

土壤与肥料

氮磷钾配比施肥对饲用稻光合特性和产量的影响

谢桂先¹, 刘 强¹, 荣湘民¹, 彭建伟¹, 陈军文^{1,2}

(1. 湖南农业大学资源环境学院, 湖南 长沙 410128;

2. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘 要: 采用田间小区试验探讨了“中氮量配比”(N、P₂O₅、K₂O 比率为 190, 90, 100 kg/hm²)、“高氮量配比”(N、P₂O₅、K₂O 比率为 210, 90, 100 kg/hm²)、“低氮量配比”(N、P₂O₅、K₂O 比率为 170, 90, 100 kg/hm²)以及“常规配比”(N、P₂O₅、K₂O 比率为 216, 112.5, 202.5 kg/hm²) 4 种不同氮、磷、钾配比施肥对饲料稻威优 198 光合特性和产量的影响。结果表明, 与常规配比处理相比, 中氮量配比、高氮量配比和低氮量配比处理能显著提高饲料稻功能叶(旗叶)叶绿素含量、净光合作用速率和籽粒产量, 显著降低功能叶胞间 CO₂ 浓度。

关键词: 饲料稻; 叶绿素; 净光合速率; 胞间 CO₂ 浓度; 产量

中图分类号: S511.706.2 文献标识码: A 文章编号: 1006-060X(2007)06-0109-04

Effects of Application Ratio of Nitrogen, Phosphorus and Potassium on Photosynthesis Characteristics and Yield of Fodder Rice

XIE Gui-xian¹, LIU Qiang¹, RONG Xiang-min¹, PENG Jian-wei¹, CHEN Jun-wen^{1,2}

(1. College of Resource & Environment, Hunan Agriculture University, Changsha 410128, PRC;

2. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, PRC)

Abstract: Four different treatments were compared relatively to their effects on the photosynthesis characteristics and the grain yield by filed experiments. The fertilizer ratio (N: P₂O₅: K₂O) in the four different treatments were the “Medium Nitrogen Ratio” (i.e., the ratio of N: P₂O₅: K₂O is 190: 90: 100 kg/hm²), the “High Nitrogen Ratio” (N: P₂O₅: K₂O is 210: 90: 100 kg/ha), the “Low Nitrogen Ratio” (N: P₂O₅: K₂O is 170: 90: 100 kg/hm²), and the “Conventional Ratio” (N: P₂O₅: K₂O is 216: 112.5: 202.5 kg/hm²). The results showed that the chlorophyll contents and net photosynthesis rate of functional leaves and grain yields treated with the “Medium Nitrogen Ratio”, the “High Nitrogen Ratio” and the “Low Nitrogen Ratio” had been improved significantly, while the intercellular CO₂ concentration of the functional leaves had been decreased significantly compared with those of the “Conventional Ratio” treatment.

Key words: fodder rice; chlorophyll; net photosynthesis rate; intercellular CO₂ concentration; yield

饲用稻主要用途是作饲料工业的原料。近年来, 湖南、江西、湖北等地的研究与实践表明, 饲用稻糙米完全可以取代玉米而成为南方饲料工业饲料粮的主要来源。饲用稻栽培不仅需要获得理想的产量, 更重要的是要提高糙米的蛋白质含量。要解决

这一问题, 除品种改良外, 科学施肥仍是有效途径。

肥料的合理施用可以改善作物的光合性能, 具体表现在: 增大光合面积(如氮肥使叶面积扩大), 提高光合能力, 延长光合时间(如氮肥可延缓叶片衰老), 促进光合产物的分配和利用等等^[1]。施肥不当则会引起减产。传统的施肥技术存在许多弊端, 一是氮肥施用量居高不下, 施氮经济效益明显下降; 二是“前足、中重、后轻”的氮肥运筹技术不利于高产高效; 三是以面施法为主的施用方法, 氮肥利用率偏低, 而且污染环境^[2]。为解决这一问题, 过去的大多数研究都集中在前期氮后移、前后期氮肥施用比例、不同类型氮肥的施用方法、穗肥氮施用量及施用时间

收稿日期: 2007-08-28

基金项目: 国家“十五”攻关项目(2001BA507A)和农业科技成果转化资金资助(04EFN214300214)

作者简介: 谢桂先(1979-), 男, 湖南冷水江市人, 在读博士生, 主要从事植物营养生理生态研究。

期对产量和品质的影响等方面^[3],关于氮、磷、钾合理配比以及合理施用对饲用稻光合特性和产量的影响的报道还相当少。

饲用稻与一般的杂交稻相比,有着不一样的营养特性,因此全面研究氮、磷、钾合理配比及合理施用对饲用稻产量和蛋白质含量的影响具有重要意义。针对湖南省现有的水稻施肥状况,在前期所进行的不同时期不同施氮量对饲用稻糙米蛋白质积累影响^[3]研究工作的基础上,进一步研究氮、磷、钾不同配比对饲用稻威优 198 几种关键酶活性以及产量和品质的影响,其目的在于寻求饲用稻获得高产高蛋白含量的合适氮、磷、钾配比和氮肥用量,为饲用稻大面积在湖南甚至在整个南方地区推广和应用提供合理、高效的施肥方法及科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试水稻品种为高蛋白饲用稻威优 198,试验在湖南农业大学教学实验场进行。

1.2 试验设计

试验共设 4 个处理,即:(1)中氮量氮磷钾配比施肥(N:P₂O₅:K₂O 比率为 190:90:100 kg/hm²),(2)高氮量氮磷钾配比施肥(N:P₂O₅:K₂O 比率为 210:90:100 kg/hm²),(3)低氮量氮磷钾配比施肥(N:P₂O₅:K₂O 比率为 170:90:100 kg/hm²),(4)常规氮磷钾配比施肥(N:P₂O₅:K₂O 比率为 216:112.5:202.5 kg/hm²)。每个处理重复 3 次,随机区组排列,共 12 个小区,每小区面积 20 m²。大田栽植密度为 16.7 cm×20.0 cm,每穴 2 苗。6 月 22 日播种,7 月 17 日移至大田,10 月 18 日收获。

中氮量氮磷钾配比施肥水肥管理:大田管理,施菜饼肥 750 kg/hm² 作基肥,化肥的施用量按试验设计进行。氮肥采用尿素,按基肥 分蘖肥 穗肥 粒肥 = 3.64 2.73 2.73 0.91 的比例施用;磷肥采用钙镁磷肥一次性作基肥施用;钾肥用氯化钾,60% 作基肥,20% 作分蘖肥,20% 作孕穗肥;施分蘖肥同时施 300 kg/hm² 的硅锰肥。高氮量和低氮量氮磷钾配比施肥按设计方案施用,其它的管理同中氮量氮磷钾配比施肥。常规配比施肥水肥管理:大田管理,施菜饼肥 750 kg/hm² 作基肥,化肥的施用量按试验设计方案进行,且插秧当天再施复混肥(N:P₂O₅:K₂O 为 15:15:15) 750 kg/hm² 作面肥;插秧后 5 d 追施尿素 150 kg/hm² 氯化钾 750 kg/hm²、晒田后追施尿素和

氯化钾各 75 kg/hm²,其它管理同中氮量氮磷钾配比施肥。

1.3 测定方法

采用美国 LI-COR 公司的 LI-6400 型光合测定系统对功能叶进行光合速率的测定,每次测定在上午 10:00 开始,10:30 结束。每个小区测定 3 次重复,取平均值;叶绿素含量的测定用 80% 丙酮浸提,在 UV-2501PC 上分析吸光度值;在收获期,每个小区割 200 莖,脱粒晒干,计算每个小区的产量,把每个小区的产量折算成每公顷的产量。

1.4 数据处理

数据处理采用 Excel2003 和 SAS(6.12) 进行统计分析,SSR 法检验。

2 结果与分析

2.1 氮磷钾不同配比施肥对饲料稻功能叶叶绿素含量和光合特性的影响

2.1.1 叶绿素含量 从图 1 可知,叶绿素含量整体呈下降趋势。从孕穗期到乳熟期,中氮量配比施肥处理水稻功能叶叶绿素含量最高,常规配比施肥处理含量最低。在孕穗期和齐穗期,中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥 3 个处理之间功能叶中叶绿素含量的差异不显著,3 个处理与常规配比施肥处理之间的差异达显著水平。在乳熟期,高氮量配比施肥处理和中氮量配比施肥处理叶绿素含量显著高于常规配比施肥处理。

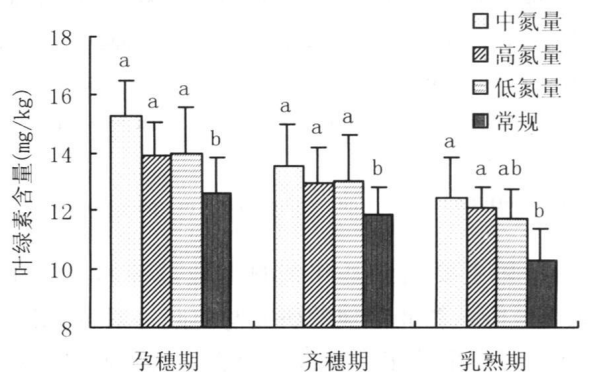


图 1 氮、磷、钾不同配比施肥对饲料稻叶绿素含量的影响

2.1.2 净光合速率 从图 2 可以看出,中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理功能叶净光合速率显著高于常规配比施肥处理,3 个处理功能叶净光合速率与常规配比施肥处理在水稻齐穗期差异最大,分别比常规配比施肥处理提高了 69.23%、63.08% 和 61.54%。

2.1.3 胞间 CO₂ 浓度 从图 3 可以看出,在齐穗

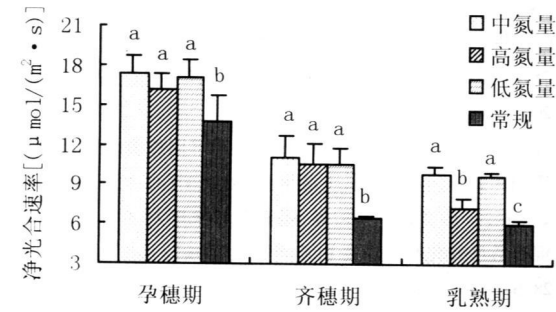


图2 氮、磷、钾不同配比施肥对饲料稻净光合速率的影响

期,中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理功能叶胞间CO₂浓度显著低于常规配比施肥处理,3处理功能叶胞间CO₂浓度与常规配比施肥处理在水稻齐穗期差异最大,分别比常规配比施

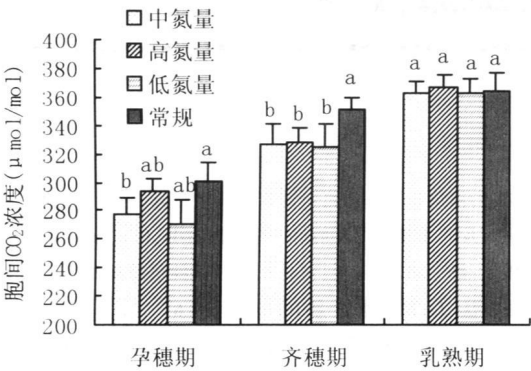


图3 氮、磷、钾不同配比施肥对饲料稻功能叶胞间CO₂浓度的影响

表1 氮磷钾不同配比对饲料稻株高、穗长、有效穗、每穗实粒数、结实率、千粒重、理论产量和产量的影响

处理	株高 (cm)	穗长 (cm)	有效穗 (万穗/hm ²)	每穗实粒 数(粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/hm ²)	实际产量 (kg/hm ²)
中氮量	94.9 a	34.8 a	235.1 a	140.5 a	69.5 a	25.26 a	8 344 a	8 200 a
高氮量	96.6 a	34.0 a	218.3 ab	138.4 a	66.7 a	25.72 a	7 340 b	7 320 b
低氮量	93.7 a	34.4 a	213.1 ab	133.6 a	68.1 a	25.82 a	7 771 ab	7 560 ab
常规	91.3 a	33.2 a	203.2 b	121.9 b	66.9 a	25.16 a	6 641 c	6 570 c

3 讨 论

植物通过光合作用将太阳能转化为化学能的过程在植物细胞的叶绿体中进行。叶绿体是光合作用的场所,进行着主要的生物合成,同时,它也是叶片首先降解的细胞器。叶绿素逐渐丧失,叶片黄化是叶片开始衰老最明显的特征^[4]。中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理功能叶中叶绿素含量高于常规配比施肥处理,说明这3种施肥方法能够延迟叶片的衰老和延长叶片的光合功能期,有利于有机物的合成与积累,为饲料稻高产奠定了物质基础。

肥处理降低了6.75%、6.35%和7.32%。中氮量配比施肥处理在孕穗期功能叶胞间CO₂浓度也显著低于常规配比施肥处理。

2.2 氮磷钾不同配比施肥对饲料稻考种指标和产量的影响

中氮量配比施肥处理株高、穗长、有效穗、每穗实粒数、结实率、千粒重、理论产量和产量最高(表1)。尽管中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理饲料稻在株高、穗长、结实率、千粒重方面较常规配比施肥处理具有优势,但各处理之间差异性不显著。中氮量配比施肥处理有效穗分别比高氮量配比施肥、低氮量配比施肥和常规配比施肥处理提高了7.70%、10.32%和15.70%,每穗实粒数分别提高了1.52%、5.16%和15.26%,理论产量分别提高了13.68%、7.37%和25.64%,实际产量分别提高了12.02%、8.47%和24.81%。方差分析与多重比较结果表明,中氮量配比施肥处理有效穗与高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理之间的差异不显著,但与常规配比施肥处理之间的差异显著;中氮量配比施肥处理每穗实粒数与高氮量配比施肥、低氮量配比施肥和常规配比施肥处理之间的差异达显著水平;中氮量配比施肥处理理论产量和实际产量与高氮量配比施肥、常规配比施肥处理之间的差异显著,与低氮量配比施肥处理间的差异不显著。

中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理功能叶净光合速率高于常规配比施肥处理。叶片净光合速率提高的原因,除叶绿素含量增加外,主要是改善了叶片的光合性能^[5]。引起植物叶片光合效率降低的植物自身因素主要有气孔部分关闭导致的气孔限制和叶肉细胞光合活性下降导致的非气孔限制两类,后者指包括叶肉细胞羧化效率在内的一系列生理生化过程综合作用的结果,可用胞间CO₂浓度表示^[5-8],中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理功能叶胞间CO₂浓度低于常规配比施肥处理,可见中氮量配比施肥、高氮量配比施肥、低氮量配比施肥处理能改善叶片的光

合性能,从而提高叶片净光合速率。

中氮量配比施肥方法氮、磷、钾施用量远低于常规配比施肥,而产量显著高于常规配比施肥,产量的提高主要是因为中氮量配比施肥能显著提高饲料稻有效穗和每穗实粒数。因此,在饲料稻生产中采用这种施肥方法对于提高肥料利用率和经济效益、减少因施肥导致的农业面源污染具有重要的意义。

本研究较系统地探讨了氮、磷、钾不同配比对水稻光合特性以及产量的影响,但并没有回答中氮量配比施肥形成高产的深层次原因,也不能回答不同配比施肥处理肥料利用率以及不同配比施肥对环境的影响,因此,上述问题值得进一步的研究。

参考文献:

[1] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社,

2002 223- 227.

[2] 彭建伟, 刘 强, 荣湘民, 等. 氮磷钾配比及氮用量对水稻光合特性及产量的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004, 30(2): 123- 127.

[3] 刘 强, 罗泽民, 荣湘民, 等. 不同时期不同施氮量对糙米蛋白质积累影响的初探[J]. 土壤学报, 2000, 37(4): 529- 535.

[4] 王月福, 于振文, 李尚霞, 等. 氮素营养水平对冬小麦氮代谢关键酶活性变化和籽粒蛋白质含量的影响[J]. 作物学报, 2002, 28(6): 743- 748.

[5] 刘 强, 罗泽民, 荣湘民, 等. 喷施双酸肥对水稻代谢机能及产量影响初探[J]. 中国农业科学, 1998, 31(5): 13- 18.

[6] 柯世省. 干旱胁迫对夏蜡梅光合特性的影响[J]. 西北植物学报, 2007, 27(6): 1209- 1215

[7] 孙学成, 胡承孝, 谭后玲, 等. 低温胁迫下钼对冬小麦光合作用特性的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(9): 1418- 1422.

[8] 李佩华, 彭 徐. 马铃薯遮光处理的效应研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(4): 220- 227.

(上接第 108 页)

基础上获取大穗。在合理基本苗的基础上,适当扩大行距、缩小株距,增强群体光合生产能力^[12]。

2.3.3 “稻—萍—鱼”、“稻—鸭”等种养结合模式技术 在农业结构调整中,我国广大农民和科技人员大胆进行了各种尝试和创新,取得了非常骄人的成就,涌现了大量增产增收优质高效和农业可持续发展的典型。如:福建省建宁县在传统的稻田养鱼基础上开发了“稻—萍—鱼”立体种养模式,红萍固氮肥田助稻,鱼可控萍除草灭虫松土增肥,并进行了“五改”,其中第二改就是“改一般杂交稻为超级杂交稻”,如Ⅱ优航 1 号、两优培九,超级稻的高产优质与名特优经济鱼类相得益彰,每 667 m² 增产稻谷 150 ~ 200 kg,稻鱼合计产值达 2 584.5 元^[13]。

“稻—鸭”共育技术模式被称之为“卓越的环保型生态农业栽培技术”,鸭子有除草除虫、中耕松土、增肥通气等功能,从而可改善农田环境,既节省农药、化肥,又增产优质稻谷。浙江省瑞安市塘下镇鲍四村种粮大户冯协寿的实践表明,稻鸭共育早晚稻两季每 667 m² 共节支增收 304 元,在他实施的 8 hm² 机插机插稻田内共增收 11.566 8 万元。要选择受市场青睐的优良鸭种与优质高产的早、晚稻杂交稻或超级稻^[14]。

以上说明,超级杂交稻与符合高产、优质、高效、生态安全和可持续发展目标的新型稻田农作制度相结合,极有开发前景。

致谢: 本文得到熊绪让副研究员的帮助,谨致谢

意。

参考文献:

[1] 裴又良,熊绪让,马国辉. 论湖南省超级稻超高产栽培的主要限制因素及其对策(Ⅰ). 湖南农业科学, 2005, (1): 25- 26.

[2] 邓华凤,舒 服,蒲宏铁. 对长江流域早籼稻品质改良中几个问题的看法[J]. 杂交水稻 2001, 16(4): 4- 6.

[3] 谢伟东. 杂交水稻优质无公害浅析[J]. 杂交水稻. 2005, 20(6): 50- 51.

[4] 柳武革,刘振荣,李曙光,等. 不同栽培环境条件对优质杂交稻培杂双七稻米品质的影响[J]. 杂交水稻, 2004, 19(5): 56- 59.

[5] 贺阳冬,马 均,魏万蓉. 不同种类肥料对水稻强化栽培产量及稻米品质的影响[J]. 中国农学通报, 2004, 20(6): 177- 182.

[6] 湖南省长沙市长沙县驻春华山乡工作组. 多种植物生长调节剂喷施早晚稻效果比较[J]. 杂交水稻, 1992, 7(4): 13- 14.

[7] 唐国江,胡海英,孙洪波. 富硒康在水稻上的应用效果[J]. 中国稻米, 2006, (1): 40.

[8] Ali A, Karim N A, Majid A, et al. Grain quality of rice harvested at different maturities[J]. IRRN, 1993, 18(2): 11.

[9] 马国辉,裴又良,熊绪让. 论湖南省超级稻超高产栽培的主要限制因素及其对策(Ⅱ)[J]. 湖南农业科学, 2005, (3): 23- 25.

[10] 凌启鸿,张洪程,苏祖芳,等. 稻作新理论——水稻叶龄模式[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

[11] 冯惟珠. 推广群体质量栽培技术 促进江苏水稻生产发展[J]. 中国稻米, 1999, (1): 31- 34.

[12] 凌启鸿,过益先,费槐林,等. 水稻栽培理论与技术兼及作物栽培科学的发展评述(上、下)[J]. 中国稻米, 1999, (1): 3- 8; 1999, (2): 3- 8.

[13] 金国良.“稻—萍—鱼”立体种养增产增收机理及“五改”配套技术[J]. 中国稻米, 2006, (5): 51- 52.

[14] 吴树业,李富荣,许成彪,等. 粮禽菜种养结合高效生态模式技术探索[J]. 中国稻米, 2006, (3): 35- 36.