

基肥氮后移对早造杂交稻产量、品质及米粉糊化特征的影响

蔡一霞¹, 刘春香¹, 王维², 杨静², 张祖建³, 秦松欣²

(1 华南农业大学, 农业部生态农业重点开放实验室, 广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室, 广东 广州 510642;
2 华南农业大学 农学院, 广东 广州, 510642; 3 江苏省作物遗传生理重点实验室, 扬州大学 农学院, 江苏 扬州 225009)

摘要:以杂交组合华优 8305、华优香占和培杂 35 为材料, 用常规籼稻华梗粳 74 为对照, 在施氮总量不变的基础上, 减少基肥中氮的施用, 研究了部分氮肥后移至抽穗期追施对早造杂交稻产量与主要品质性状及米粉糊化特征的影响。结果表明, 将基肥氮后移至抽穗期施用对早造杂交稻产量及品质有一定影响, 具体表现为整精米率和籽粒粗蛋白含量显著增加, 米粉流胶长度变长, 胶稠度变软, 稻米垩白的变化因品种而异。杂交稻米粉 RVA 谱黏滞曲线和米粉在尿素中的糊化特征也明显受到基肥氮后移的影响, 最高粘度和热浆粘度明显提高, 最终粘度、崩解值和回复值显著降低, 基肥氮后移处理的米粉在相同浓度尿素 (4~7 mol/L) 溶液中的膨胀体积要明显大于一次基施处理。可见, 在减少基肥氮施用、部分氮肥后移至抽穗期施用的情况下, 能提高稻米产量、改善部分品质性状。

关键词:氮肥; 杂交稻; 品质; 糊化特征; 抽穗期

中图分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2011)02-0001-05

Grain Yield, Quality and the Gelatinization of Rice Flour in Early Hybrid Rice as Affected by Basic Nitrogen Postponed for Heading Stage

CAI Yi-xia¹, LIU Chun-xiang¹, WANG Wei², YANG Jing², ZHANG Zu-Jian³, Qin Song-xin²

(1 South China Agricultural University, Key Laboratory of Ecological Agriculture of Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions, Guangzhou 510642, China; 2 College of Agriculture, Guangzhou 510642, China; 3 Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Agricultural College of Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: Three hybrid combinations of Huayou8305, Huayouxiangzhan and Peiza35 were used as materials to study the effects of postponing nitrogen application time on yield, grain quality and rice flour RVA profile by field experiment. The results showed that yield and quality of hybrid rice was influenced by nitrogen fertilizer applied at heading stage when the amount of nitrogen as basal fertilizer was reduced. Increase in the head milled rice and crude protein content were found, gel consistency became soft, and chalk was varied according varieties when basic nitrogen was postponed to heading stage. The pronounced effects were observed on the RVA profile and the gelatinization of rice flour dissolved in urea with different concentration. When postponing nitrogen application time, the peak viscosity and through viscosity were enhanced, but final viscosity, breakdown and setback were reduced significantly. The swelling volume of rice flour with nitrogen application postponed was more than that with total nitrogen applied before transplanting when dissolved in urea with concentration from 4 to 7 mol/L. It was concluded that N application postponed to heading stage availed the ascending of rice yield and the improving of rice quality in part.

Key words: nitrogen; hybrid rice; grain quality; gelatinization; heading stage

收稿日期: 2010-03-21

作者简介: 蔡一霞 (1976—), 女, 副教授, E-mail: caiyixia@scau.edu.cn

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金 (30700484); 广东省自然科学基金博士启动基金 (5300357)

自杂交稻推广以来,我国水稻生产取得了突破性进展,水稻单产大幅度提高,对我国的粮食安全具有极其重要的作用.除了品种固有的产量潜力外,化肥的施用(尤其是氮肥)是水稻单产增加的重要措施^[1].为追求高的群体茎蘖数和产量,杂交稻前期氮肥(特别是基肥和分蘖肥)偏重,属于典型的早发“一头轰”^[2].而水稻的吸肥并不是集中在前期,因此很多肥料都流失到环境中去,导致肥料的利用率较低,并造成严重的环境污染.因此,前人在水稻产量、稻株氮素积累、转移特性的差异及其与氮素利用效率的相互关系方面作了大量的研究^[3-5],提出了水稻高产节氮的管理模式,并在大面积生产上广泛应用^[4].研究表明杂交稻抽穗后有较强的氮素吸收能力^[5-7],氮肥作穗粒肥施用增产效果要比基肥和蘖肥好,且提高了氮肥利用率,适当减少基肥和蘖肥的用量,实行氮肥后移,有利于实现增产增收环保的方向^[8-10].但这种氮肥后移对杂交稻米质的影响目前报道较少^[11].

氮肥作为增产的一项重要栽培措施,有关氮肥种类、施用期、施用量及其与其他营养元素的配比等与稻米品质关系有较多研究报道^[12-14].但由于稻米品质是一综合评价,涉及众多品质指标,且各品质指标之间的关系复杂,加之生态环境变化、稻作的熟制类型差异以及种植品种的不同,导致有关氮肥对稻米品质性状的影响结果不尽一致^[14-18].且以往的研究大多是在以产量为主攻目标的基础上分析了施氮对品质的影响,这在一定程度上给水稻调优栽培技术的制定带来一定困难;而对优质高产环保三重目标的研究鲜有报道.本研究在总施氮量不变的基础上,通过减少杂交稻生育前期氮肥的施用,探讨部分氮肥后移至抽穗期施用对水稻产量、品质及米粉糊化特征的影响.目的是提高水稻产量与品质性状的同时,减少基肥用量,保护生态环境,为水稻的可持续栽培技术提供理论和实践依据.

1 材料与方法

1.1 材料

以3个杂交组合华优8305、华优香占和培杂35(以下统称品种)为材料,用常规籼稻品种华梗籼74为对照.

1.2 试验设计

试验于2008年早季在华南农业大学校内实验基地进行.试验地前茬旱地,土壤为红壤土,耕作层 w (有机质)1.28%,碱解氮80.79 mg/kg,速效磷19.28 mg/kg,速效钾96.62 mg/kg.于3月4日浸种后播种,4月1日移栽,每个材料单本栽插,株行距

16 cm×20 cm,每穴2苗,每个材料移栽300穴,小区面积为9.6 m².

水稻氮肥(纯N)用量为196 kg/hm²(约合尿素420 kg/hm²),设2种氮肥运筹方式:氮肥全部基施(N0);部分基肥氮后移至抽穗期施用(N1),即基肥尿素360 kg/hm²,抽穗期施用尿素60 kg/hm².各处理基施磷肥(P₂O₅)105 kg/hm²、钾肥(K₂O)105 kg/hm².每个处理设3个重复,随机区组排列.其他管理与大面积生产一致.

1.3 测定的内容与方法

1.3.1 产量及其构成因子的测定 成熟期每个处理取50穴稻株的穗装入尼龙网袋中,放在太阳下充分晒干后脱粒,称质量,计小区产量.结实率用水漂法,结实率=比重大于1的籽粒数/总粒数×100%.

1.3.2 主要米质性状的测定 计产后的种子经风选后贮藏3个月,用于米质主要性状指标的测定,包括出糙率、整精米率、垩白粒率、垩白度、粒长、粒型(长/宽)、直链淀粉含量和胶稠度等,具体方法参照GB/T17891—1999^[19]的方法测定.精米中粗蛋白含量根据NY147—88^[20]的方法测定,用凯氏定氮仪测定精米中的含氮量,换算系数为5.95.

1.3.3 杂交稻米粉黏滞特性和尿素溶液中米粉胶稠化特征的测定 米粉黏滞性测定:用澳大利亚Newport Scientific仪器公司生产的Super3型RVA(Rapid viscosity analyzer)快速测定淀粉粘滞谱特性,用TCW(Thermal cycle for windows)配套软件进行分析;按照AACCC(美国谷物化学协会)规程(1995-61-02)标准方法^[21],用最高粘度、热浆粘度、崩解值、最终粘度、消减值表示RVA谱特征值.

尿素溶液中米粉胶稠化特征的测定:参照Nish等^[22]和Sato等^[23]的方法,略作修改如下:精确称取20 mg过100目筛的米粉于2 mL Eppendorf管中,加0~9 mol/L尿素1 mL(用醋酸调节pH至6.0),混匀,于25℃恒温箱中24 h,然后将悬浮液在室温下8 500 r/min离心20 min,静置1 h,米粉的糊化特征用试管中悬浮液体积增加量来表示,即用1 mL减去静置1 h时后液面的体积读数获得.同时从用4 mol/L尿素溶解的试管中,吸取0.5 mL粗淀粉悬浮液于10 mL试管中,再加入0.2 mL KI-I₂试剂(2 g/L I₂+20 g/L KI),再加4.3 mL蒸馏水,摇匀,用PE Lambda25分光光度计于400~720 nm扫描,记录最大吸收波长和吸光度.

1.4 数据分析

所有数据均用Excel统计软件分析,2个平均数的差异性检验用成组数据的 t 检验,差异显著水平为0.05, Sigmaplot软件绘图.

2 结果与分析

2.1 基肥氮后移对早造杂交稻产量及其构成因子的影响

由表1看出,本试验条件下基肥氮后移对华梗粳74和华优香占的产量及其构成因子无显著影响,但却明显影响华优8305和培杂35的产量、结实率及穗数。华优8305氮肥后移处理的产量和结实率分别显著提高了0.24 kg(按50穴计算)和1.99%,培杂35的产量和结实率分别提高了0.27 kg(按50次计算)和2.1%。究其原因可能与氮肥后移提高其成穗率(数据未列出)有关。基肥氮后移到抽穗期后,成熟期华优8305和培杂35单位面积穗数明显增加,反之,前期氮肥施用过多,无效分蘖增加,成穗率反而降低。

表1 基肥氮后移对早造杂交稻产量及构成因素的影响¹⁾

Tab.1 Effects of basic nitrogen postponing for heading stage on the yield and components of early hybrid rice

品种	处理	产量/ kg	每穴 穗数	每穗 粒数	千粒质 量/g	结实 率/%
华梗粳74	N0	1.05	13.16	150	20.42	98.40
	N1	1.07	13.87	152	20.44	98.87
华优8305	N0	0.70	7.82	174	20.39	96.91
	N1	0.94*	9.00*	185	20.72	98.90*
华优香占	N0	1.08	10.86	158	23.32	98.18
	N1	1.14	11.12	155	22.83	98.36
培杂35	N0	0.83	8.48	160	22.82	96.60
	N1	1.10*	11.41*	159	23.25	98.70*

1)产量按50穴计,*同一品种不同处理间差异显著,未标注的表示差异不显著(t 检验, $P=0.05$)。

2.2 基肥氮后移对早造杂交稻主要品质性状的影响

2.2.1 对碾米品质的影响 由表2可知,基肥氮后移对4个供试水稻品种的糙米率和精米率均无显著影响,却使各品种的整精米率显著提高,其中华梗粳74、华优8305、华优香占和培杂35的整精米率分别提高了4.86、5.52、2.80、6.55个百分点。

表2 基肥氮后移对碾米品质的影响¹⁾

Tab.2 Effects of postponing N application time on the milling quality

品种	处理	糙米率/%	精米率/%	整精米率/%
华梗粳74	N0	77.50	63.17	52.62
	N1	80.36	65.78	57.48*
华优8305	N0	78.73	62.68	51.57
	N1	79.18	63.92	57.09*
华优香占	N0	78.99	63.01	54.04
	N1	79.52	64.17	56.84*
培杂35	N0	81.69	69.99	44.47
	N1	81.39	69.39	51.02*

1)*同一品种不同处理间差异显著,未标注的表示差异不显著(t 检验, $P=0.05$)。

2.2.2 对外观品质的影响 由表3可知,基肥氮后移对4个供试品种的粒长、粒宽、长宽比和垩白度都无显著影响,但对3个杂交组合的垩白粒率、垩白大小有明显影响,其影响作用因品种而异。华优8305氮肥后移处理米粒垩白粒率显著降低,垩白大小却显著增加;而华优香占、培杂35则表现相反,垩白粒率显著提高,垩白大小却明显降低。

表3 基肥氮后移对外观品质的影响¹⁾

Tab.3 Effects of postponing N application time on the apparent quality

品种	处理	粒长/ cm	粒宽/ cm	长宽比	垩白粒 率/%	垩白大 小/%	垩白 度/%
华梗粳74	N0	5.60	2.20	2.55	57.50	35.30	20.30
	N1	5.61	2.18	2.57	56.50	35.70	20.17
华优8305	N0	5.86	2.20	2.66	58.25	44.75	18.72
	N1	5.65	2.14	2.64	41.25*	55.25*	22.85
华优香占	N0	5.87	2.25	2.61	35.50	46.90	16.65
	N1	5.96	2.33	2.56	41.50*	41.80*	17.35
培杂35	N0	6.46	2.30	2.81	60.25	24.95	15.03
	N1	6.52	2.28	2.86	79.75*	19.60*	15.63

1)*同一品种不同处理间差异显著,未标注的表示差异不显著(t 检验, $P=0.05$)。

2.2.3 对蒸煮食味品质的影响 由表4可知,氮肥后移处理显著提高3个杂交稻品种的流胶长度,其中,华优8305、华优香占和培杂35分别提高了13.65、11.45和14.70 mm。流胶长度的提高意味着胶稠度变软,表明部分基肥氮后移至抽穗期可以改善米饭的硬度。而氮肥后移处理对于直链淀粉含量和糊化温度无显著差异。

表4 基肥氮后移对蒸煮食味品质的影响¹⁾

Tab.4 Effects of postponing N application time on cooking and eating quality

品种	处理	胶稠度/ mm	w(直链淀粉)/ %	糊化温度/ ℃
华梗粳74	N0	56.55	25.82	66.35
	N1	57.15	23.95	64.15
华优8305	N0	56.80	25.07	80.65
	N1	70.35*	24.46	80.60
华优香占	N0	67.10	26.21	80.75
	N1	78.55*	25.13	79.80
培杂35	N0	51.25	27.93	79.90
	N1	65.95*	25.46	79.00

1)糊化温度采用RVA粘度快速测定仪测定;*同一品种不同处理间差异显著,未标注的表示差异不显著(t 检验, $P=0.05$)。

2.2.4 对粗蛋白含量的影响 由图1可以看出,基

肥后移至抽穗期施用使华梗粳 74、华优 8305 和华优香占的粗蛋白含量都有显著增加,而对培杂 35 的影响不显著。

2.3 基肥氮后移对早造杂交稻米粉黏滞特性的影响

由图 2 可知,基肥氮后移对杂交稻米粉 RVA 谱黏滞曲线有一定的影响。由表 5 可知,在减少基肥施用量的情况下,部分基肥氮后移到抽穗期施用可提高供试品种的最高粘度和热浆黏度,但却明显降低了最终黏度、崩解值和回复值。这说明氮肥后移对米饭的食味品质有着明显的影响,氮肥后移处理米粉 RVA 谱的崩解值减少,而最终粘度和回复值的减小,说明氮肥后移处理的米饭冷却后要比氮肥全部基施处理的软。

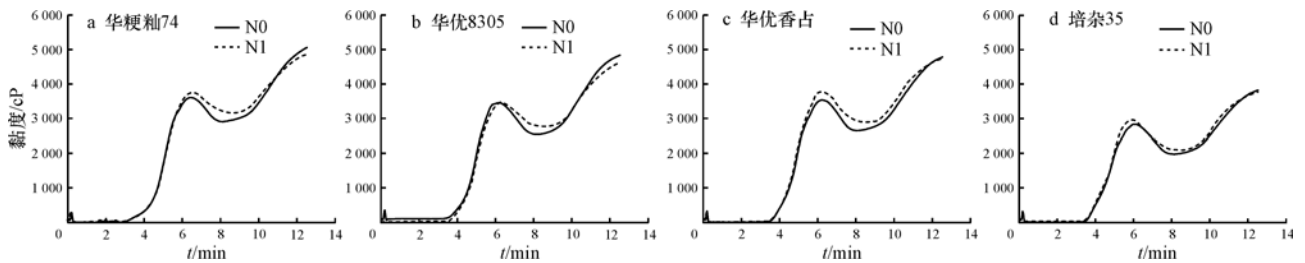


图 2 基肥氮后移对早造杂交稻米粉 RVA 谱黏滞曲线的影响

Fig. 2 Effects of postponing N application time on the RVA profile of rice flour in early hybrid rice

表 5 基肥氮后移对 RVA 谱曲线特征值的影响

Tab. 5 Effects of postponing N application time on the characteristics of RVA profile

品种	处理	最高黏度	热浆黏度	崩解值	最终黏度	回复值
华梗粳 74	N0	3 604	2 905	699	5 058	1 454
	N1	3 757	3 175	582	4 876	1 119
华优 8305	N0	3 452	2 541	911	4 838	1 386
	N1	3 465	2 769	696	4 630	1 165
华优香占	N0	3 533	2 645	888	4 783	1 250
	N1	3 768	2 888	880	4 743	975
培杂 35	N0	2 829	1 976	853	3 821	992
	N1	2 959	2 116	843	3 778	819

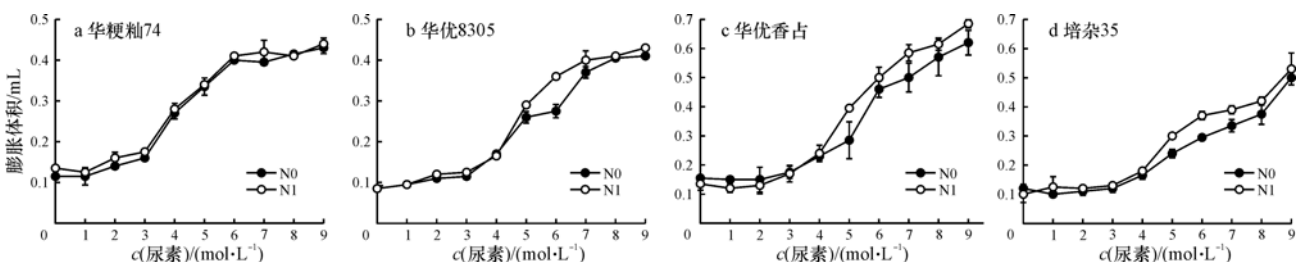
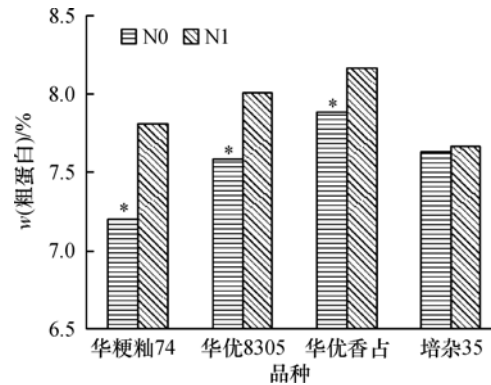


图 3 基肥氮后移对不同浓度尿素溶液中米粉胶稠化特征的影响

Fig. 3 Effects of postponing N application time on gelatinization properties of rice flour in different concentration of urea



* 同一品种不同处理间差异显著,未标注的表示差异不显著(t 检验, $P=0.05$).

图 1 基肥氮后移对籽粒粗蛋白含量的影响

Fig. 1 Effect of postponing N application time on the content of crude protein in hybrid rice

2.4 基肥氮后移对不同浓度尿素溶液中米粉胶稠化特征的影响

在食品工业上,常用不同浓度的尿素溶液来检测淀粉颗粒的理化特征,尿素溶液中淀粉膨胀体积的大小反映出淀粉中支链淀粉结构的差异^[24]. 本试验条件下分析了各处理米粉在不同浓度尿素溶液中的胶稠化特征,结果(图 3)表明,基肥氮后移对各品种米粉起始糊化的尿素浓度没有明显影响,起始糊化的尿素浓度基本上为 3 ~ 4 mol/L,但当尿素溶液的浓度由 4 mol/L 上升到 7 mol/L 时,氮肥后移处理的米粉在相同浓度的尿素溶液中的膨胀体积要明显大于氮肥全部基施处理,即氮肥后移可使米粉易于在 4 ~ 7 mol/L 的尿素溶液中发生糊化,这也可能影响米粉中支链淀粉的结构。

3 讨论

3.1 基肥氮后移至抽穗期施用有利于早造杂交稻产量和结实率的提高,改善了部分米质性状

本研究结果表明,在总施氮量不变化的情况下,减少基肥施氮量,部分氮肥后移至抽穗期追施对早造杂交稻产量有一定的提高,表现在穗数、结实率上有显著的提高;同时增加整精米率和粗蛋白含量,这一点与以往的研究基本一致,认为推迟施氮有利于稻米加工品质和营养品质的提高^[13-17]。有关氮肥对稻米垩白、直链淀粉含量、胶稠度和糊化温度等的影响,与前人^[15,25]研究不尽相同,差异较大。杨泽敏等^[16]研究氮肥施用期及施用量对各米质指标的影响,表现为加工品质与垩白受影响最大,直链淀粉含量、胶稠度次之,粒长及粒形受影响较小,糊化温度几乎不受影响。本试验条件下,抽穗期施氮对杂交稻米粒垩白度、直链淀粉含量和糊化温度无明显影响,但却使胶稠度显著变软,影响了垩白粒率和垩白大小。吕川根等^[12]和金军等^[15]研究认为氮肥对直链淀粉含量影响较小,但有随促花肥用量增加而降低的趋势。也有研究表明稻米直链淀粉含量随施氮量的增加而上升^[14]或随施氮量的增加而降低^[11]。张岳芳等^[25]认为垩白率、垩白大小和垩白度受氮肥调控的作用较大,适当增加施氮量或施用保花肥有利于降低垩白。而本研究发现抽穗期施氮对杂交稻垩白粒率和垩白大小的影响因品种而异。造成这种结论上的差异可能与各品种的吸氮特性、氮肥施用量和施用时期的不同有关。因此,在制订早造杂交稻氮肥调优栽培技术时要考虑不同类型的品种或杂交稻自身的生长发育特点,选择垩白小的品种作为基础,通过施氮量及施氮时期来改善加工、蒸煮和营养品质。

3.2 氮肥后移至抽穗期施用对早造杂交稻米粉 RVA 谱和糊化特征有着明显的影响

金军等^[15]研究认为在一定的施氮水平范围内,随施氮量增加最高黏滞度和崩解值增大,稻米食味不会变劣,甚至有所提高。本研究在施肥总量不变的情况下,将部分基肥后移置抽穗期,可提高早造杂交稻稻米的最高黏度和热浆黏度,明显降低了最终黏度、崩解值和回复值,米粉胶稠化特征发生改变,米饭冷却后的质地变软。稻米 RVA 谱特征值与米饭的蒸煮食味品质有着密切的联系,最高黏度与直链淀粉含量呈明显的正相关关系,而最终黏度、回复值与品种(系)米饭冷却后的质地相关联,最终黏度低、回复值小,米饭冷后较软^[26-28]。这说明氮肥后移至抽穗期施用可使米饭冷却后有所变软,改善了米饭质地。此外,本试验还分析了不同浓度尿素溶液中米粉

的胶稠化特征,发现基肥氮后移至抽穗期对早造杂交稻米粉起始糊化的尿素浓度没有明显影响,但当尿素溶液的浓度由 4 mol/L 上升到 7 mol/L 时,基肥氮后移处理米粉在相同浓度的尿素溶液中的膨胀体积要明显大于氮肥全作基施的处理。Nish 等^[22]研究表明水稻胚乳淀粉在不同浓度尿素中膨胀体积取决于支链淀粉的结构,而不是直链淀粉的含量或结构。而本试验条件下杂交稻各处理稻米中表观直链淀粉含量无明显差异,但各处理在尿素溶液中的胶稠化特征却发生明显变化,且氮肥后移至抽穗期处理的稻米 RVA 黏滞曲的最高黏度明显提高,这在某种程度上暗示着基肥后移至抽穗期可能改变稻米中支链淀粉的结构。关于这一点,还有待进一步研究验证。

参考文献:

- [1] 彭少兵,黄见良,钟旭华,等. 提高中国稻田氮肥利用率的研究[J]. 中国农业科学,2002,35(9):1095-1103.
- [2] 汤建东,叶细养,饶国良,等. 广东省稻田肥料施用现状及其合理性评估[J]. 土壤与环境,2002,11(3):311-314.
- [3] HAEFELE S M, JABBAR S M A, SIOPONGCO J D L C, et al. Nitrogen use efficiency in selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under different water regimes and nitrogen levels[J]. Field Crops Research, 2008, 107(2):137-146.
- [4] PENG S B, ROLAND J B, HUANG J L, et al. Strategies for overcoming low agronomic nitrogen use efficiency in irrigated rice systems in China[J]. Field Crops Research, 2006, 96(1):37-47.
- [5] 吴文革,张四海,赵决建,等. 氮肥运筹模式对双季稻北缘水稻氮素吸收利用及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(5):757-764.
- [6] 王维金,徐竹生,鲍隆清. 重施穗肥对杂交水稻的产量和氮素营养的影响[J]. 华中农业大学学报,1993,12(3):209-214.
- [7] 邹应斌,敖和军,夏冰,等. 不同氮肥施用对杂交稻产量及其氮素利用效率的影响[J]. 杂交水稻,2008,22(4):214-219.
- [8] 丁艳锋,刘胜环,王绍华,等. 氮肥用量对水稻氮素吸收与利用的影响[J]. 作物学报,2004,30(8):739-744.
- [9] 钟旭华,黄农荣,郑海波. 华南双季杂交稻氮素养分消耗量及其影响因素研究[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(4):569-576.
- [10] 钟旭华,黄农荣,郑海波,等. 不同时期施氮对华南双季杂交稻产量及氮素吸收和氮肥利用率的影响[J]. 杂交水稻,2007,22(4):62-66.
- [11] 张艳霞,丁艳锋,王强盛,等. 氮素穗肥对不同品种稻米品质性状的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(6):1080-1085.

(下转第29页)

参考文献:

- [1] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,1999:187-261.
- [2] 刘长景,王春雷,李凤. 平衡施肥防治蔬菜缺素症研究综述[J]. 中国果菜,2008,5:33.
- [3] 王晓雪. 菜园土壤肥力退化及其防治对策[J]. 沈阳农业大学学报,1995,26(1):100-103.
- [4] 肖千明,高秀兰,娄春荣,等. 辽宁省蔬菜保护地土壤肥力现状分析[J]. 辽宁农业科学,1997,3:7-21.
- [5] 孟鸿光,李中,刘乙俭,等. 沈阳城郊温室土壤特性调查研究[J]. 土壤通报,2000,31(2):70-72.
- [6] 姜勇,梁文举,张玉革,等. 蔬菜保护地土壤 DTPA 浸提态铁锰铜锌含量状况研究[J]. 农业环境科学学报,2003,22(6):700-703.
- [7] 陈琼贤,徐润生,吕业生,等. 菜心的土壤钙、镁营养诊断指标及施肥效应研究[J]. 土壤通报,2008,39(1):110-113.
- [8] 南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1978:73-81.
- [9] 程季珍,亢青选. 蔬菜平衡施肥技术研究[J]. 植物营养与肥料学报,1997,3(4):372-375.
- [10] 彭德明,裴保义. 农业化学[M]. 北京:农业出版社,1979:191-192.
- [11] 姜勇,张玉革,梁文举,等. 耕地土壤交换性钙镁比值的研究[J]. 土壤通报,2003,34(5):414-417.
- [12] 林葆,周卫,李书田,等. 长期施肥对潮土硫、钙和镁组分与平衡的影响[J]. 土壤通报,2001,32(3):126-128.
- [13] 梁成华. 蔬菜保护地土壤肥力特征及其调控研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学图书馆,1996.
- [14] 林葆,周卫,李书田,等. 长期施肥对潮土硫、钙和镁组分与平衡的影响[J]. 土壤通报,2001,32(3):126-128.
- [15] BARBER S A. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach[M]. New York: John Wiley & Sons,1995.
- [16] 鲁如坤. 土壤植物营养学原理和施肥[M]. 北京:化学工业出版社,1998:281-306,412-422.
- [17] 柏彦超,倪梅娟,翟益民,等. 水分胁迫对旱作物水稻产量与养分吸收的影响[J]. 农业工程学报,2007(6):101-104.
- [18] 姚建武,艾绍英,林小明,等. 菜心施用钙镁肥系列产品肥效试验初报[J]. 中国农学通报,2008,3(24):231-234.

【责任编辑 周志红】

(上接第5页)

- [12] 吕川根,徐耀垣. 氮素影响稻米品质的机理初探[J]. 江苏农业学报,1990,6(3):64-65.
- [13] 周瑞庆. 施肥对稻米品质和产量影响的研究[J]. 湖南农学院学报,1989,15(3):1-51.
- [14] 张洪程,王秀芹,戴其根,等. 施氮量对杂交稻两优培九产量、品质及吸氮特性的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(7):800-806.
- [15] 金军,徐大勇,蔡一霞,等. 施氮量对水稻主要米质性状及 RVA 谱特征参数的影响[J]. 作物学报,2004,30(2):156-158.
- [16] 杨泽敏,王维金,蔡明历,等. 氮肥施用期及施用量对稻米品质的影响[J]. 华中农业大学学报,2002,21(5):429-434.
- [17] 万靛军,霍中洋,龚振恺,等. 氮肥运筹对杂交稻主要品质性状及淀粉 RVA 谱特征的影响[J]. 作物学报,2006,32(10):1491-1497.
- [18] 金正勋,秋太权,孙艳丽,等. 氮肥对稻米垩白及蒸煮食味品质特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(1):31-35.
- [19] 中国质量与技术监督局. GB/T17891-1999,中华人民共和国国家标准:优质稻谷[S]. 北京:中国质量与技术监督局,1999.
- [20] 中华人民共和国农业部. NY147-88,米质测定方法[S].
- [21] American Association of Cereal Chemists (AACC). Approved methods of the AACC: Method 61-02[M]. 10th ed. St. Paul, MN: AACC, 2000.
- [22] NISHI A, NAKAMURA Y, TANAKA N, et al. Biochemical and genetic analysis of the effects of amylase-extender mutation in rice endosperm[J]. Plant Physiology, 2001, 127(2):459-472.
- [23] SATOH H, NISHI A, YAMASHITA K, et al. Starch-branching enzyme I-deficient mutation specifically affects the structure and properties of starch in rice endosperm[J]. Plant physiology, 2003, 133(4):1111-1121.
- [24] BABA T, KIM S J, ARAI Y. Treatment of amylo maize starch granules with urea: Comparison with normal maize starch[J]. Carbohydrate Research, 1983, 124(2):344-348.
- [25] 舒庆尧,吴殿星,夏英武,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系[J]. 中国农业科学,1998,31(3):1-4.
- [26] 吴殿星,舒庆尧,夏英武. RVA 分析辅助选择食用优质早籼稻的研究[J]. 作物学报,2001,27(2):165-172.
- [27] 张岳芳,龚克成,陈留根,等. 氮肥对两系杂交稻稻米品质及淀粉 RVA 谱特征的影响[J]. 江苏农业科学,2007,(5):18-22.
- [28] 蔡一霞,朱智伟,王维,等. 直链淀粉含量与稻米品质主要性状及米饭质地关系的研究[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2005,26(1):52-55.

【责任编辑 周志红】