

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.24236

## 冬季绿肥翻压下氮肥用量对早稻生长和产量的影响

樊剑波<sup>1</sup>, 柳开楼<sup>2\*</sup>, 李继文<sup>3</sup>, 孙明珠<sup>4</sup>, 胡丹丹<sup>2</sup>

(1. 中国科学院红壤生态实验站, 江西 鹰潭 335200; 2. 江西省红壤及种质资源研究所, 江西 南昌 331717; 3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 4. 江西省农业技术推广中心, 江西 南昌 330046)

**摘要:** 近年来, 南方双季稻区冬闲田的绿肥种植发展迅速, 但是关于绿肥翻压还田下早稻季的合理氮肥用量还缺乏研究。通过设置冬闲和紫云英翻压还田下不同氮肥用量的田间试验, 分析了早稻产量、产量构成、氮素吸收量和氮肥利用率的变化特征。结果表明: 与冬闲相比, N150 (氮肥用量为 150 kg/hm<sup>2</sup>)、N210 (氮肥用量为 210 kg/hm<sup>2</sup>) 和 N270 (氮肥用量为 270 kg/hm<sup>2</sup>) 处理下, 紫云英翻压还田下早稻产量分别比冬闲增加了 23.32%、47.19% 和 39.85%; 氮素吸收量提高了 25.84% ~ 53.41%, 紫云英翻压还田下水稻的氮肥利用率 (均值为 43.08%) 也明显高于冬闲 (均值为 32.50%)。结合产量构成因子发现, 紫云英翻压还田主要增加了单位有效穗数来实现水稻增产。同时, 与冬闲相似, 紫云英翻压还田下也表现出 N150 处理的籽粒产量、氮素吸收量和氮肥利用率显著高于其他氮肥用量处理, 分别比 N0 (氮肥用量为 0 kg/hm<sup>2</sup>) 处理增加了 2.35、2.93 和 3.42 倍。因此, 在南方双季稻区, 利用冬闲期进行紫云英种植并翻压还田是实现早稻产量提升的关键, 且 150 kg/hm<sup>2</sup> 的氮肥用量是实现早稻产量和氮肥利用率协同提升的合理用量。

**关键词:** 绿肥翻压还田; 早稻; 氮肥用量; 氮肥利用率

在中国乃至全球的主要农业系统中, 稻作系统始终发挥着举足轻重的作用。由于不同区域的气候等环境因素存在差异, 中国的稻作模式包括双季稻模式、小麦/油菜-水稻轮作模式和一季稻模式等<sup>[1]</sup>。其中双季稻模式作为长江中下游流域的重要稻作模式, 在保障国家粮食安全方面发挥着十分重要的作用<sup>[2]</sup>。在双季稻模式中, 晚稻收获后 (11月) 至第二年早稻种植前 (4月) 的这一时期, 有长达 5 个月左右的休闲时间。虽然自古以来便有利用冬闲时期进行绿肥填闲培肥的习惯, 但是近 20 年来, 随着双季稻模式的收益增幅放缓, 再加上农村劳动力向城镇转移, 导致大部分双季稻稻田在冬春季节处于休闲状态, 且研究发现, 与冬季进行绿肥等培肥措施相比, 冬闲模式严重制约了双季稻田的土壤培肥和产能提升效果<sup>[3-5]</sup>。

种植绿肥可以有效提高土壤有机质含量, 降低土壤容重和改善土壤酸化程度, 同时还能促进土壤中微生物数量的增加, 从而改良土壤结构和土壤生态环境, 提高中低产田的综合生产力<sup>[6]</sup>。因此, 利用冬闲田种植绿肥可有力推进“用地与养地”相结合, 成为实施藏粮于地、藏粮于技战略的重要手段。在绿肥种类中, 适宜我国南方冬闲期的绿肥种类主要为紫云英<sup>[4]</sup>。很多研究已经证明, 与冬闲相比, 紫云英翻压还田可以显著提升土壤有机质等肥力指标, 并增加水稻产量<sup>[4-7]</sup>。进一步分析发现, 紫云英翻压还田可以显著提高土壤微生物量碳、氮和土壤酶活性及微生物群落结构<sup>[8-9]</sup>, 且紫云英翻压还田还可以在减少化肥投入量条件下实现培肥增产效果<sup>[7, 10]</sup>。近年来, 随着国家和各级政府大力推广, 南方双季稻区冬闲田的绿肥种植面积在不断扩大。然而, 目前的早稻季氮肥用量主要是基于土壤养分指标和目标产量确定<sup>[11-12]</sup>, 较少考虑绿肥翻压的影响, 也缺乏紫云英翻压下早稻季氮肥适宜用量的验证。因此, 本研究以绿肥翻压后的早稻季为研究对象, 探讨紫云英翻压下不同氮肥用量对水稻产量、产量构成、氮素吸收量和氮肥利用率的影响, 进而获得绿肥翻压下早稻季合理的氮肥用量,

收稿日期: 2024-05-07; 录用日期: 2024-07-17

基金项目: 江西省省级引导市县发展专项资金 (2022-8-13137); 江西省“百名农技人员强攻关行动”项目专项经费 (202401); 鹰潭市学科带头人培养计划项目 (202202)。

作者简介: 樊剑波 (1980-), 博士, 高级工程师, 主要从事红壤改良研究。E-mail: jbfan@issas.ac.cn。

通讯作者: 柳开楼, E-mail: liukailou@163.com。

以期精准指导绿肥和氮肥协同提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

试验地于2021年在江西省进贤县张公镇马家村(116° 17' 70" E, 28° 35' 03" N)进行,该地区属中亚热带季风气候,年均降水量1537 mm,年蒸发量1100 ~ 1200 mm;年均气温17.7 ~ 18.5℃,最冷月(1月)平均气温为4.6℃,最热月(7月)平均气温为28.0 ~ 29.8℃。季节性干旱主要发生在每年的7—8月。海拔高度28.54 m,为典型的低丘红壤地区,土壤类型为第四纪红粘土发育的红壤性水稻土,试验开始时耕层土壤pH为5.18,有机碳26.44 g/kg,全氮1.35 g/kg,全磷1.28 g/kg,全钾14.06 g/kg,碱解氮110.25 mg/kg,有效磷14.40 mg/kg,速效钾80.90 mg/kg。

### 1.2 试验设计

采用绿肥种类和肥料用量两因素随机区组试验,绿肥处理分别为紫云英(V1)和冬闲(V0)。肥料用量处理共4个,分别为对照处理(N0,不施氮肥)、氮肥用量为90 kg/hm<sup>2</sup>(N90)、氮肥用量为150 kg/hm<sup>2</sup>(N150)、氮肥用量为210 kg/hm<sup>2</sup>(N210)和氮肥用量为270 kg/hm<sup>2</sup>(N270)。紫云英的翻压还田量为22500 kg/hm<sup>2</sup>,其含水量为83%,烘干后有机碳、氮、磷、钾含量分别为467、8.0、2.2、7.1 g/kg。每个处理4次重复,每个重复的面积为60 m<sup>2</sup>。除了N0处理之外,其他处理的氮肥种类均为尿素,且60%作为基肥在早稻移栽前施用,40%在早稻返青期(移栽后10 d)施用。所有处理均施用磷、钾肥,均作基肥一次性施用。磷肥种类为钙镁磷肥,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>用量为75 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥种类为氯化钾,K<sub>2</sub>O用量为135 kg/hm<sup>2</sup>。早稻品种为陵两优739,移栽株行距分别为20和20 cm。田间管理按照常规栽培技术进行管理。

### 1.3 测定指标

#### 1.3.1 籽粒和秸秆氮素积累及氮肥利用率

在水稻成熟期采集3穴植株,105℃杀青30 min,85℃烘干至恒重后称重。同时,对籽粒和秸秆样品进行研磨,采用凯氏定氮法测定籽粒和秸秆样品氮素含量<sup>[13]</sup>,并计算氮肥利用效率。氮肥利用率计算公式如下:

$$\text{氮肥利用率}(\%) = \frac{\text{施氮肥处理的氮素吸收量} - \text{不施氮肥处理的氮素吸收量}}{\text{氮肥用量}} \times 100$$

#### 1.3.2 籽粒和秸秆产量及产量构成

在成熟时每个小区采集1 m<sup>2</sup>的植株样品考种,测定单位有效穗数、株高、每穗穗长、每穗总粒数、结实率和千粒重。同时,每个小区实打实收,去除采样面积后计算籽粒产量和秸秆产量。

### 1.4 数据处理与分析

所有数据均采用Excel 2003进行整理,统计分析采用SAS 9.1进行,不同处理的显著性为P<0.05。采用Origin 8.1进行制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 冬闲和紫云英翻压下氮肥用量对早稻籽粒和秸秆产量的影响

表1显示,紫云英翻压还田下的水稻产量(秸秆和籽粒产量分别为2.67 ~ 8.96和2.29 ~ 8.46 t/hm<sup>2</sup>,平均值分别为6.12和5.85 t/hm<sup>2</sup>)明显高于冬闲(秸秆和籽粒产量分别为3.10 ~ 6.32和2.99 ~ 6.22 t/hm<sup>2</sup>,平均值分别为5.04和4.94 t/hm<sup>2</sup>)。除了N0和N90处理之外,N150、N210和N270处理下,紫云英翻压还田下早稻产量分别比冬闲增加了23.32%、47.19%和39.85%。不同氮肥用量间则大体呈现出N150和N210处理最高,其次为N270和N90处理,N0处理最低。与N0处理相比,冬闲和紫云英翻压还田下N150处理的秸秆产量分别增加了1.02和2.15倍,籽粒产量分别增加了1.08和2.35倍。

表1 冬闲和紫云英翻压下不同氮肥用量的

| 处理      | 早稻秸秆和籽粒产量 (t/hm <sup>2</sup> ) |               |
|---------|--------------------------------|---------------|
|         | 早稻秸秆产量                         | 早稻籽粒产量        |
| V0-N0   | 3.10 ± 0.46b                   | 2.99 ± 0.24c  |
| V0-N90  | 4.50 ± 0.47ab                  | 4.60 ± 0.80b  |
| V0-N150 | 6.25 ± 0.60a                   | 6.22 ± 0.63a  |
| V0-N210 | 6.32 ± 0.30a                   | 5.75 ± 0.53ab |
| V0-N270 | 5.04 ± 0.10a                   | 5.17 ± 0.31ab |
| V1-N0   | 2.67 ± 0.73c                   | 2.29 ± 0.50d  |
| V1-N90  | 3.55 ± 0.88c                   | 3.61 ± 0.80c  |
| V1-N150 | 8.41 ± 0.66a                   | 7.67 ± 0.64b  |
| V1-N210 | 8.96 ± 0.71a                   | 8.46 ± 0.42a  |
| V1-N270 | 7.02 ± 0.69b                   | 7.23 ± 0.58b  |
| V0      | 5.04 ± 1.34B                   | 4.94 ± 1.25B  |
| V1      | 6.12 ± 2.86A                   | 5.85 ± 2.72A  |

注:不同小写字母表示冬闲或紫云英翻压下不同氮肥处理间存在显著差异(P<0.05);不同大写字母表示冬闲和绿肥之间存在显著差异(P<0.05)。下同。

2.2 冬闲和紫云英翻压下氮肥用量对早稻产量构成的影响

表2结果表明,冬闲和紫云英翻压还田下水稻的单位有效穗数、穗长和每穗总粒数存在差异,而株高、结实率和千粒重则差异不显著。除了N270处理的穗长之外,与冬闲相比,紫云英翻压还田下所有氮肥处理的水稻单位有效穗数、穗长和每穗总粒数分别增加了16.46%~35.12%、5.80%~12.22%

和10.50%~36.31%,平均值分别提高了21.76%、6.59%和25.54%。而在不同氮肥用量之间,则呈现出单位有效穗数存在显著差异,其余指标均差异不显著;在单位有效穗数上,冬闲和紫云英翻压还田下均呈现出N150和N210处理最高,其次为N270和N90处理,N0处理最低。与N0处理相比,冬闲和紫云英翻压还田下N150处理的单位有效穗数分别提高了57.52%和63.16%。

表2 冬闲和紫云英翻压下不同氮肥用量的水稻产量构成

| 处理      | 单位有效穗数(个/m <sup>2</sup> ) | 株高(cm) | 每穗穗长(cm) | 每穗总粒数 | 结实率(%) | 千粒重(g) |
|---------|---------------------------|--------|----------|-------|--------|--------|
| V0-N0   | 113c                      | 96.50a | 23.63a   | 170a  | 69.33a | 25.62a |
| V0-N90  | 146b                      | 96.38a | 24.50a   | 168a  | 65.82a | 26.50a |
| V0-N150 | 178a                      | 92.63a | 22.50a   | 181a  | 66.63a | 27.95a |
| V0-N210 | 168a                      | 90.81a | 23.75a   | 172a  | 67.14a | 27.97a |
| V0-N270 | 164a                      | 97.75a | 25.13a   | 163a  | 68.43a | 26.16a |
| V1-N0   | 133d                      | 97.63a | 25.00a   | 221a  | 57.75a | 26.83a |
| V1-N90  | 170c                      | 98.75a | 26.50a   | 229a  | 66.33a | 26.74a |
| V1-N150 | 217a                      | 95.81a | 25.25a   | 200a  | 58.52a | 24.88a |
| V1-N210 | 227a                      | 95.00a | 26.50a   | 225a  | 63.27a | 24.60a |
| V1-N270 | 191b                      | 93.81a | 24.13a   | 196a  | 68.55a | 25.21a |
| V0      | 154B                      | 94.81A | 23.90B   | 171B  | 67.47A | 26.84A |
| V1      | 187A                      | 96.20A | 25.48A   | 214A  | 62.88A | 25.65A |

2.3 冬闲和紫云英翻压下氮肥用量对早稻氮素吸收量的影响

冬闲和紫云英翻压还田下水稻氮素吸收量存在

明显差异(图1),除了N0和N90处理之外,与冬闲相比,紫云英翻压还田下水稻的氮素吸收量提高了25.84%~53.41%。不同氮肥用量之间则大

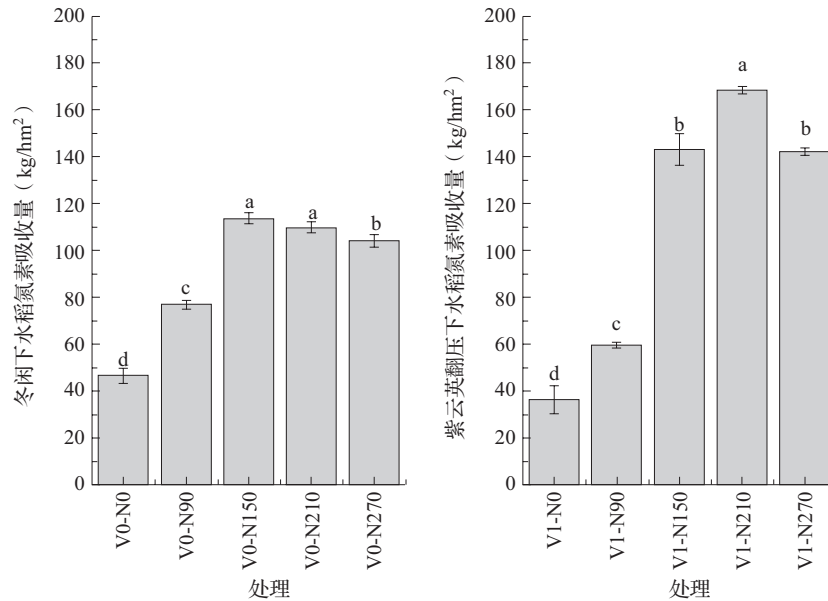


图1 冬闲和紫云英翻压下不同氮肥用量的水稻氮素吸收量

注:不同小写字母表示冬闲或紫云英翻压下不同氮肥处理间存在显著差异(P<0.05)。下同。

体表现出 N150 和 N210 处理最高, 其次为 N270 和 N90 处理, N0 处理最低的趋势。与 N0 处理相比, 冬闲和紫云英翻压还田下 N150 处理的水稻氮素吸收量分别提高了 1.44 和 2.93 倍。

#### 2.4 冬闲和紫云英翻压下水稻氮素吸收量对早稻氮肥利用率的影响

由图 2 显示, 紫云英翻压还田下水稻的氮肥利用率 (均值为 43.08%) 显著高于冬闲 (均

值为 32.50%)。在冬闲条件下, 不同氮肥用量间呈现出 N150 处理 (44.76%) 最高, 其次为 N90 和 N210 处理, N270 处理最低。在紫云英翻压还田下呈现出 N150 处理 (64.35%) 的氮肥利用率最高, 其次为 N210 和 N270 处理, N90 处理最低。与 N0 处理相比, 冬闲和紫云英翻压还田下 N150 处理的水稻氮肥利用率分别提高了 32.59% 和 341.77%。

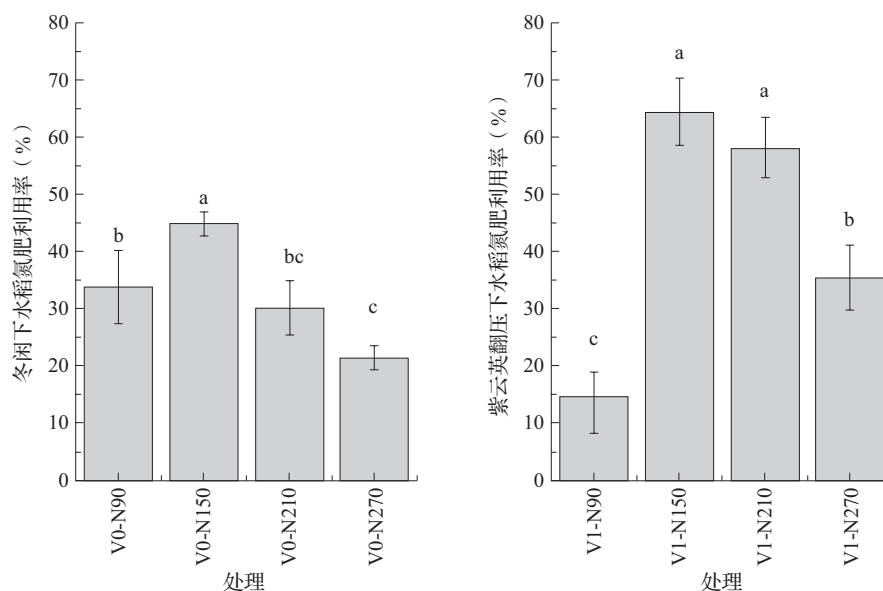


图 2 冬闲和紫云英翻压下水稻氮肥利用率

### 3 讨论

冬闲田是指在秋粮收获后至来年春季作物播栽前一直空闲的土地, 其中南方冬闲田闲置时间较长, 如湖北、安徽等省的一季稻区从 9 月底一直到翌年 5 月底, 长达 8 个月; 较短的也有 6 个月, 如江西、湖南等省的双季稻区从 11 月底到翌年的 4 月底, 闲置时间长造成了温光资源浪费。利用冬闲田发展绿肥是较好的培肥措施之一<sup>[4]</sup>。本研究发现, 冬季紫云英翻压还田下早稻产量普遍较低, 这主要与 2021 年早稻季较多的雨水和寡照导致籽粒结实率较低有关, 本研究中早稻的结实率均低于 70%, 而在常规年份, 比如 2013 和 2014 年, 早稻的结实率均高于 80%<sup>[14]</sup>。然而, 与冬闲处理相比, 冬季绿肥翻压还田下的水稻产量仍有 23.32% ~ 47.19% 的增幅。这充分证明, 冬季绿肥翻压是提升早稻产量的合理途径之一, 这与基于整合分析的研究结果相似<sup>[15]</sup>。利用长期绿肥试验平台的研究进一步表明, 长期绿肥翻压有助于提升水稻产量的可持续指数<sup>[16]</sup>, 对

于保障水稻稳产意义重大。但是由于绿肥种植年限、土壤肥力水平和水稻品种等存在较大差异, 本研究中绿肥的增产幅度与其他研究存在明显不同。在不同氮肥用量之间, 与冬闲的结果相似, 绿肥翻压下也呈现出 N150 和 N210 处理的水稻产量最高。同时, 与 N0 处理相比, 绿肥翻压下 N150 处理的水稻产量明显高于冬闲的增幅。这可能与绿肥翻压还田提高了土壤对化肥氮的保蓄能力有关, 但具体原因还有待进一步研究。

紫云英作为豆科植物, 在提升土壤供氮能力方面发挥着非常重要的作用<sup>[4]</sup>。与冬闲条件下的结果相似, 紫云英翻压还田下也呈现出 N150 处理的氮肥利用率最高。同时, 需要注意的是, 紫云英翻压还田下 N210 处理的氮肥利用率与 N150 处理无显著差异, 而冬闲下 N210 处理的氮肥利用率则显著低于 N150 处理。这进一步证明紫云英翻压还田下增强了土壤的氮素保蓄能力, 特别是在较高的氮肥投入情况下。本研究进一步发现, 在相同用量的化肥氮投入下, 与冬闲相比, 翻压绿肥显著提高了水

稻的氮素吸收量和氮肥利用率,这与前人的研究结果相似<sup>[17-19]</sup>,原因一方面与紫云英强大的固氮能力有关,紫云英根系与根瘤菌的共生关系能够固定大气中的氮气,增加土壤中的可利用氮素含量<sup>[4]</sup>;另一方面,紫云英翻压还田后显著改善了土壤的物理结构,并增加有机碳含量<sup>[6, 20]</sup>,进而显著改善了水稻的根系活力,而根系活力的提升不仅可以提高水稻对氮素养分的吸收效率,还可以通过增强根际土壤的微生物群落结构进一步活化土壤氮素有效性,从而提升水稻吸收氮素的能力。杨涛等<sup>[21]</sup>研究还表明,在双季稻区域,冬闲期径流量占全年总量的比例为 23.31% ~ 54.30%,而紫云英种植可以有效阻控冬闲期雨水对稻田氮素的淋洗,从而降低了氮素的损失率<sup>[22]</sup>。

#### 4 结论

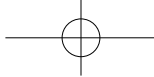
在南方双季稻区,与冬闲相比,紫云英翻压还田下水稻产量、氮素吸收量和氮肥利用率均显著提升。进一步分析发现,紫云英翻压还田主要是通过增加单位有效穗数实现水稻产量提升。结合氮肥利用率的结果发现,与冬闲的结果相似,紫云英翻压还田下早稻的合理氮肥用量为 150 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 程勇翔,王秀珍,郭建平,等. 中国水稻生产的时空动态分析[J]. 中国农业科学, 2012, 45(17): 3473-3485.
- [2] 陈中督,徐春春,纪龙,等. 基于农户调查的长江流域双季稻生产碳、氮足迹分析——以江西和湖南为例[J]. 作物杂志, 2023(2): 229-237.
- [3] 龙攀,苏姗,黄亚男,等. 双季稻田冬季种植模式对土壤有机碳和碳库管理指数的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(4): 1135-1142.
- [4] 高嵩涓,周国朋,曹卫东. 南方稻田紫云英作冬绿肥的增产节肥效应与机制[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(12): 2115-2126.
- [5] Kamran M, Huang L, Nie J, et al. Effect of reduced mineral fertilization (NPK) combined with green manure on aggregate stability and soil organic carbon fractions in a fluvo-aquic paddy soil [J]. Soil and Tillage Research, 2021, 211: 105005.
- [6] Gao S J, Gao J S, Cao W D, et al. Effects of long-term green manure application on the content and structure of dissolved organic matter in red paddy soil [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018, 17(8): 1852-1860.
- [7] 王赞,徐昌旭,周国朋,等. 连续种植翻压紫云英减施化肥对江西早稻产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与

肥料学报, 2021, 27(10): 1735-1745.

- [8] 李亚贞,韩天富,柳开楼,等. 红壤稻田土壤酶活性及水稻产量对翻压冬季绿肥的响应[J]. 植物营养与肥料学报, 2023, 29(7): 1313-1322.
- [9] Gao S J, Cao W D, Zhou G P. Bacterial communities in paddy soils changed by milk vetch as green manure: A study conducted across six provinces in South China [J]. Pedosphere, 2021, 31(4): 521-530.
- [10] 王慧,周国朋,常单娜,等. 湘北双季稻区种植翻压紫云英的氮肥减施效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(1): 33-44.
- [11] 柳开楼,黄庆海,李大明,等. 养分专家系统在双季稻中的应用和评价[J]. 中国土壤与肥料, 2019(1): 184-189.
- [12] Xu X P, Ding W C, He P, et al. The study of intelligent fertilizer recommendation method for rice based on yield response and agronomic efficiency [J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2023, 29(5): 802-812.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [14] 吕伟生,曾勇军,石庆华,等. 双季机插稻不同产量水平群体的产量构成特征研究[J]. 核农学报, 2019, 33(10): 2048-2057.
- [15] 张成兰,刘春增,李本银,等. 紫云英配施化肥对我国水稻产量效应的整合分析[J]. 中国土壤与肥料, 2023(3): 39-45.
- [16] Qaswar M, Huang H, Ahmed W, et al. Yield sustainability, soil organic carbon sequestration and nutrients balance under long-term combined application of manure and inorganic fertilizers in acidic paddy soil [J]. Soil and Tillage Research, 2020, 198: 104569.
- [17] 张济世,张琳,丁丽,等. 紫云英还田与化肥减量配施对土壤氮素供应和水稻生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2022, 28(10): 1793-1803.
- [18] 鲁艳红,廖育林,聂军,等. 紫云英与尿素或控释尿素配施对双季稻产量及氮钾利用率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(2): 360-368.
- [19] 张颖睿,杨滨娟,黄国勤. 紫云英翻压量与不同施氮量对水稻生长和氮素吸收利用的影响[J]. 生态学杂志, 2018, 37(2): 430-437.
- [20] 柳开楼,韩天富,李文军,等. 紫云英不同翻压年限下驱动水稻产量变化的土壤理化因子分析[J]. 中国水稻科学, 2021, 35(3): 291-302.
- [21] 杨涛,王玉清,吴火亮,等. 鄱阳湖平原双季稻区稻田氮磷流失的季节分布特征及污染风险分析[J]. 农业环境科学学报, 2023, 42(4): 852-860.
- [22] 杨静,郭文圻,杨文浩,等. 紫云英翻压后稻田土壤可溶性有机氮迁移特性与损失风险[J]. 土壤学报, 2022, 59(3): 786-796.



**Effects of winter green manure incorporation and nitrogen fertilizer application on the growth and yield in early rice**

FAN Jian-bo<sup>1</sup>, LIU Kai-lou<sup>2\*</sup>, LI Ji-wen<sup>3</sup>, SUN Ming-zhu<sup>4</sup>, HU Dan-dan<sup>2</sup> (1. Red Soil Ecological Experiment Station, Chinese Academy of Sciences, Yingtan Jiangxi 335200; 2. Jiangxi Institute of Red Soil and Germplasm Resources, Nanchang Jiangxi 331717; 3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; 4. Jiangxi Agricultural Technology Promotion Center, Nanchang Jiangxi 330046)

**Abstract:** In recent years, the cultivation of winter green manure in double-cropping rice areas in southern China has developed rapidly, but there is still a lack of research on the appropriate nitrogen fertilizer application rate in early rice season with green manure incorporation. A field experiment was conducted with different nitrogen fertilizer application rates under winter green manure incorporation and fallow, then, the changes of the yield, yield components, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of early rice were analyzed. The results showed that: compared with the winter fallow, under the N150 (nitrogen fertilizer application of 150 kg/hm<sup>2</sup>), N210 (nitrogen fertilizer application of 210 kg/hm<sup>2</sup>), and N270 (nitrogen fertilizer application of 270 kg/hm<sup>2</sup>) treatments with green manure incorporation, the early rice yields were increased by 23.32%, 47.19% and 39.85%, respectively, nitrogen uptake were increased by 25.84%–53.41%, and the nitrogen use efficiency (mean of 43.08%) of early rice was significantly higher than that of the winter fallow (mean of 32.50%). Combining yield component factors, it was revealed that green manure incorporation mainly increased the number of panicles per unit to achieve yield increasing of early rice. At the same time, similar to the winter fallow treatments, the grain yield, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency of the N150 treatment with green manure incorporation were significantly higher than those of the other nitrogen fertilizer application rate treatments, which were 2.35, 2.93 and 3.42 times higher than those of N0 (nitrogen fertilizer application of 0 kg/hm<sup>2</sup>) treatment, respectively. Therefore, in the double-cropping rice area in the South China, green manure incorporation is a key to improving the early rice yield. The reasonable nitrogen fertilizer application rate of 150 kg/hm<sup>2</sup> was needed to achieve a synergistic increase in early rice yield and nitrogen use efficiency.

**Key words:** green manure returning to field; early rice; nitrogen fertilizer amounts; nitrogen use efficiency