

施钾时期对双季早晚稻产量和稻米品质的影响

才 硕 ,潘晓华* ,吴建富 ,石庆华

(江西农业大学/作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室/农业部双季稻生理生态与栽培重点开放实验室,江西南昌 330045)

摘要:以双季早稻陆两优 996 和双季晚稻天优华占为材料,研究在施钾量为 135 kg/hm² 和 180 kg/hm² 时不同施钾时期对产量和稻米品质的影响。研究表明,在 2 个施钾水平下均为 m(基肥):m(穗肥):m(穗肥) = 5:2:3 时的产量最高。穗期施钾有利于提高成穗率、促进茎鞘物质运转、提高剑叶的气-叶温差、延缓根系和叶片衰老。穗期施钾提高陆两优 996 的整精米率和垩白米率,但对天优华占的稻米品质没有影响。

关键词:双季稻;施钾时期;产量;稻米品质

中图分类号:S511.01 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2011)03-0412-06

Effects of Potassium Application Time on Yield and Rice Quality of Double Season Rice

CAI Shuo ,PAN Xiao-hua* ,WU Jian-fu ,SHI Qing-hua

(Jiangxi Agricultural University/Key Laboratory of Physiology, Ecology and Cultivation of Double Cropping Rice, Ministry of Agriculture; Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education; Nanchang 330045, China)

Abstract: With double season rice varieties Luliangyou996 and Tianyouhuazhan as the materials, the effects of potassium application time on yield and rice quality were studied under the levels of potassium application amount of 135 kg/hm² and 180 kg/hm². The results showed that the highest grain yield was the 5:2:3 (basic: tiller: panicle fertilizer) treatment under both the potassium levels. The effective panicle forming rate, translocation amount of dry matter reserved in stem and sheath, temperature depression (difference between air temperature and flag leaf temperature) were increased by top-dressing potassium as panicle fertilizer, but a opposite effect was found for root and leaves senescence. The percentage of head rice and grains with chalkiness were increased by top-dressing potassium as the panicle fertilizer in Luliangyou996, but no effect in Tianyouhuazhan.

Key words: double-season rice; potassium application time; grain yield; rice quality

合理施钾不仅可以提高产量,而且可以改善农产品的品质^[1-3]。关于水稻施钾的增产机理已有不少研究^[4-6],但多数研究仅仅是探讨施钾量,对施钾时期研究很少。凌启鸿等^[7]认为,钾肥 1/2 作基肥

收稿日期:2010-11-02 修回日期:2011-02-28

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD02A04)、江西省科技攻关项目(20051B020010)和农业部超级稻配套栽培技术集成与示范项目资助(2009-9)

作者简介:才硕(1982—),男,硕士,主要从事作物高产理论与技术研究,E-mail: caishuo0911@163.com; * 通讯作者:潘晓华,教授,博士生导师,E-mail: xhuapan@163.com。

和 1/2 在拔节前施用可兼顾壮苗促蘖和大穗; 王强盛等^[8] 研究指出 穗肥追施钾对拔节后 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 的吸收和转运以及植株体内氨基酸的运输具促进作用, 提高籽粒中蛋白质的含量, 降低垩白度, 延长胶稠度长度和降低直链淀粉含量; 叶定池等^[9] 认为, 当 $m(\text{基肥}) : m(\text{分蘖肥}) : m(\text{穗肥})$ 为 6:2:2 时增产幅度最大, 糙米率、精米率、整精米率较高, 直链淀粉含量下降。张玉屏等^[10] 研究指出, 不同时期施钾对产量的贡献由大到小依次为: 基肥、蘖肥、穗肥。杨金良^[11], 唐湘如等^[12] 研究指出, 增施钾肥能提高稻米蛋白质含量。近年来, 超级稻发展迅速, 对提高水稻产量发挥了重要作用。但是, 人们对双季超级稻钾肥施用时期的研究几乎空白。因此, 深入研究施钾时期对双季超级稻产量和品质的作用, 对于促进双季超级稻的发展具有重要意义。

1 材料与方 法

1.1 材料种植

试验于 2009 年在进贤县温圳镇杨溪村进行, 土壤理化性质早稻田为: 有机质 39.22 g/kg, 速效钾 (K) 49.5 mg/kg、全氮 4.56 g/kg、碱解氮 75.3 mg/kg、速效磷 (P) 8.58 mg/kg; 晚稻田为: 有机质 37.17 g/kg, 速效钾 (K) 32.5 mg/kg、全氮 1.58 g/kg、碱解氮 173.25 mg/kg、速效磷 (P) 6.37 mg/kg。供试品种早、晚稻分别为陆两优 996 和天优华占, 均为江西省农业厅认定的超级稻品种。早稻于 3 月 25 日播种, 采用旱床育秧, 4 月 22 日移栽, 3 苗/穴(不含秧蘖), 株行距为 13.3 cm × 23.3 cm; 晚稻于 6 月 21 日播种, 湿润育秧, 7 月 23 日移栽, 2 苗/穴(不含秧蘖), 株行距为 13.3 cm × 26.4 cm。

在 135 kg/hm²、180 kg/hm² 两个施钾 (K_2O) 水平下, 设 $m(\text{基肥}) : m(\text{分蘖肥}) : m(\text{穗肥}) = 5:2:3, 5:0:5$ 和 $5:5:0$ 三个施钾时期处理。采用裂区设计, 以肥料运筹为主区, 品种为裂区, 4 次重复, 小区面积 16.00 m²。各小区筑埂, 并用薄膜包埋, 单独灌排。各处理施纯氮 195 kg/hm² (晚稻 225 kg/hm²), 按 $m(\text{基肥}) : m(\text{分蘖肥}) : m(\text{穗肥}) = 5:2:3$ 施用; 钙镁磷肥 750 kg/hm², 全作基肥。氮、钾肥为尿素和氯化钾, 基肥在移栽前 1 d 施用, 分蘖肥在移栽后 7 d 施用, 穗肥在叶龄余数 2 时施用, 其他管理一致。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 分蘖动态 移栽后定 20 蔸, 每 5 d 调查 1 次, 直到茎蘖数稳定。

1.2.2 叶面积、干物质生产和养分含量 在秧苗素质考察基础上, 分别于移栽期、分蘖期、幼穗分化期 (一次枝梗原基分化期)、抽穗期和成熟期按平均数法取样, 每处理取样 5 蔸, 剪除根, 将稻株分成叶片、茎鞘和穗 (抽穗后) 3 部分, 于 105 °C 杀青 15 min, 80 °C 下烘至恒重。小样叶重法测定叶面积。

1.2.3 光合速率和剑叶 SPAD 值 于抽穗期和抽穗后 15 d, 用 CI-304 光合测定仪测定剑叶的净光合速率, 用 SPAD-502 叶绿素仪测定剑叶的 SPAD 值, 每次每处理测定 10 片叶。

1.2.4 根系伤流量 于抽穗期和抽穗后 20 d, 选择生育进程基本一致的稻株 10 茎, 在离地面 10 cm 处用刀片切除地上部, 套上自制内装脱脂棉的塑料袋进行收集, 收集时间为 18:00—7:00。

1.2.5 剑叶温度 在抽穗期用红外线测温仪 (Foodpro Thermometer, 日本) 测定剑叶中部的温度 (距叶面 10 cm), 每处理测定 10 片叶。每次的测定时间为 14:00 左右; 用普通温度计测定气温。

$$\text{气 - 叶温差} = \text{气温} - \text{叶片温度} \quad (1)$$

1.2.6 茎秆特性 于始穗期每处理取 2 蔸, 用徒手切片法在显微镜下观察穗颈节间大维管束的数量; 在乳熟期每处理选取有代表性植株 10 蔸, 以距地面 30 cm 处为力的作用点, 用弹簧秤将整蔸植株水平拉至与地面成 45° 夹角, 记录此时所需的拉力, 以此拉力作为茎秆的抗折力; 成熟期每处理选取有代表性植株 20 蔸, 测量株高和每个伸长节间的长度。

1.2.7 考种与测产 收获前 1 d 每处理调查 40 蔸的有效穗, 根据平均穗数取 5 蔸进行考种; 每处理实割 200 蔸进行测产, 按 13.5% 标准含水率折算实际产量。

1.3 有关指标的计算

$$\text{根系活力衰退值}(\%) = [(\text{抽穗期根系伤流量} - \text{抽穗后 15 d 的根系伤流量}) / \text{抽穗时根系伤流量}] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{钾素利用效率}(\%) = [(\text{施钾处理植株吸钾量} - \text{对照植株吸钾量}) / \text{施钾量}] \times 100 \quad (3)$$

$$\text{生产 100 kg 籽粒需 K 量}(\text{kg}) = (\text{钾素积累总量} / \text{稻谷产量}) \times 100 \quad (4)$$

1.4 数据处理

用 Excel 和 DPS 软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 钾肥施用时期对产量及其构成因素的影响

由表 1 可以看出,施钾时期对产量及其构成因素影响的绝对值均较小,但在两个施钾水平和两个品种间均表现为 $m(\text{基肥}) : m(\text{分蘖肥}) : m(\text{穗肥}) = 5:2:3$ 处理最高, $5:0:5$ 处理其次, $5:5:0$ 处理最低。在施钾量 $135 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,陆两优 996 的 $5:0:5$ 和 $5:2:3$ 处理间的产量、有效穗数差异不显著,但显著高于 $5:5:0$ 处理,三个施钾时期的其他产量因素差异不显著;天优华占以 $5:2:3$ 处理产量最高,显著高于其他两个处理,产量构成因素虽以 $5:2:3$ 处理最高,但处理间差异不显著。在施钾量 $180 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,陆两优 996 三个施钾时期的产量及其构成因素均差异不显著;天优华占 $5:2:3$ 处理的产量和有效穗数最高,显著高于其他 2 个处理,其他产量构成因素处理间差异不显著。从表 1 还可看出,施用一定比例的钾肥做穗肥能够提高成穗率,其中陆两优 996 在施钾量 $135 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时达显著水平。

表 1 钾肥施用时期对产量及其构成因素的影响

Tab.1 Effects of potassium application time on grain yield and its components

处理 Treatment	有效穗数/ ($10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$) Effective panicle	每穗粒数 Spikelet per panicle	结实率/% Filled grainper centage	千粒重/g 1000-grain	成穗率/% Productivetiller percentage	产量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$) Yield	
陆两优 996 Luliangyou996	K135(5:5:0)	389.16d	106.01c	88.37a	27.33c	62.81b	9.44c
	K135(5:2:3)	401.57bc	107.37bc	88.47a	27.34bc	65.67a	9.64b
	K135(5:0:5)	397.29c	106.51c	88.55a	27.33c	66.90a	9.55bc
	K180(5:5:0)	404.68ab	108.54b	88.35a	27.35ab	62.88b	9.73ab
	K180(5:2:3)	407.24a	110.43a	88.84a	27.36a	63.59b	9.89a
	K180(5:0:5)	404.67ab	108.47b	88.90a	27.35ab	63.35b	9.88a
天优华占 Tianyouhuazhan	K135(5:5:0)	307.03cd	163.12ab	77.08c	22.38a	75.92a	7.97d
	K135(5:2:3)	309.56c	163.12ab	78.69cb	22.47a	76.98a	8.20b
	K135(5:0:5)	308.16cd	160.45b	77.42c	22.41a	77.23a	8.03c
	K180(5:5:0)	312.28b	164.72a	77.78c	22.49a	76.11a	8.07c
	K180(5:2:3)	315.75a	165.34a	79.99a	22.50a	77.49a	8.39a
	K180(5:0:5)	314.16ab	164.74a	79.45a	22.49a	77.42a	8.07c

2.2 施钾时期对干物质生产和运转的影响

由表 2 可以看出,在相同的施钾水平下,不同施钾时期处理间的生物量陆两优 996 以 $5:2:3$ 处理最大,但处理间的差异较小,而天优华占处理间的差异较大,且生物量均随穗肥用量的增加而增加($r=0.7385^*$);从不同生育阶段的干物质积累来看,不同施钾时期处理间生育前期的干物质积累量差异较小,生育中、后期差异较大。陆两优 996 的两个穗期施钾处理的生育中、后期干物质积累量多于穗期不施钾处理,而天优华占生育中期的干物质积累量与陆两优 996 趋势一致,但生育后期则随着穗期施钾量的增加而下降。

表 2 还表明,相同施钾量时,穗期施用一定比例的钾肥可提高两品种的茎鞘物质运转。施钾量 $135 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,陆两优 996 和天优华占施用穗肥处理较不施穗肥处理分别高 $0.59\% \sim 8.28\%$ 和 $5.10\% \sim 7.14\%$; $180 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 时,分别高 $-2.09\% \sim 5.76\%$ 和 $1.64\% \sim 4.10\%$ 。

2.3 施钾时期对群体质量指标的影响

表 3 表明,施钾时期对抽穗期 LAI 和颖花伤流量影响较小,但对气—叶温差、根系活力衰退值有明显影响。与穗期不施钾处理相比,抽穗期陆两优 996 和天优华占穗期施钾处理的剑叶气—叶温差分别高 $7.61\% \sim 14.93\%$ 和 $4.24\% \sim 8.10\%$;根系活力衰退值分别低 $2.21\% \sim 8.75\%$ 和 $2.51\% \sim 6.89\%$ 。表明穗期施用一定比例的钾肥有利于提高水稻后期根系活力,延缓衰老。

表 2 钾肥施用时期对不同时期干物质积累的影响

Tab. 2 Effect of potassium application period on accumulation of dry matter in different growth stage

处理		移栽—幼穗分化	幼穗分化—抽穗	抽穗—成熟	茎鞘物质转运量	生物量
Treatment		Transplanting -spike differentiation	Spike differentiation— heading stage	Heading— maturity stage	Transfer amount of stem sheath dry matter	Biomass yield
陆两优 996	K135(5: 5: 0)	2. 26	6. 89	5. 07	1. 69	14. 21
Luliangyou996	K135(5: 2: 3)	2. 32	7. 14	5. 12	1. 83	14. 58
	K135(5: 0: 5)	2. 22	6. 76	5. 18	1. 70	14. 16
	K180(5: 5: 0)	2. 36	7. 23	4. 95	1. 91	14. 54
	K180(5: 2: 3)	2. 48	7. 52	5. 23	2. 02	15. 23
	K180(5: 0: 5)	2. 33	7. 23	5. 07	1. 87	14. 64
天优华占	K135(5: 5: 0)	2. 16	5. 74	7. 63	0. 98	15. 86
Tianyouhuazhan	K135(5: 2: 3)	2. 16	6. 07	7. 50	1. 03	15. 79
	K135(5: 0: 5)	2. 16	6. 13	6. 16	1. 05	13. 65
	K180(5: 5: 0)	2. 31	6. 37	8. 64	1. 22	17. 54
	K180(5: 2: 3)	2. 28	6. 62	7. 88	1. 27	16. 36
	K180(5: 0: 5)	2. 23	6. 24	7. 28	1. 69	15. 18

表 3 钾肥施用时期对抽穗期剑叶温度的影响

Tab. 3 Effect of potassium fertilizer application period on the temperature in flag leaf in heading

处理		指数 LAI	气—叶温差 / °C	根系活力衰退值 / %	颖花伤流量 /
Treatment			Air-leaf temperature depression	Degradation ratio of rice root	[mg · (粒 · h) ⁻¹] Spikelet-root bleeding intensity
陆两优 996	K135(5: 5: 0)	4. 79	1. 97	42. 07	3. 07
Luliangyou996	K135(5: 2: 3)	4. 82	2. 29	39. 88	3. 14
	K135(5: 0: 5)	4. 77	2. 12	38. 39	3. 16
	K180(5: 5: 0)	5. 12	2. 01	38. 38	3. 21
	K180(5: 2: 3)	5. 16	2. 31	38. 14	3. 23
	K180(5: 0: 5)	5. 17	2. 21	37. 53	3. 30
天优华占	K135(5: 5: 0)	5. 96	1. 93	83. 15	2. 12
Tianyouhuazhan	K135(5: 2: 3)	6. 10	2. 10	81. 43	2. 34
	K135(5: 0: 5)	5. 85	2. 27	81. 06	2. 44
	K180(5: 5: 0)	6. 39	2. 36	81. 85	2. 43
	K180(5: 2: 3)	6. 61	2. 50	79. 01	2. 40
	K180(5: 0: 5)	6. 38	2. 46	76. 21	2. 46

2.4 施钾时期对剑叶叶绿素含量 (SPAD 值) 和光合速率的影响

由表 4 可以看出,不同施钾时期对抽穗期剑叶 SPAD 值、光合速率及抽穗后光合速率下降率影响较小,但穗期施钾对抽穗后剑叶 SPAD 值的下降率有明显影响。施钾量 135 kg/hm² 时,穗期施钾处理较穗期不施钾处理,陆两优 996 和天优华占的下降率分别低 7.40% 和 19.18%;施钾量 180 kg/hm² 时,分别低 2.28% 和 7.31%。说明,在施钾水平较低时,增加穗期钾肥用量更有利于延缓衰老。在两个穗期

施钾处理间 5:2:3 处理略低于 5:0:5 处理,但差异不明显。

表 4 钾肥施用时期对抽穗后剑叶叶绿素含量和净光合速率的影响

Tab. 4 Effect of potassium application period on chlorophyll content and the photosynthesis rate in flag leaves after heading

处理 Treatment	叶绿素含量 Chlorophyll content			净光合速率/($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) Photosynthesis rate			
	抽穗期	抽穗后 15 d	下降率/%	抽穗期	抽穗后 15 d	下降率/%	
	Heading stage	15 days after heading	Descending rate	Heading stage	15 days after heading	Descending rate	
陆两优 996	K135(5:5:0)	41.58	39.48	5.07	26.48	20.80	21.44
Luliangyou996	K135(5:2:3)	41.51	39.58	4.66	26.72	21.16	20.81
	K135(5:0:5)	41.44	39.48	4.73	26.80	20.97	21.77
	K180(5:5:0)	41.62	39.70	4.61	26.80	21.50	19.78
天优华占	K180(5:2:3)	41.73	39.88	4.43	27.00	21.86	19.04
	K180(5:0:5)	41.66	39.75	4.58	26.86	21.70	19.20
	K135(5:5:0)	45.21	41.56	8.08	28.27	15.43	45.43
Tianyouhuazhan	K135(5:2:3)	45.29	42.53	6.10	28.43	15.50	45.47
	K135(5:0:5)	45.36	42.20	6.96	28.80	16.20	43.75
	K180(5:5:0)	45.42	43.06	5.20	29.08	16.88	41.95
	K180(5:2:3)	45.51	43.33	4.79	29.12	17.17	41.04
	K180(5:0:5)	45.47	43.27	4.85	28.76	16.70	41.93

2.5 施钾时期对株高和茎秆特性的影响

表 5 表明 穗期施用一定比例的钾肥对株高和倒 1 节间大维管束数有增加作用,但程度很小;对天优华占的茎秆抗折力影响较小,但能提高陆两优 996 的茎秆抗折力。施钾量为 135 kg/hm² 时,陆两优 996 两个穗期施钾处理的茎秆抗折力较穗期不施钾处理高 9.80% 和 5.88%;施钾量为 180 kg/hm² 时,高 6.41% 和 0.92%。其中 5:2:3 处理的提高作用大于 5:0:5 处理。

表 5 钾肥施用时期对株高及茎秆特性的影响

Tab. 5 Effects of potassium application period on rice plant height and stem characters

处理 Treatment	株高/cm Plant height	节间长度(由上至下)/cm Internode length from top to bottom					倒 1 节大维管束数量 Number of large vascular bundles in the uppermost internode	茎秆抗折力/ (N·茎 ⁻¹) Break force	
		I	II	III	IV	V			
陆两优 996	K135(5:5:0)	91.93	29.26	18.32	14.32	8.05	18.29	0.102	
Luliangyou996	K135(5:2:3)	92.11	29.49	18.40	14.03	8.05	18.39	0.112	
	K135(5:0:5)	92.40	29.51	18.48	14.01	8.10	18.44	0.108	
	K180(5:5:0)	92.72	29.57	18.45	14.54	8.23	18.69	0.109	
	K180(5:2:3)	93.11	29.70	18.93	14.84	8.33	19.00	0.116	
	K180(5:0:5)	92.85	29.60	18.62	14.77	8.32	18.84	0.110	
天优华占	K135(5:5:0)	102.51	36.15	21.02	13.31	6.56	3.23	17.83	0.170
Tianyouhuazhan	K135(5:2:3)	102.88	36.44	21.11	13.62	6.74	3.29	18.00	0.175
	K135(5:0:5)	103.30	36.66	21.30	13.80	6.54	3.38	18.29	0.170
	K180(5:5:0)	104.89	36.77	21.20	14.30	6.55	3.55	18.50	0.202
	K180(5:2:3)	105.78	37.19	21.32	14.72	6.72	3.71	18.90	0.205
	K180(5:0:5)	105.19	37.05	21.15	14.57	6.72	3.66	18.78	0.191

2.6 施钾时期对稻米品质的影响

表 6 表明,不同施钾时期双季晚稻天优华占的稻米品质影响很小,但提高双季早稻陆两优 996 的整精米率和垩白米率,对陆两优 996 的其他稻米品质性状的影响无明显规律性。

3 小结与结论

作物的合理施肥包括施用量、施用时期和施用方法。本研究表明,相同施钾量时,将施钾总量的 30% 做穗肥施用,对提高水稻产量有一定的作用。这与叶定池等^[9]、姚振飞等^[13]的研究结果相一致。

表 6 钾肥施用时期对稻米品质的影响
Tab. 6 Effect of potassium application period on rice quality character

处理 Treatment		出糙率/% Brown	精米率/% Milled ratio	整精米率/% Head rice ratio	垩白率/% Chalky ratio	垩白度/% Chalkiness	直链淀粉/% Amylose	胶稠度/mm Gel consistency	蛋白质/% Protein
陆两优 996	K135(5:5:0)	83.00	71.50	42.70	90.00	10.80	21.40	40.00	8.80
Luliangyou996	K135(5:2:3)	83.00	71.20	44.00	95.00	11.40	24.20	40.00	8.58
	K135(5:0:5)	83.00	70.40	43.80	92.00	9.60	22.80	40.00	8.60
	K180(5:5:0)	82.40	69.60	41.20	74.00	8.10	23.00	40.00	8.84
	K180(5:2:3)	82.80	70.00	45.00	93.00	13.00	22.60	40.00	9.16
	K180(5:0:5)	82.80	70.80	44.90	92.00	9.20	23.80	40.00	9.10
天优华占	K135(5:5:0)	82.30	72.40	63.40	20.00	2.40	23.20	50.00	8.49
Tianyouhuazhan	K135(5:2:3)	81.80	72.00	64.80	20.00	1.60	22.60	60.00	8.37
	K135(5:0:5)	80.60	70.60	63.00	20.00	2.00	23.00	60.00	8.69
	K180(5:5:0)	81.80	71.40	63.40	18.00	1.60	22.80	60.00	8.62
	K180(5:2:3)	82.20	72.00	63.40	14.00	1.40	22.70	60.00	8.60
	K180(5:0:5)	81.60	72.40	64.20	20.00	2.00	22.80	60.00	8.80

潘晓华等^[14-15]研究指出,水稻生育后期施钾对提高光合速率、促进同化物运转和延缓衰老具有显著作用。本研究同样表明,穗期施用一定比例的钾肥有利于延缓衰老,提高茎秆的抗折力。这一研究结果说明,欲提高水稻产量,不仅后期要施用一定比例的氮^[7],也应将 30% 左右的钾肥作穗肥施用,即将 30% 左右的氮钾肥作穗肥施用是理想的肥料运筹方法。

目前关于钾肥施用时期对稻米品质影响的研究很少。叶定池等^[9]研究表明,相同施钾量时,不同施钾时期对精米率有较大影响。但本研究表明,穗期施钾可提高双季早稻陆两优 996 的整精米率和垩白米率,但对双季晚稻天优华占的稻米品质没有影响。施钾时期对双季早、晚稻稻米品质影响的差异机理需进一步研究。

参考文献:

- [1] 陆景陵. 植物营养学: 上册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 59.
- [2] 徐大勇, 金军, 杜永, 等. 氮磷钾肥运筹对水稻子粒蛋白质和氨基酸含量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(4): 506-508.
- [3] Nour M A, A E Abd EI - Wahab. Productivity of some rice cultivars under different irrigation intervals and potassium levels [J]. Egypt J Appl Sci, 1997, 12(6): 137-154.
- [4] 丁静. 水稻钾肥用量与产量效应的研究 [J]. 贵州农业科学, 2002, 30(4): 43-44.
- [5] 赵孔南. 水稻产量构成因素和产量的变化与钾素营养 [J]. 浙江农业大学学报, 1983, 9(3): 10-14.
- [6] 李卫国. 钾肥对水稻产量及其构成因素的影响 [J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2002, 25(3): 263-264.
- [7] 凌启鸿. 作物群体质量 [M]. 上海: 科学技术出版社, 2000: 154-197.
- [8] 王盛强, 甄若宏, 丁艳锋, 等. 钾肥用量对优质粳稻钾素积累利用及稻米品质的影响 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1444-1450.
- [9] 叶定池, 林华, 赵佩欧, 等. 钾肥实用技术对水稻产量及稻米品质的影响 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13(17): 91-92.
- [10] 张玉屏, 曹卫星, 朱德峰, 等. 红壤稻田钾肥施用量对超级稻生长及产量的影响 [J]. 中国水稻科学, 2009, 23(6): 633-638.
- [11] 杨金良. 施肥对优质稻米产量和品质的影响 [J]. 土壤肥料, 2004(6): 13-16.
- [12] 唐湘如, 余铁桥. 磷钾肥对饲用稻产量和蛋白质含量的影响及其机理研究 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(4): 372-377.
- [13] 姚振飞, 刘震美, 高文伟, 等. 水稻磷钾肥运筹技术研究 [J]. 江苏农业科学, 1999(4): 54-55, 57.
- [14] 潘晓华, 王永锐. 始穗期施氮钾肥对两系稻 N31S/P40 结实性的影响 [J]. 江西农业大学学报, 1996, 18(2): 174-179.
- [15] 潘晓华, 王永锐. 两系杂交稻始穗期追氮钾肥对同化物运输与分配的影响 [J]. 江西农业大学学报, 1996, 18(3): 252-258.