



模拟不同降雨量对猪毛蒿种子萌发的影响

苏莹^{1,2}, 陈林^{1,2}, 李月飞^{1,2}, 宋乃平^{1,2}, 杨新国^{1,2}, 王磊^{1,2}, 朱林^{1,2}

(1. 宁夏大学/西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏银川 750021; 2. 宁夏大学/西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 宁夏银川 750021)

摘要:为揭示猪毛蒿对水分变化的响应及适应规律,以猪毛蒿为试验材料,利用光温自动控制的培养箱,通过种子库萌发试验,研究不同降雨量情况下荒漠草原优势物种猪毛蒿种子萌发参数的变化。结果表明:随着降雨量的增加,土壤种子库中猪毛蒿种子的萌发表现出逐渐增加的趋势,当日降雨量为 3 mm 时,萌发数量显著高于其他降雨条件($P < 0.05$);日降雨量与萌发指数的关系为 $y = -0.0738 \times (1 - 3.499^x)$ ($R^2 = 0.9793$, $P < 0.01$),表明降雨量的增加有利于提高猪毛蒿种子的萌发速度,当日降雨量为 1.0 mm 时,就能打破种子的休眠,使得猪毛蒿进行萌发;当日降雨量为 2.0、2.5、3.0 mm 时,猪毛蒿种子的萌发最高峰早于日降雨量为 1.0、1.5 mm;萌发后期,每盆中生存的猪毛蒿幼苗维持在 2~4 株。综上所述,日降雨量为 1.0 mm 时,是猪毛蒿的种子进行萌发的最小降雨阈值,且降雨量对于土壤种子库中猪毛蒿种子的萌发具有十分重要的影响。

关键词:猪毛蒿;种子萌发;降雨量;土壤种子库;荒漠草原

水分是植物种子萌发及其生长最主要的限制因子^[1],对植物种群分布具有重要的影响。在宁夏荒漠草原地区,降雨是土壤水分的主要来源^[2],但该区年降雨量小,时空分布不均^[3],直接影响种子的萌发过程,进而影响植物的幼苗更新^[4-5]。在全球变暖的背景下,北半球中高纬度地区的降雨量总体呈增加的趋势^[6]。而降水的变化将会使该区植物种子萌发状态发生改变,对于植物种群的更新及动态变化将产生重要的影响。因此,研究荒漠草原区降雨变化对猪毛蒿种子萌发的影响,对于预测气候变化背景下荒漠草原区猪毛蒿种群的发展变化趋势及草场的恢复与改良具有重要意义。

猪毛蒿 (*Artemisia scoparia*), 菊科蒿属, 多年生或近一、二年生草本, 植株有浓烈的香气, 为荒漠草原生态系统的非优质牧草, 因具有较强适应恶劣环境能力而成为该区主要的先锋种和建群种^[7-8]。但其利用率相对较低, 导致荒漠草原仅表现为“量”上的草原。因此, 为使荒漠草原由“量”向“质”的转变, 对猪毛蒿的研究显得尤为重要, 其

中猪毛蒿种子萌发特性对水分环境的响应直接影响幼苗的存活及种群的更新动态。

土壤种子库是指土壤及表面落叶层中所有具有生命力的种子总和^[9], 是潜在的植被种群, 也是种群定居、生存、繁衍及扩散的基础, 对于促进地上植被的更新具有重要意义^[10-11]。种子萌发在植物生长发育中十分重要, 直接影响植物种群的建立。一般在适宜的水分条件下种子就能萌发, 水分不足或过多都不利于种子萌发^[12]。但对于猪毛蒿这种能大量爆发的物种, 其所需的“降雨阈值”没有明确界定。因此, 为了解荒漠草原区猪毛蒿的分布特征, 需明确影响其种子萌发的水分因子^[13]。目前, 对于土壤种子库及其萌发的研究很多, 而关于降雨变化对猪毛蒿种子萌发的研究较少。基于此, 本文通过种子库萌发试验, 试图从理论上找出一个最适宜猪毛蒿种子萌发的土壤水分区间, 并进一步讨论降雨变化对土壤种子库中猪毛蒿萌发的影响, 旨在为预测未来荒漠草原区降雨变化条件下, 猪毛蒿种群的生存方向, 以及为改良宁夏荒漠草原的草场质量提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地区位于宁夏盐池县柳杨堡乡杨寨子村 (N37°04'~38°10', E106°30'~107°41')。北部与毛乌素沙地相连, 东南部与黄土高原相连。气候特点为干旱少雨, 蒸发强, 春冬季风沙大。年均温为 8.2℃, 年降雨量为 292 mm, 且主要集中在

收稿日期: 2018-10-24

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0500709);宁夏高等学校一流学科建设(生态学)(NXYLXK2017B06);宁夏自然科学基金重点项目(NZ17005, 2018AAC03037);宁夏大学研究生创新项目(GIP2018070)。

第一作者简介:苏莹(1993-),女,在读硕士,从事植物生态学 research。E-mail: suying2246@163.com。

通讯作者:朱林(1970-),男,博士,副研究员,从事牧草水分生理及栽培研究。E-mail: zhulinscience@126.com。

7-9月,蒸发量为2 710 mm,干燥度为3.1,无霜期为160 d。该区地带性土壤为灰钙土,非地带性土壤为风沙土^[14],此外裸露的松散风化基岩也普遍分布。地表植被以沙地植被、荒漠植被为主。而猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)因其具有较强的适应恶劣环境能力而成为主要的先锋物种^[7]和优势建群物种^[8,15]。

1.2 材料

于2017年4月,在盐池县猪毛蒿群落内,采集0~5 cm表层土,去除表层的枯落物,装入土袋,带回实验室,自然风干,用于土壤种子库萌发试验。室内土壤种子萌发试验,采用直接萌发法来估计种子库中猪毛蒿的萌发对降雨的响应。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 室内土壤种子萌发试验于2017年12月3日在宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室进行。将采回来的猪毛蒿土壤种子库去除里面的杂质和石头,在冰箱中低温(-5℃)冷藏48 h后,混合均匀,置于PVC管做成的花盆(直径16 cm,高5 cm)中,底部铺4 cm厚的经过高温灭菌(120℃下烘48 h)的沙子作为基质,将种子库均匀的平铺在基质上(土层约1 cm)。

萌发试验在光温自动控制的培养箱(MGC-450HP-2)中进行,光照设为12 h光照/12 h黑暗,温度设为25℃,空气湿度为80%。根据当地3-10月的降水量值,将降水量梯度设置为15、30、45、60、75、90 mm,并按照日降雨量为0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0 mm对6个处理每天进行浇水,每个处理设4个重复。试验设置了4个空白对照,即放置4盆不经过任何处理的花盆。每天按照日降水梯度进行浇水,观察并记录1次萌发情况。以开始萌发后可以辨认的幼苗进行鉴定,无法鉴定的幼苗继续生长,直至可以鉴定为止,是猪毛蒿的留下,非猪毛蒿的拔掉。

1.3.2 萌发特征指数的测定及计算 由于猪毛蒿幼苗较小,很难与其他植物区分,因此播种15 d后,即自12月18日起,每天统计1次出土幼苗数,并做详细记录,当不再有幼苗萌发时,结束试验。

萌发指数(GI) = (Gt/Dt), Gt 为 t 时间内的萌发数, Dt 为相应的萌发日数。

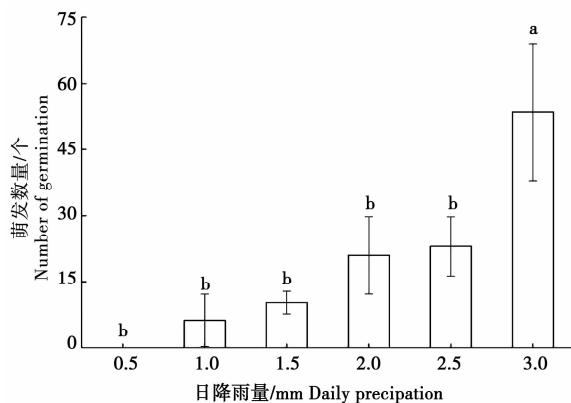
1.3.3 数据分析 采用Excel 2010软件进行数

据整理,采用SPSS 22.0软件中的单因素方差分析(one-way ANOVA)计算不同降雨条件下猪毛蒿萌发数量的差异及显著性,Origin Pro 2017软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同降雨条件下对猪毛蒿种子萌发数量的影响

单位面积土壤样品中萌发出的种子数量是计算土壤种子库密度的基础,也是判定一个地区植被群落生存状态的重要依据^[16]。从图1可以看出,不同降雨梯度下土壤种子库猪毛蒿萌发的数量存在明显差异。猪毛蒿种子萌发需要一定的降水条件,当降雨过低(日降雨量为0.5 mm)时,没有猪毛蒿种子萌发出来;当日降雨量为1.0~2.5 mm时,猪毛蒿萌发的数量逐渐增多,但差异不显著($P>0.05$);而当日降雨量为3.0 mm时,萌发的数量显著高于其他的降雨条件($P<0.05$)。这说明降雨量直接影响土壤种子库中猪毛蒿的萌发。



不同小写字母表示显著性差异在0.05的水平($P<0.05$)。下同。

Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level($P<0.05$). The same below.

图1 不同降雨条件下猪毛蒿的萌发数量

Fig. 1 Germination quantity of *Artemisia scoparia* under different precipitation conditions

2.2 不同降雨条件对猪毛蒿种子萌发指数的影响

萌发指数是反映种子萌发速度的指标,萌发指数越大表明种子的发芽速度越快^[17]。从图2中可以看出,降雨量与猪毛蒿的萌发指数具有极显著的相关性($P<0.01$),二者的变化趋势呈指数函数 $y = -0.073\ 8 \times (1 - 3.499^x)$,回归系数

R^2 为 0.979 3。降雨量越大,猪毛蒿的萌发指数也随之越大,表明降雨量的增加有利于提高猪毛蒿种子的萌发速度。

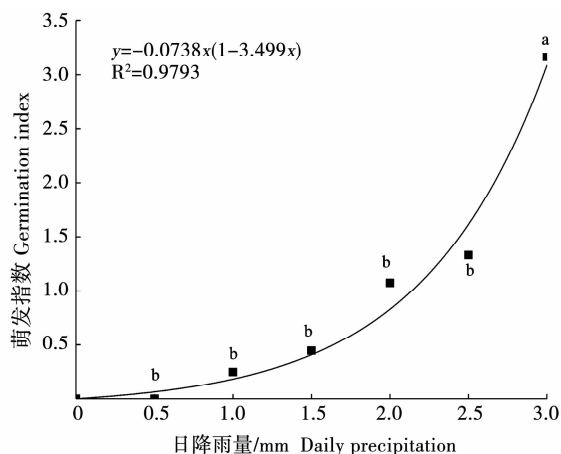


图2 不同降雨量条件下猪毛蒿的萌发指数变化情况

Fig. 2 The germination index of *Artemisia scoparia* under different precipitation conditions

2.3 不同降雨条件对猪毛蒿种子萌发进程的影响

经过 43 d 的动态监测发现,土壤种子库中猪毛蒿萌发出苗主要集中在第 15~23 天(图 3),到第 23 天后,不同降雨条件下猪毛蒿的萌发数均呈不同程度的下降,其中日降雨量为 3.0 mm 的处理,下降时间早于其他降雨处理。当日降雨量为 2.0、2.5、3.0 mm 时,种子萌发达到最高峰出现在第 21~23 天,当日降雨量为 1.0、1.5 mm 时,种子萌发则在第 26~29 天才达到最高峰。

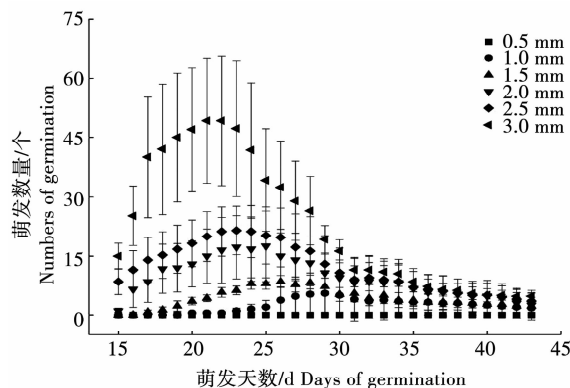


图3 不同降雨条件下播种 15 d 后的猪毛蒿出苗动态(平均值±标准误差)

Fig. 3 Dynamic of seeding emergence after sowing fifteen days in different precipitation conditions(mean±SE)

参试的 6 种降雨处理,无论前期的萌发数多大,自第 35 天后,各水分处理下猪毛蒿的萌发均

产生“趋同现象”,即每盆中生存的猪毛蒿幼苗维持在 2~4 株。此外,第 31~43 天,日降雨量为 2.0、2.5、3.0 mm 时,猪毛蒿幼苗的存活数仍略多于日降雨量为 0.5、1.0、1.5 mm。

3 结论与讨论

在干旱半干旱地区,降雨是制约植物生长发育重要的因子,降雨的多少会影响该区植物的种子萌发,进而影响幼苗的生长及生存能力^[18]。本研究表明,随着降雨量的增加,土壤种子库中猪毛蒿种子的萌发表现出逐渐增加的趋势,当日降雨量为 3 mm 时,萌发的数量显著高于其他的降雨条件($P < 0.05$)。这与干旱半干旱区荒漠植物,如柠条(*Caragana korshinskii*)、红砂(*Reaumuria soongorica*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)等的研究结果一致^[19-20],即降水的增加提高了土壤水分,有利于种子的萌发。此外,根据花盆中猪毛蒿的最大萌发值(53 个·200 cm²),90 mm 处理下,经过计算,土壤种子库中猪毛蒿的种子约达 2 638 粒·m²,甚至更多。通过对该区已研究的土壤种子库^[21]的对比发现,土壤种子库中猪毛蒿的数量是十分庞大的。这些猪毛蒿种子采取“机会型”策略,当降雨条件适合时,就开始萌发。由此就能解释猪毛蒿在荒漠草原区大范围的存在,是由于其有较适应的降雨条件以及大量的种子资源,遇上春季、夏季及秋季合适的降雨就能促使其萌发,不断补充地表种群的数量。

本研究发现,日降雨量与萌发指数的关系为: $y = -0.0738 \times (1 - 3.499x)$,回归系数 R^2 为 0.979 3;日降雨量的增加极显著地提高了猪毛蒿种子的萌发指数($P < 0.01$),加快了种子的萌发进程,这表明猪毛蒿的种子萌发与降雨量存在着密切的联系,当日降雨量为 1 mm 时,就能打破种子的休眠,使得猪毛蒿进行萌发。猪毛菜、雾冰藜等在 5 mm 的降雨量条件下就能完成生活史^[22],科尔沁沙地尖头叶藜的萌发最小降雨量为 8 mm^[23],科威特的车前属物种萌发的最少降雨量要达到 4 mm^[24]。可见,不同植物种子萌发具有不同最小降雨阈值^[23],而猪毛蒿萌发的降雨阈值较小。这也印证了猪毛蒿为什么能在荒漠草原中广泛存在,其萌发时所需水分的阈值较小,只要降雨达到其萌发时的水分要求,就会出现大量的种子萌发出苗。因此,通过降雨量对猪毛蒿种子萌发影响的研究,找出其萌发阈值,对于认识荒漠植物猪毛蒿自然更新过程具有十分重要的意义。

降雨量变化对猪毛蒿种子的萌发进程产生影响。研究得出,当日降雨量为 2.0、2.5、3.0 mm 时,猪毛蒿种子的萌发最高峰早于日降雨量为 1.0、1.5 mm,表明降雨量的增加能缩短种子萌发持续时间,提前种子的萌发高峰时间。有学者研究认为种子萌发存在两种萌发机制:快速萌发和推迟萌发^[17]。这两种萌发机制在猪毛蒿的萌发过程中均可见,先是少量萌发,然后快速达到萌发高峰,又开始下降。这种萌发特性正表明其对荒漠生境的较强的适应性,即使在适合萌发的水分条件下,并不是所有种子整体萌发。萌发后期,各降雨处理下猪毛蒿均产生“趋同现象”,即每盆中生存的猪毛蒿幼苗维持在 2~4 株。这可能是由于盆内基质中的养分较少,不能维持更多的猪毛蒿生长。这也印证了我们在野外环境中所见到的现象,猪毛蒿一年中有两次大量的萌发^[25],即春萌和秋萌,萌发后的幼苗随处可见,但经过后期的生长,由于种内、种间竞争^[26]等因素,使得成熟的植株个体数有所减少。

当日降雨量为 1.0 mm 时,是土壤种子库中的猪毛蒿萌发的最小降雨阈值,随着降雨量的增大,其萌发呈增加的趋势,且萌发高峰期提前。当日降雨量为 3.0 mm 时,萌发的数量显著高于其他的降雨条件($P < 0.05$)。萌发后期,各降雨处理下猪毛蒿幼苗维持在 2~4 株。本试验虽是在实验室中进行的,与野外环境存在一定的差异,但试验得出的结论对于猪毛蒿的研究以及荒漠草原质的改良,具有重要的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 朱选伟,黄振英,张淑敏,等. 浑善达克沙地冰草种子萌发、出苗和幼苗生长对土壤水分的反应[J]. 生态学报,2005,25(2):364-370.
- [2] Ryana S. Precipitation pulses and soil CO₂ flux in a Sonoran Desert ecosystem[J]. Global Change Biology,2007,13(2):426-436.
- [3] 陈林,杨新国,翟德苹,等. 柠条秸秆和地膜覆盖对土壤水分和玉米产量的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(2):108-116.
- [4] Vile D, Pervent M, Belluau M, et al. *Arabidopsis* growth under prolonged high temperature and water deficit: independent or interactive effects? [J]. Plant Cell & Environment,2012,35(4):702.
- [5] Walck J L, Hidayati S N, Dixon K W, et al. Climate change and plant regeneration from seed[J]. Global Change Biology,2011,17(6):2145-2161.
- [6] 王英,曹明奎,陶波,等. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征[J]. 地理研究,2006,25(6):1031-1041.
- [7] 杜华栋,焦菊英,寇萌,等. 黄土高原先锋种猪毛蒿叶片形态解剖与生理特征对立地的适应性[J]. 生态学报,2016,36(10):2914-2925.
- [8] Jiao F, Yao Jun B U, Jiao J Y. Natural restoration of vegetation and dynamic changes of species diversity in gully regions on loess plateau[J]. Research of Soil & Water Conservation,2005,12(1):1-3.
- [9] Thompson K, Grime J P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats[J]. Journal of Ecology,1979,67(3):893-921.
- [10] 王增如,徐海量,尹林克,等. 不同水分处理对激活土壤种子库的影响——以塔里木河下游为例[J]. 自然科学进展,2008,18(4):389-396.
- [11] 邓斌,任国华,刘志云,等. 封育三年对三种高寒草地群落土壤种子库的影响[J]. 草业学报,2012,21(5):23-31.
- [12] 鱼小军,师尚礼,龙瑞军,等. 生态条件对种子萌发影响研究进展[J]. 草业科学,2006,23(10):44-49.
- [13] 王俊,白瑜. 土壤种子库研究的几个热点问题[J]. 生态环境学报,2006,15(6):1372-1379.
- [14] 陈林,杨新国,宋乃平,等. 种植年限对荒漠草原区苜蓿地表层土壤特性的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2014,40(5):541-550.
- [15] 王勇,梁宗锁,龚春梅,等. 干旱胁迫对黄土高原 4 种蒿属植物叶形态解剖学特征的影响[J]. 生态学报,2014,34(16):4535-4548.
- [16] 徐海量,叶茂,李吉枚,等. 不同水分供应对塔里木河下游土壤种子库种子萌发的影响[J]. 干旱区地理(汉文版),2008,31(5):650-658.
- [17] 单立山,李毅,张正中,等. 人工模拟降雨格局变化对红砂种子萌发的影响[J]. 生态学报,2017,37(16):5382-5390.
- [18] Gillespie I G, Loik M E. Pulse events in Great Basin Desert shrublands: Physiological responses of *Artemisia tridentata* and *Purshia tridentata* seedlings to increased summer precipitation[J]. Journal of Arid Environments,2004,59(1):41-57.
- [19] Zhu Y, Yang X, Baskin C C, et al. Effects of amount and frequency of precipitation and sand burial on seed germination, seedling emergence and survival of the dune grass *Leymus secalinus* in semiarid China[J]. Plant & Soil,2014,374(1-2):399-409.
- [20] 段桂芳. 模拟降雨格局变化对红砂种子萌发和幼苗生长的影响[D]. 甘肃:甘肃农业大学,2016.
- [21] 邵文山. 荒漠草原区 4 种植物群落土壤特性和种子库的研究[D]. 宁夏:宁夏大学,2017.
- [22] 同建成,梁存柱,付晓玥,等. 草原与荒漠一年生植物性状对降水变化的响应[J]. 草业学报,2013,22(1):68-76.
- [23] 马赞花,张铜会,刘新平,等. 春季小降雨事件对科尔沁沙地尖头叶藜萌发的影响[J]. 生态学报,2015,35(12):4063-4070.
- [24] Brown G. Community composition and population dynamics in response to artificial rainfall in an undisturbed desert annual community in Kuwait[J]. Basic & Applied Ecology

gy,2002,3(2): 145-156.

[25] 彭文栋,朱建宁,王川,等. 以猪毛蒿为优势种荒漠化草场补播改良技术研究[J]. 宁夏农林科技,2013,54(1): 16-18.

[26] 杜峰,梁宗锁,山仑,等. 黄土丘陵区不同立地条件下猪毛蒿种内、种间竞争[J]. 植物生态学报,2006,30(4): 601-609.

Effects of Simulated Different Precipitation on the Germination of *Artemisia scoparia*

SU Ying^{1,2}, CHEN Lin^{1,2}, LI Yue-fei^{1,2}, SONG Nai-ping^{1,2}, YANG Xin-guo^{1,2}, WANG Lei^{1,2}, ZHU Lin^{1,2}

(1. Breeding Base for State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration in Northwest China, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwest China of Ministry of Education, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to reveal the response and adaptation of *Artemisia annua* to water change, the germination parameters of *Artemisia scoparia* were studied by seed germination test in a light and temperature controlled automatic incubator. The results showed that: with the increase of rainfall, the germination of *Artemisia scoparia* seeds increased gradually in the soil seed bank. When the rainfall was 3 mm, the germination amount was significantly higher than other rainfall conditions ($P<0.05$), and the relationship between daily rainfall and germination index was $y=-0.0738\times(1-3.499^x)$ ($R^2=0.9793, P<0.01$), indicating that the increase of rainfall was conducive to improving the speed of germination of *Artemisia scoparia* seeds. The germination rate, when the rainfall was 1 mm, it could break the dormancy of seeds and make the germination of *Artemisia scoparia*. When the rainfall was 2.0, 2.5, and 3.0 mm, the highest peak of germination was 1.0 and 1.5 mm, respectively. At the later stage of germination, the survival rate of *Artemisia scoparia* seedlings in each pot was maintained at 2~4 strain. In summary, when the daily rainfall was 1 mm, it was the minimum rainfall threshold for germination of *Artemisia scoparia* seeds, and rainfall had a very important impact on the germination of *Artemisia scoparia* seeds in soil seed banks.

Keywords: *Artemisia scoparia*; seed germination; precipitation; soil seed bank(SSB); desert steppe

《黑龙江农业科学》理事会

理事长单位	代表	理事单位	代表
黑龙江省农业科学院	院长 李文华	黑龙江生物科技职业学院	院长 李承林
副理事长单位	代表	农垦科研育种中心哈尔滨研究所	所长 姚希勤
黑龙江省农业科学院水稻研究所	所长 鄂文顺	黑龙江农业职业技术学院	院长 于 波
黑龙江省农业科学院克山分院	院长 邵立刚	鹤岗市农业科学研究所	所长 姜洪伟
黑龙江省农业科学院黑河分院	院长 张立军	伊春市农业技术推广中心	主任 张含生
黑龙江省农业科学院绥化分院	院长 陈维元	甘南县向日葵研究所	所长 孙为民
黑龙江省农业科学院牡丹江分院	院长 张太忠	萝北县农业科学研究所	所长 张海军
常务理事单位	代表	黑龙江省农垦科学院水稻研究所	所长 解保胜
勃利县广视种业有限责任公司	总经理 邓宗环	黑龙江八一农垦大学农学院	院长 郭永霞
内蒙古丰垦种业有限责任公司	董事长 徐万陶	绥化市北林区农业技术推广中心	主任 张树春
		黑龙江省齐齐哈尔农业机械化学校	校长助理 张北成