

DOI: 10.5846/stxb201707091239

贺一鸣,李青丰,贺晓,樊如月,段茹晖,刘洋.环境因子对蒙古莠种子萌发及幼苗建成的影响.生态学报,2018,38(13): - .

He Y M, Li Q F, He X, Fan R Y, Duan R H, Liu Y. Effects of environmental factors on seed germination and seedling establishment of *Caryopteris mongolica*. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(13): - .

环境因子对蒙古莠种子萌发及幼苗建成的影响

贺一鸣¹, 李青丰^{1,*}, 贺 晓¹, 樊如月¹, 段茹晖¹, 刘 洋^{1,2}

1 内蒙古农业大学草原与资源环境学院, 呼和浩特 010011

2 内蒙古和盛生态科技研究院有限公司, 呼和浩特 011517

摘要:蒙古莠(*Caryopteris mongolica*)是珍稀濒危的资源性植物,具较高的观赏和药用价值。其分布范围正日渐缩小。通过对内蒙古中西部干旱草原区蒙古莠天然种群实生苗的调查,以及在室内模拟不同环境条件,对蒙古莠种子萌发和幼苗建成进行研究,旨在探究这一物种珍稀、濒危的原因。结果显示:1)自然条件下蒙古莠种子在5—7月大量萌发,但在幼苗生长初期死亡率较高,使得自然种群更新强度仅为0.11株/m²。2)蒙古莠种子不存在休眠现象,成熟采收后很快即可萌发。萌发对水分要求较宽范,但适宜其种子萌发的温度范围较窄,为25—30℃。3、蒙古莠幼苗生长的最适温度为25℃,能耐受每日短暂的高温胁迫(50℃)。持续的高温、低温和频繁的降水显著增大幼苗死亡率。研究认为,蒙古莠种子萌发的条件与幼苗存活的条件差异较大,同时满足其萌发和幼苗存活和生长的窗口条件比较严苛。其野生生长地的生境条件往往难以满足要求,这是限制蒙古莠通过有性繁殖进行自然种群扩散的主要原因之一。

关键词:实生苗;温度;水分;埋深;胁迫

Effects of environmental factors on seed germination and seedling establishment of *Caryopteris mongolica*

HE Yiming¹, LI Qingfeng^{1,*}, HE Xiao¹, FAN Ruyue¹, DUAN Ruhui¹, LIU Yang^{1,2}

1 College of Grassland and-Environment Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010011, China

2 Inner Mongolia Hesheng Institute of Ecological Sciences & Technology, Hohhot 011517, China

Abstract: *Caryopteris mongolica*, a rare and endangered small shrub, is mainly found in arid grasslands in northern China. Its distribution areas have rapidly contracted in recent years. In this study, an attempt was made to investigate the causes of the low survival rate of seedlings under local field conditions. The study combined a field survey of seedling survival with laboratory assessments of seed germination and seedling growth under different environmental conditions to establish the difficulties for *C. mongolica* seedling establishment. We selected a *C. mongolica* community in arid grasslands. The survival capacity of seedlings, seed germination, and seedling establishment under different temperatures, water cycles, and water quantities were determined. Climate and soil conditions were also studied. The following results were obtained. (1) Under field conditions, a large number of seeds germinated during the period from May to July, but few seedlings survived due to a high seedling mortality. The natural regeneration rate for the plant seedlings was 0.11 plant/m², because of the very high mortality rate of seedlings. (2) Seeds of *C. mongolica* had no dormancy after ripening. Seed germination requirements showed a relatively wide range of moisture conditions, but a narrow temperature range of 25—30℃. The optimum burial depth for seed germination was 10—15 mm. The seeds of *C. mongolica* can complete germination within 15 days when sown under suitable conditions. The water cycle had no significant effect on germination. The seeds buried in shallow soil were

基金项目:2014 内蒙古自治区科技重大专项《内蒙古生态屏障建设林业关键技术集成与示范》

收稿日期:2017-07-09; 网络出版日期:2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: llff202@126.com

able to imbibe rapidly after full precipitation. (3) The most suitable temperature for seedling growth was approximately 25°C, although seedlings could tolerate a high temperature of up to 50°C for a short period. Prolonged high or low temperature and frequent watering increased seedling death. The water cycle significantly influenced plant height and stem basal diameter. Shortening the water cycle can increase the height and stem thickness of *C. mongolica*. There was a significant influence of temperature on leaf age. The optimum temperature for leaf growth of *C. mongolica* was 25°C. Furthermore, variable temperature conditions were beneficial for erect growth and the thickening of stems. It was concluded that *C. mongolica* has relatively strict requirements for seed germination and seedling growth. The discrepancy between germination and seedling growth requirements narrowed the seedling establishment window. In the natural habitats of *C. mongolica*, the conditions are often not able to meet the requirements for the entire process from seed germination to seedling establishment. This is the main reasons for the relatively poor dispersion of *C. mongolica* populations through sexual propagation under field conditions.

Key Words: seedling; temperature; moisture; burial depth; stress

蒙古莢 (*Caryopteris mongolica*), 别名白蒿, 马鞭草科莢属旱生小灌木, 主要分布在蒙古高原的典型草原、荒漠化草原和荒漠区及黄土高原北部及西北部的典型草原区内。因其可药用、可提取芳香油以及可做饲料而具有较高的经济价值, 同时蒙古莢作为干旱区重要的水土保持和园林观赏植物而具有较高的生态价值^[1-4]。近年来蒙古莢分布范围日渐缩小^[5-7], 被《内蒙古重点保护草原野生植物名录》收录^[8]。受其地理分布范围的影响, 国外对蒙古莢的研究较为少见, 国内学者对于蒙古莢的研究虽涉及领域较广, 但大多数研究主要集中在其分布范围^[9]、抗旱性^[5, 10-11]和生殖生物学特性^[3, 5-6]等方面。这些研究展示了蒙古莢的基础生态学和生物学特性, 但却未能揭示出这一珍贵的资源植物日渐稀缺的原因。

从种子萌发到幼苗建成是高等种子植物生活史中的关键组成部分^[12]。实生苗的生长和存活是影响种群空间分布和动态的决定性因素^[13-14]。然而这一过程也是植物种群生活史中死亡率最高的时期之一^[15-16]。植物在幼苗建植期间对外界环境条件的变化非常敏感^[17], 幼苗从萌发出土后必须有较强的环境适应能力才能生存从而使种群得以延续^[14]。然而, 近年来, 以高温、低温、干旱为主的极端气候事件越来越频繁^[18]。不同的环境条件(如温度、水分)对植物种子萌发和幼苗生长造成显著的影响^[19-20]。特别是在高温胁迫下植物产生的一系列生理变化直接影响其生长和繁殖^[21-22]。目前, 对于蒙古莢种子萌发及幼苗建成的研究仍相对匮乏。郭春燕^[23]曾对蒙古莢的种子萌发条件进行过探究, 其结果表明蒙古莢种子无明显休眠现象, 能够在自然条件下迅速萌发, 实验室内发芽率达到 90%, 种子适宜的萌发条件为温度 20—30°C, 土壤含水量 7%—20%, 覆土厚度 2—20 mm。谢乾瑾^[11]等发现水分胁迫下的蒙古莢幼苗通过降低光合效率、蒸腾速率以减缓生长来适应干旱条件。宋鑫^[5]等发现在不同供磷水平下蒙古莢的地上部分及根系形态会发生变化, 当供磷水平达到 17.5 mg/kg 时, 蒙古莢幼苗的生物量达到最大值。这些研究揭示出蒙古莢种子活力高、幼苗适应性强, 在自然条件下具有良好的繁殖扩散能力, 干旱、少磷等胁迫只能对其产生有限的影响。然而, 蒙古莢的分布范围正在不断缩小并成为稀缺的资源植物, 因此我们需要对蒙古莢种子萌发及幼苗生长过程中的各种限制因子进行更为系统全面的研究, 才能揭示出其分布范围缩小的原因。

本研究通过对内蒙古中西部干旱草原区蒙古莢天然种群实生苗的调查, 以及在室内模拟各种气候条件, 对蒙古莢种子萌发和幼苗建成进行研究, 旨在探究这一物种珍稀、濒危的原因。同时筛选出最优的种子萌发和幼苗生长条件, 凝练出通过以种子育苗为主的快速育苗技术方案, 为蒙古莢的人工繁育提供技术支撑。

1 研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于中国西北部的内蒙古和陕西省交界处神木县的大柳塔镇(110°19′53.58″E, 39°17′30.54″N, 海

拔 1218 m),为黄土沟壑与沙地交错区。属中温带干旱、半干旱大陆性季风气候,冬季寒冷而漫长,夏季较为炎热而短暂。近 20 年的年均气温为(7.4±0.6)℃,年均降水量为(346.5±90.0) mm。年均蒸发量为(2138.0±180.0) mm,降水主要集中在 7 月到 9 月之间^[24]。

选取的蒙古莠群落位于大柳塔镇东南部的硬梁地上,地形起伏较大,植被盖度约为 40%,蒙古莠为建群种,主要伴生种有亚洲百里香(*Thymus serpyllum* var. *asiaticus*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、草木樨状黄芪(*Astragalus melilotoides*)等。

1.2 试验材料

于 2016 年 9 月采集蒙古莠自然群落的种子带回实验室进行清选,选出成熟饱满种子。同时在群落中取 0—60 cm 土层土壤带回实验室作为萌发用基质。

1.3 试验方法

1.3.1 实生苗调查

在蒙古莠自然群落的不同坡面上随机设置 9 个 4 m×4 m 的样方。自 2016 年 5 月 6 日至 2016 年 10 月 7 日每隔 15 d 左右对样方内蒙古莠实生苗的数量进行调查,对新发现的实生苗挂签记录,跟踪其在整个生长季的存活情况。

1.3.2 种子萌发

将试验地采集的土壤过 1 mm 孔径土壤筛,之后在 105℃烘箱中烘干 48 h,使土壤中没有可以萌发的植物种子,并测定烘干后土壤的理化性质(表 1)。将烘干的土壤与蛭石按 1:2 比例混合后装入底部无孔的塑料桶中,基质的饱和含水量为 65.8%±2.2%。桶口径 20 cm,混合基质高约 14 cm。

表 1 土壤基质理化性质

Table 1 The soil chemical and physical properties of substrata				
pH	碱解氮 Available N / (mg/kg)	速效磷 Available P / (mg/kg)	速效钾 Available K / (mg/kg)	有机质 Organic matter / (g/kg)
8.15	48.44	5.37	136.07	3.64

萌发条件采用 3 因素 5 水平正交试验设计(表 2),每处理 3 个重复,每重复 50 粒种子。将供试种子随机数出,放入混合基质中,在人工气候培养箱内进行萌发试验,按照浇水周期进行补水。其中,温度分为恒温条件和变温条件,变温条件为每 12 h 温度进行一次变化。浇水周期指每两次浇水的时间间隔。每次浇水使用称重法使土壤水分含量为土壤饱和含水量的 100%,萌发实验持续 21 d。试验期间每 24 h 统计新萌发种子数量,以胚根突破种皮作为萌发标准,埋入土中种子以子叶出土作为萌发标准。

表 2 种子萌发正交试验设计表

Table 2 Orthogonal experiment design of seed germination							
试验号 Test number	温度 Temperature/℃	浇水周期 Water cycle/d	埋深 Burial depth/mm	试验号 Test number	温度 Temperature/℃	浇水周期 Water cycle/d	埋深 Burial depth/mm
1	20	1	0	14	30	4	0
2	20	2	2	15	30	5	2
3	20	3	5	16	15/25	1	10
4	20	4	10	17	15/25	2	15
5	20	5	15	18	15/25	3	0
6	25	1	2	19	15/25	4	2
7	25	2	5	20	15/25	5	5
8	25	3	10	21	20/30	1	15
9	25	4	15	22	20/30	2	0
10	25	5	0	23	20/30	3	2
11	30	1	5	24	20/30	4	5
12	30	2	10	25	20/30	5	10
13	30	3	15				

1.3.3 幼苗建成

选取生长情况较为一致并长出第一对真叶的幼苗进行不同温度和水分条件下的幼苗建成试验。试验分温度-浇水周期组和温度-浇水量组两组进行。每处理 3 个重复,每重复 10 株幼苗。试验设计如表 3 所示。其中,温度-浇水周期组的浇水量为土壤饱和含水量的 100%。温度-浇水量组的浇水量按照土壤饱和含水量的百分比划分,每隔 1 d 补水一次。除恒温条件外,为模拟试验地土壤播种层日温度变化设置了 3 个高温胁迫梯度:

- 20℃ (8 h)/25℃ (7 h)/50℃ (2 h)/25℃ (7 h) (下简称 50℃ (2 h));
- 20℃ (8 h)/25℃ (6 h)/50℃ (4 h)/25℃ (6 h) (下简称 50℃ (4 h));
- 20℃ (8 h)/25℃ (5 h)/50℃ (6 h)/25℃ (5 h) (下简称 50℃ (6 h))。

表 3 幼苗建成试验设计表

Table 3 Experiment design of seedling establishment

温度——浇水周期 Group of temperature & water cycle			温度——浇水量 Group of temperature & water quantity		
试验号 Test number	温度/℃ Temperature	浇水周期/d Water cycle	试验号 Test number	温度/℃ Temperature	浇水量/% Watering quantity
1	20	5	1	50(2 h)	20
2	20	10	2	50(2 h)	40
3	20	15	3	50(2 h)	60
4	20	20	4	50(2 h)	80
5	20	25	5	50(2 h)	100
6	25	5	6	50(4 h)	20
7	25	10	7	50(4 h)	40
8	25	15	8	50(4 h)	60
9	25	20	9	50(4 h)	80
10	25	25	10	50(4 h)	100
11	30	5	11	50(6 h)	20
12	30	10	12	50(6 h)	40
13	30	15	13	50(6 h)	60
14	30	20	14	50(6 h)	80
15	30	25	15	50(6 h)	100
16	50(2 h)	5			
17	50(2 h)	10			
18	50(2 h)	15			
19	50(2 h)	20			
20	50(2 h)	25			

试验期间每隔 5 d 统计幼苗存活数量,每隔 24 d 统计幼苗的株高、基径和叶龄。株高为自然高度,叶龄为真叶对数。

1.4 数据处理

发芽率^[25] $G = \frac{n}{N} \times 100\%$ $n = \text{发芽种子数}$ $N = \text{供试种子数}$

发芽指数^[25] $G_i = \sum \frac{G_t}{D_t}$ $G_t = \text{在 } t \text{ 日内发芽数}$ $D_t = \text{发芽日数}$

幼苗存活率^[25] = 存活幼苗数/初始幼苗数 $\times 100\%$

用 Excel 2013 软件对所得数据进行统计,用 SAS 软件进行单因素和正交方差分析,用 SigmaPlot 12.2 软件进行双因素方差分析并作图。

2 结果分析

2.1 自然群落实生苗更新

蒙古莠自然群落内实生苗的存活情况如图 1 所示。实生苗数量随着时间变化呈现出先增加后减少的趋势,新萌发的实生苗从 5 月初起持续被发现,在 7 月末实生苗数量达到最高值 54 株,到 9 月中旬剩余 16 株后不再变化。在 8 月下旬实生苗死亡数量达到峰值。至 10 月中旬生长季结束,累计出现 81 株实生苗,死亡 65 株。实生苗的死亡率高达 80.20%。实生苗的更新强度为 0.11株/m²。

2.2 种子萌发适宜条件

蒙古莠种子在适宜条件下播种 15 d 内完成萌发。在覆土情况下萌发率最高可达 90.7%。播种 20 d 左右开始长出第一对真叶,进入幼苗期。如表 4 所示,萌发温度和覆土厚度对种子的萌发率和发芽指数都存在极显著影响。温度是影响种子萌发的重要因子($R=57.24$)。种子适宜在恒温 20—25℃ 之间及变温 20℃/30℃ 的条件下萌发,覆土的最适宜厚度为 10—15 mm。浇水周期对种子的萌发率没有显著影响,但对发芽指数存在显著影响。在任何浇水周期下,种子都有着较高的萌发率,在每隔两天浇水一次时种子的发芽指数达到最高值,能够更快速的萌发。

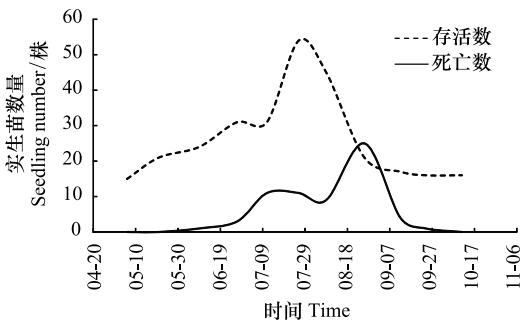


图 1 蒙古莠群落实生苗存活、死亡数量
Fig.1 The survival and mortality number of seedlings

表 4 蒙古莠种子萌发率及发芽指数

水平 Level	萌发率 Germination rate/%			发芽指数 Germination index		
	温度 Temperature	浇水间隔 Water cycle	埋深 Burial depth	温度 Temperature	浇水间隔 Water cycle	埋深 Burial depth
水平 1 Level 1	69.73a	48.67b	31.47c	7.52a	4.57ab	1.86c
水平 2 Level 2	72.68a	60.13a	49.87b	6.92a	5.81a	4.99b
水平 3 Level 3	49.47b	58.53ab	54.13b	4.54b	5.70ab	5.70ab
水平 4 Level 4	15.47c	50.13ab	67.60a	0.61c	4.46b	6.48a
水平 5 Level 5	62.40a	52.27ab	66.67a	5.43b	4.48b	6.00ab
极差 Range	57.24 **	11.46	36.14 **	6.90 **	1.35 *	4.62 **

注:不同小写字母表示方差分析结果存在显著差异($P<0.05$)。* 表示方差分析结果存在显著差异($P<0.05$), ** 表示方差分析结果存在极显著差异($P<0.01$)。

2.3 不同温度、水分条件下幼苗存活率

温度-浇水周期对蒙古莠幼苗的生长存活的影响如表 5 所示。根据双因素方差分析结果,温度显著影响幼苗的存活率。在恒温 25℃ 及每日 2 h 50℃ 高温胁迫条件下幼苗存活率达 53.33% 以上,持续的高温 and 低温对幼苗的存活造成非常显著的伤害,在恒温 20℃ 时幼苗的存活率仅为 2.00%。不同的浇水周期对幼苗的存活存在显著影响,最佳浇水周期为每隔 20 d 浇水一次,幼苗存活率可达 55.00%。减少浇水周期至每隔 5 d 浇水一次显著影响了幼苗的存活,使其存活率降为 3.33%。

温度-浇水量对蒙古莠幼苗的生长存活的影响如图 2 所示。根据双因素方差分析结果,随着高温胁迫时间的延长,幼苗存活率显著降低($P<0.05$)。高温胁迫 2 h 后幼苗存活率为 25.33%,当胁迫时间延长至 6 h 后幼苗存活率仅为 6.67%。浇水量对幼苗存活存在显著影响,浇水量达到田间持水量的 100.0% 时幼苗存活率显著高于其他处理,可达 33.33%。浇水量为田间持水量的 20.0% 时,幼苗存活率低至 4.44%。说明在高温胁迫条件下幼苗生长的最适宜土壤水分条件为田间持水量的 100.0%。

表 5 温度——浇水周期组蒙古莢幼苗存活率

Table 5 The seedling survival rate of temperature & water cycle group

温度 Temperature	浇水周期 Water cycle					均值 Mean value
	5 d	10 d	15 d	20 d	25 d	
20℃	0	0	6.67	3.33	0	2.07c
25℃	6.67	53.33	76.67	66.67	63.33	53.33a
30℃	0	20.00	20.00	63.33	33.33	27.33b
50℃ (2 h)	6.67	53.33	63.33	86.67	70.00	56.00a
均值 Mean value	3.33b	31.67a	41.67a	55.10a	41.67a	

不同小写字母表示方差分析结果存在显著差异 ($P<0.05$)

2.4 不同温度、水分条件下幼苗存活率动态变化

蒙古莢幼苗在不同温度下存活率动态变化如图 3 所示,在恒温 25℃ 及每日 2 h 50℃ 高温胁迫条件下,幼苗的存活率一直处于较高的水平,在恒温 30℃ 条件下,幼苗存活率在生长期保持稳定的下降,没有出现明显的斜率变化。在恒温 20℃ 条件下,幼苗在生长初期存活率急剧下降,并于 55 d 后下降到 2.00%。说明幼苗对持续高温和持续低温的耐受能力较差,特别是在持续低温环境中很快死亡。

蒙古莢幼苗在不同浇水周期下存活率动态变化如图 4 所示。在 10、15、20、25 d 浇水周期的情况下,幼苗前 55 d 存活率变化基本一致,呈现出稳步减少的趋势。后期每隔 20 d 浇水一次的幼苗表现出较高的存活率。每隔 5 d 浇水一次的幼苗存活率较其他处理明显偏低。在幼苗生长 50 d 后,曲线下下降斜率明显增大,说明从这一时期开始,幼苗死亡率增大。120 d 试验结束时幼苗存活率仅为 3.33%。

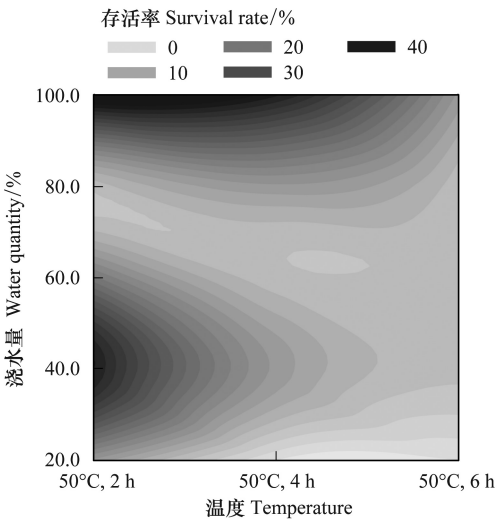


图 2 温度——浇水量组蒙古莢幼苗存活率

Fig. 2 The seedling survival rate of temperature & water quantity group

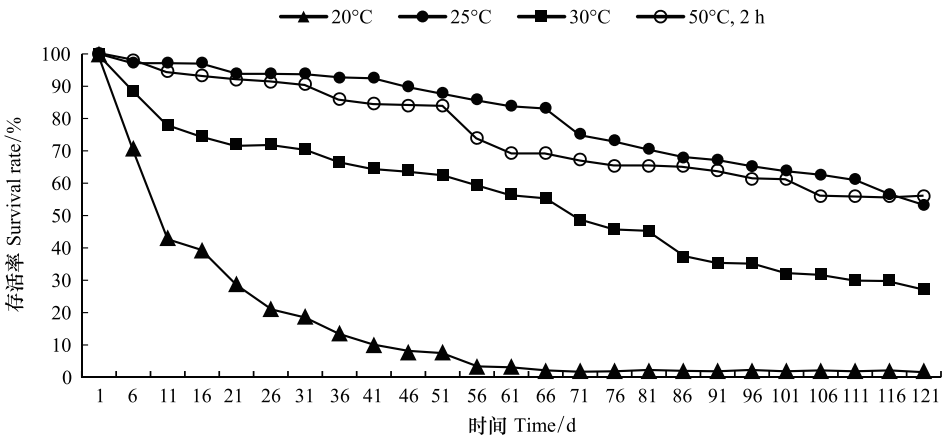


图 3 不同温度条件下蒙古莢幼苗存活率动态变化

Fig.3 The dynamic change of seedling survival rate for different temperature conditions

2.5 不同温度、水分条件下幼苗生长情况

由表 6 可以看出,温度对蒙古莢幼苗的株高、基径不存在显著影响。在恒温 20℃ 时,幼苗叶龄为最小值,

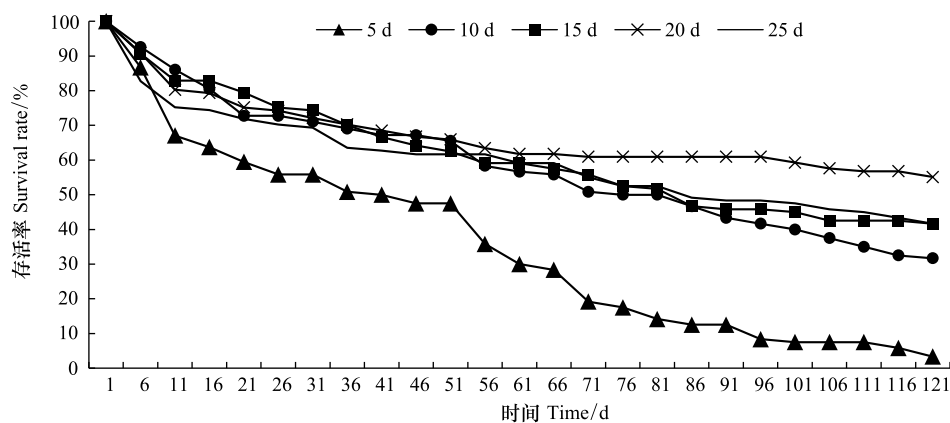


图4 不同浇水周期下蒙古莠幼苗存活率动态变化

Fig.4 The dynamic change of seedling survival rate for different Water cycle conditions

在恒温 25℃时叶龄达到最大值,说明恒温 25℃条件是蒙古莠叶片生长的最适宜温度。在变温条件下株高与枝长比显著大于其他处理。表明变温条件有利于植株茎的直立生长和增粗。缩短浇水周期至每隔 5 d 一次使蒙古莠株高和基径显著增大,而对于幼苗的叶龄没有显著影响。随着浇水周期的延长,幼苗的基径呈现出递减的变化趋势。表明每隔 5 d 浇水一次有利于茎的增粗,延长浇水间隔影响幼苗生长,使植株趋于矮小,但叶龄不发生变化。

表 6 温度——浇水周期组蒙古莠幼苗生长情况

Table 6 Growth of seedlings of temperature & water cycle group

处理 Treatment	水平 Level	株高 Plant height/cm	基径 Basal stem diameter/mm	叶龄 Leaf age	自然高度与绝对高度比值 Ratio of natural height to absolute height
温度 Temperature	20℃	1.47±0.96a	0.48±0.08a	5.41±0.66c	0.21±0.18b
	25℃	3.92±0.38a	0.61±0.03a	9.85±0.26a	0.27±0.07b
	30℃	3.07±0.47a	0.59±0.04a	9.57±0.32ab	0.43±0.09b
	50℃ (2 h)	4.22±0.38a	0.70±0.03a	8.91±0.26b	0.77±0.07a
浇水周期 Water cycle	5d	5.72±0.96a	0.80±0.08a	8.30±0.66a	0.55±0.18a
	10d	2.49±0.51ab	0.58±0.04ab	8.70±0.36a	0.40±0.10a
	15d	2.97±0.45ab	0.58±0.04ab	8.94±0.31a	0.38±0.09a
	20d	2.68±0.43ab	0.52±0.04b	8.11±0.30a	0.31±0.08a
	25d	2.00±0.52b	0.49±0.04b	8.13±0.36a	0.47±0.10a

不同小写字母表示方差分析结果存在显著差异 ($P<0.05$)

3 讨论

3.1 温度对种子萌发和幼苗建成的影响

蒙古莠种子不存在休眠现象,当年生产的种子在适宜条件下即可萌发。温度对种子的萌发影响甚大。恒温条件下,种子的适宜萌发温度为 20—25℃之间,30℃的恒温即对种子萌发产生不利影响。这与郭春燕等的研究结果基本一致^[23]。变温 20℃/30℃条件下,种子的萌发与恒温 20—25℃相若。但在 15℃/25℃变温下,种子的萌发率和发芽指数显著小于其他处理。每日 15℃左右的低温持续 12 h 会使得种子萌发率显著下降。30℃的高温对种子的萌发也有一定的抑制作用。这说明蒙古莠种子萌发的适宜温度范围较窄。

蒙古莠自然群落中实生苗的成活率较低,仅为 19.8%。从幼苗建成对温度的反应推测,持续的高温和低温会影响幼苗的存活。为探究蒙古莠幼苗对高温的耐受能力,我们在实验室模拟了这一时期内每日地表温度的变化。结果发现短时间(2 h)的高温(50℃)胁迫下幼苗的存活率较高,且相比其他恒温条件,幼苗的株高

更高,基径更粗,株高与枝长比的值最大。而长时间的高温胁迫(4 h 以上)使幼苗死亡率显著增大。说明蒙古莜比较适应变温的环境,对短时间高温的耐受能力较强。

大柳塔地区 5 月到 9 月土壤 0—3 cm 深度温度变化如图 5 所示。蒙古莜在最低温明显低于 15℃ 的 4—6 月少有萌发。在西北干旱地区,春季常有大风和倒春寒的发生,降低在此时的萌发率能够提高萌发后幼苗存活率。之后的温度条件越来越适合种子的萌发,在温度最高的 7 月蒙古莜达到萌发高峰,至此土壤种子库中能够萌发的种子大量萌发。蒙古莜幼苗在 7 月中旬到 8 月下旬之间死亡数量明显增多的原因可能与此时段的温度过高有关。图 5 显示,从 6 月中旬开始,土壤中种子萌发层(0—3 cm)的温度即可达到 50℃。7 月中旬是西北黄土丘陵地区年内气温最高时期^[26]。地温超过 40℃(甚至 50℃)的日数很多。蒙古莜的生长环境中,地表裸露,在夏季太阳直射时地表温度迅速升高。而蒙古莜幼苗只能适应短期的高温胁迫,随着每日高温胁迫时间的延长,幼苗死亡率逐渐增高。这样的高温环境可持续至 8 月中旬。8 月下旬后,温度逐渐降低,但土壤种子库中在此时已耗尽了原有的种子储备,从而表现新生幼苗明显减少的现象。

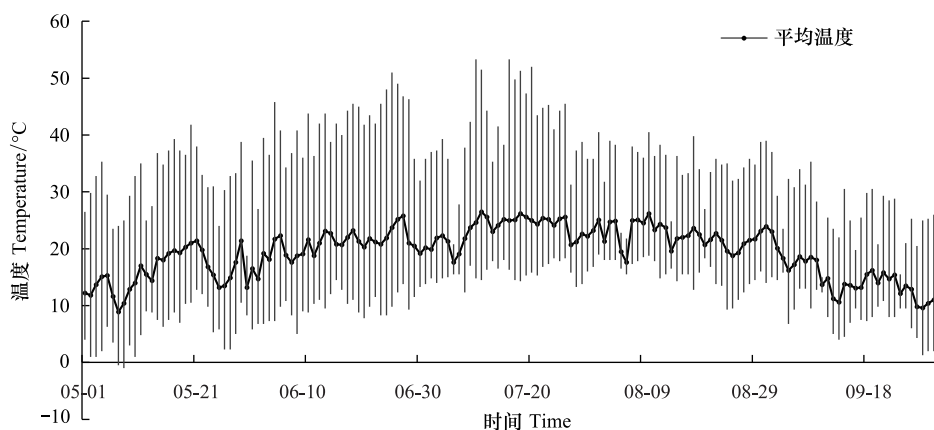


图 5 研究区 5—9 月土壤表面温度

Fig.5 Soil surface temperature in study site from May to September

3.2 水分对种子萌发和幼苗建成的影响

我国干旱半干旱地区限制植物存活生长的主要因素就是水分^[19]。郭春燕等^[23]的研究表明蒙古莜种子对水分条件非常敏感。在温度条件适宜,且水分充足时迅速完成吸胀过程,时间约为 1.5 h。水分充足条件下,不同的浇水周期对种子的萌发率没有显著的影响,但能够提高发芽指数,即使更多的种子快速萌发。研究区的土壤水分主要来自于降雨,降雨多集中在 7—9 月,占年降水量的 69%,并大多以暴雨的形式出现^[24,27]。这一时期的地表蒸发强烈,水分在浅层土壤中存留时间较短^[23]。蒙古莜能够适应研究区特殊的水分条件,种子迅速吸胀,并在 3—5 d 萌发出土,响应夏季有限的降雨,从而使幼苗尽早的生长。

不同的水分条件对幼苗的存活有显著影响^[19],室内试验结果显示频繁的浇水会增大蒙古莜幼苗的死亡率,而与此同时在高温胁迫条件下将土壤水分维持在田间持水量的最大值有助于幼苗的生长存活。因此,蒙古莜幼苗的生长对土壤的保水能力要求较高。自然群落实生苗调查结果显示,在降雨集中的 7、8 月份是幼苗死亡的高峰期。这一时期的降雨量虽然多,但由于降雨强度过大加之黄土丘陵地区疏松的土质使得水分快速的流失或入渗^[23,28]。这一水量能够供给蒙古莜种子萌发却不能长时间储存在浅层土壤中保证幼苗进一步生长。同时在夏季正午近乎 50℃ 的地温加之较为频繁的降水使得地表蒸发作用强烈,形成了类似“蒸笼”的地表环境,使得幼苗难以存活。萌发出土后的幼苗无法适应外界环境,容易出现较高的死亡率。

3.3 埋深对种子萌发的影响

埋藏深度影响种子在土壤中贮藏的生物和非生物条件,最终影响种子的萌发和幼苗的生长^[29],干旱区种子的沙埋深度在 0—20 mm^[30],浅层埋藏为种子提供了较为适宜的温度和水分^[31]。蒙古莜种子在埋深 10—15 mm 时萌发率最高。此处利于种子充分吸收土壤水分并顺利出苗,且种子萌发后根系能够较容易地固定并

吸收水分,从而增加了幼苗的存活率。造成埋深为 0 的种子不能萌发的主要原因是种子裸露在空气中,难以有效吸收和保存水分,影响种子正常萌发。

4 结论

虽然蒙古莠种子不存在休眠现象,萌发对水分的要求较宽范,但适宜其种子萌发的温度范围较窄。而且,适宜于种子萌发的条件与适宜于幼苗存活的条件有较大差异,致使其从种子萌发到完成幼苗建成全过程的环境“窗口”进一步缩小。其生境地的自然条件往往难以满足从种子萌发到幼苗建成全过程的要求。这是影响野生蒙古莠种群通过有性繁殖,扩大种群规模的主要原因之一。

根据从种子萌发到幼苗建成各时期的存活特征,可将蒙古莠从种子萌发到幼苗建成历程分为 3 个时期,第一个是种子萌发期,第二个是幼苗死亡多发期,第三个是稳定生长期。在蒙古莠自然群落生境中萌发期从 5 月持续到 7 月初,这一时期大量的种子萌发出土。然而随即到来的高温、多雨环境将幼苗直接带入死亡多发期,这一时期的幼苗大量死亡。直至 9 月,侥幸存活的幼苗进入稳定生长期。存活的幼苗作为种群自然更新的主要成分为种群的扩散做出贡献。

参考文献(References):

- [1] 王晓江,李爱平,宁明世,张纪刚.生态灌木蒙古莠的生物生态学特性及其经济价值评价.干旱区资源与环境,2006,20(2):191-194.
- [2] 李玉俊,李新荣,杨喜林.芳香植物——蒙古莠的生态生理特性及其栽培技术.中国沙漠,1991,11(3):50-56.
- [3] 高建平,贺晓,郭春燕,石小兰.蒙古莠小孢子发生和雄配子体发育的研究.西北植物学报,2009,29(6):1149-1154.
- [4] Mole E. Recent progress with the *Caryopteris* collection. Plant Heritage, 2004, 11(2): 14-15.
- [5] 宋鑫,张东梅,张丽静,胡晓伟,陈晓龙,张燕慧.施磷对蒙古莠(*Caryopteris mongholica*)形态和酸性磷酸酶活性的影响.中国沙漠,2015,35(4):917-922.
- [6] 郭春燕,贺晓,高建平,刘果厚.蒙古莠的开花物候与生殖特征.西北植物学报,2012,32(10):2040-2046.
- [7] 高建平.蒙古莠的胚胎学研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [8] 武向良.内蒙古重点保护草原野生植物名录.呼和浩特:内蒙古农牧业厅,2009.
- [9] 赵一之.蒙古莠的植物区系地理分布研究.内蒙古大学学报:自然科学版,1995,26(2):195-197.
- [10] 韩磊,贺康宁,芦新建,王占林.青海高寒半干旱区蒙古莠叶水势变化及其与环境因素的关系.水土保持通报,2008,28(6):1-5.
- [11] 谢乾瑾,夏新莉,刘超,尹伟伦.水分胁迫对不同种源蒙古莠光合特性与生长的影响.林业科学研究,2010,23(4):567-573.
- [12] Wilbur H M. Life history evolution in seven milkweeds of the genus *Asclepias*. Journal of Ecology, 1976, 64(1):223-240.
- [13] Baker P J. Seedling establishment and growth across forest types in an evergreen/deciduous forest mosaic in western Thailand. Natural History Bulletin of the Siam Society, 1997, 45(1):17-41.
- [14] 苏娜,焦菊英,王志杰.陕北黄土丘陵沟壑区坡沟立地环境下幼苗的存活特征.植物生态学报,2014,38(7):694-709.
- [15] 武高林,杜国祯.植物种子大小与幼苗生长策略研究进展.应用生态学报,2008,19(1):191-197.
- [16] 李雪华,蒋德明,刘志民,李晓兰.温带半干旱地区一年生植物种子的萌发特性.生态学报,2006,26(4):1194-1199.
- [17] Jalili A, Hamzeh'ee B, Asri Y, Shirvany A, Yazdani S, Khoshnevis M, Zarrinkamar F, Ghahramani M A, Safavi R, Shaw S, Hodgson J G, Thompson K, Akbarzadeh M, Pakparvar M. Soil seed banks in the Arasbaran Protected Area of Iran and their significance for conservation management. Biological Conservation, 2003, 109(3):425-431.
- [18] 张凯,慕小倩,孙晓玉,汪梦竹,胡胜武.温度变化对油菜及其伴生杂草种苗生长和幼苗生理特性的影响.植物生态学报,2013,37(12):1132-1141.
- [19] 马赞花,张铜会,刘新平,毛伟,岳祥飞.春季小降雨事件对科尔沁沙地尖头叶藜萌发的影响.生态学报,2015,35(12):4063-4070.
- [20] 李文婷,张超,王飞,郑明清,郑元润,张峰.沙埋与供水对毛乌素沙地两种重要沙生植物幼苗生长的影响.生态学报,2010,30(5):1192-1199.
- [21] 李胜利,夏亚真,刘金,师晓丹,孙治强.高温胁迫下番茄幼苗对冷激的响应.应用生态学报,2014,25(10):2927-2934.
- [22] Lobell D B, Schlenker W, Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. Science, 2011, 333(6042):616-620.
- [23] 郭春燕.蒙古莠生殖生物学研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [24] 贺一鸣,贺晓,包丽颖,郭春燕,高建平,李琪.蒙古莠(*Caryopteris mongolica*)种群空间格局及枝系构型.中国沙漠,2016,36(4):1007-1013.
- [25] 田璐,张沛东,牛淑娜,张秀梅,张凌宇.不同处理对大叶藻种子萌发和幼苗建成的影响.生态学杂志,2014,33(9):2408-2413.
- [26] 王若安.平凉黄土高原沟壑区最高最低气温对气候变暖的响应.干旱区资源与环境,2010,24(6):72-76.
- [27] 杨毅.神木县矿山地质环境影响评价研究[D].西安:西安科技大学,2008.
- [28] 尹秋龙,焦菊英,寇萌.极端强降雨条件下黄土丘陵沟壑区不同植被类型土壤水分特征.自然资源学报,2015,30(3):459-469.
- [29] 苏延桂,李新荣,贾荣亮,冯丽.沙埋对六种沙生植物种子萌发和幼苗生长的影响.中国沙漠,2007,27(6):968-971.
- [30] 王国华,赵文智.埋藏深度对梭梭(*Haloxylon ammodendron*)种子萌发及幼苗生长的影响.中国沙漠,2015,35(2):338-344.
- [31] 王国华,赵文智.不同沙埋深度对当年生柠条锦鸡儿种子萌发及幼苗生长的影响.干旱区地理,2016,39(1):95-103.