

# 不同种植制度下机插双季稻产量、 干物质生产及氮素利用比较

李志斌,高伟,周雪峰,陈佳娜,单双吕,黄敏,邹应斌\*

(湖南农业大学农学院,长沙 410128)

**摘要:**为明确种植制度对机插双季稻产量、干物质生产及其氮素吸收利用的影响,以常规稻‘中早39’为材料进行多点联合定位试验。结果表明:各处理和地点间产量均存在差异。地点间产量表现为衡阳>岳阳>长沙;早稻处理间产量整体趋势表现为稻—稻—油(RRO)>稻—稻—紫云英(RRG)>稻—稻—冬闲(RRF);晚稻表现为RRG>RRO>RRF。与对照RRF相比,RRG和RRO均有不同程度的增产,全年增产量分别为0.85 t/hm<sup>2</sup>和0.99 t/hm<sup>2</sup>;同时,与RRF相比,RRG和RRO处理的总颖花数、干物质积累量以及氮吸收总量均有一定优势。

**关键词:**种植制度;双季稻;产量;干物质生产;氮素利用

中图分类号:S511.04

文献标识码:A

文章编号:1001-5280(2017)04-0349-06

DOI:10.16848/j.cnki.issn.1001-5280.2017.04.03

## Comparison of Yield, Dry Matter Production and Nitrogen Utilization of Machine – transplanted Double Cropping Rice under Different Cropping Systems

LI Zhibin, GAO Wei, ZHOU Xuefeng, CHEN Jiana, SHAN Shuanglv, HUANG Min, ZOU Yingbin\*

(College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of crop rotation system on yield, dry matter production and nitrogen utilization of machine – transplanted double cropping rice, a field experiment with three cropping systems (rice – rice – fallow, rice – rice – oilseed rape and rice – rice – green manure) was conducted with conventional indica rice variety ‘Zhongzao 39’ in both early and late seasons at three sites in 2016. The results showed that there were significant differences of the yields among different treatments and sites. The rank for yield among different sites was Hengyang > Yueyang > Changsha, and among different treatments, the rank was rice – rice – oilseed (RRO) > rice – rice – green (RRG) > rice – rice – fallow (RRF) in early season, RRG > RRO > RRF in late season. The annual yields of RRG and RRO were 0.85 t/hm<sup>2</sup> and 0.99 t/hm<sup>2</sup> higher than those of RRF. Meanwhile, the spikelets per m<sup>2</sup>, total dry matter production and nitrogen assimilation of RRG and RRO were higher than those of RRF.

**Keywords:** cropping system; double cropping rice; yield; dry matter production; nitrogen utilization

水稻是我国的主要粮食作物,水稻产量事关几十亿人的粮食安全问题<sup>[1]</sup>。湖南作为水稻重要的种植大省<sup>[2,3]</sup>,面对人地矛盾突出的形势<sup>[4]</sup>,稳定和

提高水稻总产具有重要意义。湖南省双季稻生产的优势明显,且种植面积比例较大<sup>[3,5]</sup>,与双季稻多熟种植配套的冬季作物油菜、紫云英的种植能增加水

收稿日期:2017-03-13

作者简介:李志斌,Email:ndlzb@qq.com。\*通信作者:邹应斌,Email:ybzou123@126.com。

基金项目:南方粮油作物协同创新中心项目。

稻产量,提高土壤肥力<sup>[6-8]</sup>,且能更充分利用冬季温光资源。但水稻的多熟制种植与种植一季稻相比增加了全年的化肥用量,对环境不利。如今的水稻以机械化种植为主<sup>[3]</sup>。陈佳娜等<sup>[9]</sup>研究表明,在稻一稻一冬闲种植制度下,通过密植来减少氮肥用量并不会使水稻减产。那么在这种少氮机械化密植的双季稻新生产方式下,与水稻多熟制配套的油菜、紫云英的种植能否在一定程度上提高水稻产量有待探索。本研究针对稻一稻一冬闲种植制度冬季温光资源不能充分利用的问题,探讨少氮机械化密植的新种植方式下种植制度对双季稻产量及其构成、干物质生产和氮素利用的影响,为双季稻区多熟种植提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点和材料

以常规水稻品种‘中早 39’为材料,于 2016 年在岳阳 (YY)、长沙 (CS) 和衡阳 (HY) 进行试验。试验前各地点土壤主要理化性状见表 1。

表 1 试验前土壤状况

地点	pH	有机碳 (g/kg)	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)
岳阳	6.52	19.55	2.61	0.76	7.16
长沙	6.11	20.83	2.44	0.71	9.77
衡阳	6.24	18.41	2.66	0.73	6.55

### 1.2 试验设计

本试验为长期定位试验,设稻一稻一冬闲 (RRF)、稻一稻一油 (RRO) 和稻一稻一紫云英 (RRG) 等 3 种种植制度,以 RRF 为对照,每处理 3 次重复,随机区组设计,小区面积岳阳 35.5 m<sup>2</sup>、长沙 38.8 m<sup>2</sup>、衡阳 45.4 m<sup>2</sup>。于 2014 年冬在 3 个地点试验田按方案规划小区,小区间做田埂隔离 (每季小区位置固定不变),单独排灌,并播种油菜和紫云英。

试验采用水稻季翻耕机插、冬季作物 (油菜、紫云英) 免耕直播的种植方式,早晚稻的用种量均为 67.5 kg/hm<sup>2</sup>,硬盘育秧,移栽株行距 11 cm × 25 cm,每穴 7~8 苗。早稻播种期 4 月 12 日,秧龄 23 d;晚稻播种期 7 月 10 日,秧龄 19 d。

每季施肥量相同 (RRG 和 RRF 冬季不施肥)。早季和晚季均施 N120 kg/hm<sup>2</sup>,分基肥 (50%)、分蘖

肥 (20%)、穗肥 (30%) 3 次施用;磷肥 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 67.5 kg/hm<sup>2</sup> 全作基肥一次施用;钾肥 (K<sub>2</sub>O) 120 kg/hm<sup>2</sup> 分基肥 (50%)、穗肥 (50%) 2 次施用。氮肥用尿素,磷肥用钙镁磷,钾肥用氯化钾。水稻、油菜秸秆和紫云英全部还田,其他按照当地高产栽培进行田间管理和病虫害防治。

### 1.3 测定项目与方法

(1) 产量及其构成。成熟期每小区中心收割 5 m<sup>2</sup> 测产,称重后及时从中称取 100 g 用于测定稻谷水分,最后折算为含水量 14% 的实收产量。每小区调查 30 穴,计数单位面积有效穗数。每小区取 10 穴考种,手工脱粒,水选法分开实粒和空秕粒。每小区实粒称重后从中称取 3 份 30 g 样品,与瘪粒单独计数后 70℃ 烘干至恒重,用于计算每穗粒数、结实率、千粒质量。

(2) 干物质积累和氮素吸收利用。在齐穗期和成熟期每小区取 10 穴 (成熟期结合考种一起)。齐穗期样品将穗和稻草分开,成熟期实粒、空秕粒、稻草分开,70℃ 烘干至恒重,单独称重,用于计算干物质积累量。烘干后的样品粉碎,经 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消化,用荷兰 Skalar 公司的连续流动分析仪 (SAN++ ) 测定各样品的氮元素含量。最后计算水稻地上部各器官氮元素含量和氮素吸收量。相关指标参照下列公式计算:

齐穗期运转干物质对花后穗干物质生产贡献率 (%) = (齐穗期茎叶干重 - 成熟期茎叶干重) / (成熟期穗干物质重 - 齐穗期穗干物质重) × 100

花后干物质生产比例 (%) = (成熟期干物质积累量 - 齐穗期干物质积累量) / 成熟期干物质积累量 × 100

运转率 (%) = (齐穗期茎叶干重 - 成熟期茎叶干重) / 齐穗期茎叶干重 × 100

氮素偏生产力 (kg/kg) = 成熟期籽粒产量 / 施肥量

氮籽粒生产效率 (kg/kg) = 成熟期籽粒产量 / 成熟期植株氮总吸收量

氮收获指数 (%) = 籽粒氮积累量 / 植株氮积累量 × 100

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 录入整理数据,用 Statistix 8.0 软件进行数据分析,在 α = 0.05 水平用 LSD 法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 种植制度对双季稻产量及其构成的影响

#### 2.1.1 产量

对2季不同处理的产量进行方差分析,结果表明处理间和地点间均差异显著,交互作用不显著。地点间产量表现为衡阳>岳阳>长沙。早稻处理间产量整体趋势表现为RRO>RRG>RRF;晚稻处理间产量表现为RRG>RRO>RRF。与对照RRF相比,早稻RRG和RRO处理分别增产0.25、0.44 t/hm<sup>2</sup>,晚稻则分别增产0.60、0.55 t/hm<sup>2</sup>(表2)。

#### 2.1.2 产量构成因子

对2季不同处理的产量构成因子进行方差分析,地点间只有结实率差异不显著,处理间和交互作用均

不显著(表2)。地点间有效穗数比较,早稻衡阳要显著高于岳阳和长沙。早稻有效穗数在岳阳和长沙均表现为RRG>RRO>RRF,衡阳则为RRF>RRG>RRO;晚稻有效穗数在衡阳和岳阳与前述规律一致。总体来看,RRG和RRO的有效穗数要比RRF高或相当。早晚稻的每穗粒数无一致规律,总体来看RRG和RRO早稻每穗粒数要比RRF高,而晚稻则相反。总颖花数在地点间呈现衡阳和岳阳比长沙略高,处理间RRG和RRO比RRF略高的趋势。地点间早稻结实率岳阳>衡阳>长沙,而晚稻结实率则是长沙>岳阳>衡阳。早稻结实率呈现RRG<RRO<RRF的规律,衡阳晚稻结实率与前述规律一致,岳阳和长沙晚稻无此规律。地点间千粒质量比较,早稻衡阳>长沙>岳阳,晚稻长沙>衡阳>岳阳。早稻千粒质量表现出RRG<RRO<RRF的规律,晚稻则无此规律。

表2 不同种植制度的双季稻产量及其构成因子(2016)

Table 2 Effects of crop rotation systems on grain yield, and its components for machine-transplanted double cropping rice (2016)

处理	地点	产量(t/hm <sup>2</sup> )	有效穗数(穗/m <sup>2</sup> )	每穗粒数	总颖花数(×10 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	结实率(%)	千粒质量(g)
早稻							
RRG	HY	8.44 a	384.24 a	129.30 a	49.79 a	58.10 b	23.76 a
	YY	7.20 b	292.12 b	128.96 a	37.51 b	68.04 a	22.17 b
	CS	6.78 b	326.85 b	139.97 a	45.78 ab	52.19 b	22.71 ab
	平均	7.48 a	334.40 a	132.75 a	44.36 a	59.44 a	22.88 a
RRO	HY	8.67 a	353.94 a	137.35 a	48.43 a	64.09 ab	23.75 a
	YY	7.28 b	283.64 c	133.60 a	37.87 b	69.89 a	22.75 b
	CS	7.07 b	309.35 b	133.40 a	41.25 b	55.61 b	22.92 b
	平均	7.67 a	315.64 a	134.78 a	42.52 a	63.19 a	23.14 a
RRF	HY	8.34 a	400.00 a	119.10 a	47.02 a	64.26 b	23.74 a
	YY	7.15 b	273.94 b	135.98 a	37.23 b	72.11 a	23.19 b
	CS	6.19 b	276.85 b	127.95 a	35.50 b	57.12 c	23.21 b
	平均	7.23 a	316.93 a	127.68 a	39.92 a	64.50 a	23.38 a
晚稻							
RRG	HY	8.45 a	242.42 a	167.19 a	40.50 a	65.82 c	24.88 b
	YY	8.37 a	259.39 a	154.55 a	39.52 a	76.17 b	23.79 c
	CS	7.09 b	240.00 a	100.36 b	24.01 b	89.08 a	25.88 a
	平均	7.97 a	247.27 a	140.70 a	34.68 a	77.02 a	24.85 a
RRO	HY	8.36 a	240.00 a	164.82 a	39.57 a	69.37 c	24.90 a
	YY	8.36 a	246.06 a	160.98 a	39.36 a	77.39 b	23.61 b
	CS	6.43 b	266.67 a	99.80 b	26.32 b	85.51 a	25.56 a
	平均	7.72 a	250.91 a	141.53 a	35.08 a	77.42 a	24.69 a
RRF	HY	8.28 a	233.94 a	155.58 b	36.37 b	71.20 b	24.95 a
	YY	7.14 b	218.18 b	183.44 a	40.02 a	74.65 ab	23.72 b
	CS	6.08 c	198.89 c	113.77 c	22.61 c	85.39 a	25.46 a
	平均	7.17 b	217.00 b	150.93 a	33.00 a	77.08 a	24.71 a
方差分析							
	S	**	*	**	**	ns	**
	T	**	ns	ns	ns	ns	ns
	S×T	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注:同一数列后小写字母不同表示地点间差异达到5%显著水平,平均值后小写字母不同表示处理间差异达到5%显著水平。下同。

## 2.2 种植制度对水稻干物质积累和转运的影响

齐穗期和成熟期的干物质积累地点间呈衡阳 > 岳阳 > 长沙的趋势(表3)。收获指数地点间在早晚稻间规律不一致,早稻3个处理收获指数均是长沙点最低,而晚稻收获指数则表现为衡阳 < 岳阳 < 长沙。处理间齐穗期干物质积累无一致规律,整体表现为 RRG > RRO > RRF,成熟期干物质积累早晚两季均表现为 RRG > RRO > RRF,但早稻处理间差异不明显。处理间收获指数早稻岳阳和长沙呈 RRG < RRO < RRF 的规律,衡阳早稻则是 RRO 处理最高;晚稻处理间收获指数呈 RRG < RRF < RRO 的趋势。

地点间贡献率规律不一致,早稻衡阳最高,晚稻长沙最高。处理间贡献率无一致规律,早稻整体趋势为 RRG < RRO < RRF,晚稻则与之相反。地点间花后干物质生产比例无一致规律;早稻岳阳 RRG 处理和晚稻长沙 RRG 处理比较低,低于 30%,早稻长沙 RRG 处理偏高,为 42.2%;其他处理的花后干物质生产比例都在 30% ~ 36% 之间。运转率地点间无一致规律,早稻3个处理都是衡阳最高,而晚稻则是长沙最高。早稻衡阳和长沙各处理的运转率有相似规律,表现为 RRG < RRO < RRF,晚稻则是 RRO 处理的运转率最高。

表3 不同种植制度的水稻干物质积累和转运率比较

Table 3 Effects of crop rotation systems on dry matter production and transportation

处理	地点	齐穗期 (g/m <sup>2</sup> )	成熟期 (g/m <sup>2</sup> )	收获指数 (%)	贡献率 (%)	花后干物质 生产比例(%)	运转率 (%)
早稻							
RRG	HY	999.15 a	1470.34 a	46.46 a	36.22 a	32.04 b	29.23 a
	YY	837.58 b	1141.09 b	49.51 a	35.88 a	26.56 c	25.88 a
	CS	678.86 c	1176.44 b	46.02 a	13.32 b	42.21 a	13.64 b
	平均	838.53 a	1262.63 a	47.33 a	28.47 a	30.59 a	22.91 a
RRO	HY	952.48 a	1432.70 a	51.33 a	36.89 a	33.15 a	32.73 a
	YY	782.79 b	1202.04 b	49.99 a	20.54 a	34.72 a	17.42 b
	CS	728.47 b	1124.54 b	46.64 a	28.52 a	35.23 a	20.35 b
	平均	821.25 a	1253.09 a	49.32 a	28.65 a	34.37 a	23.50 a
RRF	HY	1032.85 a	1479.89 a	48.57 b	31.28 a	30.30 a	32.78 a
	YY	823.76 b	1182.26 b	52.65 a	38.55 a	30.28 a	25.48 a
	CS	665.60 b	977.25 c	48.04 b	35.83 a	31.59 a	25.77 a
	平均	840.74 a	1213.13 a	49.75 a	35.22 a	30.72 a	28.01 a
晚稻							
RRG	HY	889.21 a	1326.28 a	50.01 b	33.70 b	32.97 a	27.28 ab
	YY	841.33 a	1300.17 a	54.71 a	23.60 c	35.27 a	23.62 b
	CS	737.24 b	991.76 b	55.77 a	43.12 a	25.68 b	31.57 a
	平均	822.60 a	1206.07 a	53.49 a	33.47 a	31.31 a	27.49 a
RRO	HY	844.48 a	1318.99 a	51.67 c	26.01 b	36.00 a	24.25 b
	YY	854.12 a	1291.87 a	55.63 b	26.88 b	33.81 a	26.97 ab
	CS	667.71 b	979.59 b	58.72 a	36.81 a	31.84 a	34.08 a
	平均	788.77 a	1196.82 a	55.34 a	29.90 ab	33.89 a	28.43 a
RRF	HY	849.70 a	1261.35 a	50.95 c	25.63 a	32.84 a	24.56 a
	YY	842.02 a	1292.59 a	54.78 b	25.33 a	34.85 a	25.40 a
	CS	549.81 b	842.89 b	58.28 a	28.40 a	34.73 a	26.44 a
	平均	747.18 a	1132.28 a	54.67 a	26.45 b	34.14 a	25.47 a
方差分析							
	S	**	**	ns	ns	ns	ns
	T	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	S × T	ns	ns	ns	ns	ns	ns

### 2.3 种植制度对水稻氮素吸收及利用的影响

对2016年早晚稻氮素吸收利用各指标进行方差分析发现,各指标地点间差异均极显著,处理间只

有氮吸收量达到显著水平,其他不显著,地点和处理交互作用不显著(表4)。

表4 不同种植制度的水稻氮素吸收及利用效率  
Table 4 Effects of crop rotation systems on nitrogen utilization

处理	地点	氮素偏生产力 (kg/kg)	氮吸收量 (g/m <sup>2</sup> )	氮素籽粒生产效率 (kg/kg)	氮收获指数 (%)
早稻					
RRG	HY	70.33 a	24.17 a	35.26 b	51.39 b
	YY	57.63 b	15.96 b	45.20 a	61.17 a
	CS	56.54 b	16.82 b	40.87 ab	53.15 b
	平均	61.50 a	18.98 a	40.44 a	55.24 a
RRO	HY	72.26 a	24.35 a	35.83 b	55.29 a
	YY	57.55 b	16.35 b	44.65 ab	60.71 a
	CS	58.93 b	14.64 b	49.06 a	57.47 a
	平均	62.91 a	18.45 a	43.18 a	57.82 a
RRF	HY	69.45 a	22.45 a	37.18 b	54.82 b
	YY	59.60 b	15.92 b	46.74 ab	64.89 a
	CS	52.26 b	12.37 c	50.79 a	57.21 b
	平均	60.44 a	16.92 a	44.90 a	58.97 a
晚稻					
RRG	HY	68.28 a	23.43 a	36.10 b	58.61 b
	YY	69.78 a	14.65 b	57.38 a	70.81 a
	CS	59.10 b	10.52 c	67.58 a	68.78 a
	平均	65.72 a	16.20 a	53.69 a	66.07 a
RRO	HY	69.91 a	23.35 a	35.89 b	60.69 b
	YY	69.68 a	14.72 b	57.10 a	71.88 a
	CS	53.23 b	10.02 c	64.19 a	72.08 a
	平均	64.28 a	16.03 a	52.39 a	68.21 a
RRF	HY	68.99 a	21.38 a	38.74 c	58.60 b
	YY	59.48 b	14.10 b	50.98 b	70.77 a
	CS	48.90 c	8.61 c	70.74 a	69.74 a
	平均	59.13 a	14.69 a	53.49 a	66.37 a
方差分析	S	**	**	**	**
	T	ns	*	ns	ns
	S×T	ns	ns	ns	ns

氮素偏生产力,早稻衡阳点显著高于岳阳和长沙,晚稻衡阳和岳阳显著高于长沙,地点间氮素偏生产力表现为衡阳>岳阳>长沙。处理间早稻衡阳和长沙的氮素偏生产力表现出RRO>RRG>RRF的规律,而各地点晚稻则是呈RRG>RRO>RRF的大致规律。氮吸收量在地点间规律比较一致,大致趋势为衡阳>岳阳>长沙。处理间氮吸收量早稻在衡阳和岳阳为RRO>RRG>RRF,在长沙规律不一致;晚稻季3个地点大致表现为RRG>RRO>RRF。

氮素籽粒生产效率地点间差异显著,早晚稻均表现为衡阳<岳阳<长沙。处理间比较早稻规律明显,为RRG<RRO<RRF,晚稻无明显规律,但RRF的氮素籽粒生产效率仍为最高。氮收获指数地点间比较,表现出岳阳>长沙>衡阳的大致趋势;处理间则表现出RRO>RRF>RRG的大致趋势(表4)。

### 3 讨论

本研究中,3个地点间产量差异显著,从产量构

成的角度分析,早稻产量衡阳和岳阳比长沙高是因为前两个地点在总颖花数略高的基础上结实率也比长沙高,晚稻虽然长沙结实率最高,但总颖花数远远不及衡阳和岳阳。从干物质积累角度看,早稻产量衡阳和岳阳比长沙高是因为前两个地点在齐穗期和成熟期都有较高的干物质积累以及略高的收获指数;晚稻长沙虽然收获指数显著高于衡阳和岳阳,但干物质积累比衡阳和岳阳低。从氮素吸收利用角度看,地点间的氮素偏生产力和氮吸收量均与产量存在正相关关系,而氮素籽粒生产效率与产量存在明显的负相关关系。至于地点间和季节间的产量差异,可能与当地的气候条件、管理水平及土壤状况有关<sup>[10]</sup>,后续研究应结合试验地点气象数据及试验田土壤养分变化动态来分析导致差异的原因。

3个处理间,RRG和RRO比对照RRF产量高,从产量构成的角度看,主要是由总颖花数引起的;从干物质积累角度看,RRG和RRO处理在整个生育期能积累更多的干物质;从氮素吸收利用角度看,是由于RRG和RRO的氮总吸收量比较高。高菊生等对稻—稻—紫云英轮作制度对水稻产量的影响做了28年的研究,表明轮作制度对早稻和晚稻产量的影响总体趋势为稻稻紫云英>稻稻油>稻稻闲<sup>[6]</sup>。本试验晚稻结果与其基本一致,而早稻产量略有不同,为RRO处理产量最高,可能是本试验油菜季施肥的缘故。在秸秆还田条件下,此试验一个轮作周期内,与对照RRF相比,RRO系统多获得了施在油菜季的一季肥料,而RRG系统多获得了紫云英固氮作用固定的氮肥,这是两个处理产量比对照高的主要原因。赖涛等<sup>[11]</sup>利用<sup>15</sup>N示踪技术进行了紫云英有机氮形成特征研究,结果表明,紫云英干基含氮量为29.91~36.37 g/kg,固氮量占植株总氮的42.40%。所以RRG轮作系统氮素的来源和去向方面的研究,需在每年翻埋紫云英前调查紫云英的生物量及测定其氮素含量进行更详细的研究。陈佳娜等<sup>[9]</sup>研究表明,在早晚皆用高密度(36.4穴/m<sup>2</sup>)机插条件下,水稻产量随施氮量增加而增加,低氮与不施氮处理差异显著而与高氮处理不显著。本试验移

栽密度(株行距11 cm×25 cm)与其高密度处理(36.4穴/m<sup>2</sup>)相当,每季施氮量120 kg N/hm<sup>2</sup>略高于其早稻低氮(N<sub>2</sub>,110 kg N/hm<sup>2</sup>),略低于其晚稻低氮(N<sub>2</sub>,140 kg N/hm<sup>2</sup>)施肥水平,依其总结的规律,在冬季为冬闲的双季机插晚稻,建议在实际生产中晚稻季施氮量要比本试验稍高一点,以降低晚稻减产的风险。

#### 参考文献:

- [1] 张洪程,郭保卫,龚金龙. 加快发展水稻丰产栽培机械化稳步提升我国稻作现代化水平[J]. 中国稻米, 2013,19(1):3-6.
- [2] 黎用朝,刘三雄,曾翔,等. 湖南水稻生产概况、发展趋势及对策探讨[J]. 湖南农业科学, 2008(2):129-133.
- [3] 邹应斌. 长江流域双季稻栽培技术发展[J]. 中国农业科学, 2011,44(2):254-262.
- [4] 刘海军,谭珅,罗尊长. 论湖南耕地资源的保养与可持续利用[J]. 土壤, 2004,36(3):232-234,250.
- [5] 邹应斌,戴魁根. 湖南发展双季稻生产的优势[J]. 作物研究, 2008,22(4):209-213.
- [6] 高菊生,徐明岗,曹卫东,等. 长期稻—稻—紫云英轮作28年对水稻产量及田间杂草多样性影响[J]. 中国农学通报, 2010,26(17):155-159.
- [7] 高菊生,刘更另,秦道珠,等. 红壤稻田不同轮作方式对水稻生长发育的影响[J]. 耕作与栽培, 2002(2):1-2.
- [8] 苏全平,李建国,范芳,等. 稻田套播紫云英高产栽培技术[J]. 江西农业科技, 2004(8):8-10.
- [9] 陈佳娜,曹放波,谢小兵,等. 机插条件下低氮密植栽培对“早晚兼用”双季稻产量和氮素吸收利用的影响[J]. 作物学报, 2016,42(8):1176-1187.
- [10] 单双吕,谢小兵,陈佳娜,等. 水稻在不同生态点的产量及其氮素利用率差异比较[J]. 中国稻米, 2015,21(4):56-61.
- [11] 赖涛,李茶苟,黄庆海,等. 红壤性水稻土紫云英有机氮素形成特征的研究[J]. 江西农业学报, 2002,14(2):14-18.