

DOI:10.13331/j.cnki.jhau.2014.04.002
投稿网址: http://www.hunau.net/qks

肥饲兼用型绿豆品种的引种栽培与评价

邹长明¹, 王允青^{2*}, 刘英², 张晓红¹, 唐杉²

(1.安徽科技学院城建与环境学院, 安徽 凤阳 233100; 2.安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 安徽 合肥 230031)

摘 要: 为了筛选适宜于安徽地区种植的肥饲兼用型绿豆品种, 于 2012—2013 年在安徽科技学院进行田间试验和盆栽试验, 对 5 个绿豆品种进行评价, 记载各品种的根、茎、叶、花、荚果及种子的形态特征、生长特性及产量, 测定各品种在盛花期的根瘤量和氮、磷、钾、铁、锌养分含量及粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、氨基酸含量。结果表明: 根瘤量可达地下部总重的 16%~38%; 供试品种中, 小槐花花叶绿豆的产青量和干物量最大, 种子产量、蛋白质产量最高, 富集氮、磷、钾、铁、锌养分的能力最强; 铜山小绿豆和大花叶子绿豆鲜草水分含量较高, 而粗纤维含量较低, 饲用适口性好。从产青量、干物量、营养价值、养分富集能力和生育期等方面综合考虑, 初步认为小槐花花叶绿豆和大花叶子绿豆适宜在安徽地区种植推广。

关 键 词: 绿豆; 生育期; 产量; 根瘤; 养分积累; 营养价值

中图分类号: S551.31 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2014)04-0344-05

Introduction and evaluation of *Phaseolus aureus* varieties used for green manure and feed

ZOU Chang-ming¹, WANG Yun-qing^{2*}, LIU Ying², ZHANG Xiao-hong¹, TANG Shan²

(1.College of Urban Construction and Environment, Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100, China; 2.Institute of Soils and Fertilizers, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

Abstract: Experiments of cultivated in fields and in pots were established to evaluate 5 *Phaseolus aureus* varieties in Anhui province in 2012–2013. The objective of those experiments was to select optimum both green manure and feed crop varieties for Anhui area. The characters of the 5 varieties on roots, stems, leaves, flowers, pods and seeds were recorded in detail. Their growth characters and yields were surveyed. Weight of root nodule, content of nutrients such as N, P, K, Fe and Zn, content of nutrition matter such as crude protein, crude fat, crude fiber and amino acid in the varieties' plants were measured in full bloom. The results showed that weight of root nodule were 16%–38% of the underground parts. Small robinia-flower lace-leaf *P. aureus*(SRLPA) was the largest of the varieties on seed yield, fresh-grass yield, dry matter yield, protein yield, capacity of accumulating nutrients such as N, P, K, Fe and Zn. Tongshan Small *P. aureus*(TSPA) and Big Lace-leaf *P. aureus*(BLPA) were more palatable for animal because of lower crude fiber and higher water in the fresh-grasses. Calculations were made based on mean of the varieties on capacity of nutrients accumulation, which showed that quantity of applying chemical N fertilizer would reduce 35% as green manuring. To make a comprehensive survey base on fresh-grass yield, dry matter yield, nutritional value, capacity of accumulating nutrients and growth stage, two optimum varieties were selected initially for Anhui area. They were SRLPA and BLPA.

Key words: *Phaseolus aureus*; growth stage; yield; root nodule; nutrient accumulation; nutritional value

收稿日期: 2014-04-14

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目(201103005); 国家农作物种质资源平台运行服务项目(2012-019); 作物种质资源保护和利用项目(NB2013-2130135-34)

作者简介: 邹长明(1963—), 男, 湖南祁东人, 硕士, 教授, 主要从事绿肥利用与作物高产施肥研究, cmzou@163.com; *通信作者, yunqingw@126.com

中国古代就有关于绿肥利用与评价的记载,如北魏贾思勰所著《齐民要术》中记载“凡美田之法绿豆为上,小豆、胡麻次之”^[1]。豆科绿肥作为一种能固氮的环境友好型作物,是无重金属残留、无激素和抗生素残留的清洁饲料和优质有机肥源^[2]。绿豆是豆科绿肥作物的优秀代表。绿豆种子营养价值高,是人们喜爱的保健食品,其根茎也富含氮、磷、钾及微量元素^[3-4],是优良的饲料和肥料。绿肥(包括绿豆)翻压分解后可为作物提供养分,改善土壤微生物状况和理化性质^[5-6],去除土壤污染物质^[7],改善茶园生态环境和天敌生存条件^[8-9],减轻作物病虫害,对作物产量和品质的提高有重要作用。

绿肥种质资源是绿肥研究及应用的基础,对绿肥(包括绿豆)种质资源进行收集整理、筛选评价和提纯复壮,对绿肥生产与利用具有重要意义。中国绿肥种质资源丰富,但由于化肥的冲击,多年来对绿肥种质资源研究较少,绿肥品种混杂退化严重^[2]。笔者于 2012—2013 年在安徽科技学院开展绿肥种质资源整理与创新研究,以筛选出适宜在安徽及其周边地区生长的优良绿肥品种。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为从国家种质资源库引进的 5 个绿豆品种,分别为早熟品种小槐花园叶绿豆(*small robinia- flower round-leaf Phaseolus aureus*)、小槐花花叶绿豆(*small robinia-flower lace-leaf P. aureus*)和铜山小绿豆(*tongshan small P. aureus*),中熟品种大花叶子绿豆(*big lace-leaf P. aureus*)和小白咀(*small white-navel P. aureus*)。

1.2 方法

2012—2013 年 4—7 月在安徽凤阳县府城镇山后街村绿肥种质资源圃进行大田试验。每个小区栽植 1 个品种。小区面积 12 m²,重复 3 次。不施肥。人工穴播。行距 50 cm,株距 33 cm,每穴播种 3~4 粒。出苗后定植 2 株。在生长期观察、调查生育期及生长发育特征并拍照;在盛花期每小区收 6 m²植株计算产青量,测定水分和干物质氮、磷、钾、

铁、锌含量及鲜草粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、游离氨基酸含量;在成熟期收获种子。同时进行盆栽试验,每个品种 3 盆,每盆装砂、土混合物 4 kg(砂、土质量比为 1:1),不施肥,在盛花期取样,测定地上部和地下部的鲜重、干重和根瘤鲜重。

1.3 测定指标及方法

植株样品氮、磷、钾、铁、锌含量测定方法:H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,全氮(包括粗蛋白)含量用奈氏比色法,全磷含量用钒钼黄比色法,全钾含量用火焰光度法,铁、锌含量用原子吸收法^[10];用索氏提取法测粗脂肪含量,用酸性洗涤剂(ADF)法测粗纤维含量^[10];用茚三酮比色法测游离氨基酸含量^[11]。

1.4 数据分析

测定结果用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同绿肥品种生育期的差异

生育期是绿肥品种选择的重要指标之一,生产中需要根据耕地休闲时间的长短选择不同生育期的绿肥品种。调查结果(表 1)表明,各品种均有出苗快、花期短的特点,但从盛花期到成熟期,各品种有较大差异,大花叶子绿豆和小白咀等中熟品种成熟慢,这也是中熟品种生育期相对较长的主要原因。

表 1 不同绿豆品种的生育期

品种	Table 1 Growth stage of the <i>P. aureus</i> varieties			
	生育期/d			
	出苗至始花	始花至盛花	盛花至成熟	全生育期
早熟	43~46	2~4	12~15	61
中熟	43~45	4~5	20~23	68~72

2.2 不同绿肥品种的长势及茎叶根瘤特征

田间调查结果(表 2)表明,大花叶子绿豆最高大,比其他品种高 20 cm 左右,各品种茎粗间的差异无统计学意义。

供试品种的根茎叶特征:半灌木状草本,茎秆直立,圆形,多棱角(这有利于抗倒伏),茎叶多短柔毛,奇数披针状叶,叶柄叶鞘长 3~5 cm,直根系,主根不发达,根、冠比 0.13~0.14(盆栽盛花期)。

表 2 不同绿豆品种的长势及茎叶根瘤特征

Table 2 Stems, leaves and root nodules characters of the <i>P. aureus</i> varieties						
品种	成熟期 株高/cm	成熟期 茎粗/cm	侧枝数/个	单片叶 面积/cm ²	每盆根瘤质量/g	根瘤占地下部 的比/%
小槐花园叶绿豆	31.4b	1.1	4~6	61.4a	2.04b	18.2
铜山小绿豆	24.6c	1.0	5~7	28.1d	4.48a	38.1
小槐花花叶绿豆	31.2b	1.2	5~7	28.3d	2.00b	17.2
大花叶子绿豆	49.0a	1.0	5~7	47.0b	4.40a	28.9
小白咀	28.4b	1.1	4~6	33.8c	2.00b	15.9

不同品种叶片面积有很大差异，单片叶面积最大的是小槐花园叶绿豆，最小的是铜山小绿豆，前者是后者的 2.2 倍。不同绿肥品种盛花期根瘤质量占地下部鲜重的比例为 15.9%~38.1%，其中铜山小绿豆和大花叶子绿豆的根瘤最多、最重(图 1)。

2.3 不同绿豆品种的花果种子特征及产量

供试品种的花果种子特征：总状花序，小花数 10~15 朵，浅黄色蝶形花，花色浅黄，有限结荚；小槐花花叶绿豆结荚数多，千粒重较大，小槐花园叶绿豆荚果长，千粒重轻，前者种子产量最高，可见结荚数对种子产量贡献较大。根据盛花期田间小区收产结果(地上部)计算出的产青量和干物量，结



图 1 盛花期大花叶子绿豆的根瘤

Fig.1 Root nodule of BLPA in full bloom

果(表 3)表明,小槐花花叶绿豆的产青量和干物量最大,产青量比铜山小绿豆高 14%,干物量比铜山小绿豆高 40%。

表 3 不同绿豆品种的荚果种子特征及产量

Table 3 Yield and characters of pods and seeds of the <i>P. aureus</i> varieties						
品种	每株荚数/个	荚长/cm	千粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)		
				种子	青草	干物
小槐花园叶绿豆	30~40	11.2a	35.5c	563c	10 150b	1 796bc
铜山小绿豆	30~40	7.1c	37.4bc	691b	10 026b	1 604c
小槐花花叶绿豆	38~45	8.1bc	40.0b	1 081a	11 442a	2 238a
大花叶子绿豆	30~40	9.2b	45.1a	705b	11 372a	1 956b
小白咀	30~35	7.1c	40.3b	538c	11 006ab	1 772bc

2.4 不同绿豆品种的富集积累养分数量

表 4 结果表明，盛花期绿豆植株体内氮、锌含量较高的是大花叶子绿豆和铜山小绿豆，磷含量最高的是小槐花花叶绿豆，钾含量最高的是大花叶子绿豆。各品种间铁含量差异无统计学意义。植物富集养分的能力不能仅看植株体内的养分含量，还要看其干物量，根据干物量和养分含量得出的养分积累量可更好地反映绿豆富集养分的能力。表 4 结果表明，固氮能力最强的是小槐花花叶绿豆，其富集的氮素(N)比小槐花园叶绿豆高 26%；富集磷(P)、

钾(K)能力最强的也是小槐花花叶绿豆，其磷积累量比铜山小绿豆高 1.8 倍，其钾积累量比铜山小绿豆高 72%。根据产量计算得出的微量元素铁、锌积累量也是小槐花花叶绿豆和大花叶子绿豆的较高；小槐花花叶绿豆的养分积累总量最大，是铜山小绿豆的 1.5 倍。按表 4 中养分积累平均数和粮食作物(水稻、小麦)一般施肥量(每 1 hm² 施 N、P₂O₅、K₂O 的量分别为 150、90、120 kg)计算，如果将这些绿豆翻压做肥料，可使化学氮肥减施 35%，磷肥减施 21%，钾肥减施 36%。

表 4 不同绿豆品种盛花期植株的氮、磷、钾、铁、锌积累量

Table 4 Accumulation of N, P, K, Fe and Zn of the *P. aureus* varieties in full bloom

品种	N 含量/%	P 含量/%	K 含量/%	Fe 含量/ (mg·kg ⁻¹)	Zn 含量/ (mg·kg ⁻¹)	养分积累量/(kg·hm ⁻²)					
						N	P	K	Fe	Zn	合计
小槐花园叶绿豆	2.62b	0.42c	1.76b	308	31.3b	47.0	7.6	31.6	0.55	0.06	86.8
铜山小绿豆	2.98a	0.30d	1.70b	324	38.7a	47.8	4.8	27.2	0.52	0.06	80.4
小槐花花叶绿豆	2.65b	0.61a	2.09a	335	32.4b	59.2	13.6	46.8	0.75	0.07	120.4
大花叶子绿豆	3.01a	0.49b	2.32a	321	36.2a	58.6	9.6	45.4	0.63	0.07	114.3
小白咀	2.71b	0.33d	1.73b	313	33.1b	48.0	5.8	30.6	0.55	0.06	85.0

2.5 不同绿豆品种的饲用价值

表 5 结果表明，供试绿豆品种的水分含量均在 80% 以上，鲜嫩多汁，饲用适口性好。铜山小绿豆和大花叶子绿豆的粗纤维含量最低，最易被动物消

化吸收；大花叶子绿豆和小槐花花叶绿豆的粗蛋白、粗脂肪和游离氨基酸含量较高，蛋白质单产较高，具有较高的营养价值，这 2 个品种的蛋白质单产比其他品种约高 24%。

表 5 不同绿豆品种盛花期鲜草的营养成分

Table 5 Content of nutritive components in fresh-grass of the *P. aureus* varieties in full bloom

品种	水分含量/%	粗蛋白含量/%	粗脂肪含量/%	粗纤维含量/%	游离氨基酸含量/%	蛋白质产量/(kg·hm ⁻²)
小槐花园叶绿豆	82.3ab	2.90b	0.65a	4.18a	1.59b	294.1
铜山小绿豆	84.0a	2.98ab	0.56b	3.60b	1.74ab	298.7
小槐花花叶绿豆	80.4b	3.24a	0.61a	4.21a	1.82a	370.7
大花叶子绿豆	82.8ab	3.24a	0.65a	3.66b	1.81a	368.0
小白咀	83.9a	2.73b	0.63a	3.94ab	1.53b	300.1

3 结论与讨论

1) 绿肥生育期是品种筛选的重要考量因子之一^[12]。供试品种中，铜山小绿豆、小槐花花叶和小槐花园叶等早熟品种全生育期 61 d，出苗快，开花早，成熟时间短，适宜于休闲时间较短的轮作；中熟品种大花叶子绿豆和小白咀的全生育期约 70 d，其生育期较长的原因主要是成熟慢，而其他特性与早熟品种基本相同。

2) 豆科植物吸收的氮有 55%~87% 来自根瘤菌中的生物固氮^[13-14]。本研究，各绿肥品种根瘤重占地下部总重的比为 16%~38%，其中铜山小绿豆和大花叶子绿豆的根瘤最多、最重。

3) 产青量和干物量是绿肥品种筛选的重要指标。小槐花花叶绿豆产青量和干物量最大，高于或显著高于其他品种。

4) 肥饲兼用绿肥鲜草的适口性和营养价值是品种筛选的重要参考因素。目前，这方面的研究主要是针对苜蓿(鲜草)和玉米(种子)及大豆(种子)，虽然已有关于对绿豆种子营养价值的研究^[15-16]，但关于其鲜草饲用价值的研究尚少。本研究中，各绿豆品种鲜草的粗蛋白和粗脂肪含量与苜蓿相当，而粗纤

维含量比苜蓿的低^[17]，说明绿豆鲜草的适口性极好，营养价值也与号称“牧草之王”的苜蓿^[17]相当，只是鲜草产量低一些，今后只要加强高产栽培利用研究，就能使绿豆在肥饲兼用方面发挥更大的作用。供试品种中，大花叶子绿豆在适口性和营养价值方面的综合优势最强。

5) 铁和锌是人体必需的微量元素，缺铁导致贫血，缺锌导致发育迟缓和智力低下。由于全世界约 40% 的土壤缺铁^[4]，中国 50% 以上的土壤缺锌^[18]，人类缺铁、缺锌就像缺维生素一样常见，而这些物质的来源主要依赖于植物和动物，因而肥饲兼用绿肥鲜草的铁、锌含量和积累量是衡量营养价值的重要指标之一。本研究中，各品种铁含量间的差异无统计学意义，植株体内锌含量以铜山小绿豆和大花叶子绿豆的最高，积累量以小槐花花叶绿豆和大花叶子绿豆的较高。

6) 氮、磷、钾是肥料三要素，但氮、磷施用过多不仅造成肥料浪费，增加生产成本，也污染环境，且中国钾矿资源缺乏，钾肥供应不足，微量元素肥料也没有普及，因此，施用绿肥可以起到减少氮、磷、钾肥施用和补充微量元素的作用。供试品种中，

氮、磷、钾、铁、锌含量富集能力最强的都是小槐花花叶绿豆。以供试品种平均数计,翻压绿肥可使化学氮肥减施35%,磷肥减施21%,钾肥减施36%。可见,绿肥(特别是绿豆)对减肥增效、保护环境有重要意义。由于绿豆是短日照植物,耐荫耐瘠,株型不高,覆盖度大,生产中可以单独种植作肥料或饲料,也可以与禾本科作物及茶果树间套种,对提高行间覆盖度、防治水土流失、培肥土壤有良好作用^[1]。

从产青量、干物量、营养价值、养分富集能力和生育期等多方面综合考虑,初步认为早熟品种小槐花花叶绿豆和中熟品种大花叶子绿豆可作为进一步示范推广的品种。

参考文献:

- [1] 焦斌. 中国绿肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986: 540-543.
- [2] 曹卫东, 黄鸿翔. 关于中国恢复和发展绿肥若干问题的思考[J]. 中国土壤与肥料, 2009(4): 1-3.
- [3] 邹长明, 刘英, 杨杰, 等. 豆科绿肥品种养分富集能力比较研究[J]. 作物杂志, 2013, 107(3): 75-79.
- [4] 司鹏, 乔宪生, 黄显淦. 18种果园常用豆科绿肥作物微量元素含量分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(4): 157-162.
- [5] 邹长明, 王允青, 杨杰, 等. 化肥配施紫云英对稻田土壤微生物及养分的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2013(6): 28-31.
- [6] 包兴国, 杨文玉, 曹卫东, 等. 豆科与禾本科绿肥饲草作物混播增肥及改土效果研究[J]. 中国草地学报, 2012, 34(1): 43-47.
- [7] 陈强培, 郭楚玲, 廖长君, 等. 绿肥植物绿豆去除土壤中苳的实验研究[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(6): 1172-1177.
- [8] 肖润林, 王久荣, 彭佩钦, 等. 长江流域丘陵茶园的生态问题研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(3): 585-589.
- [9] 邓欣, 刘红艳, 谭济才, 等. 不同种植年限有机茶园土壤微生物群落组成及活性比较[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006, 32(1): 53-56.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 264-271.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001: 192-194.
- [12] 李振华, 段玉, 妥德宝, 等. 农牧交错带绿肥用豌豆种质资源的初步评价[J]. 华北农学报, 2011, 26(4): 67-71.
- [13] 金喜军, 马春梅, 龚振平, 等. 大豆鼓粒期对肥料氮的吸收与分配研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(2): 395-399.
- [14] Gadimov A G, Safaraliev P M. Changes in nitrogen status of soybean under influence of symbiotically fixed and bound nitrogen[J]. Tr J of Agriculture and Forestry, 1999, 23: 389-392.
- [15] 刘国道, 罗丽娟, 白昌军, 等. 海南豆科饲用植物资源及营养价值评价[J]. 草地学报, 2006, 14(3): 254-260.
- [16] 董玉琛, 曹永生. 粮食作物种质资源的品质特性及其利用[J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 111-114.
- [17] 白玉龙, 刘国荣, 乌艳虹, 等. 四种豆科牧草初水分与营养成分关系的研究[J]. 中国草地, 2002, 24(4): 19-24.
- [18] 鲁如坤. 土壤-植物营养学原理与施肥[M]. 北京: 化学工业出版社, 1998: 53-56.

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 王 库