

2006 年工作总结

中国科学院寒区旱区环境与工程研究所

奈曼沙漠化研究站

2006 年 12 月

2006 年度奈曼站工作总结

在国家野外台站办公室、中国生态系统研究网络办公室与综合中心、寒旱所相关部门及领导的关怀和支持下，经过研究站全体成员的共同努力，奈曼站圆满完成了 2006 年预定的各项研究、监测和管理任务，顺利通过了中国生态系统研究网络的考核。现将具体的工作情况总结汇报如下：

一、 科研工作

1. 承担课题情况

2006 年奈曼站承担的课题包括：

- 2005—2010 年，科技部野外台站长期监测项目《内蒙古奈曼农田生态系统与环境变化监测》；
- 2005—2010 年，中科院生态网络项目《科尔沁沙地生态环境长期监测》；
- 2005—2007 年，国家自然科学基金项目《半干旱地区流动沙丘集水功能研究》；
- 2004—2006 年，中科院生态网络课题《科尔沁沙地土地利用变化与生态系统响应》；
- 2004—2008 年，中韩合作课题《中国北方沙漠化防治试验示范研究》；
- 2006—2010 年，寒旱所创新课题《半干旱农牧交错带生态与环境演变记录、机理与评估》；
- 2004—2006 年，内蒙古科技攻关项目《科尔沁沙地水资源容量对植被建设规模和农业持续发展研究》；
- 2005—2007 年，国家自然科学基金委扶贫项目《奈曼旗青少年科学教育基地建设》。

2. 研究进展

2.1 沙地主要植物的适应对策研究

主要开展了沙米和差蒿幼苗对土壤养分及温度的反应试验。选沙米和差蒿种子各 20 粒分别播种于盛有沙土的塑料杯（高 8cm、直径 7cm）中（五个重复）。播深 0.5cm。沙土取于流动沙丘，播前已经风干、过筛、混匀。各杯置于室外发芽，出苗后每杯保留 10 株幼苗。以自来水保持沙土湿润，直至播后 30 日。养分处理：分别以 10-20ml/日/杯的 0%、0.4%、0.8%和 1.6%的尿素溶液及 1/2Hoagland 营养液浇灌 30 日龄后的幼苗，一个月后测定存活率、叶面积和生物量。每处理水平重复 5 杯。温度处理：以恒温水浴锅对 30 日龄后的幼苗进行每日 60 分钟的加温处理，处理温度分别为 35℃、40℃、45℃、50℃和 55℃。一个月后测定存活率、叶面积、生物量和根系活力。每处理水平重复 5 杯。处理期间以 1/2Hoagland 溶液保持土壤湿润。这个试验于 06 年 6-7 月顺利开展，目

前获得数据 1540 个。数据处理正在进行中。

另外,进行了小叶锦鸡儿幼苗对不同程度沙埋的适应性研究试验,不同围封年代差巴嘎蒿不同构件生长特性的野外调查试验,以及不同围封年代不同生境下狗尾草生态适应性的野外调查试验等多项工作。

2.2 半干旱沙地生态系统C、N循环和衰减机制研究

今年主要开展了不同利用类型土地微生物生物量碳氮测定。应用氯仿熏蒸浸提法测定了科尔沁沙地10种利用类型土地的微生物碳氮含量。微生物碳的测定结果为流动沙丘(15.93mg/kg)<樟子松林地(52.83mg/kg) <半固定沙丘(54.17mg/kg) <固定沙丘(62.20mg/kg)<大豆农田(72.85mg/kg)<荞麦地(101.98mg/kg)<山楂园(137.63mg/kg)<沙质草甸(149.01mg/kg)<小麦农田(188.43mg/kg)<玉米农田(233.23mg/kg),微生物氮的测定结果为流动沙丘(2.96mg/kg)<半固定沙丘(4.42mg/kg)<樟子松林地(5.89mg/kg)<固定沙丘(8.86mg/kg)<大豆农田(14.44mg/kg)<荞麦地(19.45mg/kg)<山楂园(21.07mg/kg)<小麦农田(23.88mg/kg)<沙质草甸(26.71mg/kg)<玉米农田(28.39 mg/kg)。分析表明,各类型样地土壤微生物碳氮含量与土壤有机质、全氮含量间有极显著的相关性。

另外,进行了开展了沙地草地生态系统碳、氮含量的变化,对科尔沁沙地过去 40 年因沙漠化所导致的碳、氮损失量进行了估算。

2.3 沙地主要植物与植被的生态水文过程研究

小叶锦鸡儿、杨树的茎流变化与环境关系:继续 2004 与 2005 年的实验,利用茎流计对水肥实验场的小叶锦鸡儿和杨树的茎流与环境因子的变化关系进行测定,目前已共取得数据 7272 个;在杨树对各类水分处理和叶面积处理的响应方面,选取 3 棵 2005 年栽种的杨树作为实验对象,并安装相应的茎流探头进行液流监测,样树下放置小型 Lysimeter 测量地表日蒸发量,此项实验共取得茎流数据 6415 个;使用 Li-6400 系统测量杨树样株的叶片蒸腾和光合日变化(灌水前),时间间隔为 2 个小时,共取得数据 105 个;在每株样树下方钻取 1~100cm 处的土样,测其含水量共取得数据 152 个;8 月对样树进行灌水处理,在每天的 10:00~11:00 杨树茎流到达高峰状态时按一定比例采摘样树的部分叶片,9 月剪掉重新选择的两棵样树的树头,采摘并测量叶片的鲜重和总面积,共取得数据 27 个。同时,将茎流计的数据采集时间缩短,设定为每 5s 一次,共取得茎流数据 5692 个。

沙区植物耗水量的尺度扩展:该实验地选在奈曼站西 100m 远处的沙丘顶,样地大小约为 30×50m²,周围用铁丝网围封。在样地内选取樟子松和小叶锦鸡儿各三棵,每棵树下西边冠幅 1/2 处、南边根际、东边根冠投影最远处分别安装中子管,另外在样地空旷处安放三根参照中子水管,共计 21 根水管,连续监测样株周围土壤水分的变化。径流监测,对选取的样株进行茎流监测,共取得数据 3910 个。植物生物学特征调查,对样地内及周围林地的樟子松进行每木调查,调查内容包括:树龄、林木密度、胸径、树高等,同时调查樟子松林的立地环境、

土壤质地、枯落物、地面植被种类及盖度等。共取得数据 505 个。实验地内安装茎流探头的小叶锦鸡儿作为标准样，同时在实验地周围选取几块不同的区域对其中的小叶锦鸡儿作每丛调查，调查内容包括：丛高、冠幅、LAI、灌丛密度等。共取得数据 5029 个。

另外，还进行了降雨对不同类型沙地凋落物分解的影响，流动沙丘生长季降水的再分配，沙地植被对降水的再分配作用，以及灌溉对草地植被恢复的影响等多项试验工作。

2.4 沙地退化植被恢复过程的机制研究

主要开展了以下几个方面的工作。**植被变化方面**：主要选择了不同封育年限具有不同类型沙地的封育区：未封育流动沙丘、封育 10 年的沙丘（流动沙丘、半流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘）和封育 21 年的沙丘（流动沙丘、半流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘），在每个选取的沙丘上设置 100m×100m 或 50m×50m 样带，利用样带调查法从空间和时间两个序列调查沙丘固定过程中植物群落盖度、高度、多度和多样性特征，研究群落主要数量特征的恢复过程、物种多样性及优势种群演变规律、沙地斑块扩展过程和群落恢复演替规律。共取得数据 30000 多个。**环境变化方面**：主要选择了未封育流动沙丘、封育 10 年的流动沙丘和封育 21 年的流动沙丘，从丘顶向坡地沿东南、西北、西南、东北四个方向，设置 50m 的样线。在每条样线上利用坡度仪和硬度计分别测定坡度和硬度。每隔 2m 取 0—20cm 深的土样，做土壤机械组成、碳、氮、pH 和电导率的测定。同时测定 0—80cm 的土壤水分变化测定，并结合降雨情况测定降雨后 0—40cm 的土壤水分变化情况。应用地统计学和基本统计分析方法，分析退化植被恢复过程中的环境变化特征。共取得数据 8000 多个。**植被恢复方面**：通过以上退化植被恢复过程中植被和环境特征变化的研究，综合分析植被分布格局变化与环境因子的关系、植被演替规律与环境变化的关系以及植被蔓延过程与环境因子的关系。

另外，开展了沙地灌丛对土壤特性和下层草本植被影响的野外调查，分析了沙漠化过程中植被的肥岛效应和保种作用以及植被恢复过程中的种源作用；开展了沙地植被恢复过程中植物群落结构、功能演变特征的研究。

2.5 沙漠化逆转过程中沙地土壤结皮的作用机制

主要开展了以下几个方面的调查试验。**不同沙丘结皮**：选择处于封育过程中的不同恢复阶段的流动沙丘、半流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘。在每个沙丘内选取具有代表性的 100m×100m 作为典型样地，进行植被、土壤及环境特征调查。每个样地分别随机设置 1m×1m 的样方 6 个，首先测定样方内各种植物的盖度、多度、高度特征，并用收获法调查测定草本、灌木、凋落物和地上生物量。应用物种重要值 = (相对高度 + 相对盖度 + 相对多度) / 3，计算物种的生态重要值。通过选用物种丰富度指数(C)、Simpson 指数(D)和Shannon-Wiener 多样性指数(H)来计算群落的物种多样性。然后在收获后的每个样方的临近区域，选取结皮保存完好的 1m²样方，并选取无结皮的 1m²样方作为对照。在有结皮的样方

内用土铲和镊子获取结皮层，用游标卡尺测定结皮的厚度，然后收集部分结皮用于实验室分析。在收集完结皮的地方用环刀分别取 0~2.5cm、2.5~5cm 层土样做土壤容重盒测定，同时用烘干法测定土壤含水量。再用土铲分别铲取结皮下 0~2.5cm、2.5~5cm 层各 3 份的混合土样，带回实验室做土壤理化性质室内分析。

沙地灌丛下结皮：分别选择处于不同恢复阶段的半流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘和丘间低地的典型灌丛：差巴嘎蒿灌丛、小叶锦鸡儿灌丛、冷蒿灌丛和小红柳灌丛，进行植被、结皮、土壤及环境特征调查。每个样地分别随机设置 1m×1m 的样方 6 个。同时在结皮和对照的样方内，根据降雨情况，测定降雨数次的结皮和结皮下的以及对照的土壤水分情况。**沙地人工林下结皮：**选择 100m×100m 封育 3 年、8 年、17 年的杨树林，封育 15 年、25 年樟子松林为典型样地。进行植被、土壤及环境特征调查。每个样地分别随机设置 1m×1m 的样方 6 个。

室内分析：按常规方法分别对土样测定 9 项理化指标：土壤机械组成（湿筛法）、土壤 pH 值（1:1 土水比悬液酸度计测定）、土壤电导率（1:5 土水比浸提液测定）、土壤有机质（重铬酸钾容量法—外加加热法）、土壤全氮（半微量凯氏定氮法）、土壤全磷（ $\text{HClO}_4\text{--H}_2\text{SO}_4$ 消煮—钼锑抗比色法）、土壤碱解氮（碱解扩散法）、土壤速效磷（ $0.5\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{NaHCO}_3$ 浸提—钼锑抗比色法）和土壤碳酸钙（气量法）。

2.6 其它方面的工作

- 春季从库布齐沙漠经鄂尔多斯沙地、河北坝上，至浑善达克沙地的科学考察，调查了不同沙地和草地的春季季相和景观格局、植被、土壤特征；在腾格里沙漠南缘的干塘一带对珍珠、红砂群落进行了物候和生长节律的调查。

- 对站区撂荒地的本底资料调查。于 2006 年 7 月对站区撂荒地的植物群落特征进行了调查；土壤分 0~10，10~20，20~40，40~60，60~100cm 取样，每层 3 个重复，分析的理化指标包括土壤容重、有机质、全氮、碱解氮、pH 值和电导率等。此项工作从 2006 年开始，以后每年进行植被和土壤调查，以监测其动态变化特征。

2.7 主要研究结论

(1) 随着沙丘固定程度的提高，沙丘上的植物种类和密度会快速增加，而沙丘深层的水分状况将逐步恶化。这必然导致植物根系对有限的土壤养分资源的激烈竞争，而且，这种竞争被局限在降雨所能影响到的浅层区域。与差蒿相比，沙米对土壤养分的依赖性较强。在沙丘固定的最初阶段，植物种类和密度较小，相对充足的养分可以保证沙米的正常生活。但是，当植物种类和密度增加后，可供沙米利用的养分相对量减少，导致沙米的衰退。相同原因对差蒿造成的影响远小于沙米，也意味着差蒿退出沙丘的时间将迟于沙米。当植物根系不得不在较浅的土层内吸收水分和养分时，土壤温度对植物的影响将得到加强。差蒿生长的适宜温度高于沙米，对高温的忍受能力也较强，这意味着差蒿比沙米更能适应由于沙丘固定引发的环境变化。

(2) 沙漠化的发展不仅导致沙地植物群落生物量明显下降，而且引起植物群

落生活型和生物量组成结构发生改变。随着沙漠化的发展,活体生物量构成地上和地下生物量的主体,而地表凋落物的积累量和向土壤的输入量显著减少。从潜在沙漠化到严重沙漠化沙地,地上生物量下降 90.1%、地下生物量下降 90.4%、生物量总量下降 90.3%、能量现存总量下降 90.7%、能量净固存量下降 85.6%、光合有效辐射利用率下降 85.7%。沙漠化的发展,伴随着土壤质地变粗、容重增加、土壤有机碳和氮含量的显著减少。从潜在沙漠化沙地到轻度、中度、重度和严重沙漠化沙地,100cm 深土壤有机碳平均含量分别下降 56.0%、78.5%、89.1%和 91.6%,全氮含量分别下降 49.0%、74.6%、84.5%和 85.8%。沙漠化的发展中,土壤有机碳、氮与土壤细颗粒组分(<0.1mm)含量之间表现为同增同减性。100cm 深土壤 C/N 比随沙漠化的发展呈现递减的趋势,从潜在沙漠化到严重沙漠化沙地依次为 9.385, 8.138, 8.006, 6.703 和 5.541。

(3) 沙漠化的发展过程是植被退化和土壤退化两个过程的统一。从潜在沙漠化沙地到严重沙漠化沙地,植物-土壤系统碳(有机碳+无机碳)与氮储量分别下降 92.4%和 83.1%,生物量有机碳与氮储量分别下降 91.0%和 93.2%,土壤有机碳、无机碳与全氮储量分别下降 90.1%、97.2%和 82.7%。土壤是科尔沁沙地生态系统最大的碳库和氮库载体。潜在、轻度、中度、重度和严重沙漠化沙地中,土壤碳(有机碳+无机碳)占植物-土壤系统碳储量的比例在 87.0%~94.9%之间,土壤有机碳占系统有机碳储量的比例在 86.1%~93.2%之间,土壤全氮占系统氮储量的比例在 96.5%~98.8%之间。沙漠化的发展过程中,生物量碳与氮储量在沙漠化后期(从重度到严重沙漠化)的衰减快于沙漠化初期(从潜在到轻度沙漠化),而土壤有机碳与氮储量在沙漠化初期的衰减快于沙漠化后期;在沙漠化初期生物量氮储量的衰减快于生物量碳的衰减,而在沙漠化后期生物量碳储量的衰减快于生物量氮的衰减;在整个沙漠化过程中,土壤有机碳储量的衰减快于土壤全氮的衰减。

(4) 沙漠化过程中,表征土壤生物活性和土壤肥力乃至透气性的土壤呼吸作用与植物群落生物量、土壤有机质含量具有相同的变化趋势,即随着沙漠化的发展呈现递减趋势。沙漠化的发展导致沙地生态系统从大气CO₂的汇向大气CO₂的源转变,潜在沙漠化沙地处于碳平衡状态或净固存 121.9 g C·m⁻²·生长季⁻¹,而严重沙漠化沙地向大气净释放 47.4~80.5 g C·m⁻²·生长季⁻¹。指数模型能够较好的揭示不同类型生境土壤呼吸对温度变化的响应,且在 25~30℃温度范围内模型拟合效果更好。土壤呼吸与气温之间的相关性大于土壤呼吸与土壤温度之间的相关性。在日时间尺度上,土壤呼吸作用的主导因子是温度;在季节尺度上,土壤呼吸作用受温度与水分的共同影响,但温度的作用大于水分。基于不同时间尺度、不同温度的土壤Q₁₀值,流动沙地在 1.25~1.36 之间,半固定沙地在 1.53~2.12 之间,固定沙地在 1.42~2.61 之间;高温环境下的Q₁₀值普遍低于低温环境下的Q₁₀值。

(5) 潜在、轻度、中度、重度和严重沙漠化沙地土壤中的凋落物经过 110d 的分解后,干物质失重率分别为 61.5%、59.2%、54.8%、44.4%和 41.2%,C 残留率分别为 37.1%、36.6%、41.4%、53.6%和 51.1%,N 残留率分别为 43.8%、47.6%、54.2%、59.4%和 58.9%。表明随着沙漠化程度的增加,凋落物的干物质失重率降

低，C、N 释放速率减缓。分解过程中，凋落物在各生境土壤中 C 的释放速率明显快于 N；C 含量变化趋势为先下降后略有上升，但总体低于原始 C 含量；N 含量总体表现为上升的趋势。室内土壤碳氮矿化培养实验表明：土壤有机碳和氮含量极低的流动沙地，表现为微弱的土壤微生物呼吸和极低的有机氮矿化潜力；外源有机物质在流动沙地土壤中矿化释放 C、N 的速率显著低于固定沙地；土壤中添加 C/N 比高于 30 的外源有机物质后，氮素从微生物的固持到释放这个转折点的时间，流动沙地明显迟缓于固定沙地，说明沙漠化的发展延迟了土壤中的外源有机物质释放有效养分的时间。随着沙漠化的发展，土壤净矿化氮和净硝化氮总量下降。从潜在沙漠化到轻度、中度、重度和严重沙漠化，净矿化氮总量分别减少 28.8%、52.3%、91.4%和 95.5%，净硝化氮总量分别减少 25.3%、51.3%、90.0%和 94.5%。各生境中土壤净硝化氮占净矿化氮的比例均为 100%。表明沙漠化的发展导致土壤供给植物生长的无机氮素显著减少，并且沙地土壤维持无机氮素的能力较低。氮平衡分析表明，重度和严重沙漠化沙地土壤无机氮的供给量显著低于植物氮素的吸收量。沙漠化的发展导致土壤有机质衰减，微生物发展受到限制，进而使得土壤有效氮的供给能力的急剧减弱是植被衰退的根源之一。

(6) 利用包裹式茎流探头测定小叶锦鸡儿等茎干较细的植株时具有很高的优越性。黄柳和小叶锦鸡儿茎干液流日变化趋势基本相同，呈现为多峰曲线，但与叶片蒸腾速率日变化曲线并不吻合，实验测得的叶片蒸腾速率不能代表整个树冠层的叶片蒸腾。对于沙区灌木的茎流特征进行研究不但可以为选择耐旱树种提供依据，还可根据当地的水分条件，结合地表蒸散量，计算出合理的造林密度和人工补水量。小叶锦鸡儿的单枝蒸腾耗水量远小于黄柳，中午的液流峰值比黄柳明显，加上其特殊的叶片蒸腾特性，所以在干旱沙区相对不容易受到土壤水分的制约。黄柳和小叶锦鸡儿茎干液流速率连日变化曲线与各日峰形变化趋势基本相同，其表观特征波动规律完全与同步检测的气象因子相吻合，这说明两种植物的液流速率受环境因子影响明显。影响沙区灌木液流变化的主要因子依次是：太阳辐射、相对湿度、大气温度、风速、10cm 和 20cm 处土壤温度。

(7) 随着生境由干草甸到固定沙丘、半固定沙丘、半流动沙丘和流动沙丘退化的过程中，植物群落丰富度、盖度、地上生物量、地下生物量和凋落物依次递减。其中，盖度下降最快的是半流动沙丘到流动沙丘；地上生物量下降最快的为半固定沙丘到半流动沙丘；地下生物量下降最快的为半固定沙丘到半流动沙丘；凋落物下降最快的是半流动沙丘到流动沙丘。5 种生境上的地上生物量与物种丰富度、多样性指数均表现出线性增加的关系，地上生物量与地下生物量和凋落物表现乘幂关系，说明科尔沁沙地植物群落生产力与物种多样性、地下生物量和凋落物的关系会因沙漠化的发生发展而引起生境的不同而发生改变。

(8) 沙漠化过程中的群落丰富度平均值依次降低，在 20m×30m 尺度范围内变异幅度依次增强。从群落丰富度的变异函数理论模型与参数可以看出，除流动沙丘外的群落丰富度的结构方差与基台值的比值 $C/(C_0+C)$ 均大于 60%，说明随机变异均小于结构性变异，反映出固定沙丘退化到半流动沙丘过程中，丰富度在

2m 到变程范围尺度上具有空间自相关格局。流动沙丘的群落丰富度的结构方差与基台值的比值 $C/(C_0+C)$ 均小于 60%，说明随机因素引起的异质性较高，主要表现在 2 米以下的尺度范围内，表明外界因素对流动沙丘群落丰富度的空间变异性影响较大。变程属性表明，由固定沙丘到流动沙丘变程相差近 60 多倍，说明在沙漠化过程中，影响群落丰富度的生态过程在不同的尺度上起作用。干草甸、固定沙丘和半流动沙丘空间自相关范围超出了我们研究的尺度范围，在研究尺度上依赖性较强。半固定沙丘和空间自相关范围小，分别在 3.43m 和 20.430m 米范围外不存在空间自相关性。干草甸、半流动和流动沙丘丰富度分维数较小，表明三者 2m 到变程范围内由空间自相关部分引起的空间变异性较高。沙漠化过程中盖度的空间自相关范围先减少后增大，在研究尺度范围内空间依赖性也是减少后增大，但有变程、分维数总体看来植被盖度在沙漠化过程的空间异质化程度较高。

(9) 土壤水分含量表现出，由湿草甸向干草甸、流动沙丘、固定沙丘、半流动沙丘和半固定沙丘依次递减的趋势。但是，随着生境由湿草甸、干草甸、固定沙丘、半固定沙丘、半流动沙丘退化到流动沙丘的过程中，沙地表层土壤的容重波动增加，地表紧实度依次下降；从干草甸到流动沙丘，极细沙和粉粒含量逐渐递减，粘粒波动递减，细沙和中沙含量波动增加。湿草甸的极细沙和粉粒含量低于干草甸，但高于各类型沙丘；细沙和中沙含量要高于干草甸、低于各类型沙丘；粘粒含量在各生境类型中最高。沙质草地土壤的化学性质表现出，随着生境由湿草甸向流动沙丘退化过程中，土壤有机碳和全氮含量、电导率逐渐递减，全磷、有效氮、有效磷和有效钾含量波动递减。

(10) 随着生境由半流动沙丘向半固定沙丘和固定沙丘的恢复过程中，沙丘土壤结皮逐渐由物理结皮向地衣结皮和苔藓结皮发育，结皮厚度逐渐增加。但通过对比沙地结皮的各个粒级含量可以发现：从半流动沙丘到固定沙地，砂粒含量依次减少，极细砂和粘粉粒含量依次增加，而且结皮越厚，极细砂和粘粉粒越高。固定沙地苔藓结皮的极细砂和粘粉粒含量分别是半流动沙地物理结皮中的 4.11 和 7.42 倍。从半流动、半固定到固定沙丘，相对应的物理结皮、地衣结皮和苔藓结皮的有机质、全 N 和全 P 含量依次增加。同时，结皮的电导率和 pH 值也分别随着沙漠化逆转程度呈增长趋势。

(11) 随着生境由流动沙丘、半流动沙丘、半固定沙丘恢复到固定沙丘的过程中，沙地土壤的容重变化表现出以下几个趋势：①容重的总体变化趋势为：流动沙丘 < 物理结皮下土壤 < 地衣结皮下土壤 < 苔藓结皮下土壤，而由表 3 可知结皮厚度变化为：流沙无结皮 < 物理结皮 < 地衣结皮 < 苔藓结皮，说明厚度较大的结皮下土壤容重值也较大。②几类结皮下 0~2.5cm 层土壤容重均小于 2.5~5cm 层。半流动的物理结皮、半固定的地衣结皮和固定的苔藓结皮的土壤容重从 0~2.5cm 层到 2.5~5cm 层分别减少了 2.3%、1.1% 和 1.7%。③几种结皮下土壤容重均比各自对照无结皮土壤的容重值高，而且都比流沙的容重值大，由此表明结皮对其下层土壤有紧实的作用，能够提高其抗压能力。

从机械组成看随着结皮由物理结皮向生物结皮的发育,其下层土壤粘粉粒含量逐渐增大,土壤颗粒组成变细。结皮的存在显著提高了其下层土壤中粘粉粒含量。在沙地植被恢复过程中的沙地结皮形成、发育后,对土壤养分含量的影响也很明显。以流动沙丘为背景,半流动、半固定、固定沙丘的物理、地衣、苔藓结皮下土壤的有机质、全N、全P、碱解N、速效P、CaCO₃、电导率和pH值的含量依次增加。其中,固定沙地的苔藓结皮下土壤的全效和有效养分值最大,结皮对土壤养分的富集作用在结皮下 0~5cm土层范围内由表及里依次递减。结皮的发育强烈影响着地表 0~5cm土层的养分含量,结皮对土壤养分有强烈的富集作用。

(12) 土壤有机碳与全氮、全磷、有效氮、有效钾、粘粒含量、pH、电导率和土壤水分含量呈明显的正相关关系,与沙粒含量和土壤容重呈显著的负相关关系。沙粒含量与土壤有机碳、全氮、全磷、有效氮和粘粒含量呈显著的负相关关系,与容重呈显著的正相关关系。土壤含水量与有机碳、pH 和电导率呈明显的正相关关系。CCA 分析表明,土壤有机碳、全氮、有效氮、有效钾、土壤含水量、酸碱度和盐分含量的变化共同影响植物群落分布格局,其解释总方差为 40%,其中土壤养分梯度是沙质草地群落分布格局的主要土壤限制因子。沙质草地植物群落的生态优势度、物种多样性指数分别与土壤养分梯度和水盐及酸碱因子二元指标之间存在显著的二元线性关系。沙质草地群落物种多样性变化受土壤养分、水盐及酸碱度因子的共同影响。多元回归模型分析表明,土壤养分对生物量的贡献率为 86.73%,明显大于水盐及酸碱度对群落生产力的影响。

(13) 小叶锦鸡儿是科尔沁沙地的常见灌木树种,通过对其幼苗进行不同程度的沙埋试验,初步得出以下结论。沙埋深度达到其株高的 133%时,可使幼苗全部死亡;当沙埋深度与株高相同时,其存活率仅为 37%。各处理间叶片数量在沙埋初期有差异,后期差异不显著。沙埋 30 天后,中度沙埋(67%)能促进小叶锦鸡儿幼苗的株高、根长、总生物量以及根茎相对生长速率的增加;而重度沙埋抑制植株地上部分的高生长和叶相对生长速率。各处理下植株生物量均主要分配在叶片中,随沙埋深度的增加叶片生物量比逐渐降低,茎生物量比逐渐增加。结果表明中度沙埋在一定程度上可以促进小叶锦鸡儿的生长,而重度沙埋抑制幼苗的生长,甚至导致幼苗的死亡。

3. 监测工作

3.1 CERN 监测

大气监测:自动观测系统和人工观测进展顺利,按照网络要求完成了各个气象要素的观测,目前已获得数据约 180000 个。另外,今年 5 月完成了小气候观测系统的安装和调试,6 月开始正式观测,目前已获得观测数据约 350 万个。

土壤监测:7 月底完成土壤取样工作。其中,农田生态系统 3 个样地,每个样地取 0-20cm 层样品 6 个,计 18 个;荒漠生态系统 3 个样地,每个样地分 0-10cm 和 10-20cm 两层,每层取样 6 个,每样地 12 个样品,计 36 个。测定指标为碱解氮、速效磷、速效钾、pH、有机质和全氮。目前样品正在实验室分析和处理中。

生物监测：5—9 月在荒漠生态系统样地，获得了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、物候、植物空间分布格局变化等大量数据。共取得数据近 10000 多个。顺利完成了农田生态系统样地的监测，获得数据 3500 余个。

水分监测：水分监测主要包括农田综合观测场、荒漠综合观测场、荒漠辅助观测场 10 天一次的土壤水分以及每 2 月一次的烘干法测定的土壤水分；农田和荒漠观测场地下水水位以及水质分析；老哈河、教来河、舍力虎、灌溉地下水水质分析；农田蒸发和灌溉量的观测；大型蒸渗仪数据观测及维护；同位素分析水样采集；E601 水面蒸发仪的检测与维修以及数据观测等。目前已取得数据近 6000 多个。

另外，2006 年 1 月和 8 月分别完成 2005 年度第一、第二批生态网络土壤监测数据的上报工作。

3.2 沙漠化与沙尘天气监测

该项工作是由国家林业局荒漠化监测中心具体领导和安排的。我们研究站 2005 年成为该监测网络的成员，并开始进行植被、沙尘暴、水分和土壤风蚀等方面的监测。已顺利完成土壤定位监测、植被变化和水环境变化等数据收集。10 月已将完成的监测数据和年度综合报告提交给国家林业局荒漠化监测中心。

4. 国内外考察、合作研究与交流

2006 年 4 月中旬，赵哈林和赵学勇从库布齐沙漠出发，经毛乌素沙地、河北坝上草原，至浑善达克沙地进行了为期 7 天的科学考察，调查了不同地带沙地和草地的春季季相和景观格局、植被、土壤特征等。

2006 年 5 月 9—12 日，国家基金委综合处处长徐郅萍到奈曼站考察。

2006 年 8 月 11—17 日，孙鸿烈院士、王涛所长等一行 14 人对奈曼站，科尔沁沙地、浑善达克沙地与河北坝上地区进行了考察。

2006 年 6 月 11—13 日，丁永建副所长及研究所职能部门负责人到奈曼站考察，并帮助奈曼站完成了网络考核专家对奈曼站的考核。

2006 年 8 月 8—9 日，吕世华党委书记、副所长到奈曼站考察指导工作。

2006 年 8 月初到 8 月下旬，日本东京大学的大黑俊哉和 Myasaky 来站进行合作研究，对以前共建的放牧草地进行了植被调查；Myasaky 对多种沙地农田类型的生产力和生产方式进行了调查。

2006 年 7 月，李玉霖带领部分研究生到浑善达克沙地的中韩合作研究项目区考察。

2006 年 9 月 19—23 日，赵学勇、张铜会等到锡林浩特参加网络年会，并邀请 CERN 综合中心的于贵瑞主任等考察了浑善达克沙地和科尔沁沙地。

2006 年 4—8 月中央民族大学冯金朝教授和学生张彩丽、姜玲来站进行合作。

2006 年 4 月 15—17 日，赵学勇到日本东京参加中日韩中国北方沙漠化与沙尘暴防治研究讨论会，并做了项目进展报告—‘A Demonstration Village for

Deseertification Control in Chifeng, Inner-Mongolia’。

2006 年 4 月 25—28 日，赵学勇到日本新泄参加东亚生态学年会，并作了分组讨论会报告 ‘Ecological Impacts of Land Use Changes in Horqin Sand Land of China’。

2006 年 6 月 11 日，赵学勇应邀参加了 ‘中国生态大讲堂’ 第 6 次讨论会，做了题为 ‘中国荒漠化生态系统评估理论与方法’ 报告。

2006 年 8 月 2—3 日，赵学勇参加了于兰州大学召开的中日韩干旱区研究学术讨论会，应邀做了 ‘Retrospection and looking forward to the joint ecological research between China and Japan’。

2006 年 8 月 3 日，赵学勇在第一次中国水土保持学会年会上被选为中国水土保持学会副理事长。

2006 年 8 月 4—7 日，赵学勇与刘新平等参加了国际科学技术联合会在呼和浩特举办的 ‘可持续管理会议’，应邀做了题为 ‘How Inner-Mongolia win the Campaign against Desertification?- A Case Study in Horqin Sand Land’ 的报告，并主持了 ‘Sustainable management of Dryland Ecosystems’ 分会。

2006 年 5 月—9 月，内蒙古大学朴顺姬教授和 4 名学生来站开展合作研究。

2006 年 7 月 1—4 日，赵哈林与左小安参加 2006 年中国草地生态研讨会，并做了《科尔沁沙质草地群落物种多样性和生产力格局与土壤特性的关系》的报告。

2006 年 8 月 21 日—26 日，李玉强参加了“国家生态系统观测研究网络数据管理培训班”，学习了 EXCEL 服务器软件、SQL Server 软件的操作。

2006 年 9 月 23—24 日，网络综合中心主任于贵瑞、秘书长于秀波到奈曼站考察，同时探讨了如何通过推动科学普及，促进台站建设发展的问题。

5. 课题申请

- 1 左小安申请到国家自然科学基金项目 1 项，《半干旱沙地植被恢复与土壤演变的数量关系研究》(40601008 批准)。
- 2 院方向性项目沙漠化带课题：北方沙漠化带典型生态系统水文过程与植被恢复。项目预计经费 150 万元 (12 月 21 日通过专家论证)。
- 3 赵哈林，李玉强：半干旱区农牧交错带生态与环境演变记录、评估与适应对策。项目经费 15 万元 (批准)。
- 4 国家林业局课题：沙漠化治理方法引进与集成研究。预计项目经费 100 万元。
- 5 中日合作课题：Research in Desertification and Yellow Dust Storm Early Warning System (80 万元)。
- 6 中韩合作课题：A Demonstration Village For Desertification Control in Chifeng, Inner-Mongolia, China. 每年 35 万元，奈曼站负责 25 万元。
- 7 中韩合作项目 (奈曼站、韩国国家气象局)：中国北方沙尘灾害监测。韩方提供 500—600 万元 (人民币) 设备，在奈曼站建监测系统。奈曼站提供监测和维护，数据共享。

- 8 中美合作课题：《基于半干旱景观生态水文比较研究的中美学生双向交流》，该课题是由 Dr. David A. Wedin 提议，将资助奈曼站两名研究生到美国进行交流访问，并资助奈曼站 1.2 万美元的仪器。奈曼站负担美方四名研究生和一名研究人员每年 3—5 天访问奈曼站期间的交通和食宿费用。美国密西根州立大学 Mahdi Al-Kaisi 教授申请自带经费来奈曼站合作研究 1 年。
- 9 内蒙古‘十一·五’科技支撑项目：赵学勇，赵哈林等，科尔沁沙地生态农牧业发展模式与技术研究。项目经费 50 万元。
- 10 院方向性项目：赵哈林等，科尔沁退化沙化草地综合整治技术与模式（未获得批准）。

二、台站建设

1. 青少年基地建设

今年完成的青少年基地建设任务包括：2400 米的刺线围栏的建设工作；可以容纳 20—30 人同时参观的、高度为 10 米的了望塔 1 座；完成高度为 7.8 米标志牌的建设；道路与植物园规划。

2. 站区设施建设

在研究所的大力主持下，奈曼站今年对站大门进行了改建；对破损的路面进行了维修；新建一个 160m²微气候观测场，保证了观测工作的及时展开；为改善站区娱乐和健体条件，新建 400m²篮球场一处。同时，对原仓库的内墙和门进行了翻新，保证了仓库功能的正常发挥。

3. 试验场地建设

研究站今年对生态网络的长期监测样地设施，如监测内容介绍、地面标记、保护围栏等，进行了完善。对沙丘恢复试验观测场、农田辅助观测场的围栏进行了翻新或新建（2500m），为监测工作的顺利进行提供了必要的保障。

4. 地面卫星接收站建设

9 月底，完成了中国科学院基础局在奈曼站建设地面卫星接收站的考察、调研与地点确定的任务。2007 年 5 月 3 月开始卫星接收系统的架设，5 月开始基础设施建设。

5. 中韩沙尘灾害监测系统建设

2006 年 8 月中旬，完成了奈曼站与韩国国家气象局共同建设‘中国内蒙古沙尘灾害监测系统建设’合作意象与规划设计任务。2007 年 3 月开始建设。

三、人才培养

目前，奈曼站共有在读博士研究生 7 名，硕士研究生 7 名，共计 14 名。

2006 年招收博士研究生 2 名、硕士生 2 名。李玉强和移小勇以优异的成绩

通过论文答辩，获得博士学位。黄刚以优异的成绩通过硕士论文答辩，并继续攻读博士学位。李玉强留站工作，移小勇分配到西北师范大学工作。李玉霖在中国生态系统研究网络攻读博士后。

同时，与内蒙古大学、中央民族大学、韩国国民大学与东京大学合作培养研究生 12 名。

四、获奖与发表论文、论著情况

1. 获奖

由于在完成国家重大基础发展计划项目《中国北方沙漠化过程及其防治研究》的突出作用，奈曼站今年获得甘肃科技进步奖一等奖 1 项。

2. 论文

2006 年奈曼站发表研究论文 30 篇，其中 SCI 论文 4 篇，核心期刊收录 24 篇，国际会议论文 2 篇。完成专著终稿 1 部，初稿 2 部。

1. Halin Zhao, Ruilian Zhou, Tonghui Zhang, Xueyong Zhao, Effects of desertification on soil and crop growth properties in Horqin sandy farmland of Inner Mongolia. *Soil & Tillage Research*, 2006, 87: 175-185.
2. Halin Zhao, Xiaoyong Yi, Ruilian Zhou, Xueyong Zhao, Tonghui Zhang, Sam Drake, wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin sandy farmland, Inner Mongolia. *CATENA*, 2006, 65: 71-79.
3. 赵哈林, 苏永中, 周瑞莲, 我国北方沙区退化植被的恢复机理. *中国沙漠*, 2006, 26 (3): 323-328.
4. 赵学勇, 左小安, 赵哈林, 张铜会, 李玉强, 移小勇. 科尔沁不同类型沙地土壤水分在降水后的空间变异特征. *干旱区地理*, 2006, 29 (2): 275-281.
5. Zhao Xueyong, Zhao Halin, Zuo Xiaolan. Recalling and looking forward to the joint research between Japan and China. *草业学报*, 2006, 15, (Suppl.) 299-300.
6. 赵学勇, 李玉霖. 农牧交错带沙漠化生态系统评估的案例研究. *资源科学*, 2006, 28 (4): 9.
7. Zhang Tonghui, Su Yongzhong, Cui Jianyuan, Zhang Zhihui, Chang Xuexiang. A Leguminous Shrub (*Caragana microphylla*) in Semiarid Sandy Soils of North China. *Pedosphere* 2006,16(3):319-325.
8. 李玉霖, 拓万全, 崔建垣. 兰州市沙尘和非沙尘天气沉降物的化学特性比较. *中国沙漠*, 2006, 26 (4): 648-651.
9. 李玉霖, 拓万全, 崔建垣. 兰州市沙尘和非沙尘天气降尘的粒度特征比较. *中国沙漠*, 2006, 26 (4): 644-647.
10. 李玉强, 赵哈林, 移小勇, 左小安, 陈银萍. 沙漠化过程中科尔沁沙地植物-土壤系统碳氮储量动态. *环境科学*, 2006, 27 (4): 635-640.
11. 李玉强, 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 陈银萍. 不同强度放牧后自然恢复的沙质草地土壤呼吸、碳平衡与碳储量. *草业学报*, 2006, 15 (5): 25-31.
12. 李玉强, 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 移小勇. 土壤温度和水分对不同类型沙地土壤呼吸的影响. *干旱区资源与环境*, 2006, 20 (3): 154-158.
13. 刘新平, 张铜会, 赵哈林, 岳广阳. 流动沙丘降雨入渗和再分配过程. *水利学报*, 2006,

37 (2): 166-171。

14. 刘新平, 张铜会, 赵哈林, 何玉惠, 云建英, 李玉强. 流动沙丘干沙层厚度对土壤水分蒸发的影响. 干旱区地理, 2006, 29 (4): 523-526。
15. 左小安, 赵学勇, 赵哈林, 崔建垣, 郭轶瑞. 退化沙质草场群落特征及功能群多样性的空间变异性. 干旱区研究, 2006, 23 (1): 39-45。
16. 左小安, 赵学勇, 赵哈林, 郭轶瑞, 李玉强, 赵玉萍. 科尔沁沙地草地退化过程中的特种组成及功能多样变化特征. 水土保持学报, 2006, 20 (1): 181-185。
17. 左小安, 赵学勇, 张铜会, 郭轶瑞, 李玉强, 云建英. 退化沙质草场群落特征及功能群生物量的空间变异性. 水土保持通报, 2006, 26 (1): 20-25。
18. 岳广阳, 张铜会, 赵哈林, 牛丽, 刘新平, 黄刚. 科尔沁沙地黄柳和小叶锦鸡儿茎流及蒸腾特征. 生态学报, 2006, 26 (10): 3205-3213。
19. 岳广阳, 张铜会, 刘新平, 移小勇. 热技术方法测算树木茎流的发展及应用. 林业科学, 2006, 42 (8): 102-108。
20. Yang Jiading, Yun Jianying, Zhang Tonghui, Zhao Halin. Presoaking with nitric oxide donor SNP alleviates heat shock damages in mung bean leaf discs. Botanical Studies, 2006, 47:129-136。
21. 移小勇, 赵哈林, 崔建垣, 李玉强, 左小安, 卓鸿. 科尔沁沙地不同密度(小面积)樟子松人工林生长状况. 生态学报, 2006, 26 (4): 1200-1206。
22. 移小勇, 赵哈林, 赵学勇, 李玉强, 左小安, 傅朝. 不同风沙土含水量因子的抗风蚀性. 土壤学报, 2006, 43 (4): 684-687。
23. 移小勇, 赵哈林, 李玉霖, 李玉强, 付朝. 科尔沁沙地不同风沙土的风蚀特征. 水土保持学报, 2006, 20 (2): 10-13, 53。
24. 云建英, 杨甲定, 赵哈林. 干旱和高温对植物光合作用的影响机制研究进展. 西北植物学报, 2006, 26 (3): 641-648。
25. 张继义, 付丹, 魏珍珍, 赵哈林, 张铜会. 科尔沁沙地几种乔灌木树种耐受极端土壤水分条件与生存能力野外实地测定. 生态学报, 2006, 26 (2): 467~474。
26. 赵丽娅, 李兆华, 赵锦慧, 赵哈林, 赵学勇. 科尔沁沙质草地放牧和围封条件下的土壤种子库. 植物生态学报, 2006, 30 (4): 617~623。
27. 文海燕, 傅 华, 赵哈林. 退化沙质草地开垦和围封过程中的土壤颗粒分形特征. 应用生态学报, 2006, 17 (1): 55~59
28. 王涛, 陈广庭, 赵哈林, 董治宝, 张小曳, 郑晓静, 王乃昂. 中国北方沙漠化过程及其防治研究的新进展. 中国沙漠, 2006, 26 (4): 507~516。
29. 李玉霖, 孟庆涛, 赵学勇, 张铜会. 科尔沁沙地流动沙丘植被恢复过程中群落组成及植物多样性演变特征. 草业学报.

3. 国际会议论文

- 1 Zhao Xueyong, Li Yulin, 2006. A Demonstration Village for Deseertification Control in Chifeng, Inner-Mongolia. Tokyo
- 2 Zhao Xueyong, 2006. Ecological Impacts of Land Use Changes in Horqin Sand Land of China'. Nigata, Japan.

4. 专著

今年研究站主要完成了两本专著的撰写工作。专著“恢复生态学通论”, 已完成初稿。专著“沙漠化的生物过程与植被恢复机理”已经完成终校, 计划在

2007 年由科学出版社出版。

五、2007 年工作计划

1. 继续做好各项监测工作，进一步提高监测数据的质量；
2. 在 2006 年申请项目的基础上，进一步积极争取研究项目和课题，特别是注重基金项目的申请。
3. 力争获得省部级一等或者二奖 1 项；出版专著 1 部；争取发表较高影响因子的 SCI 收录文章 3—5 篇。
4. 完善科尔沁沙地与浑善达克沙地的研究与监测点，完成与完善在乌兰察布沙地、呼伦贝尔沙地的沙漠化与土地利用变化研究与监测点。
5. 立足于科尔沁沙地，辐射浑善达克沙地、乌兰察布沙地与呼伦贝尔沙地，研究该区域的土地利用覆盖变化与沙漠化演变过程中的碳氮过程及其机理，探索区域水资源动态与稳定人工植被建植的技术、管理及其机理。

奈曼站

2006 年 11 月 30 日