

温度 and 水分对无芒隐子草和 条叶车前种子萌发的影响

鱼小军¹, 王彦荣^{1*}, 曾彦军¹, 苏 德²

(1. 兰州大学草地农业科技学院 甘肃草原生态研究所, 兰州 730020; 2. 内蒙古阿拉善盟草原站, 巴彦浩特 750360)

摘要:研究了无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)和条叶车前(*Plantago lessingii*)种子萌发对不同温度和水分渗透势的响应。温度在 10℃ 恒温至 50/20℃ 变温范围内设 11 个处理, 水分渗透势在 0~-1.8MPa 区间以 0.2MPa 为间隔设 10 个处理。结果显示, 无芒隐子草鞘内小穗的种子具有很高的生活力, 其萌发温度幅较宽, 在 10~50/20℃ 温度区间, 较高温度促进萌发; 条叶车前种子萌发温度幅较窄, 在 10~30℃ 温度区间, 较低温度促进其萌发。无芒隐子草和条叶车前种子的最佳萌发温度分别为 35/20℃ 变温和 20℃ 恒温, 在此条件下的发芽率分别达 94% 和 61%, 后者发芽率低的原因是种子存在生理休眠。两种植物种子萌发的最低水分阈值为 -1.6MPa, 发芽率皆随渗透势降低而呈直线下降趋势, 但条叶车前较无芒隐子草下降缓慢。发芽率(y)与渗透势(x)的回归方程, 无芒隐子草为 $y_1 = -10.976x_1 + 98.4$ ($r^2 = 0.954$), 条叶车前为 $y_2 = -5.909x_2 + 60.2$ ($r^2 = 0.964$)。随着水分胁迫的加剧, 供试种胚芽长呈逐渐下降趋势, 但胚根长呈先增加(无芒隐子草在 -0.6MPa, 而条叶车前在 -0.4MPa)而后下降的趋势。讨论了两种植物种子萌发对不同温度和水分响应的生态学意义。

关键词: 萌发; 温度; 水分; 无芒隐子草; 条叶车前; 荒漠草原

Effects of temperature and osmotic potential on seed germination of *Cleistogenes songorica* and *Plantago lessingii*

YU Xiao-Jun¹, WANG Yan-Rong^{1*}, ZENG Yan-Jun¹, SU De² (1. College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University; Gansu Grassland Ecological Research Institute, Lanzhou 730020; 2. Grassland Station of Alashan Region, Inner Mongolia, Bayanhot 750360, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 883~887.

Abstract: *Cleistogenes songorica* and *Plantago lessingii* are important native plant species in the north-west desert grassland of China, and play a significant role in pasture production and vegetation restoration. Research on factors affecting germination of these species has not been reported previously. A series of laboratory tests were therefore conducted to study germination response of the two species to temperature and osmotic potential. The temperature regime for both species included 5 constant temperatures (10, 15, 20, 25, 30 °C) and 3 alternating temperature regimes (25/10, 25/15, 30/20 °C). Additional regimes were also used; 35/20, 40/20 and 50/20 °C for *C. songorica*, and 20/10 °C for *P. lessingii*. Ten osmotic potentials ranging from 0 to -1.8MPa were implemented by moistening germination paper with PEG (6000) solutions.

Results showed that almost all seeds enclosed in the leaf sheath of *C. songorica* were viable. The germination temperature range of *C. songorica* was very wide and ranged from 10 °C to 50/20 °C, and higher temperature promoted germination. On the other hand, *P. lessingii* seed had a narrow range of germination temperatures, from 10 °C to 30 °C, and lower temperature promoted germination. The optimal germination temperature was 35/20 °C for *C. songorica* and 20 °C for *P. lessingii*, at which germination percentages were 94% and 61%, respectively. The reason for the low germination of *P. lessingii* is that some of

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2001AA244081); 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000048704)

收稿日期: 2003-09-28; **修订日期:** 2004-03-10

作者简介: 鱼小军(1977~), 男, 甘肃陇西人, 硕士生, 主要从事草业科学研究。E-mail: xjyulz@tom.com

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: yrwang@lzu.edu.cn

Foundation item: National High Technology Research and Development Program (863program) of China (No. 2001AA244081) and National Key Basic Research Special Foundation of China (No. G2000048704)

Received date: 2003-09-28; **Accepted date:** 2004-03-10

Biography: YU Xiao-Jun, Master candidate, mainly engaged in forage seed science. E-mail: xjyulz@tom.com

the seeds were in dormancy. Germination declined as osmotic potential decreased from 0 to -1.6MPa , and the declining tendency in *C. songorica* was faster than that in *P. lessingii*. Regression analysis indicated that germination percentages (y) of both species were highly related to osmotic potential (x), which can be expressed by: $y_1 = -10.976x_1 + 98.4$ ($r^2 = 0.954$) for *C. songorica*, and $y_2 = -5.909x_2 + 60.2$ ($r^2 = 0.964$) for *P. lessingii*. Plumule growth was inhibited as the osmotic potential decreased; however radical growth was promoted as osmotic potential changed from 0MPa to -0.6MPa in *C. songorica*, and to -0.4MPa in *P. lessingii*, and thereafter decreased. The ecological significance of the germination response to different temperatures and osmotic potentials is discussed.

Key words: germination; temperature; osmotic potential; *Cleistogenes songorica*; *Plantago lessingii*; desert grassland

文章编号: 1000-0933(2004)05-0883-05 中图分类号: Q948 文献标识码: A

无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)和条叶车前(*Plantago lessingii*)是我国西北荒漠草地的重要植物种^[1~3],二者生活型不同,但通常共生于相同的植被类型之中。无芒隐子草是多年生旱生植物,是荒漠草原和荒漠的建群种和优势种^[1,2],而条叶车前是车前科1年生短命植物,属旱生-荒漠草原种^[2~4],其能在春季雨后萌发,快速形成优势层片^[4]。以上两种植物均具优良饲用价值,而且对荒漠生态系统的恢复和保育具有重要作用。

以往对无芒隐子草和条叶车前种子生物学方面的研究报道较少,仅见诸于:无芒隐子草叶鞘内藏有小穗,顶部花序暴露于外^[5],在年均降雨量为240mm左右的荒漠草原能形成大量的实生苗^[6]。条叶车前在春季和夏季雨后萌发^[7],但尚未见对两种植物种子萌发生态适应性的报道。在荒漠草原中,温度和水分是影响种子萌发的极为重要的生态因子。本研究探讨了无芒隐子草和条叶车前种子萌发对一系列温度和水分条件的响应。

1 材料与方法

1.1 样品采收

条叶车前和无芒隐子草种子分别于2002年6月和10月采收自内蒙古阿拉善左旗红砂(*Reaumuria songorica*)荒漠草原,均包含至少100株的混合种子,其中无芒隐子草为包藏于叶鞘中的种子。种子风干后在冰箱5℃贮藏待用,所有实验于2003年4~7月在兰州大学农业部牧草与草坪草质检中心进行。

1.2 温度对萌发的影响

设10℃、15℃、20℃、25℃和30℃5个恒温及25/10℃、25/15℃、30/20℃3个变温(16h低温,8h高温)共8个温度处理。发现无芒隐子草和条叶车前分别喜高温和低温后,对无芒隐子草增设35/20℃、40/20℃、50/20℃变温处理,对条叶车前增设20/10℃变温处理。试验采用纸上法,每皿50粒,4次重复。试验期间每天统计发芽数,第7天测定根长、苗长;计算活力指数($VI = GI \times \text{苗长}$)($GI = \sum GT/DT$, GT 为在 t 日的发芽率, DT 为相应的发芽天数)。

1.3 水分对萌发的影响

水分条件设置渗透势为0、-0.2、-0.4、-0.6、-0.8、-1.0、-1.2、-1.4、-1.6、-1.8MPa的PEG(聚乙二醇,分子量6000)溶液共10个处理,PEG溶液采用Michel和Kaufmann^[8]的方法配置。在最适温度条件下(无芒隐子草为35/20℃变温,条叶车前为20℃恒温)萌发。试验期间,用称重法,每天补充因蒸发而散失的水分,以保持恒定的PEG浓度。实验末期统计发芽率和活力指数。

1.4 种子生活力检测

按文献^[9]所述方法,将未发芽的无芒隐子草和条叶车前种子随机抽取200粒,50粒为一组,4次重复,红四氮唑染色8h后镜检,测定有生命力种子的百分数。

1.5 数据处理 用Statistic统计分析,用Excel制图。

2 结果

2.1 不同温度对种子萌发的影响

无芒隐子草种子萌发温度幅较宽,能在低温10℃到高温50/20℃的区间萌发(表1),但在温度较高区间发芽更好,例如25℃恒温和40/20、35/20℃变温条件下的萌发速度和最终发芽率分别高于10、15℃恒温和25/15℃变温。萌发速度较快的最终发芽率较高,但30℃恒温下萌发的无芒隐子草种子例外,发芽速度快但最终发芽率较低。在设置的11个温度处理间,无芒隐子草种子的最适萌发温度为35/20℃变温,在此条件下的发芽率为94%;10℃恒温条件下发芽率最小,为9%。

与无芒隐子草比,条叶车前种子萌发较慢,第3天才开始萌发(表2)。其萌发更适宜于较低温度,较高温度对萌发起抑制作用,例如在15、20℃恒温和25/15℃变温条件下的萌发速度和最终发芽率高于30、25℃恒温和30/20℃变温。在设置的9个温度间,条叶车前种子的最适宜萌发温度是20℃恒温,在此条件下的发芽率为61%;30℃恒温条件下发芽率最小,为7%。

表 1 温度对无芒隐子草种子萌发的影响
Table 1 Effect of temperature on germination of *Cleistogenes songorica* seed

温度(℃) Temperature	萌发天数 Germination days							
	1	3	5	7	9	11	13	15
10	0b	0f	0f	0g	1f	9e	11e	18e
15	0b	0f	12e	30e	42d	57d	60d	63d
20	0b	24d	59c	66c	73bc	74bc	74bc	74bc
25	0b	51c	75bc	76bc	78b	79b	79b	79b
30	9a	63b	71bc	71c	74bc	74bc	74bc	74bc
25/10	0b	7e	56cd	69c	73bc	73bc	73bc	73bc
25/15	0b	22d	46d	58d	65c	68c	71c	72c
30/20	0b	54c	65c	68c	74bc	74bc	74bc	74bc
35/20	0b	75a	90a	94a	94a	94a	94a	94a
40/20	0b	64b	78b	84b	84b	84b	84b	84b
50/20	0b	0f	0f	5f	12e	15e	15e	15e

各列间标有不同字母者, 为 5% 水平差异显著 Values within each column followed by different letters are significantly different at 5% level

温度对两种植物胚根和胚芽生长的影响与对萌发的影响基本一致, 表现为萌发速度快的温度处理其胚根和胚芽生长较快; 例外的是在 30℃ 恒温下的无芒隐子草的萌发速度和发芽率较低, 条叶车前的萌发速度和发芽率最低, 但是二者的胚芽却最长, 然而与最适温度比差异不显著 ($P>0.05$)。另一方面无论在较高温度 (30℃)、较低温度 (15℃) 和最适温度下, 条叶车前的胚根和胚芽长度极显著 ($P>0.01$) 高于无芒隐子草 (图 1), 例如在最适温度下, 前者的胚根和胚芽分别比后者增加 81% 和 59%。

除个别情况外 (30℃ 恒温的无芒隐子草和 25/15℃ 变温的条叶车前), 温度对活力指数的影响与对萌发或胚芽的影响一致, 表现为有利于发芽的温度也提高了活力指数 (图 2)。

2.2 不同水分对种子萌发的影响

随着模拟干旱胁迫的加剧, 无芒隐子草和条叶车前种子的发芽率均呈直线下降趋势 (图 3), 但无芒隐子草下降较快, 条叶车前相对平缓。在渗透势高于 -0.8MPa 时, 无芒隐子草的发芽率大于条叶车前; 而渗透势小于 -0.8MPa 时, 二者相反。当渗透势为 -1.8MPa 时, 种子均不能萌发。相关与回归分析表明, 发芽率 (y) 与渗透势 (x) 的相关方程分别为:

无芒隐子草: $y_1 = -10.976x_1 + 98.4 (r^2 = 0.954)$

条叶车前: $y_2 = -5.909x_2 + 60.2 (r^2 = 0.964)$

由相关方程显示, 条叶车前种子萌发较无芒隐子草萌发更耐干旱。

图 4 显示, 胚根和胚芽的生长对干旱胁迫的反应不同。两种植物的胚根皆随着胁迫的加剧呈先增加 (无芒隐子草在 -0.6MPa, 而条叶车前在 -0.4MPa) 后下降的趋势, 但变化幅度无芒隐子草较条叶车前平缓 (图 4 A)。而两种植物的胚芽随着干旱胁迫的加剧呈递减趋势 (图 4 B)。

两种植物的活力指数对于干旱胁迫的响应不同, 其中无芒隐子草随着干旱胁迫的加剧逐渐减小, 条叶车前随着干旱胁迫的加剧呈先增加 (最高值在渗透势为 -0.2MPa) 后下降趋势 (图 5)。除处理 0 MPa 外, 其他处理下条叶车前的活力指数皆高于无芒隐子草。

2.3 种子生活力检测

表 2 温度对条叶车前种子萌发的影响

Table 2 Effect of temperature on germination of *Plantago lessingii* seed

温度(℃) Temperature	萌发天数 Germination days					
	1	3	5	7	9	11
10	0	9d	34b	41c	48b	49b
15	0	34b	49a	54ab	55ab	56ab
20	0	34b	51a	61a	61a	61a
25	0	18c	37b	37cd	38c	38c
30	0	4d	6c	7e	7e	7e
20/10	0	11d	39b	39cd	39c	39c
25/10	0	24c	42b	42c	42c	42c
25/15	0	44a	48a	50b	50b	50b
30/20	0	23c	32b	33d	34d	34d

* 各列间标有不同字母者, 为 5% 水平差异显著 Values within each column followed by different letters are significantly different at 5% level

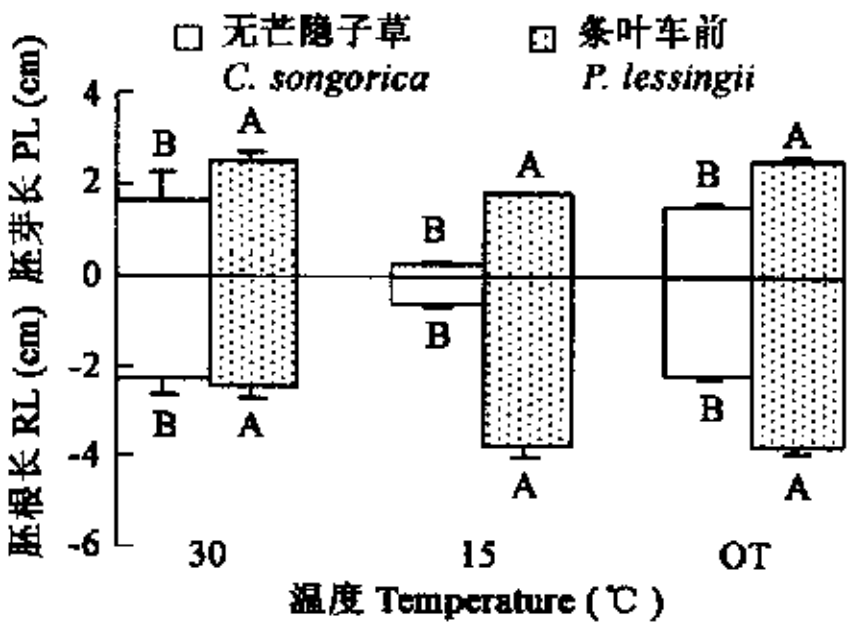


图 1 不同温度对无芒隐子草和条叶车前种子萌发 7d 的胚根与胚芽长度的影响

Fig. 1 Effect of different temperatures on radicle and plumule length after 7days germination of *Cleistogenes songorica* and *Plantago lessingii* seed

OT 适宜温度 Optimal temperature; 相同测定项目不同植物间标有不同字母者, 为 1% 水平差异显著 The different letters marked between two species within the same measurement indicates the significant difference at 1% level

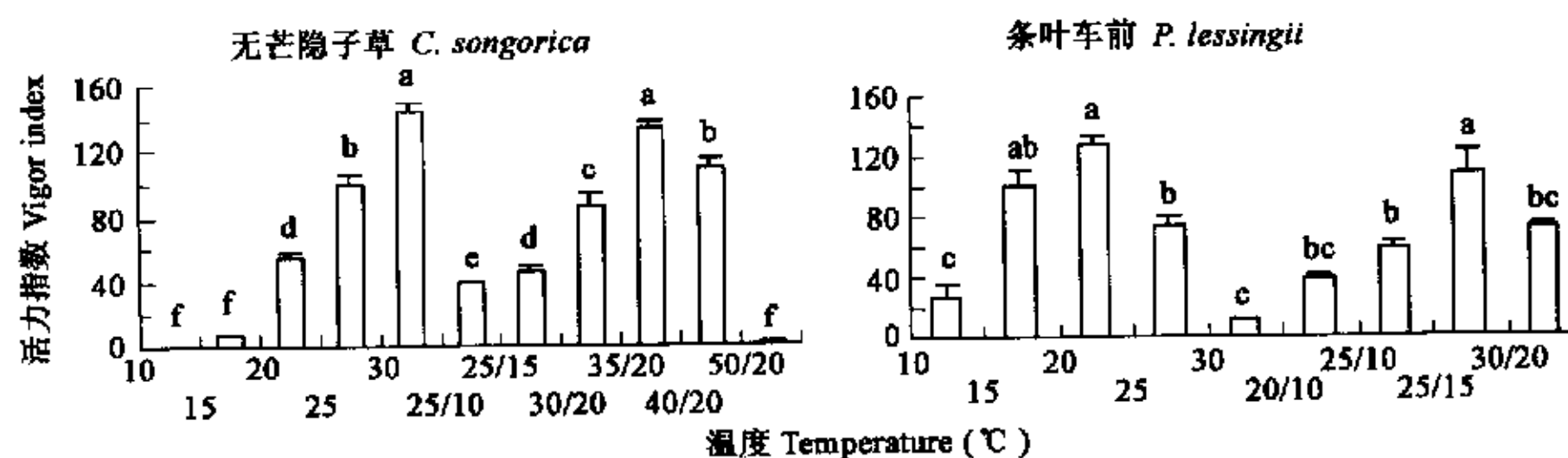


图2 温度对无芒隐子草和条叶车前幼苗活力指数的影响

Fig. 2 Effect of temperature on vigor index of *Cleistogenes songorica* and *Plantago lessingii* seed

同一植物不同温度处理间标有不同字母者,为5%水平差异显著 The different letters marked among temperatures for each species indicates the significant difference at 5% level

经染色鉴定,未萌发种子的生活力为100%,处于休眠状态。

3 讨论

以往研究认为,无芒隐子草叶鞘内藏有小穗,而暴露于外部的小穗位于植株顶部的花序^[6]。根据对内蒙古阿拉善荒漠草原连续几年的调查表明:无芒隐子草顶部花序结实率很低,仅为2%~6%;而鞘藏小穗结实率高达99.8%^①。鞘藏小穗种子的生活力很高,发芽率达94%左右(表1)。从而揭示了无芒隐子草的种子生产是以鞘藏小穗为主,这在草业生产和科学研究中应予以高度重视。

温度和水分是影响种子萌发的两个关键生态因子,而且对于干旱荒漠植物的影响尤为重要^[10,11]。无芒隐子草和条叶车前种子萌发对温度和水分的响应均存在较大的差别性。在温度方面,

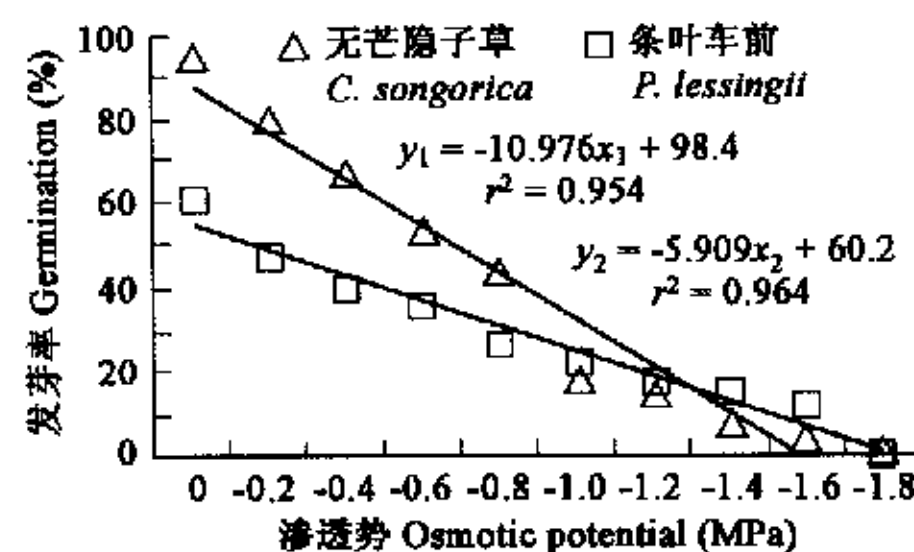
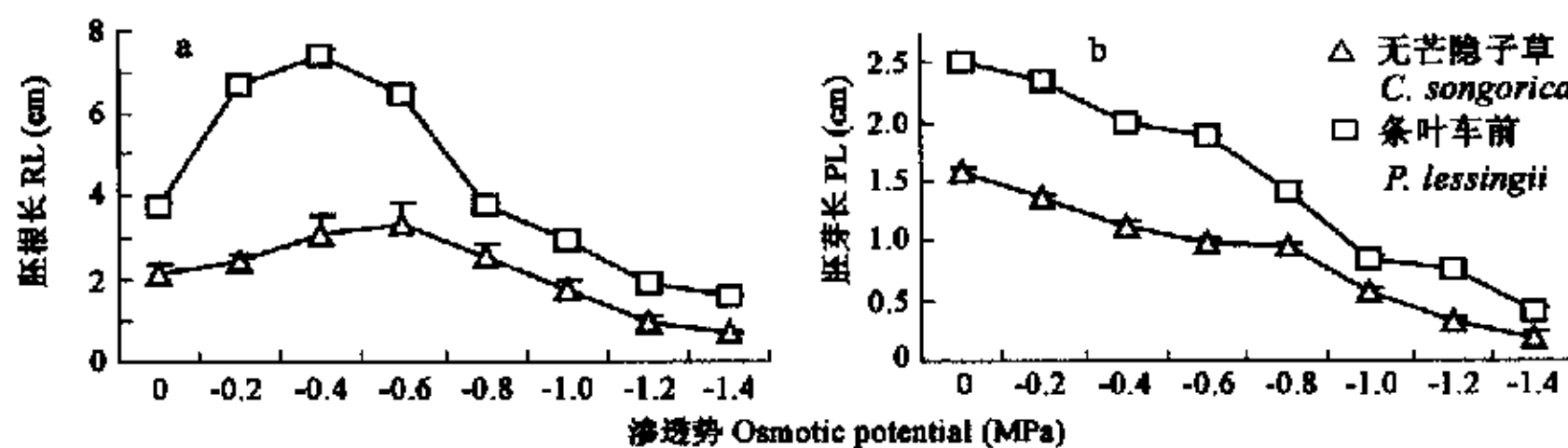
图3 无芒隐子草和条叶车前种子发芽率和渗透势的回归关系(y_1 和 x_1 为无芒隐子草参数, y_2 和 x_2 为条叶车前参数)Fig. 3 Relationship between seed germination and osmotic potential for *Cleistogenes songorica* (y_1, x_1) and *Plantago lessingii* (y_2, x_2)

图4 不同渗透势下无芒隐子草和条叶车前种子萌发7d的胚根(a)与胚芽(b)长度(平均数±标准误)

Fig. 4 Radicle length(a) and plumule length(b) after 7 days germination of *Cleistogenes songorica* and *Plantago lessingii* seed at different osmotic potentials (mean ± se)

无芒隐子草种子萌发温度幅宽而较喜高温(表1),而条叶车前种子萌发温幅较窄而较喜低温(表2)。在水分方面,条叶车前种子萌发更耐旱(图3)。结果表明,在我国西北荒漠草原,就温度而言,无芒隐子草种子可在整个生长季萌发,而生产中罕见实生苗的现象可归结为萌发所需水分不足。条叶车前种子萌发的温幅显示了其可能在早春和晚秋萌发,这与自然景观相符^[4]。无芒隐子草和条叶车前种子萌发在温度和水分方面存在较大差别,其萌发生态位在时间上互不重合,这可能是在荒漠地区严酷生境下它们可以长期共存的原因之一。

干旱胁迫对胚芽生长起抑制作用(图4a),然而轻度干旱促进胚根的生长(图4b)。这与曾彦军等^[12]对柠条(*Caragana*

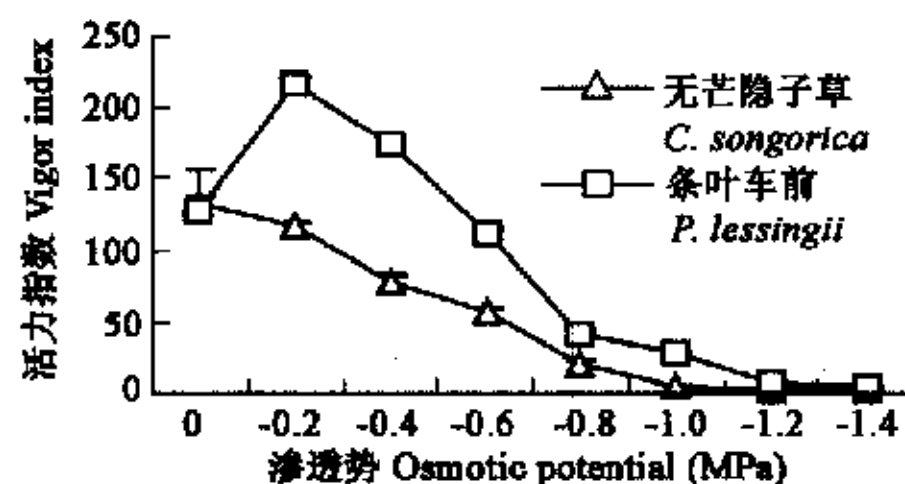


图5 不同渗透势下无芒隐子草和条叶车前幼苗的活力指数(平均数±标准误)

Fig. 5 Effect of osmotic potential on vigor index of *Cleistogenes songorica* and *Plantago lessingii* seed (mean ± se)

① 曾彦军,等,待发表资料。

korshinskii)、花棒 (*Hedysarum scoparium*) 和白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*) 的研究结果相符, 而与余玲等对野大麦 (*Hordeum brevisubulatum*)^[13] 和布顿大麦 (*H. bogdanii*)^[14] 的研究结果相反。这可能是物种不同, 幼苗对干旱胁迫的响应也不

同的缘故。

依据以 20℃ 恒温为对照测定野生植物种子休眠的方法^[15], 无芒隐子草和条叶车前的发芽率分别为 74% 和 61% (表 1、表 2), 表明两种植物都具休眠特性, 而以条叶车前休眠率为高。变温 (35/20℃) 和 GA3 处理可分别有效破除无芒隐子草和条叶车前种子休眠的结果显示, 两者均可划分为胚休眠类型^[16]。种子休眠在野生植物中十分普遍^[15], 是植物适应逆境和保存物种延续的一种生态策略。

References:

- [1] Chen M J, Jia S X. *China Forage Plant Flora*. Beijing: China Agriculture Press, 2002. 80, 1362.
- [2] Zhou Z Y. *Studies on Primary Nutritive Types in Alashan Desert Grassland*. Lanzhou: Gansu Press of Science and Technology 1990, 139, 162.
- [3] Plant Research Institute of Chinese Academy of Science. *Iconographia Cormophytorum Sinicoum* (Tomus IV). Beijing: Science Press, 1994. 182.
- [4] Tan D Y, Tian Y W, Aihemaiti. Microsporogenesis and the formation of malegametophyte on ephemeral plant in *Plantago lessingii*. *Acta Bot. Boreal.-Occident Sin.*, 1996, 16(2): 164~168.
- [5] Plant research institute of Chinese Academy of Science. *Iconographia Cormophytorum Sinicoum* (Tomus V). Beijing: Science Press, 1976. 136.
- [6] Yang J, Zhu G L, Gao G R, et al. Effects of grazing system on the reproductive feature of key plant popular in *Stipa breviflora* steppe. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2001, 15(5): 112~116.
- [7] Liang C Z, Liu Z L, Zhu Z, et al. Specific diversity and distribution characteristics of annul synusia in Alashan desert. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(6): 897~903.
- [8] Michel E M, Kaufmann M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol*, 1973, 51: 914~916.
- [9] Moore R P. *Handbook on Tetrazolium Testing*. Zurich, Switzerland, International Seed Testing Association, 1985.
- [10] Zhao G F, Xu L, Zhang L J. Environmental adaptation in plant population in the prcess of molecular evolution, primary analysis of the result from the study on the genetic diversity of the desert plants. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 2003, 23(7): 1084~1090.
- [11] Li X R, Zhang X S. Bio-diversity of shrub community in desert steppe and steppe desert on Erdos Plateau. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(6): 665~669.
- [12] Zeng Y J, Wang Y R, Sa R, et al. Response of seed germination of three xeromorphic shrubs to drought stress. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(8): 953~956.
- [13] Yu L, Wang Y R, Sun J H. Studies on germination condition and stress resistance of *Hordeum brevisubulatum* seeds. *Acta Pratacuturae Sinica*, 1999, 8(1): 50~57.
- [14] Yu L, Wang Y R, Sun J H. Effect of environment stress on germination and seedling length of *Hordeum bogdanii* seeds. *Acta Pratacuturae Sinica*, 2002, 11(2): 79~84.
- [15] Nancy V, Aleta M. Testing native species with deep dormancy. *Seed Technology*, 2002, 24(1): 43~51.
- [16] Yang Q H, Ye W H, Song S Q, et al. Summarization on causes of seed dormancy and dormancy polymorphism. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 2003, 23(5): 837~843.

参考文献:

- [1] 陈默君, 贾慎修. 中国饲用植物志. 北京: 中国农业出版社, 2002. 80, 1362.
- [2] 周志宇. 阿拉善荒漠草地类初级营养类型研究. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1990. 139~162.
- [3] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴 (第四册). 北京: 科学技术出版社, 1994. 182.
- [4] 谭敦炎, 田允温, 艾合买提. 短命植物条叶车前小孢子发生与雄配子体发育研究. 西北植物学报, 1996, 16(2): 164~168.
- [5] 中国科学院北京植物研究所主编. 中国高等植物图鉴 (第五册). 北京: 科学出版社, 1976. 136.
- [6] 杨静, 朱桂林, 高国荣, 等. 放牧制度对短花针茅草原主要植物种群繁殖特征的影响. 干旱区资源与环境, 2001, 15(5): 112~116.
- [7] 梁存柱, 刘钟龄, 朱宗元, 等. 阿拉善荒漠区一年生植物层片物种多样性及其分布特征. 应用生态学报, 2003, 14(6): 897~903.
- [10] 赵桂仿, 徐莉, 张林静. 植物种群分子进化中对生境的适应——对荒漠植物遗传多样性研究结果的初步分析. 西北植物学报, 2003, 23(7): 1084~1090.
- [11] 李新荣, 张新时. 鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性的研究. 应用生态学报, 1999, 10(6): 665~669.
- [12] 曾彦军, 王彦荣, 萨仁, 等. 几种旱生灌木种子萌发对干旱胁迫的响应. 应用生态学报, 2002, 13(8): 953~956.
- [13] 余玲, 王彦荣, 孙建华. 野大麦种子萌发条件及抗逆性研究. 草业学报, 1999, 8(1): 50~57.
- [14] 余玲, 王彦荣, 孙建华. 环境胁迫对布顿大麦种子萌发影响及种苗生长发育的影响. 草业学报, 2002, 11(2): 79~84.
- [16] 杨期和, 叶万辉, 宋孙泉, 等. 植物种子休眠的原因及休眠的多形性. 西北植物学报, 2003, 23(5): 837~843.