

种植密度对豫北太行山区连翘生长和产量的影响

郭建国

(修武县农业农村发展服务中心, 河南 修武 454350)

摘要:为探究种植密度对连翘产量的影响,对豫北太行山区4种植密度(T_1 : 3 333株/hm², T_2 : 2 500株/hm², T_3 : 2 000株/hm², T_4 : 1 667株/hm²)的连翘林进行抽样调查,观测冠幅、株高、地径等生长指标及单株产量与单位面积产量,采用SPSS 26.0进行统计分析。结果表明,低密度 T_4 、 T_3 处理能够增加冠幅、增粗地径、控制株高,增加单株产量。单位面积产量随密度下降呈先升后降的趋势, T_3 处理(密度2 000株/hm²)产量最高,达到3 192.0 kg/hm²,显著高于其他处理。 T_3 处理实现了个体生长与群体数量的平衡,为豫北太行山区连翘最佳种植密度。生产中可依据土壤肥力、地形等条件调整密度,肥沃地块可采用1 667株/hm²,贫瘠山地可采用2 500株/hm²。

关键词:连翘;种植密度;产量;豫北太行山区

中图分类号:S685.24

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2025)04-0023-05

Effects of Planting Density on Growth and Yield of *Forsythia suspensa* in the Taihang Mountain Area of Northern Henan Province

GUO Jianguo

(Xiuwu County Agricultural and Rural Development Service Center, Xiuwu 454350, China)

Abstract: To explore the effect of planting density on the yield of *Forsythia suspensa*, a sample survey was conducted on four planting densities (T_1 : 3 333 plants/ha, T_2 : 2 500 plants/ha, T_3 : 2 000 plants/ha, T_4 : 1 667 plants/ha) of *Forsythia suspensa* forest in Taihang Mountain area of northern Henan Province. Growth indicators including crown width, plant height, diameter and yield per plant and unit area were observed, and SPSS 26.0 was used for statistical analysis. The results showed that low-density T_4 and T_3 could increase crown width, thicken stem diameter, control plant height and increase yield per plant. The yield per unit area increased first and then decreased with the decrease of density. The yield of T_3 (2 000 plants/ha) was the highest, reaching 3 192.0 kg/ha, which was significantly higher than that of other treatments. Treatment T_3 achieved the balance between individual growth and population number, which was the best planting density for *Forsythia suspensa* in Taihang Mountain area of northern Henan. The density can be adjusted according to soil fertility, topography and other conditions in the production. The fertile land can be used 1 667 plants/ha, and the barren mountain can be used 2 500 plants/ha.

Key words: *Forsythia suspensa*; Planting density; Yield; Taihang mountain area in northern Henan

连翘作为一种重要的药用植物,富含连翘苷、连翘酯苷A等成分,具有清热解毒、消肿散结等功效。随着中医药产业的迅速发展,连翘药材的市场需求量逐年攀升。然而,对野生连翘资源的过度采挖,导致其产量急剧下降,人工种植成为保障连翘供应的关键途径。在此背景下,探寻科学的种植技术,尤其是确定适宜的种植密度,对提高连翘产量和质量意义重大^[1-2]。

围绕连翘适宜的种植密度,众多学者开展了相关研究。李玺家^[3]认为,在良好的立地环境条件下,株距1.8 m、行距2.0 m左右,密度2 550~3 000株/hm²;立地环境条件差时,则降低至2 250~2 550株/hm²。李刚^[4]研究表明,连翘造林适宜密度以行距2.0 m,株距1.5 m,3 333株/hm²为宜,形成群体优势。平锡娟^[5]研究表明,在山西省长治市,栽植密度以行距3.0 m,株距2.0 m,1 667株/hm²为宜,以免造成树冠稠密,空气流通不畅,阻碍连翘正常生长。不同地区、土壤、地形条件,适宜连翘种植的密度不同。鲜有学者对连翘的种植密度与产量的关系进行深入探讨。本研究以豫北太行山区野生连翘品种为

收稿日期:2025-06-11

作者简介:郭建国(1966-),男,高级农艺师,研究方向为经济作物种植技术推广。

材料,通过对同一区域,不同种植密度条件下连翘生长与结果情况的调查统计,探讨适宜连翘的栽培密度,为连翘高产栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

供试连翘品种为修武县太行山区野生连翘,试验地位于河南省修武县,属于暖温带大陆性季风气候,年

平均气温 14.7 °C,年平均降水量 570.2 mm。年平均日照时数 1 948.7 h。土壤有机质含量 1.5%, P_2O_5 含量 23.5 mg/kg, K_2O 含量 170.8 mg/kg。光热资源丰富,有利于连翘生长发育,全县野生连翘分布面积 26 000 hm^2 。试验地为西村乡洞湾村东北阳坡地,海拔 260~310 m,土壤类型为褐土。2019年10月建林 24 hm^2 ,共4种密度,不同种植密度情况见表1。

表1 不同处理连翘种植密度情况统计表

Table 1 Statistical table of planting density of *Forsythia suspensa* in different treatments

处理 Treatment	株行距/m×m Distance between plants	密度/株· hm^{-2} Density
T ₁	2.0×1.5	3 333
T ₂	2.0×2.0	2 500
T ₃	2.0×2.5	2 000
T ₄	2.0×3.0	1 667

1.2 田间管理

1.2.1 松土除草

连翘林由专人负责管理,在保证所栽连翘不受到人为损害和家畜伤害的基础上,每年进行2~3次的中耕除草^[6]。

1.2.2 水肥管理

连翘耐旱怕涝,正常年份一般不灌水,2024年春季持续干旱,浇水2次。2019–2022年,每年4月追施尿素 150 kg/hm^2 。2023–2024年,每年5月追施复合肥 150 kg/hm^2 ,10月底施基肥 15 000 kg/hm^2 ^[7]。

1.2.3 修剪整形

2019年种植后定高 80 cm,在夏天摘心促发新枝,选择3~4个生长良好的枝条培育为主枝。在主枝上选择3~4个健壮枝作为侧枝,在侧枝上培养结果枝组^[8–10]。

1.3 调查统计

2024年对定植6年的连翘林生长情况、产量

进行调查统计。每个种植密度处理随机抽取5株,3次重复。6月上旬,用卡尺测量连翘主干离地面 10 cm处的直径,取平均数,作为地径。用钢卷尺测量调查植株株高,计算平均数。在树冠投影平行于行距方向和株距方向分别测量最长处的直线距离,以两个方向数值的平均数为直径计算冠幅。7月下旬,采摘、称量单株产量(鲜重),取平均数,折合成公顷产量。利用 SPSS 26.0 软件对数据进行多元统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植密度对连翘生长的影响

从表2数据分析得知,随种植密度增加,连翘冠幅呈下降趋势。T₃处理与T₂处理差异显著,T₂处理与T₁处理差异显著,说明当连翘密度由2 000株/ hm^2 增加到2 500株/ hm^2 ,由2 500株/ hm^2 增加到3 333株/ hm^2 时,连翘冠幅下降明显。T₄处理与T₃处理差异不显

表2 不同种植密度对连翘生长的影响

cm

Table 2 Statistical table of *Forsythia suspensa* growth with different densities

处理 Treatment	冠幅 Crown width	株高 Plant height	地径 Stem diameter
T ₁	1.28c	229.3c	5.4c
T ₂	2.28b	223.5bc	5.6bc
T ₃	3.08a	220.8ab	5.9ab
T ₄	3.22a	215.0a	6.0a

注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences($P<0.05$).

著,且与 T_1 、 T_2 处理差异显著,说明1 667~2 000株/ hm^2 对连翘冠幅形成有利。

随密度增加,连翘株高呈上升趋势。其中, T_4 处理与 T_2 处理、 T_1 处理差异显著,说明当密度由1 667株/ hm^2 增加到2 500~3 333株/ hm^2 时,连翘株高增加明显。这一现象是由于种植密度增加,株间距缩短,连翘植株横向生长受限,直立生长增加,造成树体细高。 T_3 处理与 T_1 处理差异显著,说明当密度由2 000株/ hm^2 增加到3 333株/ hm^2 时,连翘株高增加明显。 T_4 处理与 T_3 处理差异不显著,说明1 667~2 000株/ hm^2 时,有利于控制连翘株高。

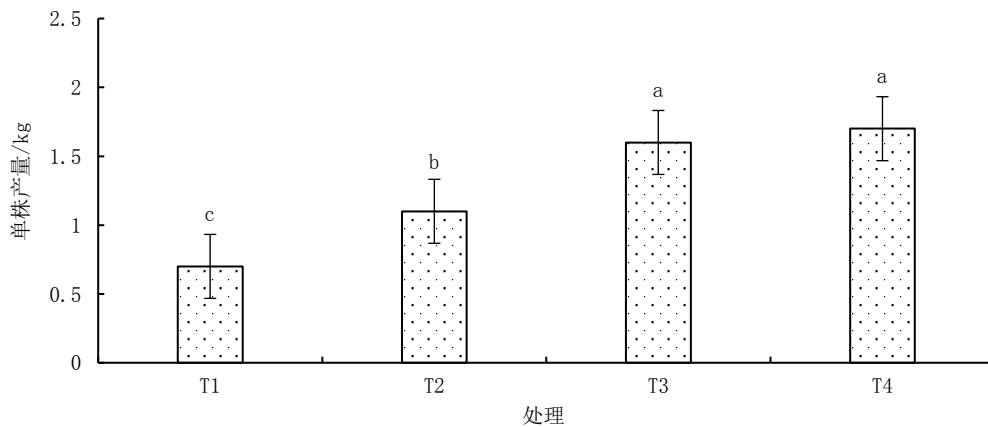
随密度增加,连翘地径呈下降趋势。 T_4 处理与 T_2 、 T_1 处理差异显著,说明当密度由1 667株/ hm^2 上升

到2 500~3 333株/ hm^2 时,连翘地径下降明显。 T_3 处理与 T_1 处理差异显著,说明当密度由2 000株/ hm^2 上升到3 333株/ hm^2 时,连翘地径下降明显。 T_4 处理与 T_3 处理差异不显著,说明该密度有利于连翘地径增加。

2.2 不同种植密度对连翘产量的影响

2.2.1 不同种植密度对连翘单株产量的影响

由图1可知, T_1 处理与 T_2 处理, T_2 处理与 T_3 处理之间差异显著。 T_4 处理与 T_3 处理之间差异不显著。总体而言,随着种植密度降低,连翘单株产量呈上升趋势,当种植密度由2 000株/ hm^2 降至1 667株/ hm^2 时,单株产量上升趋势减缓,说明通过降低密度提升单株产量效果已不明显。



注:小写字母不同表示差异显著($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$), the same below.

图1 不同种植密度对连翘单株产量的影响

Fig.1 Effect of different planting densities on yield per plant of *Forsythia suspensa*

2.2.2 不同种植密度对连翘产量的影响

由图2可知,随着种植密度降低,单位面积产量呈上升趋势,但当密度降低至1 667株/ hm^2 时,产量开始下降。具体表现为: T_3 处理产量最高,显著高于 T_2 、 T_4 、 T_1 处理。 T_2 处理与处理 T_4 差异不显

著,但均显著低于 T_3 处理,高于 T_1 处理。

随着种植密度下降,连翘产量呈上升趋势,但当密度从2 000株/ hm^2 下降至1 667株/ hm^2 时,产量降低。因此,2 000株/ hm^2 为适宜种植密度。

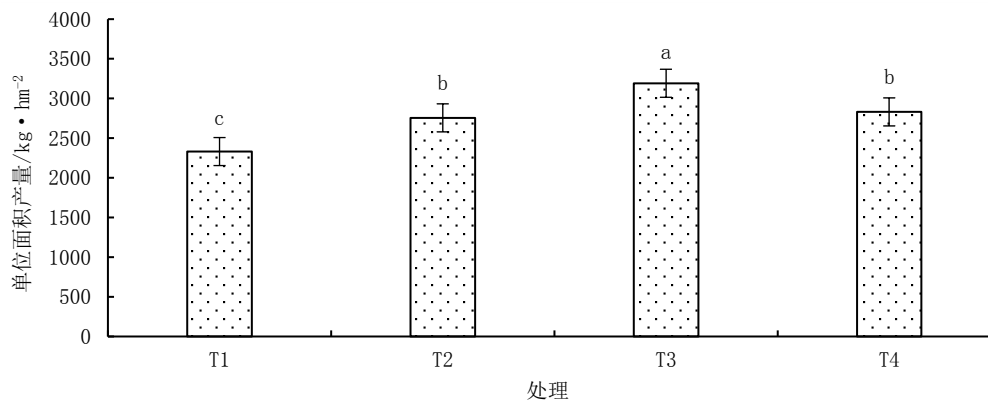


图2 不同种植密度对连翘产量的影响

Fig.2 Effect of different planting densities on yield per unit area of *Forsythia suspensa*

3 讨论

3.1 种植密度对连翘生长的影响机制

本研究发现,随着种植密度的降低,连翘冠幅、地径均有明显升高,株高下降。其原因可能是在较低种植密度条件下,对光、热、水、肥等资源的竞争减弱^[11]。高密度条件下,由于枝条交叉,株间枝条相互遮阴,下层叶片缺乏充足的光照,促使其向上延伸形成徒长枝,不利于开花结果^[12]。连翘具有较强的根系扩张能力,显著提高了植株对营养物质的利用率,利于发枝扩冠^[13],验证了“低密度促个体生长”的规律^[14-15]。

值得注意的是, T_3 处理(2 000株/hm²)虽密度高于 T_4 处理,但其株高、冠幅与 T_4 处理差异不显著,说明该密度下植株尚未因空间受限而引发严重竞争,同时群体结构较为紧凑,为产量形成奠定了基础^[16]。

3.2 种植密度与产量的平衡关系

在种植业生产过程中,要实现高产就必须解决个体产量和群体竞争之间的矛盾^[17-18]。本研究中, T_3 处理(2 000株/hm²)产量最高,为3 192.0 kg/hm²,虽然单株产量略低于 T_4 处理,但由于具有较多的群体数量,产量较 T_4 处理提高了2.1%。这一结果验证了“产量=单株产量×株数”的乘积效应^[19]。随着种植密度下降到1 667株/hm²,个体增产(比2 000株/hm²提高6.3%)已无法抵消因个体数量下降而造成的产量减少(下降16.5%)。

T_2 处理(2 500株/hm²)和 T_4 处理(1 667株/hm²)的产量相近,说明在靠近最佳密度条件时,略高密度和略低密度增减产效果不明显^[20]。这主要是因为 T_2 处理提高了植株数量以弥补个体产量不足,但两者都没有达到最佳的个体-种群均衡,因而产量明显小于 T_3 处理。 T_1 处理由于种植密度过大,导致单株产量比 T_3 处理低,而群体优势不足以弥补此损失,造成了“密而不产”现象^[21-22]。

3.3 生产实践中的密度优化策略

本研究发现,株行距2.0 m×2.5 m,密度2 000株/hm²是豫北太行山区较好的连翘栽培密度。在此条件下,既能充分利用土地与空间,又不会造成交叉郁闭,其叶面积指数、光能利用效率能维持在较高水平,利于高产栽培,取得较高的经济效益,同时便于进行手工采收与机械加工^[23]。生产上应该根据当地自然条件,因地制宜,选择合适的种植密度^[24]。在土地平整、地力充足的情况下,可以采用2.0 m×3.0 m的栽培密度^[25]。在坡度大、土质差的山地宜采用2.0 m×2.0 m的栽培密度,合理密植可增加耕地利用率,但要注意整枝,以改善通风和透光状况。

4 结论

连翘种植密度对连翘的生长发育有明显的影 响。随着种植密度降低,连翘冠幅增加、地径增大、株高得到有效控制,形成较为理想的树形,豫北太行山区连翘种植密度以2.0 m×3.0 m、2.0 m×2.5 m有利于单株生长。

连翘种植密度对连翘单株产量有明显影响。随着种植密度增加,单株产量下降,密度2.0 m×2.5 m产量最高,2.0 m×3.0 m次之,两者差异不显著。

连翘种植密度对单位面积产量有明显影响,随着种植密度降低,单位面积产量先升后降。随着密度降低,株间养分竞争减弱,单株产量提升明显,单位面积产量随之提升;当密度降低到2.0 m×2.5 m(2 000株/hm²)以下时,单株产量提升有限,不足以弥补群体下降造成单位面积减产。研究表明,在豫北太行山区,2.0 m×2.5 m(2 000株/hm²)可以达到个体生长和群体产出之间的最佳均衡,推荐为该 区的主要种植密度。

本研究仅以修武县北部太行山区为例,其他不同土壤类型和气候区尚需进一步研究。本研究主要侧重于密度对连翘生长指标和产量的影响,今后应加强密度对叶面积指数、光能利用效率影响的研究,为连翘生产提供更为综合的技术支持。

参考文献:

- [1] 左昊冉,孙鹏,滕佳林.银翘的本草考证[J].辽宁中医杂志,2024,51(6):144-146.
ZUO H R, SUN P, TENG J L. Herbal textual research of Yinqiao [J]. Liaoning Journal of Traditional Chinese Medicine, 2024, 51 (6): 144-146. (in Chinese)
- [2] 汤韵秋,李芸霞.中药连翘的本草考证[J].中药与临床,2022,13(2):70-73.
TANG Y Q, LI Y X. Herbal textual research on *Forsythia suspensa*[J]. Traditional Chinese Medicine and Clinical, 2022, 13 (2): 70-73. (in Chinese)
- [3] 李玺家.连翘扦插育苗与栽培管理技术[J].特种经济动植物,2023,26(2):144-146.
LI X J. Cuttage seedling and cultivation management technology of *Forsythia suspensa*[J]. Special Economic Animals and Plants, 2023, 26(2): 144-146. (in Chinese)
- [4] 李刚.连翘育苗繁殖及造林栽培技术要点[J].特种经济动植物,2024,27(2):119-121.
LI G. Key points of seedling propagation and afforestation cultivation techniques of *Forsythia suspensa*[J]. Special Economic Animals and Plants, 2024, 27(2): 119-121. (in Chinese)
- [5] 平锡娟.长治市连翘优质丰产栽培技术[J].乡村科技,2023,14(22):97-99.
PING X J. High-quality and high-yield cultivation techniques of *Forsythia suspensa* in Changzhi City[J]. Rural Science and Tech-

- nology, 2023, 14(22): 97-99. (in Chinese)
- [6] 张瑞.沁县连翘种植现状及高产栽培技术[J].种子科技,2022, 40(21):118-120,123.
ZHANG R. Planting status and high-yielding cultivation techniques of *Forsythia suspensa* in Qin County[J].Seed Science and Technology, 2022, 40(21): 118-120, 123. (in Chinese)
- [7] 胡万波.北方地区连翘育苗及抗旱造林技术[J].安徽农学通报,2022,28(8):44-45,59.
HU W B. Breeding and drought-resistant afforestation technology of *Forsythia suspensa* in northern China[J]. Anhui Agricultural Bulletin, 2022, 28(8): 44-45, 59. (in Chinese)
- [8] 赵广琦.辽西北干旱地区连翘的园林苗木培育技术[J].南方农业,2021,15(30):105-106.
ZHAO G Q. Garden seedling cultivation technology of *Forsythia suspensa* in arid areas of northwest Liaoning[J]. Southern Agriculture, 2021, 15(30): 105-106. (in Chinese)
- [9] 刘荃,陈秀龙,郭利平,等.6种连翘属植物在第四纪红壤上的生长适应性比较[J].水土保持研究,2020,27(2):357-363,369.
LIU Q, CHEN X L, GUO L P, et al. Comparison of growth adaptability of 6 species of *Forsythia* in Quaternary red soil[J]. Soil and Water Conservation Research, 2020, 27(2): 357-363, 369. (in Chinese)
- [10] 何英肖,靳亮,王洪英.赞皇县连翘生态种植产业发展现状及对策[J].南方农业,2022,16(14):166-168.
HE Y X, JIN L, WANG H Y. Development status and countermeasures of *Forsythia suspensa* ecological planting industry in Zanhuang County[J]. Southern Agriculture, 2022, 16(14): 166-168. (in Chinese)
- [11] 李永,王帆,王淑晨,等.低温胁迫对连翘幼苗叶片生理特性的影响[J].植物科学学报,2023,41(1):102-111.
LI Y, WANG F, WANG S C, et al. Effects of low temperature stress on physiological characteristics of *Forsythia suspensa* seedlings[J]. Journal of Plant Sciences, 2023, 41(1): 102-111. (in Chinese)
- [12] 赵艳丽.连翘生长和结果习性浅析[J].园艺与种苗,2020,40(8):28-29.
ZHAO Y L. Analysis of growth and fruiting habits of *Forsythia suspensa*[J]. Horticulture and Seedlings, 2020, 40(8): 28-29. (in Chinese)
- [13] 葛寒英.连翘新品系“晋翘1号”选育及其繁育与栽植技术[J].陕西林业科技,2020,48(4):10-12.
GE H Y. Propagation and planting technology of new variety of *Forsythia suspensa* 'Jinqiao 1'[J]. Shaanxi Forestry Science and Technology, 2020, 48(4): 10-12. (in Chinese)
- [14] 裴红宾,高凤琴.连翘在山西的立地范围及其开发利用价值[J].北方园艺,2006(2):98-99.
PEI H B, GAO F Q. *Forsythia*'s site range in Shanxi and its exploitation and utilization value[J]. Northern Horticulture, 2006(2): 98-99. (in Chinese)
- [15] 郭佳佳,张雷廷,车建芳,等.太行山南段连翘群落结构及其影响因子研究[J].生态学报,2021,41(21):8589-8601.
GUO J J, ZHANG L T, CHE J F, et al. Analysis of *Forsythia suspensa* community structure and influencing factors in the southern section of Taihang Mountains[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(21): 8589-8601. (in Chinese)
- [16] 王琳,贺献林,张海新,等.产地、采收期及干燥方式对连翘药用成分含量的影响[J].湖南农业科学,2020(2):76-78.
WANG L, HE X L, ZHANG H X, et al. Effects of producing area, harvesting period and drying method on the content of medicinal components in *Forsythia suspensa*[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2020(2):76-78. (in Chinese)
- [17] 黄洁,晁思萌,刘娟,等.陕西省不同地区连翘种质资源调查报告[J].南方农业,2017,11(26):48-49.
HUANG J, CHAO S M, LIU J, et al. Investigation report of *Forsythia suspensa* germplasm resources in different regions of Shaanxi Province[J]. Southern Agriculture, 2017, 11(26): 48-49. (in Chinese)
- [18] 赵海钦.中条山林区连翘天然资源调查与利用[D].太谷:山西农业大学,2022.
ZHAO H Q. Investigation and utilization of *Forsythia suspensa* natural resources in Zhongtiao Mountain forest area[D]. Taigu: Shanxi Agricultural University, 2022. (in Chinese)
- [19] 康洪梅,张珊珊,杨文忠,等.土壤pH值对极小种群毛枝五针松生理特性的影响[J].东北林业大学学报,2016,44(6):4-10.
KANG H M, ZHANG S S, YANG W Z, et al. Effects of soil pH on physiological characteristics of extremely small populations of *Pinus wangii*[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2016, 44(6): 4-6, 10. (in Chinese)
- [20] 渠晓霞,毕润成.连翘种群生物学特征与种质资源研究[J].山西师范大学学报(自然科学版),2004,18(3):76-80.
QU X X, BI R C. Study on biological characteristics and germplasm resources of *Forsythia suspensa*[J]. Journal of Shanxi Normal University(Natural Science Edition), 2004, 18(3): 76-80. (in Chinese)
- [21] 马治国,邱政芳,汪希,等.野生连翘抚育技术[J].河北果树,2024(2):55,57.
MA Z G, QIU Z F, WANG X, et al. Wild forsythia tending techniques[J]. Hebei Fruit Trees, 2024(2): 55, 57. (in Chinese)
- [22] 邱政芳,张冰灵,刘素云.连翘优质高效栽培技术[J].河北果树,2024(3):36-37,39.
QIU Z F, ZHANG B L, LIU S Y. High quality and efficient cultivation techniques of *Forsythia suspensa*[J]. Hebei Fruit Tree, 2024(3): 36-37, 39. (in Chinese)
- [23] 杨小录,赵淑玲,孙杰,等.成县连翘栽培技术[J].现代化农业,2025(2):30-33.
YANG X L, ZHAO S L, SUN J, et al. Chengxian *Forsythia* cultivation techniques[J]. Modern Agriculture, 2025(2): 30-33. (in Chinese)
- [24] 陈嫣,王志东,王晓东,等.临汾地区连翘繁育栽培技术及抚育管理[J].特种经济动植物,2024,27(1):91-93.
CHEN Y, WANG Z D, WANG X D, et al. Cultivation techniques and tending management of *Forsythia suspensa* in Linfen area[J]. Special Economic Animals and Plants, 2024, 27(1): 91-93. (in Chinese)
- [25] 陈虹宇,任子蓓,黄炳旭,等.不同地域连翘的光合特性研究[J].林业与生态科学,2023,38(2):218-226.
CHEN H Y, REN Z B, HUANG B X, et al. Study on photosynthetic characteristics of *Forsythia suspensa* in different regions[J]. Forestry and Ecological Sciences, 2023, 38(2): 218-226. (in Chinese)

(责任编辑:范杰英)