

HANSHENGZHIWU WUYE JIAMUZEI
SHENGTAI SHIYINGXING YANJIU

旱生植物无叶假木贼 生态适应性研究

楚光明 王 梅 江 萍◎编著



西北农林科技大学出版社

旱生植物无叶假木贼 生态适应性研究

楚光明 王 梅 江 萍 编著

西北农林科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

旱生植物无叶假木贼生态适应性研究/楚光明,王 梅,江 萍编著. —杨凌:
西北农林科技大学出版社,2017.1

ISBN 978-7-5683-0248-7

I. ①旱… II. ①楚… ②王… ③江… III. ①苋科—植物生态学—研究
IV. ①Q949.745.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 024333 号

旱生植物无叶假木贼生态适应性研究

楚光明 王 梅 江 萍 编著

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路3号	邮 编: 712100
电 话	总编室: 029—87093105	发行部: 87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	虎彩印艺股份有限公司	
版 次	2017年1月第1版	
印 次	2017年1月第1次	
开 本	787 mm×1092 mm	1/16
印 张	11.5	
字 数	220千字	

ISBN 978-7-5683-0248-7

定价: 28.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系

《旱生植物无叶假木贼生态适应性研究》

作者名单：楚光明 王 梅 江 萍

王婷婷 牛攀新 李明艳

王雪莲 王 翠

前 言

随着环境胁迫的加剧和逆境类型的多样化,有关植物对逆境响应及生态适应性研究越来越深入。环境胁迫下的植物响应是反映植物生存力的重要研究内容,它不仅可揭示植物生长、繁衍的影响因素,更能说明植物对生态环境适应的耐性阈值。荒漠植物生长于贫瘠的荒漠生境中,土壤水分含量低,盐碱程度高,降水少而蒸发强,是极端干旱的温带大陆性气候。荒漠植物生存的环境中最主要的胁迫因子是干旱和风沙,响应于二者的适应过程中,所表现的形态结构、生理抗性、激素调控机理、保护酶有效性、繁殖对策、种群更新方式、空间格局、群落物种间关系、物种生态位幅度等特征是衡量其对荒漠生态环境适应能力的关键因素。适应荒漠生境的物种所构成的荒漠植被,是绿洲生态安全保障体系的重要屏障,既维系着荒漠区域能量与物质循环过程,又防止了荒漠化。

无叶假木贼(*Anabasis aphylla*)主要分布于新疆和甘肃,常生长于山前洪积扇、丘间低地、干旱的低山山坡等干旱盐化荒漠,生境地下水位较深,土壤干旱紧实,常轻、中度盐渍化,是土质荒漠的建群种,有其独特的生物生态学特征。无叶假木贼对荒漠区盐碱地、龟裂地改造和防风固沙起到重要作用,对维护山前洪积扇和荒漠—绿洲过渡带的水土安全具有重要的意义。此外,无叶假木贼作为一种药用植物资源,在退耕还林后续产业发展中具有较好的应用前景。据《新疆植物志》记载,在准噶尔盆地西南缘、莫索湾、轮台三个区域有大面积的无叶假木贼群落分布。目前,由于受到农业开发、石油开采、樵采等活动的影响,准噶尔盆地南缘的无叶假木贼种群生境破碎化严重,自我更新能力较差,大部分地段的种群呈衰退趋势。因此,对极端气候条件下生长的无叶假木贼生态适应性的研究就显得十分紧迫。

本书编写人员在参与国家科技支撑项目、国家自然科学基金和地方课题的过程中,

对无叶假木贼开展了多年的研究,并取得了一些成果,可以为荒漠植物的生态适应性研究提供参考,为荒漠植被恢复与保护提供依据。本书对无叶假木贼生态适应性方面的研究进行了总结,主要从九个内容进行了阐述。第一个内容主要阐述无叶假木贼传粉和种子雨散播特征;第二个内容主要阐述无叶假木贼种子萌发对环境因素的响应;第三个内容主要阐述覆沙对无叶假木贼种子萌发和出苗的影响;第四个内容主要阐述无叶假木贼植株对沙埋的生长适应和生理响应;第五个内容主要阐述无叶假木贼导管特征及其对干旱的生理响应;第六个内容主要阐述无叶假木贼种群对环境变化的适应;第七个内容主要阐述洪积扇无叶假木贼种群空间格局和种内关联;第八个内容主要阐述荒漠—绿洲过渡带优势物种种群空间格局和竞争关系;第九个内容主要阐述洪积扇无叶假木贼植株枝生物量估算模型。最后,综合上述研究基础对旱生植物无叶假木贼资源保护方面提出了几点建议。

十分感谢我的博士生导师张硕新教授在我成长过程中给予的最大理解和支持,感谢他对一个渐近不惑之年的高校青椒的引导和帮助。本书的出版得到了国家自然科学基金项目(31360170、31460187、31570595)和石河子大学高层次人才启动项目(RCZX201518、RCZX201521)的资助。正如本书所述,无叶假木贼是西北干旱区多年生木本资源植物,具有典型的旱生特性,其生态适应性方面的研究比较少,许多问题尚需讨论和进一步研究。作为科学研究的阶段性成果,本书难免出现一些遗漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

著 者

2016 年 11 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 研究背景和意义	1
1.2 研究现状	2
1.2.1 植物种子散播	2
1.2.2 植物种子萌发	3
1.2.3 种子大小和覆沙对植物幼苗更新的影响	5
1.2.4 种群年龄结构与动态	6
1.2.5 植物种群空间格局	7
1.2.6 沙埋对植物生长的影响	9
1.2.7 无叶假木贼研究进展	10
1.3 研究目的	14
1.4 研究区概况	14
1.5 研究方法和技术路线	15
1.5.1 研究方法	15
1.5.2 技术路线	16
第 2 章 无叶假木贼传粉和种子雨散播特征	17
2.1 研究区概况	17
2.2 研究方法	18
2.2.1 花粉活力检测	18
2.2.2 柱头可授性检测	18
2.2.3 花粉/胚珠比(P/O)的估算	18
2.2.4 花粉密度测定	18

2.2.5	种子特征测定	19
2.2.6	种子雨样品收集	19
2.2.7	种子散播距离	19
2.2.8	数据处理	20
2.3	结果与分析	20
2.3.1	传粉特征	20
2.3.2	种子生态适应特征	24
2.3.3	无叶假木贼种子雨散播特征	28
2.4	讨论	32
2.4.1	无叶假木贼传粉对环境的适应	32
2.4.2	无叶假木贼种子雨密度	33
2.4.3	无叶假木贼种子雨的时间格局	33
2.4.4	无叶假木贼种子雨的空间格局	34
2.5	小结	35
第3章	无叶假木贼种子萌发对环境因素的响应	36
3.1	材料与方法	37
3.1.1	种子采集	37
3.1.2	温度和盐分对种子萌发的影响	37
3.1.3	干旱胁迫对种子萌发的影响	38
3.1.4	无叶假木贼果翅影响实验	38
3.1.5	数据分析	38
3.2	结果与分析	38
3.2.1	温度对无叶假木贼种子萌发的影响	38
3.2.2	盐分对无叶假木贼种子萌发的影响	39
3.2.3	干旱胁迫对无叶假木贼种子萌发的影响	41
3.2.4	果翅对无叶假木贼种子萌发的影响	42
3.3	讨论	43
3.3.1	温度、盐分、干旱胁迫对无叶假木贼种子萌发的影响	43
3.3.2	果翅对无叶假木贼种子萌发的影响	45

3.4 小结	46
第4章 覆沙对无叶假木贼种子萌发和出苗的影响	47
4.1 材料与方法	48
4.1.1 种子来源与研究地点	48
4.1.2 实验设计	48
4.1.3 数据分析	49
4.2 结果与分析	49
4.2.1 覆沙厚度和种子大小对无叶假木贼种子萌发的影响	49
4.2.2 覆沙厚度和种子大小对无叶假木贼幼苗出土的影响	49
4.2.3 覆沙厚度和种子大小对无叶假木贼幼苗存活和生物量的影响	50
4.2.4 种子出苗数规律	50
4.3 讨论	53
4.3.1 覆沙厚度对无叶假木贼出苗的影响	53
4.3.2 种子大小对无叶假木贼出苗的影响	53
4.4 小结	54
第5章 无叶假木贼植株对沙埋的生长适应和生理响应	55
5.1 研究地点与研究方法	56
5.1.1 研究地点	56
5.1.2 试验设计	56
5.1.3 指标测量	56
5.1.4 数据分析与方法	57
5.2 结果与分析	57
5.2.1 无叶假木贼对沙埋的生态适应	57
5.2.2 无叶假木贼对沙埋的生理响应	58
5.3 讨论	60
5.3.1 无叶假木贼植株对沙埋的生长响应	60
5.3.2 无叶假木贼对沙埋的生理响应	61
5.4 小结	62

第 6 章 无叶假木贼导管特征及其对干旱的生理响应	63
6.1 研究方法	64
6.1.1 材料采集	64
6.1.2 木质部导管测定方法	64
6.1.3 生理指标测定方法	65
6.1.4 数据处理	67
6.2 结果与分析	67
6.2.1 三种荒漠植物导管解剖特征	67
6.2.2 同化枝生理特征分析	72
6.3 讨论	75
6.3.1 荒漠植物导管特征及生态适应分析	75
6.3.2 荒漠植物对干旱的生理响应	77
6.4 小结	78
第 7 章 无叶假木贼种群对环境变化的适应	79
7.1 研究方法	79
7.1.1 中国无叶子假木贼种群分布概况图制作	79
7.1.2 中国无叶假木贼种群斑块特征要素选择及其计算方法	80
7.1.3 准噶尔盆地南缘样地设置与数据采集	80
7.1.4 准噶尔盆地南缘无叶假木贼种群结构特征和生命表	80
7.2 结果与分析	81
7.2.1 中国无叶假木贼种群分布的土壤类型	81
7.2.2 中国无叶假木贼种群的斑块特征	82
7.2.3 无叶假木贼种群的海拔分布特征	83
7.2.4 准噶尔盆地南缘无叶假木贼群落物种组成特征	83
7.2.5 准噶尔盆地南缘无叶假木贼种群主要数量特征	86
7.2.6 准噶尔盆地南缘无叶假木贼种群结构特征	86
7.2.7 静态生命表编制及存活曲线的绘制	88
7.3 讨论	89
7.4 小结	91

第 8 章 洪积扇无叶假木贼种群空间格局和种内关联	92
8.1 研究方法	93
8.1.1 调查方法	93
8.1.2 无叶假木贼不同发育阶段划分标准	93
8.1.3 无叶假木贼不同存活状态划分标准	93
8.1.4 点格局分析方法	93
8.1.5 最近邻体分析	94
8.1.6 数据分析与方法	94
8.2 结果与分析	94
8.2.1 无叶假木贼种群特征	94
8.2.2 无叶假木贼种群不同发育阶段空间分布格局	95
8.2.3 无叶假木贼种群不同发育阶段的空间关联	96
8.2.4 无叶假木贼不同存活状态的空间分布格局	98
8.2.5 无叶假木贼种群不同存活状态的空间关联	99
8.2.6 最近邻体分析	101
8.3 讨论	101
8.3.1 无叶假木贼种群聚集的空间格局	101
8.3.2 生境对无叶假木贼种群空间格局的影响	103
8.3.3 无叶假木贼枯立植株空间格局的生态意义	103
8.4 小结	105
第 9 章 荒漠—绿洲过渡带优势物种种群空间格局和竞争关系	106
9.1 材料和方法	107
9.1.1 研究地点	107
9.1.2 数据收集	108
9.1.3 数据分析	108
9.2 结果	110
9.2.1 无叶假木贼和梭梭种群竞争分析	110
9.2.2 洪积—沙土区优势物种种群空间格局与种间关联	115
9.3 讨论	120

9.3.1	荒漠木本植物聚集格局的影响因素分析	120
9.3.2	无叶假木贼和梭梭种群竞争关系分析	121
9.3.3	荒漠优势木本植物空间关联分析	123
9.4	小结	124
第 10 章	洪积扇无叶假木贼植株枝生物量估算模型	125
10.1	材料与方法	125
10.1.1	实验方法	125
10.1.2	模型选择	125
10.2	结果与分析	127
10.2.1	生物量基本统计变量的分析	127
10.2.2	枝总生物量的估测模型	127
10.2.3	当年生枝生物量的估测模型	132
10.2.4	多年生枝生物量的估测模型	136
10.2.5	生物量估测模型的精度回检	140
10.3	讨论	141
10.3.1	估测模型中变量的选取	141
10.3.2	估测模型中组合变量的生物学意义	141
10.3.3	估测模型精度的回检	141
10.4	小结	142
第 11 章	主要结论与建议	143
11.1	主要结论	143
11.2	可能的研究创新点	145
11.3	建议	145
参考文献		147



第1章 绪论

1.1 研究背景和意义

中国的干旱区主要位于西北区域,距离海洋较远,位居亚欧大陆的腹地,并且受到许多高大的山脉的阻隔,阻碍了暖湿的海洋性气流的进入,导致这个地区降水稀少(黄培祐 2002)。该地区属于典型的温带大陆性气候,具有日照强烈、冷热剧变、干燥少雨、大风频繁的特点,因而干旱地带是由长期气候因素所造成的(陈亚宁 2009)。干旱区降雨量较少且分布不均匀,然而蒸发量与降水量在空间上分布呈相反趋势,东部半干旱区年最大蒸发量大多在 600~1 000 mm 之间,西部干旱区基本在 1 000 mm 以上(魏文寿等 2003)。地带性土壤在南部主要为棕漠土,北部属于灰棕漠土,而在西北与东南两端的草原区域是淡棕钙土,山前局部区域为灰漠土,在地形较低处和河湖的沿岸发育与地下潜水相关联的隐域性土壤:沼泽土、盐化草甸土、绿洲土以及各类盐土(赵济等 1995)。

极其干旱的气候和贫瘠、多盐的土壤类型严重地制约了荒漠植物的种子散播、生繁及进化,导致荒漠植被在极端的条件下表现的十分稀疏,很难形成对这个脆弱地表的有效防护,对许多植物种的生存和发育,尤其对幼苗的更新构成了巨大的胁迫,只有在降水较多的季节或年份这一极端性现象才有所缓和(黄培祐 2002)。干旱区内物种的寡型属和单型属现象比较普遍,种属分化较弱,以多年生的稀疏、低矮旱生灌木构成的植被为主体(黄培祐 2002)。荒漠植被受到诸如干旱、盐碱、风沙等自然灾害的长期干扰,恶劣的自然条件限制了荒漠生态系统的初级生产力、规模和营养级层次,并且影响了生态系统的稳定性,生态系统比较脆弱,主要表现为抗干扰能力较差,致使荒漠生态系统产生了不同程度的严重退化(陈亚宁 2009)。

生境这个重要的外部条件严重地改变了植物群落中物种的组成,而在植物逆境生理方面的差别则是促使植被演替的主要内因;在长期与外界生境适应的过程中,处于各个更替阶段的植物逐步塑造了特殊的基因和生理方面的调控机制,表现出了不同的适应对策,但是也对所处的生境产生了依赖性,致使其生态位变窄



(周瑞莲2001)。荒漠植物在自然选择过程中演化形成了适应长期极端环境胁迫的生物物种和特殊的基因型,如耐旱、耐高温、耐盐碱、抗风蚀、耐沙埋、特殊次生代谢产物等基因,构成了宝贵的植物种质资源库(张新时 2001)。由于长期适应荒漠生境而形成的植物种构成的植被屏障,不但维持着干旱区脆弱生态系统的物质和能量平衡,而且还有效地减少了荒漠化进程,维护了生态稳定(陈亚宁 2009)。荒漠植物赖以生存的环境里最主要的胁迫因子是干旱和风沙,响应于二者的适应过程之中,所表现的形态结构、生理抗性、激素调控机理、保护酶有效性、繁殖对策、种群更新方式、空间格局、群落物种间关系、物种生态位幅度等特征是衡量其对环境适应能力的关键因素。

干旱区山前洪积扇是山地—荒漠生态系统的过渡部分,其上缘地带地表覆盖物松散,在水流的作用下容易形成冲沟等水蚀地貌,下缘地带毗邻沙漠易受风沙侵袭严重,洪积扇群落以灌木和半灌木为主要建群种,大多为单优群落,植被的分布明显受坡度、土壤类型等因素的影响,主要有无叶假木贼(*Anabasis aphylla*)、红砂(*Reaumuria soongorica*)等物种(刘虎俊等 2005;赵从举等 2011)。山前洪积扇代表植物无叶假木贼隶属于藜科(*Chenopodiaceae*)假木贼属(*Anabasis*),小灌木,高度约 60 cm,主要分布于新疆和甘肃,常生长于山前洪积扇、河谷阶地、山间台地、低山干旱山坡的砾质荒漠及干旱盐化荒漠,生境地下水位较深,土壤干旱紧实,常轻、中度盐渍化,是土质荒漠的建群种,有其独特的生物生态学特征和广泛的经济、药用、生态价值(中国科学院中国植物志编辑委员会 1979;朱格麟 1995)。然而,在准噶尔盆地南缘由于受到农业开发、石油开采、樵采等活动的影响,无叶假木贼种群生境破碎化严重,大部分地段的种群呈衰退趋势(楚光明等 2014;Chu, et al. 2014)。因此,针对准噶尔盆地南缘的无叶假木贼开展生态适应方面的研究就显得比较重要,可以为荒漠资源植物的保护与利用提供依据,也可为脆弱荒漠生态系统的维护提供参考。

1.2 研究现状

1.2.1 植物种子散播

种子扩散是植物生活史中的重要阶段,它影响着种子时空尺度上的定居方式、种子密度、种子捕食率、病原体攻击率、种子与母株的距离、种子到达的生境类型以及建成的植株将与何种植物竞争,从而影响种子和幼苗的存活,最终影响母株及后



代植物的适合度和种群结构(Sinha and Davidar 1992; Schupp 1993)。繁殖体的散布或传播是种群形成和扩展其分布区的前提条件,尽管不同的植物有不同散布方式和机理,但其最终目的是尽可能寻求适应其生存的最适生态空间(Baskin, et al. 2014)。由于种子雨格局受到植物物候、果实或种子特征(如形态、大小)等自身特性和外界环境(如风、水流和动物等传播媒体)的影响,不同植物种以及同一植物种的不同类群之间都可能存在着差异,而这些差异正是物种或种群对所处环境长期适应的结果(胡星明等 2005; 吕朝燕等 2012)。

种子雨的研究始于 20 世纪 30 年代,目前国外已作了大量工作,国外种子雨研究多集中在对一些种群和群落的种子雨、种子库和幼苗补充等方面的研究,而有关种子扩散的研究主要集中在散布方式、散布距离、散布式样和机制等方面(Urbanska, et al. 1998; Schupp 1995; Armesto, et al. 2001; Seidler and Plotkin 2006)。在种子传播方面的研究最突出的成果是 Nathan 和 Muller-Landau(2000)总结了种子扩散的空间格局、决定因素及其对森林更新的影响; Schupp 等(2010)对种子扩散有效性研究进行了总结; Thompson 等(2011)综合分析了大量研究后发现,种子重量和植株高度导致了种子雨分布的空间异质性,即植株越高,传播距离越远;但是,对于不同传播方式的物种,种子越重,平均传播距离越远。

1.2.2 植物种子萌发

种子萌发是植物能否繁殖成功的关键,也是影响新个体今后生长发育的重要阶段,种子萌发受其自身结构和环境因素的影响,形成不同的休眠方式及萌发时间(任珺等 2011)。不同的休眠方式及萌发时间使种子在不同条件及时间萌发,从而有利于植株能够更好的适应新环境,同时可以降低密度的选择效应,确保植物在繁殖阶段更好地生存(Imbert 2002)。种子生态学研究近年来在国内发展很快,主要研究集中在种子的传播和萌发(严成等 2010; Liu, et al. 2011),种子异型性对休眠和萌发的影响(吉乃提汗·马木提等 2011; Lu, et al. 2011),种子黏液对萌发和幼苗生长的影响(刘晓风等 2007; Yang, et al. 2012),种子雨(吕朝燕等 2012)、土壤种子库(马红媛等 2012; 王国栋等 2013)以及沙区植物土壤种子库和植冠种子库(Yan, et al. 2005)等方面。

在植物的生活史中,种子萌发是植物生活史中比较脆弱的环节,对环境的忍耐力则最小,直接决定着植物种群的建立和更新(Qu, et al. 2008; Breen, et al. 2008),



而荒漠植物所具有的种子黏液(Yang, et al. 2012)、种子异型性(王雷等 2010)、融雪萌发(Shimono and Kudo 2005; 韩建欣等 2011)、种皮抑制物质(张勇等 2005)等这些特性是种子对逆境条件的适应策略,确保了在合适的时间和地点下种子的萌发和幼苗的生长发育,对幼苗成功更新具有特殊的意义。荒漠地区植物种子萌发策略是对不确定环境的一种重要的适应机制(刘有军等 2010)。一方面,植物通过迅速萌发有效地提高植物在恶劣环境中的竞争优势(Khan and Ungar 1996; Baskin, et al. 2014);另一方面,植物通过推迟萌发(包括种子休眠机制)来应付环境的不稳定性,也是种子通过时间上的扩散,以逃避不利环境条件的一种策略(吕朝燕等 2012)。种子萌发对策对荒漠地区植物种群的更新以及植被恢复等都具有重要意义(Liu, et al. 2011)。种子能否正常萌发,萌发后能否发育成健康的植株涉及到很多因素,主要包括:种子本身内部的生理条件和种子发芽的外部生态环境两个方面(任珺等 2011)。一般来说,影响植物种子萌发的环境因素主要有光照、温度、降雨(与土壤含水量相关)等(Khan, et al. 2002; Buhailiqiemu, et al. 2012)。

盐分是在盐生环境中限制种子萌发的最主要环境因子,盐分对种子萌发的影响一般归结为渗透效应和离子效应两种作用;而两条途径一是高盐度抑制萌发,但不使其失去活力,二是产生胁迫推迟萌发,但不引起种子休眠或失活(Qu, et al. 2008)。与非盐生植物相比,盐生植物种子具有在较高盐浓度条件下萌发的能力;而各种盐生植物种子对盐度的耐受阈限不同,相同盐浓度下的萌发能力也不同(Ungar 1978; 渠晓霞和黄振英 2005)。盐生植物种子具有在高盐条件下较长时间保持活力的能力,并且在盐分降低后能恢复萌发;但是,不同盐生植物种子的恢复萌发力差异较大,许多盐生植物的种子从受抑制的盐分条件下转移至蒸馏水中后有较高的萌发恢复率,如盐角草属 *salicornia rubra* 种子(Khan, et al. 2000)等。有些植物中,高浓度的盐分抑制种子萌发而使种子进入第二次休眠并在土壤中保存一个暂时或持久的种子库,如梭梭(*Haloxylon ammodendron*) (Huang, et al. 2003)、盐节木(*Halocnemum strobilaceum*)种子(Qu, et al. 2008)等。但是,高盐却造成了一些植物种永久性的萌发抑制甚至死亡,如紫翅猪毛菜(*Salsola affinis*) (Wei, et al. 2008)。

温度是调节植物种子萌发的一个重要因子,温度可以打破休眠,即冷层积或温层积会打破盐生植物的生理休眠(Baskin and Baskin 1998)。温度可以影响种子萌



发的一系列过程,如膜透性、膜结合蛋白活力、水解酶活性以及种子内物质的代谢等(渠晓霞和黄振英 2005),还可以促进赤霉素(GA_3)、细胞分裂素(CK)和脱落酸(ABA)的合成、降解或转化等(马红媛等 2008)。不同的盐生植物由于其生存环境和遗传特性不同,其种子萌发对温度的响应也不同,最适温度下种子萌发的耐盐性最强(王雷等 2005)。在一定温度范围内,低温延缓种子萌发,随着温度升高,种子萌发进程加快,如囊果碱蓬(*Suaeda physophora*)等植物的种子萌发率在高温下达到最高值(王雷等 2005),而 *Spergularia* 种子的萌发在高温条件下受到抑制(赵可夫和范海 2005)。一般温带植物种子最适萌发温度为 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$,但因物种不同而有一定的变化(任珺等 2011),而对于 10°C 以下低温萌发和融雪萌发现象的报道较少,其中梭梭种子在 10°C 具有最高的萌发率和萌发指数(Huang, et al. 2003)。温度与盐度的共同作用可控制种子萌发,盐渍化环境中不同的温度体系对种子萌发有不同的影响。在干旱地区,温度和盐分之间的交互作用也能影响种子萌发(Huang, et al. 2003; Khan and Gulzar 2003)。较低盐浓度下,种子萌发耐盐性随温度的升高而增强,但高盐环境可能抑制萌发(Al-Khateeb 2006)。

1.2.3 种子大小和覆沙对植物幼苗更新的影响

种子多型性或种子异型性是指在同一株植株的不同部位产生不同形态或行为种子的现象(Venable, et al. 1985; Imbert 2002; 王雷等 2010; Wang, et al. 2012)。不同类型的种子常在形状、大小、颜色、外部结构等形态学特征,以及散布、休眠、萌发、幼苗生长等生态行为上存在明显差异(Venable, et al. 1985; Wei, et al. 2007b)。种子多型性现象的研究主要集中在菊科、藜科、十字花科等科中,常出现在那些生长于荒漠、盐沼等环境条件高度多变生境中的植物上,被认为是对时空上异质环境的一种适应(Venable, et al. 1985; Imbert, et al. 2002; Baskin, et al. 2014)。植物种子大小可以直接影响到植物的种子萌发、出苗、幼苗生长、幼苗枯死等过程,尤其是在资源限制的条件下,在一个种群幼苗阶段大种子往往比小种子表现出更多的优势(Benard and Toft 2008)。在干旱条件下,大种子比小种子形成的幼苗具有更多的侧根,能收集更多的水分资源而增加成活率(Wulff 1986; 李惠等 2011; 杨慧玲等 2012);而且在较深的埋藏条件下,大种子比小种子更容易出苗(Wulff 1986; Benard and Toft 2008)。

不同的沙埋深度具有不同的土壤温度、土壤湿度和光照等条件,综合调控荒漠