



DOI:10.14188/j.ajsh.20260037

林下不同年份竹溪黄连生长与叶片光合性能分析

郭锐¹, 李辉¹, 李桂梅², 张泽志^{3*}

- (1. 房县农业农村局, 湖北 十堰 442000;
2. 十堰市耕地质量保护和肥料质量检测站, 湖北 十堰 442000;
3. 十堰市农业科学院, 湖北 十堰 442000)

摘要: 为探究黄连 (*Coptis chinensis*) 地上部分生长特性、花产量及叶片光合性能随栽培年限的变化规律, 本文以 2~7 年生黄连植株为材料, 系统测定黄连株高、分枝数、茎粗、4~6 年生黄连花产量、3~6 年生黄连叶片叶绿素 SPAD (soil and plant analyzer development, 土壤与植物分析仪器开发) 值及 3~6 年生黄连叶片的光合参数。结果表明, 随着栽培年限增加, 黄连株高与分枝数显著增加, 茎粗在 4~6 年生显著增加, 在第 7 年略有下降。4~6 年生黄连花产量逐年升高, 单平方米花束最高产 261 束 (0.38 kg), 亩产最高达 104 249 束 (153.39 kg)。3~6 年生黄连叶片的叶绿素 SPAD 值随年份增加呈先升后降趋势, 4 年生最高, 5~6 年生显著降低, 表明栽培后期叶片出现老化现象。净光合速率变化趋势与 SPAD 值一致, 4 年生达到峰值 ($6.80 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 之后逐年下降, 6 年生降至最低 ($5.22 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO_2 浓度均为 3 年生最低, 4~5 年生略有升高, 6 年生有所回落; 但 5~6 年生胞间 CO_2 浓度仍维持高位, 表明后期光合下降主要源于叶肉细胞活性衰退, 而非气孔限制。总之, 黄连随栽培年限增加, 地上生长与花产量持续提升, 其中, 4 年生黄连光合能力最强、生理活性最高, 5~6 年生植株出现明显的光合衰退和叶片老化。本研究为黄连不同年限的差异化栽培管理提供了生理学参考。

关键词: 黄连; 栽培年限; 光合特性; 叶绿素 SPAD 值; 叶片衰老; 农艺性状

中图分类号: S567.2

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2026)04-0419-06

Growth and leaf photosynthetic performance of forest-cultivated *Coptis chinensis* from Zhuxi across different cultivation ages

GUO Rui¹, LI Hui¹, LI Guimei², ZHANG Zezhi^{3*}

- (1. Fang County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Shiyan 442000, Hubei, China;
2. Shiyan City Soil Quality Protection and Fertilizer Quality Inspection Station, Shiyan 442000, Hubei, China;
3. Shiyan Academy of Agricultural Sciences, Shiyan 442000, Hubei, China)

Abstract: To investigate the change patterns in growth characteristics of aboveground part, flower yield, and leaf photosynthetic performance of *Coptis chinensis* across different cultivation ages, using 2~7-year-old *C. chinensis* plants as materials, this study systematically measured plant height, branch number, and stem diameter, as well as flower yield in 4~6-year-old plants, leaf chlorophyll SPAD (soil and plant analyzer development) values in 3~6-year-old plants, and photosynthetic parameters in 3~6-year-old leaves. The results showed that, with increasing cultivation age, plant height

收稿日期: 2026-07-05 修回日期: 2026-07-30 接受日期: 2026-08-24

作者简介: 郭锐 (1973-), 男, 高级农艺师, 主要从事中药推广与应用工作, E-mail: 479363836@qq.com

* 通信作者: 张泽志 (1989-), 男, 高级农艺师, 主要从事中药材生产技术与推广工作, E-mail: 179117170@qq.com

基金项目: 湖北省中药材创新团队专项经费 (2025-620-000-001-024); 湖北省五大提质行动“黄连”技术集成专项经费 (2026WDTZZX-HL); 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-21)

引用格式: 郭锐, 李辉, 李桂梅, 等. 林下不同年份竹溪黄连生长与叶片光合性能分析 [J]. 生物资源, 2026, 48(4): 419-424.

Guo R, Li H, Li G M, et al. Growth and leaf photosynthetic performance of forest-cultivated *Coptis chinensis* from Zhuxi across different cultivation ages [J]. Biotic Resources, 2026, 48(4): 419-424.

and branch number increased significantly, stem diameter increased markedly from year 4 to year 6, but declined slightly in year 7. Flower yield in 4~6-year-old plants increased progressively with age, reaching a maximum of 261 inflorescences (0.38 kg) per square metre, and 104 249 inflorescences (153.39 kg) per mu. Chlorophyll SPAD values in 3~6-year-old leaves exhibited a unimodal trend, peaking in 4-year-old plants and decreasing significantly in 5~6-year-old plants, indicating leaf senescence in later cultivation stages. The net photosynthetic rate followed a similar pattern, peaking at $6.80 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ in 4-year-old plants and declining to the lowest value of $5.22 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ in 6-year-old plants. Transpiration rate, stomatal conductance and intercellular CO_2 concentration were lowest in 3-year-old plants, increased slightly in 4~5-year-old plants, and decreased in 6-year-old plants. However, intercellular CO_2 concentration remained high in 5~6-year-old plants, suggesting that the decline in photosynthesis at later stages was primarily attributable to reduced mesophyll cell activity rather than stomatal limitation. In summary, growth of aboveground part and flower yield of *C. chinensis* continue to improve with increasing cultivation age. Notably, 4-year-old plants exhibit the strongest photosynthetic capacity and highest physiological activity, whereas 5~6-year-old plants show significant decline in photosynthetic performance and leaf senescence. These findings provide a physiological reference for age-specific cultivation management in *C. chinensis* production.

Key words: *Coptis chinensis*; cultivation age; photosynthetic characteristics; chlorophyll SPAD value; leaf senescence; agronomic traits

0 引言

毛茛科黄连在中国西南地区广泛种植^[1],具有清热解毒^[2]、泻火抗病毒^[3-6]等药用功效,又称味连,广泛分布于中国湖北、重庆、四川、湖南、陕西等地^[7]。

黄连属阴生植物^[8],长期生长在阴湿环境,怕强光、喜弱光^[9-10]。野生黄连一般生长在海拔1 000~1 900 m的荫蔽林中,目前市场上以人工栽培为主^[11]。黄连人工栽培一般需要6年,生长条件较为严苛,尤其对光照要求较高。已有研究指出,对于3~5年生黄连,随着种植年份增加而降低遮阴度,可有效促进黄连的生长发育^[12]。随着黄连生长,其对光照需求逐步增加,80%的遮阴条件对于黄连最为有利^[13]。

植物光合作用是干物质积累和生物量形成的重要途径^[14-15],黄连在移栽后,叶片数量、叶面积随着种植年限增加而增加,其药用成分含量也伴随增加^[16-17]。湖北省十堰市竹溪县是国内黄连主产区,2025年获得了国家新版中药材GAP(中药材生产质量管理规范, good agricultural practice for Chinese crude drugs)延伸检查认证,但该地区黄连生长特性、花产量、叶片叶绿素及光合作用随栽培年限的变化规律还未曾探明。鉴于此,本文在竹溪县丰溪镇开展黄连林下栽培技术研究工作,对2~7年生黄连植株地上部分、生物量、叶片叶绿素SPAD值、光合速率进行检测分析,探讨黄连在栽培过程中,植株变化及其光合需求,以期为十堰地区黄连高效生产提供相关支撑。

1 材料与方法

1.1 材料

2018年11月20日,选择竹溪县丰溪镇海拔1 892.5 m, $31^{\circ}53'41''\text{N}$ 、 $109^{\circ}35'59''\text{E}$,排灌方便、杂木林下郁闭度75%~80%、坡度 $\leq 25^{\circ}$ 的地块种植黄连。栽植前,剔除林地杂物,深翻10~15 cm,选择竹溪县籽粒饱满、长椭圆形、红棕色种皮的黄连种子,将种子与沙体积比例1:2拌匀,暗光、通风、阴凉处储藏1年,2019年2月,育苗。2021年3月23日,将3年生黄连苗,按照株距8 cm、行距15 cm、每穴2株进行移栽种植,种植面积10 m²。结合黄连植株不同部位富集的营养元素^[3]和增产施肥的需求^[7,12],选择雨前或结合除草培土于每667 m²追施商品有机肥50 kg和硫酸钾复合肥(总养分 $\geq 45\%$)50 kg,每年对黄连根际进行培土1次,厚度1~3 cm。叶斑病发生时,用40%噁霉胺悬浮剂800~1 000倍液或40%腈菌唑悬浮剂8 000倍液喷淋植株,间隔5 d喷淋1次,共3次。根腐病发生时,用50%异菌氟啶胺悬浮剂1 000倍液或1 000亿芽胞/g枯草芽孢杆菌可湿性粉剂500倍液喷淋植株根茎部,间隔5 d喷淋1次,共3次。蛴螬150亿个孢子/g球孢白僵菌可湿性粉剂400倍液喷淋根茎部,间隔5 d喷淋1次。

1.2 方法

2021年—2026年,每年3月上中旬,选取6株黄连,对株高、茎粗、分枝进行检测。2023年—2025年,每年3月,黄连开花时,随机选取1 m²,检测花束数量(一个茎秆为一束花),并割取茎秆、称重,重复3次,计算亩产花束数量与产量。

2026年6月27日,晴天,30℃,采用HM-YD型便携式叶绿素仪(山东恒美电子科技有限公司)对3~6年生黄连叶片叶绿素SPAD值进行检测,重复6次。同日,采用LI-6800型便携式光合仪(美国LI-COR公司)对3~6年生黄连叶片净光合速率、蒸腾速率、胞间CO₂浓度、叶室CO₂浓度、气孔导度进行检测,重复8次。采用Excel进行数据整理与表格制作,采用SPSS 26软件进行单因素方差分析, $P<0.05$ 表示差异具有统计学意义,采用GraphPad Prism 9.2.0.332软件制图。

2 结果与分析

2.1 黄连植株生长随栽培年限的变化情况分析

通过对2~7年生黄连植株地上茎叶检测,发现随着栽培年份的增加,黄连株高、分枝逐年增加,且株高增加显著(表1,同列不同小写字母表示差异显著,以下同)。黄连茎粗在4~6年显著增加,第7年较第6年减小,这可能是由于黄连每年新发分枝,株高生长致使茎粗增加缓慢;或黄连老枝枯萎、春季新发,导致茎粗增加不显著,具体原因需进一步研究。

2.2 黄连花产量随栽培年限的变化情况分析

分析4~6年生黄连花产量,发现黄连花单平方米最高产261束(0.38 kg);亩产最高达104 249束(153.39 kg)(表2、图1)。4~6年生黄连随着分枝增多,其花产量增多。

表1 2~7年生黄连株高、茎粗和分枝数情况

Table 1 Plant height, stem diameter and branching number of 2~7-year-old *Coptis chinensis*

年限	株高/mm	茎粗/mm	分枝/个
2年生	76.75±11.42 ^d	0.80±0.34 ^b	12±2 ^b
3年生	119.25±20.52 ^c	1.17±0.54 ^b	17±4 ^{ab}
4年生	146.74±14.78 ^b	1.52±0.94 ^{ab}	19±2 ^{ab}
5年生	140.51±12.33 ^{bc}	1.41±0.68 ^{ab}	18±9 ^{ab}
6年生	219.79±12.09 ^a	2.31±1.29 ^a	21±10 ^{ab}
7年生	231.08±9.92 ^a	1.52±1.19 ^{ab}	31±22 ^a

2.3 3~6年生黄连叶片叶绿素SPAD值检测

3~6年生黄连叶片叶绿素SPAD值随着栽培年份呈先升后降趋势,4年生黄连叶片叶绿素SPAD值达到最高,6年生黄连叶片叶绿素SPAD值最低(图2,不同小写字母表示组间差异显著)。以上结果提示,在黄连栽培初期,黄连对光照需求逐年递增,而在栽培后期第5至6年,黄连因叶片老化等原因,导致叶绿素SPAD值显著下降。

2.4 3~6年生黄连叶片的光合特性分析

对3~6年生黄连叶片的光合特性分析发现,叶片蒸腾速率、胞间CO₂浓度和气孔导度的变化趋势基本一致,均为3年生最低,4~5年生略有升高,6年生下降(表3)。黄连叶片净光合速率随着生长年限呈先升后降趋势,4年生黄连叶片净光合速率达到峰值(6.80 μmol·m⁻²·s⁻¹),之后逐年下降,6年生最低(5.22 μmol·m⁻²·s⁻¹)(表3)。叶室CO₂浓度随栽

表2 4~6年生黄连花的产量情况

Table 2 Flowers production situation of 4~6-year-old *C. chinensis*

年限	单平方米产黄连花		亩产黄连花	
	数量/束	重量/kg	数量/束	重量/kg
4年生	198±41 ^a	0.25±0.06 ^a	79 067±16 494 ^a	101.33±24.11 ^a
5年生	219±16 ^a	0.28±0.02 ^a	87 733±6 404 ^a	110.67±6.11 ^a
6年生	233±28 ^a	0.32±0.06 ^a	93 200±11 049 ^a	127.67±25.72 ^a



图1 黄连植株与花

Figure 1 *Coptis chinensis* plants and flowers

表3 3~6年生黄连叶片光合特性检测

Table 3 Detection of photosynthetic characteristics in the leaves of 3~6-year-old *C. chinensis*

年限	蒸腾速率/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	叶室 CO_2 浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	胞间 CO_2 浓度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)	气孔导度/ ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
3年生	0.59 ± 0.38^b	6.01 ± 0.79^b	$2\ 851.30\pm 17.87^a$	$2\ 104.22\pm 568.28^b$	0.02 ± 0.02^b
4年生	1.22 ± 0.29^a	6.80 ± 0.75^a	$2\ 836.74\pm 13.63^{ab}$	$2\ 525.98\pm 47.52^a$	0.05 ± 0.01^a
5年生	1.29 ± 0.36^a	5.88 ± 0.53^b	$2\ 822.48\pm 33.74^b$	$2\ 557.73\pm 39.75^a$	0.06 ± 0.02^a
6年生	1.00 ± 0.28^a	5.22 ± 0.86^b	$2\ 825.54\pm 21.41^b$	$2\ 543.33\pm 63.17^a$	0.05 ± 0.01^a

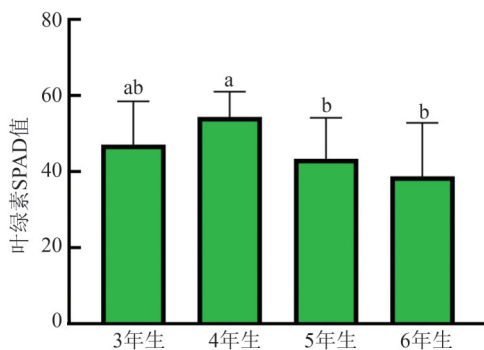


图2 3~6年生黄连叶片叶绿素 SPAD 值检测

Figure 2 Detection of chlorophyll SPAD values in the leaves of 3~6-year-old *C. chinensis*

培年限增加呈现下降趋势,且5~6年生黄连叶片此参数无显著性差异(表3)。以上结果说明,3年生黄连植株尚处于栽培初期,气孔开度小,光合能力较弱;随着栽培年限的增加,4年生黄连叶片光合能力达到最强,气孔充分开放, CO_2 供应充足;5年生黄连叶片老化,光合速率下降;6年生黄连净光合速率下降至最低,蒸腾速率和气孔导度有所回落,胞间 CO_2 浓度仍维持高位($2\ 543.33\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$),结果提示5~6年生黄连叶片光合性能下降主要由于叶肉细胞光合活性衰退,而非气孔限制所致。

3 讨论与结论

黄连是多年生喜阴草本药用植物,人工栽培黄连主要通过林药、药药、粮药或简易棚等方式进行^[18-20],不同种植模式对黄连成活率、产量、经济效益有不同促进作用^[21-22],这主要源于黄连在高温强光下的净光合速率下降所致^[23]。

光合作用是影响植物生物量、干物质积累的重要因素,也是反映植物应对各种环境或自身健康生理状态的主要指标^[14]。已有研究表明盐浓度、温度、施肥情况均能影响黄连光合速率。如黄连在NaCl胁迫下,净光合速率、叶片蒸腾速率、气孔导度均会显著下降^[24]。高温($33\ ^\circ\text{C}$)、强光会显著影响黄连净光合速率^[23]。不同肥料处理(有机肥、复合肥、专用肥、药渣菌肥)亦会引发黄连光合强度、叶绿素含量及呼吸强度显著差异^[22]。本研究结果发现,在

75%~80%的隐蔽度下,黄连随着种植年限的增加,地上生物量逐步增多,但黄连叶片的叶绿素SPAD值、叶室 CO_2 浓度却呈下降趋势。3年生黄连叶片的蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度和气孔导度最低,4~5年略有升高,黄连叶片净光合速率随着生长年限呈先升后降趋势,4年生黄连叶片净光合速率达到峰值,之后逐年下降。这与2011年对黄连不同生育期的光合强度、叶绿素含量等生理特性研究结果一致^[6]。鉴于本文研究数据,综合考虑黄连叶片的光合强度、叶绿素含量均在4年生时达到峰值这一特点,推荐在栽培第3~4年时,每年春季和秋季追施一次硫酸钾复合肥($50\ \text{kg}/667\ \text{m}^2$),并在追肥后培土1~2 cm,可望达到促进黄连高效生产的效果。

黄连喜阴,人工棚架栽培黄连是较好方式,但棚架耗费大量木材,破坏林木环境^[20,25-28]。林下栽培黄连可防止木材损耗,但需在栽培后期进行疏林,以满足黄连生长光照,该法人工成本较高。综上,本文推荐在人工棚架栽培时,选择藤本或木本植物,如青风藤、葛根、猕猴桃等,为黄连植株遮阴,是提高黄连产量和维持可持续发展的一种有效途径。

参考文献

- [1] Duan Y Y, You J M, Wang J T, et al. Transcriptome analysis reveals the potential mechanism of altering viability, yield, and isoquinoline alkaloids in *Coptis chinensis* through *Cunninghamia lanceolata* understory cultivation[J]. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2024, 11(1): 24.
- [2] 刘成. 伴生栽培对黄连连作障碍的缓解效应[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(13): 161-169.
Liu C. Mitigating effect of companion cultivation on continuous cropping obstacles of *Coptis chinensis*[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2024, 52(13): 161-169.
- [3] 李杨松, 刘希贤, 王珑静, 等. 单枝味连不同组织部位生物碱含量与其商品等级关联研究[J]. 中草药, 2023, 54(8): 2566-2579.
Li Y S, Liu X X, Wang L J, et al. Study on relationship between alkaloid content in different tissue parts of *Coptis chinensis* and its commodity grade[J]. Chinese

- Traditional and Herbal Drugs, 2023, 54 (8) : 2566-2579.
- [4] 曾婷婷, 付婷婷, 黄永川, 等. 石柱黄连及根际土壤中矿质元素特征分析[J]. 中国无机分析化学, 2022, 12 (6): 103-111.
- Zeng T T, Fu T T, Huang Y C, et al. Analysis on character of mineral elements in Shizhu *Coptis chinensis* Franch. and rhizosphere soil[J]. Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry, 2022, 12(6): 103-111.
- [5] 袁王俊, 李彩芳, 丁秋瑾, 等. 黄连抗氧化活性研究[J]. 广西植物, 2009, 29(5): 694-697.
- Yuan W J, Li C F, Ding Q J, et al. Studies on the anti-oxidant activity of *Coptis chinensis* [J]. Guihaia, 2009, 29(5): 694-697.
- [6] 张德利, 陈仕江, 钟国跃. 黄连不同生育期的生理特性研究[J]. 时珍国医国药, 2011, 22(8): 1998-1999.
- Zhang D L, Chen S J, Zhong G Y. Physiological characteristics of *Coptis chinensis* at different growth stages [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2011, 22(8): 1998-1999.
- [7] 陈洪, 赵权. 遮荫及林下栽培对黄连生长发育的影响[J]. 吉林农业科技学院学报, 2015, 24(3): 10-12.
- Chen H, Zhao Q. Effects of shading and undergrowth cultivation on growth and development of *Coptis chinensis* Franch. [J]. Journal of Jilin Agricultural Science and Technology College, 2015, 24(3): 10-12.
- [8] 袁王俊, 张维瑞, 尚富德. 黄连营养器官解剖结构与其阴生环境相关性研究[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2007, 37(2): 184-186.
- Yuan W J, Zhang W R, Shang F D. Study on the anatomical structure of vegetative organs of *Coptis chinensis* and its pertinence to sciophyte conditions[J]. Journal of Henan University (Natural Science), 2007, 37 (2) : 184-186.
- [9] 尹丽. 遮阴度对黄连生理生化特性的影响研究[D]. 重庆: 西南农业大学, 2005.
- Yin L. The influence of shading on physiological-biochemical character of *Coptis chinensis* Franch. [D]. Chongqing: Southwest Agricultural University, 2005.
- [10] 孙玉芳. 温度胁迫对黄连生理生化特性影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- Sun Y F. Study about effects of temperature stress on physiological and biochemical character of *Coptis chinensis* Franch. [D]. Chongqing: Southwest University, 2006.
- [11] 王亚麒, 陈丹梅, 袁玲. 黄连须根浸提液对莴苣、绿豆和白菜的化感效应[J]. 草业学报, 2015, 24(6): 142-149.
- Wang Y Q, Chen D M, Yuan L. Allelopathic effect of extracts from the fibrous roots of *Coptis chinensis* on *Lactuca* (Compositae), *Vigna radiate* and *Brassica rapa pekinensis* [J]. Acta Prataculturae Sinica, 2015, 24 (6): 142-149.
- [12] 尹丽, 王三根, 陈仕江, 等. 荫蔽度对黄连抗性物质的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(5): 216-218.
- Yin L, Wang S G, Chen S J, et al. The influence of shadings on resistant substance in *Coptis chinensis* Franch. [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(5): 216-218.
- [13] 陈军. 不同光照对黄连质量和产量的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- Chen J. Studies *Coptis chinensis* Franch. of different illumination on the impact of quality and yield [D]. Yangling: Northwest A & F University, 2011.
- [14] 曾烨, 薛翔楠, 司海倩, 等. 不同品系黄连叶片光强和CO₂响应曲线的研究[J]. 湖南农业科学, 2012(19): 37-40, 43.
- Zeng Y, Xue X N, Si H Q, et al. Light intensity and CO₂ response curves of *Coptis chinensis* leaves from different lines [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2012 (19): 37-40, 43.
- [15] 张春平, 周立鑫, 周慧, 等. 外源一氧化碳供体高铁血红蛋白对盐胁迫下黄连幼苗光合参数及叶绿素荧光特性的影响[J]. 中草药, 2015, 46(2): 262-272.
- Zhang C P, Zhou L X, Zhou H, et al. Effect of exogenous carbon monoxide donor hematin on photosynthesis parameters and chlorophyll fluorescence characteristics of *Coptis chinensis* seedlings under NaCl stress [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2015, 46 (2) : 262-272.
- [16] 王钰, 李隆云, 谭均, 等. 黄连生长发育及生物碱含量变化规律的研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(20): 4027-4032.
- Wang Y, Li L Y, Tan J, et al. Research for dynamic changes of growth and alkaloids of *Coptis chinensis* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2018, 43 (20): 4027-4032.
- [17] 曾烨, 王学奎, 薛翔楠, 等. 湖北利川黄连不同生长龄期主要生物碱的分布及变化[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(11): 123-126.
- Zeng Y, Wang X K, Xue X N, et al. Study on division and change of main alkaloids from *Coptis chinensis* in Lichuan Hubei at different growth stages [J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2013, 19(11): 123-126.
- [18] 盛或欣, 张金兰, 孙素琴, 等. 不同栽培条件黄连的质量分析与评价[J]. 药学学报, 2006, 41(10): 1010-1014.
- Sheng Y X, Zhang J L, Sun S Q, et al. Quality analysis and evaluation of Rhizoma Coptidis under different culti-

- vation conditions [J]. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 2006, 41(10): 1010-1014.
- [19] 齐海涛, 王有为, 朱强, 等. 不同栽培模式下黄连质量评价[J]. *中国中药杂志*, 2007, 32(7): 570-572.
- Qi H T, Wang Y W, Zhu Q, et al. Quality assessment for *Coptis chinensis* with different cultivating system[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2007, 32(7): 570-572.
- [20] 李春民, 徐自锦, 章承林, 等. 林下黄连种植模式研究[J]. *湖北农业科学*, 2014, 53(12): 2817-2820.
- Li C M, Xu Z J, Zhang C L, et al. Planting mode of *Coptis chinensis* under forests [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2014, 53(12): 2817-2820.
- [21] 胡安徽. 黄连培植技术的文献研究与试验分析[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 32(6): 116-119.
- Hu A H. Study on the literature of Huanglian cultivation technology and the test analysis [J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science Edition)*, 2015, 32(6): 116-119.
- [22] 刘成, 龚方圆, 李洁沛, 等. 几种施肥处理对连作黄连养分含量、生长生理和品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2024, 52(23): 140-147.
- Liu C, Gong F Y, Li J P, et al. Impacts of several fertilization treatments on nutrient content, growth physiology, and quality of *Coptis chinensis* under continuous cropping [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2024, 52(23): 140-147.
- [23] 瞿显友, 孙年喜, 李隆云, 等. 不同种质资源黄连净光合速率的研究[J]. *中药材*, 2011, 34(3): 336-339.
- Qu X Y, Sun N X, Li L Y, et al. Study on the net photosynthesis rate of *Coptis chinensis* from different types and production places [J]. *Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2011, 34(3): 336-339.
- [24] 张春平. 不同外源物质提高盐胁迫下黄连种子及幼苗抗逆性机理研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- Zhang C P. Study on the mechanism of salinity tolerance of *Coptis chinensis* Franch. seeds and seedlings induced with different exogenous substances under salt stress [D]. Chongqing: Southwest University, 2012.
- [25] 王立群, 李英明, 张丽萍, 等. 生态技术栽培黄连的红外指纹图谱分析与表征[J]. *光谱学与光谱分析*, 2006, 26(6): 1061-1066.
- Wang L Q, Li Y M, Zhang L P, et al. Analysis and characterization of fingerprint infrared spectra for ecology-planted *Coptis chinensis* [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2006, 26(6): 1061-1066.
- [26] 徐锦堂. 黄连生态栽培技术研究与应用及前景展望[J]. *中国医学科学院学报*, 2004, 26(6): 601-603.
- Xu J T. Application and prospect on the researches of ecological cultivation of *Coptis chinensis* [J]. *Acta Academiae Medicinae Sinicae*, 2004, 26(6): 601-603.
- [27] 徐锦堂, 袁政, 周继武. 林间栽培及玉米黄连套种黄连生态栽培技术[J]. *中国医学科学院学报*, 2004, 26(6): 604-607.
- Xu J T, Yuan Z, Zhou J W. Ecological technique of cultivating *Coptis chinensis* in woods and co-cultivating it with maize [J]. *Acta Academiae Medicinae Sinicae*, 2004, 26(6): 604-607.
- [28] 王立群, 叶晓川, 邓芬, 等. 生态技术栽培黄连的质量评价[J]. *中国医学科学院学报*, 2004, 26(6): 608-610.
- Wang L Q, Ye X C, Deng F, et al. Quality assessment for *Coptis chinensis* planted with ecological techniques [J]. *Acta Academiae Medicinae Sinicae*, 2004, 26(6): 608-610.