

张航, 陈泽明, 郑智位, 等. 林下穴盘袋栽时长对金线莲生长和品质的影响 [J]. 福建农业学报, 2022, 37 (1): 59-66.
ZHANG H, CHEN Z M, ZHENG Z W, et al. Effects of Seedling Tray Bagging Duration on Growth and Quality of In-forest Cultivated *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 37 (1): 59-66.

林下穴盘袋栽时长对金线莲生长和品质的影响

张 航^{1,2}, 陈泽明^{2,3}, 郑智位⁴, 吴 茜^{1,2}, 林协全^{1,2},
张麒功^{1,2}, 邹双全^{1,2}, 邹小兴^{1,2*}

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 自然生物资源保育利用福建省高校工程研究中心, 福建 福州 350002; 3. 上海徐房绿化有限公司 200030; 4. 福建省德化葛坑国有林场, 福建 德化 362509)

摘 要:【目的】明确林下穴盘袋栽对金线莲生长和品质的影响, 筛选出适宜金线莲生长的套袋时长, 为金线莲科学种植、品质提升提供理论依据。【方法】以南靖大叶金线莲为试验材料, 在南靖县葛山村试验地设置 7 个不同套袋时长处理, 以落地栽培为对照 (CK), 研究穴盘袋栽及不同套袋时长对金线莲生长及品质的影响。【结果】(1) 穴盘袋栽金线莲可以提高保存率、株高、叶片数、叶长、叶宽、茎节数、每节长、根数和根长, 与对照相比, 穴盘袋栽套袋 150 d 处理的保存率增加 26.42%, 株高增加 26.47%, 叶片数增加 36.36%, 每节长增加 18.41%, 平均单株鲜重增加 8.32%, 且存在显著差异; (2) 穴盘栽培较落地栽培可显著提升金线莲可溶性糖含量, 套袋时间过长不利于金线莲叶绿素合成, 而对可溶性蛋白含量无显著影响; (3) 金线莲穴盘栽培较落地栽培有利于总多糖、总黄酮、总生物碱和总氨基酸含量的积累与合成, 分别增加 11.85%、5.67%、3.70%、17.50%。但套袋时间过长则不利于金线莲总生物碱、金线莲苷、总酚含量提升, 套袋 150 d 与套袋 0 d 处理的金线莲总黄酮、总生物碱、总氨基酸、总多糖含量达到的最高值之间无显著差异。【结论】穴盘袋栽较落地栽培有利于金线莲生长和品质提升, 过长的袋栽时长不利于金线莲活性成分的合成, 综合考虑, 穴盘袋栽以套袋时长 150 d 较为适宜, 金线莲生长和品质较佳。

关键词: 金线莲; 穴盘袋栽; 套袋时长; 保存率; 活性成分

中图分类号: S 567.239 文献标志码: A 文章编号: 1008-0384 (2022) 01-0059-08

Effects of Seedling Tray Bagging Duration on Growth and Quality of In-forest Cultivated *Anoectochilus roxburghii*

ZHANG Hang^{1,2}, CHEN Zeming^{2,3}, ZHENG Zhiwei⁴, WU Xi^{1,2}, LIN Xiequan^{1,2},
ZHANG Qigong^{1,2}, ZOU Shuangquan^{1,2}, ZOU Xiaoxing^{1,2*}

(1. Forestry College, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China; 2. Engineering Research Center of Natural Biological Resources Conversation and Utilization of Fujian Higher Education Institute, Fuzhou, Fujian 350002, China; 3. Shanghai Xufang Ecological Environment Ltd., Co., Shanghai 200030, China; 4. Dehua Gekeng National Forest Farm of Fujian, Dehua, Fujian 362509, China)

Abstract: 【Objective】Effects of duration of the seedling tray bagging on the growth and quality of in-forest cultivated *Anoectochilus roxburghii* were analyzed. 【Method】Under tree shade in the forest, Nanjing large leaf *A. roxburghii* seedlings were cultivated with the conventional ground planting (CK) or utilization of the seedling tray bagging method for 7 different lengths of time at an experimental site in Geshan Village, Nanjing County. Effects of the bagging and bagging duration on the growth and quality of the plants were evaluated. 【Result】(1) The seedling tray bagging significantly increased the survival rate, plant height, leaf number, leaf length, leaf width, stem node number, node length, root number, and root length of the *A. roxburghii* plants. Compared with CK, 150 d bagging afforded the plants 26.42% higher on survival rate, 26.47% taller on height, 36.36% more on number of leaves, 18.41% longer on node, and 8.32% on average plant fresh weight. (2) The bagging

收稿日期: 2021-08-13 初稿; 2021-12-16 修改稿

作者简介: 张航 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 从事药用植物栽培 (E-mail: Hanggang365@163.com)

* 通信作者: 邹小兴 (1971-), 男, 博士, 副教授, 从事药用植物资源与栽培研究 (E-mail: fjzxzxx@126.com)

基金项目: 福建农林大学科技创新专项基金项目 (KHF190014); 福建农林大学乡村振兴服务团队项目 (11899170128)

significantly raised the soluble sugar content in *A. roxburghii* over direct ground planting. However, too long a bagging duration was detrimental to chlorophyll synthesis of the plant, even though no significant effect on protein content. (3) The bagging facilitated the plant accumulation and synthesis of polysaccharides, flavonoids, alkaloids, and amino acids, as shown by 11.85%, 5.67%, 3.70%, and 17.50% increases, respectively, over the conventional ground cultivation. However, being held in the bags for a prolonged period, the plants ceased to rise on the contents of total alkaloids, kinsenoside, and total phenols. The peak contents of flavonoids, alkaloids, amino acids, and polysaccharides did not significantly differ on the plants bagged for 150 d or 0 d either. 【Conclusion】 The seedling tray bagging practice benefitted the growth and quality of *A. roxburghii*. However, prolonged bagging was not conducive to the synthesis of functional ingredients in the plant. It appeared that bagging for 150 d was optimal for the cultivation of high quality *A. roxburghii* in the woods.

Key words: *Anoectochilus roxburghii*; seedling tray bagging; bagging duration; survival rate; functional components

0 引言

【研究意义】金线莲 [*Anoectochilus roxburghii* (Wall.) Lindl] 为兰科 (Orchidaceae) 开唇兰属 (*Anoectochilus*) 多年生草本植物^[1], 是我国民间药食同源珍稀药用植物, 富含多种氨基酸、多糖、生物碱、黄酮^[2], 有提高免疫力、抗衰老功效^[3]。目前金线莲人工栽培模式主要为大棚栽培和林下仿野生栽培。林下仿野生栽培由于特殊逆境环境, 药用活性成分与野生金线莲更相仿, 品质更佳^[4]。但在高温、暴雨等恶劣气候条件而导致死亡率大增, 产量和经济效益显著下降^[5]。作者前期研究发现, 在穴盘外套上具透气装置的塑料薄膜, 因形成一个无病虫害、鸟兽危害的适生微环境, 金线莲成活率大大提高, 并能安全度夏、越冬。为此, 作者进一步设置金线莲林下穴盘袋栽时长试验, 分析不同袋栽时长对金线莲生长及品质的影响, 为金线莲林下穴盘袋栽技术提供理论指导。【前人研究进展】郭剑雄等^[6]研究发现金线莲单筐套袋式栽培可以有效防治病虫害, 具有机动灵活、管理方便、可操作性强等优点, 适宜大规模生产。吴纯清^[7]等发现在果树栽培中, 对果实进行套袋保护, 可以避免昆虫鸟兽的偷食破坏以及风雨、药剂和一些机械摩擦等不良因素对果皮的刺激与损害, 降低植物的水分交换速率、减轻植物表面的胁迫、防止表皮细胞的紊乱从而使果皮发育正常。朱俊斌^[8]在实践经验的基础上提出一种新型带气孔结构的微型金线莲种植棚, 该种植棚包括苗盘、支撑杆及套袋。该专利主要适用林下种植以及有遮阳网的大棚内种植, 灵活栽培施工, 防雨淋、免浇水, 保持土壤湿度和空气湿度, 物理方式防止病虫害效果明显, 实现种植后免养护管理。【本研究切入点】然而, 对穴盘袋栽对林下金线莲生长及药用品质影响方面的研究有待深入探讨。郭剑雄^[6]根据金线莲的生长特性, 结合大棚栽

培技术和仿野生林下栽培技术优点, 提出金线莲袋式栽培的新方式, 但并未开展金线莲穴盘袋栽相关试验, 未对穴盘袋栽套袋时长对金线莲生长的影响进行深入研究。【拟解决的关键问题】以南靖大叶金线莲为试验材料, 设置不同套袋时长处理, 研究林下穴盘袋栽时长对金线莲生长和品质的影响, 以期选择适宜套袋时长, 为提高金线莲药材产量和品质提供理论依据和数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2018年3月10日至9月10日在南靖县山镇葛山村漳州市溢绿农业开发有限公司金线莲栽培基地进行, 试验地经纬度为117°24'58"E、24°31'40"N, 海拔45~50 m, 年平均气温20~25℃, 年平均湿度68%~75%。

1.2 试验材料与设计

试验材料为南靖大叶金线莲种源, 组培苗购自漳州市溢绿农业开发有限公司, 选择生长情况一致, 苗高 ≥ 1.0 cm、茎粗 ≥ 3 mm、根条数 ≥ 2 条、根长 ≥ 2 cm、叶片数 ≥ 2 片、单株鲜重0.2~0.5 g, 经炼苗30 d的健康组培苗。

采用随机区组设计, 试验设置7个不同套袋时长处理, 分别为0 (C1)、30 (C2)、60 (C3)、90 (C4)、120 (C5)、150 (C6)、180 d (C7) 与对照组落地栽培 (CK), 每处理15盘 (重复), 共120盘。试验采用穴盘长、宽、高分别为46 cm、26 cm、6 cm, 具四个支脚, 支脚直径2.5 cm, 见图1-A, 骨架由2根铁丝构成, 每根铁丝长97.7 cm, 见图1-B。按株行距2 cm $\times$ 3 cm栽培于各穴盘, 每盘栽培100株, 栽培深度掩埋种苗1~2个节 (约3 cm), 试验基质为砂石: 泥炭土=1:2, 供试泥炭土购自丹麦进口, 土壤pH值6.13, 有效磷13.35 mg $\cdot$ kg⁻¹, 全P 9.14 g $\cdot$ kg⁻¹, 碱解氮12.05 mg $\cdot$ kg⁻¹, 全K 1.06 g $\cdot$ kg⁻¹,

速效钾 $56.09 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。套袋时，将铁丝按对角线固定育苗盘中，将育苗盘套上透气性、透明性好并安装透气阀的薄膜袋（透气阀内径 3.5 cm 、外径 5.2 cm 、孔数为 19 个），再用绑扎带将袋口密封，见图 1-C。试验期间在试验地上方搭设遮阴网，布设喷灌设施，定时对穴盘无袋栽培、落地栽培金线莲进行水分补给。套袋栽培的金线莲在种植时浇足定根水，而无需在生长期补浇水分，见图 1-D。



注：A，穴盘；B，穴盘+骨架；C，穴盘袋栽；D，穴盘袋栽管理。

Note: A, Seedling tray; B, Seedling tray and framework; C, Seedling tray bagging cultivation; D, Seedling tray bagging cultivation management.

图 1 金线莲穴盘袋栽

Fig.1 Schematic diagram of seedling tray bagging for *A. roburhii* cultivation

1.3 试验方法

1.3.1 样品采集与处理 林下金线莲套袋栽培 7 个处理分别在套袋时长达 0（即穴盘不套袋）、30、60、90、120、150、180 d（始终套袋）时拆开薄膜袋后继续栽培，与落地栽培管理至 180 d。每 30 d 取各处理 5 次重复统计保存率，栽培 180 d 后采收，取各处理 10 次重复，一部分冷藏保鲜测定金线莲生长、生理指标，另一部分烘干置于 105°C 鼓风干燥箱中杀青 30 min 后， 65°C 烘干至恒重，进行折干率计算及活性成分测定。

1.3.2 生长指标测定 直尺测定株高、每节长、根长、叶长和叶宽（株高以地面到植株最高处为准；根长测定选取金线莲主根系，以地面到根最底端为准；叶长、叶宽测定选取金线莲中最大的叶片，以长宽最大处为准），统计每株茎节数、根数、叶片数、保存率；电子天平称量每株鲜重和干重。计算折干率/% = (金线莲干重/金线莲鲜重) $\times 100$ 。

1.3.3 生理指标测定 选用整个植株鲜样进行金线莲生理指标测定，总叶绿素含量采用乙醇浸提法测定^[9]；可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝测定法测定^[9]；可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[9]。

1.3.4 活性成分测定 金线莲苷含量采用甲醇-氯仿法测定^[10]；总氨基酸含量采用乙醇超声法测定^[11]；总酚含量采用福林（Folin-Ciocalteu）法测定^[12-15]；总生物碱含量采用氯仿萃取法测定^[16]。

1.4 数据分析

数据采用 Excel2016 整理数据与绘图，用 SPSS25.0 软件对试验数据进行单因素方差分析和 Tukey 进行显著性检验 ($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同套袋时长对金线莲生长的影响

由图 2 可知，保存率随着栽培时间增长均呈降低趋势，栽培 90 d 内各处理保存率较高达 90% 以上，栽培 120 d 后对照组落地栽培保存率出现明显下降趋势，当栽培 180 d 时，C6 处理保存率最高，为 90.75%。C6 处理与 C1、C2、C3、CK 处理差异显著，是各处理保存率的 1.11、1.07、1.04、1.26 倍。CK 与各处理差异显著，CK 处理的保存率达到最低值 71.78%。采收时各处理保存率高低依次排序为 C6、C7、C5、C4、C3、C2、C1、CK。试验结果表明，从保存率角度考虑，穴盘袋栽较落地栽培适宜金线莲的生长，套袋时长为 150 d 较适宜，在栽培时间短期内金线莲栽培保存率差异不明显，但随着栽培天数增长，穴盘袋栽优势逐渐显著。

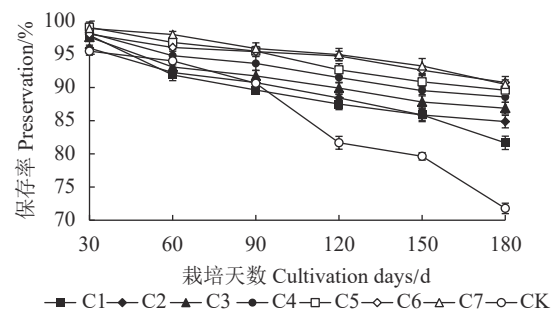


图 2 不同穴盘套袋时长金线莲保存率

Fig.2 Survival rate of *A. roburhii* for different duration of Seedling tray bagging cultivation

穴盘套袋时长对金线莲鲜干重及折干率影响如表 1，穴盘袋栽对金线莲折干率、平均单株鲜重具有显著的影响，对平均单株干重无显著影响。C1 与 CK 处理金线莲平均单株鲜、干重、折干率均无显著差异。C6、C7 与 CK 处理的金线莲平均单株鲜、干重差异不显著，折干率差异显著，对于折干率，除 C1 外其他处理与 CK 折干率均存在显著差异，C7 处理折干率最低，CK 的折干率是 C7 处理的 1.21 倍。试验结果表明，随着穴盘袋栽套袋时长增加，金线莲平均单株鲜、干重呈现先减后增的趋势，折干率呈现逐渐降低的趋势。

由表 2 可知，穴盘袋栽对金线莲株高、叶片数、每节长影响显著，对金线莲的根数、茎节数、叶长、叶宽、根长影响不显著，随着套袋时长增加，金线莲的株高、叶片数、叶长、叶宽、每节长呈现逐渐增加的趋势。与 CK 相比，各处理株高提高 9.70%~27.78%，套袋 180 d 处理株高最高，除与套袋 150 d 处理无显著差异外，与其他处理均差异显著，套袋时长延长使金线莲叶片数目显著提高，套

表 1 不同穴盘袋栽套袋时长金线莲平均单株鲜、干重及折干率
Table 1 Average fresh and dry weights and drying rates of *A. roburghii* cultivated with varied bagging durations

处理 Treatment	平均单株鲜重 Average fresh weight per plant/g	平均单株干重 Average dry weight per plant/g	折干率 Discount rate/%
C1	5.14±0.41 b	0.99±0.07 ab	19.38±0.26 ab
C2	4.75±0.11 c	0.89±0.03 abc	18.76±0.28 bc
C3	4.07±0.13 d	0.75±0.02 abc	18.39±0.22 c
C4	4.01±0.90 d	0.74±0.17 bc	18.58±0.38 c
C5	3.94±1.07 d	0.68±0.19 c	17.27±0.22 d
C6	5.78±0.47 a	1.00±0.08 ab	17.30±0.18 d
C7	5.94±0.35 a	0.96±0.06 abc	16.26±0.15 e
CK	5.29±0.37 b	1.04±0.06 a	19.73±0.20 a

注：同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。表2同。

Note: Data with different lowercase letters on same column indicate significant differences between treatments ($P<0.05$). Same for Table 2.

袋 180 d 处理较套袋 0 d 增幅 22%，每节长在套袋 180 d 时达到最大值 3.14 cm，与其他处理均达显著性差异，根长以套袋 180 d 处理为最大值 8.34 cm，分

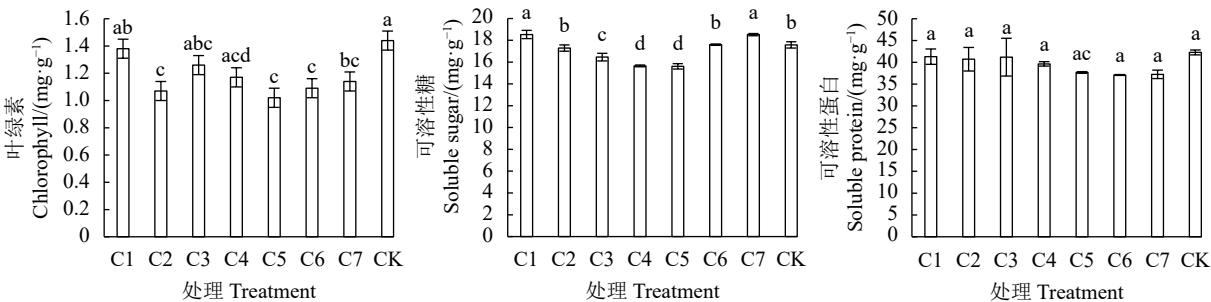
别是其他处理的 1.95、1.87、1.76、1.53、1.58、1.49、1.32 倍，对于套袋 150、180 d 的处理除每节长外，两者之间金线莲的其他生长指标均差异不显著，表明穴盘袋栽适宜金线莲植株生长，套袋时长 150、180 d 较适宜。

2.2 不同套袋时长对金线莲生理指标的影响

如图 3 所示，穴盘袋栽时长对金线莲叶绿素含量具有显著影响，除 C1、C3、C4 处理外，其他处理叶绿素含量均与 CK 处理差异显著，C2、C3、C4、C5、C6 与 C7 处理之间差异不显著，CK 处理叶绿素含量最高，是其他处理的 1.04、1.35、1.14、1.23、1.41、1.32、1.26 倍。可溶性糖含量随着套袋时长增加呈现先降后增的趋势，C1 与 C7 处理差异不显著，与其他处理差异显著，可溶性糖含量由大到小依次为 C1、C7、C6、CK、C2、C3、C4、C5，可溶性糖含量 C1 较 C5 处理高 2.92 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。金线莲穴盘袋栽可溶性蛋白含量整体趋势随着袋栽时长延长呈现逐渐降低的趋势，CK 处理达到最大值为 42.27 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，C7 处理达到最小值 37.24 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，各处理间无显著性

表 2 不同穴盘袋栽套袋时长金线莲生长指标
Table 2 Growth of *A. roburghii* cultivated with varied bagging durations

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	叶片数 Number of leaves	叶长 Leaf length/cm	叶宽 Leaf width/cm	茎节数 Number of stems	每节长 Length of per section/cm	根数 Root number	根长 Root length/cm
C1	9.12±0.17 d	5.00±0.17 c	3.31±0.73 a	2.25±0.40 a	4.00±0.13 a	2.46±0.06 d	4.60±0.89 a	4.26±2.84 a
C2	9.30±0.03 cd	5.20±0.10 c	2.59±0.79 a	2.01±0.57 a	3.00±0.71 a	2.54±0.03 d	4.60±1.14 a	4.44±2.42 a
C3	9.50±0.05 c	5.37±0.06 bc	2.94±0.69 a	2.06±0.34 a	4.00±0.23 a	2.56±0.05 cd	5.00±1.00 a	4.74±2.68 a
C4	9.57±0.04 c	5.20±0.10 c	3.07±0.87 a	2.17±0.49 a	4.00±0.12 a	2.56±0.11 cd	4.60±0.89 a	5.44±2.51 a
C5	10.14±0.13 b	5.73±0.25 ab	3.01±0.98 a	2.09±0.68 a	3.60±0.55 a	2.72±0.04 bc	4.40±0.89 a	5.28±1.71 a
C6	10.51±0.03 a	6.00±0.26 a	3.72±0.9 a	2.72±0.63 a	3.80±0.45 a	2.83±0.09 b	4.80±0.45 a	5.58±1.95 a
C7	10.62±0.04 a	6.10±0.20 a	4.14±0.75 a	2.93±0.42 a	4.00±0.71 a	3.14±0.02 a	5.20±0.84 a	8.34±0.74 a
CK	8.31±0.2 e	4.40±0.10 d	2.85±0.99 a	2.10±0.52 a	3.40±0.55 a	2.39±0.02 d	4.40±1.34 a	6.32±0.94 a



注：图中不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。图 4 同。

Note: Data with different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. Same for Fig. 4.

图 3 不同穴盘袋栽套袋时长金线莲生理指标

Fig. 3 Physiological indices on *A. roburghii* cultivated with varied bagging durations

差异。试验结果表明，较长套袋时长不利于金线莲叶绿素的合成，适宜的套袋时长有利于金线莲可溶性糖的合成，穴盘套袋栽培时长对金线莲可溶性蛋白的合成无显著影响。

2.3 不同套袋时长对金线莲活性成分的影响

从图 4 可知，套袋时长显著影响金线莲活性成分含量，总黄酮含量在套袋 0 d 达到最大值 17.65 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，相比于 CK 显著增加了 11.85%，各处理总黄酮含量均差异不显著，金线莲总生物碱含量在套袋 0 d 处理达到最大值 21.83%，C1、C2 处理与对照组无显著差异，金线莲穴盘套袋 90、120、150、180 d 总生物碱含量无显著差异，总氨基酸含量位于 8.34%~10.09%，以套袋 180 d 处理为最大，以套袋 150 d 处

理为最小。总多糖含量随着套袋时间增加呈现先减后增趋势，C1、C6 和 C7 处理间总多糖含量无显著差异，含量分别为 17.12、16.97%、15.83%。金线莲苷含量位于 18.36~20.63%，以套袋 90 d 处理为最大，分别是其他处理的 1.08、1.07、1.05、1.12、1.08、1.08、1.06 倍，除套袋 90、120 d 处理间金线莲苷差异显著外，其他处理间均无显著差异。总酚含量位于 10.80~15.43 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，套袋 0、90、120、150 d 处理与对照组差异不显著，套袋 180 d 与对照组两处理间总酚含量达显著差异，差距为 3.52 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。表明穴盘袋栽相对比落地栽培有助于总多糖、总黄酮、总生物碱，总氨基酸含量的积累与合成，但套袋时间过长会降低金线莲活性成分含量。

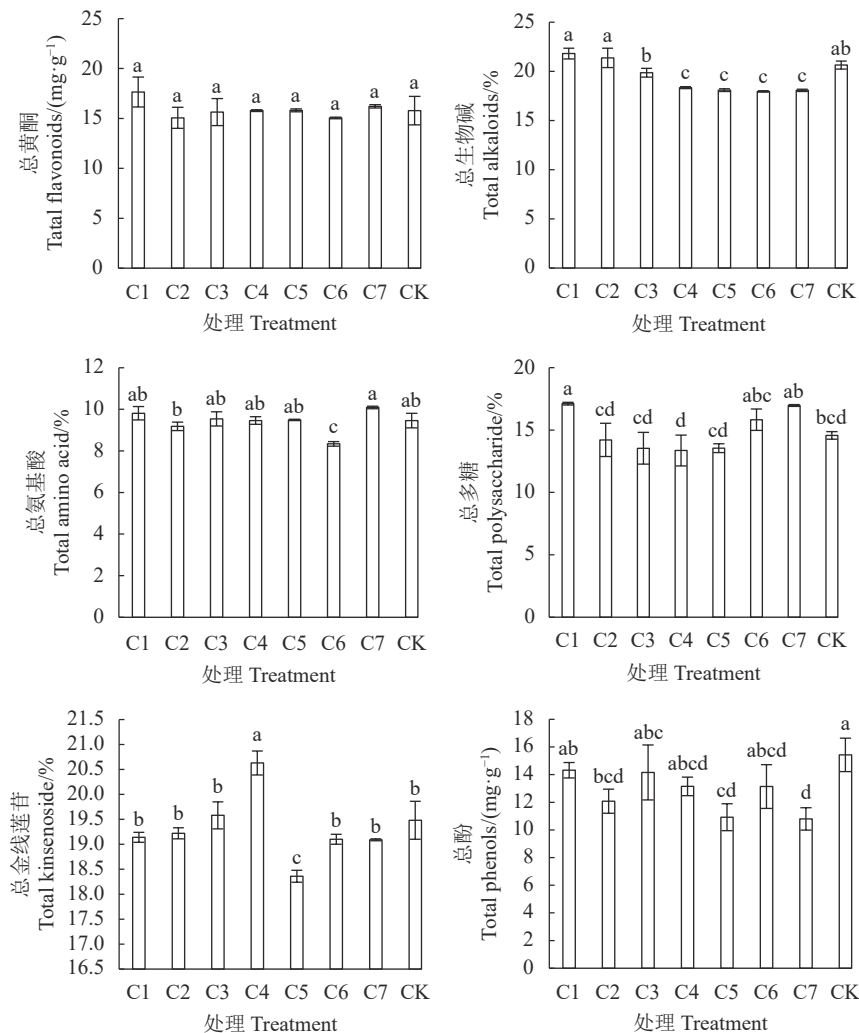


图 4 不同穴盘袋栽套袋时长金线莲活性成分图

Fig. 4 Functional ingredients in *A. roburghii* cultivated with varied bagging durations

3 讨论

3.1 不同套袋时长对金线莲生长的影响

野生金线莲适宜生长在林分郁闭度高、空气流

通性强、土壤透水性强、气温适宜的环境，在春夏时节，主产地福建省高温多雨，易频发台风、雷电、暴雨洪涝等自然灾害，使得金线莲易滋生软腐病、猝倒病，及遭受蜗牛、白粉虱、蚜虫等虫侵害^[17]，

并因受淹烂根而死亡^[18]。本试验结果表明穴盘袋栽培利用穴盘+透气装置+塑料薄膜+不锈钢骨架+基质, 形成一个无病虫、鸟兽危害适生微环境, 结合了林下仿野生栽培和温室栽培优点, 可以显著提高金线莲的保存率, 与王大平等研究发现黄花梨果实套袋可以显著提高果实的保存率结论相一致^[19]。随着套袋时长延长, 金线莲株高、叶片数、叶长、叶宽、每节长和根长呈现逐渐增加趋势, 套袋 150、180 d 时较适宜, 在试验观察中发现, 穴盘袋栽培处理下的金线莲叶片表面光洁、叶脉着色均匀、叶片数较多、品相较优, 与前人研究袋栽可以减轻病虫鸟危害^[20]、降低病害发病率^[21]、避免外界环境的直接交流^[22]、降低植株农药残留量以及减少叶片的机械损伤结论相一致^[23]。穴盘袋栽金线莲折干率各处理随着套袋时间增加而逐渐降低, 全程套袋 180 d 的金线莲达到最低值 (16.26%), 落地栽培金线莲折干率最高, 可能是由于穴盘袋栽的微环境提供充足的水分, 使得金线莲单株鲜重较高, 进而折干率较低。

3.2 不同套袋时长对金线莲生理指标的影响

叶绿素是植物进行光合作用和吸收光能的主要物质, 含量可作为衡量光合性能的指标, 叶绿素含量越大, 越有利于吸收更多的太阳辐射^[24]。本试验结果表明, 落地栽培与穴盘套袋 0、60、90 d 处理叶绿素含量较高, 与其他处理差异显著, 之后随着套袋时长增加叶绿素累积量逐渐降低, 表明套袋时间过长或者过短会影响金线莲叶绿素合成, 邱尔发等^[25]研究表明毛竹新竹叶绿素含量存在动态变化, 叶绿素含量根据叶片逐渐成熟迅速合成而升高, 在合成过程中需要光与酶的参与, 但温度会影响酶的活性, 在福建地区气温上升时期或者较高时期, 穴盘袋栽温度会远高于叶绿素形成的最适宜温度 30℃ 左右, 这可能是穴盘袋栽较不利于叶绿素合成的原因。可溶性糖含量可能因穴盘袋栽设施内光照不足, 可溶性糖积累量低于无袋栽培, 王艳^[26]研究不同设施栽培对柑橘叶片生理存在影响, 大棚内可溶性糖含量受光照条件低于露地栽培, 这些都与本研究结果一致。

3.3 不同套袋时长对金线莲活性成分的影响

金线莲苷、氨基酸、总酚、生物碱、黄酮和总酚活性成分的含量, 可以反映金线莲具有的营养与药用价值^[27]。本研究结果表明, 总多糖、总黄酮、总生物碱、总酚含量均在套袋 0 d 处理达到最大值, 总多糖、总黄酮含量与套袋 180 d 处理两者仅相差 0.15% 和 1.44 mg·g⁻¹, 总金线莲苷在套袋 90 d 处理含量最多, 除总氨基酸含量外, 总氨基酸含量在套袋

180 d 时最高, 除 C7 处理外, 总生物碱、总氨基酸含量呈现随套袋时长增加逐渐降低趋势, 试验结果表明套袋时长过长不利于金线莲活性成分的积累, 无套袋栽培活性成分含量均高于套袋栽培, 与甘金佳等^[4]的研究结果吻合, 其发现不同栽培方式对金线莲有效成分含量影响较大, 林下露地栽培比大棚栽培更有利于金线莲总黄酮含量的积累, 穴盘袋栽由于所处环境与外界环境交流较少, 光合作用受到了极大的影响, 牛欢等^[27]对金线莲设置不同光照度处理发现适度的光照有利于金线莲叶片中各药用成分的合成和积累。套袋栽培影响了部分光照, 可能是活性成分较低的原因之一, 何碧珠等^[28]研究发现不同栽培模式对金线莲生长以及生物产量积累的影响较大, 林下种植金线莲形态和生物量显著优于大棚种植, 黄酮类物质是植物体内次生代谢产物, 其合成易受外界环境的影响, 光照强度大小会直接影响植物的生长发育及形态变化, 进而影响活性成分的积累量, 适合的光照刺激、温度变化有利于金线莲生长和黄酮合成。

4 结论

适宜的穴盘套袋栽培时长会促进金线莲生长, 除折干率外, 穴盘袋栽金线莲的保存率、株高、叶片数、每节长均显著高于落地栽培, 随套袋时长的增加, 保存率、株高、叶片数、每节长显著提高, 以穴盘套袋 150 d 效果最佳, 而穴盘袋栽对金线莲叶长、叶宽、根数、茎节数和根长无显著影响。穴盘袋栽时长会影响金线莲的生理指标与活性成分, 适宜的套袋时长促进金线莲可溶性糖、总金线莲苷的合成, 与落地栽培有显著差异, 但对总黄酮、可溶性蛋白含量没有显著影响。当穴盘套袋 180 d 时金线莲的折干率、总金线莲苷、总酚含量达到最低, 对金线莲品质有一定影响, 在保证金线莲药用价值基础上综合考虑, 认为穴盘袋栽 150 d 较为适宜。

作者在福建永泰、南靖、闽清等多地进行推广, 发现该套袋栽培技术可适应各种林下, 移动方便, 实现不受季节、气候限制进行全年移栽, 并能安全度夏、越冬, 保存率、生长量和品质高于地栽, 但该装置还存在不足之处, 高温情况下, 装置内水蒸气回流形成的大水珠易导致叶片腐烂, 后续研究者还可以对装置进行改良。

参考文献:

- [1] 洪琳, 邵青松, 周爱存, 等. 金线莲产业现状及可持续发展对策 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41 (3): 553-558.

- HONG L, SHAO Q S, ZHOU A C, et al. Current status and sustainable development countermeasures of *Anoectochilus roxburghii* [J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2016, 41 (3): 553–558. (in Chinese)
- [2] 李秋静, 郑晓艳, 刘桂君, 等. 福建药用植物金线莲研究进展 [J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2018, 20 (8): 1364–1372.
- LI Q J, ZHENG X Y, LIU G J, et al. Overview of the research on the medical herb of Fujian Province-*Anoectochilus roxburghii* [J]. *Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology*, 2018, 20 (8): 1364–1372. (in Chinese)
- [3] 牛欢, 谢卓宬, 古力, 等. 林下种植密度和收获期对金线莲产量和品质的影响 [J]. 中国现代中药, 2018, 20 (7): 837–841, 865.
- NIU H, XIE Z M, GU L, et al. Effects of planting density and harvesting stages for *Anoectochilus roxburghii* planted under forest on its yield and quality [J]. *Modern Chinese Medicine*, 2018, 20 (7): 837–841, 865. (in Chinese)
- [4] 甘金佳, 毛玲莉, 黄容乐, 等. 不同栽培方式对金线莲生长状况和品质的影响 [J]. 中国农业科技导报, 2018, 20 (7): 130–136.
- GAN J J, MAO L L, HUANG R L, et al. Effects of different cultivation methods on the growth and quality of *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2018, 20 (7): 130–136. (in Chinese)
- [5] 陈仁清. 密度和气候年景对林下仿野生栽培金线莲生长的影响 [J]. 安徽农学通报, 2019, 25 (5): 26–28, 50.
- CHEN R Q. Effects of density and climate year on the growth of imitating wild cultivated *Anoectochilus roxburghii* under forest [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2019, 25 (5): 26–28, 50. (in Chinese)
- [6] 郭剑雄, 洪佰仲. 金线莲袋式优质高产有机栽培技术 [J]. 农技服务, 2017, 34 (10): 20–21.
- GUO J X, HONG B Z. The bag-type high-quality and high-yield organic cultivation technology of *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Agricultural Technology Service*, 2017, 34 (10): 20–21. (in Chinese)
- [7] 吴纯清, 程昌凤, 唐小华. 水果套袋的研究现状 [J]. 西南园艺, 2002 (S1): 28–30, 36.
- WU C Q, CHENG C F, TANG X H. Research status of fruit bagging [J]. *Southwest Horticulture*, 2002 (S1): 28–30, 36. (in Chinese)
- [8] 朱俊斌. 一种带气孔结构的微型金线莲种植棚: CN203934426U[P]. 2014-11-12.
- [9] 郑连金, 马增强, 肖玉兰. 不同光照强度对台湾金线莲生长发育和次生代谢物合成的影响 [J]. 安徽农学通报, 2016, 22 (16): 25–26, 39.
- ZHENG L J, MA Z Q, XIAO Y L. The influence of different light intensities on the growth and development and the synthesis of secondary metabolites of *aoectochilus formosanus* [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2016, 22 (16): 25–26, 39. (in Chinese)
- [10] 张超, 吴建国, 易骏, 等. HPLC-ELSD法测定三种植物基原金线莲的金线莲苷含量 [J]. 食品工业科技, 2017, 38 (2): 75–78.
- ZHANG C, WU J G, YI J, et al. Content determination of kinsenoside in Jin-Xian-Lian from three *Anoectochilus* species by HPLC-ELSD [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38 (2): 75–78. (in Chinese)
- [11] 魏翠华, 谢宇, 秦建彬, 等. 不同品种金线莲氨基酸和多糖含量的比较研究 [J]. 福建林业科技, 2016, 43 (1): 43–45, 60.
- WEI C H, XIE Y, QIN J B, et al. Comparative study of amino acid and polysaccharide contents in different varieties of *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2016, 43 (1): 43–45, 60. (in Chinese)
- [12] 孙加焱, 余红伟, 方锡平. 不同月龄林下仿野生栽培金线莲有效成分含量研究 [J]. 现代农业科技, 2020 (11): 66–67.
- SUN J Y, YU H W, FANG X P. Study on the Contents of Active Ingredients in Imitating Wild Cultivation of *Anoectochilus roxburghii* under Forests of Different Months [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2020 (11): 66–67. (in Chinese)
- [13] ZUO L L, WANG Z Y, FAN Z L, et al. Evaluation of antioxidant and antiproliferative properties of three *Actinidia* (*Actinidia kolomikta*, *Actinidia arguta*, *Actinidia chinensis*) extracts in vitro [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13 (5): 5506–5518.
- [14] 梅瑜, 邱道寿. 金线莲活性成分和分子鉴定的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2018, 46 (9): 29–33.
- MEI Y, QIU D S. Research progress on the active components and molecular identification of *Anoectochilus* sp. (wall.) lindl [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2018, 46 (9): 29–33. (in Chinese)
- [15] 龚秀会, 许敏, 董鸿竹, 等. 不同基原金线莲植物的化学成分比较研究 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (36): 17530–17531, 17607.
- GONG X H, XU M, DONG H Z, et al. Comparative Study of the Chemical Constituents of *Anoectochilus* spp. from different origins [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40 (36): 17530–17531, 17607. (in Chinese)
- [16] 赖曼娜, 林汝芳, 钟鸣. Box-Behnken设计优化金线莲总生物碱提取工艺研究 [J]. 中药材, 2017, 40 (8): 1910–1913.
- LAI M N, LIN R X, ZHONG M. Box-Behnken Design and Optimization of Extraction Process of Total Alkaloids from *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2017, 40 (8): 1910–1913. (in Chinese)
- [17] 邵玲, 梁广坚, 刘楠, 等. 广东肇庆地区金线莲低海拔林下栽培研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2017, 25 (6): 546–553.
- SHAO L, LIANG G J, LIU N, et al. Studies on cultivation under forest of *Anoectochilus roxburghii* at low altitude in Zhaoqing, Guangdong Province, China [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2017, 25 (6): 546–553. (in Chinese)
- [18] 朱冬梅, 朱添福, 邱光敏, 等. 福建省武平县金线莲种植气候条件 [J]. 农业工程, 2016, 6 (5): 132–133.
- ZHU D M, ZHU T F, QIU G M, et al. Climatic conditions of *Anoectochilus roxburghii* planting in Wuping County of Fujian Province [J]. *Agricultural Engineering*, 2016, 6 (5): 132–133. (in Chinese)

- [19] 王大平, 杨玲. 套袋对黄花岗梨果实品质和贮藏性能的影响 [J]. 北方园艺, 2010 (1): 17-19.
- WANG D P, YANG L. Effect of bagging on quality and storage property of Huanghua pear [J]. *Northern Horticulture*, 2010 (1): 17-19. (in Chinese)
- [20] SHARMA R R, REDDY S V R, JHALEGAR M J. Pre-harvest fruit bagging: A useful approach for plant protection and improved post-harvest fruit quality-a review [J]. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 2014, 89 (2): 101-113.
- [21] TEIXEIRA R, BOFF M I C, AMARANTE C V T D, et al. Effects of fruit bagging on pests and diseases control and on quality and maturity of 'Fuji Suprema' apples [J]. *Bragantia*, 2010, 70 (3): 688-695.
- [22] 吴世涛. 套袋对柚果实色泽变化及品质的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2019.
- WU S T. *Effects of bagging on color change and quality of pummelo fruit*[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2019. (in Chinese)
- [23] 李章, 臧小平, 葛宇, 等. 套袋对芒果中甲基硫菌灵与吡虫啉农药残留的影响 [J]. *热带作物学报*, 2017, 38 (2): 353-358.
- LI Z, ZANG X P, GE Y, et al. Effects of fruit bagging on residual of thiophanate-methyl and imidacloprid in mango fruit [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2017, 38 (2): 353-358. (in Chinese)
- [24] 武维华. 植物生理学[M]. 3版. 北京: 科学出版社, 2018.
- [25] 邱尔发, 陈存及, 董建文, 等. 毛竹种源新竹叶绿素含量动态变化及其相关关系研究 [J]. 江西农业大学学报(自然科学), 2002, 24 (4): 522-527.
- QIU E F, CHEN C J, DONG J W, et al. A study on chlorophyll content dynamics and relation ship of new bamboo of *Phyllostachys heterocyclus* cv. *pubescens* from different provenances [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2002, 24 (4): 522-527. (in Chinese)
- [26] 王艳. 设施条件下柑橘生物学特性及生理反应的初步研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007.
- WANG Y. *Preliminary study on biological characteristic and physiological reaction of Citrus in protected cultivate conditions*[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- [27] 牛欢, 韦坤华, 徐倩, 等. 不同光照度对金线莲生长、生理特性和药用成分的影响 [J]. *植物资源与环境学报*, 2020, 29 (1): 26-36, 43.
- NIU H, WEI K H, XU Q, et al. Effects of different illuminances on growth, physiological characteristics, and medicinal components of *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2020, 29 (1): 26-36, 43. (in Chinese)
- [28] 何碧珠, 邹双全, 刘江枫, 等. 光照强度与栽培模式对金线莲生长及品质影响 [J]. 中国现代中药, 2015, 17 (12): 1292-1295.
- HE B Z, ZOU S Q, LIU J F, et al. Effects of light intensity and cultivation mode on growth and quality of *Anoectochilus roxburghii* [J]. *Modern Chinese Medicine*, 2015, 17 (12): 1292-1295. (in Chinese)

(责任编辑: 于洪杰)