

# 紫云英配施不同量化肥对水稻产量及经济效益的影响

王 琴<sup>1</sup>, 郭晓彦<sup>1</sup>, 张丽霞<sup>1</sup>, 吕玉虎<sup>1</sup>, 潘兹亮<sup>1\*</sup>, 刘春增<sup>2</sup>

(1. 信阳市农业科学院, 河南 信阳 464000; 2. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002)

**摘要:** 为了研究紫云英配施不同量化肥对水稻产量及经济效益的影响, 设置不施肥(CK), 仅施100%化肥(即当地常规施肥量), 紫云英(22 500 kg/hm<sup>2</sup>)分别与当地常规施肥量的100%、80%、60%、40%配施6个处理, 连续3 a进行田间小区试验。结果表明: 2008年紫云英+60%化肥处理水稻产量最高, 达到9 540 kg/hm<sup>2</sup>, 比CK增产18.2%; 其次是紫云英+80%化肥处理, 产量达到9 315 kg/hm<sup>2</sup>, 比CK增产15.4%。2009年紫云英+80%化肥处理水稻产量最高, 达到9 424.5 kg/hm<sup>2</sup>, 比CK增产39.6%。2010年紫云英+100%化肥处理水稻产量最高, 其次为紫云英+80%化肥处理。紫云英与80%、60%、40%化肥配施, 其总净收入均高于仅施100%化肥处理和CK。从稻谷产量、净收入和产投比及环境友好性综合来看, 紫云英(22 500 kg/hm<sup>2</sup>)与当地常规施肥量的60%配施最优。

**关键词:** 紫云英; 化肥施用量; 水稻生长; 水稻产量

**中图分类号:** S511 S541+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)05-0077-05

## Effects of Combined Application of *Astragalus sinicus* with Different Amount of Chemical Fertilizer on Rice Yield and Economic Efficiency

WANG Qin<sup>1</sup>, GUO Xiao-yan<sup>1</sup>, ZHANG Li-xia<sup>1</sup>, LÜ Yu-hu<sup>1</sup>, PAN Zi-liang<sup>1\*</sup>, LIU Chun-zeng<sup>2</sup>

(1. Xinyang Academy of Agricultural Sciences, Xinyang 464000, China;

2. Institute of Plant Nutrition, Agricultural Resources and Environmental Science, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** A field experiment was carried out at Xinyang in 2008–2010 to study the effect of combined application of *Astragalus sinicus* with different amount of chemical fertilizer on rice growth, yield and economic efficiency. The experiment included six treatments: no fertilizer (CK), only application of chemical fertilizer (OACF), combined application of *Astragalus sinicus* manure (ASM, 22 500 kg/ha) with 100%, 80%, 60% or 40% of locally traditional chemical fertilizer. Results showed that the yield of combined application of ASM with 60% chemical fertilizer was the highest in 2008, 9 540 kg/ha, increased by 18.2% compared with CK; the second was ASM with 80% chemical fertilizer, 9 315 kg/ha, increased by 15.4% compared with CK. In the year of 2009, the yield of combined application of ASM with 80% chemical fertilizer was the highest, 9 424.5 kg/ha, increased significantly by 39.6% compared with CK. In the year of 2010, the yield

收稿日期: 2012-12-20

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201103005-06)

作者简介: 王 琴(1981-), 女, 河南驻马店人, 研究实习员, 硕士, 主要从事植物营养与肥料方面的研究。

E-mail: wq19810609@163.com

\* 通讯作者: 潘兹亮(1964-)男, 河南光山人, 副研究员, 本科, 主要从事水稻栽培方面的研究。E-mail: pzl7518@126.com

of combined application of ASM with 100% chemical fertilizer was the highest, and the second was ASM with 80% chemical fertilizer. The net income was higher under combined application of ASM with 80%, 60% and 40% chemical fertilizer than OACF and CK. From the view point of rice yield, net income, ratio of outputs to inputs and the environment, the combined application of ASM at 22 500 kg/ha with 60% chemical fertilizer should be optimal in Xinyang.

**Key words:** *Astragalus sinicus*; amount of chemical fertilizer; rice growth; rice yield

长期以来,农业生产中过度依赖化肥、忽视有机肥投入的现象十分严重。化肥的大量施用导致耕地质量下降、肥料利用率降低、农产品品质下降<sup>[1]</sup>。绿肥是一种成本低、无公害、有利于保护环境、生产绿色农产品、维持农业生态平衡和农业生产可持续发展的作物。施用绿肥可以提高耕地质量,降低化肥施用量和流失量,提高农产品品质。紫云英(*Astragalus sinicus* L.)是有机肥中最好的肥源,翻压后易于腐烂,可促使土壤中有益生物大量繁殖,提高土壤有机质含量,改善土壤团粒结构,并能提供氮、磷、微量元素等多种有效养分<sup>[2-3]</sup>。

诸多研究表明,有机肥与无机肥配施可提高肥料利用率,改善土壤理化性状,培肥地力<sup>[4-12]</sup>。目前,关于翻压紫云英对后茬作物影响的研究较多<sup>[13-18]</sup>,而关于紫云英配施化肥条件下肥料用量对水稻产量及经济效益的影响,尚缺乏较为系统的研究。鉴于此,通过连续 3 a 小区试验研究了紫云英配施不同量化肥对水稻产量及经济效益的影响,旨在为合理施用绿肥、提高土壤肥力、减少化肥施用量、改善生态环境等提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验地点在信阳市农业科学院试验园。该试验园位于大别山北麓,淮河南岸,32°07' N、114°05' E,处于中国亚热带和暖温带的地理分界线(秦岭—淮河)上,属亚热带向暖温带过渡区。年均日照时数 1 900~2 100 h;年平均气温 15.1~15.3 °C;无霜期 220~230 d;年均降水量 1 109 mm;年均相对湿度 77%。试验地前茬空闲,供试土壤为水稻土,质地轻黏,土壤 pH 值 6.7,有机质 0.214 g/kg、速效氮 71.5 mg/kg、速效磷 16.5 mg/kg、速效钾 78.2 mg/kg。

### 1.2 试验设计

试验采取单因素随机区组设计,设 6 个处理:(1)CK:不翻压紫云英,不施化肥;(2)100%化肥;(3)紫云英+100%化肥;(4)紫云英+80%化肥;(5)紫云英+60%化肥;(6)紫云英+40%化肥。化肥包括尿素、过磷酸钙、氯化钾。100%化肥指当地常规

施肥量,即 N 165 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 112.5 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 112.5 kg/hm<sup>2</sup>。氮按照基肥:分蘖肥:孕穗肥=3:2:1 分期施入,磷肥、钾肥全部作基肥于水稻插秧前施入。紫云英翻压量为 22 500 kg/hm<sup>2</sup>(鲜质量)。每处理重复 4 次,随机排列,共 24 个试验小区。每小区长 3.33 m、宽 2.0 m。小区间筑埂,埂上覆盖黑色塑料薄膜防止串肥和杂草生长。区组间留 0.3 m 宽沟,便于灌溉排水。

### 1.3 紫云英翻压与水稻种植

紫云英为信阳农家品种,于水稻插秧前 1 个月带水翻压作基肥。2008、2009、2010 年种植水稻品种分别为珍珠糯、珍辐糯、豫粳 9 号。株距 16.7 cm,行距 20 cm,每穴 2 株基本苗。

### 1.4 样品采集及测定

产量构成因素测定:成熟期每个处理取具有代表性植株 10 穴,调查全部 10 穴的株高和有效穗数,然后 10 穴全部脱粒,考察穗粒数、空秕粒数,风干后测定籽粒干质量。产量测定:各小区单打单收,风干后,测定籽粒干质量。

### 1.5 数据处理

采用 Excel 和 SAS 软件分析数据<sup>[19]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 紫云英配施不同量化肥对水稻株高的影响

从表 1 可以看出,2008—2010 年各施肥处理水稻株高均极显著高于 CK(2008 年 100%化肥处理除外)。2008 年和 2009 年 4 个翻压紫云英处理的水稻株高均高于 100%化肥处理。其中,2008 年水稻株高以紫云英+80%化肥处理最高,其次是紫云英+40%化肥处理;2009 年以紫云英+60%化肥处理最高,其次是紫云英+100%化肥处理;2010 年以紫云英+80%化肥处理最高,其次是紫云英+100%化肥处理。

### 2.2 紫云英配施不同量化肥对水稻产量的影响

2.2.1 2008 年各处理水稻产量及构成因素 从表 2 可以看出,各施肥处理水稻产量均极显著高于 CK。其中,紫云英+60%化肥处理水稻产量最高,达到 9 540 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 18.2%,其次是紫云英+80%化肥处理,达到 9 315 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 15.4%。

从表 2 可以看出,各施肥处理的有效穗数、穗粒数、穗实粒数均高于 CK。其中,该产量三要素均以翻压紫云英的 4 个处理略好于仅施 100% 化肥处理。有效穗数之间差异不显著,翻压紫云英的 4 个处理的穗粒数和穗实粒数均显著高于 CK。

结实率以 CK 最高,但其有效穗数和穗粒数较低,所以产量也低。紫云英+100% 化肥处理结实率最低,这可能是由于肥料过多造成水稻旺长的缘故。千粒重以 CK 最高,极显著高于翻压紫云英的 4 个处理。

表 1 各处理水稻的株高

cm

处理	2008 年	2009 年	2010 年
CK	113.45±1.61cC	103.80±0.54dB	99.86±1.99bB
100%化肥	119.50±1.35bBC	113.50±0.87cA	113.39±2.26aA
紫云英+100%化肥	123.25±2.30abAB	116.00±1.11abA	116.16±0.40aA
紫云英+80%化肥	127.66±1.36aA	113.90±0.53bcA	116.22±0.76aA
紫云英+60%化肥	124.85±1.71aAB	116.40±0.84aA	113.39±1.02aA
紫云英+40%化肥	127.05±0.90aA	113.90±0.51bcA	113.00±1.06aA

注:同列数据后不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ ),不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ ),下同。

表 2 各处理水稻产量及构成因素(2008 年)

处理	有效穗数/ ( $\times 10^4$ 个/hm <sup>2</sup> )	穗粒数/个	穗实粒数/个	结实率/%	千粒重/g	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )
CK	228a	103.9cB	86.2cC	90.4aA	28.1aA	8 070±188.80cC
100%化肥	234a	116.1bcAB	103.5bBC	89.2aAB	28.0aA	9 255±175.40bB
紫云英+100%化肥	252a	142.5aA	108.2bABC	83.0cD	27.6bB	9 150±90.62bB
紫云英+80%化肥	273a	124.8abAB	117.2abAB	86.7bC	27.5bB	9 315±270.62bAB
紫云英+60%化肥	282a	129.1abAB	127.3aA	87.8bBC	27.3bBC	9 540±263.60aA
紫云英+40%化肥	255a	129.7abAB	113.3abAB	89.3aAB	27.1cC	9 285±207.39bAB

2.2.2 2009 年各处理水稻产量及构成因素 从表 3 可知,各施肥处理水稻产量均极显著高于 CK。其中,紫云英+80% 化肥处理水稻产量最高,达到 9 424.5 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 39.6%;其次是紫云英+100% 化肥处理,达到 9 361.5 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 38.7%;紫云英+60% 化肥处理和紫云英+40% 化肥处理位居第 3、第 4,分别为 9 214.5 kg/hm<sup>2</sup>、9 007.5 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 36.5%、33.4%。

由表 3 可知,各施肥处理的有效穗数、穗粒数、穗实粒数均高于 CK,紫云英配施化肥各处理均高于 100% 化肥处理。紫云英配施 100%、80%、60%、40% 化肥处理的有效穗数分别比 100% 化肥

处理高 6.1%、11.5%、4.7%、3.3%,分别比 CK 高 42.7%、50%、40.9%、39.1%;穗粒数分别比 100% 化肥处理高 5.0%、6.9%、7.5%、6.9%,分别比 CK 高 7.7%、9.6%、10.3%、9.6%;穗实粒数分别比 100% 化肥处理高 3.4%、2.7%、6.8%、5.5%,比 CK 高 9.4%、8.7%、13.0%、11.6%。这主要是因为单施化肥处理在水稻生长前期供肥过旺、后期供肥不足,而翻压紫云英配施化肥在水稻全生育期都有充足的养分供应。各处理的千粒重差异不显著,以 CK 千粒重最大。这是由于无肥处理有效穗数少,田间密度低,通风透光条件好,有利于水稻后期籽粒生长。由此可见,翻压紫云英主要提高了水稻的有效穗数、穗粒数和穗实粒数,从而提高了水稻产量。

表 3 各处理水稻产量及构成因素(2009 年)

处理	有效穗数/ ( $\times 10^4$ 个/hm <sup>2</sup> )	穗粒数/个	穗实粒数/个	结实率/%	千粒重/g	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )
CK	165.0b	156cB	138bB	88.5cBC	28.7a	6 751.5±125.36dB
100%化肥	222.0a	160bcAB	146abAB	91.3aA	28.1a	8 959.5±167.02cA
紫云英+100%化肥	235.5a	168abAB	151aAB	89.9bAB	28.0a	9 361.5±48.12abA
紫云英+80%化肥	247.5a	171aAB	150aAB	87.7cC	28.3a	9 424.5±160.89aA
紫云英+60%化肥	232.5a	172aA	156aA	90.7abA	28.2a	9 214.5±120.97abcA
紫云英+40%化肥	229.3a	171aAB	154aAB	90.6abA	28.4a	9 007.5±54.31bcA

2.2.3 2010 年各处理水稻产量及构成因素 从表 4 可见,各施肥处理水稻产量均极显著高于 CK,其中紫云英+100%化肥处理产量最高,为 9 622.5 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 29.7%;其次为紫云英+80%化肥处理;第三为紫云英+60%化肥处理,3 个处理产量均高于 100%化肥处理,但差异不显著。

各施肥处理的有效穗数、结实率、千粒重均极显著高于 CK,穗粒数和穗实粒数差异不显著。100%化肥处理的结实率和千粒重较低,主要原因是单施化肥,水稻有效分蘖增加,有效穗数提高,相应地降低了田间的通透性,影响水稻籽粒后期灌浆,造成水稻千粒重和结实率降低。

表 4 各处理水稻产量及构成因素(2010 年)

处理	有效穗数/ ( $\times 10^4$ 个/hm <sup>2</sup> )	穗粒数/个	穗实粒数/个	结实率/%	千粒重/g	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )
CK	177bB	143.9a	114.9a	79.7eE	28.3eD	6 941.3 $\pm$ 177.42cC
100%化肥	276aA	142.0a	113.4a	81.0dD	28.8cdBC	9 273.8 $\pm$ 61.35aAB
紫云英+100%化肥	255aA	138.2a	113.6a	82.2cC	29.1abAB	9 622.5 $\pm$ 93.37aA
紫云英+80%化肥	249aA	139.9a	118.5a	83.5bB	28.8bcABC	9 480.0 $\pm$ 92.87aA
紫云英+60%化肥	258aA	147.0a	124.5a	84.6aA	29.3abA	9 300.0 $\pm$ 108.34aAB
紫云英+40%化肥	279aA	143.3a	120.2a	83.9bAB	29.4aA	8 872.5 $\pm$ 101.09bB

### 2.3 紫云英配施不同量化肥对水稻生产经济效益的影响

若不考虑劳动力、灌溉等成本,仅从投入种子、化肥、农药支出费用和稻谷收入来分析紫云英和不同量化肥配施的经济效益(表 5),稻谷收入以紫云英+80%化肥处理最高,为 33 863.4 元/hm<sup>2</sup>;紫云英+100%化肥处理次之,为 33 760.8 元/hm<sup>2</sup>;紫云英+60%化肥处理位于第 3 位,为 33 665.4 元/hm<sup>2</sup>;CK 最低,为 26 115.4 元/hm<sup>2</sup>。从净收入来分析,紫云英与 80%、60%、40%化肥配施的 3 个处理,其每公顷

3 a 总净收入分别为 25 820.4、26 864.4、27 039.0 元,比 CK 增加 3.7%、7.9%、8.6%,比紫云英+100%化肥处理增加 5.49%、9.76%、10.47%,说明翻压紫云英与化肥减量能提高水稻生产净收入。从产投比分析可以看出,CK 产投比最高,为 20.49,这是连续几十年培肥的结果。从 5 个施肥处理来看,紫云英+40%化肥处理产投比最高,为 4.86;紫云英+60%化肥处理次之,为 3.95;紫云英+100%化肥处理产投比最低,为 2.64。从稻谷产量、净收入和产投比及环境友好性综合来看,紫云英与 60%化肥配施最优。

表 5 不同施肥处理 3 a 总经济效益分析

处理	稻谷收入/ (元/hm <sup>2</sup> )	稻种支出/ (元/hm <sup>2</sup> )	紫云英种子 费/(元/hm <sup>2</sup> )	紫云英肥料 费/(元/hm <sup>2</sup> )	水稻肥料费/ (元/hm <sup>2</sup> )	总投入/ (元/hm <sup>2</sup> )	净收入/ (元/hm <sup>2</sup> )	产投比
CK	26 115.4	1 215	0	0	0	1 215	24 900.4	20.49
100%化肥	32 986.0	1 215	0	0	6 210	7 425	25 561.0	3.44
紫云英+100%化肥	33 760.8	1 215	810	1 050	6 210	9 285	24 475.8	2.64
紫云英+80%化肥	33 863.4	1 215	810	1 050	4 968	8 043	25 820.4	3.21
紫云英+60%化肥	33 665.4	1 215	810	1 050	3 726	6 801	26 864.4	3.95
紫云英+40%化肥	32 598.0	1 215	810	1 050	2 484	5 559	27 039.0	4.86

## 3 结论与讨论

本试验结果表明,连续 3 a 紫云英与 100%、80%、60%、40%化肥配施,均能明显提高水稻株高。其中,各施肥处理水稻株高均极显著高于 CK(2008 年 100%化肥处理除外),翻压紫云英各处理均高于 CK 和 100%化肥处理,说明翻压紫云英能促进水稻生长,这与前人研究结果基本一致<sup>[20-22]</sup>。

翻压紫云英主要提高了水稻的有效穗数、穗粒数和穗实粒数,从而提高了水稻产量。3 a 各施肥处

理水稻产量均极显著高于 CK。其中,2008 年紫云英+60%化肥处理水稻产量最高,达到 9 540 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 18.2%;2009 年紫云英+80%化肥处理最高,达到 9 424.5 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产达 39.6%;2010 年紫云英+100%化肥处理最高,为 9 622.5 kg/hm<sup>2</sup>,比 CK 增产 38.6%。

紫云英与 100%、80%、60%化肥配施,其 3 a 稻谷总产量均高于 100%化肥处理和 CK。其中,紫云英+80%化肥处理总产量最高,比 CK 增产 29.7%。这说明翻压紫云英后,在提高水稻产量的

情况下,化肥施用量至少可以减少20%,这与刘春增等<sup>[23]</sup>和谢志坚等<sup>[24]</sup>的研究结果类似。紫云英与80%、60%、40%化肥配施,其净收入均高于其他3个处理,这说明翻压紫云英与化肥减量能提高水稻生产净收入。从培肥土壤地力、稻谷收入、净收入、产投比以及可持续生产等方面综合考虑,紫云英还田(22 500 kg/hm<sup>2</sup>)与当地常规化肥施用量的60%配合施用是最佳配施方案。

#### 参考文献:

- [1] 黄国勤,王兴祥,钱海燕,等.施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J].生态环境,2004,13(4):656-660.
- [2] 林多胡,顾荣申.中国紫云英[M].福州:福建科学技术出版社,2000.
- [3] 杨俊岗,李长喜.信阳紫云英研究[M].北京:农业科学技术出版社,2005:19-20.
- [4] 邢素丽,刘孟朝,徐明岗.有机无机配施对太行山山前平原小麦产量和土壤培肥的影响[J].华北农学报,2010,25(增刊):212-216.
- [5] 徐明岗,李冬初,李菊梅,等.化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J].中国农业科学,2008,41(10):3133-3139.
- [6] 要娟娟,薛泽民,赵萍萍,等.商品有机肥和氮肥配施对冬小麦产量及氮肥利用率的影响[J].山西农业科学,2012,40(4):353-356.
- [7] 彭娜,王开峰,谢小立,等.长期有机无机肥配施对稻田土壤基本理化性状的影响[J].中国土壤与肥料,2009(2):6-10.
- [8] 唐继伟,林治安,许建新,等.有机肥与无机肥在提高土壤肥力中的作用[J].中国土壤与肥料,2006(3):44-47.
- [9] 孟会生,王静,闫永康,等.秸秆与氮肥配施对冬小麦生长及养分吸收的影响[J].山西农业科学,2012,40(11):1181-1184.
- [10] 郑兰君,曾广永,王鹏飞.有机肥、化肥长期配合施用对水稻产量及土壤养分的影响[J].中国农学通报,2001,17(3):48-50.
- [11] 李菊梅,徐明岗,秦道珠,等.有机肥无机肥配施对稻田氮挥发和水稻产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(1):51-56.
- [12] 宋永林,袁锋明,姚造华.化肥与有机物料配施对作物产量及土壤有机质的影响[J].华北农学报,2002,17(4):73-76.
- [13] 赵学杏.稻田种植紫云英对水稻含氮量及产量的影响[J].安徽农学通报,2011,17(9):62,85.
- [14] 王琴,张丽霞,吕玉虎,等.紫云英与化肥配施对水稻生长和土壤养分含量的影响[J].天津农业科学,2012,40(11):1181-1184.
- [15] 吕玉虎,潘兹亮,王琴.翻压紫云英后化肥用量对稻田养分动态变化及产量效应的影响[J].中国农学通报,2011,27(3):174-178.
- [16] 陈秀华,刘正余,金志刚.以紫云英为绿肥的水稻化学肥料减量效果初探[J].上海农业科技,2005(5):91.
- [17] 李双来,陈云峰,李四斌,等.水稻相同紫云英翻压量下化肥的合理用量试验[J].湖北农业科学,2009,48(7):1592-1593.
- [18] 曾庆利,龚春华,徐永士,等.紫云英不同翻压量对水稻产量和产值的影响[J].湖南农业科学,2009(6):76-77,88.
- [19] 胡小平,王长发.SAS基础及统计实例教程[M].西安:西安地图出版社,2001.
- [20] 龙文清.紫云英与氮磷钾肥配施对水稻产量及土壤肥力的影响[J].现代农业科技,2011(7):58-59.
- [21] 王璐,吴建富,潘晓华,等.紫云英和稻草还田免耕抛栽对水稻产量和土壤肥力的影响[J].中国农学通报,2010,26(20):299-303.
- [22] 王杨才,戴波.紫云英还田对水稻氮肥用量及其产量的影响[J].现代农业科技,2010(13):54,58.
- [23] 刘春增,李本银,吕玉虎,等.紫云英还田对土壤肥力、水稻产量及其经济效益的影响[J].河南农业科学,2011,40(5):96-99.
- [24] 谢志坚,徐昌旭,许政良,等.翻压等量紫云英条件下不同化肥用量对土壤养分有效性及水稻产量的影响[J].中国土壤与肥料,2011(4):79-82.