

不同地力条件下氮肥施用量对水稻生产力的影响

邬刚¹, 吴爽², 袁嫚嫚¹, 王莉莉³, 张兆冬³, 唐春富⁴, 张祥明¹, 王文军¹, 孙义祥^{1*}, 王德正^{2*}

(1. 安徽省农业科学院土壤与肥料研究所, 安徽合肥 230031; 2. 安徽省农业科学院水稻研究所, 安徽合肥 230031; 3. 安徽省定远县土壤肥料工作站, 安徽定远 233200; 4. 安徽省天长市农业科技推广中心, 安徽天长 239300)

摘要 [目的] 筛选出适宜安徽水稻生产的氮高效品种。[方法] 以两优100、广两优6308和两优培九为试验材料, 探讨高、低土壤地力下5个氮肥水平对水稻生产力的影响。[结果] 随着施氮量的增加, 2个地力水平下不同水稻品种的产量均呈先上升后下降的趋势。无论在高肥力土壤还是低肥力土壤, 0.52、104 kg/hm²水平下两优100和广两优6308的产量均显著高于两优培九; 不同品种的产量差异主要由有效穗数和穗粒数共同决定的。以两优培九最佳经济产量为目标产量时, 选择种植两优100或广两优6308可至少节约氮肥14.4%~18.5%。[结论] 两优100和广两优6308在生产中具有较大的节肥潜力, 将为安徽水稻高效优质生产提供技术支撑。

关键词 地力; 水稻品种; 生产力; 氮肥

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)06-0028-03

Effects of Nitrogen Fertilizer Application on Rice Productivity under Two Soil Fertility Conditions

WU Gang¹, WU Shuang², YUAN Man-man¹, SUN Yi-xiang^{1*}, WANG De-zheng^{2*} et al (1. Soil and Fertilizer Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031; 2. Rice research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei, Anhui 230031)

Abstract [Objective] To screen out rice varieties with high nitrogen utilization efficiency in Anhui Province. [Method] With Liangyou 100, Guangliangyou 6308 and Liangyoupeijiu as the test materials, we discussed the effects of five nitrogen levels on rice productivity under high and low soil fertilities. [Result] With the increase of nitrogen application, yields of different rice varieties on two soil fertilities firstly enhanced and then decreased. Under both high and low soil fertilities, yields of Liangyou 100 and Guangliangyou 6308 at 0.52 and 104 kg/hm² nitrogen levels were significantly higher than that of Liangyoupeijiu; the differences in yield were determined by the number of productive ear and the kernels per spike. When taking the optimal economic yield of Liangyoupeijiu as the target yield, planting Liangyou 100 or Guangliangyou 6308 could at least save nitrogen fertilizer by 14.4% - 18.5%. [Conclusion] Liangyou 100 or Guangliangyou 6308 has relatively greater potential in fertilizer saving in production, and this research provides technical support for the rice high quality and efficiency production in Anhui Province.

Key words Soil fertility; Rice varieties; Productivity; Nitrogen fertilizer

水稻是我国最重要的粮食作物, 全国60%以上的人口以稻米为主食。在水稻种植面积受限制的情况下, 持续提高水稻单产是保障我国未来粮食安全的必然选择。氮肥的施用是实现水稻高产的重要措施之一, 在水稻增产中发挥着重要的作用^[1-2]。然而过量施用氮肥会直接或间接引起水稻病虫害, 倒伏加剧, 品质、产量和氮肥利用率降低以及一些环境污染问题^[3-4], 如水体富营养化、地下水污染等。据报道, 我国水稻生产中的氮肥利用率仅为28.3%^[5], 远远低于其他国家和地区40%~60%的氮肥利用率^[6]。因此, 如何提高氮肥利用率和减少环境污染是目前重要的研究课题。

近年来, 氮高效品种的选育越来越受到人们的关注, 研究人员试图通过氮高效品种的应用来减少氮肥的施用和减缓氮肥对环境的污染^[7-9]。氮高效基因型可描述为在不同供氮水平下都有较高的产量, 同时意味着氮高效品种能吸收大量的氮或有较高的氮生理利用效率^[10]; 氮高效基因型各个生育期的氮素积累量、抽穗前期的氮素吸收速率和氮素利用效率均比低效基因型高^[11], 且氮高、低利用效率基因型间的根系形态差异显著, 在低氮水平上, 氮高效基因型在生育

期中细分枝根更长、粗分枝根表面积和不定根根长等均比氮低效基因型高^[12]。以上大部分研究都是不同品种在同一个试验点上得出的结论, 而不同地力水平上不同品种的研究较少。鉴于此, 该试验选取2个地力水平, 以安徽主要的中籼稻品种两优100、广两优6308、两优培九为对象, 研究氮肥施用量对不同水稻品种生产力的影响, 筛选出适合安徽水稻生产的氮高效品种, 以期安徽水稻高效优质生产提供理论基础和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 高肥力试验于2016年在安徽省天长市永丰镇桥湾社区湾头队进行, 前茬为小麦, 土壤为淮河下游的冲击型水稻土, 其基本化学性质见表1; 低肥力试验于2016年在安徽定远县池河镇半面店村进行, 前茬为小麦, 土壤为黄褐土, 其基本化学性质见表1。

表1 土壤基本理化性质

Table 1 The basic physicochemical properties of soil

土壤地力水平 Soil fertility level	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	有效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
高 High	25.86	1.51	20.18	158.13
低 Low	16.65	0.96	15.16	116.32

1.2 供试品种 试验采用3个中籼稻品种, 分别为两优100、广两优6308、两优培九。

1.3 方法 采用裂区设计, 主因素为氮肥水平, 施纯氮量

基金项目 国家重点研发计划项目“长江中下游水稻化肥农药减施增效技术集成研究与示范”(2016YFD0200800); 安徽省农科院科技创新团队项目“水旱轮作最佳养分管理”(13C1008); 院长青年创新基金项目“江淮丘陵稻区氮肥的氨挥发及其影响因素研究”(15B1018)。

作者简介 邬刚(1987—), 男, 安徽合肥人, 助理研究员, 硕士, 从事养分资源综合管理研究。*通讯作者, 孙义祥, 副研究员, 博士, 从事养分资源综合管理研究; 王德正, 研究员, 从事水稻遗传育种研究。

收稿日期 2016-12-10

(N) 分为 6 个水平: 0 (N_0)、52 kg/hm² (N_1)、104 kg/hm² (N_2)、156 kg/hm² (N_3)、208 kg/hm² (N_4)、260 kg/hm² (N_5)。氮肥运筹为基肥: 分蘖肥: 穗肥 = 4: 3: 3。副因素为水稻品种, 设 3 个品种: 两优 100、广两优 6308 和两优培九。主区面积 60 m² (6 m × 10 m), 3 次重复, 随机区组排列, 各处理磷、钾肥用量相同, 磷肥用量为 60 kg/hm² P₂O₅, 钾肥用量为 90 kg/hm² K₂O, 磷钾肥作为基肥 1 次全部施入土壤。氮、磷、钾肥分别为普通尿素、普通过磷酸钙和氯化钾。小区间做埂隔离, 并用塑料薄膜覆盖埂体, 保证各小区单独排灌。栽插密度为 22.2 万穴/hm² (30 cm × 15 cm)。其他管理措施统一按常规栽培要求实施。

成熟期每个小区单打单收, 测定实际产量; 每个处理取 10 株成熟稻株, 用于测定产量构成因素。

1.4 数据分析 采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 施氮水平对不同水稻品种产量的影响 由图 1 可知, 随着施氮量的增加, 2 个地力农田下不同水稻品种的产量均呈先上升后下降的趋势。在高肥力农田, 3 个水稻品种的产量均显著高于低肥力下的产量。在低肥力农田, N_0 、 N_1 和 N_2 水平下两优 100 和广两优 6308 的产量显著高于两优培九, 尤其在 N_0 水平下产量差异最大, 两优 100 和广两优 6308 的产量较两优培九显著提高 26.9% 和 24.2%; N_3 、 N_4 和 N_5 水平 3 个品种的产量无显著差异; 两优 100 和广两优 6308 的最高产量在 N_2 水平上出现, 而两优培九在 N_4 水平出现。在高肥力农田, 两优 100 的产量在 5 个 N 水平下均显著高于两优培

九, 分别提高了 19.3%、12.2%、16.9%、14.9%、13.3% 和 4.8%; 广两优 6308 的产量仅在 N_0 、 N_1 、 N_2 水平上显著高于两优培九, 其他 N 水平无显著差异; 两优 100 和广两优 6308 的最高产量在 N_3 水平上出现, 而两优培九在 N_4 水平出现。无论在高肥力土壤还是低肥力土壤, 不施氮肥处理的两优 100 和广两优 6308 产量均高于两优培九, 且两优 100 和广两优 6308 的基础产量受土壤肥力的影响较小, 说明两优 100 和广两优 6308 是氮高效型品种。

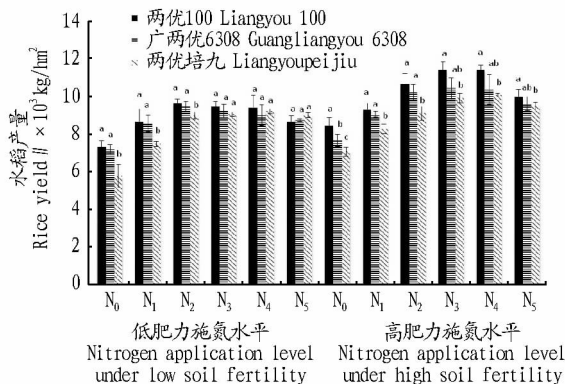


图 1 低高肥力水平下施氮量对水稻品种产量的影响

Fig. 1 Effects of nitrogen application level on the yields of different rice varieties under high and low soil fertilities

2.2 施氮水平对不同水稻品种产量构成因素的影响 由表 2 可知, 随着氮肥施用量的增加, 2 个地力水平下不同水稻品种的有效穗数均呈先增加后稳定的趋势; 但穗粒数和结实率在 2 个地力水平下的表现有差异, 高肥力农田下不同品种的穗粒数均表现出先增加后降低的趋势, 并且结实率变化不明

表 2 施氮水平对不同水稻品种产量构成因素的影响

Table 2 Effects of nitrogen application level on the yield structure components of different rice varieties

施氮水平 Nitrogen application level	水稻品种 Rice varieties	有效穗数 Number of productive ear // × 10 ⁵ /hm ²		穗粒数 Kernels per spike		千粒重 1 000-grain weight // g		结实率 Setting percentage // %	
		低肥力 Low soil fertility	高肥力 High soil fertility	低肥力 Low soil fertility	高肥力 High soil fertility	低肥力 Low soil fertility	高肥力 High soil fertility	低肥力 Low soil fertility	高肥力 High soil fertility
N_0	两优 100	18.2	19.52	190.0	196.4	23.4	24.4	88.2	85.5
	广两优 6308	17.7	18.93	174.6	185.6	25.1	23.9	89.3	91.6
	两优培九	16.5	17.74	162.7	170.3	24.5	23.9	89.0	87.4
N_1	两优 100	21.3	21.95	200.1	222.7	23.3	24.3	86.3	94.3
	广两优 6308	20.2	21.63	197.7	201.9	24.9	23.0	87.3	95.7
	两优培九	18.9	20.62	182.3	198.3	24.9	23.5	85.4	82.4
N_2	两优 100	23.9	23.08	225.5	235.3	23.3	24.3	81.9	93.8
	广两优 6308	22.0	22.07	209.2	229.1	24.8	24.0	83.3	93.9
	两优培九	20.4	21.05	208.8	214.1	24.8	24.2	82.5	83.3
N_3	两优 100	25.9	24.81	236.4	218.7	23.6	25.1	75.7	95.6
	广两优 6308	24.1	23.84	229.4	220.9	24.3	24.6	79.0	94.3
	两优培九	22.6	22.38	225.0	219.6	24.5	24.2	79.4	89.0
N_4	两优 100	26.6	25.02	244.2	211.7	23.4	24.9	74.6	92.0
	广两优 6308	25.5	24.94	235.5	208.5	23.9	24.3	75.5	94.6
	两优培九	23.1	23.05	235.1	226.2	23.5	24.9	70.9	92.7
N_5	两优 100	26.2	26.15	248.0	190.5	22.7	25.0	68.6	89.2
	广两优 6308	24.7	25.37	244.3	175.2	22.2	24.5	66.0	93.2
	两优培九	23.6	24.40	233.6	193.0	24.2	25.5	70.1	81.1

显;低肥力水平下穗粒数一直呈缓慢升高的趋势,但结实率呈较明显的降低趋势。

在低肥力农田上,3种品种在5个N水平上有效穗数和穗粒数由多到少依次为两优100、广两优6308、两优培九。在高肥力农田上,3个品种的有效穗数变化和低肥力农田一致,但穗粒数仅在 N_0 、 N_1 和 N_2 水平上大小顺序为两优100、广两优6308、两优培九。有效穗数和穗粒数与产量变化趋势较一致。因此,可以推测出不同品种的产量差异可能是由有效穗数和穗粒数共同决定的。

2.3 不同肥力水平下水稻品种的最优施氮量和最佳经济产量 由表3可知,依据水稻产量(y , kg/hm²)与施肥量(x , kg/hm²)的关系可建立一元二次回归方程($y = Ax^2 + Bx +$

C),结合当年水稻和氮肥的价格,求得水稻最佳经济氮用量及其对应的最佳经济产量。在低肥力农田中,不同品种的最佳经济产量由高到低的顺序是两优100、广两优6308、两优培九,而最优施氮量的顺序为两优培九、广两优6308、两优100。与两优培九相比,两优100和广两优6308的最优施氮量分别降低了18.5%和16.9%;高肥力农田不同品种的最佳经济产量和最优施氮量与低肥力的变化趋势基本一致,两优100和广两优6308的最优施氮量较两优培九分别降低了14.5%和14.4%。因此,以两优培九最佳经济产量为目标产量时,选择种植两优100或广两优6308可节约氮肥14.4%~18.5%,在低肥力条件节约氮肥量高于高肥力条件。

表3 不同肥力水平下水稻品种的最优施氮量和最佳经济产量

Table 3 The optimal nitrogen application amount and economic yield of rive varieties under different soil fertilities

肥力水平 Soil fertility	水稻品种 Rice variety	肥料函数式 Fertilizer functional expression	最佳经济产量 Optimal economic yield//kg/hm ²	最优施氮量 Optimal nitrogen application amount//kg/hm ²
低 Low	两优100	$y = -0.0947x^2 + 29.495x + 7351.9$	9 645.4	149.9
	广两优6308	$y = -0.0845x^2 + 26.834x + 7297.5$	9 424.2	152.3
	两优培九	$y = -0.0986x^2 + 37.389x + 5823.5$	9 364.3	184.1
高 High	两优100	$y = -0.1123x^2 + 37.333x + 8116.4$	11 217.1	161.4
	广两优6308	$y = -0.1030x^2 + 34.371x + 7638.3$	10 503.4	161.6
	两优培九	$y = -0.0771x^2 + 30.173x + 6978.1$	9 926.2	188.7

3 结论

(1)随着施氮量的增加,2个地力水平下不同水稻品种的产量均呈先上升后下降的趋势。无论在高肥力土壤还是低肥力土壤,不施氮肥处理的两优100和广两优6308产量都高于两优培九,且两优100和广两优6308的基础产量受土壤肥力的影响较小,说明两优100和广两优6308是氮高效型品种。

(2)在低肥力农田上,3个品种在5个N水平上有效穗数和穗粒数由高到低依次为两优100、广两优6308、两优培九。在高肥力农田上,3个品种的有效穗数变化和低肥力农田一致,但穗粒数仅在 N_0 、 N_1 和 N_2 水平上大小顺序为两优100、广两优6308、两优培九。有效穗数和穗粒数与产量变化趋势较一致。因此,可以推测出不同品种的产量差异可能是由有效穗数和穗粒数共同决定的。

(3)以两优培九最佳经济产量为目标产量时,选择种植两优100或广两优6308可节约氮肥14.4%~18.5%,在低肥力条件节约氮肥量高于高肥力条件。

(4)两优100和广两优6308在生产中具有较大的节肥潜力,将为安徽水稻高效优质生产提供技术支撑。

参考文献

- [1] 王丹英,徐春梅,袁江,等.不同时期三系杂交稻主栽品种对氮肥用量的响应[J].作物学报,2010,36(2):354-360.
- [2] 李志杰,张振平,张艺,等.辽宁不同年代水稻品种生产力和氮肥效率对施氮水平的响应差异[J].作物学报,2013,39(9):1679-1686.
- [3] 彭少兵,黄见良,钟旭华,等.提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J].中国农业科学,2002,35(9):1095-1103.
- [4] 朱兆良,金继运.保障我国粮食安全的肥料问题[J].植物营养与肥料学报,2013,19(2):259-273.
- [5] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [6] LADHA J K,PATHAK H,KRUPNIK T J,et al. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production:Retrospects and prospects[J]. Advances in agronomy,2005,87:85-156.
- [7] 朴钟泽,韩龙植,高熙宗.水稻不同基因型氮素利用效率差异[J].中国水稻科学,2003,17(3):233-238.
- [8] DE DATTA S K,BROADBENT F E. Methodology for evaluating nitrogen utilization efficiency by rice genotypes[J]. Agronomy journal,1988,80(5):793-798.
- [9] 冯洋,陈海飞,胡孝明,等.我国南方主推水稻品种氮效率筛选及评价[J].植物营养与肥料学报,2014(5):1051-1062.
- [10] 张亚丽,樊剑波,段英华,等.不同基因型水稻氮利用效率的差异及评价[J].土壤学报,2008,45(2):267-273.
- [11] 殷春渊,张庆,魏海燕,等.不同产量类型水稻基因型氮素吸收、利用效率的差异[J].中国农业科学,2010,43(1):39-50.
- [12] 戢林,李廷轩,张锡洲,等.氮高效利用基因型水稻根系形态和活力特征[J].中国农业科学,2012,45(23):4770-4781.