

中科院寒旱所奈曼沙漠化研究站

2009 年工作总结

在所领导及各个相关部门的大力支持和关怀下,经过全站成员的不懈努力,奈曼站顺利完成了 2009 年预定的各项任务。现汇报如下:

一、承担项目与课题

研究站 2009 年共承担研究项目与课题 21 项(表 1);结题项目 4 项(表 2);新申请到的研究课题 4 项(表 3),其中 2009 年里获得国家自然科学基金 3 项,院技术设施改造项目 1 项。

表 1 正在执行的项目与课题

序号	主持课题名称	类别	代码	起始年限
1	荒漠化水、土、气、生过程及其相互作用机制的研究	973 课题	2009CB421303	2009-2013
2	西辽河平原荒漠化的水土气生过程及其相互作用机制研究	973 专题	2009CB421303-4	2009-2013
3	半干旱沙地沙丘植被蒸散过程的比较研究	973 专题	2009CB421303-7	2009-2013
4	西辽河平原农田生态系统的退化过程与水肥因素作用机理	973 专题	2009CB421303-10	2009-2013
5	草地和荒漠生态系统服务功能形成与调控机理	973 专题	2009CB421102	2009-2013
6	半干旱沙地沙丘地下水补给功能比较研究	面上基金	40871004	2009-2011
7	降雨在沙地土壤-植被系统中的分配与转化	面上基金	30870426	2009-2011
8	灌丛沙堆 "种质资源岛"的结构与生态效应研究	面上基金	40801036	2009-2011
9	沙化草地改良及植被恢复技术研究	国家科技支撑项目	2006BAC01A1206	2007-2012

10	科尔沁沙地生态型农牧林业技术、模式研究与示范	内蒙古科技支撑项目	/	2007-2011
11	半干旱沙区水土资源优化配置与高效利用技术研究	国家科技支撑项目	2006BAD26B0201	2007-2012
12	科尔沁沙地植被与土壤恢复的异质性及其耦合关系	西部之光	/	2009-2011
13	沙漠化逆转过程中土壤碳固存及其机理研究	西部博士项目	290828881	2008-2010
14	降水在半干旱沙地土壤-植被系统中的分配及量化研究	西部博士项目	/	2009-2011
15	兰州城郊土壤和蔬菜重金属污染评价及其防治技术研究	兰州计划项目	2008-2-23	2009-2010
16	半干旱沙地植被蒸散过程比较研究	所长创新		2009-2012
17	Sand And Dust Storm Early Warning System	中日合作项目	/	2007-2010
18	Restoration of Desertified Grassland in Northern China	中日合作项目	/	2006-2010
19	Sand and Dust Storm Monitoring	中韩合作项目	/	2007-2010
20	A Demonstration village for desertification control in Chifen, Inner-Mongolia, China	中韩合作项目	/	2005-2014

21	中科院科研与基础设施改造维修项目	中科院		2009 - 2011
----	------------------	-----	--	-------------

表 2 2008 年结题的项目与课题

序号	课题名称	类别	代码	起始年限
1	科尔沁沙地典型生态系统水分有效性与植被恢复	中科院 方向性项目	KZCX2-YW-431	2007-2009
2	半干旱沙地植被恢复与土壤演变的数量关系研究	国家自然科学基金 基金课题	40601008	2007-2009
3	国家自然科学基金委员会奈曼青少年基地项目	国家基金委	/	2005-2009
4	科尔沁沙地生态与环境演变记录与评估	中科院寒旱所 创新课题	O650444001	2006-2008

表 3 新争取到的项目与课题

序号	课题名称	类别	代码	起始年限	总经费 (万元)
1	科尔沁沙地沙生植物耐沙埋的生理生态学机制	自然基金	30972422	2010-2013	33
2	沙地灌丛对共存草本植物保育效应研究	自然基金		2010-2013	29
3	沙化土地生态恢复的土壤碳截存潜力及其机理研究	自然基金	40901049	2010-2013	25
4	中科院科研与基础设施改造维修项目	中科院		2009 - 2011	162

二、科研进展情况

按照研究站的定位、研究方向与项目任务，2009 年的科研工作基本可以归纳为沙漠化过程及其逆转机理、沙地生态系统演变的生物学机理、沙地水分平衡与水循环以及其它几个方面等。

1、沙漠化过程及其逆转机理

1) 沙漠化过程中土壤碳、氮含量的变化

草地沙漠化过程中土壤有机碳和全氮的衰减特征如图 1 所示。各层土壤有机碳、全氮含量的总体变化趋势为非沙漠化> 轻度沙漠化> 中度沙漠化> 重度沙漠化> 严重沙漠化。

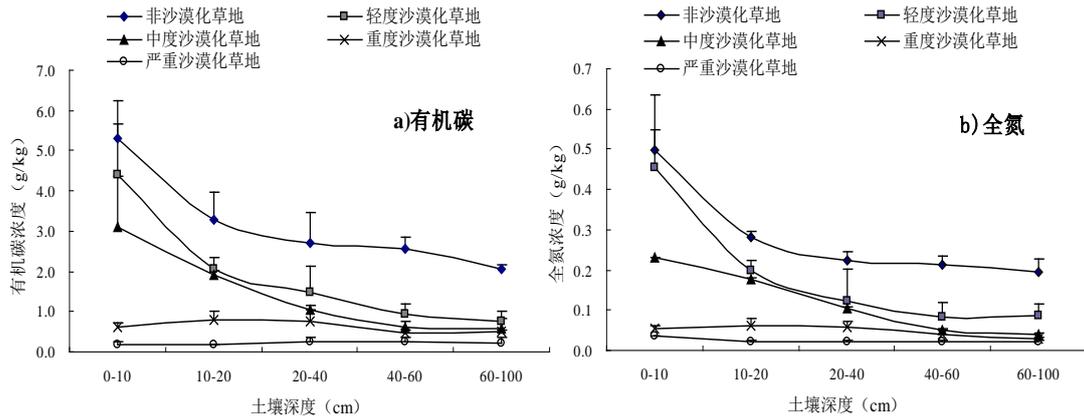


图 1 草地沙漠化过程中土壤有机碳 (a) 和全氮 (b) 含量的变化

从非沙漠化草地到轻度、中度、重度和严重沙漠化草地，100cm深土壤：有机碳含量分别下降39.8%、54.6%、80.3%和93.1%；全氮含量分别下降33.0%、57.0%、82.9%和90.9%。

随着沙漠化的发展，草地土壤有机碳和全氮呈现相似的衰减趋势，即土壤有机碳含量的变化与全氮之间存在显著($P < 0.01$)的相关性。

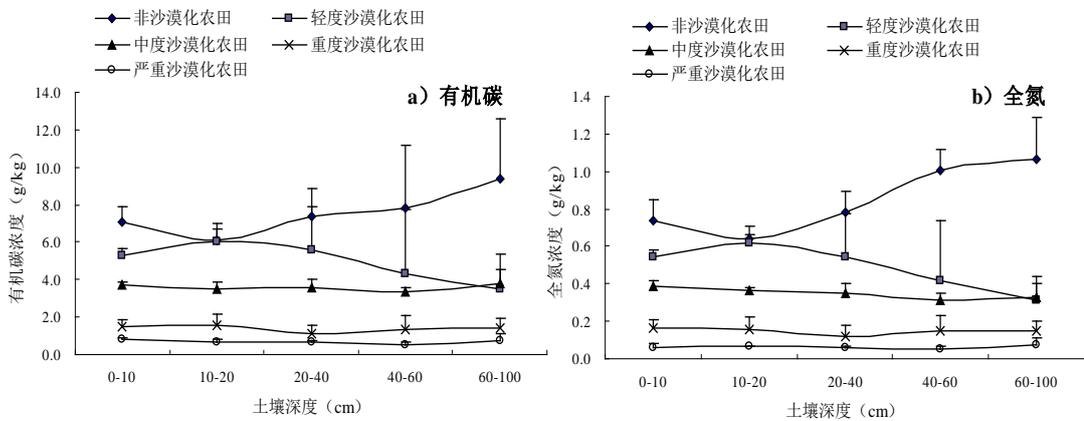


图 2 农田沙漠化过程中土壤有机碳 (a) 和全氮 (b) 含量的变化

农田沙漠化过程中 (图 2), 从非沙漠化农田到严重沙漠化农田, 100cm 深土壤有机碳平均含量从 7.58g/kg 下降到 0.68g/kg, 全氮平均含量从 0.85 g/kg 下降到 0.06g/kg。从非沙漠化农田到轻度、中度、重度和严重沙漠化农田, 100cm 深土壤: 有机碳含量分别下降 34.4%、52.8%、81.6%和 90.9%; 全氮含量分别下降 42.4%、58.5%、82.7%和 92.6%。土壤有机碳、全氮含量的垂直变化上, 非沙漠化农田表现为深层土壤高于浅层土壤, 而轻度、中度、重度和严重沙漠化农田均表现为土壤有机碳、氮含量随着深度的增加而降低。

2) 沙漠化过程中土壤颗粒组成变化

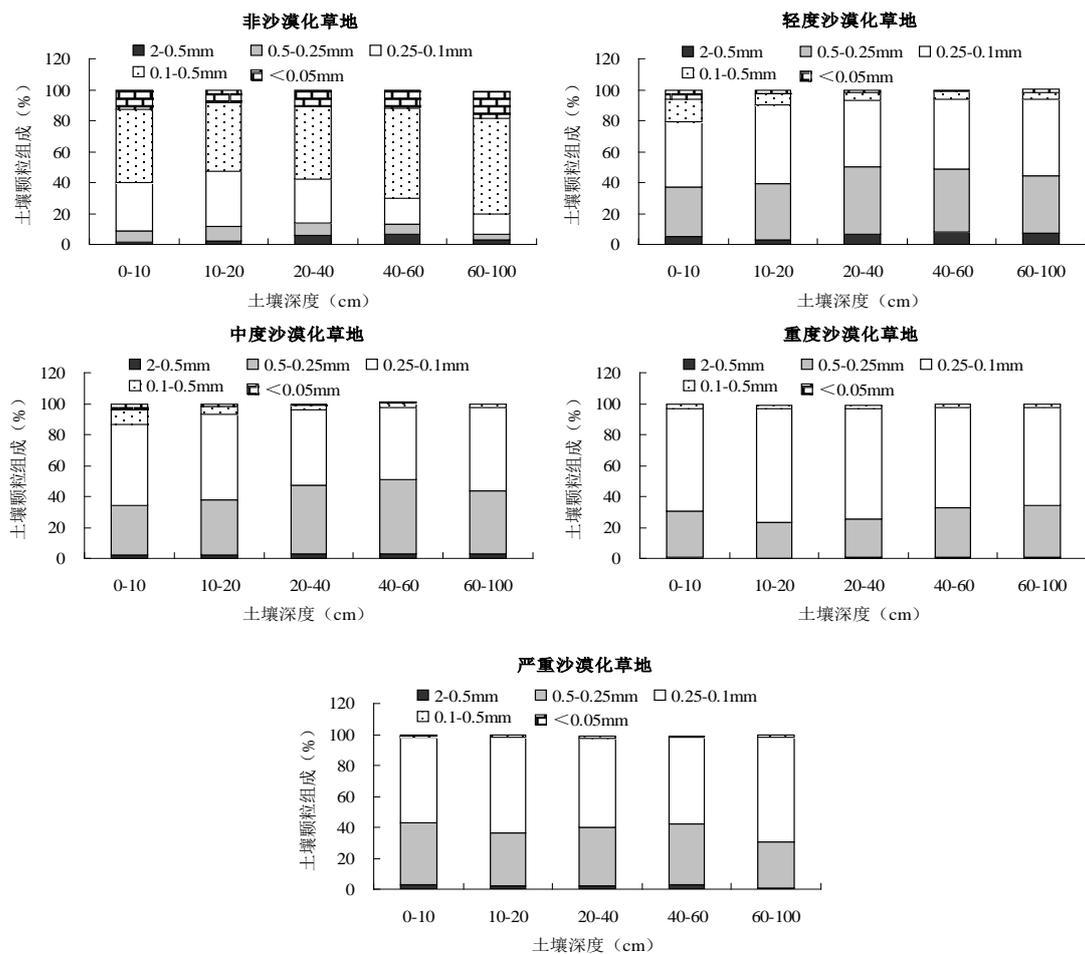


图 3 草地沙漠化过程中土壤颗粒组成变化

草地沙漠化过程中，土壤颗粒组成变化表现为粗粒增加、粘粉粒减少（图 3）。从非沙漠化草地到轻度、中度、重度和严重沙漠化草地：100cm 深土壤中粗沙(2-0.1mm)平均含量依次为 35.9%、90.0%、94.2%、97.0%和 98.1%；极细沙(0.1-0.05mm)含量依次为 51.7%、7.3%、4.4%、2.4%和 1.2%；粘粉粒(< 0.05mm)含量依次为 11.7%、2.4%、1.4%、0.1%和 0.05%。说明沙质草地土壤遭受风蚀时,在粘粉粒被吹失的同时,伴随着更多的极细沙也被吹失,使土壤颗粒进一步单粒化和粗化。

农田沙漠化过程中(图 4) 从非沙漠化农田到轻度、中度、重度和严重沙漠化农田 :100cm 深土壤中粗沙(2-0.1mm)平均含量依次为 64.4%、52.7%、59.5%、91.7%和 96.1%；极细沙(0.1-0.05mm)含量依次为 28.8%、38.7%、32.5%、6.7%和 2.7%；粘粉粒(< 0.05mm)含量依次为 5.9%、7.8%、7.4%、1.0%和 0.7%。可以看出，非沙漠化农田土壤大于 0.1mm 的粗颗粒含量高于轻度和中度沙漠化农田。这是由于非沙漠化农田土壤中含有大量的团聚体结构（包括水稳性的和非水稳性的）。随着沙漠化的发展，农田土壤团聚体结构减少、单粒增加。非沙漠化农田土壤的粘粉粒含量小于轻度和中度沙漠化农田。其原因是本次测定采用的是干筛法，未分散出非水稳性团聚体中结合的细颗粒物质。因此，无论是草地还是农田，沙漠化过程中土壤均表现为粗化和单粒化。

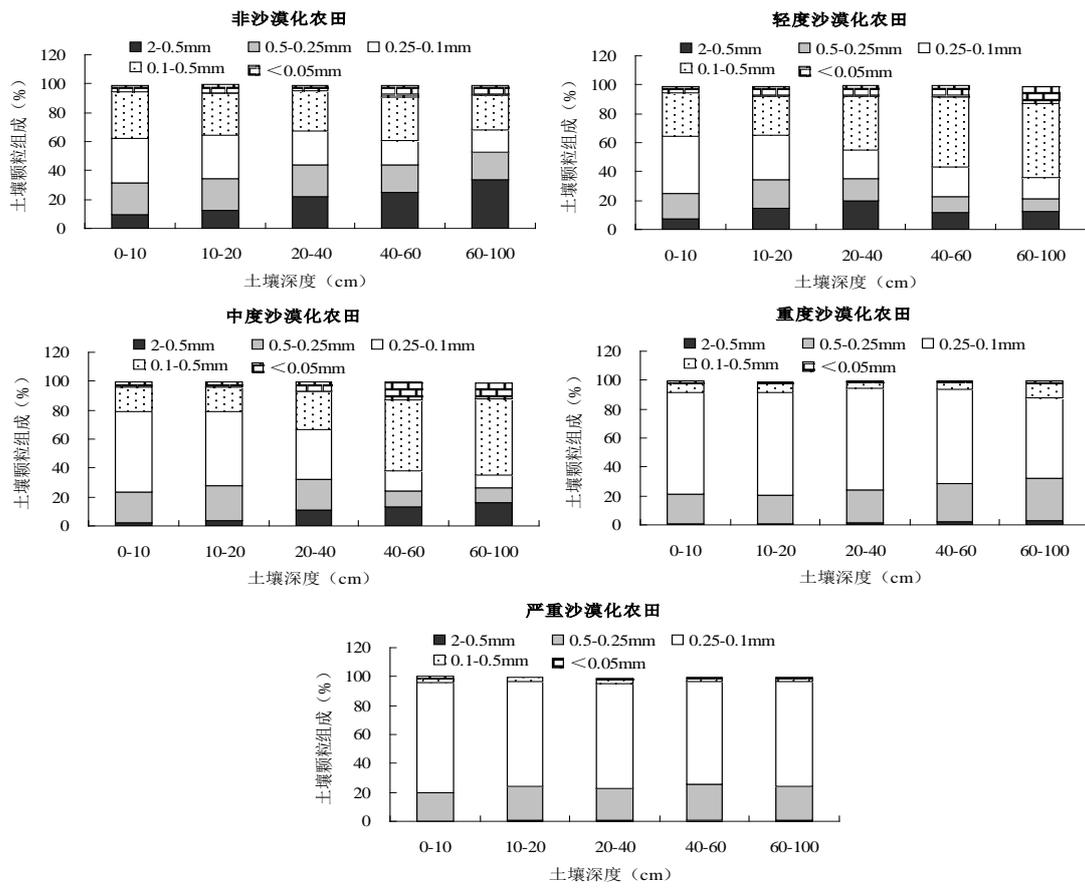


图 4 农田沙漠化过程中土壤颗粒组成变化

3) 沙漠化过程中土壤温度变化

图 5 和图 6 分别为沙漠化过程中草地和农田不同层次土壤温度的月际动态。本研究中土壤温度的测定时间区间为上午 9:00-10:00, 因此土壤温度的总体变化趋势为: 5 月至 8 月各类型样地表层 (0cm) 的温度高于其它层次, 而大气温度相对较低的 9 月份, 轻度、中度和重度沙漠化草地表层土壤温度均低于 10cm 以下的土壤温度。对比分析沙漠化过程中 25cm 深土壤平均温度的变化, 结果表明无论是草地还是农田, 土壤温度的变化与沙漠化的发展不存在显著的线性相关。但是, 比较非沙漠化和严重沙漠化两个阶段的样地, 可以发现: 5 月、6 月、7 月、8 月和 9 月非沙漠化草地 25cm 深土壤平均温度分别为 17.85、24.17、29.01、28.99 和 23.03°C, 分别高于严重沙漠化草地相应月份的土壤温度 (5-9 月分别为 17.78、21.41、26.43、27.93 和 20.35°C); 而农田正好相反, 即同一时期非沙漠化农田的

土壤温度均低于严重沙漠化农田。非沙漠化和严重沙漠化农田 5 月、6 月、7 月、8 月和 9 月 25cm 深土壤平均温度分别为 19.56 和 21.34°C，25.07 和 25.17°C，25.43 和 28.51°C，26.56 和 30.07°C，18.48 和 23.57°C。

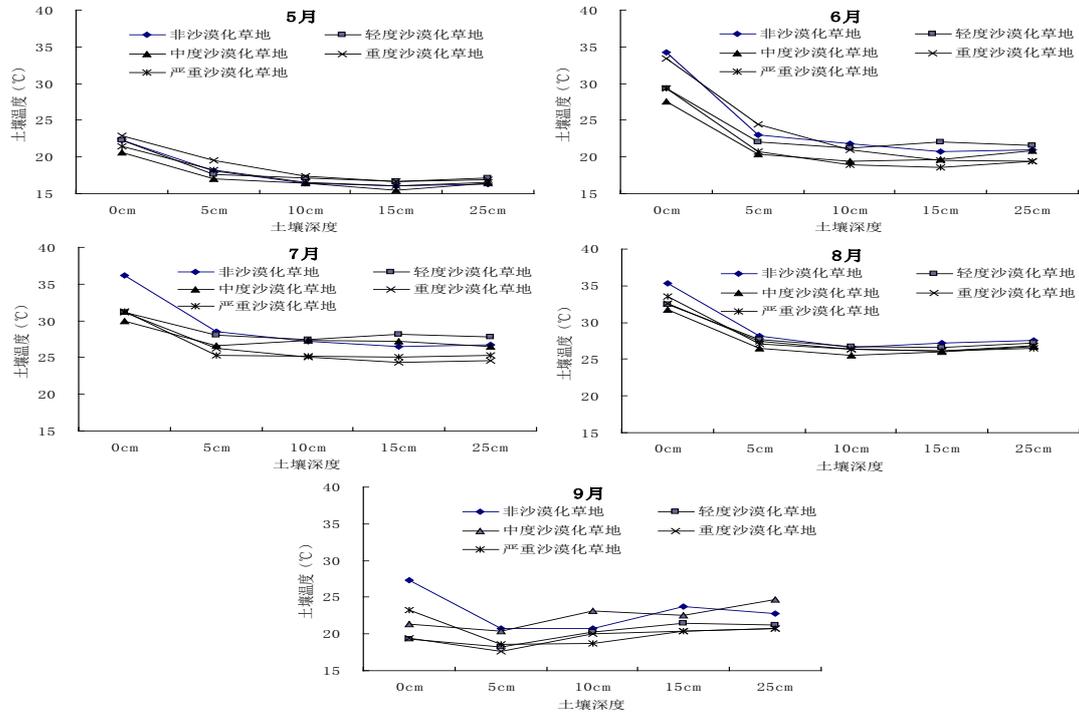


图 5 草地沙漠化过程中土壤温度的变化

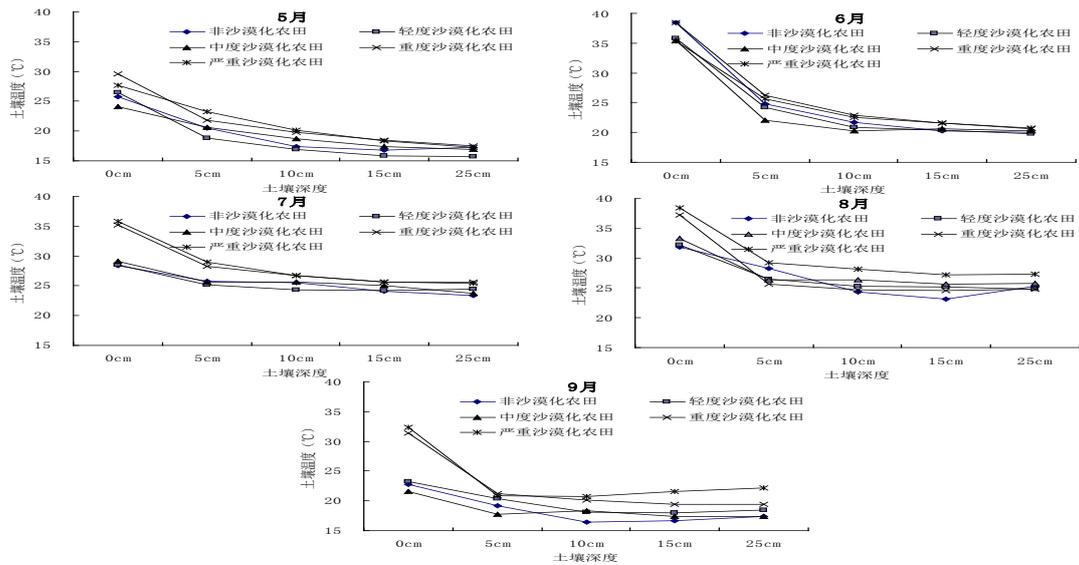


图 6 农田沙漠化过程中土壤温度的变化

2、沙地生态系统演变的生物学机理

1) 沙地植物叶片对环境的响应

(1) 北方沙漠化带优势植物叶片氮磷化学计量特征研究

对中国北方沙漠化带 214 种优势植物叶片氮磷含量及化学计量比的分布特征及其与水热要素的相关关系的研究表明，北方沙漠化带 214 种植物叶片 N 含量的平均值为 $24.45 \pm 8.1 \text{ mg g}^{-1}$ ，P 含量的平均值为 $1.74 \pm 0.88 \text{ mg g}^{-1}$ ，氮磷比平均值 15.77 ± 7.5 (图 7)。与全球、全国以及区域尺度的研究结果相比，北方沙漠化带植物具有相对较高的叶片 N 和 P 含量(图 8)。北方沙漠化带不同生活型植物叶片 N、P 含量 N/P 之间存在显著差异。豆科植物具有相对较高的 N 含量，杂类草植物具有相对较高的 P，乔木植物具有相对较小的氮磷比，说明不同生活型植物具有不同的养分利用策略。北方沙漠化带不同研究区植物叶片 N 含量无显著差异，但 P 和 N/P 含量差异显著。科尔沁沙地和毛乌素沙地植物叶片 P 含量较高。塔里木盆地、准噶尔盆地以及阿拉善高原的大部分植物叶片 N/P 大于 16，科尔沁沙地的大部分植物叶片 N/P 小于 14，说明不同研究区的土壤养分有效性存在差异。

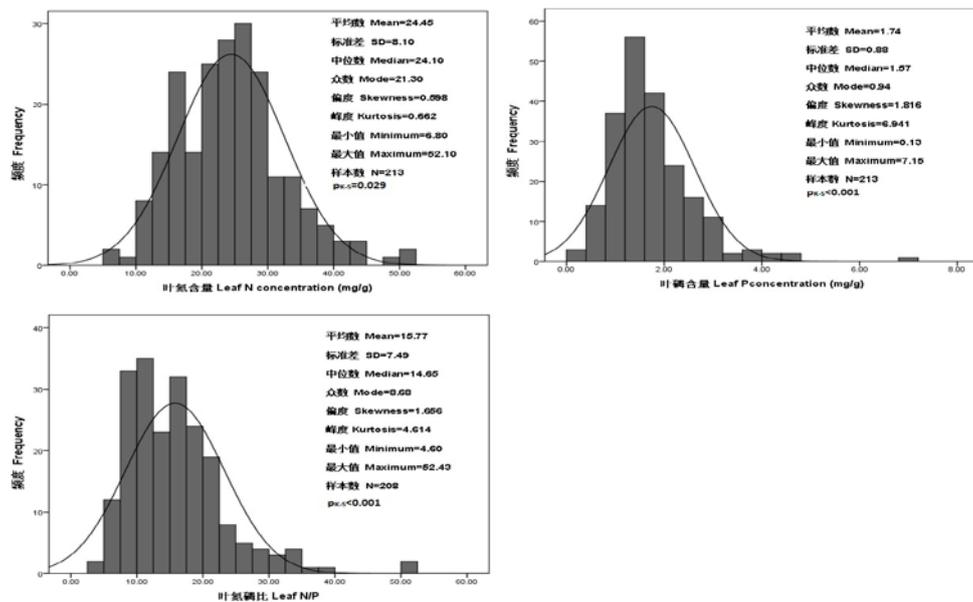


图7. 北方沙漠化带植物叶片氮磷含量及N/P的频数分布

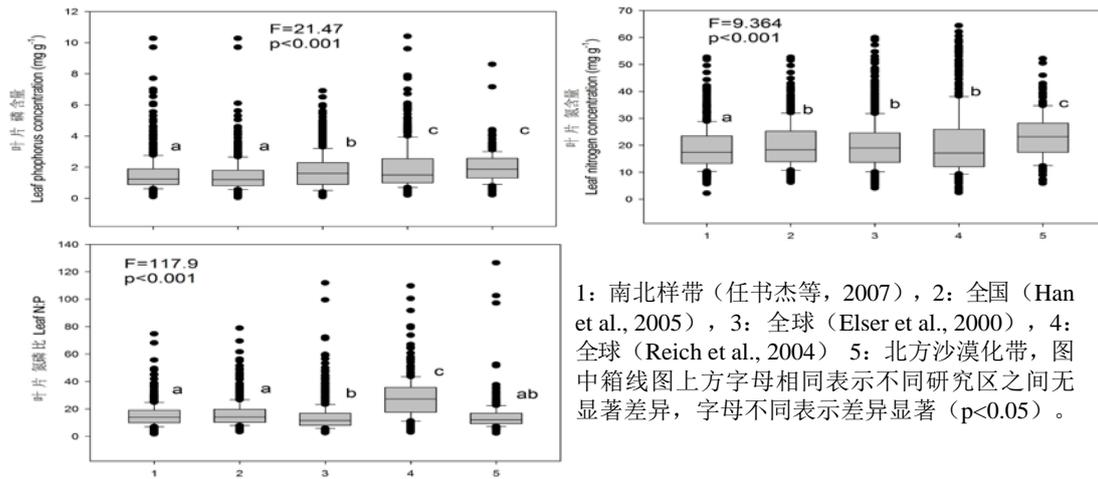


图8 北方沙漠化带植物叶片N、P含量及N/P与其它研究成果比较

(2) 沙地不同生境植物叶片氮素回收格局

土壤氮含量对叶片氮素回收效率影响不显著 (图 9; 表 4); 生境土壤氮含量变化对叶片凋落过程中氮素回收的比例没有显著影响, 但是氮回收水平(NRP, 即枯叶中的氮含量)随着土壤氮素含量的降低而降低, 因此氮回收水平对土壤氮素含量的变化更敏感, 可作为衡量植物是否受土壤氮素含量限制的指标; 流动沙丘、半流动沙丘植物绿叶氮含量、枯叶氮含量低, 而叶片氮素利用效率提高; 半固定沙丘、固定沙丘和丘间低地植物绿叶氮含量、枯叶氮含量较高, 而叶片氮素利用效率较低; 流动沙丘、半流动沙丘植物叶片凋落过程中氮素回收比较完全, 但是半固定沙丘、固定沙丘和丘间低地植物叶片氮素回收不完全; 流动沙丘、半流动沙丘植物遭受强烈的土壤氮素限制, 但是半固定沙丘、固定沙丘和丘间低地植物相对不受土壤氮素限制。

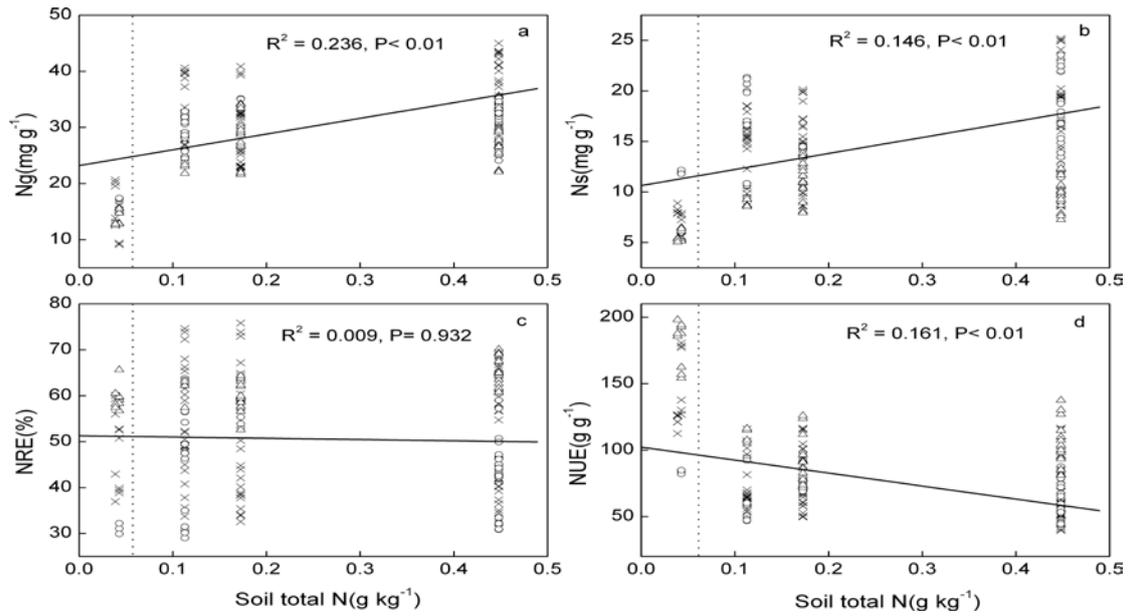


图9 (a) 植物绿叶中氮素含量(Ng) , (b)植物枯叶中氮素含量(Ns) , (c) 叶片氮素回收效率(NRE) , 以及(d) 叶片氮素利用效率分别与土壤全氮的关系。每个图中5个数据列分别表示流动沙丘、半流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘和丘间低地植物的氮素回收特征 (其中流动沙丘和半流动沙丘两列由于两种生境的土壤全氮含量太接近而区分不清楚)。氮素回收分两个阶段 (用点线分开) , 点线左侧代表第一阶段 : Ng和Ns低, 但是NUE高 (流动沙丘和半流动沙丘) ; 点线右侧代表第二阶段 : Ng和Ns低, 但是NUE高 (半固定沙丘、固定沙丘和丘间低地) . 每个点代表各自生境的所有植物测量值 (n = 189) . 三种生活型的表示符号 : x 草本 , Δ 禾本科草 , \circ 灌木.

表4. 生境、生活型和其交互效应对叶片氮素回收特征影响的F 值

	Habitat	Life-form	Habitat \times Life-form
df	4	2	7
Ng	25.665***	2.386 NS	1.586 NS
Ns	15.512***	10.564***	2.240 NS
NRE	0.771 NS	5.694**	0.593 NS
NUE	18.352***	11.976***	2.442**

备注: 一般线性模型(GLM)分析生境(df =4)和生活型 (df =2) 的效应 , * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$;

*** $P < 0.001$; NS, $P > 0.05$.

(3) 沙地 52 种植物叶性状分异特征研究

以科尔沁沙地52种植物为对象，比较分析了不同生活型植物叶片性状的变异特征以及植物各叶片性状之间的关系。结果表明，科尔沁沙地52种植物比叶面积在6.9-34.4 m² kg⁻¹之间变动，与其他区域的研究结果相比，该区域植物比叶面积偏小，说明该区域植物能较好的适应贫瘠环境（表5）。52种植物中，大多数植物的N:P小于14，说明科尔沁沙地植物主要受氮制约。研究表明，不同生活型植物的叶性状存在显著差异。固氮植物叶片氮含量最高，杂类草的叶干物质含量（平均值为0.22±0.06 g g⁻¹）显著小于其他类型生活型植物，但是植物叶片磷含量和比叶面积在不同生活型之间差异不显著（图10）。相对于多年生植物，一年生草本植物的比叶面积显著偏大，但是叶干物质含量显著偏小。科尔沁沙地52种植物叶干物质含量分别与比叶面积和叶片氮含量呈显著负相关，叶片磷含量和氮含量之间呈显著正相关。

表 5 科尔沁沙地 52 种植物叶性状的变异特征

叶性状	平均值	最大值	最小值
Leaf parameter	means±SD	Maximum	Minimum
叶氮含量 Leaf nitrogen concentration (mg g ⁻¹)	24.7±6.6	39.2	12.2
叶磷含量 Leaf phosphorus concentration (mg g ⁻¹)	2.6±0.7	4.3	1.1
叶氮磷比 Leaf N: P	10.4±4.1	21.6	3.8
比叶面积 Specific leaf area (m ² kg ⁻¹)	16.9 ±6.2	34.4	6.9
叶干物质含量 Leaf dry matter content (g g ⁻¹)	0.27 ±0.07	0.45	0.12

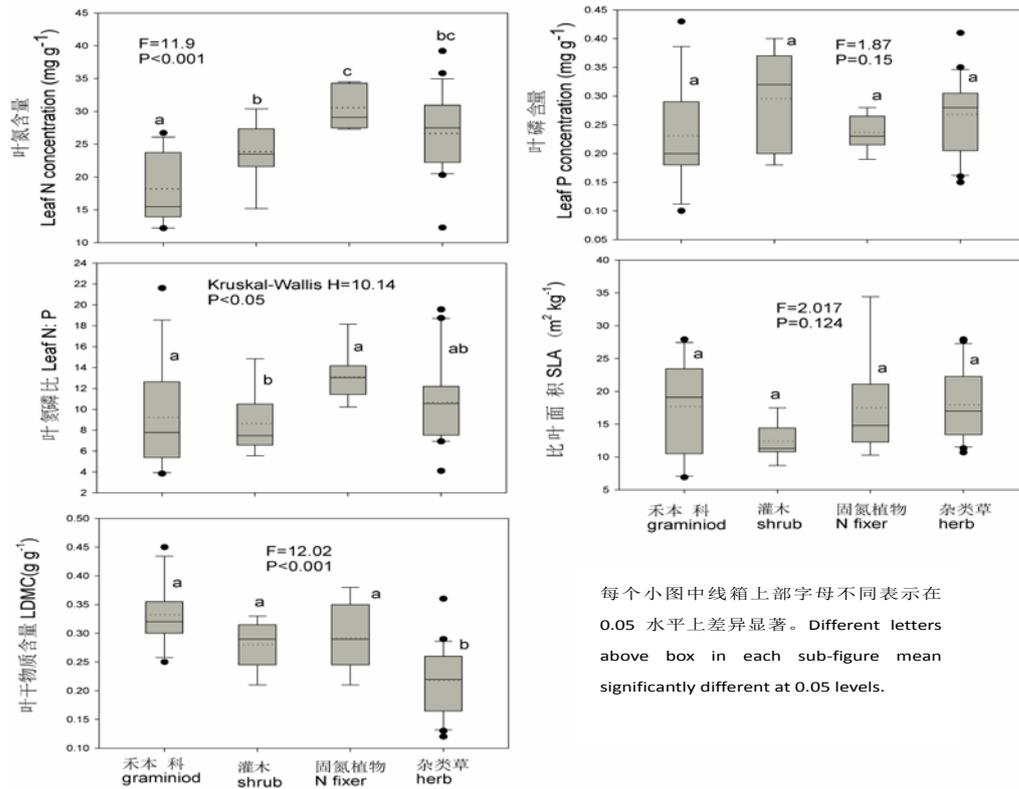


图 10 不同生活型植物叶片性状比较

2) 沙地植物对反复土壤干旱的生理适应

采取盆栽控制试验方法，在土壤反复干旱和复水过程中，连续检测了狗尾草和马唐的水分特征、光合气体交换、叶绿素荧光、离子渗漏、膜质过氧化抗氧化酶类以及渗透调节的动态过程。结果显示：①土壤干旱状况下，这两种植物的叶片相对水分含量、净光合作用、气孔导度、水分利用效率、光系统II最大光合效率和单位截面积电子传递能流逐渐降低，但是单位截面积吸收的能流、单位截面积热耗散的能流、细胞膜透性、膜质过氧化、可溶性蛋白质含量和脯氨酸含量增加；土壤水分恢复 4 天后，这些生理特征恢复到对照水平；②土壤干旱状况下，这两种植物的 CAT 和 POD 活性被诱导并持续增加，即使在土壤水分回复后，CAT 和 POD 活性仍然高于对照水平，耐受土壤干旱的能力提高；③土壤干旱状况下，两种沙生植物光系统II最大光合效率和单位截面积电子传递能流降低，说明受到植物遭受光抑

制，而同时单位截面积热耗散能流增加，说明随着光抑制，吸收和活化的光能被耗散。这也解释了光合作用的降低且光合作用降低的主要原因为非气孔因素；电子传递效率的降低导致活性氧的积累，从而导致膜质过氧化，植物受到伤害；④随着干旱次数的增加，叶片相对含水量减少的程度，细胞膜透性和膜质过氧化增加的程度减少，表明在以后的干旱过程中，沙生植物伤害程度减轻；⑤随着干旱次数的增加，光合作用降低的速度变慢，表明沙生植物在反复土壤干旱环境下尽量增加同化作用。

3) 沙地沙漠化过程与土壤种子库的变化

(1) 草地沙漠化过程中土壤种子库特征

草地沙漠化过程中 0-5cm 和 5-10cm 土壤种子库特征主要为：非沙漠化、轻度沙漠化和中度沙漠化草地 0-5cm 层土壤的物种数均高于 5-10cm 层，重度沙漠化草地 0-5cm 和 5-10cm 的物种数相等，而严重沙漠化草地 0-5cm 层的物种数少于 5-10cm 层。轻度沙漠化草地 0-10cm 土壤中萌发的物种数排序为：轻度沙漠化草地 (15 种) > 中度沙漠化草地 (14 种) > 非沙漠化草地 (10 种) = 重度沙漠化草地 (10 种) > 严重沙漠化草地 (5 种)。0-10cm 层土壤种子库密度依次为：轻度沙漠化 > 中度沙漠化 > 非沙漠化 > 重度沙漠化 > 严重沙漠化。

(2) 草地植被恢复过程中植被与土壤种子库的关系

由流动、半流动、半固定、固定沙丘到疏林草地，土壤种子库、幼苗库和定植库物种数和种子密度逐渐增加，物种总科属、总属数均逐渐增加，禾本科植物和一、二年生草本以及多年生草本物种数均逐渐增加，群落组成趋向于复杂化和多样化。统计趋势分析表明植被恢复的前期物种种子库的种源作用非常突出，在流动沙丘和半流动沙丘阶段土壤种子库为地被植物的发育提供了大量的种源，随着沙质草地恢复的中后期向顶级群落演替，土壤种子库提供种源的作用有所减弱，导致土壤种子库、幼苗库和定植库群落间的相似性有所减小。群落

恢复潜力度计算表明，在群落自然恢复演替过程中，流动向半流动沙丘植被恢复潜力最小，这一阶段为流动沙丘植被恢复的关键阶段。在科尔沁沙地不同类型的沙质草地土壤中，残留着植物体的数量和种类以及植被次生演替所留下的大量有性繁殖体和营养繁殖体，这些繁殖体可在生态条件改善时使潜在植被迅速演变成现实植被。

(3) 不同沙质草地的土壤种子库空间异质性

在所研究的尺度上，土壤种子密度大小顺序为放牧草地>放牧灌丛草地>封育草地，三者存在显著差异 ($P < 0.01$)。封育草地土壤种子丰富度要小于放牧的草地和灌丛草地。地统计学分析表明，不同沙质草地的土壤种子库的密度和丰富度都具有空间自相关性。沙质草地的土壤种子库的密度和丰富度的空间自相关范围表现出封育草地大于放牧草地和灌丛草地。由分维数分析看出，封育草地的土壤种子库的密度和丰富度的空间依赖性大于放牧的沙质草地，表明放牧导致了沙质草地土壤种子库的密度和丰富度空间依赖性减小。同时由土壤种子库的密度和丰富度的空间格局分布，以及在放牧草地和灌丛草地的空间破碎化程度较高、分布呈现出小斑块格局，也表明了放牧导致了沙质草地土壤种子库的密度和丰富度具有较高的空间异质性。

(4) 沙质草地土壤种子库的多尺度空间变化

在 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 、 $30\text{m} \times 60\text{m}$ 和 $30\text{m} \times 90\text{m}$ 三个尺度上，沙质草地土壤种子密度随着尺度的增加而减小，三者存在显著差异 ($P < 0.01$)。沙质草地土壤种子丰富度随着尺度的增加而增加。地统计学分析表明，不同空间尺度下沙质草地土壤种子库的密度和物种数都具有空间自相关性 (图 9)。沙质草地土壤种子库密度的空间自相关范围表现出随着研究尺度的增加而增加，而土壤种子库的丰富度的空间自相关范围随着研究尺度的增加，则没有明显变化。分维数分析表明放牧能够导致沙质草地土壤种子库丰富度在研究尺度增加过程中仍具有较小的空间依赖性。土壤种子库的密度和丰富度的空间格局分析，表明沙质草地土壤种子库丰

富度在 30×90m 尺度上空间破碎化程度较高、分布呈现出小斑块格局，土壤种子库密度表现出较强的空间依赖性、大斑块格局分布。

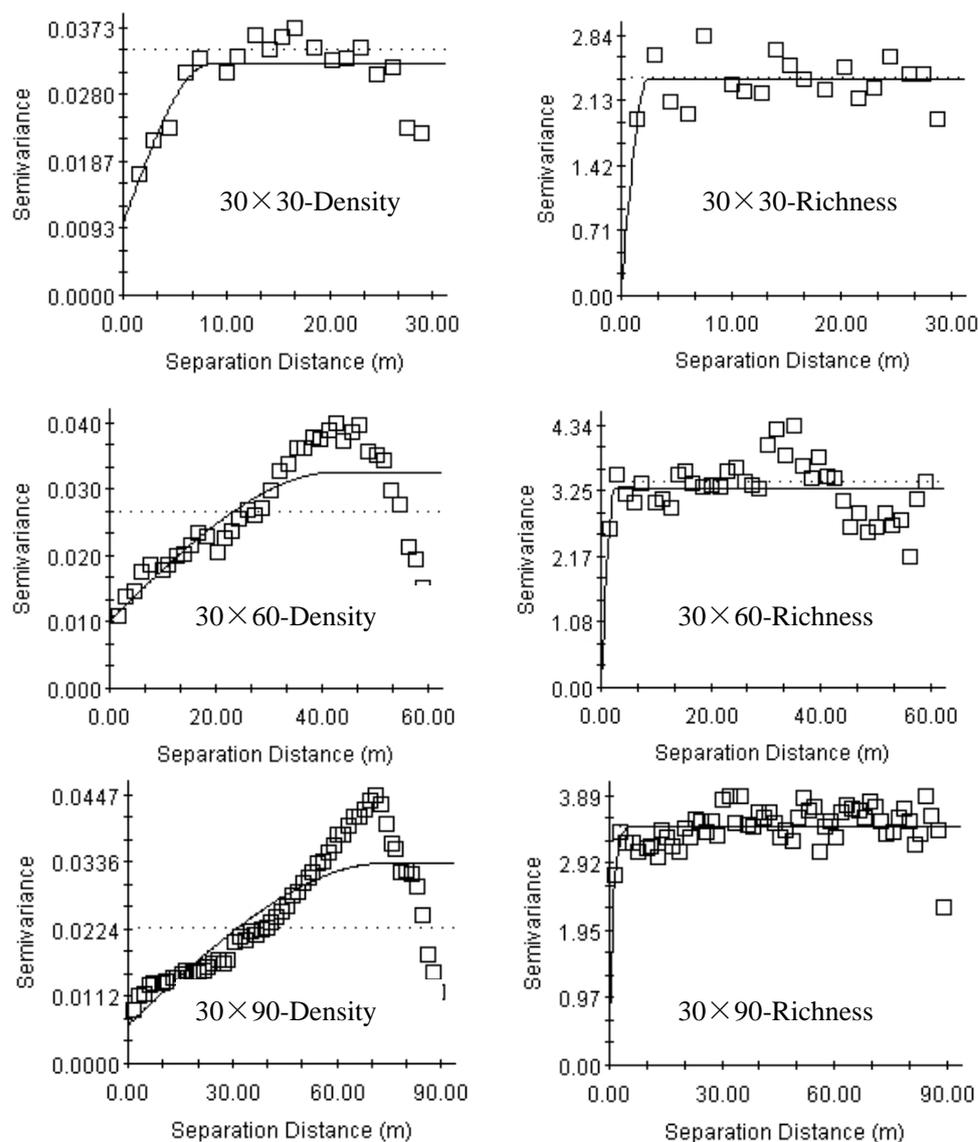


图 11 不同尺度上土壤种子密度和丰富度的空间半方差图

(5) 地形的空间变化对土壤种子库的影响

在 30m×30m, 30m×60m 和 30m×90m 三个尺度上,沙质草地坡度和样点相对高度随着尺度的增加先减小后增加。地统计学分析表明,不同空间尺度下沙质草地的坡度和相对高度都具有空间自相关性。沙质草地的坡度的空间自相关范围表现出随着研究尺度的增加而增加,而相对高度的空间自相关范围随着尺度的增加先减小后增加。分维数分析表明沙质草地

的坡度的空间依赖性随着尺度的增加而增加,样点相对高度空间依赖性随着尺度的增加先增加后减小。

由地形中坡度和相对高度的自相关范围要大于同尺度的土壤种子库的密度和丰富度,表明小尺度上地形因素不是影响土壤种子库分布格局的重要因素(图12)。不同尺度上土壤种子库密度和丰富度与地形特征的相关关系看出,在30×60m尺度上密度与样点相对高度具有显著的正相关关系($P < 0.01$),在30×90m尺度上密度和坡度与样点相对高度具有显著的正相关关系($P < 0.01$),表明地形因素影响土壤种子库分布格局表现在更大的尺度范围上(表6)。

表 6 不同尺度上土壤种子库与地形特征的相关关系

	Slope	Relative height	Density	Richness
30×30 m Scale				
Slope	1.00			
Relative height	-0.14	1.00		
Density	-0.04	-0.12	1.00	
Richness	-0.05	0.01	-0.06	1.00
30×60 m Scale				
Slope	1.00			
Relative height	-0.16*	1.00		
Density	-0.13	0.22**	1.00	
Richness	0.01	-0.07	-0.07	1.00
30×90 m Scale				

Slope	1.00			
Relative height	0.15*	1.00		
Density	-0.23**	-0.18**	1.00	
Richness	0.05	0.02	-0.04	1.00

Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed);**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

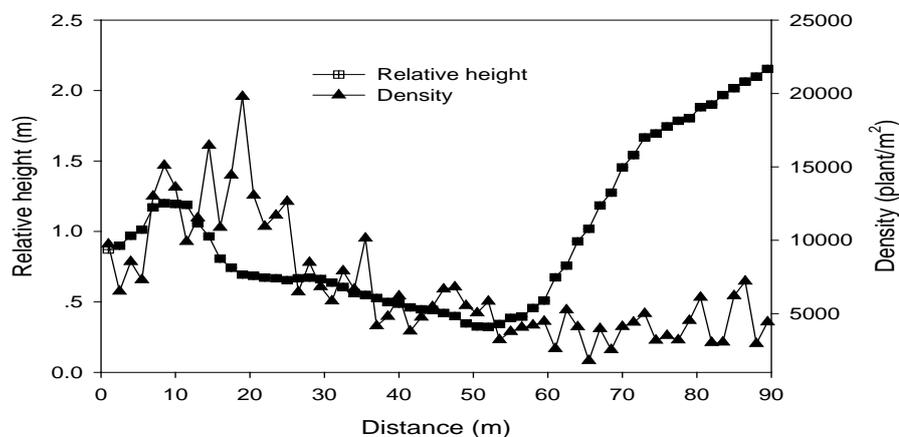


图 12 不同空间距离上地形特征 (平均值) 与土壤种子库密度的变化

4) 沙地植被变化与演替

(1) 草地沙漠化过程中植物群落组成

调查结果显示, 从非沙漠化分别到轻度、中度、重度和严重沙漠化, 植物群落总盖度分别下降 25、45、67 和 77 个百分点。物种数分别为: 非沙漠化草地 10 种, 轻度沙漠化草地 12 种, 中度沙漠化草地 9 种, 重度沙漠化草地 4 种, 严重沙漠化草地 3 种。非沙漠化和轻度沙漠化草地中黄蒿占有较大的优势, 而中度和重度以差巴嘎蒿为主, 严重沙漠化草地以沙米为主。

(2) 草地沙漠化过程中植物群落生物量变化

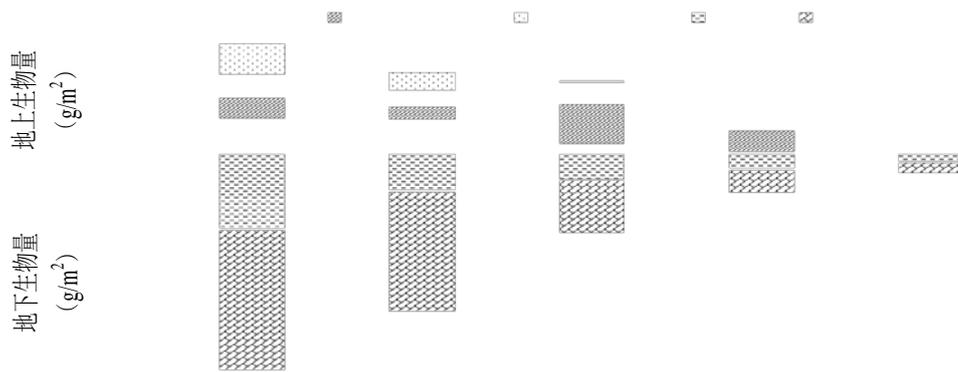


图 13 草地沙漠化过程中植物群落生物量变化

生物量调查结果表明(图 13)，草地植物群落地上和地下生物量随沙漠化的进展呈下降趋势。从非沙漠化分别到轻度、中度、重度和严重沙漠化，地上生物量分别下降 24%、32%、75%和 90%，地下生物量分别下降 25%、63%、81%和 89%。从轻度到中度沙漠化草地，地上活生物量表现为增加而非下降，这是因为在中度沙漠化草地建群种差巴嘎蒿个体高大所致，然而植物盖度和密度一般总是随着沙漠化程度增加而下降。地表凋落物随沙漠化程度的增加而急速减少。0-30cm 地下生物量组成中，地下凋落物占有的比例较高，从非沙漠化草地到严重沙漠化草地，其比例范围为 56%-76%。

(3) 农田沙漠化过程中作物生物量变化

农田沙漠化过程中玉米作物的生物量变化：单株玉米茎和叶的干物质重量依次为中度沙漠化农田>非沙漠化农田>轻度沙漠化农田>重度沙漠化农田>严重沙漠化农田，即茎叶干重的变化与沙漠化程度无显著相关性。单位面积植株密度：最大为轻度沙漠化农田，其次为中度和非沙漠化农田，严重沙漠化农田植株密度最小。单穗籽粒数随着沙漠化程度的增加而减少，非沙漠化农田单穗籽粒数比严重沙漠化农田多 122 粒。轻度沙漠化农田单位面积的玉

米产量最高，略高于非沙漠化农田的产量，而中度、重度和严重沙漠化农田的产量较之轻度农田分别减少 30%、57%和 72%。

(4) 沙地典型植物群落的分类及组成

通过对研究区内 56 个位置调查的植物群落样地的 DCA 排序 (图 14、图 15)，将其划分为 6 组，并结合实际生态意义，划分的植物群落类型组为：①沼泽植被：该类型植被包括 7 个多年生草本植物群落样地，优势植物以香蒲科、莎草科和蔷薇科的水生植物和湿生植物为主。②湿草甸：该类型植被包括 10 个群落样地，主要分布于在季节性积水的低地或者丘间平坦的洼地，优势植物以多年生禾本科植物为主。③干草甸：该类型植被包括 5 个群落样地，主要分布于丘间平坦地，优势植物以禾本科和菊科植物为主。④固定沙丘：该沙丘植被包括 12 个群落样地，植被主要以禾本科、菊科草本植物和灌木共生的植物群落为主。⑤半固定沙丘：该沙丘植被包括 8 个群落样地，植被主要以差巴嘎蒿灌木和杂草共生的植物群落为主。⑥流动沙丘：该沙丘植被包括 7 个群落样地，该植被是以沙丘先锋植物沙蓬为主的群落。

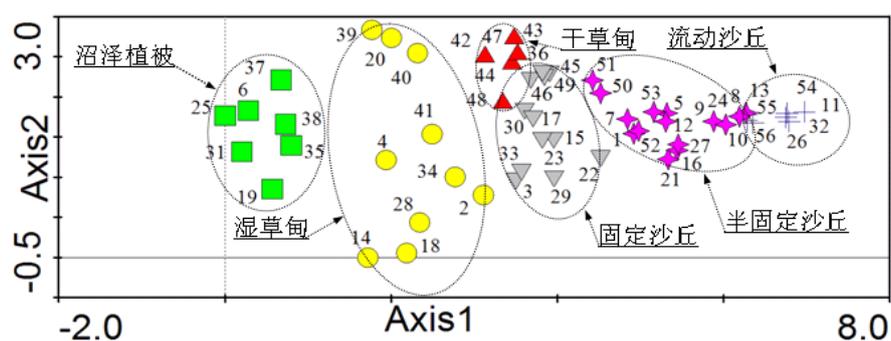


图 14 研究区 56 个样地间的 DCA 排序分布图

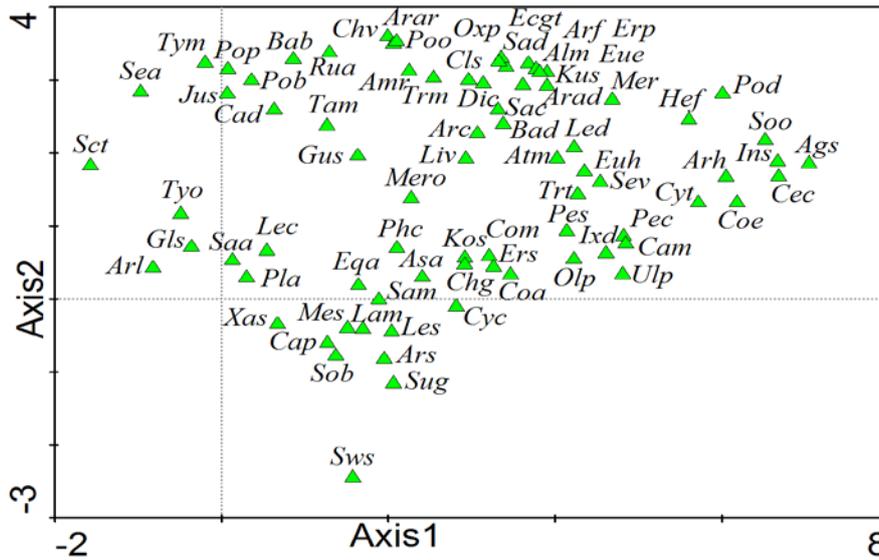


图 15 研究区 74 种植物间的 DCA 排序分布图

(5) 沙地植物群落和环境特征变化

在 Canoco 软件中，以群落中的物种重要值和环境因子为数据源，构成种类与环境因子数据矩阵，应用典范对应分析 (CCA) 方法对研究区的 56 个群落位置进行排序分析。从图 13 中可以看出，第 1 排序轴与土壤有机碳、全氮、pH、电导率、土壤水分含量 (0~60cm) 和极细砂有极显著的正相关关系 ($P < 0.001$)，与海拔高度 (H) 有极显著的负相关关系 ($P < 0.001$)；第 2 排序轴相关系数较大的为土壤有机碳和全氮 ($P < 0.001$)，说明反映了群落沿土壤养分梯度的变化趋势。第 1 轴特征值为 0.78、解释方差为 29.20%，第 2 轴特征值为 0.46、解释方差为 17.30%，说明土壤水分、养分、pH、电导率、极细沙和海拔的组合因子与植物群落的分布有较为密切的关系。

表 7 植物群落环境因子与物种排序轴的相关系数、特征值和解释方差

特征	环境轴			
	DCA		CCA	
	SPX1	SPX2	SPX1	SPX2
有机碳 (C)	-0.66**	0.17	0.62***	0.40**
全氮 (N)	-0.68**	0.21	0.60***	0.50**
pH	-0.61**	0.02	0.61***	0.28
电导率 (EC)	-0.74**	0.13	0.79***	0.07
纬度 (Latitude)	-0.05	0.21	-0.01	0.20

经度 (Longitude)	0.12	-0.30*	0.00	-0.35*
海拔(H)	0.33*	0.26	-0.41***	0.23
中粗砂 (CS) >0.25 mm	0.18	-0.23	-0.18	-0.07
细砂 (FS) 0.25~0.10mm	0.33*	0.06	-0.37**	0.07
极细砂 (VFS) 0.10~0.05mm	-0.43**	-0.04	0.48***	-0.07
粘粉粒 (SC) < 0.05mm	-0.12	0.37	0.11	0.13
土壤水分 0~20cm (SW1)	-0.74**	-0.02	0.85***	-0.27
土壤水分 20~40cm (SW2)	-0.76**	-0.05	0.87***	-0.25
土壤水分 40~60cm (SW3)	-0.71**	-0.15	0.79***	-0.19
特征值	0.84	0.37	0.78	0.46
物种与环境相关系数	0.95	0.84	0.97	0.86
累积解释方差 (%)	13.1	18.9	29.20	46.50

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$

从样地、植物种和环境因子的 CCA 排序图(图 16)得到 , 沼泽植被包括以香蒲、苔草、萎陵菜和三棱草为优势种的水生植物 , 其生境具有最高的土壤水分和养分含量 ; 湿草甸该植被类型包括以赖草、假苇拂子茅、芦苇和虎尾草为主的多年生禾本科植物 , 主要位于排序图第 1 轴右上方 ; 干草甸植被主要优势植物为糙隐子草、黄蒿、芦苇、狗尾草和三芒草等位于排序图的左上方 ; 固定沙丘的优势植物白草、木蓼、画眉草、小叶锦鸡儿和马唐等位于排序图的中间部位 ; 流动沙丘以沙蓬、沙地旋覆花和苦苣菜为优势种均位于排序图的最左下端 ; 以差巴嘎蒿、大果虫实、狗尾草和扁蓿豆等为优势种的半固定沙丘植物介于固定沙丘和流动沙丘植物分布的位置之间。

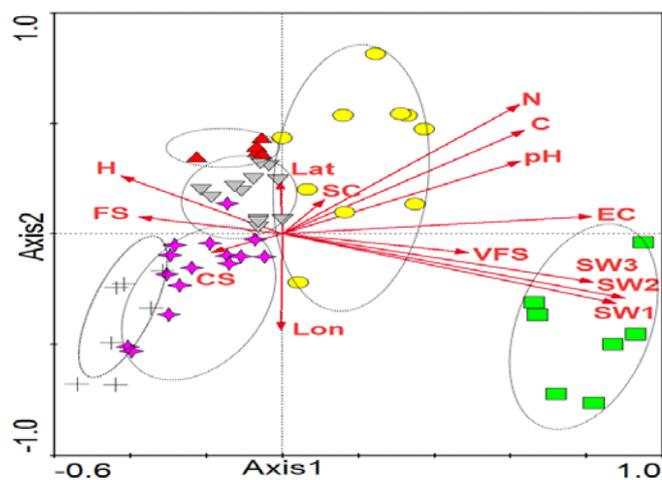


图 16 植被群落与环境因子的 CCA 二维排序

(6) 沙地植被恢复过程中植被演替与物种多样性

随着沙丘的固定和封育年限的增加，由封育 0 年的流动沙丘、封育 11 年的沙丘（流动、半流动和半固定沙丘）到封育 20 年的沙丘（流动、半流动、半固定和固定沙丘），植被丰富度、盖度和物种多样性逐渐增加，优势度逐渐减小。植被特征和群落与物种关系的 CA 分析表明（图 17），封育 11 年流动沙丘的发育程度为半流动沙丘；封育 20 年的流动沙丘和半流动沙丘的发育程度接近于半固定沙丘；封育 11 年的半固定沙丘和封育 20 年半固定沙丘进一步向固定沙丘演替。沙地退化植被恢复演替模式为：先锋植物沙蓬为主的一年生植物群落（流动沙丘阶段）→ 灌木差巴嘎蒿和一、二年生草本植物为主的群落（半流动和半固定沙丘阶段）→ 一、二年生草本和多年生草本为主的杂草群落（固定沙丘阶段）。固定沙丘植被建立后逐渐向榆树疏林草地演替。沙丘植被恢复过程中，禾本科植物和多年生草本逐渐增加，植物群落结构趋于复杂、草本质量明显改善。

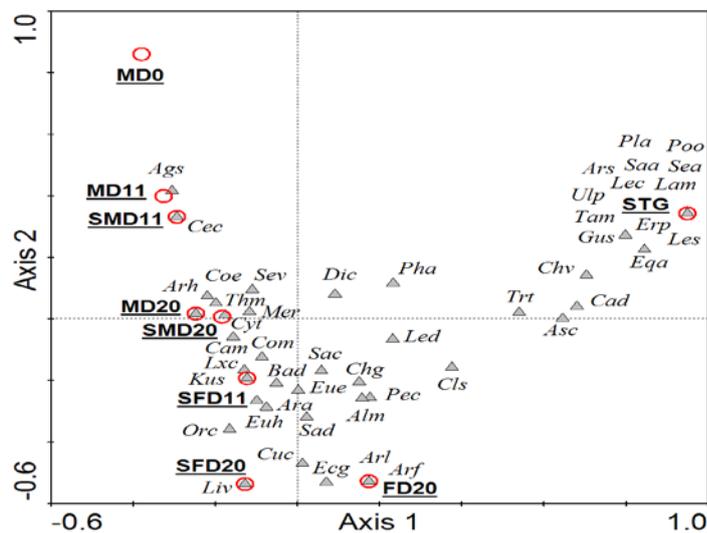


图 17 植被恢复过程中的群落样地与物种对应分析

5) 沙地土壤动物多样性研究

(1) 土壤动物调查土样有效性

科尔沁沙地土壤动物包括大型和中小型土壤动物调查土样有效性均较高，超过 60%。

水平分布上,大型土壤动物调查土样有效性均草地较好,而中小型动物调查样地有效性草地远低于其它 3 种土地类型。垂直分布上,大型和中小型土壤动物调查土样有效性均随土壤深度增加而逐渐降低,尤其是大型土壤动物,大型土壤动物调查土样有效性 20-30cm 土层低于 50%;而中小型土壤动物调查土样有效性 3 个土层均较高,大型土壤动物调查土壤深度 0-20cm 效果较好,而中小型土壤动物 0-15cm 效果较好。季节分布上,大型和中小型土壤动物调查土样有效性在 3 个季节均较高,均超过 50%,在春季、夏季或者秋季进行土壤动物调查效果均好。综合来看,在科尔沁沙地进行土壤动物的基础调查,需要考虑调查生境以及土壤的深度,而且在实际中,考虑在 3 个季节各采一次样,更能获得理想的效果。

表 8 土壤动物调查样有效性分析

全部样	调查样 (个)	缺失 (个)	有效样 (个)	有效性%
大型动物	820	311	509	62.07
中小型动物	702	269	433	61.68
大型+中小型	1522	580	942	61.89

(2) 土壤动物群落区系组成

科尔沁沙质草地 4 种土地类型共捕获大型和中小型土壤动物 5832 只,隶属于 3 纲 15 目,划分为 19 个类群;以昆虫纲的种类最多,蛛形纲的个体数最多(图 18)。从空间分布特征来看,优势类群和常见类群分布广泛,而多数稀有类群个体数量均较少,而且分布狭窄;各类群空间分布的广狭与个体数量的多寡呈现出比较明显的一致性。土壤动物种类组成上,科尔沁沙质草地接近于内蒙古中部农牧交错带(16 类,13 目),低于内蒙古东南缘森林-草地交错带(27 类、27 目),但各大类群所占比例既有相似性,但更有明显的差异性。从 A/C(螨类/弹尾目)判断,科尔沁沙地土壤动物更倾向于暖温带水平。

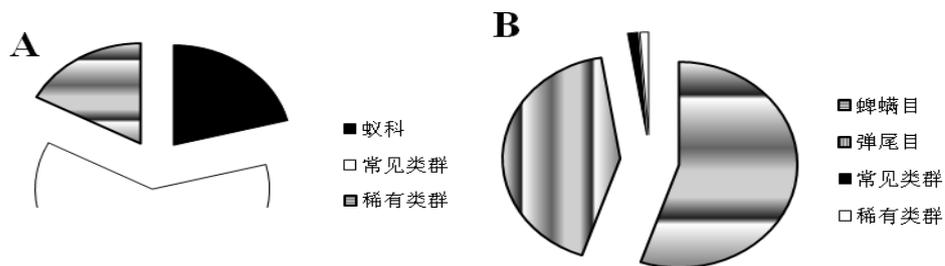


图 18 大型 (A) 和中小型 (B) 土壤动物区系组成

大型土壤动物优势类群和常见类群的个体数多，个体密度大，适应性强，代表了科尔沁沙地交错带生态系统大型土壤动物的主体；其它为稀有类群，类群数很多，有 52 个类群，但个体数仅占大型土壤动物总数 17.24%。中小型土壤动物 3 个优势和常见类群共占大型土壤动物个体总数的 98.81%，在科尔沁沙质草地生态系统等土壤动物群落中广泛分布，是广布类群；其它为稀有类群，类群数较多，有 8 个类群，但个体数量极少，仅占中小型土壤动物个体总数的 1.19%。由于中小型土壤动物在农牧交错区土壤动物中数量占绝对优势，所以，中小型土壤动物在不同生境的分布更具有代表性。

(3) 土壤动物群落群落多样性时空分布

水平空间分布上，草地土壤动物多样性最高；沙丘地土壤动物个体数和类群数均较多，多样性较高；而农田和林地土壤动物个体数和类群数差别不大，但农田土壤动物分布更为均匀，农田多样性高于林地。

大型土壤动物群落多样性草地最高；沙丘地多样性次之，农田和林地大型土壤动物群落简单，多样性较低，而且农田高于林地。大型土壤动物群落多样性受到土壤因子(土壤水分、温度、pH、电导率及土壤养分)的综合影响；Shannon 指数和密度-类群指数的结果基本一致，而且比密度-类群指数更能说明大型土壤动物群落多样性的水平分布差异。

中小型土壤动物群落多样性草地高于农田,而林地和沙丘地土壤条件较差,多样性较低,但沙丘地中小型土壤动物个体数量最为丰富,沙丘地多样性高于林地。土壤含水量、温度及养分含量的综合作用是中小型土壤动物水平分布差异的主要因素。

垂直空间分布上,大型土壤动物具有显著的表聚性,尤其是大型土壤动物种类数。随着土壤深度的增加,大型土壤动物多样性逐渐降低。土壤温度、含水量和养分的垂直分布是大型土壤动物多样性垂直空间变化的主要因素(表9)。

表9 大型土壤动物垂直分布

	sum 密度	S 类群数	D 丰富度	H	E 均匀度	DG
10c	28.65±	34.50±	1.07±	2.97±	0.84±	24.43±
m	4.45a	2.66a	0.04b	0.09a	0.02a	2.32a
20c	17.75±	28.50±	1.19±	2.66±	0.80±	13.27±
m	3.61a	3.18b	0.06b	0.19a	0.04b	1.96b
30c		19.25±	1.48±	2.43±	0.83±	
	7.78±1.41b					4.68±1.33c
m		3.25c	0.07a	0.23a	0.03a	

中小型土壤动物具有明显的次聚性,5-10cm 土层中小型土壤动物群落多样性较高,10-15 cm 土层中小型土壤动物群落多样性居中,而0-5cm 中小型土壤动物群落多样性最低。土壤温度、水分及养分的垂直分布成为中小型土壤动物多样性分布变化的限制因素(表10)。

表10 中小型土壤动物垂直分布

	sum 密度	S 类群数	D 丰富度	H	E 均匀度	DG
0-5cm	60.04±	5.00±	0.44±	0.68±	0.42±	3.21±
	27.95a	0.00a	0.05a	0.04ab	0.03a	0.28a

	61.68±	6.25±	0.51±		0.46±	5.78±
5-10cm				0.84±0.11a		
	33.19a	1.03a	0.09a		0.04a	2.59a
10-15c	84.48±	5.00±	0.40±		0.43±	3.50±
				0.68±0.08b		
m	39.97a	0.71a	0.04b		0.06a	1.71a

(4) 土壤动物群落多样性季节动态分布

季节动态上，土壤动物总群落多样性夏季最高，而秋季高于春季。土壤动物总群落多样性对土壤因子的季节更替不敏感，地表植被更替成为土壤动物总群落多样性季节分布差异的重要因素。密度-类群指数和 Shannon 指数季节分布变化相一致。

大型土壤动物群落多样性亦为夏季最高，秋季大型土壤动物个体数和种类数均高于春季，大型土壤动物多样性秋季高于春季（表 11）。大型土壤动物对土壤因子的季节差异亦不敏感，可能主要还是地表植被的季节性变化。用密度-类群指数比 shannon 指数表征大型土壤动物群落多样性季节分布更好些。

表 11 大型土壤动物群落季节分布

	sum 密度	S 类群数	D 丰富度	H	E 均匀度	DG
春	17.40±	22.00±	1.12±	2.61±	0.86±	
季	3.85a	2.68b	0.06a	0.07ab	0.02a	8.75±1.74b
夏	20.20±	33.00±	1.21±		0.80±	19.90±
季	4.80a	2.27a	0.07a	2.77±0.08a	0.02a	2.94a
秋	16.70±	23.50±	1.14±		0.81±	9.63±
季	2.69a	2.47b	0.05a	2.58±0.12b	0.01a	1.81ab

中小型土壤动物群落多样性夏季最高，秋季高于春季，秋季中小型土壤动物分布更为均匀(表12)。土壤因子的季节变化只是影响中小型土壤动物群落个体数季节分布，而地表植被的季节更替对中小型土壤动物多样性产生了重要影响。用 shannon 指数比密度-类群指数表征中小型土壤动物群落多样性季节分布更好些。

表 12 中小型土壤动物群落季节分布

	sum 密度	S 类群数	D 丰富度	H	E 均匀度	DG
春季	82.05±36.72a	4.25±0.63a	0.35±0.01a	0.58±0.12b	0.42±0.09a	2.09±0.66a
夏季	58.71±25.62a	6.00±1.35a	0.48±0.09a	0.87±0.08a	0.51±0.04a	3.78±1.09a
秋季	66.10±39.67a	4.50±0.29a	0.45±0.09a	0.79±0.09b	0.52±0.04a	1.72±0.25a

3、沙地水分平衡与水循环方面：

1) 北方沙漠化带近 50 年潜在蒸散量变化趋势研究

蒸散发是水量平衡和热量平衡的重要组成部分。潜在蒸散量是表征大气蒸发能力的一个量度，它标志大气中存在着一种控制充分湿润下垫面蒸发过程的能力，广泛应用于气候干湿状况分析、水资源合理利用和评价、生态环境变化等研究中。水分是北方沙漠化带植物生长发育的主要限制因子，蒸散发 (evapotranspiration) 的变化对荒漠与荒漠化生态系统的结构、功能以及稳定性将会产生重要影响。研究表明，北方沙漠化带潜在蒸散量的波动范围在 1050-1250mm 之间，近 50 年来潜在蒸散量呈现明显下降趋势，下降斜率约为 17.5mm/10a (图19)。塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地、河西走廊以及阿拉善高原近 50 年来平均潜在蒸散量呈下降趋势，但是在浑善达克沙地和科尔沁沙地潜在蒸散量呈明显的增加趋势。塔里木盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地、阿拉善高原、河西走廊和毛乌素沙地日照时数减少和风速降低有可能是区域潜在蒸散量近几十年呈现减少的主要原因。但科尔

沁沙地和浑善达克沙地潜在蒸散量变化可能主要受温度的影响。

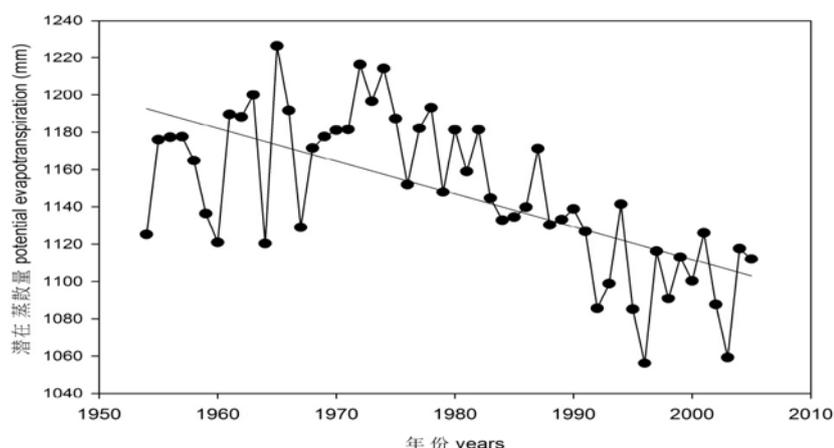


图 19 近 50 年荒漠及荒漠化生态系统潜在蒸散量变化趋势

2) 沙地灌木 - 小叶锦鸡儿灌丛的雨水再分配过程研究

对灌丛船头雨和地表蒸发的观测发现：1) 小叶锦鸡儿的穿透雨在所观测的 11 次降雨中，累计降雨量为 114.8mm，总共的穿透雨量为 82.6mm，占降雨量的百分比为 71.9%。其中最大值为 18.06mm，占降雨量的 84%，最小值为 2.34mm，占降雨量的 60.1%。整个观测过程中，平均穿透雨量为 6.35mm(标准差为 4.7mm)。通过拟合的曲线方程可以计算出，穿透雨占降雨百分比的稳定值为 82.76%。2) 小叶锦鸡儿的降雨截留量，在 11 次观测降雨累计量为 28.0mm。截留量的最大值为 8.42mm，占降雨量的 9.2%；截留的最小值为 1.35mm，占降雨量的 29.3%，平均截留量占降雨的百分比为 $17.9\% \pm 9.5\%$ (平均值 \pm 均值标准差)。通过拟合函数曲线发现，截留百分比随降雨量先减小，最后基本趋于稳定，这就说明降雨量对截留百分比的变化比较明显，雨量较少时，降雨中的大部分用于满足叶片、枝干的吸附，此时植被的截留相对较大。在枝干、叶片吸附饱和后，截留百分比逐渐趋于稳定，根据曲线方程计算可以得到截留量占降雨百分比的稳定值为 12.78%。

3) 沙漠化过程中不同类型土地的土壤水分变化

图 20 和图 21 分别为沙漠化过程中草地和农田 0-10cm、10-20cm 和 20-30cm 土壤水分含量的月际变化。可以看出，草地沙漠化过程中土壤含水量的变化趋势为先降低后增加，5 月、6 月和 9 月降水量相对少的月份，非沙漠化草地各个层次土壤含水量均高于其它阶段样地，而在降水量相对较多的 7 月和 8 月，轻度和中度沙漠化草地的土壤含水量明显低于非沙漠化、重度沙漠化和严重沙漠化草地，但 7 月和 8 月含水量最高值出现在严重沙漠化草地，非沙漠化草地次之。

农田土壤含水量的总体变化趋势为：沙漠化程度越重，含水量越低。0-30cm 土壤平均含水量的排序：5 月、7 月和 9 月均为轻度沙漠化 > 非沙漠化 > 中度沙漠化 > 重度沙漠化 > 严重沙漠化；6 月为中度沙漠化农田略微低于重度沙漠化农田，严重沙漠化农田最低；8 月土壤含水量的最低值出现在中度沙漠化农田。

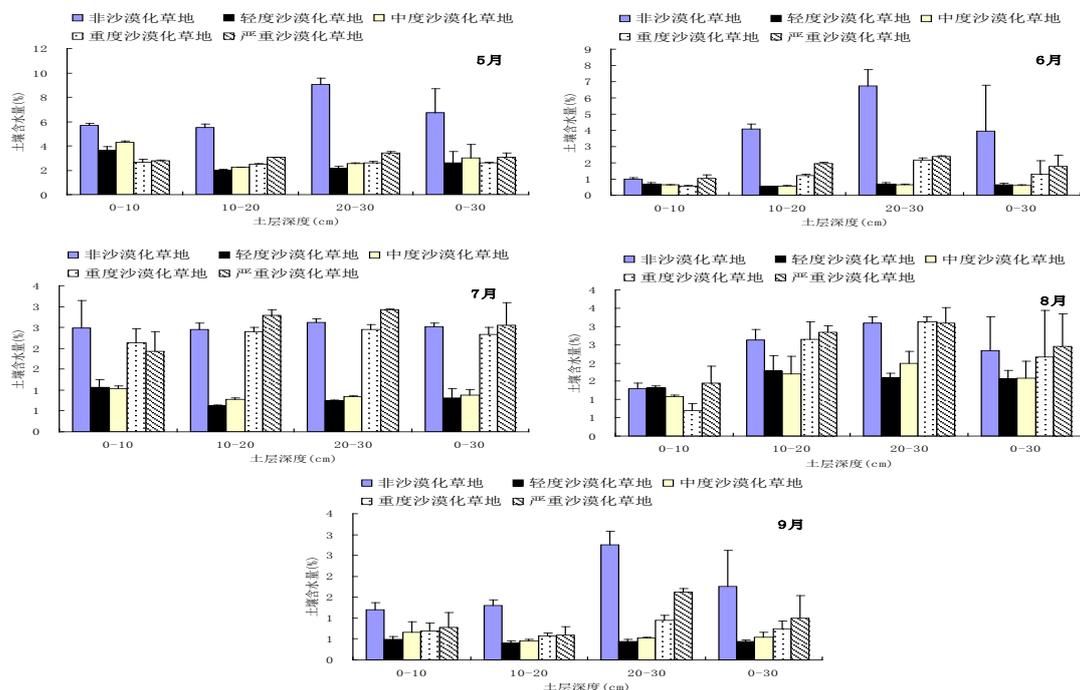


图 20 草地沙漠化过程中土壤含水量的变化

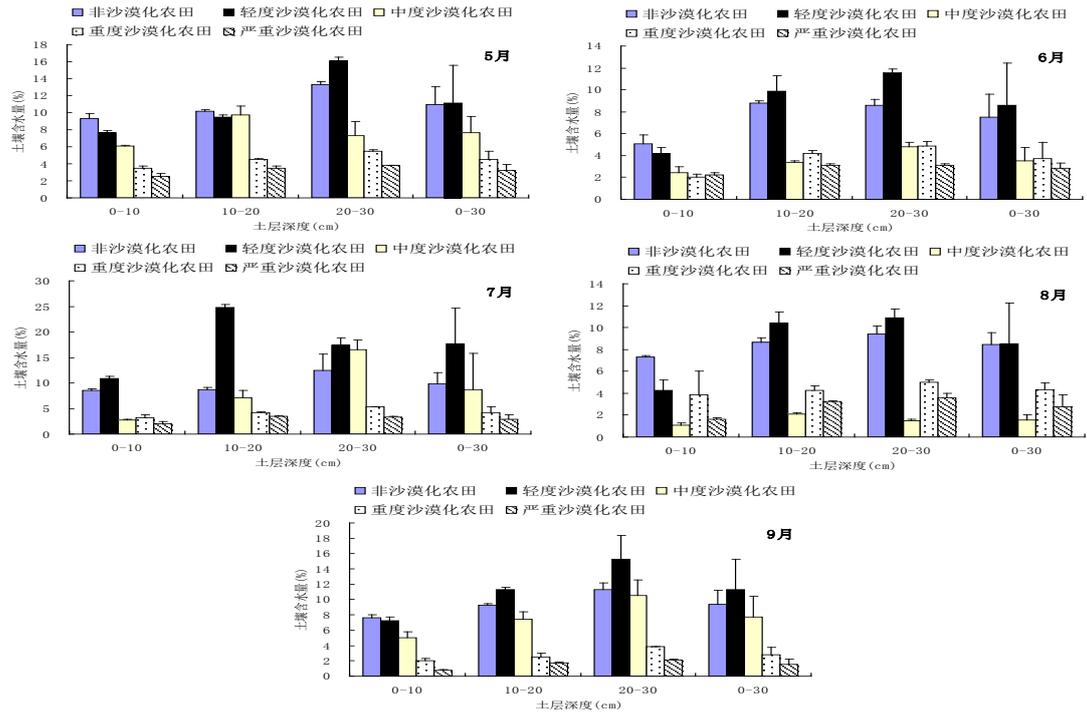


图 21 农田沙漠化过程中土壤含水量的变化

4) 沙漠化过程中土壤饱和持水量和田间持水量的变化

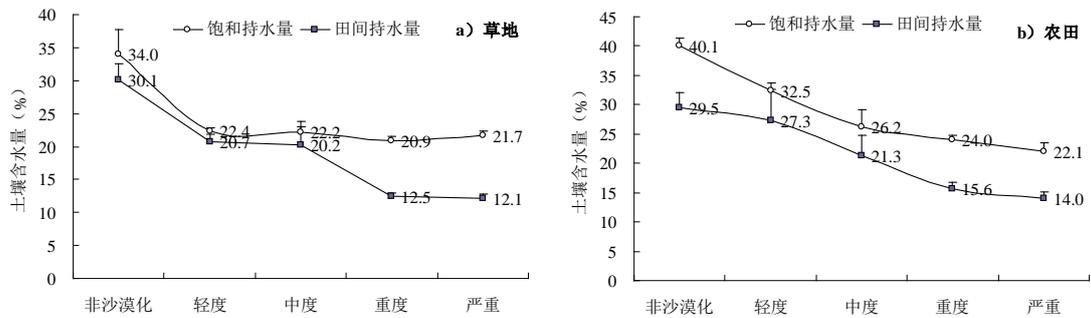


图 22 沙漠化过程中草地 (a) 和农田 (b) 土壤饱和持水量和田间持水量的变化

沙漠化过程中草地和农田土壤的饱和持水量和田间持水量的变化如图 22 所示。可以看出，沙漠化过程导致草地和农田土壤持水能力下降，从非沙漠化分别到轻度、中度、重度和严重沙漠化：草地土壤饱和持水量分别下降 34.2%、34.7%、38.4%和 36.3%，田间持水量

分别下降 31.3%、33.0%、58.5%和 59.8%；农田土壤饱和持水量分别下降 19.0%、34.5%、40.2%和 45.0%，田间持水量分别下降 7.5%、27.9%、47.0%和 52.6%。从非沙漠化到严重沙漠化，草地和农田土壤田间持水性能的降低速率快于饱和持水量。

4、其它研究工作：

1) 兰州蔬菜种植地土壤重金属分布

兰州（榆中、永登、红古）蔬菜种植地土壤重金属平均含量分别为：镉 0.420 ± 0.073 mg/kg，砷 10.920 ± 5.192 mg/kg，铅 27.796 ± 22.0573 mg/kg，铜 45.472 ± 6.8162 mg/kg。

其中各个样点镉、铜的分布差异较小，变异系数分别为 17.38 和 14.99；砷的差异较大，变异系数为 47.55；其中铅的差异最大变异系数为 79.35，其最大值为最小值的 12.55 倍。

土壤重金属含量的方差分析表明，土壤镉、砷、铅在不同县区存在显著差异（ $P < 0.05$ ），其中铅、铜的差异达到极显著水平（ $P < 0.001$ ）。而土壤镉在各个县区蔬菜地不存在显著差异（ $P > 0.05$ ）。

对在不同县区蔬菜地土壤重金属存在显著差异的重金属（As、Pb、Cu）进行 LSD 多重比较，结果表明，永登土壤砷含量（ 13.210 ± 2.767 mg/kg）显著大于榆中（ 10.284 ± 5.299 mg/kg）和红古（ 8.306 ± 6.558 mg/kg）；土壤铅含量，红古（ 53.547 ± 39.488 mg/kg）则显著大于榆中（ 22.205 ± 10.126 mg/kg）和永登（ 21.180 ± 4.921 mg/kg）；土壤铜含量同样是永登（ 50.088 ± 7.324 mg/kg）显著大于榆中（ 43.888 ± 6.154 mg/kg）和红古（ 41.660 ± 2.133 mg/kg）。

对兰州不同地区蔬菜种植地土壤各个重金属含量与国家相关标准比较，比较表明，永登县蔬菜地所有样点土壤的铜、砷、镉、铅均达到相关标准，其合格率均为 100%；红古和榆中蔬菜地土壤砷含量有超标现象，其合格率分别为 92.31%和 96.30%；同时，榆中蔬菜地土壤镉含量有超标现象（合格率为 96.30%）；红古蔬菜地土壤铅含量也有超标现象（合

格率为 92.31%)。

2) 兰州农田蔬菜重金属含量分析

兰州地区农田蔬菜重金属含量分别为：镉 0.036 ± 0.056 mg/kg，砷 0.129 ± 0.139 mg/kg，铅 2.939 ± 6.670 mg/kg，铜 0.544 ± 0.237 mg/kg。同土壤重金属含量相比较（见表 1），蔬菜所含重金属的分布差异更大，其变异系数分别为：镉 155.56,砷 107.75,铅 226.96,铜 43.58。

对各个县区农田蔬菜重金属含量经方差分析比较（见表 6）得出结论：在不同县区的蔬菜中，镉、铅的含量不存在显著差异（ $P > 0.05$ ）；铜含量存在显著差异（ $P < 0.05$ ）；蔬菜中砷含量存在极显著差异（ $P < 0.001$ ）。

对在不同县区蔬菜地土壤重金属存在显著差异的重金属（As、Pb、Cu）进行 LSD 多重比较，发现蔬菜砷含量中，永登（ 0.269 ± 0.113 mg/kg）显著高于榆中（ 0.038 ± 0.065 mg/kg）和红古（ 0.101 ± 0.109 mg/kg）；蔬菜铜含量中，同样是永登（ 0.652 ± 0.187 mg/kg）较榆中（ 0.494 ± 0.272 mg/kg）和红古（ 0.481 ± 0.178 mg/kg）显著偏高。

对兰州不同地区蔬菜重金属铜、砷、镉、铅含量分别与国家相关标准比较，比较结果显示兰州各县区农田蔬菜砷、镉不存在超标现象；永登、榆中蔬菜铜含量出现超标。蔬菜铅含量在各个县区均有超标现象出现，其合格率排序分别为：永登>榆中>红古。

三、生态环境监测

根据中国生态研究网络荒漠生态系统生物监测、国家站生态环境监测和国家林业局荒漠监测的要求和规范，在研究站设置的永久监测样地的沙质草地综合观测场、固定沙丘辅助观测场和流动沙丘辅助观测场以及相关的重点区域进行了生物、土壤、水分、气象以及土地沙漠化的监测。

1、生物监测

在农田生态系统监测样地内，获得了 2009 年作物种类与产值和复种指数与作物轮作体系、主要作物肥料、农药、除草剂等投入量、作物物候、作物叶面积与生物量动态（每季监测）、作物根生物量作物根系分布作物收获期植株性状与测产（每季监测）、植物元素含量与热值测定和病虫害记录数据，顺利完成了农田生态系统样地的监测，获得数据 4000 余个；

在荒漠生态系统监测样地内，获得了 2009 年植物群落种类组成与分层特征、短命植物生活周期、植物群落季节动态（每月 1 次）、物候、植物空间分布格局变化、凋落物季节动态（每月 1 次）和监测区家畜种类与数量等生物监测数据，共取得数据近 20000 多个。

2、土壤监测

根据中国生态系统网络监测规范和国家站监测任务，完成奈曼农田综合观测场、荒漠综合观测场、土壤样的采集。完成 2009 年度国家林业局土壤定位监测数据的上报工作。主要内容包括：①对比分析沙质草甸、固定沙丘和流动沙丘表层（0~20cm）土壤有机质、全氮和速效养分（碱解氮、有效磷、速效钾）含量的年际变化；②监测沙质草甸和旱作农田的土壤风蚀；③监测中型和小型流动沙丘的前移速度。获得数据 0.8M。

3、水分监测

按照生态系统研究网络和国家站监测任务，水分方面监测内容有每 10 天 1 次的中子仪土壤水分观测（雨后加测）、每 2 个月 1 次的烘干法土壤水分测定、每 5 天 1 次的地下水位观测、每次灌溉量观测、每天 3 次的大型蒸渗仪蒸散量观测；每 10 天 1 次的地下水位观测；E-601 水面蒸发仪每小时自动观测、降水量观测和收集；地表水采样点有 3 处，地下水采样点有 3 处，分别为农田综合场地下水位井、沙地综合观测场地下水位井、站区灌溉井。同位素分析样采集为每月 1 次，水质分析为每年旱季和雨季即 4 月和 8 月各 1 次。雨水样同位素水样采集为每月 1 次，水质分析为 1、4、7、10 月各 1 次。每月 1 次河流径流量的监测工作。目前采样、分析工作已全部完成，获得数据 0.9M。

4、气象监测

奈曼站 2009 年气象要素监测包括三个主要部分：自动气象站观测、人工气象观测和新增加涡度观测系统数据。自动观测的气象要素包括温度、湿度、气压、风速、风向、雨量、地温（7 层）总辐射、反射辐射、净辐射、光合有效辐射、紫外辐射、红外辐射、日照时数。根据大气分中心的要求对风速、风向传感器以及各个辐射传感器进行了更换，旧传感器已寄给大气分中心进行标定。全年除更换传感器时有暂短数据确实，其余时间数据完整，数据质量优良。人工观测的气象要素主要包括干球温度、湿球温度、降雨量、地表温度、地温等。每天观测 3 次。观测过程中严格按照国家气象局地面气象要素观测规范执行。2009 年数据完整，数据质量优良。小气候观测从 4 月 15 日开始，下垫面为沙丘植被。观测要素包括风速（4 层）、温湿度（4 层）、土壤温度（7 层）、土壤湿度（7 层）、太阳辐射、冠层温度等。除去冠层温度红外传感器去年冬季发生故障有数据缺失外，其它各个要素基本完整。小气候观测结束时间为 11 月。数据量近 1.2G。

5、沙漠化监测

根据国家林业局荒漠监测中心的要求，在奈曼旗中部设立的多个监测点，对植被动态、土壤水分、沙丘移动、农田土壤风蚀、草地土壤风蚀以及沙尘暴进行了定期监测，圆满完成了对科尔沁沙地沙漠化发展的年度评价分析和监测任务。获得监测数据 2MB。

6、奈曼站数据信息系统建设

根据国家综合生态系统网络综合研究中心的要求，奈曼站已完成分布式数据共享信息系统部署，完成元数据的编写与入库、实体数据的入库、台站用户角色定义、实体数据的授权等任务，并在公网上发布，网址为<http://www.ndrs.ac.cn> 图 23 为信息系统首页。本站的信息系统网站能够保持 24 小时开通并稳定运行，对数据申请者能够做到及时回应。



图 23 奈曼站分布式数据共享信息系统首页

四、 示范区建设

- 1、建设流动沙丘固定示范区 200 亩，通过春季播种小叶锦鸡儿，雨季造林栽植差巴嘎蒿，大幅度提高了植被盖度，促进了沙丘固定。
- 2、建设沙地退化植被恢复示范区 100 亩，通过围封、施肥、灌水和补播等多项措施促进植被快速恢复。
- 3、继续农田节水技术的示范工作。
- 4、奈曼青少年科学教育基地接待中学生、大学生社会实践小组以及各类参观团体人次达 300 余次，有效进行了生态与环境的科学知识普及和宣传。

五、 人才培养

今年是奈曼站培养毕业的博士 3 名，硕士 2 名。正在站攻读研究生学位的有博士生 6 名，硕士生 4 名。在奈曼站完成硕士与博士毕业论文的外单位学生有名，名攻读博士，名攻读硕士。具体的人员名单见表 13，表 14 和表 15。

表 13 在站完成学位论文毕业的硕士、博士研究生

序	姓名	性别	完成论	专业	论文题目	学位	导师
---	----	----	-----	----	------	----	----

号			文时间				
1	何玉惠	女	2009	恢复生态学	植物繁殖对策	博士	赵哈林
2	黄刚	男	2009	生态学	细根动态	博士	赵学勇
3	黄迎新	男	2009	生态学	植物可塑性	博士	赵学勇
4	曲浩	男	2009	生态学	凋落物分解	硕士	赵学勇
5	毛伟	男	2009	生态学	植物共性特征变化	硕士	李玉霖

表 14 正在进行学位论文的硕士、博士研究生

序号	姓名	性别	毕业时间	专业	研究方向 (论文题目)	学位	导师
1	刘任涛	男	2010	生态学	沙地动物	博士	赵哈林
2	王少昆	男	2011	生态学	微生物	博士	赵学勇
3	罗亚勇	男	2010	生态学	生理生态过程	博士	赵学勇
4	曲浩	男	2012	生态学	凋落物分解	博士	赵哈林
5	毛伟	男	2012	生态学	植物共性特征变化	博士	张铜会
6	黄文达	女	2012	生态学	基因比较	博士	赵学勇
7	李衍青	男	2010	生态学	沙地植被蒸散过程	硕士	张铜会
8	唐霞	女	2011	生态学	农业生态	硕士	崔建垣
9	王新源	男	2011	生态学	草地生态	硕士	李玉霖
10	连杰	男	2011	生态学	植物生态	硕士	赵学勇
11	尚文	女	2012	生态学	土壤学	硕士	李玉强
12	崔夺	女	2012	生态学	植物生态学	硕士	李玉霖

表 15 年度在站进行学位论文的外单位硕士生和博士生

序号	姓名	单位	专业	研究方向 (论文题目)	学位	导师
----	----	----	----	---------------	----	----

1	Miyamori	东京大学	地理	不同固定年限沙丘的土壤养分变化	硕士	大黑郡哉
2	Miyashaka	东京大学	生物学	科尔沁沙地土壤养分与土地利用变化的关系	博士	大黑郡哉
3	陈俊等	中央民大	生理学	植物生理响应	博士	冯锦朝
4	魏亚芬	地理所		生态水文	博士	李胜功
5	方杰	地理所		生态水文	硕士	李胜功
	乌达等	内大	生态学	芦苇繁殖与土壤因素的关系	硕士	朴顺姬
6	王进	鲁东大学	生态	不同地带沙漠化分异规律	硕士	周瑞莲
7	刘建芳	鲁东大学	生理	不同地带植物光合特性比较		周瑞莲
8	赵梅	鲁东大学	生理	不同地带植物生理特性比较		周瑞莲
9	Ginger Allinton	圣路易斯大 学	土壤学	土壤特征与土地沙漠化梯度关系	博士	赵学勇
10	孙英杰	鲁东大学	植物学	植物繁殖与土壤要素的关系	硕士	赵爱芬
11	黄迎	华中农大	生态学	水体与土地利用	硕士	葛小东

六、学术交流

研究站在 2009 年先后与国内外多所研究机构和大学开展了合作研究，进行了学术交流，并接待了多个国内外专家组的考察、调研和访问活动。

1) 2009 年 3 月日本东京大学 Miyasaka 博士到站开展为期 10 天的野外取样工作。

2) 2009 年 3 月张铜会代表课题组到呼和浩特领取《科尔沁沙漠化生物过程及植被恢复机理研究》课题获得 2008 年度内蒙古自治区自然科学二等奖。

3) 2009 年 5 月赵学勇等 4 人对毛乌素沙地、浑善达克沙地进行为期一周的野外科学考察。

4) 2009 年 6 月赵哈林和赵学勇到锡林浩特参加由丁仲礼副院长召集的半干旱区草原散养鸡及产业开发技术研讨会。

5) 2009 年 7 月日本东京大学的大黑俊哉教授等一行 3 人在站开展了为期 45 天的合作研究。

6) 2009 年 7 月大连理工大学社会实践小组参观研究站。双方商定同意将奈曼站作为大连理工大学的社会实践活动基地。

7) 2009 年 7 月美国密苏里大学的 Ginger Alliance 博士来站工作，执行她申请到的为期 2 个月的中美教育部共同支持的环境计划课题。

8) 2009 年 7 月王涛所长等一行 10 人到站检查指导工作，然后全面考察了科尔沁沙地、松嫩沙地和呼伦贝尔沙地。

9) 2009 年 7 月李玉强、刘新平、何玉惠参加了在武汉召开的国际会议“2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology”，提交会议论文并做学术报告。

10) 2009 年 8 月李玉强、左小安、刘新平参加了在澳大利亚佩斯召开的国际会议“the 19th Conference Of The Society For Ecological Restoration International-The World Conference On Ecological Restoration”，并做学术报告。

11) 2009 年 8 月国家自然科学基金委员会何鸣鸿副主任等一行 7 人到站检查指导工作。他们对奈曼站承担完成的奈曼青少年科学基地给予了高度评价，希望积极宣传，加快扩大该基地的影响。

12) 2008 年 10 月赵学勇、李玉霖、李玉强到南京参加 CERN 科学年会，并做学术报

告。

13) 2009年11月赵学勇等奈曼站6名成员到青岛参加973项目第三课题的年度总结会议，并开展了学术交流。

七、 基础建设

1) 5-9月份顺利完成了植物根系和土壤水分运移综合观测室建设，特别是根系观测玻璃和土壤水分收集器的安装工作，为明年人工控制试验的实施奠定了基础。

2) 8月顺利完成了6个沙丘水分分配箱的建设工作。这项工作的完成为观测沙丘雨水的再分配创造坚实的

3) 9月月研究站顺利完成了国家自然科学基金委员会委托建设的“国家自然科学基金委员会奈曼青少年科学教育基地”。

八、 获奖、专利和文章

专著：赵哈林，赵学勇，张铜会，李玉霖主编，2009. 恢复生态学通论.北京：科学出版社.

专利：岳广阳，移小勇、张铜会、赵哈林、赵学勇、牛丽，2009. 一种野外便携式风洞. 中华人民共和国国家知识产权局 (专利)。

获奖：张铜会，李玉霖，赵学勇，科尔沁沙漠化的生态过程及植物恢复机理研究，内蒙古自然科学二等奖。

奖励：赵学勇获得科技部颁发的‘优秀野外科技工作者奖’一项。

文章：共发表56篇，其中SCI 9篇，EI3篇。

1. Ha-Lin Zhao, Yu-Hui He, Rui-Lian Zhou, Yong-Zhong Su, Yu-Qiang Li, Sam Drake, 2009. Effects of desertification on soil organic C and N content in sandy farmland and grassland of Inner Mongolia. Catena, 77:187-191.(SCI)

2. 赵哈林, 郭轶瑞, 周瑞莲, 赵学勇. 植被覆盖对科尔沁沙地土壤生物结皮及其下层土壤理化特性的影响.应用生态学报, 2009, 20(7): 1657-1663
3. Zhao Halin, Toshiya Okuro, Ruilian Zhou, Yulin Li, Xiaoan Zuo, Gang Huang. 2009. Effects of grazing and Climate change on species diversity in sandy grassland, Inner Mongolia, China. Sciences in Cold and Arid regions, 1(1): 0030-0038.
4. 赵哈林, 李玉强, 周瑞莲, 2009. 沙漠化对科尔沁沙质草地土壤呼吸速率及碳平衡的影响.土壤学报, 46(5): 57-64.
5. 赵哈林, 大黑俊哉, 李玉霖, 左小安, 黄刚, 周瑞莲, 2009. 科尔沁沙质草地植物群落的放牧退化及其自然恢复过程. 中国沙漠, 29(2): 229-235.
6. 赵学勇, 张春民, 左小安,等.科尔沁沙地沙漠化土地恢复面临的挑战.应用生态学报. 2009, 20(7):1565-1570.
7. 赵学勇, 与中国生态系统研究网络同行. 2009, 把握地球生命脉搏的梦想与实践. 主编, 于贵瑞, 科学出版社: P196 - 198。
8. 赵学勇, 张铜会, 赵哈林等, 2009。从沙漠化治理到生态系统的长期定位监测与恢复生态学综合研究 - 奈曼站从事沙漠化研究 50 年。中国寒区旱区环境与工程科学 50 年。主编王涛, 科学出版社。P:607-623。
9. 赵学勇, 张铜会, 赵哈林等, 2009。中国北方农牧交错带土地沙漠化过程及其逆转。主编陈宜瑜, 生态系统定位研究 - 中国生态系统研究网络 20 年。科学出版社: P:212 - 218。
10. Xueyong Zhao, ect., 2009. Desertification in relation to land use change in Naiman County, Inner-Mongolia. Accepted by Science of Cold and Arid Regions.
11. Yulin Li, Jianyuan Cui, Tonghui Zhang, Okuro Toshiya, Drake Sam. 2009. Effectiveness of sand-fixing measures on desert land restoration in Kerqin Sandy Land, northern China. Ecological Engineering.35:118-127.SCI
12. 崔建垣, 李玉霖, 赵哈林, 张铜会, 赵学勇, 2009.不同环境条件对沙米种子萌发的影响.西北植物学报, 29(5): 867-873。

13. 崔建垣, 李玉霖, 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 2009. 差巴嘎蒿(*Artemisia Halodendron*) 种子萌发对土壤温度、水分和埋深的响应. 干旱区资源与环境, 23 (9) : 151-154.
14. 李玉强, 赵哈林, 李玉霖, 崔建垣, 左小安, 2009. 科尔沁沙地不同生境土壤氮矿化/硝化作用研究. 中国沙漠, 29 (3) : 438-444.
15. Xiaoan Zuo, Halin Zhao, Xueyong Zhao, Yirui Guo. 2009. Vegetation pattern variation, soil degradation and their relationship along a grassland desertification gradient in Horqin Sandy Land, northern China. *Environ Geol.* 58:1227-1237.
16. Xiaoan Zuo, Xueyong Zhao, Halin Zhao, Tonghui Zhang, Yirui Guo, Yuqiang Li, Yingxin Huang. 2009. Spatial heterogeneity of soil properties and vegetation-soil relationships following vegetation restoration of mobile dunes in Horqin Sandy Land, Northern China. *Plant Soil.* 318:153-167. SCI
17. 左小安, 赵哈林, 赵学勇, 郭轶瑞, 张铜会, 毛伟, 苏娜, 冯静, 2009. 科尔沁沙地不同恢复年限退化植被的物种多样性. 草业科学, 18 (4) : 9-16.
18. 左小安, 赵哈林, 赵学勇, 郭轶瑞, 张铜会, 罗亚勇, 苏娜, 冯静, 2009. 科尔沁沙地不同尺度上沙丘景观格局动态变化分析. 环境科学, 30 (8) : 2387-2393.
19. 左小安, 赵哈林, 赵学勇, 常学礼, 郭轶瑞, 张继平, 李健英, 2009. 科尔沁沙地退化植被恢复过程中土壤有机碳和全氮的空间异质性. 中国沙漠, 29 (5) : 785-795.
20. 左小安, 赵学勇, 赵哈林, 郭轶瑞, 李玉霖, 刘任涛, 毛伟, 2009. 沙地退化植被恢复过程中灌木发育对草本植物和土壤的影响. 生态环境学报, 18 (2) : 643-647.
21. 刘新平, 赵哈林, 何玉惠, 张铜会, 赵学勇, 李玉霖, 2009. 生长季流动沙地水量平衡研究. 中国沙漠, 29 (4) : 663-667.
22. 刘新平, 何玉惠, 赵学勇, 李玉霖, 李玉强, 李衍青, 李世民, 2009. 科尔沁沙地不同生境土壤凝结水的试验. 应用生态学报, 20 (8) : 1918-1924.
23. 刘新平, 张铜会, 何玉惠, 赵学勇, 赵哈林, 李玉霖, 2009. 科尔沁沙地三种常见乔木根-土界面水分再分配初探. 生态环境学报, 18 (6) :

- 24 . Rentao Liu, Halin Zhao, Xueyong Zhao, Xiaoan Zuo, Sam Drake, 2009. Soil macro faunal response to sand dune conversion from mobile dunes to fixed dunes in Horqin sandy land, northern China. *European Journal of Soil Biology* 45(5): 417-422.(SCI)
- 25 . Rentao Liu, Halin Zhao and Xueyong Zhao, 2009. Effect of vegetation restoration on ant nest-building activities following mobile dune stabilization in the Horqin sand land, northern China. *Land Degradation & Development*, 20:1-10. (SCI)
- 26 . Liu Rentao, Bi Runcheng, Zhao Halin, 2009. Biomass partitioning and water content relationships at the branch and whole-plant levels and as a function of plant size in *Elaeagnus mollis* populations in Shanxi, North China. *Acta Ecologica Sinica*. 29:139-143.
- 27 . 刘任涛, 赵哈林 ,2009.沙质草地土壤动物的研究进展及建议. *中国沙漠* ,29(4) :656-662。
- 28 . 刘任涛 , 赵哈林 , 刘继亮 , 2009.黄河兰州段典型人工林大型土壤动物群落结构及其多样性。 *土壤学报* , 46(3):179-182。
- 29 . 刘任涛, 赵哈林 , 赵学勇 , 2009. 科尔沁沙地流动沙丘掘穴蚂蚁丘分布及影响因素. 应用生态学报 , 20(2):376-380。
- 30 . Yingxin Huang, Xueyong Zhao, Hongxuan Zhang, Wisdom Japhet, Xiaoan Zuo, Yayong Luo ,Gang Huang. 2009. Allometric Effects of *Agriophyllum squarrosum* in Response to Soil Nutrients, Water, and Population Density in the Horqin Sandy Land of China. *J. Plant Biol.* 52:210–219. (SCI)
- 31 . Yingxin Huang, Xueyong Zhao, Hongxuan Zhang, Gang Huang, Yayong Luo, Wisdom Japhet, 2009. A comparison of phenotypic plasticity between two species occupying different positions in a successional sequence. *Ecol Res.* 24(6):1335-1344. (SCI)
- 32 . Yingxin Huang, Xueyong Zhao, Daowei Zhou, Halin Zhao, Hongxiang Zhang, Xiaoan Zuo and Wei Mao , 2009. Allometry of *Salsola collina* in response to soil nutrients, water supply and population density. *Nordic Journal of Botany* 000: 000-000, 2009. doi: 10.1111/j.1756-1051.2009.00382.x. (SCI).
- 33 . 曲浩 ,赵学勇 ,王少昆等 ,科尔沁沙地三种灌木凋落物分解研究及其与气象因子的关系。2009, *中国沙漠*。
- 34 . 王少昆 , 赵学勇 , 左小安 , 郭轶瑞 , 李玉强 , 曲浩 , 2009.科尔沁沙质草甸土壤微生物

- 数量的垂直分布及季节动态.干旱区地理, 32(4): 610-615。
35. 罗亚勇, 赵学勇, 黄迎新, 左小安, 王少昆, 张永峰, 2009.三种藜科一年生沙生植物出苗对沙埋深度和水分条件的响应.草业学报, 18(2): 122-129。
36. YaYong Luo, XueYong Zhao, RuiLian Zhou, YingXin Huang, XiaoAn Zuo. 2009. Photosynthetic performance of *Setaria viridis* to soil drought and rewatering alternations. *Sciences in Cold and Arid Regions*. 1(5).404-411
37. 罗亚勇, 赵学勇, 黄迎新, 苏娜, 冯静, 2009.植物水分利用效率及其测定方法研究进展.中国沙漠. 29(4): 648-655
38. 罗亚勇, 赵学勇, 岳广阳, 毛伟, 郭轶瑞, 张春民, 2009.绿豆和大豆叶片光合作用对科尔沁沙地光照条件的响应.中国沙漠, 29(2): 259-262。
39. 毛伟, 李玉霖, 赵学勇, 黄迎新, 王少昆, 2009.科尔沁沙地灌丛内外草本植物狗尾草叶性状的比较研究.草业学报, 18(6): 150-156。
40. 毛伟, 李玉霖, 赵学勇, 2009.3种藜科植物叶特性因子对土壤养分、水分及种群密度的响应.中国沙漠, 29(3): 468-473
41. 黄刚, 赵学勇, 黄迎新, 李玉霖, 苏延桂, 2009.两种生境条件下差不嘎蒿细根寿命.植物生态学报, 33(4): 755-763。
42. 黄刚, 赵学勇, 苏延桂, 黄迎新, 崔建垣, 2009.小叶锦鸡儿根系生长对土壤水分和氮肥添加的响应.北京林业大学学报, 31(5): 73-77。
43. 黄刚, 赵学勇, 黄迎新, 苏延桂. 2009. 科尔沁沙地不同地形小叶锦鸡儿灌丛土壤水分动态.应用生态学报. 20(3): 555-561
44. **Yu-Hui He**, Ha-Lin Zhao, Xin-Ping Liu, Xue-Yong Zhao, Tong-Hui Zhang. Reproduction allocation of *Corispermum elongatum* in two typical sandy habitats. *Pakistan Journal of Botany*. 2009.41(4): 1685-1694 (SCI).
45. 何玉惠, 赵哈林, 刘新平, 赵学勇, 2009. 科尔沁沙地典型生境下芦苇的生长特征分析.

中国沙漠, 29(2): 288-292.

46. 何玉惠, 赵哈林, 刘新平, 赵学勇, 李玉霖, 2009. 不同类型沙地虫实的繁殖分配及其与个体大小的关系. 干旱区研究, 26(1):59-64。

47. 岳广阳, 赵哈林, 张铜会, 赵学勇, 赵玮, 牛丽, 刘新平, 2009. 小叶锦鸡儿灌丛群落蒸腾耗水量估算方法. 植物生态学报, 33 (3) : 508-515。

48. 岳广阳, 赵哈林, 张铜会, 牛丽, 2009. 科尔沁沙地杨树苗木生长过程中蒸腾耗水规律研究. 中国沙漠, 29 (4) : 674-679。

会议论文：

1. **Yu-Hui He**, Ha-Lin Zhao, Xin-Ping Liu. Impact of grazing excluding and grazing on soil properties in sandy grassland of North China. Environmental Science and Information Application Technology. (ESIAT 2009. International Conference). 2009.2:339-342 (国际会议论文全文, IEEE) .
2. Li Yuqiang, Zhao Halin, Zhao Xueyong, Zhang Tonghui, Liu Xinpings. Desertification effects on Calorific Value, Biomass and Energy Allocation in Horqin Sandy Land, Inner Mongolia, north China. Environmental Science and Information Application Technology. (ESIAT 2009. International Conference). 2009, 2:131-134.
3. Xinpings Liu; Halin Zhao; Yuhui He; Xueyong Zhao; Tonghui Zhang; Yuqiang Li. Water Diffusivity of Sandy Soil of Different Particle Sizes in Typical Sandy Cropland. International Conference on Environmental Science and Information Application Technology, 2009,2:335-338.
4. Li Yuqiang Zhao Halin, Chen Yinping. Soil Respiration, Carbon Balance and Carbon Storages of Sandy Grassland Under Postgrazing Natural Restoration in the semiarid horqin sandy land, Northern China. In abstract of 19th Conference of the Society for Ecological Restoration International, in Perth of Western Australia, Australia, p:115
5. Li Yuqiang Zhao Halin, Zhang Tonghui, Li Yulin. Carbon and Nitrogen Mineralization in Different Habitats Along A Desertification Gradient in the Semiarid Horqin Sandy Land, Northern China. In abstract of 19th Conference of the Society for Ecological Restoration International, in Perth of Western Australia, Australia, p:86.

- 6 . Xin-ping Liu, Ha-lin Zhao, Yu-hui He, Tong-hui Zhang, Xue-yong Zhao, Yu-lin Li. Water balance of mobile sandy land during the growing season. In abstract of 19th Conference of the Society for Ecological Restoration International, in Perth of Western Australia, Australia, p: 116.
- 7 . Zuo Xiaolan, Zhao Xueyong, Guo Yirui, Zhang Tonghui, Mao Wei. Species diversity of degraded vegetation in the Different Restoration age in Horqin Sandy Land, Northern China. In abstract of 19th Conference of the Society for Ecological Restoration International, in Perth of Western Australia, Australia, p:122
- 8 . Xueyong Zhao etc., 2009. Desertification and Biodiversity Conservation in Inner-Mongolia, China. DIVERSITAS Open Science Conference 2, 13 – 16 October 2009, CAPE TOWN, SOUTH AFRICA.
- 9 . X-Y Zhao, Gang Huang, Ying-Xin Huang, Shao-Kun Wang, Ya-Yong Luo, Hao Qu, and Jie Lian, 2009. Successes and Failures in Combating Desertification in the Eastern Edge of Eurasian Grassland. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-2653, 2009, EGU General Assembly.

九、 存在问题

- 1、 远离研究所，长期野外工作对年轻研究人员的压力越来越大；
- 2、 缺乏一名农业研究人员和一名气象研究人员，但是受到名额的制约。
- 3、 冬季学生在兰州开展实验较为困难，有必要加快在兰州的实验室建设步伐。
- 4、 研究与示范的矛盾越来越大。希望示范工作应能得到研究所评估体系的认可，对于年轻人参与示范工作给予一定的鼓励。

十、 明年计划

- 1、 继续认真完成生态研究网络和国家野外站网以及国家林业局沙尘暴监测的各项任务，按时保质保量地完成监测数据和分析报告的上报。
- 2、 明年两个科技支撑课题要结题，要完成好各项考核指标，准备接收上一级课题组的验收。
- 3、 加强站对重点基金的申请和高水平文章的发表。

二〇〇九年十一月二十八日