稻生产用水、用肥量大。在大田生产过程中, 直播水稻减少了育秧环节的施肥, 因此, 与移栽水稻相比, 生产相同数量的稻谷, 直播水稻可以减少氮肥(纯氮)使用量 8~10 kg/hm²。采用肥料深施和使用缓释肥、控释肥是提高肥料利用率的重要途径之一, 其中最有效的方法是水稻种时同步施放缓释肥、控释肥, 以提高肥料利用率, 减少施肥次数和生产成本。在旱作作物中已有一些同步(深)施肥播种机具^[2-3], 但由于水田的特殊性和水稻生长的特点, 难以在人工插秧、机械插秧、人工撒播和人工抛秧时同步深施肥料。罗锡文等^[4-7]在同步开沟起垄水稻精量穴直播技术基础上, 研究出同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播技术, 即通过实现“开沟、起垄、施肥、穴直播”联合作业, 将肥料集中施于水稻根系附近, 有利于根系吸收和水稻生长, 减少肥料用量, 达到高效、增产、节肥、节水和减少田间甲烷排

放量的目的; 同时, 研制出同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播机具, 实现了平地、开沟、起垄、施肥和穴直播一体化; 机械同步开沟起垄深施肥水稻精量穴直播水稻根系发达, 低节位分蘖, 长势好, 比人工习惯施肥水稻精量穴直播产量提高 15.6%, 节省施肥量 30%。为了探明精量穴直播水稻机械深施肥技术的增产机理, 本文研究了机械深施肥对精量穴直播超级稻的光合和抗逆生理特性的影响, 以指导机械深施肥技术在精量穴直播超级稻生产上的应用。

1 材料和方法

1.1 材料与机具

试验品种为优质超级杂交籼稻培杂泰丰和优质常规超级稻玉香油占。施用缓释肥料为华南农业大学研制的超级稻专用肥[粤农肥(2010)准字 0340]。同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播机具为华南农业大学工程学院研制。

1.2 试验设计与实施

试验处理为: 机械深施基肥超级稻专用肥 900 kg/hm² (T1)、机械深施基肥超级稻专用肥 1 200 kg/hm² (T2)、机械深施基肥超级稻专用肥 900 kg/hm²、人工撒施追分蘖肥超级稻专用肥 300 kg/hm² (T3) 和人工撒施基肥超级稻专用肥 1 200 kg/hm² (CK)。基肥采用机械播种时同步一次性深施, 离水稻种子侧边 5 cm, 深度 8 cm 开沟施肥, 追肥在 4.5 叶时采用人工撒施。播种的密度为 30 cm×14 cm。3 次重复, 随机区组排列, 小区面积为 10.5 m²。试验于 2009 年在广州市华南农业大学试验农场进行, 03-27 直播, 化除治虫、管水等其他农艺管理基本一致。在水稻分蘖期、孕穗期、齐穗期和成熟期分中别测

收稿日期: 2010-01-29 修订日期: 2010-09-08

基金项目: 国家“863”计划项目(2006AA10A307); 广东省农业攻关项目(2004B20101007); “十一五”国家科技支撑项目(2007BAD89B14)

作者简介: 舒时富(1986-), 男, 安徽繁昌县人, 研究方向为作物生理与调控。广州 华南农业大学农学院, 510642。Email: shushifu1986@163.com
*通信作者: 唐湘如(1964-), 男, 湖南宁乡人, 博士, 教授, 博士生导师。主要从事作物栽培和生理研究。广州 华南农业大学农学院, 510642。Email: tangxr@scau.edu.cn

定叶片绿素含量和光合速率。在水稻齐穗期、齐穗后 15 d 和成熟期测定剑叶中的保护酶活性。其中, 叶绿素含量采用 NIKON 牌 SPARD 仪测定叶片 SPARD 值, 光合速率采用美国 CID-310 光合作用仪测定, 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性采用氮蓝四哩法测定, 过氧化物酶 (POD) 活性采用愈创木酚法测定, 丙二醛 (MDA) 含量采用硫代巴比妥酸法测定, 具体试验方法参考中国科学院上海植物生理研究所主编 (2004) 《现代植物生理学实验指南》。

数据处理采用 SAS 6.12 统计软件中 ANOVA 程序进行方差分析, LSD 检验法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 光合速率

机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻叶片光合速率的影响结果 (表 1) 表明, 培杂泰丰和玉香油占 2 个超级稻在分蘖期、孕穗期、齐穗期和成熟期的光合速率以 T3 处理为最高, 以 T2 处理次高, 其中, T3 处理较对照 (CK) 在 4 个生育期的光合速率均显著增加, T2 处理较对照在齐穗期和成熟期的光合速率分别提高 2.00%~4.13% 和 9.5%~12.37%; 培杂泰丰和玉香油占 2 个超级稻 T1 处理和对照 (CK) 在分蘖期、孕穗期、齐穗期和成熟期的光合速率均无显著差异。说明在相同施肥量条件下, 机械深施缓释肥能有效地促进精量穴直播超级稻光合速率的提高。

表 1 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻光合速率的影响
Table 1 Effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on photosynthetic rate of precision hill-direct-seeding super rice

		$\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$			
品种	处理	分蘖期	孕穗期	齐穗期	成熟期
培杂泰丰	T1	14.36b	25.44b	32.78b	9.76c
	T2	14.78b	26.19b	34.12a	10.45b
	T3	15.87a	28.87a	35.87a	11.34a
	CK	14.98b	25.65b	33.45b	9.30c
玉香油占	T1	13.26b	22.99b	26.56b	7.22b
	T2	13.96ab	23.44b	27.98a	7.55b
	T3	14.57a	24.98a	29.45a	8.97a
	CK	13.63b	22.83b	26.87b	6.89c

注: 表中同列数据中, 具有相同字母的数据间没有达到 5% 的显著差异水平, 具有完全不同字母的数据间达到 5% 的显著差异水平。下表同。

2.2 叶绿素含量

表 2 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻叶片叶绿素含量 SPARD 值影响的结果表明, 在分蘖期培杂泰丰和玉香油占 2 个超级稻叶片叶绿素含量 (SPARD 值) 以 T1 处理显著低于 T2、和 CK 处理, 在孕穗期、齐穗期和成熟期 2 个超级稻的光合速率以 T3 处理为最高, T2 处理次高, 其中, T3 处理较对照 (CK) 在 3 个生育期的叶绿素含量均显著增加, T2 处理较对照在齐穗期和成熟期的叶绿素含量分别提高 2.74%~4.44% 和 6.01%~6.66%; 培

杂泰丰和玉香油占 2 个超级稻 T1 处理和对照在孕穗期、齐穗期和成熟期的叶绿素含量均无显著差异。说明, 在相同施肥量条件下, 机械深施缓释肥有利于促进精量穴直播超级稻灌浆成熟期 (齐穗期和成熟期) 叶片叶绿素含量的增加。

表 2 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻叶片 SPARD 值的影响
Table 2 Effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on SPARD values of precision hill-direct-seeding super rice

品种	处理	分蘖期	孕穗期	齐穗期	成熟期
培杂泰丰	T1	33.84b	43.26b	42.86c	17.36c
	T2	34.29a	43.83ab	43.93b	18.52b
	T3	34.49a	44.39a	44.10a	19.89a
	CK	34.53a	43.45b	42.76c	17.47c
玉香油占	T1	35.62b	38.76b	40.93c	15.19c
	T2	36.96a	39.33b	42.80b	16.34b
	T3	37.20a	41.46a	44.53a	17.85a
	CK	37.16a	39.12b	40.98c	15.32c

2.3 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性

与人工撒施缓释肥 (CK) 比较, 机械深施缓释肥处理 T1、T2 和 T3 的精量穴直播超级稻培杂泰丰和玉香油占的剑叶 SOD 活性在齐穗期、齐穗期后 15d 和成熟期均显著提高, 分别增加 9.04%~31.38%、32.53%~66.25% 和 34.72%~59.79% (表 3)。可见, 机械深施缓释肥有利于促进灌浆成熟期 (齐穗期至成熟期) 精量穴直播超级稻剑片 SOD 活性的增加。

表 3 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻剑叶片 SOD 酶活性的影响
Table 3 Effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on SOD activities of precision hill-direct-seeding super rice

		$\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$		
品种	处理	齐穗期	齐穗后 15d	成熟期
培杂泰丰	T1	131.35c	128.53c	68.37b
	T2	158.32a	152.76a	80.34a
	T3	142.54b	138.71b	72.56b
	CK	120.46d	96.98d	50.36c
玉香油占	T1	105.18c	102.65c	54.28b
	T2	126.58a	122.26a	64.38a
	T3	114.82b	110.89b	58.35b
	CK	96.34d	73.54d	40.29c

2.4 过氧化物酶 (POD) 活性

机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻培杂泰丰和玉香油占的剑叶 POD 活性影响与其对剑片 SOD 活性的影响基本一致 (表 4), 与人工撒施缓释肥 (CK) 比较, 机械深施缓释肥处理 T1、T2 和 T3 的精量穴直播超级稻的剑叶 POD 活性在齐穗期、齐穗期后 15 d 和成熟期均显著提高, 分别增加 9.48%~31.76%、26.79%~57.36% 和 32.67%~59.46%。可见, 机械深施缓释肥能促进灌浆成熟期精量穴直播超级稻剑片 POD 活性的增加。

表 4 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻叶片中 POD 酶活性影响

Table 4 Effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on POD activities of precision hill-direct-seeding super rice

品种	处理	U·g ⁻¹ ·min ⁻¹		
		齐穗期	齐穗后 15 d	成熟期
培杂泰丰	T1	197.45c	192.35c	102.65b
	T2	237.49a	229.36a	120.35a
	T3	213.84b	208.73b	108.37b
	CK	180.36d	145.75d	75.47c
玉香油占	T1	158.85c	154.23c	81.67b
	T2	190.34a	182.45a	95.78a
	T3	172.35b	167.56b	87.67b
	CK	144.45d	121.64d	61.56c

2.5 丙二醛 (MDA) 含量

机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻培杂泰丰和玉香油占的剑叶 MDA 含量影响与其对剑叶 SOD 和 POD 活性的影响具有相反的作用 (表 5), 与人工撒施缓释肥 (CK) 比较, 机械深施缓释肥处理 T1、T2 和 T3 的精量穴直播超级稻的剑叶 MDA 含量在齐穗期、齐穗期后 15 d 和成熟期均显著降低, 分别降低 8.33%~36.38%、19.13%~49.31% 和 13.29%~41.54%。可见, 机械深施缓释肥能显著减少灌浆成熟期精量穴直播超级稻剑叶 MDA 含量。

表 5 机械深施缓释肥对精量穴直播超级稻叶片中 MDA 含量的影响

Table 5 Effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on the MDA content of precision hill-direct-seeding super rice

品种	处理	μmol·g ⁻¹		
		齐穗期	齐穗后 15 d	成熟期
培杂泰丰	T1	7.64b	8.45b	13.57b
	T2	5.56c	6.32c	11.54b
	T3	6.23c	6.98c	13.21b
	CK	8.74a	12.47a	19.74a
玉香油占	T1	10.67b	12.47b	17.74b
	T2	8.54d	9.43c	14.75c
	T3	9.32c	10.75c	15.78c
	CK	11.64a	15.42a	20.46a

3 讨论

机械同步开沟起垄深施肥精量穴直播机以将肥料集中施于水稻根系附近, 有利于根系吸收, 提高肥料利用率, 同时, 由于肥料深施入于土壤, 对并肥料进行覆盖, 可以减少因挥发、反硝化、淋失等原因造成的肥料损失, 深施入于土壤肥料能满足水稻生育后期对肥料元素需要^[7]。本研究结果表明, 在每公顷施基肥超级稻专用肥 1 200 kg 条件下, 与人工撒施基肥 (CK) 比较, 精量穴直播超级稻培杂泰丰和玉香油占机械深施基肥 (T2) 在齐穗期和成熟期的光合速率和叶绿素含量均显著增加。水稻超高产形成表现为在生育后期叶绿素下降速度较为缓慢, 使叶片在生育后期能保持较高的光合能力^[8-9]。水稻生育后

期光合同化物积累多、籽粒灌浆充实好是水稻高产形成的基础^[10]。可见, 机械深施缓释肥促进精量穴直播超级稻生育后期叶绿素含量和光合速率显著增加, 从而有利于光合同化物积累和稻谷高产的形成。

超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化物酶 (POD) 是膜质过氧化防御系统的主要保护酶, 其活性高有利于控制细胞脂质氧化, 减少膜系统的伤害, 防止细胞衰老, 而丙二醛 (MDA) 含量高, 说明细胞脂质过氧化程度高, 不利于防止细胞衰老^[11-14]。本研究结果表明, 与人工撒施基肥 (CK) 比较, 在齐穗期、齐穗期后 15 d 和成熟期, 所有 3 个机械深施肥 (T1、T2 和 T3) 处理的精量穴直播超级稻培杂泰丰和玉香油占剑叶 SOD 和 POD 活性显著提高, 而 MDA 含量显著降低, 且随着生育时期的推迟, 3 个机械深施肥处理的精量穴直播超级稻培杂泰丰和玉香油占剑叶 SOD 和 POD 活性下降较慢, MDA 含量增加较少。说明, 机械深施肥能够显著提高精量穴直播超级稻生育后期叶片抗逆性和抗衰老能力, 从而增强其叶片光合同化功能。

3 结论

与人工撒施基肥 (CK) 比较, 在相同施肥量条件下, 机械深施缓释肥通过提高精量穴直播超级稻生育后期 (齐穗期、齐穗期后 15 d 和成熟期) 叶片 SOD 和 POD 活性、降低叶片 MDA 含量, 增强抗逆性和抗衰老能力, 从而促进精量穴直播超级稻生育后期叶绿素含量和光合速率显著增加, 最终有利于光合同化物积累和稻谷高产的形成。

[参 考 文 献]

- [1] 马涛. 谈机械深施化肥技术研究和应用[J]. 农业装备与车辆工程, 2008(8): 67-68.
- [2] 马旭, 马成林, 桑国旗, 等. 变量施肥机具的设计[J]. 农业机械学报, 2005, 36(1): 50-53.
Ma Xu, Ma Chenglin, Sang Guoqi, et al. Design of variable rate fertilizer applicator[J]. Transactions of the CSAM, 2005, 36(1): 50-53. (in Chinese with English abstract)
- [3] 薛惠岚, 薛少平, 杨青, 等. 秸秆粉碎覆盖与施肥播种联合作业的实现及机具设计[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 104-107.
Xue Huilan, Xue Shaoping, Yang Qing, et al. Implementation of combined work of straw crushed for mulching and seeding with fertilizer and design of the machine[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(3): 84-87. (in Chinese with English abstract)
- [4] 罗锡文, 刘涛, 蒋恩臣, 等. 水稻精量穴直播排种轮的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 108-112.
Luo Xiwen, Liu Tao, Jiang Enchen, et al. Design and experiment of hill sowing wheel of precision rice direct-seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 108-112. (in Chinese with English abstract)
- [5] 罗锡文, 欧洲, 蒋恩臣, 等. 抛掷成穴式水稻精量直播排种器试验[J]. 农业机械学报, 2005, 36(9): 37-40.
Luo Xiwen, Ou Zhou, Jiang Enchen, et al. Experimental

- research on precision rice direct-seeder with hill sowing[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2005, 36(9): 37—40. (in Chinese with English abstract)
- [6] 唐湘如, 罗锡文, 黎国喜, 等. 精量穴直播早稻的产量形成特性[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 84—87.
Tang Xiangru, Luo Xiwen, Li Guoxi, et al. Yield formation characteristics of precision hill-drop drilling early rice[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 84—87. (in Chinese with English abstract)
- [7] 王在满, 罗锡文, 唐湘如, 等. 基于农机与农艺相结合的水精量穴直播技术及机具[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(1): 91—95.
Wang Zaiman, Luo Xiwen, Tang Xiangru, et al. Precision rice hill-direct-seeding technology and machine based on the combination of agricultural machinery and agronomic technology[J]. Journal of South China Agricultural University, 2010, 31(1): 91—95. (in Chinese with English abstract)
- [8] 田红刚, 刘永巍, 樊冬生, 等. 超高产水稻生育后期剑叶光合生理特性变化的研究[J]. 中国农学通报, 2008, 24(10): 268—271.
Tian Honggang, Liu Yongwei, Fan Dongsheng, et al. Study on the changes of photosynthetic characters in flag leaf after full heading stage of super rice[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2008, 24(10): 268—271. (in Chinese with English abstract)
- [9] 薛亚光, 杨建昌. 水稻超高产生理特性与栽培技术[J]. 作物杂志, 2009(6): 8—12.
Xue Yaguang, Yang Jianchang. Physiological characteristics and cultivation techniques for super-high-yielding rice. Crops, 2009(6): 8—12. (in Chinese with English abstract)
- [10] 尹春佳, 李彩凤, 孙世臣, 等. 寒地超级稻叶片衰老过程中 SOD、POD 活性的动态变化[J]. 作物杂志, 2009(3): 37—39.
Yin Chunjia, Li Caifeng, Sun Shichen, et al. Dynamic change of SOD and POD activities of cold super rice during leaf senescence[J]. Crops, 2009(3): 37—39. (in Chinese with English abstract)
- [11] Satoshi H, Akihiko K, Junko Y, et al. Genotypic differences in grain yield of transplanted and direct-seeded rainfed lowland rice (*Oryza sativa* L.) in northeastern Thailand[J]. Field Crops Research, 2007, 102: 1—21.
- [12] Jeol G, Camon J A, Field C B. Production efficiency in sunflower: the role of water and nitrogen stress[J]. Remote Sensing of the Environment, 1997, 62: 176—188.
- [13] Fredeen A L, Camon J A, Field C B. Response of photosynthesis and carbohydrate to limitation in nitrogen and water availability in field-grow sunflower[J]. Plant Cell and Environment, 1991, 14: 963—970.
- [14] 王瑞兰, 汪琼, 易俗, 等. 铀尾沙胁迫对水稻和小麦幼苗叶绿素含量及抗氧化酶的影响[J]. 作物学报, 2005, 13(8): 1064—1068.
Wang Ruilan, Wang Qiong, Yi Su, et al. Effects of uranium tailings stress on chlorophyll contents and protective enzymes in rice and wheat seedlings[J]. Acta Agronomica Sinica, 2005, 13(8): 1064—1068. (in Chinese with English abstract)

Effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on physiological characteristics of precision hill-direct-seeding super rice

Shu Shifu¹, Tang Xiangru^{1*}, Luo Xiwen^{2,3}, Li Guoxi¹, Wang Zaiman^{2,3}, Zheng Tianxiang¹, Jia Xingna¹

(1. College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 3. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment (South China Agricultural University) Ministry of Education, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In order to explore the high-yield mechanism of deep mechanized application of the slow-release fertilizers, the field experiments were carried out to study effects of deep mechanized application of slow-release fertilizers on physiological characteristics of precision hill-direct-seeding super rice which were Peizataifeng (Super Hybrid Rice) and Yuxiangyouzhan (Super Inbred Rice). Results showed that compared with manual broadcast application of the slow-release fertilizers at the full heading stage and the mature stage, the photosynthetic rate and the chlorophyll content (SPARD value) increased significantly by 22.00%—4.13%, 9.5%—12.37%, 2.74%—4.44% and 6.01%—6.66%, respectively, and the activities of super-oxide dismutase (SOD) and peroxidase (POD) of precision hill-direct-seeding super rice of all treatments (including T1, T2 and T3) for deep mechanized application of the slow-release fertilizers increased significantly, while their malondialdehyde (MDA) content reduced significantly at full heading stage, 15 days after full heading and mature stage. These results indicated that the deep mechanized application of the slow-release fertilizers can promote photosynthesis and resist, then enhance yield of precision hill-direct-seeding super rice.

Key words: crops, cultivation, experiments, deep mechanized application of fertilizers, slow-release fertilizers, precision hill-direct-seeding, physiological characteristics