

促芽肥对再生稻准两优 608 产量和主要品质性状的影响

习敏¹ 徐秀娟¹ 吴文革^{1*} 汪靖桂² 陈再高³ 孙雪原¹ 许有尊¹

(¹安徽省农业科学院水稻研究所, 合肥 230031; ²安徽省安庆市怀宁县马庙镇农业技术推广站, 安徽 怀宁 246120;

³安徽省安庆市种植业管理局, 安徽 安庆 246120; 第一作者: ximin2015@126.com; * 通讯作者: wuwenge@vip.sina.com)

摘要: 优化促芽肥施用技术对于完善再生稻栽培管理技术具有重要意义。本研究以准两优 608 为材料, 通过设置 3 个施肥时期和 3 个施肥水平处理, 分析促芽肥对“一种两收”再生季水稻产量形成和主要品质性状的影响。结果表明, 促芽肥施用时期和施肥水平极显著影响再生稻产量形成, 随着促芽肥施用时期的推迟和肥料用量的减少, 再生稻产量呈降低趋势。头季稻收割前 15 d 施用纯 N 69.0 kg/hm² 的处理再生稻产量最高。该施肥条件下, 再生稻碾磨品质较好, 垩白粒率低, 蛋白质含量高, 淀粉含量较低, 综合米质较优。生产上, 于头季稻收割前 15 d 施用纯 N 69 kg/hm² 可以兼顾再生稻高产与优质的目标。

关键词: 再生稻; 氮肥; 产量; 稻米品质

中图分类号: S511.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2018)03-0093-04

再生稻是采用一定栽培措施, 在头季稻收割后利用头茬稻桩上存活的休眠芽萌发进而抽穗成熟再收获一季水稻的一种两收种植模式^[1-2], 具有生育期短、省种省工、节本增效和米质优良等特点^[3]。水稻“一种两收”模式不仅可作为一种秋季增收或灾后补损的措施, 而且是我国南方单双季混作区或种植一季稻热量有余而种植双季稻热量不足地区增加单位面积稻田产出的有效途径之一^[4-5]。近年, 随着我国种植业结构的调整, 早、中稻蓄留再生稻机械化种植已成为我国转型时期一种新型种植模式^[6-7]。强再生力品种的育成和再生稻栽培技术的发展, 使得再生稻经济效益显著优于单季稻和双季稻。因此, 发展再生稻对于提高稻田综合生产力、保障国家粮食安全、提高资源利用率具有十分重要的意义。

争取再生季高产的关键在于提高腋芽萌发成苗率^[8]。栽培技术直接或间接影响再生芽萌发成苗成穗性状^[9-14], 其中施肥技术是重点。再生芽的萌发生长与促芽肥施用时期和施用水平密切相关。前人研究认为, 早施、迟施促芽肥均可显著提高再生稻产量, 早施比迟施增产效果更好^[15]。促芽肥需求量与头季稻着粒数呈极显著正相关^[16-17]。着粒数较高的品种蓄留再生稻, 促芽肥施用时期要提早, 施用量也更高。促芽肥施用时期及用量适宜, 水稻品种再生力强, 则腋芽再生率高, 反之则低^[18]。但是, 将促芽肥施肥时期和施用水平同时进行的考虑的研究较少, 特别是有关促芽肥施用对再生季稻米品质影响的研究鲜见报道, 兼顾高产与优质的促芽

肥施用技术尚不清楚。为此, 本研究以当地推广种植面积最大的品种准两优 608 为材料, 研究促芽肥施用时期和施用量对再生稻产量和品质的影响, 以明确促芽肥的最佳施用时期和施用水平, 为再生稻高产优质栽培提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以准两优 608 为供试材料。供试肥料为尿素(46% N)、普钙(过磷酸钙, 12% P₂O₅)、氯化钾(60% K₂O)。

1.2 试验设计

于 2015 年在安庆市怀宁县马庙镇乐胜村实施。土壤类型为马肝土, 肥力中等。上年种植水稻, 前茬冬闲。设置 6 个促芽肥处理, 分别在头季收割前 15 d、10 d、5 d 施用纯 N 69.0 kg/hm² (分别记为 I、II 和 III), 在头季收割前 10 d 施用纯 N 138.0、103.5 和 34.5 kg/hm² (记为 IV、V 和 VI) 促进休眠芽的生长。采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 100 m²。各处理均在头季稻收割后第 2 d 施用纯 N 69 kg/hm²; 再生苗长出后 15 d 追施纯

收稿日期: 2017-10-19

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0300503); 国家科技支撑计划项目(2013BAD07B08); 公益性行业(农业)专项(201303102); 安徽省农业科学院人才发展专项资金项目(17F0102); 安徽省水稻遗传育种重点实验室项目(2016SDSYS003)

表 1 不同施肥处理下再生稻的主要农艺性状

处理	株高 (cm)	穗长 (cm)	着粒密度 (粒/cm)	SPAD 值	
				齐穗期	齐穗后 15 d
I	96.17 a	25.24 a	2.91 b	40.90 de	35.63 bc
II	96.30 a	26.57 a	2.86 b	41.43 cd	36.27 bc
III	95.93 a	25.28 a	3.07 b	42.60 b	37.03 bc
IV	96.77 a	26.32 a	2.81 b	43.77 a	40.50 a
V	96.47 a	25.17 a	3.09 b	42.35 bc	37.35 b
VI	90.83 b	23.37 b	3.49 a	40.28 e	34.95 c
施肥时期	0.20 ^{ns}	2.22 ^{ns}	1.23 ^{ns}	3.33 ^{ns}	2.30 ^{ns}
施肥水平	25.30 ^{**}	13.38 [*]	7.73 [*]	30.94 ^{**}	10.45 ^{**}

同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。 ** 和 * 分别表示在 0.01 和 0.05 水平显著,ns 表示不显著(p>0.05)。下同。

N 34.5 kg/hm²、K₂O 67.5 kg/hm²。

采用软盘育秧,3 月 17 日播种,4 月 18 日移栽,栽培规格 30.0 cm×13.3 cm,每丛 2~3 苗。头季稻肥料运筹:纯 N 210 kg/hm²,基肥:蘖肥:穗肥=4.5:1.0:4.5,穗肥于倒 4 叶和倒 2 叶期分 2 次等量施用;磷肥(P₂O₅)75 kg/hm²,作基肥一次性施用;钾肥(K₂O)180 kg/hm²,基肥:穗肥=6:4。头季稻根据成熟期及时人工收割,留茬高度 40 cm。田间水分管理和病虫害防治按照当地水稻高产栽培要求进行。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 农艺性状

1.3.1.1 株高 成熟期选择具有代表性的 20 丛植株,测量每丛茎基部至穗顶部的高度,取平均值。

1.3.1.2 叶色(SPAD 值) 采用叶绿素仪 SPAD-502 测定 SPAD 值,于齐穗期和齐穗后 15 d,每小区选取 6 个单茎的剑叶(每张叶片的中部及上下 3 cm 处共测定 3 点,取平均值)进行测定。

1.3.2 产量及其构成因素

成熟时每小区定点 20 丛调查单位面积有效穗数,总粒数少于 5 粒(含 5 粒)为无效穗;按平均穗数取 2 丛测定每穗粒数;用水漂法去除空瘪粒,求取结实率;以 1 000 粒实粒样本(干种子)称重,重复 3 次,求千粒重,计算理论产量,各小区单收测产。

1.3.3 稻米主要品质性状

于成熟期每小区收获稻谷 2 kg,自然晾干,置于室内贮藏 3 个月后用于稻米品质分析。分析前用 NP-4350 型风选机等风量筛选,并人工去除空粒、生芽粒、生霉粒等。每份样品称取 2 份 100 g 小样,分别装入小信封,参照中华人民共和国国家标准 GB/T17891-1999《优质稻谷》测定糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率及直链淀粉含量等。采用全自动化学间断分析仪(AMS/Westco,smartchem-140)测定糙米氮含量,乘以系数 5.95 计算蛋白质含量。所用稻谷精米检测机(JGMJ8098)为上海嘉定粮油仪器有限公司生产,检验

碾米机(JNNJ3B)为国家粮食局指定产品。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 录入数据,并计算与作图;运用 SPSS 16.0 数据处理软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对再生稻主要农艺性状的影响

从表 1 可见,促芽肥施用时期对再生稻主要农艺性状无显著影响,施肥水平则有显著或极显著影响。随着促芽肥用量的减少,株高降低、穗长变短、着粒密度增加、剑叶 SPAD 值降低。其中,处理 VI 株高、穗长及剑叶 SPAD 值均显著低于其他处理,着粒密度显著大于其他施肥处理。齐穗期,处理 IV 剑叶 SPAD 值显著高于其他处理;齐穗后 15 d,处理 IV、V 和处理 VI 剑叶 SPAD 值差异显著。

2.2 不同施肥处理对再生稻产量的影响

从表 2 可见,促芽肥施用时期和施用水平对再生稻产量影响极显著。随着促芽肥施用时间的推迟和施肥量的减少,再生稻产量呈降低趋势。处理 I 产量高达 5 820.3 kg/hm²,与处理 IV 无显著差异,但显著高于其他处理;处理 II 和处理 V 再生稻产量无显著差异,达 5 400.0 kg/hm² 以上;处理 VI 产量显著低于其他施肥处理。

2.3 不同施肥处理对再生稻产量构成因子的影响

从表 2 可见,促芽肥施用时期和施用水平对再生稻有效穗数影响极显著,对穗粒数、结实率和千粒重无显著影响。随着促芽肥施用时间的推移和施肥量的减少,有效穗数呈降低趋势。其中,处理 IV 有效穗数最高,与处理 I 和处理 V 间无显著差异,但显著高于处理 II、III、VI;处理 VI 有效穗数显著低于其他施肥处理,但其每穗粒数达 81.43 粒,高于其他施肥处理。

2.4 促芽肥施用与再生稻产量及穗粒结构的关系

从表 3 可见,促芽肥施用时期与再生稻有效穗数和产量呈极显著正相关,与再生稻每穗粒数呈显著负

表 2 不同施肥处理下再生稻的产量及产量构成

处理	有效穗数 (10 ⁴ /hm ²)	每穗粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm ²)	实收产量 (kg/hm ²)
I	382.65 a	73.50 b	72.10 a	29.37 a	5 954.0 ab	5 820.3 a
II	357.60 b	75.67 ab	72.49 a	29.14 a	5 713.1 bc	5 420.9 bc
III	346.95 b	77.52 ab	72.47 a	29.06 a	5 665.5 bc	5 300.4 c
IV	387.00 a	73.94 b	72.96 a	29.47 a	6 143.0 a	5 695.4 a
V	377.70 a	77.68 ab	71.19 a	29.28 a	6 113.6 a	5 534.4 b
VI	319.95 c	81.43 a	72.75 a	29.34 a	5 551.1 c	5 136.6 d
施肥时期	78.69**	2.65 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.88 ^{ns}	1.71 ^{ns}	62.47**
施肥水平	74.31**	2.11 ^{ns}	1.33 ^{ns}	0.20 ^{ns}	8.06*	18.30**

表 3 促芽肥施用与再生稻产量及穗粒结构相关性

项目	有效穗数	每穗粒数	结实率	千粒重	产量
施肥时期	0.9016**	-0.7059*	-0.1270 ^{ns}	0.4045 ^{ns}	0.9394**
施肥水平	0.9524**	-0.5913 ^{ns}	-0.0506 ^{ns}	0.0938 ^{ns}	0.9358**

表 4 促芽肥施用对再生稻主要品质性状的影响

处理	碾磨品质			外观品质		蒸煮与营养品质	
	糙米率(%)	精米率(%)	整精米率(%)	长宽比	垩白粒率(%)	直链淀粉含量(%)	蛋白质含量(%)
I	75.79 a	65.68 a	62.52 a	2.98 a	20.50 b	21.39 b	6.50 a
II	75.63 ab	65.21 ab	61.97 a	2.83 a	25.00 ab	23.06 ab	6.42 a
III	72.31 c	62.28 c	59.19 b	2.81 a	32.50 a	22.80 ab	6.16 a
IV	74.01 b	64.06 b	61.61 a	2.98 a	27.00 ab	25.78 a	5.48 b
V	76.10 a	65.65 a	63.01 a	2.98 a	31.00 ab	23.19 ab	6.19 a
VI	76.17 a	66.34 a	62.9 a	3.00 a	28.50 ab	23.67 ab	6.08 a
施肥时期	9.07*	11.01*	29.56**	3.70	52.92**	1.45	1.26
施肥水平	16.69*	21.57**	28.14**	0.06	0.57	1.11	24.24*

相关;促芽肥施用水平与再生稻有效穗数和产量也呈极显著正相关;促芽肥施用时期和施肥水平与再生稻结实率和千粒重的相关性不显著。

2.5 不同施肥处理对再生稻主要品质性状的影响

从表 4 可见,处理Ⅲ糙米率、精米率和整精米率均显著低于其他处理。处理Ⅰ、Ⅱ、Ⅴ和处理Ⅵ间碾磨品质无显著差异。从外观品质来看,不同施肥处理再生稻籽粒长宽比无显著差异;促芽肥施用时期对稻米的垩白粒率影响极显著,除处理Ⅰ和Ⅲ差异显著外,其他处理间垩白粒率差异不显著。处理Ⅰ垩白粒率低于其他处理,且与处理Ⅲ差异达到了显著水平。从蒸煮与营养品质性状来看,不同施肥处理中,处理Ⅳ蛋白质含量最低,淀粉含量最高;处理Ⅰ则刚好相反,其蛋白质含量最高,淀粉含量最低。除处理Ⅳ外,其他处理间蛋白质和淀粉含量无显著差异。综合评价,处理Ⅰ的米质较好。

3 讨论与结论

3.1 兼顾高产与优质的促芽肥施用技术

再生稻不仅可以实现秋季增收,而且具有节本增效和米质优良的特点。作为一种轻简化栽培技术,再生稻将成为 21 世纪我国水稻栽培发展的一个方向。因

而,探索再生稻高产优质关键栽培技术,是当前发展和推广再生稻亟待解决的问题。研究表明,在再生稻产量构成因子中,有效穗数对产量的贡献最大,其次为每穗粒数,再次是千粒重^[19-21]。施用促芽肥能够促进低节位腋芽的萌发,增加有效穗数,从而提高再生季水稻的产量^[7,22-25]。头季稻齐穗至成熟,促芽肥施用时期越早越有利于提高再生力,增产效果更好^[26]。本研究中,促芽肥施用时期和施用水平极显著影响再生稻产量,随着促芽肥施用时期的推迟和肥料用量的减少,再生稻产量呈降低趋势。头季稻齐穗后越早施用促芽肥,越有利于优化穗粒结构,进而提高再生稻产量,且一定程度上重施效果较好。头季稻收割前 15 d 施用纯 N 69 kg/hm² 时,再生季产量最高,综合米质较优。因此,在头季稻收割前 15 d 追施纯 N 69 kg/hm² 可以兼顾高产与优质的目标。但是,本研究仅选用 1 个水稻品种,对于其他品种是否具有类似的规律,以及促芽肥施用促进再生稻高产与优质协调的内在生理生化机制还有待进一步研究。

3.2 需强化促芽肥施用对再生稻米质影响的机理研究

水稻作为我国第一大粮食作物,在我国农业发展和保障粮食安全中具有重要的战略地位。近年来,随着

经济全球化步伐的加快和人民生活水平的提高,优质稻米的需求呈现刚性增长。千方百计发展优质稻生产,提高我国稻米的综合实力,是当前我国水稻生产面临的巨大挑战。政府对此也高度重视,在“中央 1 号文件”中曾一再强调要注重和发展优质稻生产。同时,我国的稻作技术亦需要逐渐由单一高产型向高产与优质并重发展。然而,有关再生稻品质形成及其影响因素的研究还较少,对影响稻米品质形成的内在生理机制也不是很清楚,这在很大程度上增加了制定高产与优质协调栽培技术的难度。因此,有必要加强研究并回答促芽肥施用影响再生稻稻米品质形成的内在机理问题。这对于保障国家粮食安全和提高我国稻米市场的综合竞争力具有十分重要的意义。

参考文献

- [1] 朱永川,熊洪,徐富贤,等.再生稻栽培技术的研究进展[J].中国农学通报,2013,29(36):1-8.
- [2] 徐秀娟,周永进,许有尊,等.水稻“一种两收”绿色生产技术研究[J].安徽农业科学,2015,43(29):150-152.
- [3] 郑苹立,李清华,林玲娜.头季稻与再生稻的米质比较分析[J].福建稻麦科技,2011,29(3):44-46.
- [4] 谢华安.超级稻作再生稻高产栽培特性的研究[J].杂交水稻,2010,25(S1):17-26.
- [5] 熊洪,冉茂林,徐富贤,等.南方稻区再生稻研究进展及发展[J].作物学报,2000,26(3):297-304.
- [6] 彭少兵.对转型时期水稻生产的战略思考[J].中国科学:生命科学,2014,44(8):845-850.
- [7] 徐秀娟.再生稻机械化栽培技术研究[J].现代农业科技,2015(18):58-59.
- [8] 陈鸿飞,张志兴,林文雄.促芽肥对水稻再生芽萌发生长过程蛋白表达的影响[J].中国生态农业学报,2014(12):1405-1413.
- [9] Harrell D L, Bond J A, Blanche S. Evaluation of main-crop stubble height on ratoon rice growth and development [J]. *Field Crop Res*, 2009, 114: 396-403.
- [10] 张桂莲,屠乃美,袁菊红,等.播种期对再生稻腋芽萌发和产量的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(3):229-232.
- [11] 易镇邪,周文新,屠乃美.留桩高度对再生稻源库性状与物质运

转的影响[J].中国水稻科学,2009,23(5):509-516.

- [12] Santos A B, Fageria N K, Prabhu A S, et al. Rice ratooning management practices for higher yields [J]. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 2011: 881-918.
- [13] Islam M S, Hasanuzzaman M, Rokonuzzaman M. Ratoon rice response to different fertilizer doses in irrigated condition [J]. *Agric Cons Sci*, 2008, 73(4):197-202.
- [14] Huossainzade A, Azarpour E, Doustan H Z, et al. Management of cutting height and nitrogen fertilizer rates on grain yield and several attributes of ratoon rice (*Oryza sativa* L.) in Iran[J]. *World Applied Sci J*, 2011, 15(8): 1089-1094.
- [15] 徐富贤,熊洪,洪松.促芽肥施用时期对杂交中稻再生力的影响[J].四川农业大学学报,2001,19(1):21-23.
- [16] 徐富贤,熊洪,洪松,等.促芽肥对杂交中稻再生力的作用与头季稻品种间着粒数的关系[J].西南农业大学学报:自然科学版,2000,22(4):310-311.
- [17] 徐富贤,熊洪,朱永川,等.促芽肥用量对杂交中稻再生力的影响与组合间源库结构的关系[J].西南农业学报:自然科学版,2008,30(3):688-694.
- [18] 丁彦,周清明.水稻再生力利用研究及展望[J].湖南农业科学,2005(2):11-14.
- [19] 王永雄,莫家让.中稻再生稻农艺性状与亩产量关系简析[J].广西农业科学,1991(2):56.
- [20] 熊洪,方文.再生稻腋芽萌发与产量形成的生态研究[J].生态学报,1994,14(2):161-167.
- [21] 吴登,徐世宏,游建华.杂交中稻-再生稻两季高产栽培[J].广西农业科学,1996(1):1-3.
- [22] 凌启鸿,苏祖芳,侯康平,等.水稻潜伏芽生长和穗分化形成规律及其应用的研究[J].中国农业科学,1989,22(1):35-43.
- [23] 蔡金玉.再生稻不同施氮水平对分蘖成穗的影响[J].福建稻麦科技,2001,19(2):23-24.
- [24] 程芳华.不同施氮水平催芽肥对欣荣优华占机收再生稻产量的影响[J].福建稻麦科技,2016,34(3):33-35.
- [25] 夏桂龙,欧阳建平,柳开楼,等.促芽肥用量和留茬方式对赣东北地区再生稻产量和再生能力的影响[J].中稻稻米,2016,22(2):27-30.
- [26] 徐富贤,熊洪,朱永川,等.促芽肥施用时期对不同源库类型杂交中稻再生力的影响[J].杂交水稻,2010,25(3):57-63.

Effects of Buds Promoting Fertilizer on Yield and Grain Quality of Ratoon Rice

XI Min¹, XU Xiujuan¹, WU Wenge^{1*}, WANG Jinggui², CHEN Zaigao³, SUN Xueyuan¹, XU Youzun¹

(¹ Rice Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China; ² Agricultural Technology Extension Center of Mamiao Town, Huaining, Anhui 246120, China; ³ Anqing Planting Management Bureau, Anqing, Anhui 246120, China; 1st author: ximin2015@126.com; *Corresponding author: wuwenge@vip.sina.com)

Abstract: To clarify the optimum time and application rate of nitrogen of buds promoting fertilizer, the field experiment was carried out using the hybrid rice combinations Zhunliangyou 608 as material. The results indicated that the yield of ratoon rice was significantly affected by application time and application rate of buds promoting fertilizer. The yield of ratoon rice showed a decreased trend with the delay of application time and decline of application rate. When the nitrogen application rate was 69.0 kg/hm² at 15 d before the main crop harvested, it could get the higher yield and good grain quality.

Key words: ratoon rice; nitrogen; yield; grain quality