

氮磷钾肥运筹对稻米直链淀粉含量和淀粉黏滞谱特征参数的影响

徐大勇^{1,2} 金 军² 胡曙¹ 高 云¹ 杨建昌² 朱庆森^{2,*}

(¹ 徐淮地区连云港农科所, 江苏连云港 222006; ² 扬州大学农学院, 江苏扬州 225009)

摘要:通过盆栽试验和大田试验,研究了 N、P、K 肥运筹对稻米直链淀粉含量和淀粉黏滞谱特征参数的影响。结果表明,随施氮期后移,直链淀粉含量下降,最高黏度值在生长前期施用不同品种间变化趋势有一定差异,但后期均呈下降趋势,消减值呈上升趋势,崩解值和回复值在倒 3 叶以前上升而后下降。施氮量增加,使直链淀粉含量降低,最高黏度值和崩解值下降,消减值和回复值增大。磷肥运筹对稻米直链淀粉含量和回复值影响不明显,对稻米的最高黏度值和崩解值有影响,以全部作基肥最高,后期施磷肥,最高黏度值有呈降低趋势。增施钾肥和后期施钾肥,使直链淀粉含量增加,最高黏度值和崩解值上升,消减值和回复值下降。通过适当少施氮肥或施氮肥时期前移,适期增施钾肥和追施钾肥,可提高稻米食味品质。

关键词:稻米; N、P、K 肥; 运筹; 直链淀粉含量; 淀粉黏滞谱特征

中图分类号: S511

Effects of N, P, K Fertilizer Management on Grain Amylose Content and RVA Profile Parameters in Rice

XU Da-Yong^{1,2}, JIN Jun², HU Shu-Yun¹, GAO Yun¹, YANG Jian-Chang², ZHU Qing-Sen^{2,*}

(¹ Institute of Xuhuai Area Lianyungang Agricultural Sciences, Lianyungang 222006, Jiangsu; ² Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu, China)

Abstract: Effects of N fertilizer application time and N, P, K fertilizer management on grain amylose content and RVA profile parameters in rice were studied with pot and field experiments. Results showed that with the delay of nitrogen fertilizer application, amylose content decreased, peak viscosity of two cultivars had different changing trends during early growing stages and then all decreased, setback got higher, breakdown and consistency got higher when N fertilizer applied before the 3 leaf from top was grown, but got lower after that. When nitrogen fertilizer application increased, amylose content decreased, peak viscosity and breakdown got smaller, and setback and consistency got higher. P fertilizer had no obvious influence on the amylose content and the consistency, when P fertilizer was applied as basal fertilizer the peak viscosity and breakdown were the highest. With the delay of P fertilizer application, only peak viscosity decreased. With the increase and delay of K fertilizer application, amylose content increased, peak viscosity and breakdown got higher, setback and consistency got lower. The decrease or earlier application of N fertilizer, and the increase and the additional application of K fertilizer might improve grain taste quality of rice.

Key words: Rice; N, P, K fertilizer; Management; Amylose content (Ac); Starch viscosity property

稻米的品质主要通过加工品质、外观品质、蒸煮食用品质、营养品质和卫生品质等 5 个方面来评价。蒸煮食用品质,主要有胶稠度和直链淀粉含量 2 项指标,从目前研究结果看,仅用这 2 项理化指标来确切地评价稻米食味品质尚显不足^[1~3]。稻米淀粉黏滞特性也是反映稻米蒸煮食用品质的理化指标,与

稻米食味品质有比较密切的关系,已有研究^[4,5]表明,最高黏度值和下降黏度值与食味、黏性及总评分正相关,消减值与食味负相关,食味品质优良的品种具有最高黏度值及崩解值大、消减值小等特点。因而稻米淀粉黏滞谱速测仪(Rapid Viscosity Analyzer, 简称 RVA)作为一种稻米食用品质鉴定手段,已引

基金项目:江苏省“333”人才工程资助项目(2001-1-13)、江苏省农科院基金项目(6210303)资助。

作者简介:徐大勇(1964-),男,江苏赣榆人,副研究员,农学博士,主要从事水稻大麦遗传育种工作。E-mail: xudayong3030@sina.com。*通讯作者:朱庆森。Tel: 0514-7979317; E-mail: zhug5@yzu.edu.cn

Received(收稿日期):2003-12-08, Accepted(接受日期):2004-12-01.

起了稻米品质研究者的广泛关注^[6]。目前关于氮素施用量对稻米淀粉黏滞谱特征的影响国内外已有报道^[7],但关于 N、P、K 肥运筹对稻米淀粉黏滞谱特征的综合影响国内外报道较少。本研究利用盆栽和大田试验,研究了 N、P、K 肥运筹对稻米淀粉黏滞谱特征参数的影响,旨在为水稻优质高产栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

1.1.1 盆栽试验

1.1.1.1 供试品种 中粳连粳 3 号和广陵香粳,均为江苏省生产上大面积种植品种。

1.1.1.2 处理设置 每盆施用 1.5 g 纯氮,分别于倒 5 叶、倒 4 叶、倒 3 叶、倒 2 叶和倒 1 叶期追施,不施为对照,共计 6 个处理,分别记为 CK、1、2、3、4、5。

1.1.1.3 试验条件 试验用高 30 cm、上下口直径分别为 33 cm 和 21 cm 的釉面盆钵。盆栽所用的稻田土壤水解氮、速效磷、速效钾含量分别为 7.6 mg/kg、13.6 mg/kg、48.8 mg/kg。每盆施 N、P、K 量为 15 15 15 复合肥 10 g 作基肥,尿素 2 g 作分蘖肥。每盆栽 4 穴,每穴 1 苗,每处理 6 盆。试验于 2001 年在连云港市农技推广中心网室内进行。

1.1.2 田肥料运筹试验

1.1.2.1 试验条件 供试品种为中粳早丰 9 号。前茬为小麦,土壤为黏黑土,含有机质 1.80%、全氮 0.12%、可溶性氮 81.60 mg/kg、速效磷 14.95 mg/kg、速效钾 158.80 mg/kg。5 月 12 日播种,6 月 15 日移栽,随机区组,重复 3 次,小区面积为 13.3 m²,行距 30 cm,穴距 10 cm,每穴 2 苗。N 肥运筹试验,折合每 hm² 施入 120 kg P₂O₅、60 kg K₂O,全作基肥。P、K 肥试验,折合每 hm² 施用 270 kg 纯氮,基肥 70%,穗肥 30%。每小区用塑料薄膜包埂,以防肥料互串。其他管理同大田。试验于 2001 年在连云港市农技推广中心试验站进行。

1.1.2.2 氮肥运筹试验 计 5 个处理,详见表 1。

1.1.2.3 磷肥运筹试验 计 4 个处理,对照,不施 P; 120 kg P₂O₅/hm²,全部作基肥; 120 kg P₂O₅/hm²,50%作基肥,50%作拔节肥; 120 kg P₂O₅/hm²,50%作基肥,50%作保花肥。

1.1.2.4 钾肥运筹试验 计 4 个处理,对照,不施 K; 60 kg K₂O/hm²,全部作基肥; 60 kg K₂O/hm²,50%作基肥,50%作拔节肥; 60 kg K₂O/

hm²,50%作基肥,50%作保花肥。

表 1 氮肥运筹试验设计

Table 1 Design of N fertilizer management (kg N/hm ²)			
处理 Treatment	基肥 Basal fertilizer	分蘖肥 Tillering fertilizer	保花肥 Spikelet-protect fertilizer
	0	0	0
	120	60	0
	0	60	120
	60	60	120
	120	60	60

1.2 取样与测定

1.2.1 取样 盆栽试验,每处理取相邻两盆考种和籽粒混收计产。田间试验,每小区取混合样 1.0 kg 作品质分析,测定前各处理统一用 NP-4350 型风选机等风量风选。

1.2.2 直链淀粉含量测定 按照中华人民共和国国家标准《GB/T 17891-1999 优质稻谷》中方法进行测定。

1.2.3 淀粉黏滞谱(RVA)分析 采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 Super3 型 RVA 快速测定淀粉黏滞谱特征参数,用 TWC(Thermal Cycle for Windows)配套软件进行分析;按照 AACCC(美国谷物化学家协会)规程(1995-61-02)和 RACI 标准方法,当米粉含水量为 12.00%时,样品量为 3.000 0 g,蒸馏水为 25.000 0 g。在搅拌过程中,罐内温度变化为:50 下保持 1 min,以 11.84 /min 的速度升温到 95 (3.8 min)并保持 2.5 min,再以 11.84 /min 的速度下降到 50 并保持 1.4 min。搅拌器的转动速度在起始 10 s 内为 960 r/min,之后保持在 160 r/min。

稻米 RVA 谱特征参数包括最高黏度(peak viscosity)、热浆黏度(hot viscosity)、最终黏度(final viscosity)、崩解值(breakdown,为最高黏度—热浆黏度)、消减值(setback,为最终黏度—最高黏度)和回复值(consistency,为最终黏度—热浆黏度)等,单位为 cP(centiPoise)。

以上分析在扬州大学农学院农业部作物栽培生理重点实验室内进行。

2 结果与分析

2.1 施氮时期

从图 1 可以看出,连粳 3 号和广陵香粳 2 个品种的直链淀粉含量均随施氮期后移而下降。最高黏度值表现不同,连粳 3 号以对照最高,随施氮时期后移呈下降趋势,而广陵香粳以对照最低,倒 5 叶至倒 3 叶施肥呈上升趋势,倒 3 叶以后呈下降趋势。崩

解值,2 品种倒 3 叶以前施肥均呈上升趋势,以后呈下降趋势。消减值,2 个品种均随施氮时期后移而上升。回复值,2 个品种在倒 3 叶以前施肥呈上升

趋势,在倒 3 叶以后施肥则呈下降趋势。以上结果表明,氮肥运筹对稻米直链淀粉含量和淀粉黏滞谱特征参数影响较大。

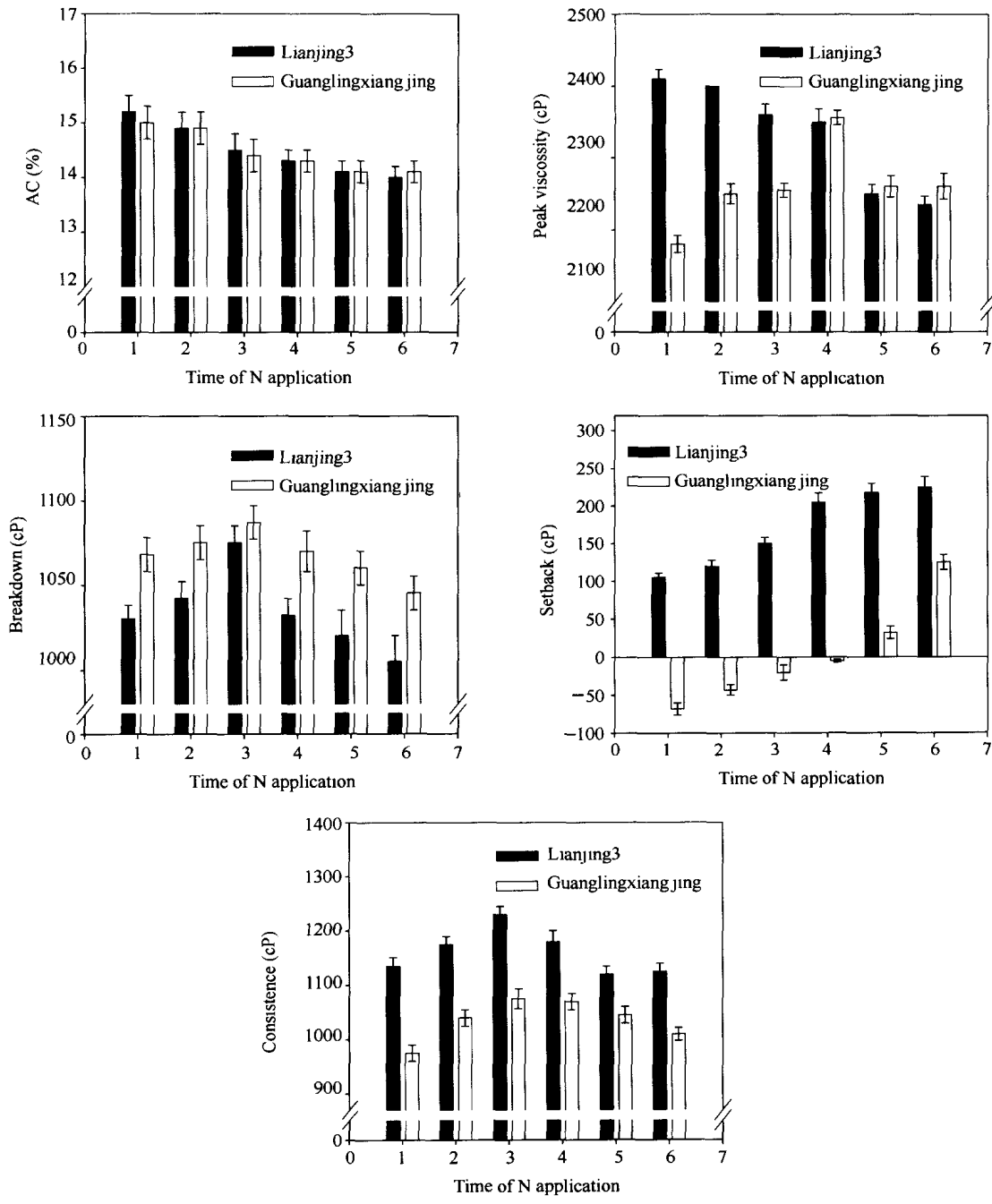


图 1 分期施肥对稻米直链淀粉含量和淀粉 RVA 谱特征值的影响

Fig. 1 Effects of N-fertilizer applied in different growth stages on the amylose content and RVA profile parameters

CK:对照,不施肥;1:倒 5 叶;2:倒 4 叶;3:倒 3 叶;4:倒 2 叶;5:倒 1 叶。

CK; 1: The fifth leaf from top; 2: The fourth leaf from top; 3: The third leaf from top; 4: The second leaf from top; 5: The first leaf from top.

2.2 氮肥施用量与运筹

表 2 表明,氮肥运筹方式对直链淀粉含量和淀

粉谱黏滞谱特征参数有着不同程度的影响。直链淀粉含量以处理 (对照) 最高,处理 最低,处理 、

、之间差异显著,与之间差异不显著,表明增加用氮量或施用时期后可降低稻米直链淀粉含量。最高黏度值以处理最高,依次为处理、和,各处理相互间差异显著,处理与、与的氮用量相同,但前后运筹不同,和后期施氮相对较多,最高黏度值分别低66 cP和80 cP,最高黏度值有随用氮量增加和施肥期后移而下降的趋势。崩解值以处理最高,依次为、、、,各处理

间仅有处理、间差异不显著。消减值以处理最大,处理最小,除处理、之间差异不显著外,其他3个处理差异显著。回复值以处理最大,处理最低。以上结果表明,随施氮量增加,尤其是后期增加,直链淀粉含量降低,最高黏度值和崩解值下降,消减值和回复值增大。各处理中,以不施氮肥(CK)的最高黏度值和崩解值最大,消减值和回复值最小。

表2 氮肥运筹对直链淀粉含量和RVA参数的影响
Table 2 Effect of N fertilizer management on amylose content and RVA profile parameters

处理 Treatment	直链淀粉含量 Amylose content (%)	最高黏度值 Peak viscosity (cP)	崩解值 Breakdown (cP)	消减值 Setback (cP)	回复值 Consistency (cP)
(CK)	16.7 a	2 914 a	1 501 a	- 180 d	1 279 d
	16.4 b	2 760 b	1 418 b	- 118 c	1 294 c
	16.0 c	2 694 c	1 362 c	- 29 b	1 333 a
	15.5 d	2 577 e	1 314 d	8 a	1 315 b
	15.7 d	2 657 d	1 327 d	- 5 a	1309 b

注:用LSD法进行显著性检验,字母不同者表示差异显著, $P < 0.05$,表3、表4同。

Notes: The same testing items followed by the same letter are not significantly different as determined by LSD at $P < 0.05$. The same in Table 3 and Table 4.

2.3 磷肥运筹

表3表明,直链淀粉含量在4个磷肥处理间差异不显著。最高黏度值以处理最高,依次为处理、、,处理与处理II、III和差异显著,处理与、差异显著,处理与差异不显著,这说明最高黏度值以磷肥全量作基肥比作拔节肥或保花肥显著提高,而在拔节期和孕穗期追施磷肥差异不明显。崩解值以处理最高,依次为处理、、,

仅处理与、、差异显著,处理、、差异互不显著,说明增施磷肥对提高崩解值有利。消减值以处理最低,与其他3个处理差异显著,其余处理间差异互不显著。回复值4个处理间均无显著差异。以上结果表明,磷肥运筹对直链淀粉含量无明显影响,对淀粉黏滞谱特征参数有一定影响,以磷肥全部作基肥,最高黏度值最高、崩解值较大、消减值最低;磷肥施用期后移最高黏度值呈下降的趋势。

表3 磷肥运筹对直链淀粉含量和RVA参数的影响
Table 3 Effect of P fertilizer management on amylose content and RVA profile parameters

处理 Treatment	直链淀粉含量 Amylose content (%)	最高黏度值 Peak viscosity (cP)	崩解值 Breakdown (cP)	消减值 Setback (cP)	回复值 Consistency (cP)
(CK)	13.9 a	2 214 c	1 049 b	139 a	1 188 a
	14.0 a	2 319 a	1 081 a	105 b	1 179 a
	14.2 a	2 250 b	1 076 a	139 a	1 181 a
	14.1 a	2 243 b	1 068 a	134 a	1 191 a

2.4 钾肥运筹

表4表明,直链淀粉含量以处理最高,处理最低,处理与差异不显著,处理、与、差异显著,处理与差异不显著,说明钾肥作拔节肥或保花肥较不施或全部基施,明显增加直链淀粉含量。最高黏度值4个处理间差异均达显著水平,各处理的大小顺序为处理、、、,说明增施钾肥

有利于提高最高黏度值,且随施用期后移,其影响效应增大。崩解值的大小顺序为处理、、、,处理与差异不显著,处理与、差异显著,处理与差异不显著、与差异显著,处理与差异不显著,表明随施钾期后移崩解值有增加的趋势。消减值皆为负值,大小依次为处理、、、,处理与差异不显著、与和差异显著,处理、

表4 钾肥运筹对直链淀粉含量和RVA参数的影响
Table 4 Effect of K fertilizer management on amylose content and RVA profile parameters

处理 Treatment	直链淀粉含量 Amylose content (%)	最高黏度值 Peak viscosity (cP)	崩解 Breakdown (cP)	消减值 Setback (cP)	回复值 Consistency (cP)
(CK)	14.3 b	2 310 d	1 336 c	- 105 a	1 297 a
	14.5 b	2 558 c	1 343 bc	- 118 ab	1 288 a
	14.9 a	2 626 b	1 362 ab	- 129 b	1 267 b
	15.4 a	2 657 a	1 378 a	- 135 b	1 249 c

、之间差异互不显著,说明消减值随施肥期后移有下降的趋势。回复值大小依次为处理、,、,处理与、差异不显著,处理与、和、差异均显著,说明钾肥用量增加和施用期后移均使回复值降低。以上结果表明,增施钾肥及后期施钾对淀粉黏滞谱特征参数影响较大,呈现出最高黏度值和崩解值升高、消减值和回复值降低的趋势。

3 讨论

3.1 本试验表明,增施氮肥和施氮时期后移使直链淀粉含量下降,与前人研究结论基本一致^[8]。关于磷肥的作用,戴平安等^[9]研究认为在不同的氮水平下,随着磷肥施用量的提高,直链淀粉含量呈下降趋势;程旺大等^[10]认为磷肥对直链淀粉含量影响不显著。本研究表明,磷肥施用期和施用量对稻米直链淀粉含量影响不明显,处理间差异不显著。关于钾肥的影响,本研究表明,增施钾肥或施用期后移,有增加稻米直链淀粉含量的趋势,与戴平安等^[9]、程旺大等^[10]研究结果基本相同,但与陶其骥等^[11]研究结果不同,其差异的原因,可能与供试土壤含钾量和供试材料对钾的敏感程度有关,对此有待进一步研究。

3.2 已有研究表明,食味品质优良的品种一般最高黏度值和崩解值大、消减值小,最高黏度值随施氮量增加降低^[5,7];稻米品质特性除了受遗传因素控制外,受氮素影响较大,但不同品种或品质特性对氮素的敏感程度存在差异^[12,13]。本研究表明,淀粉黏滞谱特征在不同环境下表现不相同,如在不施氮肥处理中,连粳 3 号的最高黏度值为 2 410 cP,比广陵香粳高 230 cP,而在倒 2 叶施氮肥时,连粳 3 号的最高黏度值为 2 250 cP,比广陵香粳低 10 cP,说明水稻品种淀粉黏滞谱特征的表现与所处环境密切相关,在评价品种的稻米品质时应予注意。不同品种对氮肥敏感性也不一样,从施氮时期对 2 个粳稻品种淀粉黏滞谱特征影响来看,崩解值、消减值和回复值变化趋势基本相同,但最高黏度值变化趋势不相同,连粳 3 号的最高黏度值随施氮期后移呈下降趋势,而广陵香粳的最高黏度值,在倒 5 和倒 4 叶期施氮肥呈上升趋势,在倒 3 叶时达最高,此后呈下降趋势;从施肥量来看,本试验供试的 3 个粳稻品种中有 2 个在不施氮时最高黏度值最大,而广陵香粳在倒 3 叶期前,施氮肥比不施氮显著增高,说明就最高黏度值而言,不同基因型对氮肥的反应存在差异,依据品种高黏度值施氮反应的特性,适量、适期施氮可使食味品质提高。

本试验还表明,磷、钾肥对淀粉黏滞谱特征参数

有一定的影响,且磷、钾效应不同,磷肥作追肥与全部作基肥相比,最高黏度值和崩解值有降低趋势,而钾肥作追肥则最高黏度值和崩解值升高,消减值降低。

综合上述,为了提高稻米的食味品质,水稻生产上可采取适度减少氮肥施用量或施氮时期前移,磷肥作基肥,增施钾肥和中后期适量补钾等技术措施。此外,针对不同品种的施肥对策亦应有所变化。

References

- [1] Xiang Y-H(向远鸿), Tang Q-Y(唐启源), Huang Y-X(黄燕湘). Study on correlative relation between quality characters of rice. *Journal of Hunan Agricultural College* (湖南农业学报), 1990, 16(4): 325 - 329 (in Chinese with English abstract)
- [2] Chen Y(陈艳), Zhu Z-W(朱智伟), Zhang B-P(张伯平). Correlation between eating quality and physico-chemical properties of rice. *Chinese Journal of Rice Science* (中国水稻科学), 1997, 11(2): 70 - 76 (in Chinese with English abstract)
- [3] Zhang W-X(张文绪), Tang S-X(汤圣祥). A preliminary study on cooking quality of rice in China. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1981, 5: 32 - 39 (in Chinese with English abstract)
- [4] Shu Q-Y(舒庆尧), Wu D-X(吴殿星), Xia Y-W(夏英武). Relationship between RVA profile characters and eating quality in *Oryza sativa* L. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 1998, 31(3): 25 - 29 (in Chinese with English abstract)
- [5] Jin Z-X(金正勋), Qiu T-Q(秋太权), Sun Y-L(孙艳丽), Jin B-Z(晋宝忠). Study on the varietal variation of the cooking and eating quality properties of rice grain in Heilongjiang. *Heilongjiang Agricultural Science* (黑龙江农业科学), 2000, (1): 1 - 4 (in Chinese with English abstract)
- [6] Bason M L. Assessing rice quality using the RVA-results of an international collaborative trial. *RVA World*, 1994, (6): 2 - 5
- [7] Jin Z-X(金正勋), Qiu T-Q(秋太权), Sun Y-L(孙艳丽), Zhao J-M(赵久明), Jin X-Y(金学泳). Effects of nitrogen fertilizer on chalkiness ratio and cooking and eating quality properties of rice grain. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* (植物营养与肥料学报), 2001, 7(1): 31 - 35 (in Chinese with English abstract)
- [8] Que J-H(阙金华), Zhang H-C(张洪程), Dai Q-G(戴其根). Progress of effect of nitrogen fertilizer on rice grain quality. *Jiangsu Agricultural Science* (江苏农业科学), 2002, (6): 14 - 16 (in Chinese)
- [9] Dai P-A(戴平安), Liu X-H(刘向华), Yi G-Y(易国英). Study on effect of NPK and organic fertilizer amount on the grain quality and yield in rice. *Crop Research* (作物研究), 1999, (3): 6 - 30 (in Chinese)
- [10] Cheng W-D(程旺大), Cheng F-M(程方民), Wu W(吴伟), Lu J-X(陆建贤), Zhao G-P(赵国平), Zhang G-P(张国平). Effects of rational applying ratios of NPK combined on yield and quality of direct-seeded late japonica rice. *Acta Agricultural University Jiangxi* (江西农业大学学报), 2000, 22(2): 174 - 177 (in Chinese with English abstract)
- [11] Tao Q-X(陶其骥), Luo Q-X(罗奇祥), Liu G-R(刘光荣), Li Z-Z(李祖章). Effect of K application on quality of crop products. *Acta Agriculture Jiangxi* (江西农业学报), 1999, 11(3): 29 - 34 (in Chinese with English abstract)
- [12] Lim S.J. Varietal variation of amylogram properties and its relationship with other eating quality characteristics in rice. *Korean J Breed*, 1995, 27(3): 268 - 275
- [13] Kim K H. Varietal variation of cook quality and interrelationship between cooking and physico-chemical properties of rice grain. *Korean J Crop Sci*, 1994, 39(1): 45 - 54