

控制地上部生长对党参光合特性及产质量的影响

严显进, 王永, 王彩云, 阮培均, 吉云, 黄晓旭

(毕节市中药研究所, 贵州 毕节 551700)

摘要:以素花党参为试材, 采用田间试验法, 研究了控制地上部生长对党参光合特性及产质量的影响。结果表明: 党参进入初花期, 茎蔓长度控制在 10 cm 左右, 党参叶片光合速率最强, 为 $11.82 \text{ CO}_2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 块根平均鲜根直径最大, 为 1.74 cm; 单根鲜样质量、单根干样质量最大, 分别为 28.50、7.13 g; 3 m^2 鲜根和干根产量最高, 分别为 4 845.0、1 212.1 g, 667 m^2 产值 13 890 元, 块根品质符合国家药典要求。

关键词:素花党参; 茎蔓; 光合作用; 产量; 质量

中图分类号:S 567.5⁺3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2016)17-0143-04

党参为植物党参和中药材的统称, 全世界约有 40 种, 中国约有 39 种, 药用有 21 种、4 变种^[1]。中药党参为桔梗科植物党参(*Codonopsis pilosula* (Franch.) Nannf.), 素花党参(*Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen) 或川党参(*Codonopsis tangshen* Oliv.) 的干燥根^[2]。党参为我国传统的补益药材, 可以作为人参的替代品。《本草从新》记载: “补中益气、和脾胃、除烦渴; 中气微弱, 用以调补, 甚为平妥”。现代研究表明, 党参含多种糖类、酚类、甾醇、挥发油、黄芩素葡萄糖甙、皂甙及生物碱, 具有增强免疫力、扩张血管、降压、改善微循环、增强造血功能等作用, 此外, 对化疗放疗引起的白细胞下降有提升作用^[3-5]。

据相关文献记载, 党参栽培技术主要有垄种、畦种、搭架以及与玉米、小麦等大田作物间、套种, 在生产上单作垄种, 产量较高^[6-8]。苏显亮^[8]、龚成文等^[9]在甘肃对党参种植密度及氮、磷、钾肥施用量, 以及 Mo、Mn、Zn、Fe 等微肥施用进行了研究, 得出了配方施肥对产量有较大贡献的结论。然而, 党参藤蔓生长较为旺盛, 最长可达 2 m 以上, 其生殖生长方式为无限生长, 因此, 党参后期干物质消耗过多, 易导致块根膨大慢, 造成产量不高。为此, 以素花党参为试材, 采用田间试验法, 研究了控制地上部生长对党参光合特性及产质量的影响, 以期对党

参的综合利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2015 年 3—12 月在贵州省威宁县草海镇(东经 $103^{\circ}36'$ ~ $104^{\circ}36'$, 北纬 $26^{\circ}31'$ ~ $27^{\circ}27'$) 进行, 平均海拔 2 237 m, 无霜期 195~227 d, 年均日照 167 d, 年均降雨量 960 mm, 年均气温 $10\sim 12^{\circ}\text{C}$, 土质砂壤, 土壤肥力中等, 前茬作物为绿肥。

1.2 试验材料

供试素花党参苗由贵州省威宁县万源恒中药材种养殖专业合作社提供。复合肥(N:P:K=15:15:15, 史丹利化肥股份有限公司); 充分腐熟的优质厩肥(总养分 $\geq 4\%$ 、有机质 $\geq 30\%$ 、水分 $\leq 20\%$, 农户提供)。

1.3 试验方法

党参控制生长: 在初花期进行, 每隔 15 d 处理 1 次, 共处理 3 次。茎蔓长度设 6 个处理, 即 E1: 5 cm, E2: 10 cm, E3: 15 cm, E4: 20 cm, E5: 25 cm; CK(茎蔓不做处理), 每个处理 3 次重复, 随机排列。各处理 667 m^2 种植密度以 3.8 万株为准, 小区面积 3 m^2 (长 \times 宽=3 m \times 1 m), 小区田间道宽 40 cm, 重复田间道宽 60 cm, 四周设立保护行。各处理以每 667 m^2 施复合肥 50 kg+有机肥 2 000 kg 为宜。移栽及田间管理: 选择生长健壮、均匀, 侧根少、头尾稍完整、头部留有 1~2 个芽眼、根长 10 cm 以上、直径 1.0~2.0 mm 标准的种苗进行移栽, 地上部高 5~8 cm 时进行锄草松土, 植株生长茂盛期浅锄结合拔草 2~3 次。块根采收: 党参块根于地上部倒苗后 1 周内采收, 采用传统挖掘的方式, 割除党参茎蔓后, 分小区挖出参根, 注意不要损失折断根部, 除净泥土, 称取鲜样质量。

第一作者简介:严显进(1987-), 女, 硕士, 研究实习员, 现主要从事中药材资源收集及栽培技术等研究工作。E-mail: 790777355@qq.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2015BAI05B00); 贵州省中药现代化科技产业研究开发专项资助项目(黔科合 SY 字(2014)3028-4 号; 黔科合 SY 字(2014)3078-5 号); 毕节市成果转化资助项目([毕科成字(2014)8 号])。

收稿日期:2016-04-15

1.4 项目测定

1.4.1 光合作用的测定 采用德国进口的 LCPro+ 光合测定仪测定饱和光强下的党参叶片光合速率、蒸腾速率、胞间二氧化碳浓度、气孔导度等。

1.4.2 根考查 鲜根各级比例:随机选择 20 株,量取芦下直径,求其平均数,以“cm”表示。并按大、中、小 3 级,分别计算其比例,以“%”表示。“大”:芦下直径 >1.5 cm;“中”: 1.5 cm \geq 芦下直径 >1 cm;“小”: 1 cm \geq 芦下直径 >0.5 cm;鲜单根质量:随机取 20 株,去掉茎叶、泥土,称鲜根质量,求其平均值,以“g”表示;干单根质量:用以上样品,风(烘)干到恒重,称量,求其平均值,以“g”表示。

1.4.3 产量测定 党参正常倒苗后,选择无雨日,将试验小区党参地上部茎叶割除,全部挖出,除去泥土,称其鲜样质量,折算单位面积产量,保留两位小数,小区计产面积 3 m^2 。 667 m^2 鲜根产量(kg)=小区鲜根产量(kg)/小区计产面积(m^2) $\times 667\text{ m}^2$; 667 m^2 干品产量(kg)=鲜根产量(kg) \times (取样烘干后质量(kg)/取样烘干前质量(kg))。

1.4.4 主要成分测试 按照《国家药典》(2015 版)党参项要求,于毕节市中药研究所实验室检测党参的醇溶性浸出物、总灰分(仪器: SX2-4-10NP 厢式电阻炉,上海一恒科技有限公司)、水分含量。

2 结果与分析

2.1 控制地上部生长对党参叶片光合特性的影响

光合作用是维持作物生长的重要生理过程,人们通常根据作物当年生叶片最大光合能力(光饱和条件下的光合速率)来了解植物的生长和估算生产力^[10]。为找出党参的饱和光强,采用德国进口的 LCPro+ 光合仪测定党参中部叶位叶片的光响应曲线。从图 1 可以看出,党参叶片光合速率随着光照强度的增大而加快,在光照 $0\sim 400\text{ lx}$ 几乎是呈正相关;在光照 $400\sim 1\,000\text{ lx}$,光合速率增加缓慢;当光照强度达到 $1\,000\text{ lx}$ 时,光合速率不再增加,这种现象称为光饱和现象;而当光照强度大于 $1\,000\text{ lx}$ 后,随光照的增强,党参叶片的光合速率逐渐减小。因此,可以得出该党参饱和光强为 $1\,000\text{ lx}$ 左右。故在给定光强 $1\,000\text{ lx}$ 下测定各处理党参中部叶位叶片的光合特性参数,可得出党参叶片的光合能力。

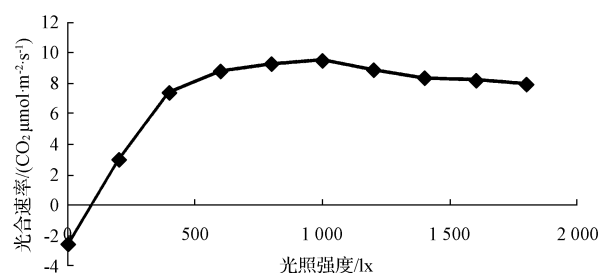


图 1 党参中部叶位叶片光响应曲线

2.1.1 胞间 CO_2 浓度 CO_2 是植物进行光合作用制造有机物质的原料,大气中 CO_2 浓度直接影响党参叶片进行光合作用。胞间 CO_2 浓度则是反映叶片光合作用消耗的 CO_2 和呼吸作用产生的 CO_2 差值,而每片叶片均要进行呼吸作用,因此,胞间 CO_2 浓度越高,说明叶片光合作用消耗的 CO_2 越少,光合速率越小^[10]。从表 1 可以看出,处理 E5、CK 的胞间 CO_2 浓度极显著地高于 E1、E2;处理 E4 的胞间 CO_2 浓度显著地高于 E1、E2;处理 E5、CK 的胞间 CO_2 浓度差异不显著;处理 E3 与 E4 的胞间 CO_2 浓度差异不显著;处理 E1、E2、E3 的胞间 CO_2 浓度差异不显著。胞间 CO_2 浓度与光合速率呈负相关关系。

2.1.2 气孔导度、蒸腾速率 气孔是植物体内外气体交换的重要门户,植物通过调节气孔孔径的大小控制植物光合作用中 CO_2 吸收和蒸腾过程中水分的散失,气孔导度的大小与光合及蒸腾速率紧密相关。因此,气孔作为连接生态系统碳循环的结合点,其导度直接反映植物生理活性的强弱^[10]。由表 1 可知,各处理气孔导度分别为 0.35 、 0.34 、 0.34 、 0.31 、 0.35 、 $0.33\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;蒸腾速率分别为 3.45 、 3.23 、 3.41 、 3.22 、 3.35 、 $3.39\text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,各处理间气孔导度、蒸腾速率无显著性差异,因此,可以看出,控制地上部生长对党参叶片气孔导度、蒸腾速率无显著性影响。

2.1.3 光合速率 从表 1 可以看出,处理 E1、E2、E3 的光合速率极显著高于处理 E4、E5、CK,处理 E4 的光合速率极显著高于 E5、CK;处理 E1、E2 的光合速率显著高于 E3;处理 E1、E2 的光合速率差异不显著,处理 E5、CK 的

表 1

控制地上部生长对党参叶片光合作用的影响

编号	给定光强/lx	胞间 CO_2 浓度 Ci/(mg $\cdot\text{kg}^{-1}$)	气孔导度 Gs/(mol $\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾速率 E/(mol $\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光合速率 A/($\text{CO}_2\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
E1	1 000	261Bc	0.35a	3.24a	11.80Aa
E2	1 000	259Bc	0.34a	3.23a	11.82Aa
E3	1 000	268ABbc	0.34a	3.41a	11.48Ab
E4	1 000	269Ab	0.31a	3.22a	10.44Bc
E5	1 000	280Aa	0.35a	3.35a	9.99Cd
CK	1 000	279Aa	0.33a	3.39a	10.01Cd

注:表中数据旁标注字母为 Duncan 统计结果,同列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($P<0.05$)。

光合速率差异不显著。说明,各处理中,E1、E2 党参叶片的光合速率最强,E3 其次,E5、CK 最差。

2.2 控制地上部生长对党参块根产量的影响

2.2.1 对党参鲜根直径的影响 从表 2 可以看出,控制地上部生长对党参鲜根直径有着不同的影响,各处理和对照平均鲜根直径分别为 1.47、1.74、1.61、1.60、1.45、1.42 cm,处理 E2 的平均鲜根直径极显著大于其它处理和 CK,处理 E3、E4 的平均鲜根直径极显著地大于 E1、E5、CK,处理 E3、E4 的平均鲜根直径差异不显著,处理 E1、E5、CK 的平均鲜根直径差异不显著。表明处理 E2 平均鲜根直径最大,其次是处理 E3、E4。

2.2.2 对党参单根鲜样质量的影响 由表 2 可知,控制地上部生长对党参平均单根鲜样质量影响不同,各处理的平均单根鲜样质量分别为 22.86、28.50、26.40、24.60、22.81、22.76 g,处理 E2 的平均单根鲜样质量极显著大于其它处理和 CK,处理 E3 的平均单根鲜样质量极显著大于 E1、E4、E5 和 CK,处理 E4 的平均单根鲜样质量极显著大于 E1、E5、CK,处理 E1、E5、CK 的平均单根鲜样质量差异不显著。表明党参平均单根鲜样质量依次为 E2>E3>E4>E1、E5、CK。

2.2.3 对党参鲜根产量的影响 从表 2 可以看出,控制地上部生长对党参鲜根产量有着极显著的影响,各处理的党参鲜根 3 m² 产量分别为 3 886.2、4 845.0、4 488.0、4 182.0、3 877.7、3 869.2 g,处理 E2 的党参鲜根产量极显著高于其它处理和 CK,处理 E3 的党参鲜根产量极显著高于 E1、E4、E5、CK,处理 E4 的党参鲜根产量极显

著高于 E1、E5、CK,处理 E1 的党参鲜根产量显著高于 E5、CK。表明党参鲜根产量依次为 E2>E3>E4>E1>E5、CK。

2.2.4 对党参单根干样质量的影响 由表 2 可知,控制地上部生长对党参平均单根干样质量有着极显著的影响,各处理党参平均单根干样质量分别为 5.40、7.13、6.34、6.15、5.25、5.23 g,处理 E2 的平均单根干样质量极显著高于其它处理和 CK,处理 E3 的平均单根干样质量极显著地高于 E1、E4、E5、CK,处理 E4 的平均单根干样质量极显著地高于 E1、E5、CK,处理 E1 的平均单根干样质量极显著地高于 E5、CK;处理 E5 与 CK 平均单根干样质量差异不显著。表明平均单根干样质量依次为 E2>E3>E4>E1>E5、CK。

2.2.5 对党参干根产量的影响 从表 2 还可以看出,控制地上部生长对党参干根产量有着极显著的影响,各处理党参干根 3 m² 产量分别为 933.3、1 212.1、1 077.8、1 045.5、892.5、889.1 g,处理 E2 的党参干根产量极显著大于其它处理和 CK,处理 E3 的党参干根产量极显著高于 E1、E4、E5、CK,处理 E4 的党参干根产量极显著高于 E1、E5、CK,处理 E1 的党参干根产量极显著高于 E5、CK,处理 E5 与 CK 的党参干根产量差异不显著。表明党参干根产量依次为 E2>E3>E4>E1>E5、CK。由表 2 还可知,从处理 E1 到 CK,各处理党参块根折干率分别为 0.24、0.25、0.24、0.25、0.23、0.23,控制地上部生长对党参块根折干率无显著影响。

表 2 控制地上部生长对党参块根产量及其构成因素的影响

编号	平均鲜根 直径/cm	平均单根 鲜样质量/g	3 m ² 鲜根 产量/g	平均单根 干样质量/g	3 m ² 干根 产量/g	折干率
E1	1.47Cc	22.86Dd	3 886.2Dd	5.40Dd	933.3Dd	0.24a
E2	1.74Aa	28.50Aa	4 845.0Aa	7.13Aa	1 212.1Aa	0.25a
E3	1.61Bb	26.40Bb	4 488.0Bb	6.34Bb	1 077.8Bb	0.24a
E4	1.60Bb	24.60Cc	4 182.0Cc	6.15Cc	1 045.5Cc	0.25a
E5	1.45Cc	22.81Dd	3 877.7De	5.25Ee	892.5Ee	0.23a
CK	1.42Cc	22.76Dd	3 869.2De	5.23Ee	889.1Ee	0.23a

2.3 控制地上部生长对党参等级质量的影响

据调研发现,党参的销售价格根据党参直径大小分等级有关,该试验将党参分为 3 个等级,据市场调研,鲜品“大”党参价格为 15 元·kg⁻¹，“中”级党参为 8 元·kg⁻¹，“小”党参为 4 元·kg⁻¹。

从表 3 可以看出,鲜根各级比例方面,随着党参地上部处理高度的增加,党参鲜根各级比例有所不同。各处理和对照,随党参地上部处理高度的增加,党参鲜根等级为“大”党参的比例呈先增加再降低的趋势,“中”级党参比例呈先降低再回升的趋势,“小”党参在天上部处理高度较高或较低的时候出现,处理高度过高,“小”党

参比例有所增加,原因可能是控制地上部过高,党参地上部生长及生殖生长消耗营养较多,块根膨大所需营养被消耗,而控制地上部高度过低,地上部光合产物积累不够。

表 3 表明,各处理和对照 667 m² 产值分别为 9 578、13 890、12 467、10 956、9 223、9 200 元,处理 E2 的 667 m² 产值极显著高于其它处理和对照,处理 E3 极显著高于 E1、E4、E5、CK,处理 E4 极显著高于 E1、E5、CK,处理 E1 极显著高于 E5、CK,处理 E5 与 CK 差异不显著。表明党参 667 m² 产值依次为 E2>E3>E4>E1>E5、CK。

表 3 控制地上部生长对党参块根等级质量及产值的影响

编号	3 m ² 鲜根产量	鲜根各级比例/%			3 m ² 产值	667 m ² 产值
	/g	大	中	小	/元	/元
E1	3 886.2Dd	50	40	10	43.1Dd	9 578Dd
E2	4 845.0Aa	70	30	0	62.5Aa	13 890Aa
E3	4 488.0Bb	70	20	10	56.1Bb	12 467Bb
E4	4 182.0Cc	60	30	10	49.3Cc	10 956Cc
E5	3 877.7Ee	50	30	20	41.5Ee	9 223Ee
CK	3 869.2Ee	50	30	20	41.4Ee	9 200Ee

2.4 控制地上部生长对党参块根品质的影响

按照国家药典(2015 版)规定,党参块根水分不得过 16%,总灰分不得过 5%,醇溶性浸出物不得少于 55%。从表 4 可以看出,各处理党参块根醇溶性浸出物分别为 62.5%、64.7%、65.3%、63.6%、63.4%、61.7%,各处理均大于 55%;党参块根水分分别为 15.0%、14.8%、14.5%、15.3%、14.9%、15.1%,均小于 16%;党参块根水分分别为 4.1%、4.6%、4.5%、4.3%、4.7%、4.4%,均小于 5%,符合国家药典要求。

表 4 控制地上部生长对党参块根品质的影响 %

编号	醇溶性浸出物	水分	总灰分
E1	62.5	15.0	4.1
E2	64.7	14.8	4.6
E3	65.3	14.5	4.5
E4	63.6	15.3	4.3
E5	63.4	14.9	4.7
CK	61.7	15.1	4.4

3 结论

该试验结果表明,党参进入初花期,茎蔓长度控制在 10 cm 左右,党参叶片光合速率最强,为 11.82 CO₂ μmol · m⁻² · s⁻¹;块根平均鲜根直径最大,为 1.74 cm;单根鲜样质量、单根干样质量最重,分别为 28.50、7.13 g;3 m² 鲜根和干根产量最高,分别为 4 845.0、1 212.1 g,667 m² 产值 13 890 元,块根品质符合

国家药典要求。

综上所述,建议栽种商品党参时,当进入初花期后,其茎蔓长度控制在 10 cm 左右。

参考文献

[1] 中国科学院编委会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,1983:40.
[2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2015 版)[M]. 北京:化学工业出版社,2015.
[3] WANG K Z,XU H,LIU X H,et al. Preliminary study on anti-weary function of *Codonopsis pilosula* mixture[J]. Chinese Traditional Patent Medicine,2008,30(4):599-600.
[4] TONG X,ZHANG X D,LIU L,et al. Comparative study on *Astragalus* and *Codonopsis* on effect of anti-stress of mice[J]. Journal of Harbin University of Commerce Natural Sciences Edition,2003,19(5):514-516.
[5] GUO Z M,LI H J,QIAN X H. γ-globin synthesis in K562 cells induced with *Tortois plastron*, *Astragali*, *Salviae miltiorrhizae* and *Codonopsis pilosula*[J]. Journal of Experimental Hematology,2008,16(3):520-524.
[6] 王艳玲,奚广生. 轮叶党参关键栽培技术[J]. 北方园艺,2012(7):182-183.
[7] 于忠智,杨玉洪,林凤霞. 党参栽培技术[J]. 吉林林业科技,2011(7):58.
[8] 苏显亮. 党参的栽培技术[J]. 中国中药杂志,1996,21(7):404-405.
[9] 龚成文,赵欣楠,冯守疆,等. 配方施肥对党参生产特性的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(11):130-136.
[10] 萧浪涛,王三根. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2005:214-216.

Effect of Different Vines' Length on Photosynthetic Characteristics, Yield and Quality of *Codonopsis Pilosula*

YAN Xianjin,WANG Yong,WANG Caiyun,RUAN Peijun,JI Yun,HUANG Xiaoxu
(Bijie Institute of Traditional Chinese Medicine,Bijie,Guizhou 551700)

Abstract: The *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta*(Nannf.)L. T. Shen were used as material by adopting the method of field plot test,the effects of different vines' length on photosynthetic characteristics,yield and quality of *Codonopsis pilosula* were studied. The results showed that it had the strongest photosynthetic rate,the biggest average diameter of fresh roots,the heaviest of single root,the highest the yield and output value when the length of *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta*(Nannf.)L. T. Shen vines were controlled by 10 cm,they were 11.82 CO₂ μmol · m⁻² · s⁻¹,1.74 cm,28.50,7.13 g,4 845.0,1 212.1 g · (3 m²)⁻¹,13 890 RMB. The quality conformed to the national pharmacopoeia.

Keywords: *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta*(Nannf.)L. T. Shen; vines; photosynthetic; yield; quality