

施氮模式对早稻农艺性状及氮肥利用率的影响

彭建伟, 丁哲利, 刘强, 荣湘民, 田昌, 张玉平

(湖南农业大学 资源环境学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 以陆两优 996 为供试材料, 选择肥力中等的水稻田块, 设置不施氮肥、农民习惯施肥(150 kg/hm², 按 N 计, 下同)、最佳养分(120 kg/hm²)、超高产高效(150 kg/hm²)、超高产(180 kg/hm²)5 种氮素水平, 研究不同施氮模式对早稻农艺性状及氮素利用率的影响。结果表明, 超高产高效处理能促进水稻根系生长, 提高叶片叶绿素含量, 有利于光合产物的形成和积累, 有利于水稻对养分的吸收, 与相同施氮水平的农民习惯施肥处理相比, 其单产提高了 5.61%, 氮肥利用率提高了 34.49%, 表明超高产高效处理模式在稳产增产的前提下, 能有效提高氮肥利用率, 降低氮素损失, 减少施肥带来的污染。

关键词: 早稻; 施氮模式; 农艺性状; 氮肥利用率

中图分类号: S147.34 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)02-0224-05

Effects of different nitrogen management models on agronomic characters and nitrogen fertilizer utilization efficiency of early rice

PENG Jian-wei, DING Zhe-li, LIU Qiang, RONG Xiang-min, TIAN Chang, ZHANG Yu-ping

(College of Resource and Environment, HNAU, Changsha 410128, China)

Abstract: Using on Luliangyou996 as provided material, choosing middling fertility field for experiment, setting up 5 treatment levels, which are: fertilizer model without N, farmers-familiar fertilizer model(150 kg/hm², according to N), the optimal-nutrient management model(120 kg/hm²), super-high-yield and high-efficient model(150 kg/hm²), super-high-yield model(180 kg/hm²), various forms of nitrogen nutrition on agronomic characters and nitrogen use efficiency on early rice were studied. The results showed that: super high yield and high efficient model could promote root growth, increase chlorophyll content of leaves, enhance the formation and accumulation of photosynthetic products, enhance the nutrient absorptivity of rice, compared to the farmers familiar fertilizer models which are treated at the same nitrogen fertilization level, its yield increased 5.61%, nitrogen use efficiency increased by 9.06 percentage points, relatively increased 34.49%. It showed that super high yield and high efficient model can improve the yield of rice, can be expected to effectively improve the nitrogen utilization, reduce nitrogen losses, decrease the pollution caused by fertilizer application.

Key words: early rice; nitrogen management models; agronomic characteristics; nitrogen fertilizer use efficiency

近年来, 关于不同栽培模式对水稻产量影响的研究发展迅速, 取得了不小的成果, 但某些结论还有待探讨。为了进一步探明不同施氮水平对早稻生长发育的影响, 笔者在总结前人经验^[1-3]的基础上, 采用几种氮肥处理模式, 研究其对水稻不同时期生长发育的影响, 旨在进一步探明适宜的氮肥施用模

式, 为水稻最佳养分管理技术体系的建立提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与试验地情况

供试杂交稻为陆两优 996。供试地点位于湘北

收稿日期: 2009-11-14

基金项目: 农业部公益性行业科研专项(200803030); 湖南省科学技术厅项目(2009NK3114)

作者简介: 彭建伟(1970-), 男, 湖南湘阴人, 博士, 副教授, 主要从事植物营养与土壤养分研究, jwpngpd@sina.com

洞庭湖平原区(湖南湘阴县白泥湖乡)。水稻于 2009 年 4 月 20 日移栽, 7 月 21 日收获。成土母质为河湖沉积物, 中高产田, 其土壤基本理化性质为: pH5.64, 有机质含量 35.3 g/kg, 全氮含量 1.16 g/kg, 碱解氮含量 190.66 mg/kg, 全磷含量 0.62 g/kg, 速效磷含量 25.49 mg/kg, 全钾含量 14.52 g/kg, 速效钾含量 103.23 mg/kg。

1.2 试验设计

选择肥力中等的水稻田块进行试验。试验田小区面积 40 m², 移栽密度 30 万蔸/hm²。重复 3 次。5 个处理分别为:

不施用氮肥处理(处理 1, 对照)。不施氮肥, P₂O₅ 45 kg/hm² 和 K₂O 90 kg/hm² 作基肥。

农民习惯施肥模式(处理 2)。氮肥 150 kg/hm²(按 N 计, 下同), 按基肥、分蘖肥质量比 8:2 施用。基肥施 P₂O₅ 45 kg/hm² 和 K₂O 90 kg/hm²。秧龄 25 d。淹水灌溉, 生育中期排水晒田, 乳熟期脱水。

最佳养分管理模式(处理 3)。氮肥 120 kg/hm², 按基肥、分蘖肥、穗肥质量比 5:2:3 施用。穗肥根据叶片 SPAD 读数确定施氮量, 氮肥 10% 用有机肥代替, 有机肥全部用作基肥。P₂O₅ 45 kg/hm² 和 K₂O 90 kg/hm² 作基肥施用。水稻生长期水分管理采用浅水分蘖, 有水抽穗, 达到所需有效穗苗数的 90% 时开始晒田, 培育壮秆, 其他时间干湿交替。

超高产高效模式(处理 4)。氮肥 150 kg/hm², 其中, 生物有机肥氮 30 kg/hm², 氮肥按基肥、分蘖肥、穗肥质量比 5:2:3 施用, 配合施用氮肥增效剂; 穗肥按叶片 SPAD 读数确定施氮量; 生物有机肥和 P₂O₅ 50 kg/hm² 作基肥。K₂O 100 kg/hm², 其中基肥 60%, 穗肥 40%。硫酸锌 5 kg/hm² 作基肥。水稻生长期水分管理同处理 3。

超高产模式(处理 5)。氮肥 180 kg/hm², 其中化肥氮 150 kg/hm², 饼肥氮 30 kg/hm²。化肥氮按基肥、分蘖肥、穗肥、粒肥质量比 5:2:2:1 施用。饼肥作基肥。P₂O₅ 50 kg/hm²、硅肥 450 kg/hm² 作基肥。K₂O 100 kg/hm², 其中基肥 60%, 穗肥 40%。硫酸锌 5 kg/hm² 作基肥。抽穗期叶面喷施磷酸二氢钾 7.5 kg/hm², 喷爱苗 2~3 次。水稻生长期水分管理同处理 3。

1.3 测定项目与方法

茎蘖生长动态: 各小区定点 12 穴, 自移栽开始, 每隔 3 d 观察记载株高和分蘖数。

分别于抽穗期、乳熟期、成熟期每小区取样 8 穴测定根系活力, 取 3 穴测定生物量, 并分析植株样的氮、磷、钾含量, 分析测定标准参照文献[4]。

叶片 SPAD 值的测定。分别于抽穗期和灌浆期采用日本生产的 SPAD-502 型叶绿素仪(测定叶绿素的相对含量)测定剑叶上部 1/3 处、中部和下部 1/3 处 SPAD 值, 取平均值, 作为每片叶的 SPAD 值。各处理重复 10 次。

考种计产: 按小区收获记产, 包括稻谷重和稻草重, 并考种。考种主要的指标为有效穗、每穗实粒数和空瘪粒数、结实率和千粒重等。

氮肥吸收利用率为施氮肥区与不施氮肥区植株氮素积累量之差占施氮量的百分比^[12]。成熟后, 每小区人工收割测产, 齐地收获, 分别称取小区稻草鲜重和谷鲜重。晒干, 扬去空秕粒后再次称重。

1.4 数据分析

以 Excel 处理所有数据及绘制图表, 用 DPS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮水平对早稻农艺性状的影响

由图 1、图 2 可知, 不同施氮处理对早稻的株高、分蘖数均有影响。在分蘖初期, 各处理水稻长势基本一致, 因为此时根系不够发达, 对营养元素反应较迟缓; 随着根系的生长, 各处理间长势和分蘖都开始出现明显的差异, 至分蘖盛期(21 d), 处理 2 和处理 5 生长迅速, 株高均优于其他处理, 处理 2 比对照高 15.06%, 处理 3 和处理 4 分别比对照高 14.02% 和 14.23%; 处理 2、处理 4、处理 5、处理 3 的分蘖数分别比对照增加了 60.1%、47.6%、30.3% 和 28.4%。尽管施氮水平不同, 但处理 5 和处理 3 的分蘖数差异不大, 这也许是处理 5 前期采用了部分饼肥代替化肥作基肥, 其肥效释放缓慢的结果。处理 2 由于化肥施用量大, 且化学氮肥只用作前期的基肥和分蘖肥投入, 因此其株高和分蘖数比处理 5、处理 3、处理 4 都略

优,但在此情况下可能会产生较多的二次分蘖,最高分蘖茎数较多,无效分蘖多.

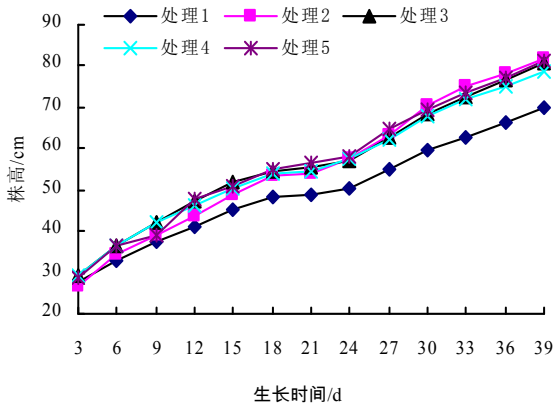


图1 各处理早稻不同生长时期的株高

Fig.1 Height record of early rice in different period under different treatments

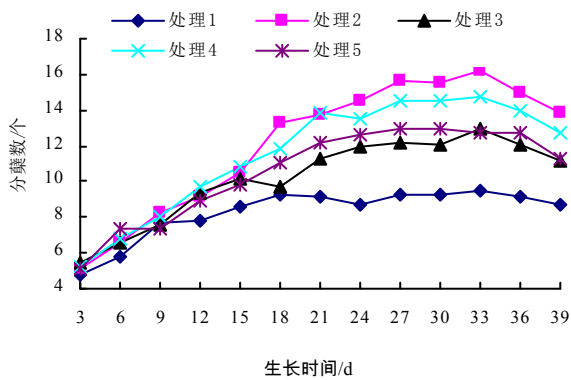


图2 各处理早稻不同生长时期的分蘖数

Fig.2 Panicle record of early rice in different period under different treatments

2.2 不同施氮模式对早稻根系活力的影响

由图3可看出,分蘖期水稻根系活动最剧烈,分泌氧的能力最大[6],各处理水稻根系活力均达到生长期的最大值;随着水稻由营养生长转入生殖生长,其根系活力逐渐降低.处理4的根系活力在3次测定中都优于其他处理,其根系活力分别比处理2高9.1%、30.4%和5.9%.处理2虽然在分蘖期的生长性状略优于处理4,但其根系活力明显低于除处理1以外的其他处理,这可能是由于处理2所施用的肥料种类单一,仅使用化学肥料作基肥和分蘖肥,而处理3和处理4均采用了部分生物有机肥代替化学肥料.有机肥含有丰富的微量元素,能很好

地促进土壤根系微生物的生长繁殖,使根系充分地土壤中吸收养分和水分,从而为水稻的生长和光合作用提供物质保证[9].处理5在前期用部分饼肥代替化肥,且肥料投入量在各个处理中最大,但根系活力值不是最高,这可能是由于饼肥属于缓效肥料,在高化肥用量的条件下其对根系的生长促进作用不够明显.

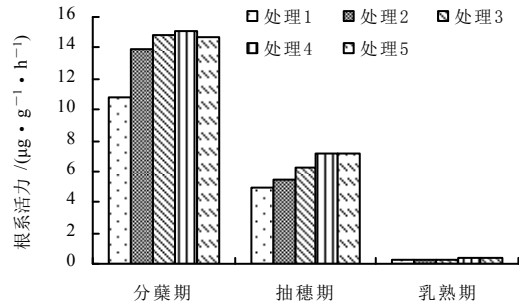


图3 各处理早稻在不同生育期的根系活力

Fig.3 Root activities of early rice under different treatment in different period

2.3 不同施氮模式对水稻叶片叶绿素含量的影响

叶片是水稻氮素营养状况最灵敏的指示器官,叶绿素又是光合作用的直接参与物质,其含量高低反映着水稻的氮素供给状况,采用SPAD或LCC能快速、灵敏、无损和定量地检测水稻的叶色,以此能监测水稻的氮素营养状况,对指导水稻施肥具有重要的意义.由表1可以看出,在2次测定中,不同施氮处理的SPAD值变化不明显,齐穗期SPAD值略低于灌浆期.在齐穗期,处理4叶片SPAD值最高,处理5次之,处理1最低,而处理2的SPAD值显著低于处理3、处理4和处理5,且与它们间的差异达到显著水平.

表1 不同生育期各处理水稻叶片的SPAD值

Table 1 SPAD value for leaves in different period of rice under different treatments

处理	SPAD 值							
	齐穗期				灌浆期			
	I	II	III	平均	I	II	III	平均
1	40.68	37.67	36.45	38.27Bc	38.23	34.99	36.88	36.7Bc
2	42.73	41.05	40.52	41.43ABb	40.86	43.19	42.38	42.14Ab
3	45.03	43.01	43.81	43.95Aa	46.09	42.39	46.36	44.95Aa
4	44.35	46.62	43.27	44.75Aa	44.36	44.12	46.09	44.86Aa
5	45.54	43.82	42.62	43.99Aa	44.63	43.52	44.65	44.27Aab

抽穗期以后，水稻开始进行从源到库的累积，干重增长迅速。由图 4 可知，在分蘖期，植株地上部生物量以处理 2 最高，分别比处理 1、处理 3、处理 4 和处理 5 高 24.6%、4.6%、0.4%和 2.1%。这主要是因为处理 2 在前期化学肥料投入大，对前期的营养生长有促进作用。从分蘖期到抽穗期，各处理生物量净增 1 786~2 043 kg/hm²，其中以处理 4 增幅最大。从抽穗期到黄熟期，早稻处于生殖生长阶段，生物量净增 3 905~5 472 kg/hm²，以处理 3 增幅最大，且各施氮处理的生物增量均显著大于处理 1。处理 3 虽然肥料施用量低，但有机、无机肥配合施用，基肥、分蘖肥和穗肥施用合理，有利于提高水稻从源到库的转化，提高肥料利用率，减小对环境的污染。可见，合理施肥对水稻生殖生长影响明显^[8-11]，在均衡施用氮、磷、钾肥的条件下，基肥、分蘖肥、穗肥按一定比例分施对库的累积效果好于只作基肥分蘖肥施用。

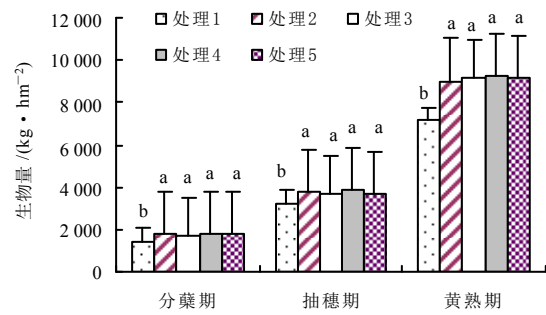


图4 各处理早稻不同生育期的地上部生物量
Fig.4 The total biology amount of early rice in different period under different treatments

2.4 不同施氮模式对氮素吸收利用效率的影响

由表 2 可以看出，田间小区试验实际产量以处理 5 最高，处理 4 次之，与处理 1 相比，各小区处理增产 34.20%~42.96%，且随着施氮量的增加，有效穗数呈增加趋势，施氮量少的千粒重较高。这可能是因为随着施氮量的增加，茎鞘贮藏物质运转率

表2 各处理早稻的产量构成因素

Table 2 The rice yield components of different nitrogen management modes

处理	有效穗(×10 ⁴ ·hm ⁻²)	每穗实粒数	结实率/%	千粒重/g	单产/(kg·hm ⁻²)	增产率/%	
						对处理 1	对处理 2
1	210dC	96cC	85.3	30.65aA	5 103cC		
2	320abA	108bB	76.1	30.06dD	6 848bB	34.20bB	
3	288cB	112bAB	81.2	30.52bB	6 969bB	36.57bB	1.77bB
4	301bcAB	117aA	80.0	30.28cC	7 232aA	41.72aA	5.61aA
5	322aA	111bB	81.5	29.79eE	7 295aA	42.96aA	6.53aA

下降，从而导致结实率和千粒重下降。处理 3 氮肥施用量仅为处理 2 的 80%，但产量比处理 2 高 1.77%；处理 4 的氮肥施用水平与处理 2 相同，但其产量比处理 2 高 5.61%。这说明，在本试验氮肥投入量范围内，水稻产量的高低与氮肥投入量的多少不存在直接的正相关。调整水稻生育前、中、后期的施肥比例，合理利用光、热资源，结合水稻需肥规律^[13-14]，在减少总氮量和氮肥后移的条件下，仍可获得高产。小区实际单产以处理 1 最低，与其余各处理差异极显著；处理 4 的籽粒和秸秆氮生产效率之和在各处理中最高，其氮肥利用率达到了 35.33%，与相同施氮水平的处理 2 相比，氮肥利用率提高了 9.06 个百分点，相对提高了 34.49%(表 3)。处理 2 和处理 5 氮肥利用率均低于中国氮肥利

用率的平均值，这说明处理 2 中肥料仅作基肥和分蘖肥施用不合理，单施化肥易造成土壤结板，土壤肥力下降，大部分化学养分难以被作物吸收利用，导致对肥料的浪费和对环境的污染；处理 5 可能是在施用有机肥的同时施用了过多的无机肥料，

表3 各处理早稻的氮肥利用率

Table 3 N fertilizer utilization efficiency of early rice under different treatments

处理	籽粒 N 生产效率/(kg·hm ⁻²)	秸秆 N 生产效率/(kg·hm ⁻²)	氮肥吸收利用率/%
1	45.1	6.3	
2	75.3	15.5	26.27
3	76.8	16.2	34.67
4	87.9	16.5	35.33
5	80.2	18.6	26.33

氮、磷、钾比例失调,影响了养分的平衡吸收,不利于肥效的释放和肥料的利用.结果表明,在均衡施用氮、磷、钾肥的情况下,有机、无机肥适当配施比单施无机肥能显著提高早稻产量和氮肥利用率,基肥、分蘖肥、穗肥按一定比例分施增产效果更好.

3 结 论

a. 农民习惯施肥模式在水稻生育前期优势明显,但后期的生殖生长阶段氮素养分供给不足,不利于从源到库的转化,说明盲目加大前期施氮量会造成肥料利用率低,分蘖质量下降.

b. 有机、无机肥配合施用有利于土壤微生物的活动,能改良土壤结构,对促进根系生长效果好.

c. 有机、无机肥适当配施,基肥、分蘖肥、穗肥按一定比例分施处理有利于提高水稻叶片中叶绿素含量,对水稻光合产物的形成和积累效果好于单施化肥处理,生殖器官的累积量也高于单施化肥处理,是提高水稻高产的有效途径.

d. 有机、无机肥适当配施,基肥、分蘖肥、穗肥按一定比例分施有利于水稻对养分的吸收.超高产高效处理与相同施氮水平的农民习惯施肥处理相比,其单产提高了5.61%,氮肥利用率提高了9.06个百分点,相对提高了34.49%,说明该模式在提高肥料利用率、减少氮素损失、控制肥料污染方面效果显著.

参考文献:

- [1] 晏娟,尹斌,张绍林,等.不同施氮量对水稻氮素吸收与分配的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(5):835-839.
- [2] 唐拴虎,徐培智,张发宝,等.一次性全层施用控释肥对水稻根系形态发育及抗倒伏能力的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(1):63-69.
- [3] 代贵金,岩石真嗣,三木孝昭,等.不同耕作与施肥方法对水稻根系生长分布和活性的影响[J].沈阳农业大学学报,2008,39(3):274-278.
- [4] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000:420-485.
- [5] 吴祖章,莫江华.配方施肥对早稻农艺性状和产量的影响[J].广西农学报,2008,23(8):6-9.
- [6] 宋轩,曾德慧,林鹤鸣,等.草炭和风化煤对水稻根系活力和养分吸收的影响[J].应用生态学报,2001,12(6):867-870.
- [7] 钟胜兰,刘强,荣湘民,等.不同养分管理模式对早稻产量及氮肥利用率的影响[J].湖南农业科学,2009(7):11-13.
- [8] 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.
- [9] 倪四良.当前水稻施肥中存在的问题及解决对策[J].作物研究,2008(2):124-126.
- [10] 符广群,张宏华,刘爱萍,等.水稻精确施氮量的验证与氮素利用效率研究[J].现代农业科技,2009(1):166-169.
- [11] 孙静文,陈温福,曾雅琴,等.氮素水平对粳稻根系形态及其活力的影响[J].沈阳农业大学学报,2003,34(5):344-346.
- [12] 贺帆,黄见良,崔克辉,等.实时实地氮肥管理对不同杂交水稻氮肥利用率的影响[J].中国农业科学,2008,41(2):470-479.
- [13] 敖和军,王淑红,邹应斌,等.不同施肥水平下超级杂交稻对氮、磷、钾的吸收累积[J].中国农业科学,2008,41(10):3123-3132.
- [14] 敖和军,邹应斌,申建波,等.早稻施氮对连作晚稻产量和氮肥利用率及土壤有效氮含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(5):772-780.

责任编辑:王赛群
英文编辑:罗文翠