

三峡库区橘园不同豆科绿肥的生长及养分积累比较

韩上¹ 耿明建¹ 宋莉¹ 李小坤¹
鲁剑巍¹ 吴述勇² 曹卫东³ 张建¹

1. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070; 2. 湖北省秭归县特产技术推广中心, 秭归 443600;
3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081

摘要 大田试验条件下, 比较5种豆科绿肥在三峡库区橘园的生长及养分积累状况。结果表明, 除白三叶为多年生绿肥外, 毛叶苕子生育期最长, 其次为箭筈豌豆和光叶苕子, 比紫云英长23~38 d。光叶苕子、毛叶苕子和箭筈豌豆冬前生长较快, 覆盖度较高, 紫云英和白三叶冬后生长较快。盛花期光叶苕子鲜草产量和氮、磷、钾养分积累量最高, 其次为毛叶苕子和箭筈豌豆, 再次为紫云英, 白三叶最小。5种绿肥均适宜三峡库区秭归橘园生长, 正常完成全部生育过程, 相对而言, 光叶苕子长势较好, 各养分积累量较高, 具有较强的适应性。

关键词 豆科绿肥; 三峡库区; 橘园; 生育期; 养分积累

中图分类号 S 551.9 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)01-0062-05

我国传统果园管理以清耕为主, 依赖化肥维持土壤肥力, 清耕制短期效果虽好, 但长期易导致果园地力退化, 生物多样性降低, 果实产量和品质下降^[1]。欧美和日本果园林下大多植草, 绿肥覆盖率占果园总面积的55%~70%以上, 部分达到95%^[2]。我国果园绿肥栽培研究起步较晚, 20世纪60年代才有零星报道, 其后逐步在部分果园应用。中国绿色食品发展中心于1998年将果园绿肥种植纳入绿色果品生产技术体系在全国进行推广, 但应用规模有限。随着现代果业的发展, 建立绿肥作物覆盖的生态果园是产业发展的必然趋势^[3]。

三峡库区是我国柑橘最适宜生态区之一, 位于库区的湖北、重庆两省市柑橘产量占全国总产量的16.5%, 居于首位^[4]。然而, 该地区柑橘生产中存在不少亟待解决的问题, 如橘园土壤多由紫色砂岩发育而成, 风化成土块, 土层薄, 管理不当易造成水土流失^[5]; 橘园大多土壤有机质偏低、速效氮和磷缺乏, 土壤肥力不高^[6]; 柑橘林间土地一般闲置, 杂草丛生, 大量使用除草剂影响果品绿色生产^[7]。在橘园林间种植绿肥作物, 充分发挥绿肥作物的作用, 是改良橘园土壤、提高柑橘产量和品质、解决库区橘园

土壤生态环境问题的良好技术措施^[8-11]。近年来, 我国在苹果园、葡萄园、橘园、桃园和梨园进行了大量绿肥试验, 取得了一些成果, 但仍存在一些问题。如对草种的筛选和适应性方面研究较少, 许多果园绿肥试验只选取2~3种常用绿肥进行, 如白三叶、百喜草, 并未进行不同品种的适应性比较研究, 而选择优良品种是确保果园绿肥生产和利用获得成功并取得良好效益的关键。为此, 笔者所在课题组从2011年开始, 在三峡库区的秭归柑橘园开展绿肥作物生产利用技术研究。笔者结合绿肥自身生长特性和柑橘生长状况, 选择几种近年在农田或果园常用的豆科绿肥, 考察其在橘园的生长及养分积累状况, 以期选择适合当地的绿肥作物。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点位于三峡库区的秭归县柑橘育种繁育示范场, 果树为10 a生纽荷尔脐橙, 株行距3.0 m×2.5 m, 树势中等。试验地海拔320 m, 东经110°47′23.0″, 北纬30°47′40.5″, 属亚热带大陆性季风气候, 年均温18.0℃, 无霜期306 d, 年降水量1 016

收稿日期: 2013-07-10

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费(201103005)、国家绿肥种质资源平台(2012-019)和作物种质资源保护和利用项目(NB2013-2130135-34)

韩上, 硕士研究生, 研究方向: 绿肥作物生产利用, E-mail: hs0059@126.com

通信作者: 张建, 博士, 讲师, 研究方向: 高通量作物表型信息获取和高光谱影像处理, E-mail: jz@mail.hzau.edu.cn

mm。土壤为酸性紫色土,基本理化性质见表 1。

1.2 试验设计

试验选用 5 种豆科绿肥作物:光叶苕子(*Vicia villosa* var. *glabrescens*,代号 SV);毛叶苕子(*Vicia villosa* Roth.,代号 HV);箭筈豌豆(*Vicia sativa* L.,代号 CV);紫云英(*Astragalus sinicus* L.,代号 MV);白三叶(*Trifolium repens* L.,代号 WC)。每

个处理 3 次重复,每重复 54 m²,随机区组排列。柑橘园行间翻耕耙平后,于 2011 年 10 月 13 日播种绿肥,绿肥在柑橘行间条播,树基两侧 90 cm 不播种绿肥,绿肥行距 30 cm。光叶苕子、毛叶苕子、箭筈豌豆、紫云英、白三叶播种量分别为 60、75、120、22.5、7.5 kg/hm²。果树施肥及其他管理按照当地常规措施进行,绿肥作物不刈割、不翻压,自然生长。

表 1 供试土壤理化性质

Table 1 Physical and chemistry character of the soil in the experimental site

土层/cm Soil layers	pH	有机质/(g/kg) Organic matter	碱解氮/(mg/kg) Available N	速效磷/(mg/kg) Available P	速效钾/(mg/kg) Available K
0~20	5.58	14.8	65.1	68.0	233.0
21~40	6.07	9.5	42.4	35.5	163.1

1.3 测定项目及方法

在冬前(2012 年 1 月 6 日)、返青期(2012 年 3 月 13 日)用数码相机照相法^[12]测定绿肥覆盖度。在盛花期每小区随机选取 10 株调查各绿肥生长状况。在返青期和盛花期取 1.2 m×1.5 m 样方测定地上部鲜草产量。不同绿肥返青期均于 2012 年 3 月 13 日取样,盛花期取样时间分别为:紫云英在 4 月 25 日,光叶苕子和箭筈豌豆在 5 月 15 日,毛叶苕子和白三叶在 5 月 31 日。样品烘干、磨碎后测定氮、磷、钾养分含量。样品经 H₂SO₄-H₂O₂ 消化,半微量开氏法测定全氮含量,钼锑抗比色法测定全磷含量,火焰光度计法测定全钾含量^[13]。

1.4 数据处理

用 Excel 2003 进行图表处理,用 DPS v3.01 软

件进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同豆科绿肥的物候期

不同类型绿肥在三峡库区秭归橘园的物候期存在明显差异(表 2)。光叶苕子、毛叶苕子和箭筈豌豆在播种后 7~8 d 出苗,紫云英和白三叶在播种后 14~15 d 出苗。紫云英各物候期最早,盛花期在 4 月下旬,5 月下旬枯萎,全生育期约 200 d;其次为光叶苕子和箭筈豌豆,盛花期在 5 月中旬,6 月上旬枯萎,全生育期约 223~226 d;毛叶苕子和白三叶盛花期最晚,在 5 月底,毛叶苕子枯萎期在 6 月下旬。

表 2 秭归橘园不同绿肥的物候期¹⁾

Table 2 The main phenological period of different kinds of green manure crops in Zigui citrus orchard

绿肥类型 Green manure crops	播种期 Sowing	出苗期 Seeding	初花期 Primary flowering	盛花期 Full flowering	成熟期 Maturating	枯萎期 Wilting	生育期/d Growing period
光叶苕子 SV	2011-10-13	2011-10-19	2012-04-30	2012-05-12	2012-05-30	2012-06-07	223
毛叶苕子 HV	2011-10-13	2011-10-19	2012-05-21	2012-05-28	2012-06-14	2012-06-20	238
箭筈豌豆 CV	2011-10-13	2011-10-20	2012-05-05	2012-05-15	2012-06-03	2012-06-10	226
紫云英 MV	2011-10-13	2011-10-27	2012-04-16	2012-04-22	2012-05-15	2012-05-22	200
白三叶 WC	2011-10-13	2011-10-28	2012-05-15	2012-05-30	2012-06-22	/	/

1)SV:*Vicia villosa* var. *glabrescens*; HV:*Vicia villosa* Roth.; CV:*Vicia sativa* L.; MV:*Astragalus sinicus* L.; WC:*Trifolium repens* L.; 白三叶为多年生绿肥作物 White clover is a perennial green manure crop; 下同 The same appeared in follows.

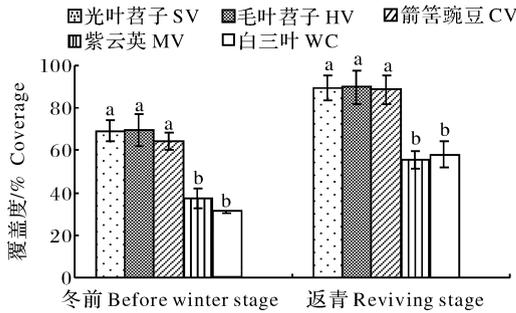
2.2 不同豆科绿肥的长势

不同类型豆科绿肥在三峡库区秭归橘园苗期长势存在显著差异(图 1),越冬期和返青期光叶苕子、毛叶苕子、箭筈豌豆长势接近,紫云英和白三叶长势接近,前 3 种绿肥地面覆盖度显著高于后 2 种,越冬、返青期分别高 0.71~1.25、0.53~0.62 倍。从越冬期到返青期各绿肥覆盖度增加幅度不同,白三

叶最高(27.1%),其次是光叶苕子、毛叶苕子、箭筈豌豆(20.2%~24.2%),紫云英增加幅度最低(17.8%)。到盛花期,各绿肥均能全部覆盖地面,覆盖度达 100%。

不同种类豆科绿肥盛花期生长状况也存在显著差异(表 3)。光叶苕子株高显著高于其他绿肥,毛叶苕子和箭筈豌豆其次,再次为紫云英,白三叶

最矮。紫云英复叶最长,达 17.2 cm,其次为箭筈豌豆、毛叶苕子和光叶苕子,白三叶最小。不同绿肥的含水量无显著差异,在 84.50%~86.39% 之间。



同一生育期柱状图上字母不同表示差异达 0.05 显著水平。The different letters above the column at the same growth stage indicate significant difference at 5% level.

图 1 秭归橘园不同绿肥的覆盖度

Fig. 1 The coverage of different kinds of green manure crops in Zigui citrus orchard

表 4 秭归橘园不同绿肥地上部鲜草产量

Table 4 Fresh shoots weight of different kinds of green manure crops in Zigui citrus orchard g/m^2

物候期 Phenological period	光叶苕子 SV	毛叶苕子 HV	箭筈豌豆 CV	紫云英 MV	白三叶 WC
返青期 Reviving stage	1 198±19 a	1 157±3 b	1 118±28 c	179±17 d	180±15 d
盛花期 Full flowering stage	4 044±115 a	3 822±109 a	3 342±130 b	2 685±205 c	1 844±100 d

白三叶高 81.2%,紫云英和白三叶产草量较低。从返青期到盛花期,光叶苕子、毛叶苕子和箭筈豌豆鲜草产量增加 1.99~2.38 倍,紫云英和白三叶增加 14.01 倍和 9.26 倍,后 2 种绿肥春季生长速度显著高于前 3 种绿肥。

2.4 不同绿肥的养分吸收和积累

返青期不同类型绿肥的 N、P、K 含量差异显著(表 5)。其中毛叶苕子、光叶苕子和箭筈豌豆 N 含量显著高于紫云英和白三叶;光叶苕子 P 含量最

表 3 秭归橘园不同绿肥盛花期的个体特征¹⁾

Table 3 Individual characteristics of different kinds of green manure crops at full flowering stage in Zigui citrus orchard

绿肥类型 Green manure crops	株高/cm Plant height	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	含水量/% Water content
光叶苕子 SV	213.5±9.8 a	11.3±0.6 b	5.4±0.6 a	85.30±1.15 a
毛叶苕子 HV	173.5±15.1 b	11.6±0.8 b	5.3±0.6 a	84.50±0.89 a
箭筈豌豆 CV	161.3±8.3 b	13.0±2.2 b	5.0±0.5 a	86.39±0.27 a
紫云英 MV	75.9±8.9 c	17.2±0.6 a	4.6±0.2 a	85.75±1.36 a
白三叶 WC	43.2±1.8 d	4.1±0.8 c	2.3±0.3 b	85.59±0.82 a

1) 同列数字后不同字母表示差异达 0.05 显著水平,下同。The different letters in the same column indicate significant difference at 5% level, the same appeared in next tables.

2.3 不同豆科绿肥的鲜草产量

返青期光叶苕子、毛叶苕子和箭筈豌豆地上部鲜草产量较高,比紫云英和白三叶高 5.22~5.70 倍(表 4)。盛花期光叶苕子鲜草产量最高,是其他绿肥的 1.05~2.19 倍;毛叶苕子产草量与光叶苕子接近;箭筈豌豆产草量居中,比光叶苕子低 17.4%,比

高,其次是毛叶苕子、箭筈豌豆和白三叶,紫云英最低;毛叶苕子和光叶苕子 K 含量显著高于其他 3 种绿肥作物。在盛花期,光叶苕子 N 含量达 2.86%,显著高于其他绿肥;光叶苕子 P 含量也最高,白三叶次之;除箭筈豌豆外,其他绿肥 K 含量均在 3% 以上,以白三叶含量最高。从返青期到盛花期,各绿肥作物的 N、P 含量均有一定下降,光叶苕子、毛叶苕子和箭筈豌豆 K 含量也有降低趋势,紫云英和白三叶有升高趋势。

表 5 秭归橘园不同绿肥的养分含量

Table 5 Nutrients content of different kinds of green manure crops in Zigui citrus orchard %

绿肥类型 Green manure crops	返青期 Reviving stage			盛花期 Full flowering stage		
	N	P	K	N	P	K
光叶苕子 SV	3.48±0.18 a	0.53±0.07 a	3.77±0.20 a	2.86±0.03 a	0.39±0.03 a	3.59±0.15 a
毛叶苕子 HV	3.56±0.12 a	0.45±0.05 ab	3.81±0.21 a	2.21±0.11 b	0.27±0.03 c	3.13±0.32 b
箭筈豌豆 CV	3.40±0.09 a	0.43±0.05 bc	3.28±0.63 b	2.13±0.19 b	0.30±0.07 bc	2.73±0.17 b
紫云英 MV	2.55±0.25 c	0.35±0.01 c	3.21±0.19 b	1.83±0.09 c	0.27±0.04 c	3.53±0.11 a
白三叶 WC	3.04±0.07 b	0.41±0.03 bc	3.31±0.11 b	2.18±0.15 b	0.38±0.05 ab	3.96±0.39 a

不同豆科绿肥在不同生育期养分吸收积累量存在显著差异(表 6)。在返青期,光叶苕子、毛叶苕子和箭筈豌豆 3 种绿肥的 N、P 和 K 养分积累量接近,均显著高于紫云英和白三叶。在盛花期,光叶苕子

N、P、K 积累量均最大,分别是其他 4 种绿肥的 1.24~2.81、1.42~2.22、1.10~1.93 倍;毛叶苕子居于次位,N、P、K 积累量分别是其他 3 种绿肥的 1.35~2.26、1.16~1.56、1.49~1.76 倍;再次是箭

表 6 秭归橘园不同绿肥的养分积累量¹⁾

Table 6 Nutrients accumulation of different kinds of green manure crops in Zigui citrus orchard

kg/hm²

绿肥类型 Green manure crops	返青期 Reviving stage			盛花期 Full flowering stage		
	N	P	K	N	P	K
光叶苕子 SV	26.79±2.73 a	9.35±1.11 a	34.91±2.85 a	97.24±3.63 a	30.61±2.31 a	147.35±9.54 a
毛叶苕子 HV	27.79±2.32 a	8.04±1.39 a	35.96±4.36 a	78.37±5.34 b	21.58±2.70 b	124.14±15.93 a
箭筈豌豆 CV	29.59±2.60 a	8.55±0.12 a	34.25±2.72 a	58.18±6.96 c	18.57±4.93 bc	89.96±9.29 b
紫云英 MV	4.15±1.01 b	1.30±0.18 b	6.21±0.82 b	42.05±2.81 d	14.38±1.45 c	97.90±9.92 b
白三叶 WC	4.93±0.50 b	1.51±0.18 b	6.44±0.50 b	34.65±0.89 d	13.82±1.48 c	76.17±11.00 b

1)以绿肥覆盖橘园面积60%计算其养分积累量。Nutrients accumulation calculated according to planting green manure crops in 60% of citrus orchard.

箭筈豌豆和紫云英,白三叶养分积累量最低。从返青期到盛花期,光叶苕子、毛叶苕子和箭筈豌豆氮、磷、钾积累量增加1.0~3.2倍,而紫云英氮、磷、钾积累量增加9.1~14.8倍,白三叶氮、磷、钾积累量增加6.0~10.8倍。

3 讨论

在果园行间套种绿肥,是果园广辟肥源、提高土壤肥力、改造低产果园的根本措施^[9]。国内外大量试验表明,果园种植覆盖绿肥可调节土壤温度、减少地表径流,增加土壤水分蓄纳、有效抑制杂草、改善土壤结构、提高土壤肥力、增加水果产量和品质^[8,14]。三峡库区橘园土壤肥力低下^[6]、成土母质特性决定了其水土流失风险高^[5],柑橘高效优质生产过程更需林下覆盖绿肥作物,减少裸露地面。本试验选用的5种豆科冬绿肥(光叶苕子、毛叶苕子、箭筈豌豆、紫云英、白三叶)在三峡库区的秭归橘园均可正常完成全部生育过程,绿色覆盖期达200 d以上,返青期覆盖度56%~90%,花期达100%,为橘园提供绿肥鲜草1.8~4.0 kg/m²以及大量养分,均可在三峡库区橘园种植。相对而言,光叶苕子长势更好,有机物质积累量大,生物固氮和活化土壤磷、钾较多,更有利于橘园土壤培肥,其次为毛叶苕子,箭筈豌豆、紫云英、白三叶较低。

种植并利用绿肥后,可适当减少柑橘的化肥用量,避免肥料投入过多,影响柑橘生长。按照橘园60%林下空间种植绿肥,光叶苕子盛花期积累N、P、K量分别相当于当地橘园推荐化肥用量^[15]的10%~17%、8%~13%、22%~32%,毛叶苕子稍低,箭筈豌豆、紫云英、白三叶替代化肥的比例依次减少。秭归橘园5种冬绿肥盛花期均在4月下旬到5月下旬,其后逐渐枯萎。无论是绿肥在盛花期翻压利用,还是自然枯萎覆盖地表,绿肥作物逐渐腐解,至7、8月,60%~90%的氮、磷、钾可以释放出来

(资料未发表),不会在柑橘养分需求较大时期与树体争肥。种植利用绿肥后,可适当减少柑橘稳果肥和壮果肥数量,具体化肥减少数量和时期还需进一步试验研究。

供试5种豆科绿肥中,光叶苕子、毛叶苕子、箭筈豌豆冬前生长较快,地面覆盖度、鲜草产量、养分积累量分别是紫云英和白三叶的1.71~2.25、6.2~6.7、5.3~7.2倍。返青后紫云英和白三叶生长较快,至盛花期其鲜草产量增加9.3~14.0倍,其他3种绿肥仅增加2.0~2.4倍。在播种冬绿肥时可以将冬前生长快的品种和春季快发的品种混播,绿肥混播不仅可以充分利用各绿肥品种在不同时期生长优势,较好地覆盖橘园地面,也可利用绿肥作物混播优势,促进绿肥作物更好地生长发育和培肥橘园土壤^[16]。同时,也可考虑豆科绿肥与禾本科绿肥混播以及冬夏绿肥结合,实现橘园全年覆草,更完善的橘园绿肥种植技术有待进一步研究。另外,绿肥的利用技术以及在三峡库区现代橘园中改善果园生态、减少水土流失、培肥土壤、对树体生长发育的影响等方面的具体效果也有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 李会科,张广军,赵政阳,等.生草对黄土高原旱地苹果园土壤性状的影响[J].草业学报,2007,16(2):32-39.
- [2] 惠竹梅,李华,刘延琳,等.果园生草对土壤性状的作用研究进展[J].中国农学通报,2005,21(5):284-287.
- [3] 何庆.推广全国绿色食品果园生草技术[J].中国食物与营养,1998(6):40.
- [4] 中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴2012[M].北京:中国统计出版社,2012.
- [5] 钟冰,唐治诚.三峡库区水土流失及其防治[J].水土保持研究,2001,8(2):147-149.
- [6] 周鑫斌,石孝均,孙彭寿,等.三峡重庆库区柑橘园土壤养分丰缺状况研究[J].植物营养与肥料学报,2010,16(4):817-823.
- [7] 唐强,贺秀斌,鲍玉海,等.三峡库区柑橘园生态复合经营模式[J].中国水土保持,2010(10):10-12.

- [8] 王隽英,郭永兰,陈礼智. 果桑园覆盖绿肥的种植和利用[J]. 土壤肥料,1991(5):31-35.
- [9] 中国农业科学院郑州果树研究所,辽宁省果树研究所. 果园绿肥及其栽培利用技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,1983.
- [10] ALCANTARA C,PUJADAS A,SAAVEDRA M. Management of cruciferous cover crops by mowing for soil and water conservation in southern Spain[J]. Agricultural Water Management, 2011,98(6):1070-1080.
- [11] 毕磊,谭启玲,胡承孝,等. 养分管理措施对丹江口库区橘园氮磷流失的影响[J]. 华中农业大学学报,2011,30(4):474-478.
- [12] 张学霞,朱清科,吴根梅,等. 数码照相法估算植被盖度[J]. 北京林业大学学报,2008,30(1):164-169.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000:265-271.
- [14] WUTKE E B,TERRA M M,PIRESE J P,et al. Productivity of 'Niagara Rosada' grapes on intercrop planting of green manuring[J]. Revista Brasileira De Fruticultura, 2011,33(S1):528-535.
- [15] 黄鸿. 湖北省秭归地区三个品种脐橙矫正施肥及其效应研究[D]. 武汉:华中农业大学图书馆,2012:54-58.
- [16] 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.

Differences of growth and nutrient accumulation of five leguminous green manure crops intercropping in citrus orchard at Three Gorges Reservoir

HAN Shang¹ GENG Ming-jian¹ SONG Li¹ LI Xiao-kun¹
 LU Jian-wei¹ WU Shu-yong² CAO Wei-dong³ ZHANG Jian¹

1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Extension Center for Specialty Technology of Zigui County, Zigui 443600, China;

3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract The growth, uptake and accumulation of nutrient of 5 leguminous green manure crops were compared to screen suitable species for citrus orchard at Three Gorges Reservoir under field experiments. The results showed that hairy vetch was on the top of long growth period, followed by smooth vetch and common vetch, which were 23-38 days longer than that of Chinese milk vetch. Smooth vetch, hairy vetch and common vetch grew and covered better before winter, while Chinese milk vetch and white clover grew faster in spring. The yield of fresh grass and the accumulation of N, P and K of smooth vetch were the highest at full flowering stage, closely followed by hairy vetch, common vetch and Chinese milk vetch, the smallest was white clover. All of 5 leguminous green manure crops could normally grow and accomplish their life cycle in citrus orchard at Three Gorges Reservoir. Smooth vetch was the most appropriate for better growth vigor and more nutrients accumulation.

Key words leguminous green manure crops; Three Gorges Reservoir; citrus orchard; growth period; nutrient accumulation

(责任编辑:陆文昌)