

氮肥和密度互作对机插超级杂交稻叶型、 光合特性及产量的影响

陈 乾^{1,2},刘 科¹,何爱斌¹,龙继锐³,卢碧林^{1,2},田小海^{1,2},张运波^{1,2*}
(1.长江大学 农学院,湖北 荆州 434025; 2.主要粮食作物产业化湖北省协同创新中心,
湖北 荆州 434025; 3.湖南杂交水稻研究中心,湖南 长沙 410125)

摘要:以超级杂交稻全两优 681 为材料,探讨不同氮肥用量和密度对江汉平原地区机插超级杂交稻叶型、光合特性及产量的影响。结果表明,氮肥和密度互作对高效叶面积率、净光合速率和气孔导度影响显著,对胞间 CO₂ 浓度影响不显著。低氮、低密度有利于高效叶面积率的提高,高氮、低密度有利于净光合速率和气孔导度的提高。氮肥和密度互作对超级杂交稻产量影响显著,产量随着氮肥用量和机插密度的增加而增加,以高氮(250 kg/hm²) + 高密度(2.38 × 10⁵ 株/hm²)处理产量最高,为 9.26 t/hm²,显著高于其他 3 个处理。氮肥和密度互作主要影响了超级杂交稻的单株穗数、结实率。其中,单株穗数是机插杂交稻超高产的关键,建议江汉平原地区在适宜的氮肥水平下,通过适当增加密度来获得高产。

关键词: 机插稻; 氮肥; 密度; 产量; 光合特性

中图分类号: S511;S143.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004 - 3268(2015)04 - 0027 - 04

Effects of Interaction between Nitrogen Fertilizer and Planting Density on Leaf Type,Photosynthetic Characteristics and Yield of Mechanical-transplanting Super Hybrid Rice

CHEN Qian^{1,2},LIU Ke¹,HE Aibin¹,LONG Jirui³,LU Bilin^{1,2},TIAN Xiaohai^{1,2},ZHANG Yunbo^{1,2*}
(1. Agricultural College, Yangtze University, Jingzhou 434025, China; 2. Hubei Collaborative Innovation
Center for Grain Industry, Jingzhou 434025, China; 3. Hunan Hybrid Rice Research Center, Changsha 410125, China)

Abstract: The effects of different nitrogen fertilizer application amount and transplanting density on the leaf type, photosynthetic characteristic and yield of mechanical-transplanting super rice were studied with Quanliangyou 681 as material. The results showed that the interaction between the planting density and nitrogen fertilizer significantly influenced the rate of effective leaf area, net photosynthetic rate and stomatal conductance, and did not significantly influenced the intercellular CO₂ concentration. The lower planting density and nitrogen fertilizer application amount were beneficial for the increase of effective leaf area rate, lower planting density and higher fertilizer application amount were beneficial for the increase of net photosynthetic rate and stomatal conductance. The interaction between the planting density and nitrogen fertilizer significantly influenced the yield of super hybrid rice, the yield increased with the increase of the planting density and nitrogen fertilizer application amount, the treatment with high fertilizer application amount(250 kg/ha) and high density (2.38 × 10⁵ plants/ha) obtained the highest yiled of 9.26 t/ha, which significantly higher than the other treatments. The interaction between the planting density and ni-

收稿日期:2014 - 12 - 08
基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD07B02);湖北省新农村研究院开放基金项目(2013CXJ02、2014CXJ01);大学生创新性实验计划项目(104892013032)
作者简介:陈 乾(1993 -),男,湖北黄冈人,在读本科生,研究方向:水稻高产栽培。E - mail:chenqianbest@gmail.com
* 通讯作者:张运波(1981 -),男,湖北广水人,讲师,博士,主要从事水稻生理生态研究。E - mail:yunbo1022@126.com

trogen fertilizer mainly influenced the panicles number per plant and setting percentage, and panicles number per plant was crucial for high yield of mechanical-transplanting super hybrid rice, the proper increase of transplanting density was the approach to receive high yield under the suitable nitrogen fertilizer application amount in Jiangnan Plain.

Key words: mechanical-transplanting rice; nitrogen fertilizer; planting density; yield; photosynthetic characteristic

随着农业生产成本的提高,特别是劳动力成本不断增长,传统式的精耕细作已不能满足国家对粮食、农民对收益的要求,轻简化和机械化栽培是我国未来作物生产的唯一出路^[1]。水稻种植的机械化作业可减少 40% 劳动用工量,大幅度提高工效,机械化插秧是水稻实现健康持续生产的重要途径^[2-3]。我国虽然自 20 世纪 50 年代以来就开展机械化插秧研究和应用,但技术创新和进展缓慢^[4]。近年来,由于水稻轻简化栽培的需求增强,机械化插秧发展较快^[5]。进而对插秧机最适宜的移栽密度及氮肥用量的研究逐渐增多。机插密度和氮肥用量不仅是保证合理的群体生长、物质积累、产量构成的基础,也是充分发挥水稻生长潜力、建立水稻合理群体起点、构建后期高光效群体,从而实现水稻高产或超高产的关键^[6-9]。但由于各地的气候条件、栽培品种、土壤肥力和施肥水平以及秧苗素质等诸多差异,杂交稻的栽插试验未取得一致性结果。近年来,江汉平原地区机插秧面积占水稻种植面积的比例逐年上升,超级杂交稻新品种如何在机插秧栽培模式下获得最高的经济效益成为生产上面临的重要问题。为此,本研究探讨江汉平原地区氮肥用量与种植密度对超级杂交稻机插秧叶型、光合特性及产量的影响,明确超级杂交稻高产高效下的氮肥用量和密度的最佳组合,为超级杂交稻在江汉平原地区的超高产栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为两系超级杂交稻品种全两优 681,由湖北荃银高科种业有限公司提供,该品种由全 1S × R681 育成。氮肥为绿浪复合肥,其中氮、磷、钾分别占 26%、12%、10%,由晶华种业提供。

1.2 试验设计

试验于 2014 年在湖北省荆州市华中农高区太湖农场进行,供试田块前茬为小麦,肥力水平中等。田间试验采用裂区试验设计,以氮肥处理为主区,设 2 个氮肥(纯氮)用量处理,高氮肥(HN):250 kg/hm²,低氮肥(LN):150 kg/hm²;副区为 2 个机插

移栽密度,分别为低密度(LD): 1.85×10^5 株/hm²,高密度(HD): 2.38×10^5 株/hm²。复合肥做底肥一次性施入。

试验于 5 月 2 日播种,采用营养钵育秧,6 月 2 日移栽,移栽使用久保田 spw-68c 插秧机。试验设置 3 次重复,小区面积为 60 m²。小区间起高 20 cm、宽 30 cm 的埂隔离,埂上覆膜,实行单独排灌。田间按高产栽培精细管理,及时控制和防治病虫害。

1.3 调查项目及方法

在齐穗期,每小区取 6 株,测定剑叶、倒 2 叶、倒 3 叶的叶长和叶宽及植株叶面积,其中上 3 叶的面积为植株高效光合叶面积,计算高效叶面积率。在晴天 9:30—13:30,每小区取 5 片具代表性的剑叶,使用光合作用仪(Licor-6400)测定其中部的光合特性指标:净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 密度等,每叶重复 3 次。

在成熟期,各小区分别从中心区取 5 m² 进行测产,人工脱粒,晒干风选后称取风干质量,计算稻谷水分含量,然后返 14% 的吸湿水来计算稻谷产量。同时,取正方形测产区的对角线 12 穴作为考种样,考察单株穗数、穗粒数、结实率、千粒质量和收获指数等。收获指数 = 稻谷实粒质量 / (稻谷实粒质量 + 稻谷空粒质量 + 稻草质量)。

1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 和 DPS 2000 进行处理。

2 结果与分析

2.1 氮肥和密度互作对机插超级杂交稻叶型的影响

从表 1 可以看出,氮肥和密度互作对超级杂交稻全两优 681 上 3 叶的叶长、叶宽及高效叶面积率影响显著。HN 处理有利于叶片的生长,其上 3 叶的叶长和叶宽高于 LN 处理;LN 处理的高效叶面积率为 67.9%,比 HN 处理提高了 7.0 个百分点。总体上,LD 处理上 3 叶的叶长和叶宽均高于 HD 处理,LD 处理的高效叶面积率为 67.4%,比 HD 处理提高了 6.0 个百分点。LNLD 处理的高效叶面积率最高,为 72.7%。综上,高氮有利于超级杂交稻叶片生长,但会降低高效叶面积率,低氮反之;低密度

不仅有利于叶片生长还有利于提高高效叶面积率，高密度反之。

表 1 氮肥和密度互作对机插超级杂交稻叶型的影响

处理	剑叶		倒 2 叶		倒 3 叶		高效叶面积率/
	长/cm	宽/cm	长/cm	宽/cm	长/cm	宽/cm	%
LNLD	31.6ab	1.81ab	44.1a	1.76b	48.4b	1.74b	72.7a
LNHD	30.3b	1.76b	41.4b	1.68b	48.4b	1.68c	63.1b
HNLD	31.7ab	1.87a	43.0a	1.95a	51.5a	1.89a	62.1b
HNHD	32.9a	1.87a	42.3b	1.88a	49.8ab	1.79b	59.7c

注:同列数据后不同小写字母代表差异显著($P<0.05$),下同。

2.2 氮肥和密度互作对机插超级杂交稻光合特性的影响

从表 2 可以看出,氮肥和密度互作对超级杂交稻全两优 681 的净光合速率和气孔导度影响显著,但对胞间 CO₂ 浓度影响不显著。HN 处理叶片的净光合速率为 23.5 μmol/(m²·s),比 LN 处理提高了 9.0%;气孔导度为 0.82 mol/(m²·s),比 LN 处理提高了 13.2%。HD 处理的净光合速率为 21.8 μmol/(m²·s),比 LD 处理下降了 6.2%;气孔导度为 0.73 mol/(m²·s),比 LD 处理下降了 10.5%。胞间 CO₂ 浓度在 4 个处理间差异不显著。综上,高氮处理、低密度处理有利于超级杂交稻净光合速率和气孔导度的提高。

表 2 氮肥和密度互作对机插超级杂交稻光合特性的影响

处理	净光合速率/	气孔导度/	胞间 CO ₂ 浓度/
	[μmol/(m ² ·s)]	[mol/(m ² ·s)]	(μmol/mol)
LNLD	22.6b	0.77b	343.2a
LNHD	20.5c	0.67c	343.5a
HNLD	23.9a	0.85a	340.4a
HNHD	23.1b	0.78b	341.5a

2.3 氮肥和密度互作对机插超级杂交稻产量及其构成因素的影响

从表 3 可以看出,氮肥和密度互作对超级杂交稻全两优 681 的产量影响显著,HNHD 处理产量最高,为 9.26 t/hm²,显著高于其他 3 个处理。HN 处理产量为 8.14 t/hm²,比 LN 处理高 9.3%;HD 处理产量为 8.99 t/hm²,比 LD 处理高 36.3%。HNHD 处理收获指数最低,为 0.49;LNLD 处理最高,为 0.54,即高氮高密度降低收获指数。从产量构成因素来看,氮肥用量增加能提高单株穗数、穗粒数,显著降低结实率,HN 处理结实率比 LN 处理下降 5.8%;氮肥用量对千粒质量的影响不大。密度增加显著增加单株穗数,显著降低结实率、千粒质量。其中,HNHD 处理单株穗数、穗粒数最大,分别为 15.5 个、173.8 粒,HNHD 处理结实率、千粒质量最低,分别为 74.8%、26.2 g。综上,氮肥和密度互作主要影响了超级杂交稻的单株穗数、结实率。

表 3 氮肥和密度互作对机插超级杂交稻产量及其构成因素的影响

处理	产量/ (t/hm ²)	单株穗 数/个	穗粒数	结实率 /%	千粒质 量/g	收获 指数
LNLD	6.17d	10.0b	159.1b	84.1a	26.6a	0.54a
LNHD	8.71b	14.3a	152.3c	80.4b	26.3b	0.52b
HNLD	7.01c	10.6b	161.6b	80.1b	26.5a	0.52b
HNHD	9.26a	15.5a	173.8a	74.8c	26.2b	0.49c

3 结论与讨论

协调好氮肥和密度之间的关系对超级杂交稻的超高产有着决定性的作用^[10]。密度过低,有利于个体发育,但不利于总颖花数和总有效穗数的形成;密度过高会造成结实率下降和群体质量恶化;氮肥过高不利于健康群体的形成,氮肥过低个体生长发育受到抑制,在生产上要协调好机插密度和氮肥施用量的关系^[11-12]。本研究结果表明,氮肥和密度之间的互作效应明显。氮肥和密度互作主要通过影响超级杂交稻单株穗数、结实率来影响产量。无论是高氮还是低氮条件下,适当提高机插密度均能提高产量,说明基本苗数量对江汉平原机插超级杂交稻的产量影响重大。建议该地区超级杂交稻在 140 ~ 160 kg/hm² 纯氮施用量的水平下,适当增加机插秧密度来获得高产。本研究结果还表明,氮肥用量和机插密度还影响超级杂交稻的净光合速率和气孔导度以及高效叶面积率,高氮、低密度有利于净光合速率和气孔导度的提高,低氮、低密度有利于高效叶面积率的提高,主要是因为氮肥和密度影响了群体的上 3 叶的叶长、叶宽和源库的转运^[13],通过合理地调控氮肥和密度可以改善超级杂交稻的冠层结构,提高光合叶面积,从而提高光合效率。

参考文献:

[1] 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.
[2] 张文毅,袁钊和,朱成强,等. 当前机插秧发展中的问题分析及对策[J]. 中国农机化,2012(4):12-15.
[3] 张锦萍,钟平,陈川,等. 杂交稻机插秧现状及关键技术

术研究进展[J]. 现代农业科技,2011(3):50-52.

[4] 宋建农,庄乃生,王立臣,等. 21 世纪我国水稻种植机械化发展方向[J]. 中国农业大学学报,2000,5(2):30-33.

[5] 张文毅,袁钊和,吴崇友,等. 水稻种植机械化进程分析研究——水稻种植机械化由快速向高速发展的进程[J]. 中国农机化,2011(1):19-22.

[6] 周江明,赵琳,董越勇,等. 氮肥和栽植密度对水稻产量及氮肥利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):274-281.

[7] 程建平,张再君,赵锋,等. 机械插秧密度和氮肥运筹对两优 1528 群体动态和产量的影响[J]. 杂交水稻,2011,26(6):69-73.

[8] 徐春梅,王丹英,邵国胜,等. 施氮量和栽插密度对超高产水稻中早 22 产量和品质的影响[J]. 中国水稻科学,2008,22(5):507-512.

[9] Wei H Y, Wang Y J, Meng T Y, *et al.* Respond of yield, quality and nitrogen fertilizer from mechanical transplanting super japonica rice[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2014,25(2):488-496.

[10] 艾治勇,马国辉,青先国. 超级杂交稻生理生态特性及高产稳产栽培调控的研究进展[J]. 中国水稻科学,2011,25(5):553-560.

[11] 郎有忠,王美娥,吕川根,等. 水稻叶片形态、群体结构和产量对种植密度的响应[J]. 江苏农业学报,2012,18(1):7-11.

[12] 吴春赞,叶定池,林华,等. 栽插密度对水稻产量及品质的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(9):190-191.

[13] 孙永健,孙园园,刘凯,等. 水氮互作对结实期水稻衰老和物质转运及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(6):1339-1349.

(上接第 3 页)

人才的重要作用,积极探索建立有利于中青年专家快速成长的使用、评价、激励机制,制定优惠政策应向中青年科研人员倾斜,加快年轻科研骨干的培养。加快创新团队和人才梯队建设,实现农业科技创新和人才培养两促进。创新和完善系统内部人才学习、培训、交流机制,鼓励系统内人员通过挂职、访问、借调等形式加强交流学习。充分发挥国家专业技术人员继续教育基地功能,大力加强对全系统科技人员的培养和培训。

2.6 大力推进机制创新,提升农业科技事业发展活力

积极稳妥地推进事业单位分类改革,进一步强化专业技术人员、管理人员和工勤人员 3 支队伍建设,通过推动内部机制创新和管理创新,调动广大科技人员的积极性和创造性,提高科研效率和成果转化率,推动科研事业持续健康发展。贯彻按劳分配与按生产要素分配相结合的原则,健全完善符合科技创新要求、责权利明确、层次分明、协作高效的科

技创新运行管理模式。认真总结“十二五”的成效和经验,全面做好“十三五”规划编制工作,做好与国家和省有关部门相关规划的衔接,从科研创新、成果转化、人才队伍建设、平台与条件建设、国际合作等方面进一步明确发展目标,凝练重大任务、重大项目 and 重点举措。

参考文献:

[1] 马万杰. 加快体制机制创新 推进农业科技进步 为河南粮食生产核心区建设提供科技支撑[J]. 河南农业科学,2010(4):5-8.

[2] 王明英. 河南农业科技创新存在的问题及对策[J]. 法制与经济(上旬刊),2011(6):85-86.

[3] 中共中央国务院印发《关于加大改革创新力度加快农业现代化建设的若干意见》[N]. 人民日报,2015-02-02(1,13).

[4] 马万杰. 创新管理机制 整合科技资源 推进河南省农业科研系统科学发展[J]. 河南农业科学,2009(4):5-9.