

苜蓿培肥对灰漠土养分及胡敏酸特性的影响

孙本华^{1,2}, 高明霞¹, 吕家珑¹, 张一平¹

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国科学院阜康荒漠生态系统观测试验站, 乌鲁木齐 830011)

摘 要:通过荒地和苜蓿地土壤养分、土壤胡敏酸热解特性和红外光谱特征的比较, 研究了灰漠土上种植苜蓿培肥对土壤养分和土壤有机质特性的影响。结果表明, 种植苜蓿可以增加土壤有机质、全 N 和碱解 N 的含量, 但速效磷和速效钾含量则下降, 土壤 pH 不变。苜蓿地胡敏酸的脂肪族侧链较多, 胡敏酸较年轻, 而荒地胡敏酸侧链较少, 胡敏酸相对较老。苜蓿地胡敏酸的脂族性强于荒地。种植苜蓿培肥后土壤胡敏酸变得简单化和年轻化。

关键词:灰漠土; 土壤培肥; 胡敏酸; 热解特性; 红外光谱

中图分类号:S158

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)03-0338-03

The Effect of Planting Alfalfa to Soil Nutrients and Humic Acid Characteristics on Gray Desert Soil

SUN Ben-hua^{1,2}, GAO Ming-xia¹, LV Jia-long¹, ZHANG Yi-ping¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest Sci-tech University of Agriculture and

Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Fukang Desert Ecosystem Observation and

Experiment Station, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China)

Abstract: The effects of soil fertilization to gray desert soil nutrients and organic matter characteristics were studied through comparing soil nutrients, soil humic acid pyrolytic and IR characteristics between soils from uncropped and alfalfa fields. The results showed that soil organic matter, total N and available N increased, and available P and available K decreased, and soil pH didn't change after planting alfalfa. The fatty lateral chain of humic acid from alfalfa field was much more than that from uncropped field. The fatty characteristics of soil humic acid from alfalfa field was stronger than that from uncropped field. The soil humic acid from alfalfa field was simpler and younger than that from uncropped field.

Key words: gray desert soil; soil fertilization; humic acid; pyrolytic features; infrared spectra

灰漠土是新疆北疆地区温带荒漠平原的地带性土壤, 主要分布在准噶尔盆地南部, 天山北麓山前倾斜平原与冲积平原。按美国系统分类, 属于干旱土纲(Aridisols), 按联合国粮农及教科文组织编的世界土壤图的土壤单元也属于干旱土, 其英文名为 Xerosols。灰漠土是一种较好的土壤资源, 目前已有相当部分被开垦种植, 发展成为粮、糖、棉、油、瓜果、林的生产基地。合理利用和改良这一类型土壤, 对促进农业持续发展具有十分重要的意义。通常情况下, 灰漠土的开垦种植须经过土壤培肥, 主要为种植绿肥作物如苜蓿等。选择荒地和苜蓿地作为研究对象, 通过对两种不同利用方式下土壤养分、土壤胡敏酸的热解特性和红外特征的分析, 以探讨该地区土壤生物培肥过程对土壤养分以及土壤有机质特性的影响。

1 材料和方法

1.1 试验处理

试验设于新疆阜康市新疆生态与地理研究所阜康荒漠生态系统观测试验站内。选择两种不同利用方式的土壤(荒地, 3年生苜蓿地)作为研究对象, 取表层 0~20 cm 土样, 风

干后, 磨碎, 待测。另取部分土样提取土壤胡敏酸^[1]。

1.2 测定方法

土壤测定有机质、全 N、碱解氮、速效磷、速效钾、pH, 测定方法见土壤农业化学分析方法^[2]; 土壤胡敏酸差热(DTA)、热重(TG)和微分热重(DTG)用日本岛津 DT-30B 分析仪; 胡敏酸红外光谱分析用美国帕金-埃尔默公司生产的 FTIR Spectrum GX 型红外光谱仪(溴化钾压片法)。

2 结果与讨论

2.1 土壤养分变化

表 1 为两种不同利用方式下表层土壤养分含量的测定结果。由表 1 可见, 苜蓿地较荒地相比, 土壤有机质、全 N 和碱解 N 都有不同程度的增加, 其中有机质从 8.4 g/kg 增加到 14.54 g/kg, 增加了 73.1%, 全 N 和碱解氮的含量分别增加了 23.8 和 54.9%。速效磷和速效钾则下降较多, 分别下降了 40.3 和 42.5%。土壤 pH 值变化不大。这是因为种植苜蓿后, 由于植物根茬和自然凋落物的增加, 从而造成土壤有机质含量增加。苜蓿为豆科作物, 具有固氮的功能, 因而全 N 和碱解 N 的含量增加。速效磷和速效钾的减少则可

* 收稿日期: 2006-06-23

基金项目: 西北农林科技大学校基金(2003); 中科院阜康荒漠生态系统观测试验站开放基金(编号 20020009)

作者简介: 孙本华(1972-), 男, 江苏金湖人, 西北农林科技大学资源环境学院助理研究员, 在职博士生, 主要从事土壤化学以及环境科学的研究工作; 通讯作者: 吕家珑。

能是由于苜蓿吸收造成的。由上面的分析可见,灰漠土上种植苜蓿对土壤表层养分、土壤有机质含量有较大的影响。

表 1 荒地和苜蓿地土壤表层(0~ 20 cm) 养分变化

试验地	有机质/ (g·kg ⁻¹)	全 N/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	pH
Hu- 1	8.4	0.42	36.5	25.5	472.0	8.51
Hu- 2	14.5	0.52	56.5	15.2	271.6	8.46

注: Hu- 1 表示荒地, Hu- 2 表示苜蓿地, 下同。

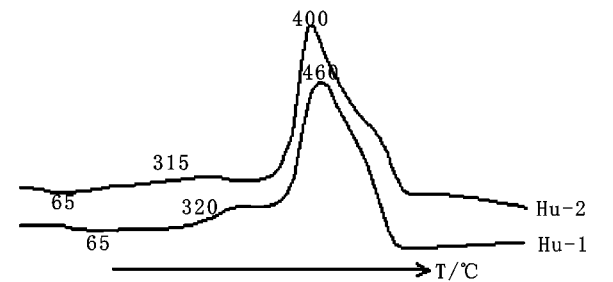


图 1 荒地和苜蓿地土壤胡敏酸的 DTA 曲线

两种胡敏酸的差热分析 DTA 结果见图 1 和表 2, 由图 1 可见, 所有胡敏酸都有吸热谷(65℃)、低温放热峰(315~ 320℃)和高温放热峰(460~ 480℃), 分别代表胡敏酸脱水吸热、胡敏酸中脂肪族侧链及氢键结合羟基裂解、外围官能团和芳香结构裂解^[3-6]。这表明荒地和苜蓿地土壤胡敏酸的基本特征是相同的。结合表 2 中的峰高结果来看, 相比较而言, 荒地土壤胡敏酸的 320℃ 峰高而窄, 苜蓿地土壤胡敏酸的 320℃ 峰较低而宽。这可能是由于苜蓿地的胡敏酸较年轻, 胡敏酸中的脂肪族侧链较复杂, 使得 320℃ 峰的峰较宽。从峰区失重率的比值 $w1/w2$ 来看, 苜蓿地的比值较高, 荒地的比值较小, 表明苜蓿地胡敏酸的脂肪族侧链较多, 胡敏酸较年轻, 而荒地胡敏酸的脂肪族侧链较少, 胡敏酸相对较老。这是因为荒地的胡敏酸由于长期的氧化缩合, 故脂肪族的侧链较少, 荒地改种苜蓿 3 年后, 由于苜蓿根系活动、根茬和凋落物等的增加, 进入土壤的有机物量增加, 经腐解形成了较多新的腐殖质, 表 1 中土壤有机质含量的大量增加证明了此点, 这也与土壤有机培肥后胡敏酸变得简单化和年轻化的观点相一致^[6]。

2.2.2 胡敏酸 TG 和 DTG 曲线的变化

两种土壤胡敏酸的 TG 曲线见图 2, 由图 2 可见, 荒地和苜蓿地土壤胡敏酸的 TG 曲线基本类似, 有三个比较明显的大失重带, 表明两种胡敏酸的基本结构是相同的。

两种土壤胡敏酸的 DTG 曲线和各参数分别见图 3 和表 3, 由图 3 可见, 各土壤胡敏酸的 DTG 曲线基本一致, 有四个比较明显的失重峰, 72~ 90℃ 的失重峰对应于 DTA 曲线的吸热谷, 325℃ 峰对应于 DTA 曲线的第一放热峰, 而 498~ 540℃ 峰和 617~ 720℃ 峰对应于 DTA 曲线的第二放热峰。这表明, DTA 曲线中的第二放热峰由两部分组成, 即官能团和芳香核, 而 DTG 曲线中的 498~ 540℃ 峰对应于官能团的热解, 617~ 720℃ 部分对应于芳香核的热解。根据表 3 的结果, 从 498~ 540℃ 峰的峰高和峰区失重率来看, 苜蓿地的最小, 表明苜蓿地胡敏酸的外围官能团含量较小, 可能与土壤有机培肥后胡敏酸酚羟基和羧基含量下降, 氧化程度降低有关, 也说明苜蓿地土壤胡敏酸分子较年轻。DTG 结论与 DTA 曲线的结论一致。奚森等^[6] 也报道, 土壤有机培肥使胡敏酸酚羟基和羧基含量下降, 胡敏酸的氧化程度降低。从活化能和比速率常数来看, 苜蓿地胡敏酸此峰的活化能和比速率常数较大, 而荒地的胡敏酸的活化能和比速率常数则小得多, 表明苜蓿地胡敏酸的官能团部分热稳定性较荒地的高, 但一旦获得必要的能量, 其热解速度更快^[4]。

2.2 土壤胡敏酸的热解特性

2.2.1 胡敏酸 DTA 曲线的变化

表 2 不同利用方式土壤胡敏酸 DTA 曲线各参数

试验地	峰高/cm			峰区失重率 w/%		
	320 峰 h1	480 峰 h2	h1/h2	320 峰 w1	480 峰 w2	w1/w2
Hu- 1	0.4	7.9	0.051	13.1	34.7	0.378
Hu- 2	0.3	8.9	0.034	20.2	37.0	0.546

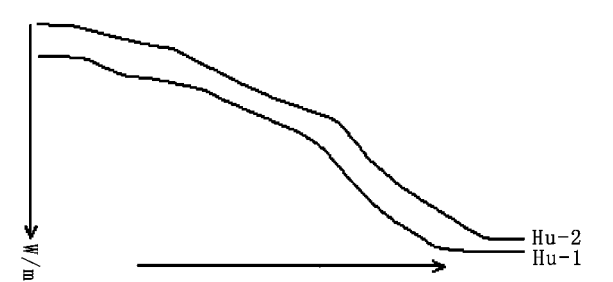
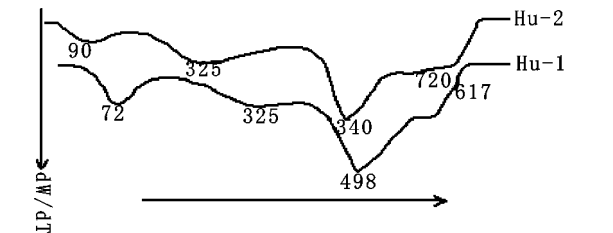


图 2 荒地和苜蓿地土壤胡敏酸的 TG 曲线



Hu- 1: 荒地 Hu- 2: 苜蓿地

图 3 荒地和苜蓿地土壤胡敏酸的 DTG 曲线

表 3 不同利用方式土壤胡敏酸 DTG 曲线 540℃ 峰各参数

样品	峰高 /cm	峰区失重 率/%	热解动力学参数			
			T_m/K	$\Delta T/K$	$E_a/(KJ\cdot mol^{-1})$	$K_0/(10^X min^{-1})$
Hu- 1	2.35	38.1	768.15	87	129.4	8.22
Hu- 2	2.1	26.4	813.15	55	233.0	14.59

2.3 土壤胡敏酸的红外光谱变化

图 4 为两种土壤胡敏酸的红外光谱图。由图 4 可见, 一方面, 各胡敏酸的红外光谱基本相似, 都在 3 400 cm(氢键结合的 OH)、3 140 cm(缔合的 NH)、3 025 cm(芳香核中与核相连的 CH 振动)、2 930~ 2 860 cm(脂肪族甲基、亚甲基和 - OCH₃ 中的 CH 振动)、2630 cm(整合态的 OH)、1 714 cm(羧基中 C= O 伸缩振动)、1 628~ 1 651 cm(酰胺、肽键、芳香族共轭双键 C= O、COO⁻、羰基共轭双键、仲胺 NH₃⁺ 非对称伸缩振动)、1 400 cm(离子化羧基对称伸缩振动和活性亚甲基 CH 振动)、1 227~ 1 267 cm(酚基、羟基、酯类等含氧基团)、1 033 cm(来自于有机硅分解的 Si- O 伸缩振动) 等^[1,4,5,7] 处出现吸收峰, 这说明胡敏酸结构具有一致性。另一方面, 在某些特征吸收的强度上又有差异, 主要差别为: 苜蓿地胡敏酸 3 400~ 3 000 cm 和 1 630 cm 附近的吸收峰变宽但强度下降, 3 137、1 714、1 403、1 033 cm 峰的强度下降, 2 930、2 630 cm 峰的强度增加。3 400~ 3 000 cm 和 1 630 cm 附近的吸收变宽, 表明氢键结合的羟基和 C= O 类型的增加, 强度下降表明含量下降, 这与上述 DTG 的结果苜蓿地胡敏酸的官能团含量较小相一致。3 137 cm 峰的强度下降表明缔合的 NH 吸收减少。1 714 cm 峰的下降表明羧基含量的减少, 这与土壤有机培肥后胡敏酸羧基含量下降的结论相符^[6]。1 403 cm 峰强度的下降表明离子化羧基和活性亚甲基的减少, 而 2 930 cm 峰的增强表明脂肪族 CH 的

含量增加, 2 630 cm^{-1} 峰的增强表明整合态的 OH 增加。这些吸收峰的变化表明苜蓿地胡敏酸的脂族性强于荒地。红外光谱与 DTA 和 DTG 所得结论一致。

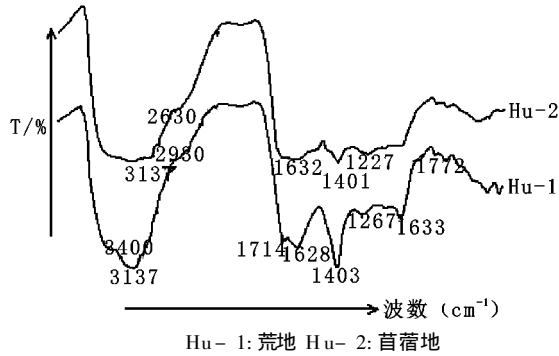


图 4 荒地和苜蓿地土壤胡敏酸的红外光谱

参考文献:

- [1] 文启孝. 土壤有机质研究法[M]. 北京, 农业出版社, 1984. 112- 124.
- [2] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 中国农业科技出版社, 2000.
- [3] Tsutomu Satoh. Thermal nature of organic- mineral complex particles and their humus substances[J]. Soil Sci. Plant Nutr., 1984, 30(1): 95- 104.
- [4] 白锦鳞, 张一平, 赵高侠, 等. 陕西省几种主要土壤胡敏酸的能态及热分解特性的研究[J]. 土壤学报, 1990, 27(2): 151- 158.
- [5] 赵高侠, 张一平, 白锦鳞, 等. 不同施肥条件与年限对土壤胡敏酸能态及热分解特性的影响[J]. 土壤学报, 1995, 32(3): 284- 291.
- [6] 窦森, 陈恩凤, 须湘成, 等. 土壤有机培肥后胡敏酸结构特征变化规律的探讨. 胡敏酸的化学性质和热性质[J]. 土壤学报, 1992, 29(2): 199- 206.
- [7] 窦森, 姜岩. 土壤施用有机肥料后重组有机质变化规律的探讨. 对重组有机质腐殖质组成和胡敏酸光学性质的影响[J]. 土壤学报, 1988, 25(3): 252- 261.

(上接第 337 页)

3.3 大力推广节水产业, 保证生态用水

大力发展水资源节约型产业, 发展节水型农业、节水型工业、节水服务业, 建设节水型城市。利用经济杠杆合理调整水价, 促进节水意识的增强和节水措施的实施^[6]。积极推广节水技术和节水设备, 加强节水设施建设, 推广农业节水灌溉和工业循环用水。从传统的农田灌溉到高效的现代节水农业、生态农业, 节水空间潜力巨大, 利用喷灌、滴灌等节水灌溉技术以及其他各种先进的灌溉方法和技术, 不仅有利于对传统、粗放的灌溉方法进行改造, 提高水的利用效率, 而且可以提高灌溉效率、灌溉保证率和水分的生产率^[7]。流域内企业加快调整产业结构与布局, 发展符合国家产业政策、水资源消耗少、用水效率高的产业; 加快运用高新技术改造传统产业, 组织实施以提高用水效率为核心的节水示范工程。

3.4 切实加强水土保持工作

在大汶河的中上游要加大水土保持力度, 加强植树造林, 控制水土流失, 减少河道的泥沙来源, 创造一个良好的水源涵

参考文献:

- [1] 刘恒, 涂敏. 对国外河流健康问题的初步认识[J]. 中国水利, 2005, (4): 19- 22.
- [2] 吴阿娜, 杨凯, 车越, 等. 河流健康状况的表征及其评价[J]. 水科学进展, 2005, 16(4): 602- 608.
- [3] 倪深海. 半湿润地区水生态环境恢复——以大汶河为例[D]. 南京: 河海大学, 2003.
- [4] 郭建斌, 朱鲁, 弭尚震. 大汶河流域水资源现状及对策[J]. 科技通报, 2000, 16(5): 367- 370.
- [5] 庞清江. 南水北调东线工程泰安段大汶河水污染防治对策[J]. 南水北调与水利科技, 2003, 1(5): 7- 9.
- [6] 徐跃通, 冯海霞, 吴元芳, 等. 黄河济南段水资源特点与可持续利用对策[J]. 自然资源学报, 2001, 16(2): 128- 133.
- [7] 顾洪波, 于春山. 加入 WTO 后我国节水产业发展趋势前瞻[J]. 中国水利, 2002, (4): 27- 29.

3 小 结

通过以上的分析可见, 种植绿肥作物苜蓿 3 年后, 土壤有机质、全 N、全 P、全 K、缓效 K 和碱解 N 都有不同程度的增加, 其中土壤有机质增加了 73.1%, 全 N 和碱解氮分别增加了 23.8 和 54.9%。速效磷和速效钾则下降较多, 分别下降了 40.3 和 42.5%。土壤 pH 值变化不大。尽管速效磷钾有比较大的下降, 但其含量仍然较高。苜蓿地胡敏酸的脂肪族侧链较多, 胡敏酸较年轻, 而荒地胡敏酸的脂肪族侧链较少, 胡敏酸相对较老。苜蓿地胡敏酸的脂族性强于荒地。红外光谱、DTA 和 DTG 所得结论一致。在灰漠土上, 种植绿肥作物苜蓿是一种较好的土壤培肥措施。首先苜蓿是一种豆科作物, 苜蓿的生长过程可以固氮, 其次苜蓿通过其根系活动、根系和落花、落叶等凋落物增加了向土壤中有机的输入, 可以提高土壤有机质的含量, 同时促进土壤有机质特别是土壤腐殖质的更新。

养区生态环境。另外加大对河砂开采的管理力度, 实行计划开采, 明确禁采期和禁采区, 严格遵守《防洪法》、《泰安市大汶河河道采砂管理办法》的规定, 增强依法管河治砂的能力, 逐步形成大汶河河砂资源长期、规范、有序的管理机制。

3.5 修复河流生态, 保护河流健康

修复河流生态首先要恢复生物群落多样性, 其目的是通过健康的河流生态系统改善河流水质。而维持河流生态系统健康, 关键是保护河流形态的多样性, 河流形态多样性是维持河流生物群落多样性的基础。这就要求在河道整治工程中, 尊重河流原有的自然断面形态, 保持河流断面形状的多样性, 恢复水生生物栖息地的生态环境。利用人工湿地生态工程, 通过实施湖区湿地修复工程, 采取退耕还湿措施, 使东平湖退化的生态功能逐步得到恢复, 最大限度地发挥大汶河与东平湖的自然净化能力, 确保南水北调工程输水干线的供水安全。因此, 我们应当认识到保护河流健康不仅仅是一个口头的承诺, 而是我们的义务。