

干湿处理对灰漠土土壤理化性质及微生物活性的影响*

李晨华^{1,2} 唐立松¹ 李彦^{1†}

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

(2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

EFFECTS OF AIR-DRYING AND REWETTING ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND MICROBIAL ACTIVITY OF DESERT GREY SOIL

Li Chenhua^{1,2} Tang Lison¹ Li Yan^{1†}

(1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

(2 Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

关键词 灰漠土; 干湿处理; 土壤呼吸; 真菌呼吸; 细菌呼吸

中图分类号 S152.7⁺1 文献标识码 A

土壤风干-润湿过程可加剧土壤有机质矿化反应^[1],其矿化来自于土壤非生物有机质分解和土壤微生物在干湿变化过程中死亡两个过程^[2]。因此,干湿变化可能对土壤有机质及养分循环产生重要的影响。国内外的相关研究主要集中于干湿变化过程中土壤对磷素的吸附作用及有机磷矿化作用^[3]、微生物量碳的变化及有机碳矿化作用^[1,4]等等,实验对象多为肥沃或酸性土壤。灰漠土是干旱区的典型土壤类型之一,本文以阜康绿洲与其毗邻荒漠为研究对象,对干湿处理后土壤理化性质、土壤呼吸作用所发生的变化进行了初步研究,以期了解干湿变化过程对荒漠-绿洲土壤理化性质及微生物活性的影响,为荒漠土壤的演变机制和科学管理提供理论依据,同时也对干旱区土壤样品长期贮存后的再利用有一定指导意义。

1 材料与方法

1.1 实验地概况

实验在中国科学院所属阜康荒漠生态站(42°24'N, 128°8'E)进行。该地属于欧亚大陆腹地,温带荒漠气

候,年均温6.6℃,年降水量164 mm,年蒸发量2 000 mm左右,冬季积雪3~29 mm,无霜期174 d。本文所选绿洲农田(开垦了15 a)与多汁盐柴类荒漠毗邻,土壤为盐化碱化灰漠土(干旱土纲碱化粘化干旱土),有机质缺乏、板结、有效肥力低,质地为粉砂壤土。

1.2 土壤样品采集与预处理

2005年1月下旬,采用多点混合法在阜康荒漠生态站农田区(F)依“之”形路线翻过小区,在75 m×75 m样地上采集(0~10 cm深度)土样。为避免施肥、灌溉等的影响,本次实验所取农田土样为2004年经过常规管理、播种前的棉田土壤;同时在相邻的盐生荒漠区(D)上随机取30个样点组成混合代表样。

将绿洲农田与原始盐生荒漠采来的土样碾碎打散,拣出肉眼可见的杂物、细根,过筛(2 mm),混匀后取出部分土样测定原始土壤基本性质;其余加水调至40%的田间持水量,放入25℃温箱中,并置于一只盛有去离子水的烧杯以保持箱内相对湿度,预培养4 d。

1.3 干湿处理与土壤呼吸测定

参照文献[1,5]中的方法,首先将葡萄糖加到预

* 西部之光项目与中国科学院新疆生态与地理研究所所长基金资助

† 通讯作者, E-mail: liyan@ms.xjb.ac.cn

作者简介:李晨华(1974~),女,江苏宜兴人,博士研究生,研究方向为土壤生态

收稿日期:2005-09-28;收到修改稿日期:2006-03-30

培养好的土壤中(相当于每 25 g 烘干土样含有 0.01 g 葡萄糖),混匀并放置数小时后加水调至 40% 的田间持水量,之后将土样分成两部分,一部分用于干湿处理实验,另外一部分用于对照实验(CK)。

干湿处理:土壤在 25 ℃ 下风干 24 h,然后加水调至田间持水量的 40%,相同温度下培养 10 d;对照实验(CK)的培养条件同上。

施加抗生素:参照文献[6]中的方法将干湿处理后的两样地土壤各取 3 份:一份施加链霉素(100 单位 g^{-1} 土),以抑制细菌代谢,其土壤呼吸即真菌呼吸;一份施加放线菌酮(400 单位 g^{-1} 土),以抑制真菌代谢,其呼吸为细菌呼吸;一份土样无处理,其呼吸为土壤总呼吸。

土壤呼吸测定:采用静态碱液吸收法^[6]。将干湿处理的土样(包括施加与未施加抗生素)与保湿培养的对照实验土样(CK)各称取相当于 25 g 烘干土(105 ℃ 烘箱,24 h)的土样,每个处理 6 个重复,分别平铺于直径 90 mm 的平皿中,各自放入一只 2 L 密封玻璃瓶中,瓶底放少量水以保持土壤一定湿度,并放入一只装有 10 ml 0.1 mol L^{-1} NaOH 的小烧杯,置于 25 ℃ 下培养。分别在培养 0.7 d(16 h)、1.5 d、3.5 d、5.5 d、7.5 d、9.5 d 时测定每份土样的 CO_2 释放量,同时作对照实验。测定时加入过量 1.5 mol L^{-1} BaCl₂ 溶液,用 0.1 mol L^{-1} HCl 溶液回滴。土壤在一定时间间隔内所释放的 CO_2 量,采用如下公式^[6]计算:

$$CO_2(mg) = (V_0 - V) \times C \times M$$

式中: V_0 为滴定空白碱液时所耗盐酸量(ml); V 为滴定土样碱液时所耗盐酸量(ml); C 为盐酸的摩尔浓度(mol L^{-1}); M 为摩尔质量,以 CO_2 表示, $M(1/2 CO_2) = 22 \text{ mg mmol}^{-1}$ 。

1.4 土壤理化性质测定

土壤 pH 值用电位法测定(土水比为 1:5);总盐测定用电导法;含水量测定用烘干法;全氮用开氏消煮法;全磷用碳酸钠熔融法;全钾用氢氟酸-高氯酸消煮法;速效氮用 MgO -代氏合金蒸馏法;速效磷用 Olsen 法;速效钾用乙酸铵提取法;有机质用高温重铬酸钾氧化-容量法。以上每个测定值均设 5 个重复,在土壤风干-润湿培养后对土壤理化性质进行再次测定。

1.5 数据分析

利用 Origin 7.0 (OriginLab Corporation, USA) 进行数据分析,采用 One-way ANOVA 检测显著性差异。

2 结果与分析

2.1 干湿处理对灰漠土土壤理化性质的影响

表 1 可看出,经风干-润湿培养后,土壤理化性质发生了一些变化,荒漠土壤 pH 值、总盐、速效氮与速效磷含量均显著增加,而有机质含量下降($p < 0.05$);农田土壤速效磷含量增加,而速效氮含量下降($p < 0.05$),其他值没有明显变化。

表 1 干湿处理前后土壤理化性质的变化

土样 ¹⁾	pH ²⁾	总盐 ($g \text{ kg}^{-1}$)	有机质 ($g \text{ kg}^{-1}$)	全氮 ($g \text{ kg}^{-1}$)	全磷 ($g \text{ kg}^{-1}$)
D1	8.06 ±0.16 b	11.38 ±0.12 b	12.01 ±0.12 a	0.73 ±0.06 a	1.20 ±0.08 a
D2	8.43 ±0.11 a	11.70 ±0.14 a	11.35 ±0.11 b	0.70 ±0.08 a	1.18 ±0.16 a
F1	8.23 ±0.20 ab	2.63 ±0.10 c	8.78 ±0.16 c	0.47 ±0.08 b	0.79 ±0.05 b
F2	8.38 ±0.18 ab	2.73 ±0.13 c	8.89 ±0.12 c	0.48 ±0.10 b	0.79 ±0.06 b
土样	全钾 ($g \text{ kg}^{-1}$)	速效氮 ($mg \text{ kg}^{-1}$)	速效磷 ($mg \text{ kg}^{-1}$)	速效钾 ($mg \text{ kg}^{-1}$)	
D1	19.12 ±0.20 a	35.44 ±1.55 b	14.64 ±0.16 b	745 ±12 a	
D2	18.93 ±0.17 a	47.20 ±1.32 a	16.90 ±0.19 a	765 ±15 a	
F1	18.13 ±0.13 b	17.52 ±0.49 c	13.90 ±0.15 c	212 ±11 b	
F2	17.98 ±0.16 b	14.49 ±0.19 d	14.36 ±0.20 b	220 ±13 b	

1) D 表示荒漠土壤, F 表示农田土壤; 1 和 2 分别表示干湿处理前后的土壤样品。2) 土水比 1:5。表中数据为平均值 ±SD; 不同小写字母(同一列)表示有显著差异($p < 0.05$), 否则无显著差异

2.2 干湿处理(AD)对灰漠土土壤呼吸的影响

图 1 可看出,干湿处理后荒漠土壤呼吸作用(AD)明显强于对照处理(CK),同样的现象也发

生在农田土壤的润湿培养前期。处理后两样地土壤 CO_2 释放总量均显著高于对照(表 2),说明干湿处理后土壤呼吸作用加强。同时,风干-润湿

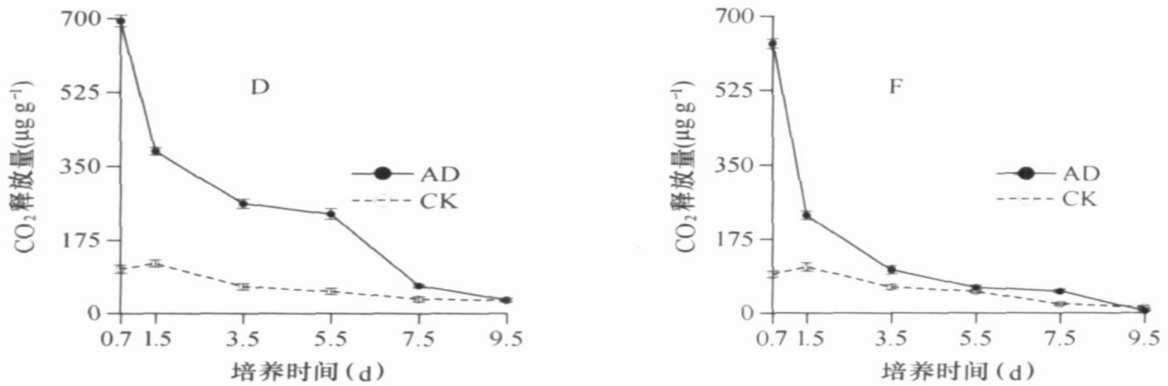
培养后的第 0.7 天 (16 h) CO₂ 释放量较大 (图 1), 随后急剧减少, 尤其是农田, 表明荒漠与农田

土壤在干湿处理后 CO₂ 释放量的最大峰值应在前 0.7 d (16 h) 之内。

表 2 干湿处理与对照间土壤 CO₂ 释放总量差异¹⁾ (μg g⁻¹土)

	D _{AD}	D _{CK}	F _{AD}	F _{CK}	D	F
CO ₂ 释放总量	1 678 ±21 a	404 ±12 e	1 084 ±19 c	347 ±11 f	1 274 ±19 b	737 ±14 d

1) 表中小写字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)。D 即 D_{AD} 与 D_{CK} 之差; F 为 F_{AD} 与 F_{CK} 之差



D: 荒漠土壤; F: 农田土壤; AD: 干湿处理; CK: 对照; AD 处理为土壤样品经风干润湿后培养; CK 处理为土壤样品直接润湿培养。图中误差标志为标准差, 下同

图 1 干湿处理对荒漠与农田土壤呼吸的影响

同时, 农田中 AD 呼吸作用在高峰后迅速减小, 趋近于对照 (CK); 相对而言, 荒漠 AD 曲线比较平缓, 其 CO₂ 释放量下降缓慢, 干湿处理与对照间土壤呼吸作用差异更大 (图 1)。再者, 处理后荒漠土壤 CO₂ 释放总量显著高于农田, 且其处理与对照的差异也显著大于农田土壤两者间的差异 ($p < 0.05$, 表

2), 表明处理后荒漠土壤有机质矿化作用强于农田, 并且干湿变化对荒漠土壤呼吸影响较大。

此外, 图 2 可看出, 荒漠与农田土壤细菌呼吸和真菌呼吸在风干后润湿培养的过程中, 与处理后其各自土壤总呼吸变化 (图 1 中 AD 曲线) 趋势一致: 荒漠土样中两者下降较为平缓; 而农田土样中两者下降较为急速。

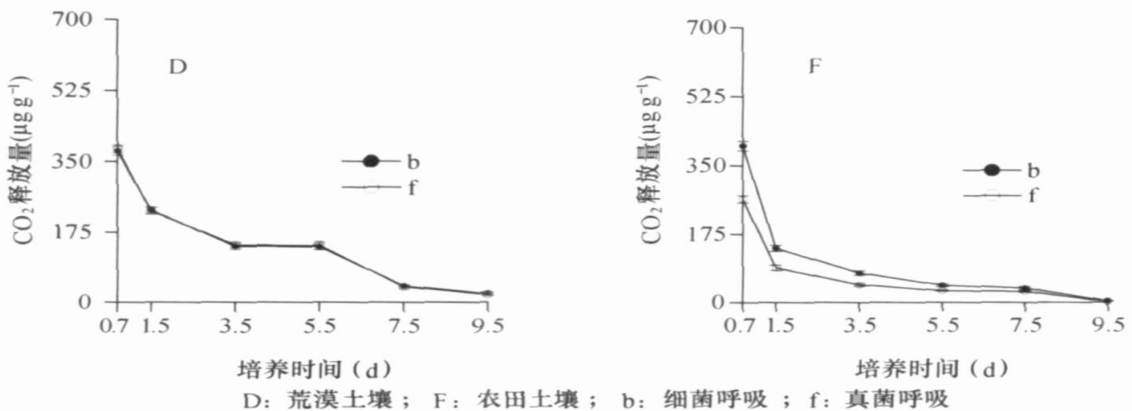


图 2 干湿处理后荒漠与农田土壤细菌呼吸和真菌呼吸差异

同时, 荒漠土壤细菌呼吸与真菌呼吸没有明显差别 (图 2, $p > 0.05$), 其 CO₂ 释放总量值分别为 947 ±18 和 952 ±15, 两者之比接近于 1; 农田则有明显不同 (图

2, $p < 0.05$), 其 CO₂ 释放总量值分别为 701 ±13 和 460 ±10, 两者之比接近于 1.5, 细菌呼吸更占优势, 说明荒漠与农田其土壤微生物组成已有所不同。

3 讨 论

3.1 干湿处理对土壤理化性质的影响

与干湿处理前相比,荒漠土样 pH 值明显上升,这与 Chepkwony 等^[3]对酸性肥沃土壤干湿处理后的研究结果一致。pH 值上升可归为干湿变化过程激发了土壤有机氮的矿化^[7],而本实验中处理后荒漠土壤速效氮浓度也有明显增加,有机质下降,与上述观点吻合。对处理后荒漠土壤总盐的升高及农田土壤速效氮含量的减少,尚无合理解释。

干湿处理后,荒漠与农田土壤中速效磷都有所增加。Birch 和 Friend^[8]实验表明:大量多次的干湿往复处理可使土壤中有机磷显著地下降;陈英旭等^[9]发现在干湿交替环境下疏浚底泥中活性磷(即速效磷)的释放明显。土壤速效磷含量增加可在土壤物理化学(如磷的吸附/解吸附作用)或生物作用(如有机磷的矿化)两种机制中发生^[3]。由于土壤风干能增加土壤对磷的吸附能力^[10,11],使土壤中无定形磷酸钙复合物有结晶化或沉积的倾向^[12],进而降低它们的溶解度及可提取性。因此本研究中干湿处理后速效磷含量增加极可能是土壤中有机磷矿化作用加强所致。

3.2 土壤微生物活性变化

土壤呼吸代表了土壤碳素的周转速率及微生物的总体活性^[13],本研究干湿处理后农田与荒漠土壤 CO₂ 释放量出现高峰,且总量均明显高于对照,说明微生物活性及有机碳矿化作用在干湿处理后骤然加强。这与 Wu 和 Brookes^[1]研究结果一致,不同的是本实验中最大峰值在润湿培养后 16 h 之内,而后者出现在第 2 天。干湿过程中,土壤收缩和之后的膨胀破坏了土壤物理聚合,使微生物难以接近的一些有机质显露出来,同时风干引起大量微生物死亡,其死细胞成为存活下来的微生物群落容易利用的物质^[4],因此土壤呼吸骤然加强。

同时,干湿变化对荒漠土壤的影响更大。土壤的开垦后其有机质及养分含量一般会有不同程度的下降^[14,15],本实验中荒漠与农田两样地相邻,区别只在于开垦与否,而前者土壤有机质及养分就明显高于后者,加之盐分等土壤性质的较大差异(表 1),

两者土壤微生物组成亦有所不同:荒漠土壤中细菌与真菌活性没有明显差别,而开垦 15 a 的灰漠土(农田),细菌呼吸更占优势。这可能是导致荒漠与绿洲农田土壤干湿处理效应有所差异的重要原因。

参 考 文 献

- [1] Wu J, Brookes P C. The proportional mineralisation of microbial and organic matter caused by air-drying and rewetting of a grassland soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 2005, 37:507 ~ 515
- [2] Sorensen L H. Rate of decomposition of organic matter in soil as influenced by repeated air drying-rewetting and repeated additions of organic matter. *Soil Biology & Biochemistry*, 1974, 6:287 ~ 292
- [3] Chepkwony C K, Haynes R J, Swift R S, *et al.* Mineralization of soil organic P induced by drying and rewetting as a source of plant-available P in limed and unlimed samples of an acid soil. *Plant and Soil*, 2001, 234:83 ~ 90
- [4] Haynes R J. The decomposition process: Mineralization, immobilization, humus formation, and degradation. *In*: Haynes R J. ed. *Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System*. Orlando, Florida, USA: Academic Press, 1986. 52 ~ 126
- [5] 章家恩,蔡燕飞,高爱霞,等. 土壤微生物多样性实验研究方法概述. *土壤*, 2004, 36(4):346 ~ 350
- [6] 鲁如坤主编. *土壤农业化学分析方法*. 北京:中国农业科技出版社, 2000. 239 ~ 246
- [7] Naidu R, Haynes R J. Chemical composition of saturation paste extracts of a Fijian Oxisol after liming and repeated wetting and drying. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 1999, 76:29 ~ 35
- [8] Birch H F, Friend M T. Resistance of humus to decomposition. *Nature*, 1961, 191:81 ~ 96
- [9] 陈英旭,朱广伟,何云峰,等. 疏浚底泥土地投放中活性磷的下移规律. *土壤学报*, 2003, 40(1):96 ~ 101
- [10] Baskaran S, Bolan N S, Rahman A, *et al.* Effect of drying of soils on the adsorption and leaching of phosphate and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *Australian Journal of Soil Research*, 1994, 32:491 ~ 502
- [11] Campbell C A, Biederbeck V O, Warden F G, *et al.* Effect of rainfall and subsequent drying on nitrogen and phosphorus changes in a dryland fallow loam. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1973, 37:909 ~ 915
- [12] Haynes R J. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant Soil*, 1982, 68:289 ~ 309
- [13] 滕应,黄昌勇,骆永明,等. 铅锌银尾矿区土壤微生物活性及其群落功能多样性研究. *土壤学报*, 2004, 41(1):113 ~ 119
- [14] Williams A, Shan X B, Veneman P. Effect of cultivation on soil organic matter and aggregate stability. *Pedosphere*, 2005, 15(2):255 ~ 262
- [15] Zhang H, Zhang G L. Microbial biomass carbon and total organic carbon of soils as affected by rubber cultivation. *Pedosphere*, 2003, 13(4):353 ~ 357