

乌天麻与红天麻杂交制种中定植升温时间研究

刘 樊¹, 颜鸿远², 徐阳晓³, 刘义梅¹, 刘大会^{1*}

(1. 湖北中医药大学 中药资源中心, 湖北 武汉 430065;

2. 黄冈市农业科学院, 湖北 黄冈 438000;

3. 湖北神农蜜菌生物科技有限公司, 湖北 随州 441333)

摘要: 分析不同升温时间对乌天麻(*Gastrodia elata* f. *glauca*)、红天麻(*Gastrodia elata* f. *elata*)箭麻生长习性、花期同步及杂交种子发育影响,为早期获得高质量天麻杂交种子材料,促进天麻杂交种高效育苗提供科学依据。对乌天麻和红天麻箭麻不同时间定植升温(22℃)下花茎出苗时间、始花时间、花茎高度、杂交种子质量等进行分析。结果显示,不同升温时间是影响箭麻出苗时间、始花时间的的主要因素,乌天麻集中于2月中下旬出苗,红天麻升温10~15 d后陆续出苗;生态变型是影响箭麻生育期长短、花期花朵数的主要因素,乌天麻比红天麻生育期长21.47 d,对花期及蒴果采收期无较大影响,红天麻比乌天麻更易完成抽薹;不同升温时间条件下,乌天麻挂果率为87.76%,红天麻挂果率为94.53%;母本决定杂交种子质量,以红天麻为母本、乌天麻为父本所得杂交种子活性为94.32%,优于以乌天麻为母本、红天麻为父本所得杂交种子活性。因此,生产中应于1月中旬对乌天麻开始升温,待乌天麻出苗后(15 d左右)开始对红天麻升温催芽,使得乌天麻与红天麻于3月中上旬花期同步,4月初可获得优良杂交天麻种子。

关键词: 乌天麻;红天麻;定植升温时间;农艺性状;种子

中图分类号: S567.239

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2023)02-0177-08

Study on the planting and warming time in hybrid seed production of *Gastrodia elata* f. *glauca* and *Gastrodia elata* f. *elata*

LIU Fan¹, YAN Hongyuan², XU Yangxiao³, LIU Yimei¹, LIU Dahui^{1*}

(1. Pharmacy Faculty, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, Hubei, China;

2. Agricultural and Science Academy of Huanggang City, Huanggang 438000, Hubei, China;

3. Hubei Sheng Nong Mi Jun Biotechnology Co., Ltd, Suizhou 441333, Hubei, China)

Abstract: The effects of different warming time on the growth habits, florescence synchronization and hybrid seed development of *G. elata* f. *glauca* and *G. elata* f. *elata* were analyzed, which laid a foundation for obtaining highquality hybrid seed materials of *G. elata* in early stage and providing scientific basis for promoting efficient seedling raising of *Gastrodia elata* hybrid. Different batches of temperature (22℃) were used for *G. elata* f. *glauca* and *G. elata* f. *elata*, and various traits such as the seedling emergence time, the first flowering time, the height of the flower stem, and the quality of hybrid seeds were analyzed. Different warming time is the main factor affecting the emergence time and the first flowering time of *G. elata*, *G. elata* f. *glauca* mainly emerges in the middle and late February, and *G. elata* f. *elata* gradually emerges after 10 to 15 days of temperature rise. Ecological variation is the main factor affecting the length of the growth

收稿日期: 2022-11-25 修回日期: 2023-02-28 接受日期: 2023-04-30

作者简介: 刘樊(1997-),男,硕士生,研究方向为中药资源与中药质量评价。E-mail: 569907492@qq.com

* 通讯联系人: 刘大会(1976-),男,教授,研究方向为中药资源与中药质量评价。E-mail: liudahui@hbtcn.edu.cn

基金项目: 湖北省教育厅高校优秀中青年科技创新团队计划项目(T2021008);中央本级重大增减支项目(2060302);湖北省现代农业产业技术体系项目(JBHZZD-2020-005)

引用格式: 刘樊,颜鸿远,徐阳晓,等. 乌天麻与红天麻杂交制种中定植升温时间研究[J]. 生物资源, 2023, 45(2): 177-184.

Liu F, Yan H Y, Xu Y X, et al. Study on the planting and warming time in hybrid seed production of *Gastrodia elata* f. *glauca* and *Gastrodia elata* f. *elata* [J]. Biotic Resources, 2023, 45(2): 177-184.

period and the number of flowers in the flowering period of *G. elata*, and the growth period of *G. elata* f. *glauca* is 21.47 days longer than that of *G. elata* f. *elata*, but has no significant effect on the flowering and fruiting stages. *G. elata* f. *elata* is easier to complete bolting than *G. elata* f. *glauca*. Under different heating time conditions, the fruiting rate of *G. elata* f. *glauca* is 87.76%, and that of *G. elata* f. *elata* is 94.53%. The activity of hybrid seeds obtained from *G. elata* f. *elata* as female parent and *G. elata* f. *glauca* as male parent is 94.32%, which is better than that obtained from *G. elata* f. *elata* as male parent and *G. elata* f. *glauca* as female parent. Therefore, the production should start to heat up for *G. elata* f. *glauca* in the middle of January, and start heating and accelerating the bud of *G. elata* f. *elata* after the emergence of *G. elata* f. *glauca* (about 15 days), so that *G. elata* f. *glauca* and *G. elata* f. *elata* can be synchronized at the early flower stage in March, and excellent hybrid *G. elata* seeds can be obtained at the beginning of April.

Key words: *Gastrodia elata* f. *glauca*; *G. elata* f. *elata*; planting and warming time; agronomic character; seed

0 引言

天麻为兰科(Orchidaceae)植物天麻(*Gastrodia elata* Bl.)的干燥块茎,始载于《神农本草经》,具有息风止痉、平抑肝阳、祛风通络之疗效^[1]。根据块茎形状、花茎及花的颜色等,可分为红天麻(原变型)(*G. elata* f. *elata*)、乌天麻(*G. elata* f. *glauca*)、绿天麻(*G. elata* f. *viridis*)等变型^[2]。天麻作为传统名贵中药材,临床上对中风、高血压、高血脂、失眠、神经焦虑等疾病具有良好的疗效,因其促智健脑、抗衰老等功效也被广泛用于保健食品^[3]。自被纳入药食两用药材以来,天麻市场需求量激增,一度出现供不应求的局面。天麻人工种植技术的日渐成熟,刺激专业种植户对优质天麻种苗的大量需求。红天麻因其繁殖系数高、产量大及适应性、抗逆性强等优点,是湖北、安徽、陕西等黄河流域及长江流域500~1500 m的地区广泛种植的品种。乌天麻则因药材商品形态好、折干率高、口感佳及经济效益突出,但生长周期长,耐旱和耐高温能力差等特点,作为云贵高原等海拔1500 m以上地区的主要栽培品种。为充分融合两种生态变型的优良性状,提高天麻抗逆性及人工栽培天麻的质量与产量。有研究者利用立体自然气候温差,于五月中上旬使乌天麻与红天麻花期相遇,培育出杂交品种“鄂天麻一号”、“鄂天麻二号”^[4-6]。此外,提出乌天麻异地培育可行性结论^[7]。文献对比及实地走访调查发现,乌天麻与红天麻有性繁殖期间,花期不同步直接影响杂交育苗结果,且未见相关研究报告。本文以乌天麻和红天麻为研究对象,设置不同升温催芽时间,分析升温时间对天麻生长习性、花期同步及杂交种子活性影响,为早期获取高质量杂交天麻种子材料,延长天麻种苗生长期,实现天麻种苗一年成苗和提高天麻种苗产量、质量提供技术支持。

1 材料

1.1 试验材料

2021年12月,采集云南省昭通市彝良县小草坝所产乌天麻和陕西省丹凤县所产红天麻种源,种源经湖北中医药大学刘大会教授鉴定系兰科天麻属植物乌天麻、红天麻。

选取单重150~200 g,鹦哥嘴饱满、块茎无机械损伤与病虫害的箭麻作为种麻,引种至湖北省随州市神农蜜菌生物科技有限公司,箭麻引种至随州后,于2~5℃条件下沙藏备用。贮藏期间,保持贮藏田间持水量60%~70%,避免箭麻冻伤。

1.2 仪器试剂

MLR-352H-PC植物种子培养箱(日本松下);IX-73P1F荧光倒置显微镜(日本OLYMPUS);2%氯化三苯基四氮唑(TTC)染剂(国药集团化学试剂有限公司)。

2 方法

2.1 箭麻样品处理

将乌天麻箭麻分别于2022年1月2日(W1)、1月7日(W2)、1月12日(W3)、1月17日(W4)、1月22日(W5)定植并升温催芽;待第一批乌天麻箭麻升温40 d后,将红天麻箭麻分别于2022年2月10日(H1)、2月15日(H2)、2月20日(H3)、2月25日(H4)、3月2日(H5)定植、升温催芽。催芽采用空调与暖气片进行室内升温,室内温湿度为22℃恒温^[8],空气湿度60%。种麻定植采用直径35 cm塑料胶盆为培养容器,培养基质为干净河沙。胶盆底部铺约5 cm厚河沙,箭麻依据“鹦哥嘴”生长方向定植,保持“鹦哥嘴”朝向向上;以基质填充间隙并覆盖3~5 cm厚沙层;每盆定植3个箭麻,保持河沙持水量60%~70%。于乌天麻箭麻与红天麻箭麻花期同步时,选择异株异花进行有性杂交;正交,使用牙签或细针挑取乌天麻雄蕊花粉对红天麻雌蕊柱头进行授

粉,1朵乌天麻花粉授1~2朵红天麻雌蕊柱头^[9],反交,将红天麻花粉授于乌天麻花朵,1朵红天麻花粉授1朵乌天麻花朵;授粉完成后,待蒴果成熟后用牛皮纸收集,置于4℃低温贮存,备用。

2.2 天麻抽薹各时期数据统计

参考袁青松等^[8]进行天麻箭麻生育期分期。花茎出苗时间:自定植升温催芽时间至花茎破土出苗时间;始花时间:自花茎出土时间至第一朵花开放时间;花期天数:自第一朵花开放时间至最后一朵花凋谢时间;蒴果成熟期:自第一朵花授粉完毕至第一个蒴果采摘时间;蒴果采收期:第一个蒴果采摘时间至最后一个蒴果采摘时间;抽薹高度:自破土出苗高度至花茎最大生长高度;始花高度:自花茎破土出苗高度至第一朵花开放时花茎高度。

2.3 天麻种子形态观察和生活力测定

选取30个乌红杂交及红乌杂交蒴果,对杂交蒴果长、宽、单重、种子重,种子胚长、宽等性状测量统计。参考鲁继周等^[10]对种子活性的测定:将杂交种子混合均匀后,分别取1.00 mg种子于1.50 mL离心管中,加入2% TTC染液1.00 mL混合摇匀;置于30℃培养箱黑暗条件培养24 h,于显微镜下观察统计显红胚种子,同时测量种子长、宽,种胚长、宽。每个处理观察统计3个视野,每个视野测量统计10个种子长、宽,种胚长、宽,每组3次重复。

种子活力(%)=(视野内红胚种子数/视野内种子总数)×100%

2.4 统计分析

相关统计数据采用Excel 2020, SPSS 21.0 分析, GraphPad Prism 8.0 作图。

3 结果与分析

3.1 不同定植升温时间对乌天麻、红天麻箭麻物候期及花期同步的影响

同一环境条件,乌天麻、红天麻的生育期相关指标差异显著,表现为定植升温时间越早,生育期越长(见表1、2)。其中乌天麻平均生育期长达80.47 d,红天麻完成整个生育期需要59.00 d。乌天麻出苗时间集中在2月中下旬,出苗时间随升温时间退后而减少,红天麻出苗时间呈现类似趋势,但红天麻2月20日定植期出苗时间最长,达16.33 d,平均出苗时间乌天麻比红天麻晚20.86 d。乌天麻自出苗到开花时间与出苗时间呈现相似趋势,升温时间越早,始花时间越晚,始花时间跨度在26.67~50.00 d,其中乌天麻1月17日定植期平均始花时间最短为26.67 d;红天麻始花时间在15.67~23.67 d。平均

始花时间比较发现,乌天麻比红天麻长19.06 d。恒温条件下后续生长天麻箭麻花期、蒴果成熟期无较大差异,乌天麻完成后续生长时间需要40.73 d,红天麻完成后续生长时间约38.73 d。温室条件下,红天麻较乌天麻更易抽薹,乌天麻完成整个生育期所需时间较红天麻长39.47 d,花期至蒴果成熟时间大致相同,时间差异集中于乌天麻箭麻抽薹及生长期。上述结果表明,不同升温时间影响天麻抽薹期,表现为升温时间越早,所需出苗时间越长。天麻自破土出苗至蒴果采收完毕所表现出的时间差,主要源于生态变型差异。

乌天麻W4组与红天麻H1组升温组于3月13日前后花期同步、乌天麻W5组与红天麻H2组于3月21日前后花期同步,在花期同步2个试验组中,乌天麻出土日期为2月10日、2月15日前后,此时H1组、H2组红天麻分别开始升温催芽。恒温条件下,乌天麻自出土至始花,乌天麻W4组平均历经26.70 d,乌天麻W5组历经29.70 d。由此说明,为使乌天麻、红天麻花期同步,乌天麻箭麻宜在1月中下旬开始升温催芽,22℃温室条件升温25.00 d左右箭麻破土出苗后,开始对红天麻升温。

3.2 不同定植升温时间对乌天麻、红天麻箭麻农艺性状的影响

在相同条件下,天麻箭麻花茎生长均呈现为“S”型曲线,先慢速生长,后快速生长,最终趋于平缓状态,所表现趋势符合Logistics生长曲线(图1)。不同升温时间天麻箭麻花茎生长高度产生显著差异,乌天麻以1月17日、1月22日定植期处于较高水平,红天麻以2月15日、3月2日定植期处于较高水平。花期相同步实验组中,红天麻出土时,乌天麻花茎高度为10 cm左右,乌天麻1月17日、1月22日定植期始花高度分别为944.33 mm、853.67 mm,红天麻2月10日、2月15日定植时期两组始花高度分别为748.33 mm、982.67 mm,乌天麻与红天麻最大抽薹高度分别为1302.00 mm、1335.67 mm;不同升温组始花高度存在差异,乌天麻以1月17日、1月22日定植处于高水平,分别在944.33 mm、816.67 mm开花,红天麻以3月2日、2月15日定植处于较高水平,分别于1008.00 mm、982.67 mm开花,天麻开花后继续生长,直至花朵开放完毕便停止升高。红天麻恒温条件下,不同升温时间相同生态变型开放花朵数量无差异,而红天麻平均开放数量比乌天麻多30.47朵;不同升温时间致使箭麻挂果率偏差,乌天麻箭麻挂果率为87.76%,红天麻箭麻挂果率高达94.53%(见表3)。

表1 不同定植升温时间乌天麻、红天麻的箭麻生长发育动态

Table 1 Growth and development dynamics of *G. elata f. glauca* and *G. elata f. elata* at different planting and warming times

变型	组别	升温时间	出苗时间	花期	蒴果采收期
乌天麻	W1	1月2日	2月16日-2月21日	4月22日-5月3日	5月16日-5月26日
	W2	1月7日	2月15日-2月21日	4月17日-4月27日	5月4日-5月15日
	W3	1月12日	2月16日-2月23日	4月3日-4月12日	4月22日-5月2日
	W4	1月17日	2月8日-2月18日	3月7日-3月16日	4月1日-4月12日
	W5	1月22日	2月12日-2月19日	3月18日-3月26日	4月13日-4月22日
红天麻	H1	2月10日	2月17日-2月24日	3月13日-3月23日	4月3日-4月12日
	H2	2月15日	2月25日-3月3日	3月21日-3月30日	4月12日-4月23日
	H3	2月20日	3月8日-3月12日	3月25日-4月2日	4月17日-4月25日
	H4	2月25日	3月6日-3月12日	3月29日-4月8日	4月22日-5月1日
	H5	3月2日	3月8日-3月14日	3月31日-4月11日	4月26日-5月5日

表2 不同定植升温时间对乌天麻、红天麻箭麻生育期的影响($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Effects of different planting and warming times on the growth period of *G. elata f. glauca* and *G. elata f. elata* ($\bar{x} \pm s$) /d

变型	组别	出苗时间	始花时间	花期天数	蒴果成熟期	蒴果采收期	生育期
乌天麻	W1	48.33±2.08a	50.00±7.00a	10.00±4.00a	24.33±1.15a	5.00±1.73a	89.33±13.05a
	W2	39.67±0.58b	49.67±8.08a	9.67±1.53a	23.33±0.58a	5.33±1.53a	88.00±7.00a
	W3	35.00±0.00c	42.67±9.07a	10.00±1.00a	23.67±0.58a	7.67±1.53a	84.00±11.53ab
	W4	21.33±0.58d	26.67±1.53b	10.00±1.00a	23.67±0.58a	8.33±0.58a	68.67±2.52ab
	W5	23.33±3.51d	29.67±5.86b	10.67±0.58a	23.67±0.58a	8.33±3.06a	72.33±8.96b
红天麻	H1	14.00±0.00a	19.00±1.00a	8.33±0.58a	21.00±1.00a	6.67±0.58a	55.00±1.73a
	H2	13.33±0.58ab	22.00±0.00ab	8.33±1.15a	23.00±0.00a	6.67±0.58b	60.00±1.73ab
	H3	16.33±0.58b	15.67±1.53b	9.00±0.00a	23.00±0.00a	7.00±0.00b	54.67±1.53b
	H4	9.33±0.58c	23.67±0.58c	9.33±1.15a	23.00±0.00a	7.33±0.58b	63.33±1.15c
	H5	10.33±1.15c	21.00±1.00d	9.67±0.58a	23.00±0.00b	8.33±0.58b	62.00±1.00c

注:差异显著性检验为Duncan法,小写字母表示5%差异水平(纵向比较)

Note: the difference significance test is Duncan method, and the lowercase letters represent the 5% difference level (longitudinal comparison)

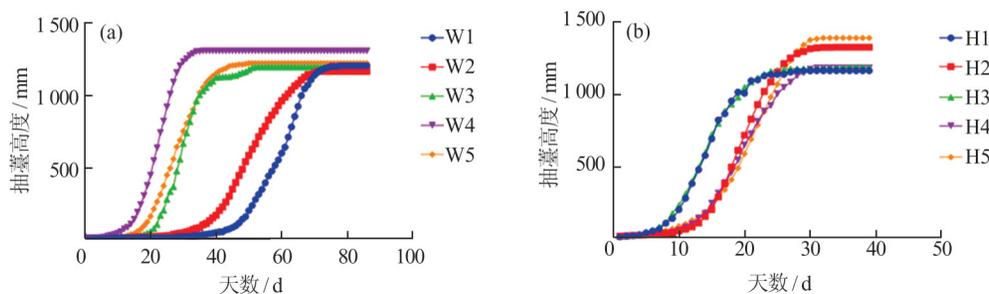


图1 不同定植升温时间乌天麻(a)、红天麻(b)的箭麻生长曲线比较

Fig. 1 Comparison of the growth curves of *G. elata f. glauca* (a) and *G. elata f. elata* (b) at different planting and warming times

3.3 乌红杂交和红乌杂交天麻的蒴果与种子质量比较

以乌天麻为父本,红天麻为母本杂交产生的蒴果长度为16.97 mm,蒴果宽8.38 mm,果荚鲜重量

0.27 g/荚,种子重量25.90 mg/粒。红乌杂交蒴果长、宽、果荚重分别为乌红杂交的1.19、1.24、2.11倍,但种子重量近似相同(表4)。乌红杂交种子平均长610.93 nm、宽154.08 nm;种胚平均长218.43

表3 不同定植升温时间对乌天麻、红天麻箭麻农艺性状的影响($\bar{x}\pm s$)

Table 3 Effects of different planting and warming times on agronomic characters of *G. elata f. glauca* and *G. elata f. elata* ($\bar{x}\pm s$)

变型	组别	花朵数/朵	蒴果数/个	始花高度/cm	抽蔓高度/cm
乌天麻	W1	43.00±17.35a	38.00±5.57a	816.67±157.67a	1 198.67±95.73a
	W2	56.33±5.13a	49.00±2.65ab	688.33±53.38ab	1 195.00±18.52a
	W3	57.00±2.65a	50.33±2.08ab	759.00±122.05ab	1 186.67±20.21a
	W4	61.67±5.77a	50.33±7.51b	944.33±109.50ab	1 302.00±113.77a
	W5	62.67±13.58a	58.67±3.06c	786.00±104.73b	1 235.33±48.50a
红天麻	H1	83.00±3.46a	73.33±6.66a	748.33±68.09a	1 167.33±20.13a
	H2	87.00±1.73a	86.33±2.52a	982.67±46.07a	1 335.67±1.15a
	H3	88.00±7.00a	82.00±3.61ab	869.00±19.00b	1 316.33±32.33ab
	H4	85.33±2.08a	78.33±9.87ab	889.67±34.08b	1 199.00±20.22b
	H5	89.67±1.15a	89.33±1.53b	1 008.00±24.64c	1 238.33±127.56b

注:差异显著性检验为Duncan法,小写字母表示5%差异水平(纵向比较)

Note: the difference significance test is Duncan method, and the lowercase letters represent the 5% difference level (longitudinal comparison)

nm、宽 105.48 nm,红乌杂交种子平均长 1 186.66 nm、宽 161.90 nm、种胚平均长 229.64 nm、宽 114.74 nm,乌红杂交种子长、种胚长约为红乌杂交种子一半,种子宽、种胚宽近似相同,乌红杂交种子活性高达 94.32%,而红乌杂交种子活性为 74.64%,表明乌红杂交种子质量优于红乌杂交种子(见图2)。不同升温时间可以影响箭麻抽蔓高度,但不影响花朵开放数量,对挂果率产生影响,影响天麻杂交种子活性的主要因素为母本的生态变型。

3.4 不同定植升温时间对乌天麻、红天麻各性状相关性分析

相关性分析结果表明(图3),乌天麻箭麻中不同升温时间与乌天麻出苗时间、始花时间、出苗时间、生育期呈显著负相关,与花朵数、蒴果数呈极显著正相关($P<0.01$);与花期天数、始花高度、抽蔓高度呈正相关但不显著,与蒴果成熟期呈负相关但不显著。出苗时间与始花时间、生育期呈显著正相关,与蒴果采收期、花朵数、蒴果数存在显著负相关($P<0.01$);

始花时间与生育期呈极显著正相关($P<0.01$);花期天数与蒴果成熟期、花朵数呈显著相关($P<0.05$);花朵数与蒴果数呈极显著相关($P<0.01$);始花高度与抽蔓高度呈极显著相关($P<0.01$)。红天麻箭麻中,不同升温时间与出苗时间呈极显著负相关($P<0.01$),与蒴果成熟期、蒴果采收期、生育期呈极显著正相关($P<0.01$),与花期天数、始花高度呈显著相关($P<0.05$),与始花时间、花朵数、蒴果数呈正相关但不显著;出苗时间与始花时间、生育期呈极显著负相关($P<0.01$),与蒴果采收期呈显著负相关($P<0.05$);始花时间与生育期呈极显著正相关($P<0.01$);花期天数与蒴果采收期呈极显著正相关($P<0.01$),与生育期呈显著相关($P<0.05$),蒴果成熟期与蒴果数、始花高度呈极显著正相关($P<0.01$),与生育期呈显著相关($P<0.05$);蒴果采收期与生育期、蒴果数呈显著相关($P<0.05$);生育期与始花高度呈显著相关($P<0.05$);花朵数、蒴果数与始花高度呈显著相关($P<0.05$)。

表4 乌×红杂交天麻种子与红×乌杂交天麻种子的性状比较($\bar{x}\pm s$)

Table 4 Comparison of characters between the hybrid seeds of *G. elata f. glauca* × *G. elata f. elata*. and *G. elata f. elata* × *G. elata f. glauca* ($\bar{x}\pm s$)

类型	蒴果长/mm	蒴果宽/mm	果荚重/g	种子重/mg	种子长/nm	种子宽/nm	种胚长/nm	种胚宽/nm	种子活性/%
乌×红	16.97±0.16	8.36±0.19	0.27±0.01	25.90±1.18**	610.93±23.55	154.08±3.69	218.48±3.99	105.48±1.49	94.32±0.99**
	20.33±0.27**		10.39±0.62**	0.57±0.02**	22.68±1.42	1186.66±71.76**	161.90±6.01*	229.64±4.40**	114.74±1.90**

注:*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$

Note: * indicates $P<0.05$, ** indicates $P<0.01$

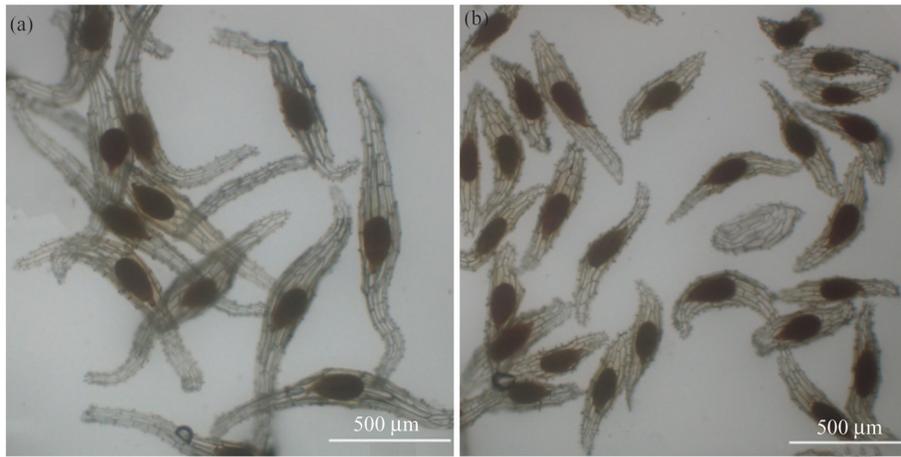


图2 乌红杂交天麻种子(左)与红乌杂交天麻种子(右)的形态比较

Fig. 2 Comparison of seed morphology between the hybrid seeds of *G. elata f. glauca* × *G. elata f. elata* (left) and *G. elata f. elata* × *G. elata f. glauca* (right)

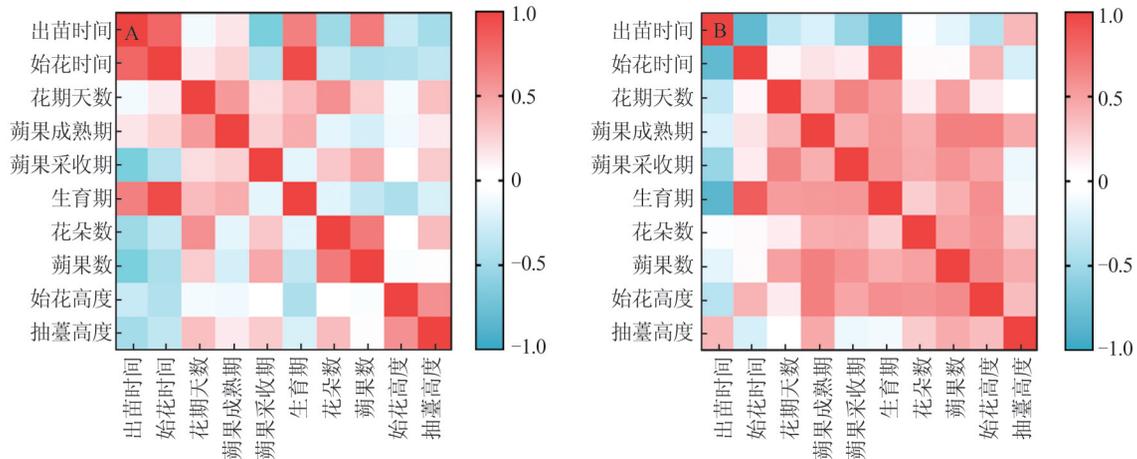


图3 不同定植升温时间乌天麻(A)、红天麻(B)箭麻各农艺性状相关性分析

Fig. 3 Correlation analysis of agronomic characters of *G. elata f. glauca* (A) and *G. elata f. elata* (B) at different planting and warming times

注:颜色深浅代表相关性系数大小,红色代表正相关,蓝色代表负相关

Note: color depth represents the size of correlation coefficient, red represents positive correlation, and blue represents negative correlation

4 讨论与结论

自然条件下高海拔地区乌天麻花期集中于6月,中低海拔地区红天麻花期集中于4月^[11],人为将箭麻置于温室培育,可使不同生态变型箭麻花期同步时间提前;该试验实现了乌天麻与红天麻在温室恒温条件下花期同步,并成功将获得杂交天麻种子时间提前至4月初,大幅提前天麻种子采收时间。不同升温时间影响乌天麻箭麻抽薹时间,同时表现出箭麻破土出苗期随栽培时间的推迟而缩短^[12]。乌天麻第1、2、3组箭麻抽薹后进入休眠,停滞生长,经过一段时间后恢复生长,但花朵数、花茎高度显著低于第4、5组,可能因过早升温打破天麻休眠机制,箭

麻在抽薹后产生抗氧化酶和抗氧化剂,保护细胞免受过氧化物造成的损伤,使箭麻产生应激反应再次进入休眠状态,同时影响天麻代谢物相关基因表达和代谢差异变化来调控天麻生长发育,使箭麻花朵数、花茎高度等水平降低^[13,14]。过早对乌天麻箭麻升温,使箭麻出苗时间及始花时间延长,导致红天麻箭麻不能及时与之花期同步,无法完成杂交授粉。除此之外,随着升温时间的推迟,乌天麻箭麻开花时间相对延长,在红天麻花期较短的情况下,使乌天麻与红天麻花期同步几率增加,从而更容易在4月初获得杂交种子。本研究通过比较试验组花期同步时间,乌天麻、红天麻有性杂交种子活性、种子长、宽、果荚长、宽等指标,为解释实际生产环节中由乌天麻

为父本、红天麻为母本所产生的有性杂交种子质量好提供科学依据。在有性栽培繁育过程中,乌×红杂交天麻种子所表现出性状与红天麻相似,红×乌杂交天麻种子所表现性状与乌天麻相似,源于天麻有性杂交后所表现性状为母系遗传^[15,16]。因而在有性繁殖种苗培育过程中,乌×红杂交天麻种子与红×乌杂交天麻种子应当分开培育。

有研究表明,温度显著影响天麻生物活性,进而导致未来天麻适生区向高纬度移动^[17,18]。天麻各器官对温度响应亦存在差异,不同升温时期箭麻各性状比较发现,随升温时间推迟,出苗时间有所差异,箭麻花朵开放数量与蒴果采收数量提升,有性杂交种子数量增加。相关性分析结果表明,不同升温时间对乌天麻、红天麻箭麻出苗时间呈现显著相关关系,出苗时间与乌天麻始花时间、生育期呈极显著正相关,与红天麻始花时间、生育期呈极显著负相关关系,说明箭麻始花时间与升温时间和品种存在交互影响。乌天麻箭麻蒴果数量与出苗时间呈极显著负相关,与花朵数呈显著负相关,而红天麻蒴果数量、花朵数量与始花时间呈现负相关,但不显著,表明随升温时间的延后,乌天麻箭麻果实数量增加,红天麻花朵数、蒴果数等无显著相关性,说明不同升温时间对红天麻种子数量无影响。两试验结果差异可能是由于随着升温时间的推迟,进而使乌天麻、红天麻箭麻在室温生长环境切合自然条件。

综上,为获得乌天麻与红天麻人工杂交早授粉,乌天麻箭麻宜于1月中旬开始升温催芽,22℃温室条件升温15d左右,2月上旬开始对红天麻升温催苗,使得乌天麻与红天麻花期于3月中旬花期相遇,4月初采收杂交种子。鉴于乌天麻对温度的敏感性,乌天麻升温催芽温度应逐渐增加,保证乌天麻出苗率及生长速度。本研究所提出的乌天麻与红天麻人工杂交制早粉关键技术,通过提前杂交种子生产时间,延长天麻种苗培育时间,实现天麻种苗一年成苗,可为天麻种苗的规模化生产提供技术支撑,满足人工栽培天麻环节对优质种苗的需求。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典——一部: 2020年版[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 59. National Pharmacopoeia Commission. People's Republic of China (PRC) Pharmacopoeia—Part I [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: 59.
- [2] 周铨, 杨兴华, 梁汉兴, 等. 天麻形态学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [3] 付亚轩, 孟宪钰, 徐天瑞, 等. 天麻抗抑郁药效物质及其作用机制研究进展[J]. 中草药, 2020, 51(21): 5622-5630. Fu Y X, Meng X Y, Xu T R, et al. Research progress on antidepressant substances and their mechanisms in *Gastrodia elata* [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2020, 51(21): 5622-5630.
- [4] 王绍柏, 余昌俊, 许启新. “鄂天麻一号”栽培技术要点[J]. 食用菌, 2005, 27(5): 20. Wang S B, Yu C J, Xu Q X. Key points of cultivation techniques of “E Tianma No. 1” [J]. Edible Fungi, 2005, 27(5): 20.
- [5] 王绍柏, 覃守茂, 游中华. “鄂天麻二号”品种的栽培技术[J]. 时珍国医国药, 2004, 15(9): 636. Wang S B, Qin S M, You Z H. Cultivation techniques of “E Tianma No. 2” [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2004, 15(9): 636.
- [6] 王少柏, 周铨, 等. 天麻杂交种的优势[J]. 云南植物研究, 1997(4): 380. Wang S B, Zhou X, et al. Advantages of *Gastrodia elata* hybrids [J]. Acta Bot Yunnanica, 1997(4): 380.
- [7] 王丽, 刘大会, 马聪吉, 等. 乌天麻箭麻在不同气候地区的生育期及农艺性状分析[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(8): 1991-1994. Wang L, Liu D H, Ma C J, et al. Analysis about the growth period and agronomic characters of *Gastrodia elata* Bl. f. *glauca* S. Chow in different climatic regions [J]. Lishizhen Med Mater Med Res, 2017, 28(8): 1991-1994.
- [8] 袁青松, 王绘, 江维克, 等. 温度和品种对天麻抽薹特性的影响[J]. 中国中药杂志, 2020, 45(3): 485-490. Yuan Q S, Wang H, Jiang W K, et al. Dissection of seed development of *Gastrodia elata* at different temperatures [J]. China J Chin Mater Med, 2020, 45(3): 485-490.
- [9] 王庆. 西南地区三种天麻变型开花授粉习性及其主要化学成分研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2018. Wang Q. Study on flowering and pollination habits and main chemical constituents of three varieties of *Gastrodia elata* in Southwest China [D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2018.
- [10] 鲁继周, 王铭. 应用红四氮唑染色法测定天麻种子生活力的研究[J]. 时珍国医国药, 1992(4): 176-178. Lu J Z, Wang M. Study on the determination of seed viability of *Gastrodia elata* by red tetrazolium staining [J]. Shizhen J Tradit Chin Med Res, 1992(4): 176-178.
- [11] 赵璠, 崔启宁, 梁刚, 等. 宁强县乌天麻和红天麻生药

- 学研究[J]. 陕西中医药大学学报, 2022, 45(3): 59-63.
- Zhao F, Cui Q N, Liang G, *et al.* Pharmacognosy study on *Gastrodia elata* and *Gastrodia elata* in Ningqiang County [J]. J Shaanxi Coll Tradit Chin Med, 2022, 45(3): 59-63.
- [12] 曾勇, 蔡传涛, 刘贵周, 等. 不同栽培措施对两种天麻物候期及蒴果的影响[J]. 中草药, 2011, 42(10): 2097-2103.
- Zeng Y, Cai C T, Liu G Z, *et al.* Effects of different cultivation measures on phenophase and capsule of two varieties of *Gastrodia elata* [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2011, 42(10): 2097-2103.
- [13] Zhao X, Huang L J, Sun X F, *et al.* Differential physiological, transcriptomic, and metabolomic responses of *Paspalum wettsteinii* under high-temperature stress [J]. Front Plant Sci, 2022, 13: 865608.
- [14] 周春艳, 狄永国, 仇全雷, 等. 转录组和代谢组联合分析低温胁迫对天麻生长发育的影响[J]. 分子植物育种, 2023, 21(1): 110-122.
- Zhou C Y, Di Y G, Qiu Q L, *et al.* Effects of low temperature stress on growth and development of *G. elata* were analyzed by transcriptome and metabolome [J]. Mol Plant Breed, 2023, 21(1): 110-122.
- [15] 刘兴梁, 胡适宜, 张金忠, 等. 王百合及兰州百合细胞质遗传的细胞学研究[J]. 植物学报, 1998(2): 109-114.
- Liu X L, Hu S Y, Zhang J Z, *et al.* Cytological studies of the cytoplasmic inheritance in *Lilium regale* and *L. davidii* [J]. Acta Botanica Sinica, 1998(2): 109-114.
- [16] 曲宾, 赵琨, 冯钰添, 等. 乌天麻×红天麻正反交杂种子代的选育研究[J]. 吉林林业科技, 2016, 45(6): 1-4, 62.
- Qu B, Zhao K, Feng Y T, *et al.* The seed selection research of reciprocal cross hybrid progeny of *Gastrodia elata* f. *glauca* and *Gastrodia elata* f. *elata* [J]. J Jilin For Sci Technol, 2016, 45(6): 1-4, 62
- [17] 郭怡博, 莫可, 王桂荣, 等. 未来气候条件下天麻适生区预测及时空变化分析[J]. 中国中医药信息杂志, 2022, 29(7): 1-7
- Guo Y B, Mo K, Wang G R, *et al.* Analysis of prediction and spatial-temporal changes of suitable distribution of gastrodiae rhizoma under future climate conditions [J]. Chin J Inf Tradit Chin Med, 2022, 29(7): 1-7
- [18] 杨婧, 王传华, 曾春函, 等. 海拔对乌红杂交天麻产量与品质的影响及其酶学作用机制[J]. 西北植物学报, 2021, 41(2): 281-289.
- Yang J, Wang C H, Zeng C H, *et al.* Effects of altitude on the yield and medicinal quality of tubers of *Gastrodia elata* and the enzymic mechanism concerning variation of temperature [J]. Acta Bot Boreali Occidentalia Sin, 2021, 41(2): 281-289.

□

(编辑: 张丽红)