

严桂江,戴正元,赵步洪,等. 穗肥对机插超级粳稻产量和氮肥利用率的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):75-78.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.022

穗肥对机插超级粳稻产量和氮肥利用率的影响

严桂江¹, 戴正元², 赵步洪², 严桂玲¹, 黄年生², 张小祥², 季红娟², 董长生³

(1. 江苏省兴化市大邹镇农业服务中心, 江苏兴化 225763; 2. 江苏里下河地区农业科学研究所/国家水稻产业技术体系扬州综合试验站, 江苏扬州 225007; 3. 江苏省扬州市广陵区农作物技术推广服务中心, 江苏扬州 225003)

摘要:以 2 个早熟晚粳超级稻品种扬粳 4227 和南粳 44 为材料, 设置了不施穗肥(T_0), 不施促花肥、单施保花肥(T_1), 促花肥: 保花肥施用比例为 1:3(T_2), 促花肥: 保花肥施用比例为 1:1(T_3)、促花肥: 保花肥施用比例为 3:1(T_4) 和单施促花肥(T_5) 5 种穗肥处理, 观察了穗肥施用方法对机插水稻产量和氮肥利用效率的影响。结果表明, 施用穗肥提高了水稻产量和花后干物质积累, 增加了穗分化至抽穗期的氮素积累及氮肥的吸收利用效率。促花肥: 保花肥比例为 1:1 处理(T_3) 的产量和氮肥利用率均高于其他各处理。表明适宜的促花肥和保花肥比例有利于促进机插水稻植株生长, 并获得较高产量与较高的氮肥利用效率。

关键词: 穗肥; 机插超级粳稻; 产量; 氮肥利用率

中图分类号: S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0075-04

氮素是影响水稻产量的最重要因素之一^[1-2]。据统计, 世界稻田氮肥平均用量为 103 kg/hm², 中国为 180 kg/hm², 江苏高达 300 kg/hm² 以上, 接近世界水稻平均施氮量的 3 倍。已有研究表明, 江苏水稻氮肥的吸收利用率仅为 19.9%, 仅为发达国家的 1/3^[3-6]。自 1981 年至 2008 年, 通过发展高投入集约化农业, 中国粮食年产量从 3.25 亿 t 增长至 5.29 亿 t, 增长约六成。与此同时, 氮肥消费量却从 1 118 万 t 增加到 3 292 万 t, 增长了近 2 倍。中国占全球 7% 的耕地, 却消耗着全球 35% 的氮肥^[7]。

过高的氮肥投入会造成一系列环境问题, 还会造成水稻倒伏减产, 加重病虫害发生及使稻米品质变劣^[8-10]。因此, 如何提高氮肥利用率一直是人们研究的重点。张洪程等试验发现氮肥精确后移模式产量显著提高, 氮素当季利用率、生理利用率、施氮增产力以及表观生产力均显著提高^[11]。国际水稻研究所研制的实地、实时氮肥管理技术, 在亚洲 6 个国家实施, 与农民传统施肥法相比, 稻谷产量平均提高 13.6%, 氮肥利用率提高 60%^[11-12]。从对产量构成因素的影响来看, 氮肥的施用一般可分为基肥、分蘖肥、穗肥(促花肥和保花肥)以及粒肥。施用穗肥是水稻栽培的一项重要措施, 它对水稻生育性状、群体质量、产量都有极其重要的影响, 以往对穗肥的研究较多^[13-14]。适当降低前期氮肥施用量, 增加后期施用量的比重, 可以优化群体质量, 提高茎蘖成穗率, 获得高产。

王维金等指出, 基肥和分蘖肥氮在成熟过程中随稻株下、中部叶片和鞘的枯死部分而带出植株体外的量多于穗肥, 所以基肥和分蘖肥的利用率低而穗肥的利用率高^[15]。凌励报道, 在江苏农垦系统, 水稻产量水平 11.9 t/hm² 下, 穗肥利用率最高, 可达 45.0%~71.0%, 其次是分蘖肥, 基肥的利用率最低, 仅为 12.4%~28.0%^[16]。机械插秧是水稻产区的发展趋势和农业产业结构调整的重要方向, 也是农民增收节支的有效途径, 但以往关于穗肥中促花肥与保花肥的施用比例对机插水稻产量和氮肥利用效率的研究较少。本研究以 2 个粳稻品种为材料, 研究了不同穗肥运筹方式对机插水稻产量和氮肥利用效率的影响, 以期对机插水稻高产优质和养分资源高效利用提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验设计

试验于 2010—2011 年进行。采用 2 因素裂区设计, 氮肥处理为主区, 品种为裂区(小区)。选用生育期相近的早熟晚粳扬粳 4227 和南粳 44 为试验材料。试验设计总施氮量为 270 kg/hm², 基肥与穗肥比例为 6:4。基肥中基肥占总施氮量的 40%。分蘖肥占总施氮量的 20%, 于移栽后 7 d 和 14 d 分 2 次等量施用。设置以下 5 种穗肥处理。 T_0 : 不施穗肥; T_1 : 不施促花肥, 单施保花肥, 占总施氮量的 40%; T_2 : 促花肥: 保花肥施用比例为 1:3, 即促花肥和保花肥分别占总施氮量的 10% 和 30%; T_3 : 促花肥: 保花肥施用比例为 1:1, 即促花肥和保花肥各占总施氮量的 20%; T_4 : 促花肥: 保花肥施用比例为 3:1, 即促花肥和保花肥分别占总施氮量的 30% 和 10%; T_5 : 单施促花肥, 占总施氮量的 40%。以全生育期不施用氮肥(ON)为对照。促花肥和保花肥分别在叶龄余数 3.5 叶和 1.5 叶时施用。各处理具体施肥量见表 1。

试验田前茬为小麦, 麦秸全量还田, 还田量 5.25 t/hm²。5 月 26 日播种, 6 月 13 日移栽。采用机械插秧, 行株距分别为 30 cm 和 11.7 cm, 每穴 3~5 苗。小区面积 26.4 m² (5.5 m ×

收稿日期: 2014-11-20

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31171490); 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(11)4003]; 江苏省“六大人才高峰”项目; 江苏省农业三新工程[编号: SXGC(2013)246]; 现代农业产业技术体系建设专项(编号: CARS-01-45); 江苏高校省级重点实验室开放课题(编号: k11012)。

作者简介: 严桂江(1969—), 男, 江苏兴化人, 助理农艺师, 从事农业技术推广工作。E-mail: ygj3611736@sina.com。

通信作者: 赵步洪, 博士, 研究员, 从事水稻栽培生理研究。E-mail: zhaobuhongnks@126.com。

表 1 穗肥处理设置

| 处理 | 施肥量 (kg/hm ²) | | | | 总施氮量 |
|----------------|---------------------------|-----|-----|-----|------|
| | 基肥 | 分蘖肥 | 促花肥 | 保花肥 | |
| 0N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T ₀ | 108 | 54 | 0 | 0 | 162 |
| T ₁ | 108 | 54 | 0 | 108 | 270 |
| T ₂ | 108 | 54 | 27 | 81 | 270 |
| T ₃ | 108 | 54 | 54 | 54 | 270 |
| T ₄ | 108 | 54 | 81 | 27 | 270 |
| T ₅ | 108 | 54 | 108 | 0 | 270 |

4.8 m),重复 4 次。移栽前各小区施用过磷酸钙(含 P₂O₅ 13.5%)折合 P₂O₅ 60 kg/hm² 和氯化钾(含 K₂O 52%)折合 K₂O 120 kg/hm²。水分管理等按常规高产栽培方式管理,全生育期严格控制病虫害害。

2 年试验结果趋势一致,以下主要报道 2011 年试验结果。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 干物质质量 分别于移栽期、分蘖期、穗分化期、抽穗期、成熟期,每个小区取样 12 穴,测定叶、茎、穗(抽穗以后)干质量,保留样品测定氮含量。

1.2.2 氮素含量 水稻收获前 1 d,每小区取样 10 穴,测定干物质质量,保留样本,用 FOSS 公司的全自动凯氏定氮仪测定成熟期水稻植株含氮率,按照植株质量×含氮率计算水稻植株吸氮量。

1.2.3 考种计产 于收割前 2 d,每小区按平均穗数取 12 穴,脱粒考种。成熟期各小区实收 5 m² 计产。

2 结果与分析

2.1 不同穗肥处理对水稻产量及其构成因素的影响

与 0N 相比,T₀、T₁、T₂、T₃、T₄ 和 T₅ 各处理的水稻产量分别增加了 32.6%、70.2%、74.9%、76.2%、69.8% 和 67.0% (2 个品种平均)(表 2)。其中施用穗肥处理(T₁、T₂、T₃、T₄、T₅)的产量较不施穗肥处理(T₀)又显著增加,尤以 T₃ 处理增加最多。从产量构成因素分析来看,随着促花肥比例的增加,单位面积穗数和每穗粒数有所增加,单施促花肥处理(T₅)均显著高于单施保花肥处理(T₁)。与不施穗肥的处理(T₀)相比,T₁(单施保花肥)处理的每穗粒数提高了 18.4%~22.8%,T₅(单施促花肥)处理则提高了 37.0%~39.1%,表明促花肥对每穗粒数的影响明显大于保花肥。结实率和千粒质量则随着促花肥的增加呈下降趋势,单施促花肥处理则显著低于单施保花肥处理。因此,单施促花肥处理较单施保花肥处理产量未有增加,甚至略有降低。而 T₃ 处理在总颖花量(单位面积穗数×每穗粒数)有所增加的同时,结实率和千粒质量下降得不显著,所以产量均较其他处理获得显著增加(表 2)。

2.2 不同穗肥处理对水稻干物质积累的影响

不同穗肥处理的干物质质量均随着生育进程呈增加趋势。施用穗肥各处理(T₁、T₂、T₃、T₄、T₅)的干物质质量在生育前期与未施穗肥处理(T₀)差异不显著,自穗分化期起则较未施肥处理均显著增加,其中 T₃ 处理在成熟期干物质积累最多,2 个品种趋势一致(图 1-a、图 1-b)。各处理均表现在抽穗至

成熟阶段的干物质积累最多,此阶段施用穗肥各处理的干物质积累量占总干物质量的比例分别为 39.0%~45.3%(扬粳 4227)和 40.1%~41.2%(南粳 44),均显著高于未施用穗肥处理的 36.2%(扬粳 4227)和 39.1%(南粳 44)(图 1-c、图 1-d)。

表 2 不同穗肥处理的水稻产量及其构成因素

| 品种 | 处理 | 穗数 | 每穗粒数 | 结实率 | 千粒质量 | 产量 |
|---------|----------------|-----------------------|---------|--------|--------|----------------------|
| | | (万穗/hm ²) | (粒) | (%) | (g) | (t/hm ²) |
| 扬粳 4227 | 0N | 203.8d | 94.0d | 96.9a | 31.3a | 5.8d |
| | T ₀ | 284.6c | 94.7d | 94.9a | 29.6a | 7.6c |
| | T ₁ | 314.0b | 116.3c | 94.1a | 29.1a | 10.0ab |
| | T ₂ | 316.6b | 120.6b | 93.1ab | 28.8ab | 10.2a |
| | T ₃ | 324.6ab | 122.8b | 91.7b | 28.4b | 10.4a |
| | T ₄ | 326.3ab | 124.9ab | 86.9c | 27.7c | 9.8b |
| | T ₅ | 329.0a | 131.7a | 84.2c | 26.2c | 9.6b |
| 南粳 44 | 0N | 196.4d | 104.2d | 96.3a | 28.9a | 5.7d |
| | T ₀ | 270.6c | 106.2d | 95.4a | 28.0a | 7.7c |
| | T ₁ | 292.4b | 125.7c | 94.1a | 27.7ab | 9.6b |
| | T ₂ | 296.3ab | 132.5b | 92.6ab | 27.2ab | 9.9a |
| | T ₃ | 297.3ab | 135.1ab | 91.9b | 26.8b | 9.9a |
| | T ₄ | 298.2ab | 140.2a | 88.4b | 26.3b | 9.7ab |
| | T ₅ | 304.1a | 145.5a | 84.9c | 25.7c | 9.6b |

注:同列数据后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著(同一品种内比较)。

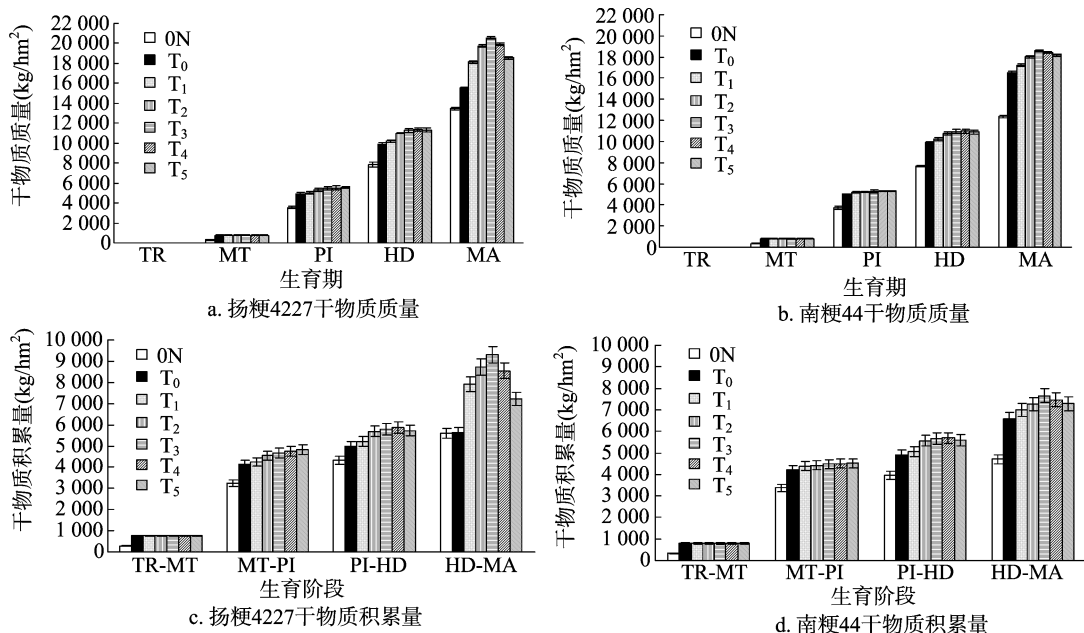
2.3 不同穗肥处理对水稻氮素的吸收与积累的影响

不同穗肥处理的水稻氮素吸收的变化趋势基本一致,即随着生育进程的延伸,氮素积累量不断增加。与未施穗肥处理(T₀)相比,施用穗肥的各处理(T₁、T₂、T₃、T₄、T₅)在生育前期的吸氮量与其差异不显著,而自穗分化期起吸氮量均显著增加,在成熟期 2 品种均表现为 T₃ 处理吸氮量最多,单施保花肥(T₁)的吸氮量则要低于单施促花肥(T₅)的(图 2-a、图 2-b)。说明增施促花肥,可以促进水稻氮素的吸收与积累,尤以促花肥:保花肥施用比例为 1:1 增加最多。

各处理的氮素吸收高峰均表现在穗分化至抽穗期,2 品种均表现为施用穗肥处理的氮素积累显著高于未施穗肥的处理,并且随着促花肥比例的增加,呈现先上升后下降的趋势,其中在 T₃ 处理积累最多(图 2-c、图 2-d)。不同穗肥处理的穗分化至抽穗期的氮素积累量与产量呈极显著正相关($r=0.984^{**} \sim 0.986^{**}$),而其他阶段氮素积累与产量之间相关不显著(数据略)。表明增加穗分化至抽穗期氮素供应量或提高此阶段的氮素吸收量有利于提高水稻产量。

2.4 不同穗肥处理对水稻氮肥利用效率的影响

无论是氮肥的农学利用率还是氮肥的吸收利用率,2 个品种均表现为施用穗肥处理(T₁、T₂、T₃、T₄、T₅)显著高于不施穗肥处理(T₀)。随着促花肥比例的增加,水稻的氮肥吸收利用率和农学利用率则呈现先增加后下降的趋势,T₃ 处理最大,显著高于其他各处理(表 3)。水稻的穗肥农学利用率和吸收利用率也有相同的趋势(表 3)。说明增加促花肥在穗肥中所占比例,在一定程度上可以增加水稻的氮肥以及穗肥的利用效率,并在促花肥:保花肥施用比例为 1:1 时能取得最大值。



TR—移栽期; MT—分蘖期; PI—穗分化期; HD—抽穗期; MA—成熟期
图1 不同穗肥处理水稻的干物质质量和不同生育阶段干物质积累量

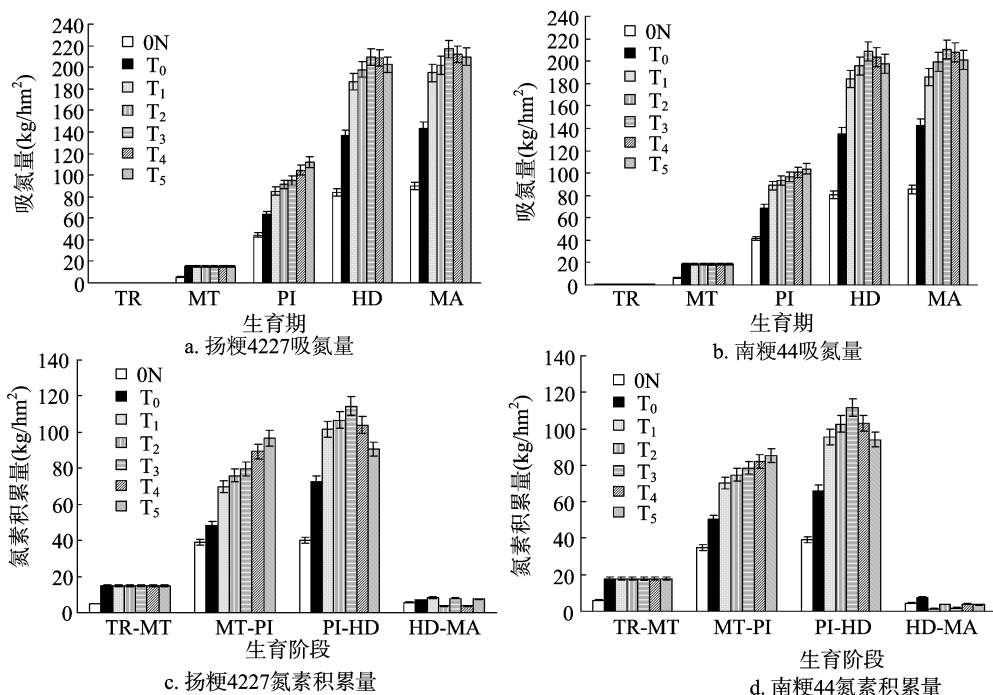


图2 不同穗肥处理水稻的吸氮量和不同生育阶段的氮素积累量

3 讨论

3.1 不同穗肥处理对机插水稻产量的影响

本试验结果表明,施用穗肥均可以显著提高水稻产量,但随着促花肥施用比例的增加,水稻产量先增加后降低,其中促花肥:保花肥施用比例为1:1时产量增加最多。从产量构成因素分析,促花肥比例的增加有助于提高水稻的单位面积穗数和每穗粒数扩大产量库容,但每穗粒数与结实率呈负相关^[17-18],本试验结果也证明了这一点。生产实践也表明,过

分强调大穗,容易造成结实率降低的风险,特别是在结实期遇到低温寡照,风险更大。因此选择适宜的促花肥与保花肥比例对水稻产量的提高有显著影响。在本试验条件下,促花肥与保花肥等量施用可以在总颖花量(单位面积穗数×每穗粒数)较大的前提下,保持较高的结实率和粒质量,这是该处理产量得以增加的重要原因。但本试验也观察到,供试品种穗型较小(扬粳4227和南粳44平均每穗粒数分别为115.0粒和127.1粒),对于穗型更大或更小的品种,是否仍以促花肥与保花肥等量施用产量最高?这一问题仍值得进一步研究。

表 3 不同穗肥处理对水稻氮肥和穗肥利用效率的影响

| 品种 | 处理 | 施氮量 (kg/hm ²) | 吸氮量 (kg/hm ²) | 氮肥农学利用率 (kg/kg) | 氮肥吸收利用率 (%) | 穗肥农学利用率 (kg/kg) | 穗肥吸收利用率 (%) |
|---------|----------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| 扬粳 4227 | ON | 0 | 89.9d | | | | |
| | T ₀ | 162 | 143.2c | 10.9c | 32.9c | | |
| | T ₁ | 270 | 195.0b | 15.4ab | 38.9b | 22.2b | 48.0c |
| | T ₂ | 270 | 201.6ab | 16.4a | 41.4b | 24.7a | 54.1c |
| | T ₃ | 270 | 217.1a | 17.0a | 47.1a | 26.1a | 68.4a |
| | T ₄ | 270 | 212.1a | 14.8b | 45.3a | 20.7b | 63.8b |
| | T ₅ | 270 | 209.8ab | 13.8b | 44.4 a | 18.3b | 61.7b |
| 南粳 44 | ON | 0 | 85.4d | | | | |
| | T ₀ | 162 | 142.7c | 12.3b | 35.4d | | |
| | T ₁ | 270 | 185.6b | 14.5a | 37.1c | 17.6b | 39.7c |
| | T ₂ | 270 | 199.5ab | 15.5a | 42.3b | 20.3a | 52.6b |
| | T ₃ | 270 | 210.4a | 15.6a | 46.3a | 20.6a | 62.7a |
| | T ₄ | 270 | 207.6a | 14.9a | 45.3a | 18.8b | 60.1a |
| | T ₅ | 270 | 201.1ab | 14.7a | 42.9b | 18.2b | 54.1b |

施用穗肥提高了水稻群体后期物质积累量,生育后期物质生产量是考察水稻群体质量的重要指标,并且超高产水稻抽穗期至成熟期积累的干物质质量约占总干物质质量的40%^[19-20]。本试验结果与前人研究趋势相一致。

3.2 不同穗肥处理对水稻氮肥利用效率的影响

孕穗期是水稻生殖生长与营养生长共生的时期,这一阶段的营养供应对水稻产量的影响非常重要^[21]。水稻产量与穗前氮素积累后期的物质生产关系密切^[22-23]。本试验结果表明,不同穗肥处理孕穗期的氮素积累量与水稻产量关系密切,其中促花肥:保花肥施用比例为1:1处理均显著高于其他各处理。

有研究表明,水稻后期使用的氮肥利用率高于前期,适当增加穗肥比例也可以提高氮肥的吸收利用率和生产效率^[24]。在本试验条件下,与未施用穗肥处理相比,施用穗肥的处理氮肥农学利用率和吸收利用率均显著提高,其中在促花肥:保花肥施用比例为1:1时,水稻的氮肥利用效率增加最多。适宜的促花肥和保花肥比例可以提高水稻的氮肥吸收和利用效率。

参考文献:

[1] 邓国才,陆引罡,远红伟. 不同施肥量对水稻产量和营养动态的影响及相关性分析[J]. 耕作与栽培,2008(4):16-18.

[2] 李伟波,吴留松,廖海秋. 太湖地区高产稻田氮肥施用与作物吸收利用的研究[J]. 土壤学报,1997,34(1):67-73.

[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] 凌启鸿,杨建昌. 水稻群体粒叶比与高产栽培途径的研究[J]. 中国农业科学,1986,19(3):1-8.

[5] 凌启鸿. 水稻高产群体质量及其优化控制探讨[J]. 中国农业科学,1993,26(6):1-11.

[6] 刘立军,桑大志,刘翠莲,等. 实时实地氮肥管理对水稻产量和氮素利用率的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(12):1456-1461.

[7] 张涛. 氮肥的诸多反思看低碳经济:政府应该引导农民合理用肥[J]. 中国农资,2010(3):1.

[8] 崔玉亭,程序,韩纯儒,等. 苏南太湖流域水稻经济生态适宜施氮量研究[J]. 生态学报,2000,20(4):659-662.

[9] 李伟波,吴留松,廖海秋. 太湖地区高产稻田氮肥施用与作物吸收利用的研究[J]. 土壤学报,1997,34(1):67-72.

[10] 张福锁,马文奇. 肥料投入水平与养分资源高效利用的关系[J]. 土壤与环境,2000,9(2):154-157.

[11] 刘立军,杨立年,孙小淋,等. 水稻实地氮肥管理的氮肥利用效率及其生理原因[J]. 作物学报,2009,35(9):1672-1680.

[12] 刘立军,徐伟,徐国伟,等. 输掉实地氮肥管理技术的节氮效果及其机理[J]. 江苏农业学报,2005,21(3):155-161.

[13] 南京农业大学. 作物栽培学:长江中下游地区适用[M]. 北京:中国农业出版社,1992:24-38.

[14] 凌启鸿,冯惟珠,周立德,等. 水稻群体理论与实际[M]. 北京:中国农业出版社,1996:12-24.

[15] 王维金,徐竹生. 重施穗肥对杂交水稻的产量和氮素营养的影响[J]. 中国水稻科学,2000,14(1):24-30.

[16] 凌励. 高产水稻养分吸收特点初析[M]//黄仲青. 水稻高产高效理论与新技术. 北京:中国农业科学技术出版社,1996:64-67.

[17] Venkateswarlu B,Visperas R M. Source-sink relationships in crop plants[J]. Int Rice Res Paper Series,1987,125:1-19.

[18] Mohapatra P K,Sahu S K. Heterogeneity of primary branch development and spikelet survival in rice panicle in relation to assimilates of primary branches[J]. J Exp Bot,1991,42:871-879.

[19] 凌启鸿,苏祖芳,张海泉. 水稻成穗率与群体质量的关系及其影响因素的研究[J]. 作物学报,1995,2(4):463-469.

[20] 凌启鸿,张洪程,丁艳峰. 水稻丰产高效技术及理论[M]. 北京:中国农业出版社,2005:1-10.

[21] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000:42-120.

[22] Ntanos D A,Koutroubas S D. Dry matter and N accumulation and translocation for indica and japonica rice under Mediterranean conditions[J]. Field Crops Research,2002,74(1):93-101.

[23] Jiang L G,Dai T B,Jiang D,et al. Charactering physiological N-use efficiency as influenced by nitrogen management in three rice cultivars[J]. Field Crops Research,2004,88(2/3):239-250.

[24] 单玉华,王余龙,黄建晔,等. 中后期追施¹⁵N对水稻氮素积累与分配的影响[J]. 江苏农业研究,2000,21(4):18-21.