

文章编号:1001—7380(2024)04—0026—07

太行山区连翘雨季直播造林技术研究

滕慧颖¹, 李娜¹, 谢晓亮², 吕日新³, 赵建所⁴

(1. 河北省科技创新服务中心, 河北 石家庄 050051; 2. 河北省中药材学会, 河北 石家庄 050051;
3. 井陘县洞阳坡生态经济园区, 河北 石家庄 050304; 4. 武安市农业农村局, 河北 邯郸 056399)

摘要:在太行山区开展了连翘雨季直播造林试验,通过出苗率、越冬越冬存活率、留苗率、生长量等指标的测定,探讨连翘在无灌溉条件下的种植方法,包括种子处理、保水剂应用、雨季播种时机选择、造林地选择、有无地面覆盖物等。结果表明,在7月4日、7月9日、7月13日、7月20日,将经包衣剂或保水剂处理的种子播种于半阴坡、半阳坡或阳坡上,其出苗率、留苗率和生长量显著高于对照(CK)和其他处理;6月下旬进行直播,由于降水量相对少、雨期间隔时间久,不利于种子萌发。7月下旬至8月降水量充足,此时播种持续降雨会使种子被冲失,同时高温易抑制种子萌发。9月初播种幼苗生长期短,越冬难度大,留存率逐渐下降;在土层厚度 ≥ 12.5 cm,有地面覆盖物的阴坡、半阴坡,连翘幼苗越冬越冬存活率均在80%左右,株高在90.81 cm以上。故认为连翘在无灌溉条件下雨季直播造林,最适宜时期为7月上中旬,且在土层厚度大于12.5 cm的半阴坡或有植被覆盖的阳坡直播造林较好。

关键词:太行山;无灌溉条件;连翘;雨季直播;造林;越冬越冬

中图分类号:S723.1⁺31;S759.3⁺5;S792.41 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2024.04.005

Rainy season direct seeding afforestation technology of *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl. in Taihang Mountain area

Teng Huiying¹, Li Na¹, Xie Xiaoliang², Lyu Rixin³, Zhao Jiansuo⁴

(1. Hebei Science Technology Innovation and Service Center, Shijiazhuang 050051, China; 2. Hebei Chinese Medicinal Materials Society, Shijiazhuang 050051, China; 3. Dongyangpo Ecological Economic Park, Jingxing County, Shijiazhuang 050304, China; 4. Wu'an Agriculture and Rural Bureau, Handan 056399, China)

Abstract: A trial of direct seeding afforestation of *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl. during the rainy season was conducted in the Taihang Mountain area. The planting methods under non irrigated conditions were probed by measuring such indicators as emergence rate, survival rate during winter and summer, retention rate and growth. The method included seed treatment, application of water retaining agents, selection of sowing time during the rainy season, selection of afforestation site, and presence or absence of ground cover. On the 4th, 9th, 13th, and 20th of July, seeds treated with composite coating agents were sown on semi-shaded or sunny slopes, the emergence rate, retention rate, and growth were significantly higher than those of the control (CK) and other treatments. Direct seeding in late June was not conducive to seed germination due to relatively low precipitation and long rain intervals. Although there was sufficient rainfall from late July to August, continuous rainfall could wash away seeds, and high temperatures could inhibit seed germination. In early September, the suitable growth period for seedlings became shorter, making seedlings wintering more difficult and the retention rate decrease gradually. On shaded and semi-shaded slopes with a soil layer thickness more than 12.5 cm and ground cover, the survival of seedlings during summer and winter was 80%, and the plant height got above 90.81 cm. It was concluded that direct seeding afforestation of *F. suspensa* (Thunb.) Vahl. in the rainy season without irrigation was most suitable for implementation in early and middle of July, and better to do on semi-shaded slopes with soil thickness over 12.5 cm or sunny slopes with veg-

收稿日期:2024-05-07;修回日期:2024-05-28

作者简介:滕慧颖(1969—),女,河北沧州人,林业正高级工程师,学士。主要研究方向为观赏和药用植物的育种、引种、景观应用以及林业工程管理。E-mail:hyhy07@126.com

etation coverage.

Key words: Taihang Mountain; No irrigation condition; *Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl.; Rainy season direct seeding; Afforestation; Weathering summer and winter

连翘 [*Forsythia Suspensa* (Thunb.) Vahl.] 为木犀科连翘属灌木,抗旱,耐寒,耐瘠薄,萌生力强,根系发达,适应性极强^[1],是一种优良的护坡植物。连翘也是我国的传统中药,始载于《神农本草经》^[2]。以果实入药,具有清热解毒、消肿散结、疏散风热、抗菌、抗病毒、抗肿瘤的功效,对医治流感、发热、肿瘤等病症具有显著疗效。因此连翘具有重要的药用经济、生态和科学研究价值,是山区难得的优良种质资源。连翘在河北、陕西、山西、河南、山东、甘肃、宁夏等地均有分布。目前,连翘野生资源产量较少,货源供不应求,人工栽植面积日渐增加^[3],但由于太行山、燕山地区水资源匮乏,降水量少,土质贫瘠,植被覆盖率低,水土流失严重,不管采用播种还是植苗造林,连翘成活率都在35%—60%之间,且存在育苗造林繁琐、周期长、移栽缓苗期长等问题。目前,有关连翘的研究主要集中在化学成分及药理作用上,包括以分离乙醇苷类、木脂素类、连翘苷、连翘脂苷等成分作为质量标志物,为连翘质量控制评价、后续综合开发利用提供依据^[4]。在育苗方面,主要开展了种子萌发及育苗试验。连翘种子的种皮坚硬,结构致密,不透水,自然条件下发芽时间长,出苗率低。利用弱碱性溶液,可破除连翘种子休眠,促进胚生长,增强种子生活力,提高发芽率^[5]。贾长荣等研究了太行山困难立地连翘抗旱造林,表明采用连翘截杆造林、冬季石头垒砌鱼鳞坑整地、春季施加保水剂、覆膜栽植,连翘造林成活率、留存率高达100%,年生长量达152 cm^[6]。胡万波总结了在北方地区连翘播种育苗、扦插育苗等抗旱造林技术,提出在8—9月采集连翘种子,储藏于5—10℃下,种子萌发率约70%;播种前将种子浸泡在40℃温水中24 h,再放于25℃常温下催芽,育苗2 a后连翘高度超过60 cm^[7]。王向阳对连翘容器育苗及抗旱节水造林技术进行了研究,提出应用容器苗造林、鱼鳞坑整地、地膜覆盖、水窖截流等技术措施,四季均可栽植,成活率在95%以上^[8]。有关连翘的造林已有报道,但是山区连翘雨季直播造林方面的报道几乎没有。本研究在雨季(6—9月)对连翘开展了直播试验示范,探明适宜播种时间、立地条件和种子处理技术,为连翘在无灌溉条

件下直播造林提供依据。

1 试验地概况

试验地位于石家庄市井陘县洞阳坡村(114°164'E,37°86'N),海拔650—690 m,该区位于太行山东麓,属温带大陆性季风气候,水源短缺,灌溉系统开发难度大,无浇水条件。年平均气温11.2℃,年降水量692.3 mm,主要集中在7—8月。年日照时数为26 418 h,无霜期190 d以上。植被种类丰富,有连翘、毛栎、香椿、草地、荆芥、华北绣球等其他植物,森林覆盖率达80%。

2 材料与方法

2.1 试验材料

连翘种子购自邯郸市峰峰矿区,为当年成熟风干种子。保水剂选用“海瑞达”保水剂,包衣剂为广谱型抗病包衣剂,地面覆盖物为粉碎的秸秆。

2.2 试验方法

2.2.1 直播造林样地设置与试验设计 本试验研究坡向、种子处理、播种时间等对连翘雨季直播成活的影响,试验设计见表1。试验共计处理176个,每个处理重复3次,每个处理30个穴,即每个重复10个穴。2021年6月18日至23日布设样方,样方地土层厚度20 cm以上,坡度为15—20°。依据气象台发布的降雨预报,分别在降雨之前或降雨之后1—2 d实施,自2021年6月27日至9月2日共设计播种时间11个。

表1 连翘直播造林试验设计

播种时间		坡向	种子处理
6月27日	7月30日	阴坡	种子
7月4日	8月7日	半阴坡	包衣剂+种子
7月9日	8月12日	半阳坡	保水剂+种子
7月13日	8月21日	阳坡	包衣剂+保水剂+种子
7月20日	9月2日	阳坡	包衣剂+保水剂+种子
7月24日		阳坡	包衣剂+保水剂+种子

2.2.2 播种幼苗越冬越冬栽培样地设置与试验设计 研究坡向(阴坡、半阴坡、半阳坡、阳坡)、土层厚度(6.5—11.5、12.5—19.5、20—30 cm)及地面覆

盖物(有、无)对连翘直播苗越冬越夏的影响。试验处理共 24 组,每处理重复 3 次,每处理 30 个穴,即每个重复 10 个穴。7 月 4 日进行播种,选择复混处理的种子,即包衣剂+保水剂+种子。

2.2.3 整地 2021 年 6 月 27 日进行播种,播种前于 5 月 8 日整地,采用鱼鳞坑整地方式,穴长径 30 cm、深 20 cm、短径 20 cm。沿等高线以 1.5 m 株距定出种植点,以种植点为中心,向山坡下方挖半月形鱼鳞坑,外高内低,成品字形配置,挖好后,在鱼鳞坑下沿外围采用石头砌做弧形围堰,高 30—40 cm。

2.2.4 种子处理 选出颗粒饱满的连翘种子,用 0.5%KMnO₄溶液消毒 30 min 后,再用清水冲洗 2—3 次,风干备用。造林前 30 d,所有处理以 1:0.3(剂:种子)质量比进行。处理 1,种子+包衣剂;处理 2,种子+保水剂(按 0.5%质量分数对水而成);处理 3,种子+包衣剂+保水剂(包衣剂与保水剂等质量比混合)。包衣处理如下:用包衣机(或在密闭的塑料瓶内摇动)将包衣剂和种子混合拌匀,使包衣剂裹在种子外面,之后晾晒,使含水量≤10%。

2.2.5 播种 播种穴距 1.5 m,行距 2 m,每穴播种子 10 粒,覆土厚度 1 cm,稍加镇压。待子叶出土后调查出苗率,此后每 10 d 调查 1 次,调查 1 个月。翌年 11 月 15 日统计连翘留存率,生长期满 2 a 后调查连翘生长量。

出苗率(%)=(穴出苗数/种子总数)×100;

留存率(%)=(留存苗数/种子总数)×100。

生长量:用钢卷尺或皮尺,测量苗木根部到树冠顶部的距离,读数精确到 1.0 cm。

2.2.6 苗期管理 翌年 4—5 月间苗,每穴留壮苗 3—4 株。苗高 5—8 cm 时,对缺苗穴补苗 3—4 株,以阴天或傍晚为宜,补苗后应适当浇水和遮荫,及时清理穴内幼苗 30 cm 范围内的杂草或灌丛,6—8 月进行夏剪,以轻剪为主,落叶后至翌年惊蛰前进行冬剪,以重剪、修型为主。

2.3 连翘实生幼苗抗寒耐热性评价

每年 5—9 月调查 1 次植株存活率、株高等指标;记录极端高温天气气象资料。通过形态观察评价树木耐热性。参照北京彩色植物与国家植物园引种植物适应性耐热评级标准^[9-10],结合试验树种实际情况,制定连翘耐热性评价;于冬季极端低温出现后 2—3 d(1 月中下旬)进行第 1 次寒害观测,在出现倒春寒后 2—3 d(3 月中旬)进行第 2 次观测。

参照江西引种桉树抗寒性标准^[11],结合连翘树种情况,进行连翘耐寒性评价。按表 2 中形态特征统计各等级连翘幼苗受热害、冻害情况。根据石家庄井陉县气象局天气预报显示,2021 年最低温-17 ℃,最高温 38 ℃,2022 年最低温-11 ℃,最高温 40 ℃。

表 2 连翘幼苗耐热抗寒性评价标准

抗寒、耐热性等级	耐热性形态特征	抗寒性形态特征
1 级	植物完全不受害,生长发育良好	植株完全不受害
2 级	1—2 片叶焦黄,卷缩或脱落	叶片边缘受冻或少量嫩芽受冻
3 级	3—4 片叶焦黄,卷缩或脱落,少数新梢受害干枯	20%—30%叶片冻枯,或 1/4—1/3 侧梢冻枯
4 级	5—6 片叶焦黄,卷缩或脱落,但能重新萌发,50%新梢干枯	50% 叶片冻枯,或 1/3—2/3 主干冻枯,次年能萌发复活生长
5 级	整株枯死	3/4 以上主干冻枯

2.4 数据处理

试验数据用 Microsoft Excel2007 进行整理,用 SPSS17.0 软件进行一般线性模型—单因素方差分析。

3 结果与分析

3.1 不同立地条件、播种时间、种子处理对连翘直播造林出苗率及留存率的影响

3.1.1 不同立地条件对连翘直播造林出苗率及留存率的影响 由表 3 可知,不同立地条件对连翘出苗率及留存率的影响存在差异。半阴坡直播连翘出苗率和留存率最高,分别为 CK:50%,46.67%;包衣剂+种子:61.11%,55.55%;保水剂+种子:70%,63.67%;包衣剂+保水剂+种子:80%,76.67%。但各种子处理下阳坡出苗率和留存率最低,分别为 CK:37.78%,31.11%;包衣剂+种子:43.33%,40%;保水剂+种子:48.89%,43.33%;包衣剂+保水剂+种子:55.56%,50.00%。半阴坡、半阳坡植被郁闭性好,土壤水分蒸发量少,促进了连翘种子萌发,且遮荫效果佳,光照强度低,利于连翘幼苗生长;而阳坡因强光直射,不利于幼苗安全越冬,阴坡幼苗易徒长,细弱,越冬能力差,故导致阳坡、阴坡连翘幼苗留存率较低。

对不同处理连翘直播出苗率和留存率影响进行方差分析可以看出,CK 出苗率在不同立地条件之间无差异显著, $P=0.054(P>0.05)$,而留存率在

阳坡与半阴坡、半阳坡立地条件之间差异显著, $P=0.043(P<0.05)$; 种子+包衣剂处理的种子出苗率和留存率在阴坡与阳坡、半阳坡之间差异显著, $P=0.033(P<0.05)$; 种子+保水剂处理的种子出苗率和留存率在阴坡与阳坡、半阳坡之间差异显著, $P=0.031(P<0.05)$; 种子+包衣剂+保水剂处理的种子出苗率半阴坡与阳坡之间差异显著, $P=0.025(P<0.05)$, 但与阴坡、半阳坡差异不显著, $P=0.075(P>0.05)$, 留存率阳坡、阴坡、半阴坡、半阳坡互相之间差异极显著, $P=0.001(P<0.01)$ 。

表 3 不同立地条件对连翘出苗率和留存率的影响

立地条件	CK		种子+包衣剂		种子+保水剂		种子+包衣剂+保水剂	
	出苗率/%	留存率/%	出苗率/%	留存率/%	出苗率/%	留存率/%	出苗率/%	留存率/%
阳坡	37.78±5.66 a	31.11±3.14 b	43.33±2.72 c	40.00±2.72 c	48.89±1.57 c	43.33±2.72 c	55.56±4.16 c	50.00±2.72 d
阴坡	44.44±6.85 a	37.78±5.66 ab	53.34±4.71 b	48.89±1.57 b	58.89±1.57 b	53.33±2.72 b	68.89±1.57 b	63.33±2.72 c
半阴坡	50.00±4.71 a	46.67±2.72 a	61.11±1.57 a	55.55±3.14 a	70.00±4.71 a	63.67±3.14 a	80.00±2.72 a	76.67±2.72 a
半阳坡	47.78±1.57 a	43.33±2.72 a	56.67±0.00 ab	52.22±1.57 ab	64.44±1.57 ab	58.89±4.16 ab	74.44±1.57 ab	70.00±2.72 b

注:数据为平均值±标准误;同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

3.1.2 不同播种时间对连翘直播造林出苗率及留存率的影响 由表 4 得出,7 月 9 日播种的连翘出苗率和留存率高于其他处理,平均出苗率、留存率为 72.22%,66.67%;7 月 4 日、7 月 13 日、7 月 20 日播种的连翘种子出苗率和留存率均比较高;9 月 2 日平均出苗率、留存率最低,仅 38.89%,31.11%,与幼苗生长期短有关;6 月 27 日降水量少,雨期间隔时间长,种子所需水分供应不足,影响种子萌发,后期升温快,导致一些出土幼苗热倒伏而死亡,留存率下降;7 月下旬至 8 月中下旬,易发大雨或暴雨,种子易被冲失、幼苗因根系浅倒伏严重,导致出苗率和留存率低;而 9 月 2 日,虽种子能正常萌芽,但幼苗生长期短,越冬难度大,留存率逐渐下降。

对不同时间处理连翘直播出苗率和留存率影响进行方差分析可以看出,7 月 4 日至 7 月 20 日处理间差异不显著, $P=0.138(P>0.01)$, 但与其他之间处理差异显著, $P=0.03(P<0.05)$, 9 月 2 日与其他处理之间差异极显著, $P=0.003(P<0.01)$ 。结果表明,7 月 4 日至 7 月 20 日左右播种的与其他时间播种的连翘出苗率和留存率之间有显著影响,9 月 2 日和 6 月 27 日播种对连翘出苗率和留存率有显著影响。

3.1.3 不同种子处理对连翘直播造林出苗率及留存率的影响 从图 1 可知,种子+包衣剂+保水剂处理下连翘出苗率和留存率高于其他处理,其出苗率和留存率平均最高达 69.7%,64.77%,包衣剂+种子与保水剂+种子处理,连翘出苗率和留存率无差异性,而 CK 连翘出苗率和留存率最低,仅 44.92%,

39.85%。这充分说明连翘种子在包衣剂+保水剂处理下,保水性、吸水性能增强,促进连翘种子萌发和后期幼苗生长。

表 4 不同播种时间对连翘出苗率和留存率的影响

播种日期	出苗率/%	留存率/%
6 月 27 日	50.00±5.77 d	45.55±6.94 d
7 月 4 日	70.00±3.33 a	65.56±1.93 a
7 月 9 日	72.22±1.92 a	66.67±3.34 a
7 月 13 日	71.11±8.39 a	65.55±6.94 a
7 月 20 日	66.67±3.33 ab	62.22±1.92 ab
7 月 24 日	60.00±3.33 bc	54.44±5.09 bc
7 月 30 日	50.00±3.33 d	45.56±5.09 d
8 月 7 日	50.00±3.33 d	43.33±5.77 d
8 月 12 日	54.44±1.93 cd	48.89±1.92 cd
8 月 21 日	50.00±3.33 d	44.44±5.09 d
9 月 2 日	38.89±1.92 e	31.11±1.92 e

注:数据为平均值±标准误;同列数据后不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异

3.2 不同立地条件、播种时间、种子处理对连翘直播造林生长量的影响

3.2.1 不同立地条件和种子处理对连翘直播造林生长量的影响 图 2 为不同立地条件、播种时间、种子处理对连翘造林后 2 a 苗木生长量的影响。在半阴坡或半阳坡上生长的连翘幼苗较阳坡、阴坡好,其中以种子+保水剂+包衣剂处理的株高大于其他处理,而阳坡连翘生长缓慢,说明半阴坡、半阳坡利于连翘幼苗生长,而包衣剂+保水剂的使用对连翘幼苗的后期生长有一定促进作用。

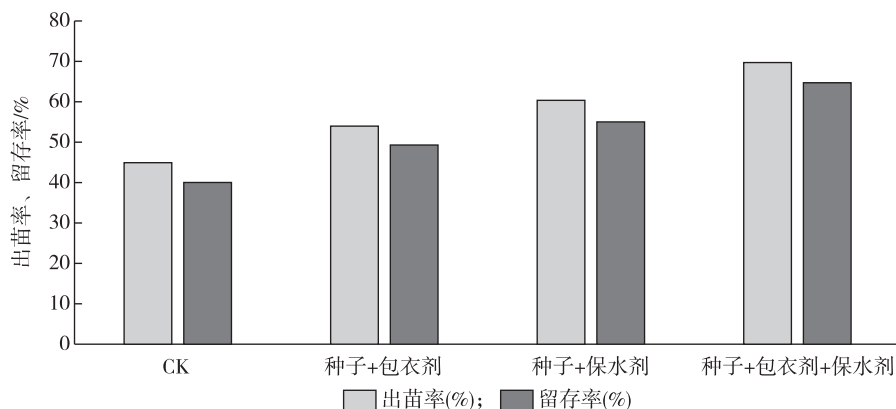


图 1 不同种子处理对连翘出苗率和留存率的影响

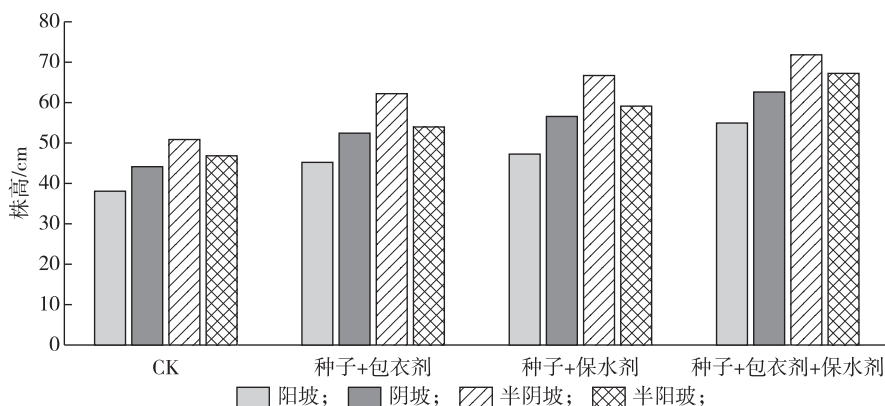


图 2 不同立地条件、种子处理对连翘生长量的影响

3.2.2 不同播种时间对连翘直播造林生长量的影响 由图 3 可知,不同播种时期对连翘幼苗生长量的影响存在差异。6 月 27 日至 7 月 4 日的 2 个处理生长量呈上升趋势,在 7 月 4 日播种的苗木平均生长量达到最大值 75.83 cm,这与 7 月上中旬雨量适中有关,适量水分利于连翘幼苗根系向深处生长。7 月 4 日至 7 月 24 日播种的连翘平均生长量趋于平缓,均在 70.45 cm 左右,可能因为这期间出现高频率降水,气温回升快且高、湿度大,连翘幼苗进入短暂慢生长期。7 月 30 日至 9 月 2 日播种的连翘平均生长量呈现下降趋势,原因进入秋季,气温逐渐降低,相对湿度升高,幼苗生长减缓。综合分析连翘留存率和幼苗平均生长量 2 个指标,连翘雨季直播造林最佳播种时期为 7 月上中旬(降水量 18—25 mm/次),并且采用种子+保水剂+包衣剂处理、在半阴坡或有植被遮阴的阳坡播种较好。

3.3 不同处理对连翘幼苗越夏、越冬的影响

3.3.1 不同立地条件、地面覆盖对连翘幼苗越夏存活率及株高的影响 由表 5 可知,不同处理对连翘直播幼苗越夏存活率和株高的影响显著,阴坡处理

连翘越夏存活率、株高最高,分别为 78.89%, 91.22 cm,耐热性 1 级;阳坡的连翘越夏存活率、株高最低 45.56%,80.71 cm,耐热性 3 级;半阳坡、半阴坡连翘幼苗越夏存活率和株高均高于阳坡,说明轻遮荫(70%光照)能够有效改善连翘幼苗越夏适应性,而重遮荫(40%光照)则起负面作用;土层厚度>12.5 cm 更利于连翘幼苗越夏;有地面覆盖物连翘幼苗越夏存活率、株高显著高于无覆盖物,均在 69.22%,87.52 cm 左右,说明必要的覆盖物能避免强光直射灼伤幼苗、干枯致死。

对不同处理连翘越夏存活率和株高进行方差分析可以看出,最低土层厚度与最高土层厚度处理之间差异显著, $P=0.024(P<0.05)$;有无覆盖物处理之间差异显著, $P=0.043(P<0.05)$;不同遮阴度坡处理之间差异极显著, $P=0.002(P<0.01)$;土层厚度、有无覆盖物与坡向的交互作用差异显著, $P=0.016(P<0.05)$ 。结果表明,土层厚度、有无覆盖物、不同坡向和土层厚度、有无覆盖物与坡向的交互作用对连翘幼苗越夏存活率、株高有显著影响。

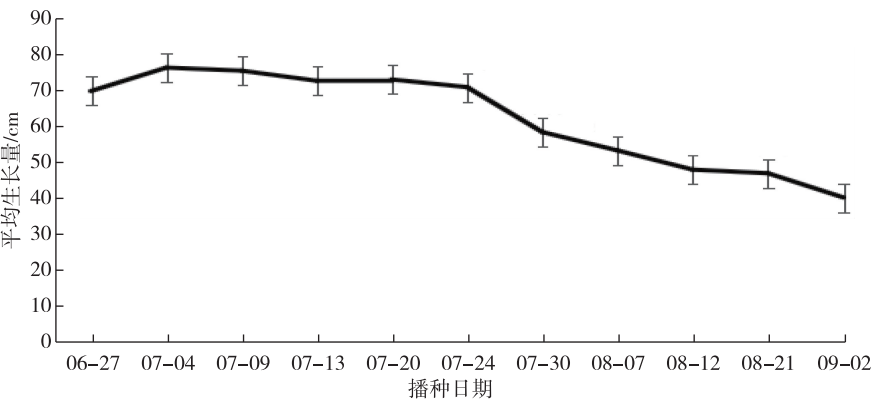


图 3 不同播种时间对连翘幼苗生长量的影响

表 5 不同处理对连翘幼苗越冬存活率及耐热性的影响			
不同处理	越冬存活率/%	耐热性等级	株高/cm
土层 6.5—11.5 cm	53.33±3.34 d	3	82.51±2.51 de
土层 12.5—18.5 cm	66.67±6.67 b	2	86.20±2.02 bcd
土层 20—30 cm	72.22±1.92 b	2	89.57±3.15 ab
无覆盖物	60.00±3.33 c	3	85.57±1.95 cd
有覆盖物	69.22±1.35 b	2	87.52±1.89 abc
阳坡	45.56±1.93 e	3	80.71±1.52 e
阴坡	78.89±1.93 a	1	91.22±1.05 a
半阳坡	55.55±3.85 cd	3	87.84±2.45 abc
半阴坡	67.78±1.92 b	2	83.06±0.17 ed

注:数据为平均值±标准误;数据后不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异

3.3.2 不同立地条件、地面覆盖对连翘幼苗越冬存活率及受冻害的影响 由表 6 可得,不同处理对连翘直播幼苗越冬存活率影响显著,阴坡处理越冬存活率最高 80%,受冻害等级 1 级,半阴坡、半阳坡、阴坡幼苗能安全越冬,存活率均在 67.78% 以上。土层厚度在 12.5—18.5 cm 时,越冬存活率 72.22%、受冻害等级 2 级,而土层厚度在 6.5—11.5 cm 时,越冬存活率最低,仅 57.78%,受冻害等级 4 级;地面有覆盖物的连翘幼苗越冬存活率高于无覆盖物 7.78%,说明地面覆盖能确保地表和土壤全天或全季温度保持在 0℃ 以上,避免了因土壤冻结而发生根系无法吸收水分的情况。同时,山地小气候对于连翘幼苗起到了很好的防风抗寒效果,使得连翘幼苗能安全越冬。

对不同处理连翘越冬存活率进行方差分析可以看出,土层厚度之间差异显著, $P=0.049$ ($P<0.05$);有无覆盖物之间差异显著, $P=0.049$ ($P<0.05$);不同坡向之间差异显著, $P=0.03$ ($P<0.05$);土层厚度、有无覆盖物与坡向的交互作用差异不显著, $P=0.051$ ($P>0.05$)。结果表明,土层厚度、有无

覆盖物及不同坡向对连翘幼苗越冬存活率有显著影响,土层厚度、有无覆盖物与坡向的交互作用对连翘越冬存活率无显著影响。

表 6 不同处理对连翘幼苗越冬存活率及受冻害的影响		
不同处理	越冬存活率/%	受冻害等级
土层 6.5—11.5 cm	57.78±1.92 f	4
土层 12.5—18.5 cm	72.22±1.92 bc	2
土层 20—30 cm	81.11±1.92 a	1
无覆盖物	66.67±0.00 de	3
有覆盖物	74.45±3.85 b	2
阳坡	63.33±3.34 e	3
阴坡	80.00±1.92 a	1
半阳坡	67.78±1.92 cde	3
半阴坡	71.11±7.55 bcd	2

注:数据为平均值±标准误;数据后不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平上存在显著性差异

4 讨论与结论

4.1 讨论

在无灌溉条件的太行山区,由于降水量少,土层浅薄、侵蚀严重,水源储存和利用困难,灌溉系统开发难度大,巧用雨季降水自然条件成为连翘直播造林成活的关键。本研究在透雨后^[12]播种出苗率高,夏、冬季地面覆盖秸秆能有效提高连翘幼苗越冬、越冬存活率,这与赵树林^[13]研究的北方干旱半干旱区雨季造林技术的结论相一致。保水剂、包衣剂^[14]应用,保证了连翘种子萌芽所需的水分补给和出苗质量,地面覆盖物^[15-16]确保了连翘幼苗安全越冬、越冬。在无灌溉条件下进行连翘雨季直播造林^[17]是可行的,充分利用自然降水,解决了连翘育苗造林过程繁琐、周期长、缓苗期长等问题,较连翘植苗造林省时省工,节约成本。催芽直播会显著提高造林^[18]出苗率,但本文未涉及连翘种子催芽试

验,这为后续研究工作提供了研究方向。

连翘幼苗在半阳坡、半阴坡上^[19]能有效防止温度过高造成土壤失墒和幼苗日灼,在出苗期和幼苗生长期安全越冬。土层厚度是幼苗越冬的关键,本研究在土层厚度 $\geq 12.5\text{ cm}$ ^[20],连翘幼苗能安全越冬,这一阈值与前人研究相吻合。

4.2 结论

由连翘雨季直播造林试验分析得出,在无灌溉条件下,于7月4日至7月20日左右,将包衣剂+保水剂处理的连翘种子,播种在半阴坡或有植被覆盖的阳坡上,出苗率、留存率和苗木生长量较高。降水量、温度、地形均影响连翘种子萌发与幼苗生长,而降水量、温度是引起这种变化的首要因子。因此,在无浇水条件下,播前播后每次降水量18—25 mm,温度24—33℃时,均可采用此方法进行连翘直播造林。

在研究区内,连翘1年生实生苗能安全越冬越冬,与土层厚度、坡向、有无覆盖物关系较大,在土层厚度 $\geq 12.5\text{ cm}$ 、有地面覆盖物的半阳坡、半阴坡上,连翘幼苗表现出耐热性强、受冻害小,能安全越冬、越冬。因此,对于植被覆盖度50%以下不管阴坡、阳坡、半阴坡、半阳坡,播种前没有必要割灌,这样不仅利于保持幼苗生长所需的适度庇荫条件,促使幼苗生长发育,冬季还能起抗风防寒的作用。

参考文献:

- [1] 徐 洋.连翘属种质资源越冬能力评价与抗寒多花型品种选育[D].北京:北京林业大学,2021.
- [2] 冯治朋,高秀强,韩颜超,等.连翘的研究进展[J].现代农业科技,2018(12):60-62,64.
- [3] 滕慧颖,申建双,潘会堂,等.河北省连翘产业发展现状及策略[J].河北林业科技,2018,12(4):46-49.
- [4] 赵佩媛,韩立柱,汪芸兰,等.连翘的研究进展及质量标志物的预测分析[J].中华中医药学刊,2022,40(4):19-27.
- [5] 李 莉,韩瑜霞,苏文娟,等.不同预处理方法对连翘种子萌发的影响[J].东北农业科学,2019,44(3):33-36.
- [6] 贾长荣,杨玉霞,谢会芳,等.太行山困难立地连翘抗旱造林技术研究[J].南方农业,2019,13(5):67-68.
- [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.
- [8] 王向阳.连翘容器育苗及抗旱节水造林技术[J].河北林业科技,2007,10(5):64-65.
- [9] 梁 杰.北美彩色树种在北京地区的应用及其适应性评价[D].北京:北京林业大学,2011.
- [10] 王 扬,包峥焱,曹 颖,等.国家植物园(北园)引种植物适应性评价与筛选[C].2022年中国植物园学会论文集,2023:29-44.
- [11] 方良兴.江西桉树引种冻害评级及抗寒适生类型选择研究[J].桉树科技,1994(2):20-29.
- [12] 贺润娥,潘 妤,李富强,等.浅谈清水河县雨季柠条直播造林技术[J].内蒙古林业,2021(6):38-39.
- [13] 赵树林.北方干旱半干旱区雨季造林技术[J].河北林业科技,2009(3):127.
- [14] 刘 艳.山东省石质山地直播造林技术研究与应用[D].泰安:山东农业大学,2009.
- [15] 路艳红.栽培措施对北京几种常绿阔叶植物越冬适应性的影响[D].北京:北京林业大学,2004.
- [16] 赵铁栋.油松雨季直播造林技术[J].中国林业,1996(6):39.
- [17] 张晓娟,马剑平,李得禄,等.干旱区沙冬青育苗造林技术研究[J].中国农学通报,2011,27(25):31-36.
- [18] 康玲玲.紫穗槐雨季催芽直播技术[J].中国水土保持,1997(5):38,51.
- [19] 隆化县林业局.油松飞播造林幼苗生长和越冬情况的调查[J].河北林业科技,1975(3):7-10.
- [20] 袁 振,陈美谕,贾黎明,等.太行山片麻岩地区微地形土层厚度特征及其植被生长阈值[J].林业科学,2018,54(10):156-163.