

不同处理方式对白刺苗接种锁阳效果的影响

王文彪¹, 党晓宏², 张吉树¹, 黄雅茹³, 罗凤敏², 吕新丰², 吴昊²

(1. 亿利资源集团, 内蒙古 东胜 017000; 2. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019;
3. 中国林业科学研究院 沙漠林业实验中心, 内蒙古 磴口 015200)

摘要: 通过对 1, 2 年生白刺实生苗及野生移植苗接种锁阳, 同时采用不同施肥方式、不同接种方式及接种量等处理对锁阳寄生出土效果的影响进行了研究。结果表明, 白刺实生苗与野生移植苗在接种锁阳后 2 a 锁阳出土较少, 第 3 a 为锁阳出土高峰期, 其后出土率明显下降; 1, 2 年生白刺实生苗接种锁阳 2 a 累计锁阳寄生率分别为 9.38%, 25%, 其远高于野生白刺移植苗在自然环境下的寄生率(4.12%, 7.47%); 2 年生白刺实生苗接种锁阳效果好于 1 年生白刺实生苗; 在 14 个月的时间内, 锁阳种子便与寄主发生寄生关系并生长出土, 完全打破过去认为的至少需要 2~4 a 的时间才能产生寄生关系并出土; 在施肥量、接种量一致的情况下穴状施肥接种方式锁阳寄生出土效果好于营养床施肥接种方式, 接种量增加能提高锁阳的寄生出土率及单位面积产量。

关键词: 白刺; 锁阳; 寄生; 施肥; 接种效果

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)05-0045-05

中图分类号: P941.73

Influence of Different Processing Ways on Inoculation Efficiency with *Cynomorium Songaricum* to *Nitraria Tangutorum*

WANG Wen-biao¹, DANG Xiao-hong², ZHANG Ji-shu¹,
HUANG Ya-ru², LUO Feng-min², LÜ Xin-feng², WU Hao²

(1. Elion Resources Group, Dongsheng, Inner Mongolia 017000, China; 2. College of Ecological Environment, Inner Mongolia Agriculture University, Huhhot, Inner Mongolia 010018, China; 3. Desert Forestry Experimental Center of China Forestry Science Research Institute, 015200, Dengkou, Inner Mongolia, China)

Abstract: By inoculation with *Cynomorium songaricum* to seedling and wild transplant of one or two year-old *Nitraria tangutorum*, the parasitic and emergency efficiencies of *Cynomorium songaricum* were studied under such treatments as different fertilization ways and different inoculation ways and amounts. Results showed that emergency of *Cynomorium songaricum* was less after inoculated for two years. The third year after inoculation was the emergency peak period and from then on, its emergency rate decreased significantly. Cumulative parasitic rates for two years of inoculation with *Cynomorium songaricum* to seedling of *Nitraria tangutorum* were respectively 9.38% and 25%, which was more than wild transplant parasitic rates of *Nitraria tangutorum* in natural environment(4.12% and 7.47%). Inoculation efficiency of two year-old seedling of *Nitraria tangutorum* was better than one year-old seedling, whose seeds produced parasitism with host and emerged in the period of 14 months. This finding broke the past idea that producing parasitism and emerging needed 2~4 years at least. Under the consistent condition of fertilization and inoculation amounts, the parasitic and emergency effects of *Cynomorium songaricum* by cavernous fertilization were better than those by nutrient bed-fertilization. The increase of inoculation amount could improve emergency rate of *Cynomorium songaricum* and its yield per unit area.

Keywords: *Nitraria tangutorum*; *Cynomorium songaricum*; parasite; fertilization; inoculation effect

收稿日期: 2012-11-28

修回日期: 2013-01-12

资助项目: 国家林业行业专项“风积沙产业化利用及其迹地植被重建技术研究”(201204205); 国家重点基础研究发展计划资助“干旱区地下有机碳过程及其与无机碳吸收的关系”(2009CB825103)

作者简介: 王文彪(1959—), 男(汉族), 陕西省府谷县人, 硕士, 高级经济师, 高级政工师, 从事沙产业开发研究。E-mail: dangxiaohong1986@126.com。

通信作者: 党晓宏(1986—), 男(汉族), 陕西省合阳县人, 博士研究生, 研究方向为荒漠化防治。E-mail: dangxiaohong1986@126.com。

锁阳(*Cynomorium songaricum* Rupr.)是多年生、全寄生种子植物,植株肉质、棕褐色,多寄生于蒺藜科白刺属(*Nitraria* L.)植物根部。锁阳属于锁阳科锁阳属(本科单属单种)植物,分布在我国西北部地区^[1]。白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.)是药用植物锁阳的主要寄主,生长在荒漠草原、草原化荒漠与荒漠地带,具有一定的防风固沙效果^[2]。前人在野生白刺上接种锁阳有较多的研究,但是在白刺实生苗上接种锁阳一直未见报导。同时施肥对植物的生理生长作用都具有重要影响,但白刺不同施肥方式及不同的锁阳接种量对锁阳的出土萌发的影响一直未见文献报导。本试验的目的是研究不同年龄白刺实生苗与野生白刺移植苗接种锁阳的效果。同时通过研究不同施肥方式即营养床、穴状施肥,不同接种方式即锁阳营养床接种与穴状施肥接种对接种成功率的影响,为人工栽培锁阳找到科学有效的途径与方法。

1 研究区概况

本研究所选试验区为七星湖沙漠水利风景区,该区隶属于库布齐沙漠生态旅游区。库布齐沙漠生态旅游区位于内蒙古自治区西南部鄂尔多斯市杭锦旗境内,总面积约 1.10×10^4 km²,东与达拉特旗、东胜市、伊金霍洛旗毗邻,南与杭锦旗南部缓状丘陵平原区相接,西同鄂托克旗接壤,北与巴彦淖尔盟的磴口县、杭锦旗、临河市、五原县、乌拉特前旗隔河相望。库布齐沙漠西、北、东 3 面均以黄河为界,地势南部高,北部低。南部为构造台地,中部为风成沙丘,北部为河漫滩地,流动沙丘约占 61%,沙丘高 10~60 m,形态以沙丘链和格状沙丘为主。属典型的中温带大陆性气候,春秋气温变化剧烈,年平均气温 5.5~8.0℃,全年无霜期在 122~144 d,年日照时数 3 000~3 200 h。降水量相对较小,年降水量 144~350 mm,风大沙多,年平均风速 3~4 m/s,大风日数 27~77 d,年沙尘暴日数 27~57 d。东部地带性土壤为栗钙土,西部则为棕钙土,西北部有部分灰漠土。区内地带性植被,东部为干草原类型,西部为荒漠草原植被类型,西北部为草原化荒漠植被类型。沙生植被有流动沙丘上仅有少量的沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)等,在其下部和丘间低地生长有籽蒿(*Artemisia sphaerocephala*)、羊柴(*Hedysarum fruticosum* var. *laeve*)、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、沙竹(*psamochloa villosa*)等。半固定沙丘表现为:东部以油蒿(*Artemisia ordosica*)、柠条(*Cargana korshinskii*)、沙米、沙竹为主;西部以油蒿、柠

条、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)为主,伴生有阿拉善单刺蓬(*Cornulaca alaschanica*)、虫实(*Corispermum declinatum*)、沙竹等。

2 材料与方法

2.1 材料

(1) 白刺苗木来源。白刺实生苗取自杭锦旗锡尼镇亿利资源甘草公司加工厂 2004 年播种培育的白刺 1 级苗(苗高 ≥ 30 cm,地径 ≥ 0.5 cm)。野生白刺移植苗来自杭锦旗赛乌素亿利锁阳野生采种基地天然白刺包上 1~2 年生白刺苗,带根起挖,拉回锡尼镇假植 16 d,于 2004 年 4 月定植于试验地,每穴定植 2 株,株(穴)距 1 m,行距 3 m。定植后植株高度保持在 30 cm,多出部分剪掉。

(2) 锁阳种子来源与处理。试验用锁阳种子为 2004 年 8 月采集于杭锦旗赛乌素野生锁阳采种基地,于当年 10 月称重后,用 25℃温水浸泡 2 d,装入小布袋,放入冰柜中冷冻,2005 年 4 月 2 日取出晾干水分后称重播种。接种量折算成未浸泡的干种子量^[3]。2006 年 4 月接种用的锁阳种子属于同一批种子,温水浸泡、冷冻处理时间为 2005 年 10 月,2006 年 4 月取出晾干水分后备用。

(3) 施肥所用的肥料为腐熟的羊粪,试验地为新开荒的沙质土地。

2.2 方法

2.2.1 试验因素与水平确定 以不同年龄的白刺为主因素,设 3 个水平,即 1,2,3 年生,其中 3 年生为对照,未接种锁阳。野生移栽白刺苗锁阳接种试验在白刺实生苗试验地的东侧,设置 1 个水平,目的是完全模拟野外自然环境下接种锁阳的成活情况,接种后不浇水。

2.2.2 试验田间设计

(1) 接种试验设计。实生苗白刺种植采用顺序排列法进行田间布置,试验田间布置如表 1 所示。分成 A,B,C 区,每区定植白刺 96 穴,分 4 列,每列 24 穴,每穴种 2 株白刺,种植穴长 50 cm,宽 50 cm,深 50 cm。株(穴)距 1 m,行距 3 m。为便于浇水做成小畦,每畦种 4 穴白刺。野生白刺苗于 2004 年移植于 C 区东侧的 D 区,移植数量 400 穴,每穴 2 株,株(穴)距 1 m,行距 3 m。

(2) 施肥试验设计。采用列区设计进行田间布置,每个水平设计 4 个重复。施肥方式为营养床施肥(C 处理)和穴状施肥,施肥与接种锁阳同步进行;每

(穴)株成活白刺周边按接种的锁阳播种量分为:A 播 110 kg/hm², B 处理 110 kg/hm², 即每穴 3, 4, 5, 2 g (3 播量 333 kg/hm², E 播量 444 kg/hm², D 播量 555 kg/hm², 计 6 g)。

表 1 不同年龄的白刺实生苗及野生苗接种锁阳田间试验布置

| 1 年生移栽白刺锁阳接种试验区 | | 2 年生移栽白刺锁阳接种试验区 | | 白刺实生苗对照 | | 野生移栽白刺苗锁阳接种试验区 | | | | |
|-----------------|---|-----------------|---|---------|---|----------------|---|---|---|---|
| A | A | B | B | C | C | D | D | D | E | E |
| A | A | B | B | C | C | D | D | D | E | E |
| A | A | B | B | C | C | D | D | D | E | E |
| A | A | B | B | C | C | D | D | D | E | E |
| A | A | B | B | C | C | D | D | D | E | E |

2.2.3 接种方法与时间

(1) 接种方法。种植白刺实生苗时将锁阳种子均匀撒在穴内白刺根部, 分层填土, 分层撒种。随挖穴随种, 种后设上标记物并大水漫灌^[4]。以后根据干旱情况, 及时浇水。

(2) 接种量。按照上述接种试验设计, 在 A, B, C 3 区所定植的 96 穴白刺实生苗, 按照分层接种锁阳, 每穴用提前称好的锁阳种子 2 g (干种子量) 浸泡后经过冷冻进行接种。

(3) 接种时间。白刺实生苗接种试验分 2 a 进行, 2005 年 4 月 3 日对 A, B, C 3 区白刺实生苗定植, 并对 A 区白刺苗接种锁阳。2006 年 4 月 6 日, 将 B 区 2 年生白刺实生苗挖出后重新植入长 50 cm, 宽 50 cm, 深 50 cm 的种植穴, 同时播种处理过的折干锁阳种子 2 g。2005 年 4 月 4—5 日, 对成活的 388 穴移栽野生白刺苗接种锁阳, 距离白刺株 30 cm, 挖 1 个 50 cm×50 cm×50 cm 接种穴, 每穴播种处理过的折干锁阳种子 2 g。接种以后不再浇水, 模拟野外自然环境条件下锁阳接种成活情况。

2.2.4 施肥方法 营养床施肥接种锁阳是距白刺根部 30 cm 开挖一个长 90 cm, 宽 30 cm, 深 30 cm 长方形接种床, 施肥量 45 000 kg/hm², 计算出床施肥量, 与湿土充分混匀, 将种子均匀撒上之后, 覆土踩实, 每营养床用种 6 g。穴状施肥接种锁阳, 距白刺根部 30 cm 开挖 3 个长 30 cm, 宽 30 cm, 深 30 cm 的施肥接种穴, 三角形布置, 施肥量与营养床一致, 计算出每穴施肥量, 每穴用种量为 2 g。

锁阳不同播种量试验是在距每丛白刺根部 30 cm 开挖 1 个长 30 cm, 宽 30 cm, 深 30 cm 的接种穴, 不施肥, 每穴分别接种锁阳 3, 4, 5 g。

随挖穴随接种。只对成活且生长良好的白刺丛接种锁阳, 接种时间为 2005 年 4 月 3—4 日。所有接种区在接种后根据墒情及时浇水, 浇水方式为漫灌。

2.2.5 观测指标 分别统计接种锁阳的白刺株数, 锁

阳成活丛数、每丛株数、出土时间、出土株数、株高及抽样测定单株重、丛重等生产指标, 推算亩鲜产量(表 2)。

3 结果与分析

2006 年 6 月调查没有锁阳出土, 2008, 2009 年 6 月分别进行了锁阳出土调查, 仅有极少锁阳出土。

从表 3 可以发现, 在总接种量、施肥量均一致情况下, 接种 3 a 后, 穴状施肥接种锁阳的效果好于营养床施肥。穴状施肥锁阳丛寄生率、锁阳株寄生率、鲜产量分别高出营养床施肥 18.43%, 12.54%, 18.3 kg。分析试验结果可以发现, 施肥能促进白刺的生根和根系生长, 环绕白刺植株周边穴状施肥方式较营养床施肥方式更能增加锁阳种子与白刺根接触并产生寄生关系的机会, 提高锁阳接种寄生率。穴状施肥接种效果优于营养床施肥接种效果。

从表 4—5 可以发现, 锁阳从接种到出土的时间是在接种后的 2 a 有少量出土, 大量出土时间集中在接种后的第 3 a。

表 5 反映了不同接种量锁阳的寄生效果, 在不施肥的情况下随着每穴接种量从 3, 4 g 增加到 5 g, 锁阳丛寄生率、锁阳株寄生率、鲜产量均呈上升趋势。施肥且总接种量增加到 6 g 时, 其接种效果更为明显。综合分析, 穴状施肥、每穴小接种量(2 g)总接种量大(6 g)的情况下锁阳接种寄生效果最好。

表 6 中, A 区是 2005 年 4 月初对 1 年生白刺实生苗接种锁阳。2006 年没有发现锁阳出土, 2007 年 5 月 30 日调查发现, 3.5 年生白刺苗 96 株寄生 2 丛, 计 3 株锁阳, 锁阳丛寄生率 2.08%, 锁阳株寄生率 3.11%(表 5); 2008 年 6 月 3 日调查发现, 4.5 年生白刺苗 96 株当年寄生 7 丛, 计 9 株锁阳, 锁阳丛寄生率 7.29%, 锁阳株寄生率 9.38%。2 a 累计 96 株白刺苗寄生 9 丛, 计 12 株锁阳, 锁阳丛寄生率 9.38%, 锁阳株寄生率 12.5%; 2009, 2010 年 6—7 月调查仅有少量锁阳出土。

表 2 野生白刺移植苗接种锁阳试验结果

| 编号 | 白刺穴数 | 锁阳丛数 | 锁阳株数 | 锁阳丛寄生率/% | 锁阳株寄生率/% | 平均单株鲜重/g | 鲜产量/(kg·hm ⁻²) |
|----------------|------|------|------|----------|----------|----------|----------------------------|
| A ₁ | 21 | 3 | 3 | 14.30 | 14.30 | 190 | 55.5 |
| A ₂ | 21 | 6 | 9 | 28.57 | 42.86 | 510 | 445.5 |
| A ₃ | 30 | 5 | 10 | 16.70 | 33.30 | 128 | 124.5 |
| A ₄ | 27 | 7 | 11 | 25.90 | 40.70 | 295 | 315.0 |
| A | 99 | 21 | 33 | 21.21 | 33.33 | 281 | 235.5 |
| B ₁ | 18 | 12 | 23 | 66.70 | 127.80 | 265 | 592.5 |
| B ₂ | 19 | 13 | 23 | 68.40 | 121.10 | 445 | 994.5 |
| B ₃ | 22 | 13 | 18 | 59.10 | 81.80 | 190 | 331.5 |
| B ₄ | 24 | 23 | 49 | 95.80 | 204.20 | 290 | 1380.0 |
| B | 83 | 61 | 113 | 73.49 | 136.14 | 298 | 825.0 |
| C ₁ | 23 | 10 | 19 | 43.50 | 82.60 | 218 | 402.0 |
| C ₂ | 20 | 10 | 19 | 50.00 | 95.00 | 222 | 409.5 |
| C ₃ | 17 | 15 | 36 | 88.20 | 211.80 | 200 | 699.0 |
| C ₄ | 29 | 14 | 36 | 48.30 | 124.10 | 198 | 693.0 |
| C | 89 | 49 | 110 | 55.06 | 123.60 | 210 | 550.5 |
| D ₁ | 18 | 10 | 15 | 55.60 | 83.30 | 450 | 655.5 |
| D ₂ | 26 | 6 | 8 | 23.10 | 30.80 | 200 | 154.5 |
| D ₃ | 28 | 10 | 17 | 35.70 | 60.70 | 405 | 669.0 |
| D ₄ | 20 | 11 | 20 | 55.00 | 100.00 | 320 | 621.0 |
| D | 92 | 37 | 60 | 40.22 | 65.22 | 344 | 525.0 |
| E ₁ | 18 | 6 | 15 | 33.30 | 83.30 | 195 | 283.5 |
| E ₂ | 20 | 4 | 6 | 20.00 | 30.00 | 275 | 160.5 |
| E ₃ | 19 | 3 | 4 | 15.80 | 21.10 | 360 | 139.5 |
| E ₄ | 13 | 6 | 10 | 46.20 | 76.90 | 180 | 175.5 |
| E | 70 | 19 | 35 | 27.14 | 50.00 | 253 | 190.5 |

表 3 野生白刺移植苗不同施肥方式接种锁阳寄生效果

| 施肥方式 | 白刺穴数 | 锁阳丛数 | 锁阳株数 | 锁阳丛寄生率/% | 锁阳株寄生率/% | 平均单株鲜重/g | 预估鲜产量/(kg·hm ⁻²) |
|-------|------|------|------|----------|----------|----------|------------------------------|
| 穴状施肥 | 83 | 61 | 113 | 73.49 | 136.14 | 298 | 825 |
| 营养床施肥 | 89 | 49 | 110 | 55.06 | 123.60 | 210 | 550.5 |

表 4 2007 年 6 月调查野生白刺苗接种 2 a 后锁阳寄生情况

| 锁阳接种量 | 白刺穴数 | 锁阳丛数 | 锁阳株数 | 锁阳丛寄生率/% | 锁阳株寄生率/% | 锁阳丛数占 2 a 总丛数/% | 锁阳株占 2 a 总寄生株数/% |
|-------------|------|------|------|----------|----------|-----------------|------------------|
| 1 穴播量 3 g | 99 | 7 | 8 | 7.10 | 8.10 | 33.30 | 24.20 |
| 1 穴播量 4 g | 70 | 1 | 1 | 1.43 | 1.43 | 5.30 | 2.90 |
| 1 穴播量 5 g | 92 | 6 | 10 | 6.52 | 10.87 | 0.45 | 16.70 |
| 3 穴播量 6 g | 83 | 13 | 15 | 15.66 | 18.07 | 21.30 | 13.30 |
| B 营养床播量 6 g | 89 | 2 | 3 | 2.24 | 3.37 | 4.10 | 2.70 |

表 5 野生白刺移植苗不同接种量 2007,2008 年累计寄生情况

| 锁阳接种量 | 白刺穴数 | 锁阳丛数 | 锁阳株数 | 锁阳丛寄生率/% | 锁阳株寄生率/% | 平均单株鲜重/g | 预估鲜产量/(kg·hm ⁻²) |
|-------------|------|------|------|----------|----------|----------|------------------------------|
| 1 穴播量 3 g | 99 | 21 | 33 | 21.21 | 33.33 | 281 | 235.5 |
| 1 穴播量 4 g | 70 | 19 | 35 | 27.14 | 50.00 | 253 | 190.5 |
| 1 穴播量 5 g | 92 | 37 | 60 | 40.22 | 65.22 | 344 | 525.0 |
| 3 穴共播 6 g | 83 | 61 | 113 | 73.49 | 136.14 | 298 | 825.0 |
| C 营养床播量 6 g | 89 | 49 | 110 | 55.06 | 123.60 | 210 | 550.5 |

B区是在2006年4月初对2年生白刺实生苗重新挖出并接种锁阳。2006年没有发现锁阳出土,2007年5月30日调查发现,3.5年生白刺苗96株寄生8丛,计8株锁阳,锁阳丛寄生率8.33%,锁阳株寄生率8.33%;2008年6月3日调查发现,4.5年生白

刺苗96株当年寄生16丛,计23株锁阳,锁阳丛寄生率16.67%,锁阳株寄生率23.96%;2a累计96株白刺苗寄生22丛,计31株锁阳,锁阳丛寄生率25%,锁阳株寄生率32.29%;2009,2010年6—7月调查仅有少量锁阳出土。

表6 不同年龄白刺实生苗及野生移植苗接种锁阳寄生效果

| 处理类型 | 调查时间 | 白刺株数 | 锁阳丛数 | 锁阳株数 | 锁阳丛寄生率/% | 锁阳株寄生率/% |
|------|-----------------|------|------|------|----------|----------|
| A处理 | 2007年6月(苗龄3.5a) | 96 | 2 | 3 | 2.08 | 3.11 |
| | 2008年6月(苗龄4.5a) | 96 | 7 | 9 | 7.29 | 9.38 |
| | 2年累计接种锁阳效果 | 96 | 9 | 12 | 9.38 | 12.50 |
| B处理 | 2007年6月(苗龄3.5a) | 96 | 8 | 8 | 8.33 | 8.33 |
| | 2008年6月(苗龄4.5a) | 96 | 16 | 23 | 16.67 | 23.96 |
| | 2年累计接种锁阳效果 | 96 | 24 | 31 | 25.00 | 32.29 |
| C处理 | 2008年6月(苗龄4.5a) | 96 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| D处理 | 2007年6月 | 388 | 1 | 2 | 0.26 | 0.52 |
| | 2008年6月 | 388 | 15 | 27 | 3.87 | 6.96 |
| | 2年累计接种效果 | 388 | 16 | 29 | 4.12 | 7.47 |

注:A为2005年1年生白刺苗接种锁阳;B为2006年4月2年生白刺苗接种锁阳;C为对照,不接种锁阳;D为2004年野生白刺移栽苗,2005年4月4—5日接种锁阳,不浇水。

对照C区一直没有发现寄生锁阳;野生白刺苗移植D区,2006年没有发现锁阳出土,2007年5月30日调查发现,388株寄生1丛,计2株锁阳,锁阳丛寄生率0.26%,锁阳株寄生率0.52%;2008年6月3日调查发现,388株寄生15丛,计27株锁阳,锁阳丛寄生率3.87%,锁阳株寄生率6.96%;2a累计388株野生白刺苗寄生16丛,计29株锁阳,锁阳丛寄生率4.12%,锁阳株寄生率7.47%。2009,2010年6—7月调查没有锁阳出土。

分析上述试验结果,初步认为可能有三个原因。一是由于白刺实生苗与野生白刺苗接种锁阳时,白刺根系与锁阳种子的密切接触程度是造成接种出土时间差异的主要原因^[5]。野生白刺是在距离白刺植株30cm挖种植穴,而实生苗是在种植穴内直接接种。二是根系发育程度的影响。同为实生苗。接种方式也一样,效果不一样,说明2年生的实生苗根系较为粗壮和发达,1年生的根系还细弱,发生寄生的机率还比较低。三是环境水分条件的影响。适当浇水供应土壤水分,有利于促进白刺根系的生长发育,有利于增加锁阳种子与根系接触的机率,促进锁阳种子的萌发与寄生关系的建立。野生白刺没有浇水接种锁阳是完全模拟自然条件生长下的生境,实生苗是根据土壤水分的多少及时补充浇水的。

在调查中还发现,白刺实生苗及野生移栽苗在寄生锁阳后生长状况有很大差别。大多数植株生长依

然健康,个别寄生锁阳丛及株数较多的白刺植株生长势有明显的降低,叶片发黄、植株矮小,生长受到抑制^[6-7]。

4 结论

(1) 在自然环境生长条件下,锁阳与野生白刺根部发生寄生关系并出土的时间一般需要2a,大量寄生并出土的时间在第3a。野生白刺移栽苗相对白刺实生苗寄生锁阳的寄生率很低。

(2) 对于1年生白刺实生苗接种锁阳,锁阳与白刺寄主发生寄生关系并出土需2a,接种锁阳后,第2a仅有少量出土,锁阳大量出土在接种后的第3a;对于2年生白刺实生苗接种锁阳,人工培育的白刺实生苗由于接种时锁阳种子与白刺根系距离较近,接种1a便发生寄生关系。2年生白刺实生苗接种锁阳大量出土时间在接种后的第2a,也是锁阳产量和出土的高峰期。

(3) 2年生白刺实生苗锁阳丛寄生率、锁阳株寄生率分别是1年生白刺实生苗的2.67倍和2.58倍,分别是野生白刺苗接种效果的6.07倍和4.42倍。可见,2年生白刺实生苗接种锁阳效果较好于1年生白刺实生苗接种效果,1年生白刺实生苗接种锁阳的效果好于野生白刺苗自然生长状态下的接种效果。锁阳的出土高峰期在锁阳接种后的第3a。

(下转第54页)

- [8] Kennedy C D, Genereux D P, Mitasova H, et al. Effect of sampling density and design on estimation of streambed attributes [J]. *Journal of Hydrology*, 2008, 355 (1/4):164-180.
- [9] Chen X H. Streambed hydraulic conductivity for rivers in south-central Nebraska [J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 2004, 40(3):561-573.
- [10] 王万杰,束龙仓,王志华. 河床沉积物渗透系数试验研究[J]. *中国农村水利水电*, 2007, 18(2):136-138.
- [11] 范晓梅,刘高焕,束龙仓,等. 黄河三角洲沉积环境和沉积物渗透系数的现场实验测定[J]. *水资源与水工程学报*, 2008, 19(5):6-10.
- [12] 胡俊峰,王金生,藤彦国,等. 黄河河床沉积物渗透性的试验研究[J]. *水文地质工程地质*, 2009, 20(3):25-28.
- [13] 迟宝明,束龙仓. 张家港暨阳湖湖底沉积物渗透系数的现场测定[J]. *吉林大学学报:地球科学版*, 2003, 33(4):539-541.
- [14] 尹立河,王晓勇,黄金廷,等. 大克泊湖床垂向渗透系数试验研究[J]. *盐湖研究*, 2011, 19(1):1-8.
- [15] 陈实,李海龙,孙萍萍,等. 一种现场测定海底沉积物渗透系数的新方法[J]. *地下水*, 2008, 30(4):113-116.
- [16] 宋进喜,李怀恩. 渭河生态环境需水量研究[M]. 中国水利水电出版社, 2004.
- [17] 郭巍. 水质水量结合评价渭河干流(陕西段)水资源变化[J]. *水资源与水工程学报*, 2011, 22(5):115-121.
- [18] 张博,洪梅,贾仰文,等. 基于 MODFLOW 的流域分布式水文模型研究:以渭河中下游地区为例[J]. *湿地科学*, 2009, 7(2):148-154.
- [19] 彭殿宝,周孝德. 渭河流域(陕西段)水体现状及水污染综合治理研究[J]. *水资源与水工程学报*, 2010, 21(1):128-131.
- [20] Hvorslev M J. Time lag and soil permeability in groundwater observations [J]. *U. S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station Bulletin*, 1951, 36(3):1-50.
- [21] 赖国义,陈超. SPSS 17.0 中文版常用功能与应用实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社, 2010.
- [22] Brunke M, Gonsler T. The ecological significance of exchange processes between river and groundwater [J]. *Freshwater Biology*, 1997, 37(3):1-33.

(上接第 49 页)

(4) 多穴围绕白刺植株周边施肥、接种锁阳,锁阳的寄生、出土效果好于营养床施肥接种方式;锁阳接种量提高对锁阳寄生、出土率的提高具有积极效果。施肥、每穴小接种量,总接种量大对提高锁阳寄生出土率具有较好效果。

利用白刺实生苗接种锁阳的效果是很明显的。在理论和实践上都是新的突破,尤其是锁阳在接种后 1 a 多的时间就可产生寄生关系并出土,突破了在这之前从寄生到出土的时间上的认识。利用实生苗接种锁阳在定植白刺时就可接种锁阳,减少了后续的接种工作量,简化了生产操作程序,利于实施集约化、规模化锁阳的生产栽培^[8-9]。建议在实践中为了增加锁阳的产量,在接种锁阳后的第 3 a 或第 4 a 需要重新接种锁阳,才会保证锁阳的连续出土,保证产量的连续与稳定。

[参 考 文 献]

- [1] 苏格尔,李天然,刘基焕,等. 药用寄生植物锁阳的人工繁殖研究[J]. *内蒙古大学学报:自然科学版*, 1993, 24 (3):324-329.
- [2] 苏格尔,常艳旭. 锁阳的化学成分及药理作用研究概况[J]. *中国民族医药杂志*, 2005(6):46-50.
- [3] 刘睿杰,苏格尔,尹诚国,等. 提高锁阳种子萌发率的研究[C]// 中药材规范化种植研究研讨会论文集. 2004:486-489.
- [4] 李天然,苏格尔,刘基焕,等. 寄生药用有花植物锁阳在寄主体内的繁殖[J]. *内蒙古大学学报:自然科学版*, 1994, 25(6):673-679.
- [5] 苏格尔,李天然,刘基焕,等. 寄生药用植物锁阳种子的休眠原因及破坏休眠的途径的研究[J]. *内蒙古大学学报:自然科学版*, 1996, 27(2):214-218.
- [6] 苏格尔,刘基焕,骆蒙,等. 锁阳不同生育期营养成分的动态研究[J]. *内蒙古大学学报:自然科学版*, 1994, 25 (2):197-204.
- [7] 苏格尔,李天然,于彦珠,等. 寄生植物锁阳种子萌发抑制物质的研究[J]. *内蒙古大学学报:自然科学版*, 1995, 26(5):600-603.
- [8] 包玉英,苏格尔,李天然,等. 锁阳种子与吸气起源[J]. *内蒙古大学学报:自然科学版*, 1998, 29(4):552-557.
- [9] 骆蒙,苏格尔,刘基焕,等. 锁阳种子萌发条件的研究[J]. *中国草地*, 1993(2):62-64.