

稻草还田配施化学氮肥 对水稻生长发育、产量和品质的影响

单提波¹, 魏宏国², 王安东¹, 孔宇¹

(1. 黑龙江省农垦科学院 水稻研究所, 黑龙江 佳木斯 154007; 2. 宝山农场种子分公司, 黑龙江 桦川 154350)

摘要: 研究寒地稻草还田对寒地水稻生长发育、产量和品质的影响。结果表明, 不同还田量处理的水稻株高、地上部植株干重、叶绿素含量和叶面积指数在生育转换期较对照低, 长穗期和结实期与对照无明显差异; 不同还田量处理在每穗粒数和结实率上与对照相比均达到显著水平, 产量、穗数和千粒重均未达到显著水平; 秸秆还田处理的稻米出糙率和精米率高于对照, 垩白率和垩白度低于对照。还田 9 t/hm² 处理提高了蛋白质含量, 同时也提高了直链淀粉含量, 但降低了食味品质。

关键词: 水稻; 秸秆还田; 产量; 品质

中图分类号: S143.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 2286(2010)02 - 0265 - 06

Effect of Rice Straw Return Plus Nitrogen Fertilizer on Growth and Development, Yield and Quality in Rice

SHAN Ti-bo¹, WEI Hong-guo², WANG An-dong¹, Kong Yu¹

(1. Rice Research Institute, Academy of Land - reclaimable Sciences of Heilongjiang Province, Jiamusi 154025, China; 2. Baoshan Farm Seed Corporation, Huachun 154350, China)

Abstract: The effects of straw return plus nitrogen fertilizer on growth and development, yield and quality in rice were studied. In comparison with the rice - straw removal treatment, the rice - straw return treatment reduced the plant height, dry matter weight, chlorophyll content and leaf area index during growth transition period, whereas no significant differences between both the treatments were observed during the heading period and the grain - filling period. There were no significant differences in yield components (grain filled, Panicles and 1000 - grain weight) except the spikelets per panicle and seed - setting rate between the two treatments. The rates of brown and milled rice increased while chalky rice rate and chalkiness decreased in the rice - straw return compared with those in the rice - straw removal treatment. Rice - straw return with 9 t/hm² increased both the protein and amylose contents, which resulted in the decline of cooked rice quality.

Key words: rice; straw return; yield; quality

在全球陆地生态系统碳库中, 只有农业土壤碳库是受到强烈的人为干扰, 且在较短的时间尺度上可以调节的碳库。因而全球农业土壤碳库储量及其固碳能力是评估近期温室气体减排潜力的重要依据。目前, 黑龙江省垦区共有耕地 267 万 hm², 其中水稻面积 117 万 hm², 如将水稻秸秆全部还田, 则可以增

收稿日期: 2010 - 01 - 22 修回日期: 2010 - 03 - 18

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目 (2007BAQ00066 - 4, 2007BAD89B05 - 08)

作者简介: 单提波 (1980 -), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事作物栽培研究, E-mail: heroshantibo@126.com。

加土壤有机碳含量。这样不仅可以固碳减排,而且可以培肥土壤,改良土壤结构,增加土壤保水保肥能力,提高作物产量,改善作物品质,为农业可持续发展奠定坚实的基础。

国内外农业科学工作者对秸秆还田的方式、时间、数量、翻压程度和病虫害防治等进行了大量研究,基本明确了秸秆还田对作物生长发育和产量形成的影响以及对改良土壤的重要作用^[1-6]。从相关文献可知,秸秆还田试验基本是在活动积温较高的地区开展的,由于寒地水稻生育期短,活动积温少,呈现前期升温慢、中期高温时间短、后期降温快特点,因此寒地秸秆还田对水稻上述影响鲜见报道。本研究拟采用不同秸秆还田量及配施不同氮量定位试验,探讨寒地秸秆还田对寒地水稻生长发育、产量和品质的影响,旨在为寒地稻田土壤养分科学管理和水稻优质高产高效栽培提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试品种

供试品种为垦稻 12。

1.2 试验地情况

试验于 2008 - 2009 年生长季在黑龙江省农垦科学院水稻研究所试验地进行。

表 1 供试土壤基本理化性质

Tab 1 Basic physical and chemical properties of the soil studied

土壤类型 Agrotype	有机质 / (g · kg ⁻¹) Organic content	全 N / % Total N	全 P / % Total P	速效 N / (mg · kg ⁻¹) Available nitrogen	速效 P / (mg · kg ⁻¹) Available phosphor	速效 K / (mg · kg ⁻¹) Available potassium	pH 值	有效 SO ₂ / (mg · kg ⁻¹) Valid SO ₂
草甸土 Meadow soils	39.59	1.16	0.20	168.00	25.90	134.00	6.4	185.0

1.3 试验设计

田间小区试验设为列区设计,3次重复,小区面积 30 m²。A 因素为秸秆量,设 A₁ (4.5 t/hm²)、A₂ (9 t/hm²) 风干秸秆 2 个水平;B 因素为按秸秆量配施氮肥,设 B₁ (1.0%)、B₂ (1.5%)、B₃ (2%) 3 个水平配施纯氮,对照为常规 NPK 区(无秸秆),各处理为:(1) A₁B₁、(2) A₁B₂、(3) A₁B₃、(4) A₂B₁、(5) A₂B₂、(6) A₂B₃、(7) CK。处理稻秸为秋季施用翻埋,粉碎长度为 10 ~ 15 cm,氮肥按处理用量各区不同,施用方法按 w_{基肥}:w_{穗肥}:w_{穗肥} = 4:5:1 施用。磷肥为 P₂O₅ 45 kg/hm²,全作基肥;钾肥为 K₂O 45 kg/hm²,基肥、穗肥各半。磷肥在插秧返青后施用,穗肥倒数 2 叶长出一半左右施用。

表 2 不同处理配氮量

Tab 2 Amounts of rice straw return plus nitrogen in different treatment

处理 Treatments	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	CK
配氮量 / kg N application rate	3.0	4.5	6.0	6.0	9.0	12.0	0

1.4 取样与测定

叶绿素含量测定:用叶绿素仪 (SPAD) 测定叶片 (抽穗前测定心叶以下 1 叶,抽穗后测定剑叶) 的叶绿素含量,以 SPAD 读数 (精确至小数点后 1 位) 直接表示叶绿素含量。各小区每次测定 5 片叶片,每片叶片选择中部最宽 1 点进行测定。

地上部植株干重测定:按常规方法于水稻生育转换期、长穗期和结实期取样,在 105 ℃ 下杀青 20 min,在 80 ℃ 下烘至恒重称量并计算干物质积累量。

考种与计产:成熟期各小区取 5 穴用于考种,测定每穗粒数、结实率和千粒重。各小区实收 1 m² 计产。

品质测定:参照中华人民共和国国家标准 (GB/T 17891—1999 《优质稻谷》)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对水稻株高的影响

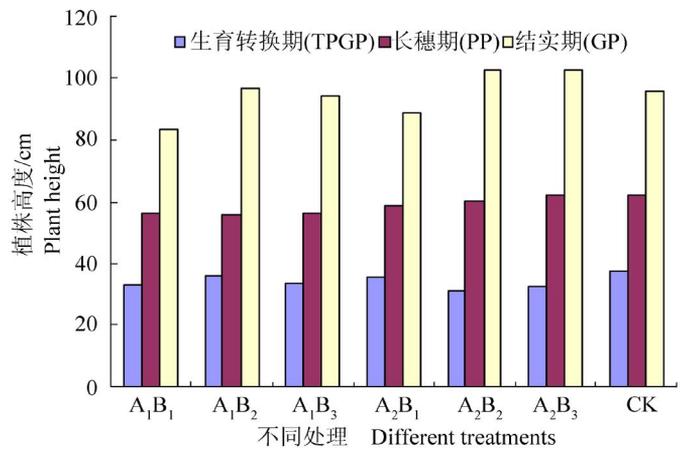
从图 1 可以看出,在水稻生育转换期,CK的株高最高, A₂B₂ 与 A₂B₃ 株高较矮,这可能与稻草还田过程中,植株生长发育和秸秆腐熟过程中微生物争氮有关;随着生育进程的推进,水稻生长进入长穗期, A₂B₂ 与 A₂B₃ 株高开始迅速升高,竞争关系得到缓解;在结实期呈现出明显的差异,如 A₂B₂ 和 A₂B₃ 处理的株高均比 CK 高 7.05 cm,而 A₁B₁ 和 A₂B₁ 比别比 CK 低 12.05 cm 和 6.6 cm,植株长势较旺。

2.2 不同处理对水稻地上植株干重的影响

水稻的干物质变化是反映水稻物质积累的一个重要指标。由图 2 可知,在生育转换期,各还田处理地上植株干重均低于 CK;在长穗期,各处理干重明显呈现增加的趋势,除 A₁B₁ 明显小于 CK,其它处理与 CK 无明显差异;结实期,秸秆还田量 9 t/hm² 处理的植株干重明显高于秸秆还田量 4.5 t/hm²,说明大量还田利于水稻干物质积累。而 CK 与还田量 9 t/hm² 处理相比,只有 A₂B₁ 低于 CK, A₂B₂ 和 A₂B₃ 均出现较高的重量。

2.3 不同处理对水稻叶片叶绿素含量的影响

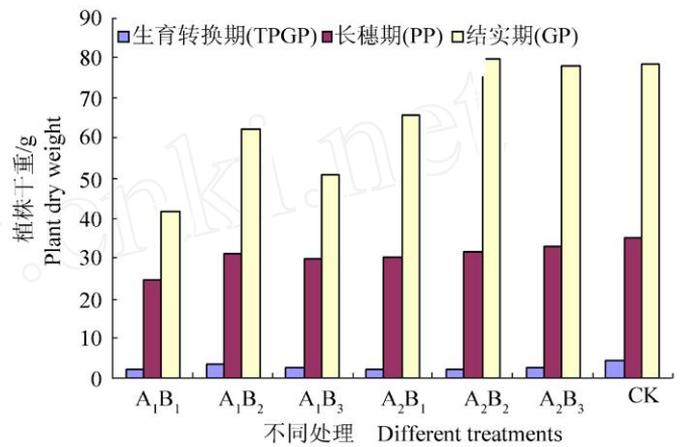
从图 3 可知,在生育转换期,各处理与 CK 的 SPAD 值没有明显的差异,可能是在稻还田初期,分解稻草微生物数量还未达到与植株争氮的态势;在长穗期,各处理与 CK 差异明显,如 A₁B₃ 和 A₂B₃ 处理水稻叶片叶绿素含量明显高于 CK,可能是秸秆在配施多氮的情况下充分腐解,缓解微生物与植株争氮的矛盾。另外,腐解的有机质也为植株提供了一定的氮素,进而提高了叶绿素含量,而 A₁B₁ 和 A₁B₂ 处理的水稻叶片叶绿素含量均低于 CK,增大了微生物与植株争氮的矛盾;在结实期,各处理与 CK 相比,均未达到显著差异,说明此时植株的需氮量与腐解微生物需氮量均处于平衡状态。



TPGP: Transition process of growing period; PP: Pregnancy period; GP: Grain - filling period

图 1 不同处理对株高的影响

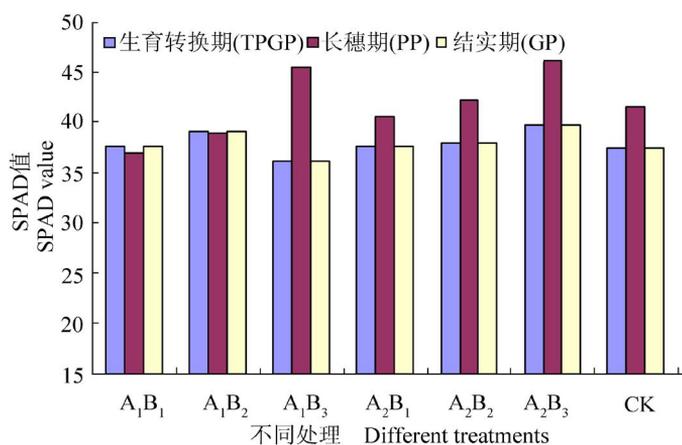
Fig 1 Effects of different treatments on plant height



TPGP: Transition process of growing period; PP: Pregnancy period; GP: Grain - filling period

图 2 不同处理对地上部植株干重的影响

Fig 2 Effects of different treatments on dry matter weight



TPGP: Transition process of growing period; PP: Pregnancy period; GP: Grain - filling period

图 3 不同处理对水稻叶绿素含量的影响

Fig 3 Effects of different treatments on chlorophyll content

2.4 不同处理对水稻叶面积指数的影响

从图 4 可知,不同处理及 CK 的水稻叶面积指数变化趋势基本一致,均随生育进程推进而增加。在生育转换期,还田处理的叶面积指数均小于 CK,但各处间没有明显差异,可能是微生物与植株争氮所致;在长穗期,只有 A₂B₃ 叶面积指数高于对照,其它处理均低于 CK;在结实期, A₂B₂ 和 A₂B₃ 叶面积指数高于 CK,其它处理均低于 CK。从以上分析可知,秸秆还田量 9 t/hm² 处理的水稻叶面积指数明显高于秸秆还田量 4.5 t/hm²,说明还田量 9 t/hm² 处理明显延缓了植株的衰老,但 A₂B₁ 叶面积指数低于对照,可能是配氮量不足致使微生物与植株争氮所致。

2.5 不同处理对水稻产量及产量构成因素的影响

穗数是影响水稻产量的主要因子之一,在同一还田量情况下,每公顷的有效穗数均随配施氮量的增加而提高。从同一还田量平均有效穗数看,具体表现为 CK 大于 A₂ 大于 A₁,从不同处理与 CK 相比来看, A₁B₁ 与 CK 达到显著水平。可能是在水稻分蘖期秸秆在腐解过程中微生物与植株争氮的结果,其余处理与 CK 相比没有明显变化趋势,可能缓和了微生物与植株争氮;每穗粒数以还田量 9 t/hm² 最高,平均每穗粒数为 87 个,与 CK 差异未达到显著水平,其中 A₂B₃ 最多(为 89 个),比 CK 多 7 个,还田量 4.5 t/hm² 最低,平均每穗粒数为 72,与 CK 差异达到显著水平,其中 A₁B₃ 最少,为 64 个;结实率以还田量 4.5 t/hm² 最高,平均为 84%,与 CK 达到显著差异,还田量 9 t/hm² 的处理与 CK 比较,平均结实率基本相同,只有 A₂B₃ 最少,为 69%,分析原因可能是因其每穗颖花过多,有限的光合产物未能满足其总量所致;千粒重在不同处理与 CK 比较均未达到显著差异。从产量来看,各处理除 A₁B₁ 外与 CK 均未达到显著差异,其中以 A₁B₃ 为最高,为 26 g,比 CK 高 1 g,而 A₁B₁ 最少,为 24 g。但从还田量来看,产量有随还田量增加而提高的趋势,但必需配施适宜的氮量,以 A₂B₂ 为佳。

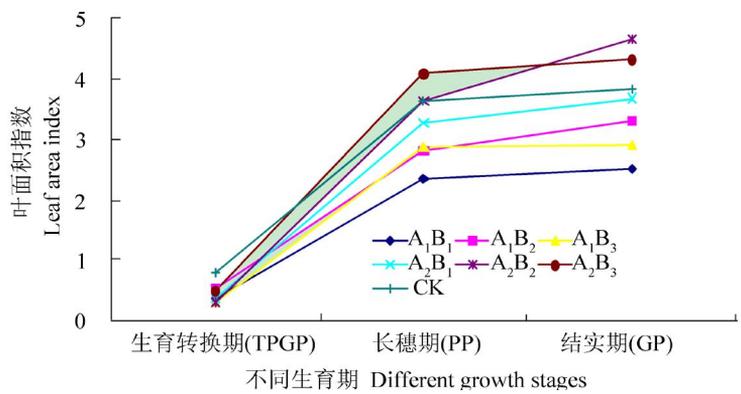
表 3 不同处理对水稻产量及产量构成因素的影响

Tab 3 Effects of different treatments on the grain yield and its component

处理 Treatments	产量 / (t · hm ⁻²) Yield	穗数 / (×10 ⁴ · hm ⁻²) Panicles number	每穗粒数 粒 Total grain number per panicle	结实率 / % Seed setting percentage	千粒重 / g 1 000 - grain weight
A ₁ B ₁	5.63b	341c	72bc	89a	25.7a
A ₁ B ₂	6.63ab	391bc	73c	82b	24.9a
A ₁ B ₃	6.81ab	437ab	70c	81b	26.1a
平均	6.36	390	72	84	25.6
A ₂ B ₁	6.63ab	407abc	82ab	80bc	25.1a
A ₂ B ₂	7.23a	400abc	88a	78c	25.4a
A ₂ B ₃	7.22a	486a	89a	69d	25.0a
平均	7.02	431	87	75	25.2
CK	6.75ab	441ab	79ab	75c	25.3a

同一列数据后跟不同字母表示差异显著 (P < 0.05)。

Data followed by different letters are significantly different (P < 0.05) within a column



TPGP: Transition process of growing period; PP: Pregnancy period; GP: Grain - filling period

图 4 不同处理对水稻不同生育期叶面积指数的影响

Fig 4 Effects of different treatments on leaf area index

2.6 不同处理对稻米品质的影响

由表 4 可看出, A_1 处理的稻米加工品质与 A_2 相比, 其平均出糙率和精米率比后者低。秸秆还田处理的稻米加工品质与 CK 相比, 前者平均出糙率和精米率高于后者, 但未达到显著水平, 说明秸秆还田有利于改善加工品质; 从外观品质来看, A_1 与 A_2 相比, 前者平均垩白率和垩白度均高于后者, 但未达到显著水平, 而粒长/粒宽则是后者高于前者, 只有 A_1B_1 与其它处理差异达到显著水平。秸秆还田处理的稻米外观品质与未还田的相比, 垩白率和垩白度均低于后者, 粒长/粒宽则由大到小依次为 A_1 、CK、 A_2 。说明秸秆还田有助于提高稻米外观品质; 从蛋白质含量和直链淀粉含量来看, A_1 处理的稻米蛋白质含量和直链淀粉含量均比 A_2 低。秸秆还田处理的稻米蛋白质含量和直链淀粉含量与未还田的相比, A_1 处理的稻米蛋白质含量和直链淀粉含量均低于 CK, 而 A_2 则高于 CK。

表 4 不同处理对稻米品质的影响

Tab 4 Effects of different treatments on quality rice grain

处理 Treatments	出糙率 / % Brown rice	精米率 / % Milled rice	垩白率 / % Chalk size	垩白度 / % Chalkiness	长宽比 Length - width ratio	蛋白质含量 / % Protein content	直链淀粉 / % Amylose content
A_1B_1	79.2ab	67.9a	4.5a	1.52a	1.91c	6.24bc	19.26c
A_1B_2	82.21ab	66.5b	7.32a	2.9a	2.00ab	6.02c	19.32c
A_1B_3	80.9a	65.2b	6.65a	1.03a	2.03b	5.98bc	20.33c
平均	80.8	66.5	6.15	1.82	1.98	6.08	19.64
A_2B_1	80.1b	66.7b	6.38a	1.72a	2.02ab	6.63bc	19.85c
A_2B_2	83.3ab	66.7b	4.34a	0.89a	2.03ab	6.73ab	19.95ab
A_2B_3	81.8ab	66.7b	4.02a	1.61a	2.10a	6.91a	20.74a
平均	81.7	66.9	4.91	1.41	2.05	6.76	20.18
CK	80.7ab	66.3b	9.48a	4.55a	2.02ab	6.36bc	20.10bc

同一列数据后跟不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Data followed by different letters are significantly different ($P < 0.05$) within a column.

3 讨论与结论

3.1 不同处理对农艺性状的影响

本研究发现不同处理对株高、地上植株干重、叶面积指数和每穴茎数影响较大。生育转换期, CK 处理水稻株高、地上植株干重和叶面积指数均高于各还田处理。分析原因可能是由于秸秆的 C/N 较高, 很难直接被作物吸收利用, 需经腐解后才能释放养分, 而秸秆在腐解过程中使氮素被固持一部分, 因此土壤的氮供应量有所减少, 进而影响水稻前期的生长发育。从短期内对水稻的生长来看, 秸秆的生物固氮作用是不利的, 但对于降低化肥氮的损失、提高化肥氮的利用率以及提高氮素储量来说则有非常重要的积极意义。

3.2 不同处理对产量因素的影响

秸秆还田在一定程度上可改善土壤的水、肥、气、热等生态因子, 协调土壤水肥供需关系, 优化作物产量构成因子。从本研究结果来看, 不同秸秆还田量处理的产量与秸秆不还田的处理比较 A_1 小于 A_2 , 而 A_2 小于 CK, 但未达到显著差异, 并且发现不同秸秆还田量的处理对产量因素也呈现不同的规律。在以往的研究中, 周江明等^[5] 研究指出, 水稻的有效穗与还田量呈现负相关关系, 随着还田量的提高, 有效穗减少。以还田量为 2.25 t/hm^2 的有效穗为最高, 还田量超过 2.25 t/hm^2 的时候有效穗呈降低的趋势。曾江海等 (1996) 在河北研究土壤有机质分解与累积特征时得出, 年秸还田 15 t/hm^2 时作物产量最高, 有机质积累最多。钱宏兵等 (1998) 认为, 秸秆的适宜还田量为 2.25 t/hm^2 , 同时配合施用 0.095 t/hm^2 耐标准氮肥, 效果更好。以上研究与本研究结果有一定的差异, 其原因可能是在不同地区、不同土质上的秸秆还田量存在很大差异, 有关秸秆还田量对产量及产量构成因素这一问题的综合研究还有待深入。

3.3 不同处理对稻米品质的影响

除粒长、粒宽外,秸秆还田的稻米出糙率和精米率均高于 CK,垩白率和垩白度均低于 CK,说明秸秆还田有助于改善稻米的加工品质和外观品质。可能是因为秸秆还田改善了土壤理化性状,提高了肥料利用率,后期上部 3 叶功能期延长,这样光合和输导系统在灌浆结实期功能较强,垩白减少。从蛋白质含量来看,由高到低依次为 A₁、CK、A₂。可能是因秸秆在水稻生育后期充分腐解,提高了水稻的氮效率,进而有助于增加蛋白质含量,以 A₂B₃ 为最佳。这与刘世平等^[7]研究基本一致,即秸秆还田可提高稻米蛋白质含量,改善稻米营养品质,可能与后期土壤的供氮、水稻的吸氮和转移能力有关。刘世平等^[8]研究表明,秸秆还田使直链淀粉含量提高,胶稠度变硬,尤其翻耕移栽秸秆还田食味品质有变劣的趋势,本研究同样得出相似的结果,即不同秸秆还田量处理的直链淀粉含量与 CK 比较表现为 A₁ 小于 CK,而 A₂ 大于 CK。在施肥调控中,对米质的影响尤以氮素肥料为突出,金正勋等^[9-10]研究认为氮素营养与稻米品质一般呈负相关,增施氮肥使稻米蒸煮食味品质变劣。刘立军等^[11]认为适当降低土壤背景氮或在高背景氮下适当降低水稻氮肥的用量,有利于改善稻米品质。因此,秸秆还田配施氮肥后,氮肥适当减少施用,有利于品质的改善。从以上结果可以看出,秸秆还田同样适用于寒地水稻,这样为寒地水稻秸秆提供较好的生态利用途径,可以推广应用。

参考文献:

- [1] 张振江. 长期麦秆直接还田对作物产量与土壤肥力的影响 [J]. 土壤通报, 1998, 29(4): 154 - 155.
- [2] Eagle A J, Bird J A, Horwath W R, et al. Rice yield and nitrogen efficiency under alternative straw management practices [J]. Agronomy Journal, 2000, 92(6): 1096 - 1103.
- [3] Wit C, Cassman K G, Oik D C, et al. Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and productivity of irrigated rice systems [J]. Plant Soil, 2000, 225(10): 263 - 278.
- [4] Insam H, Mitchel C C, Domaar J F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization and crop yield of three ultisols [J]. Soil Biology Biochemistry, 1991, 23(2): 459 - 464.
- [5] 周江明, 徐大连, 薛才余. 稻草还田综合效益研究 [J]. 中国农学通报, 2002, 18(4): 7 - 10.
- [6] 丘华昌, 刘鹏程, 李学垣, 等. 稻草还田与土壤有机无机复合状况 [J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 92 - 96.
- [7] 刘世平, 陆建飞, 单玉华, 等. 稻田轮耕土壤氮素矿化及土壤供氮量的研究 [J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2003, 24(2): 36 - 39.
- [8] 刘世平, 聂新涛, 戴其根, 等. 免耕套种与秸秆还田对水稻生长和稻米品质的影响 [J]. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 71 - 76.
- [9] 金正勋, 秋太权, 孙艳丽, 等. 氮肥对稻米垩白及蒸煮食味品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 7(1): 31 - 35.
- [10] 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): 154 - 158.
- [11] 刘立军, 徐伟, 唐成, 等. 土壤背景氮供应对水稻产量和氮肥利用率的影响 [J]. 中国水稻科学, 2005, 19(4): 343 - 349.