

适宜在安徽推广种植的田菁品种的筛选与评价

张晓红¹, 邹长明^{1*}, 王允青², 刘英², 肖明松¹

(1.安徽科技学院, 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推广种植的绿肥种质资源, 采用田间试验和盆栽试验, 于2011—2013年对53个田菁品种进行评价, 记载各品种的根、茎、叶、花、荚果及种子的形态特征、生长特性、产量和干物质积累效率, 测定各品种在盛花期的叶片光合效率、根瘤量和氮、磷、钾养分含量。结果表明: 早熟品种的全生育期约为3个月, 迟熟品种的全生育期约为7个月; 早熟品种光合效率和干物质积累效率较高, 而迟熟品种的干物质积累总量较大; 盐菁胶1号的叶片光合效率和干物质积累效率最高; 泸早田菁根瘤最多, 根瘤量可达地下部总重的24.1%, 其种子产量也最高; 三亚田菁产青量和干物量最大, 其固氮和富集磷、钾的能力最强。从光合效率、产量、养分富集能力和生育期等方面综合考虑, 初步认为盐菁胶1号、庆丰田菁、三亚田菁、泸早田菁等4个品种适宜在安徽种植推广。

关键词: 田菁; 生育期; 光合效率; 产量; 根瘤; 养分积累; 安徽

中图分类号: S551

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2015)02-0190-06

Selection and evaluation of *Sesbania sesban* varieties suitable to be popularized in Anhui region

Zhang Xiaohong¹, Zou Changming^{1*}, Wang Yunqing², Liu Ying², Xiao Mingsong¹

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

Abstract: Field and pot experiment were conducted during 2011–2013 to evaluate green manure of 53 germplasm resources of *Sesbania sesban* whether they had the possibility of popularizing in Anhui province. Characters of the 53 varieties including roots, stems, leaves, flowers, pods, seeds, yields and efficiency of dry matter accumulation were recorded, as well as their growth characters in full-bloom stage, including photosynthetic efficiency of leaves, weight of root nodule and nutrients' content, such as N, P and K in plants. The results showed that early-mature varieties have a whole growth period of three months and late-mature varieties have seven months. Early-mature varieties had higher photosynthetic efficiency and dry matter accumulation efficiency. While, late-mature varieties had greater total mass of dry matter accumulation. The variety with the highest both in photosynthetic efficiency and in dry matter accumulation efficiency was Yanjingjiao No.1 *S. sesban*, while variety with the maximum root nodule was Luzao *S. sesban*, and the weight of root nodule was 24.1% of the total underground. In addition, the variety also had the highest seed yield. Sanya *S. sesban* had the highest yield in fresh and dry weight, as well as in the ability of nitrogen fixation and the enrichment of P, K. In general, based on the comprehensive consideration from photosynthetic efficiency, yield, capacity of nutrient accumulation and growth stages, four optimum varieties were appropriate for popularizing in Anhui region, they were Yanjingjiao No.1 *S. sesban*, Qingfeng *S. sesban*, Sanya *S. sesban*, and Luzao *S. sesban*.

Keywords: *Sesbania sesban*; growth stages; photosynthetic efficiency; yield; root nodule; nutrient accumulation; Anhui

豆科绿肥是能固定空气氮素、活化土壤磷素、富集积累钾素和微量元素的环境友好型作物,是营养丰富且无抗生素残留的清洁饲料和优质有机肥源^[1-2]。田菁是豆科(Leguminosae)蝶形花亚科(Papilionaceae)刺槐族(Robinieae)田菁属(*Sesbania*)植物,是绿肥作物的优秀代表,其茎皮可制麻,秸秆能造纸,籽粒能提取田菁胶,枝叶可作牛马饲料;肥用田菁具有生物量大、营养价值高、耐旱耐渍、抗盐碱的特点,是改良盐碱地的先锋作物^[3]。绿肥(包括田菁)翻压分解后可供给作物各种养分^[4-5],改善土壤微生物状况和肥力状况^[6-7],减轻作物病害^[8],提高作物产量和品质^[6-9]。绿肥种质资源研究是绿肥应用的基础,对绿肥种质资源进行收集整理和鉴定评价对绿肥生产与利用具有重要意义。多年来,由于化肥的大量施用和绿肥种植面积的减少,绿肥种质资源的研究也较少,导致品种混杂退化,影响了绿肥(包括田菁)的生产和利用^[1]。笔者于 2011—2013 年在安徽省进行了田菁引种栽培研究,以筛选出适宜安徽及其周边地区种植的高产高效田菁品种。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试材为国家种质资源库的 53 个田菁品种:红杆有刺田菁、印尼多刺田菁、海南大花田菁、沪早田菁、几内亚田菁、庆丰田菁、花籽田菁、上海早熟田菁、京选一号、山东惠民田菁、盐选五号、苏农八号、淮阴田菁、四川 78-1、江西白茎田菁、海南红茎田菁、上海多枝田菁、青茎田菁、中南田菁、华东田菁、大彭青、宁河一号、辽菁一号、辽菁二号、溪泉头田菁、沪选一号、盐城 73-36、田选十号、德农九号、台湾田菁、睢宁田菁、极早熟田菁、北农九号、盐菁 171、喀麦隆野生田菁、盐菁胶 1 号、盐菁胶 2 号、盐菁胶 3 号、盐菁胶 4 号、盐菁胶 140 号、87-152、87-131、87-136、新疆 87-3、辽选 y3、辽选 y10、辽选 R8、辽选 Q22、田菁 3

号、田菁 4 号、江胶一号、南宁田菁、三亚田菁。

1.2 方 法

2011—2013 年 4—11 月,于安徽省凤阳县府城镇山后街村绿肥种质资源圃进行大田试验,每个小区安排 1 个品种,小区面积 12 m²,重复 2 次,施过磷酸钙 750 kg/hm²,人工穴播,行距 50 cm,株距 40 cm,每穴播种 2~4 粒,出苗后定植 1 株。生长期调查生育期及生长发育特征:在盛花期每小区收 6 m² 植株(隔行收取)计算产青量,同时测定鲜样的水分和干物质氮、磷、钾含量;在成熟期收获种子。根据田菁在田间的表现,2013 年选取 20 个品种进行盆栽试验,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,在盛花期测定根瘤鲜重、地上部和地下部的鲜重与干重。

1.3 测定指标及方法

植株样品养分含量测定方法:H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,全氮含量用奈氏比色法测定,全磷含量用钒钼黄比色法测定,全钾含量用火焰光度法测定^[10]。光合参数用美国产 Li-6400XT 型便携式光合仪,在大气 CO₂ 浓度和固定光量子通量(1000 μmol/(m²·s))下,于 9:00—11:00 测定。

1.4 数据 分析

用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 软件进行数据分析。

2 结果与 分析

2.1 不同田菁品种生育期的差异

生育期是绿肥品种评价的重要指标之一,生产中需要依据耕地休闲时间的长短来选择相应生育期的绿肥品种。53 个田菁品种的生育期调查结果(表 1)表明,庆丰田菁、辽选 y10、盐菁胶 1 号等 32 个品种表现为早熟,而三亚田菁、印尼多刺田菁等 11 个品种表现为迟熟。早熟品种一般开花早,花期短,成熟快;迟熟品种开花晚,花期长,成熟慢;中熟品种与早熟品种比较接近。

表1 不同熟期田菁品种的生育期

Table 1 Growth stages of different ripe periods of *S. sesban* varieties

熟期 分类	品种名称	出苗至始花/d		始花至盛花/d		盛花至成熟/d		全生育期/d	
		平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围
早熟	北农九号、田菁4号、盐菁171、盐菁胶2号、盐菁胶3号、德农九号、江胶一号、山东惠民、苏农八号、盐选五号、台湾田菁、溪泉头田菁、几内亚田菁、京选一号、庆丰田菁、南宁田菁、四川78-1、辽菁一号、辽选R8、辽选y3、宁河一号、田菁3号、87-131、87-136、淮阴田菁、辽菁二号、辽选Q22、辽选y10、新疆87-3、盐菁胶1号、田选十号、盐城73-36	54	44~66	4	1~13	31	15~47	89	84~97
中熟	沪选一号、喀麦隆野生田菁、盐菁胶4号、87-152、盐菁胶140号、花籽田菁、上海早熟田菁、睢宁田菁、极早熟田菁、沪早田菁	68	43~96	8	2~17	43	19~77	119	107~135
迟熟	中南田菁、华东田菁、海南大花田菁、三亚田菁、红杆有刺田菁、印尼多刺田菁、江西白茎田菁、青茎田菁、上海多枝田菁、大彭青、海南红茎田菁	134	117~151	9	5~13	65	34~77	208	166~224

2.2 不同田菁品种的茎叶根瘤特征及光合效率

从各品种群(按熟期分)中各选 2~3 个代表性品种(在所属群体中的田间表现最好)进行分析,其田

间调查结果(表 2)显示,迟熟品种如三亚田菁和印尼多刺田菁等具有高大、粗壮、侧枝较多等特征,其他品种的表现各不相同,品种间差异显著。

表2 不同田菁品种盛花期的茎叶根瘤特征及光合效率

Table 2 Characters of stems, leaves, root nodules and photosynthetic efficiency of different *S. sesban* varieties in full bloom stage

田菁品种	株高/cm	茎粗/cm	侧枝数	净光合速率 / ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔导度/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	每盆根瘤 质量/g	根瘤占地下部 比率/%
庆丰田菁	184b	2.2b	35~41	12.5a	91.7ab	6.2c	7.0
辽选 y10	154c	1.3d	31~36	11.6b	91.2ab	7.5c	10.7
盐菁胶 1 号	188b	1.9c	36~41	12.6a	104.3a	6.4c	7.4
盐菁胶 4 号	179b	1.5d	31~37	9.5d	82.1b	3.9d	5.3
沪早田菁	124d	1.3d	30~33	11.3bc	88.6ab	15.8a	24.1
三亚田菁	202a	2.7a	44~52	10.8c	83.8b	10.2b	9.5
印尼多刺田菁	199a	2.9a	42~51	10.6c	83.9b	6.8c	6.0

数据后的不同英文字母表示品种间差异达 $P<0.05$ 显著水平。下同。

供试品种的根茎叶特征:灌木状草本,茎秆直立、圆形、具纵向小沟纹(这有利于抗倒伏),偶数羽状复叶,叶对生,68~100 片小叶,单片叶面积 $2.4\sim 2.6\text{ cm}^2$,直根系,主根较发达,根、冠比为 $0.10\sim 0.12$ (盆栽盛花期),光合效率、根瘤及其他特征见表 2 及图 1 至图 4。



图 1 苗期庆丰田菁的根瘤

Fig.1 Root nodules of Qingfeng *S. sesban* in seedling stage



图2 分枝期庆丰田菁的根瘤

Fig.2 Root nodules of Qingfeng *S. sesban* in branching stage

表 2 显示,盛花期叶片净光合速率以盐菁胶 1 号的最高,比盐菁胶 4 号高 33%。结合干物质积累效率(表 3)进行的相关分析表明,盛花期叶片净光合速率与此前生长期间的干物质积累效率有极显著的正相关关系($r=0.937\ 9, P<0.01$);气孔导度与干



图 3 盛花期庆丰田菁的根瘤

Fig.3 Root nodules of Qingfeng *S. sesban* in full bloom stage

图 4 成熟期庆丰田菁的根系

Fig.4 Roots of Qingfeng *S. sesban* in mature stage

物质积累效率呈极显著正相关($r=0.9350$, $P<0.01$)。可见,叶片光合效率是田菁种质资源筛选与评价的重要指标之一。从图 1~4 可看出,田菁在不同生育期的根瘤着生位置和数量有差异。在苗期,根瘤主要着生在近地表的主根上,数量不多;在分枝期,侧根开始长根瘤;在花期,根瘤量达到高峰。本研究中,各种田菁盛花期根瘤重量占地下部鲜重的比例为 5.3~24.1%(表 2,其中泸早田菁的根瘤量最大),到成熟期,根瘤退化,根瘤量减少。

2.3 不同田菁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 6~10 朵,淡黄色蝶形花,无限结荚;迟熟品种一般结荚较多,千粒重较大,但千粒重最大的是中熟品种泸早田菁(表 3)。就种子产量来看,千粒重大的品种,如泸早田菁、印尼多刺田菁和三亚田菁的优势更强一些,种子产量与千粒重有极显著的正相关($r=0.9429$, $P<0.01$)。

表 3 不同田菁品种的荚果种子特征及产量

Table 3 Characters of pod seed and its yield of different *S. sesban* varieties

田菁品种	每株荚数	每荚粒数	千粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)			干物质积累效率/(kg·hm ⁻² ·d ⁻¹)
				种子	青草	干物	
庆丰田菁	800~1 000	31~35	14.1d	3 626d	20 068cd	3 376c	64.9
辽选 y10	800~1 000	30~34	15.8cd	4 053c	18 561d	3 363c	58.0
盐菁胶 1 号	800~1 000	24~28	14.7d	3 186e	20 729c	3 691c	75.3
盐菁胶 4 号	800~1 000	35~39	16.4c	3 813cd	15 770e	2 594d	30.2
泸早田菁	800~1 000	32~36	20.3a	5 671a	15 784e	2 873d	49.5
三亚田菁	1 000~1 200	26~30	18.5b	4 833b	29 803a	5 204a	36.1
印尼多刺田菁	1 000~1 200	28~32	18.8b	5 616a	22 650b	4 070b	30.6

根据盛花期田间小区收产结果(地上部)计算的产青量和干物量结果(表 3)表明,迟熟品种由于生育期长,干物质积累的时间较长,产青量和干物量普遍高于早、中熟品种,其中三亚田菁的产青量和干物量最大,分别是盐菁胶 4 号的 1.9 倍和 2.0 倍;早熟品种因为光合效率高而在干物质积累效率(盛花期以前平均每天干物质积累量)方面具有明显的优势,比中熟品种高 66%(平均),比迟熟品种高 98%(平均);在早熟品种中,盐菁胶 1 号和庆丰田菁的产青量具有明显优势,而其种子产量相对较低。

2.4 不同田菁品种富集养分的能力

表 4 结果显示,盛花期不同品种植株体内养分含量有显著差异,氮含量最高的是泸早田菁,磷含量较高的是盐菁胶 1 号和盐菁胶 4 号,钾含量较高的是盐菁胶 4 号和三亚田菁。植物富集养分的能力还与其干物量有关,根据干物量和养分含量得出的养分积累量,可更好地反映田菁富集养分的能力。表 4 中,固氮能力最强的是三亚田菁,富集的氮素比盐菁胶 4 号高 1.5 倍;富集磷、钾能力最强的也是三亚田菁,富集的磷素比泸早田菁高 1.1 倍,富

集的钾素比辽选 y10 高 1.7 倍。按表 4 中养分积累平均数和水稻、小麦的常规施肥量(每 1 hm² 施 N、P₂O₅、K₂O 的量分别为 150、90、120 kg)计算,如

果将这些田菁翻压用作肥料,可使化学氮肥减施 63%,磷肥减施 28%,钾肥减施 51%。

表4 不同田菁品种盛花期植株的氮、磷、钾养分积累量

Table 4 Accumulation of N, P and K of different *S. sesban* varieties in full bloom stage

田菁品种	养分含量/%			养分积累量/(kg·hm ⁻²)			
	N	P	K	N	P	K	Σ
庆丰田菁	2.40cd	0.27cd	1.11c	81.0	9.1	37.5	127.6
辽选 y10	2.63c	0.25d	0.99c	88.4	8.4	33.3	130.1
盐菁胶 1 号	2.59c	0.38a	1.53b	95.6	14.0	56.5	166.1
盐菁胶 4 号	2.33d	0.37a	1.88a	60.5	9.6	48.7	118.8
沪早田菁	3.35a	0.28c	1.62b	96.2	8.0	46.5	150.8
三亚田菁	2.93b	0.32b	1.75ab	152.5	16.7	91.1	260.2
印尼多刺田菁	2.23d	0.26cd	1.01c	90.8	10.6	41.1	142.5

3 讨论与结论

生育期是绿肥种质资源筛选的重要考量因子之一^[11]。本研究中,庆丰田菁、盐菁胶 1 号等早熟品种全生育期为 3 个月左右(2 个月即可压青),生长发育特点是开花早,成熟快,既可单独种植也可与其他作物轮作;三亚田菁、印尼多刺田菁等迟熟品种的全生育期为 7 个月左右,大多有开花晚、成熟慢等特点,适宜于盐碱地改良和荒地培肥;沪早田菁、盐菁胶 4 号等中熟品种的全生育期为 4 个月左右,生长发育特点与早熟品种基本相似。

绿色植物积累的干物质主要来源于光合产物,光合作用决定了农业生产的前途和潜力^[12]。国内外学者对牧草、粮食及其他经济作物的光合效率进行大量研究后发现,光合作用不仅受光照、温度、水分、养分、空气、土壤等外界条件制约,也受植物本身的遗传特性影响,不同作物品种的光合效率常存在差异^[13-15],因此,光合效率常作为种质资源筛选与评价的重要依据。本研究中,各种田菁在盛花期的叶片净光合速率和气孔导度都与此前生长期间的干物质积累效率呈极显著的正相关关系。早熟品种干物质积累效率较高与其光合效率较高有关。

豆科作物吸收的氮有 55%~87%来自于根瘤菌的生物固氮^[16-17],因此,根瘤量是衡量绿肥品种特性的重要指标之一。田菁一般在开花期根瘤量达到最大,因为此时侧根也着生大量根瘤。本研究中,砂土盆栽各田菁品种盛花期根瘤重占地下部总重

的 5.3%~24.1%。供试品种中,沪早田菁、三亚田菁的根瘤量较大。

产青量和干物量反映绿肥还田后遗留有机物质量的大小,因而是绿肥种质资源筛选与评价的重要指标。迟熟品种由于生育期较长,干物质积累时间长,积累量比早熟品种高 33%(平均),而干物质积累效率表现为早熟品种比迟熟品种高 98%(平均)。在各熟期品种中,表现最好的有早熟品种盐菁胶 1 号和庆丰田菁,中熟品种沪早田菁,迟熟品种三亚田菁。沪早田菁和印尼多刺田菁的种子产量最高。种子产量的高低主要与千粒重有关,而与产青量无关。

绿肥含有作物所需要的各种营养元素,施入土壤后容易分解,是化肥的良好替代品。绿肥的养分富集能力代表绿肥翻压后所能提供土壤养分的数量,也代表着减施化肥的数量^[18]。养分富集能力是绿肥种质资源筛选与评价的重要指标。本研究供试品种中,固氮能力、富集磷钾能力最强的是三亚田菁。以供试品种养分积累平均数计,翻压田菁作绿肥可使粮食作物化学氮肥减施 63%,磷肥减施 28%,钾肥减施 51%。绿肥施用时的化肥减施效果,已经得到众多试验^[6, 9, 18]的证实。

从光合效率、产量、养分富集能力和生育期等多方面综合考虑,初步认为早熟品种盐菁胶 1 号和庆丰田菁、迟熟品种三亚田菁、中熟品种沪早田菁可以在安徽地区进一步示范推广。

参考文献:

- [1] 曹卫东, 黄鸿翔. 关于我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.
- [2] 邹长明, 王允青, 刘英, 等. 肥饲兼用型绿豆品种的引种栽培与评价[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2014, 40(4): 344-348.
- [3] 焦斌. 中国绿肥[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 413-433.
- [4] 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(3): 75-79.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 杨滨娟, 黄国勤, 王超, 等. 稻田冬种绿肥对水稻产量和土壤肥力的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(10): 1209-1216.
- [8] 董晓霞, 刘兆辉, 王梅, 等. 绿肥对番茄发病率和土壤微生物种群数量的影响[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊): 309-312.
- [9] 李子双, 廉晓娟, 王薇, 等. 我国绿肥的研究进展[J]. 草业科学, 2013, 30(7): 1135-1140.
- [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.
- [12] Knox J, Morris J, Hess T. Identifying future risks to UK agricultural crop production: Putting climate change in context [J]. Outlook on Agriculture, 2010, 39: 249-256.
- [13] 胡美君, 王义芹, 张亮, 等. 不同基因型小麦及其优选杂交后代的光合作用特性[J]. 作物学报, 2007, 33(11): 1879-1883.
- [14] 盛宝龙, 常有宏, 姜卫兵, 等. 不同类型梨品种光合特性的比较[J]. 果树学报, 2007, 24(6): 742-746.
- [15] 钟国成, 张力文, 张利, 等. 不同叶型丹参光合特性研究[J]. 草业学报, 2011, 20(4): 116-122.
- [16] 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.
- [17] Gadimov A G, Safaraliev P M. Changes in nitrogen status of soybean under influence of symbiotically fixed and bound nitrogen[J]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 1999, 23: 389-392.
- [18] 乔俊, 颜廷梅, 薛峰, 等. 太湖地区稻田不同轮作制度下的氮肥减量研究[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(1): 24-31.

责任编辑: 王赛群
英文编辑: 王 库