

# 荒漠生态条件下植物残体的分解 特征和养分变化\*

孙本华<sup>1,2</sup>, 吕家珑<sup>2</sup>, 张一平<sup>2</sup>, 李 平<sup>3</sup>

(1 中国科学院 阜康荒漠生态系统观测试验站, 新疆 乌鲁木齐, 830011;

2 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100;

3 咸阳市渭城区种子站, 陕西 咸阳 712000)

**[摘 要]** 以玉米秆为材料, 研究了荒漠生态系统下残茬的腐解率和腐解物的有机 C、N、K 的含量、养分释放率及 C/N 的变化。结果表明, 累积腐解率和有机 C 的分解率随时间的延长呈上升的趋势, 0~46 d 和 46~92 d 残茬腐解率分别为 34.6% 和 11.9%, 残茬有机 C 的分解率分别为 34.9% 和 12.5%。腐解残留物的有机 C、N 和 K 的含量存在不同的变化规律, 随时间的推移, 有机 C 的含量先缓慢下降, 184~350 d 基本不变, 然后又缓慢下降; 氮含量则是先逐渐上升, 138 d 后基本不变; K 含量在 0~46 d 迅速下降, 然后趋于缓慢, 184 d 后基本不变。随腐解时间的延长, N 和 K 的残留量逐渐减少, 304 d 后基本不变。N 在 0~46 d 和 46~92 d 的释放率最大, 分别达 9.3% 和 9.0%; K 的释放集中在 0~46 d, 释放率达 80.4%, 以后则变化不大, 在 90% 左右。腐解残留物的 C/N 先迅速下降, 138 d 后基本不变, 最终为 26.3。

**[关键词]** 荒漠生态; 残茬分解; 养分释放

**[中图分类号]** S158.3

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 1671-9387(2003)06-0131-04

植物残体还田是保持土壤有机质平衡, 改善土壤有机质状况和培肥土壤的重要手段。植物残体的分解速率, 是计算和评价植物残体保持和改善土壤有机质状况的重要依据。前人在不同的土壤和生态体系中, 用不同有机物料在残茬分解、养分释放以及土壤生物作用等方面曾作过不少研究<sup>[1-6]</sup>。新疆面积占全国的 1/6, 基本处于荒漠的包围中, 形成了巨大的荒漠生态体系, 对这个巨大体系中的植物残体腐解过程、腐解物性质以及腐解速率等方面的研究还比较少。本研究探讨了荒漠生态条件下植物残体的腐解速率及腐解物性质的变化, 以期对荒漠土壤有机质的分解和累积、荒漠土壤肥力变化、荒漠生态系统物质循环和能量流动的研究积累资料。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验区基本情况和试验处理

试验区位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。该区位于天山北麓的准噶尔盆地, 夏季气候炎热干燥, 冬季寒冷, 积雪丰厚。冬季为每年的 11 月至次年的 4 月, 长达

150 多 d, 无霜期大多不到 150 d, 年降水 200 mm 左右, 地势平坦。该区土壤为灰漠土, 其表层(0~20 cm)土壤的基本性质为: 有机质 8.40 g/kg, 全 N 0.42 g/kg, 全 P 0.83 g/kg, 全 K 17.11 g/kg, 碱解 N 36.5 mg/kg, 速效 P 25.49 mg/kg, 速效 K 472 mg/kg, 缓效 K 1226.3 mg/kg, pH 8.51。

本研究所用残茬材料为玉米秆, 为加速腐解进程, 将玉米秆的 C/N 调低至 46.2。称取秸秆 1500 g (过 1 mm 筛) 装入 300 目的筛网袋中, 封口, 于 2001-05-01 埋入未垦荒地 20 cm 深处, 重复 3 次(分别以 I、II、III 表示), 定期取样, 取样时间分别为埋入后 46, 92, 138, 184, 304, 350 和 396 d, 即 2001-06-15, 08-01, 09-15, 11-01, 2002-03-01, 04-15, 06-01, 2001-11-01~2002-03-01 间隔 4 个月未取样, 是考虑到此期间为冻土期, 取样困难。取样后于 60℃ 烘干, 称重。将 3 个重复混匀, 取部分研细, 储存备用。

### 1.2 测定方法

样品全碳采用丘林法(180℃ 油浴)测定<sup>[7]</sup>; 全氮采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消化, 比色法测定<sup>[8]</sup>; 全钾采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消化, 火焰光度法测定<sup>[7]</sup>。

\* [收稿日期] 2002-12-06

[基金项目] 中国科学院阜康荒漠生态系统观测试验站开放基金资助项目(20020009)

[作者简介] 孙本华(1972-), 男, 江苏金湖人, 助理研究员, 在职硕士生, 主要从事土壤化学和植物营养研究。

## 2 结果与分析

### 2.1 腐解残留量和腐解率

不同时期腐解率的测定结果列于表 1。由表 1 可见,随腐解时间延长,腐解物的残留量越低,前两次取样即 46 和 92 d 下降得较快,以后则下降较缓。方差分析表明,不同时期腐解残留物之间的  $F$  值为

990.95, 差异达到极显著水平。多重比较分析表明,腐解 138 d 与腐解 184 d 无差异,腐解 304, 350 和 396 d 间也无差异,其余则差异极显著。从腐解率来看,随腐解时间延长,累积腐解率呈上升趋势,前 138 d 的腐解率较大,0~46 d 腐解了 34.6%, 46~92 d 腐解了 11.9%, 92~138 d 腐解了 5.7%, 184~304 d 腐解了 4.4%, 其余则变化不大。

表 1 不同腐解期的残留量和腐解率的变化

Table 1 The changes of remanent weight and decay rate

| 腐解时间/d<br>Decay time | 残留量/g Remains amounts |       |       |               | 残留量递差<br>Remains amounts difference | 腐解率/%<br>Decay rate | 腐解率递差<br>Decay rate difference |
|----------------------|-----------------------|-------|-------|---------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
|                      | I                     | II    | III   | 平均<br>Average |                                     |                     |                                |
| 0                    | 13.59                 | 13.59 | 13.59 | 13.59 A       | -                                   | 0.0                 | -                              |
| 46                   | 8.89                  | 8.83  | 8.95  | 8.89 B        | 4.70                                | 34.6                | 34.6                           |
| 92                   | 7.23                  | 7.24  | 7.37  | 7.28 C        | 1.61                                | 46.4                | 11.9                           |
| 138                  | 6.48                  | 6.40  | 6.62  | 6.50 D        | 0.78                                | 52.2                | 5.7                            |
| 184                  | 6.42                  | 6.33  | 6.78  | 6.51 D        | -0.01                               | 52.1                | -0.1                           |
| 304                  | 5.84                  | 5.86  | 6.04  | 5.91 E        | 0.59                                | 56.5                | 4.4                            |
| 350                  | 5.92                  | 6.01  | 5.62  | 5.85 E        | 0.06                                | 57.0                | 0.5                            |
| 396                  | 5.84                  | 6.04  | 5.74  | 5.88 E        | -0.03                               | 56.8                | -0.2                           |

注: A, B, C, D, E 表示 L. S. D 法多重比较差异显著 ( $\alpha=1\%$ )。

Note: L. S. D method was used to compare with the averages, the different letter means significant difference at 1% level

### 2.2 腐解物养分含量

图 1 为不同腐解期腐解残留物的有机碳、全氮和全钾含量的变化。由图 1 可见, C、N 和 K 3 种元素的含量随腐解时间的增加表现出不同的变化规律。对 C 而言, 试验开始时残茬的有机 C 含量为 595.6 g/kg, 腐解 184 d 时降至 571.7 g/kg, 184~350 d 基本不变, 然后又逐渐下降, 最终为 561.5 g/kg, 随时间的推移, 腐解残留物中有机 C 的含量呈“缓慢下降→基本不变→缓慢下降”的趋势。这是因为在第 184~350 天, 正好是 2001-11-01 至 2002-

04-15, 该时期地温较低, 微生物的腐解作用基本停止。对 N 而言, 试验开始时残茬中的有机 N 含量为 12.9 g/kg, 腐解 138 d 时升至 21.2 g/kg, 然后变化不大, 最终为 21.4 g/kg, 随时间的推移, 腐解残留物中的 N 先是逐渐上升, 然后基本不变。对 K 而言, 试验开始时的 K 含量为 63.9 g/kg, 腐解 46 d 后降至 19.2 g/kg, 腐解 184 d 时为 9.8 g/kg, 然后变化不大, 最终为 10.6 g/kg, 随时间的推移, 腐解残留物中的 K 含量在 0~46 d 迅速下降, 然后缓慢下降直至变化不大。

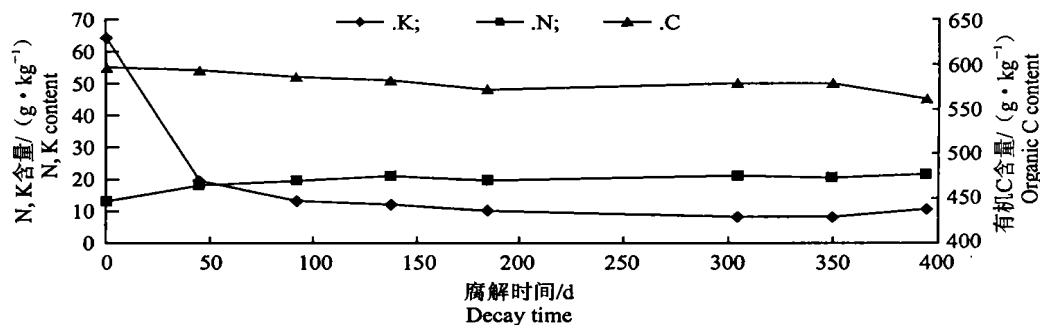


图 1 不同腐解期腐解残留物的有机 C、全 N 和全 K 含量的变化

Fig. 1 The changes of organic C, total N and total K in remanent in different decay period

### 2.3 养分残留量和释放率的变化

表 2 为不同腐解时期腐解物的 N、K 残留量和释放率的测定结果。由表 2 可见, 随腐解时间的延

长, N 和 K 的残留量逐渐减少, 304 d 后基本不变。从 N 的累积释放量和累积释放率来看, 随腐解时间延长, 二者均呈逐渐上升的趋势, 304 d 后基本不

变。其中, 0~ 46 d 和 46~ 92 d 的释放率最大, 分别达 9.3% 和 9.0%。K 的释放与 N 不同, K 的释放主要集中在 0~ 46 d, 释放率达 80.4%, 以后则变化不大, 在 90% 左右。由此可见, K 的释放较 N 要快得多, 这是因为 K 与 N 不同, K 没有被结合成有机成分, 在植物体内以  $K^+$  形态存在, 很容易由于物理作用, 如水的浸提等而释放出来, 这与前人的研究结果基本一致<sup>[6]</sup>。

表 2 不同腐解时期腐解物的 N、K 释放情况

| 腐解时间/d<br>Decay time | N                         |                             |                         | K                         |                             |                         |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|                      | 残留量/mg<br>Remains amounts | 释放量/mg<br>Releasing amounts | 释放率/%<br>Releasing rate | 残留量/mg<br>Remains amounts | 释放量/mg<br>Releasing amounts | 释放率/%<br>Releasing rate |
| 0                    | 175.4                     | 0.0                         | 0.0                     | 868.4                     | 0.0                         | 0.0                     |
| 46                   | 158.6                     | 16.7                        | 9.3                     | 170.6                     | 697.8                       | 80.4                    |
| 92                   | 143.0                     | 32.3                        | 18.3                    | 94.1                      | 774.3                       | 89.2                    |
| 138                  | 137.4                     | 37.9                        | 21.5                    | 77.5                      | 790.9                       | 91.1                    |
| 184                  | 128.5                     | 46.8                        | 26.6                    | 63.7                      | 804.7                       | 92.7                    |
| 304                  | 123.2                     | 52.2                        | 29.6                    | 48.8                      | 819.6                       | 94.4                    |
| 350                  | 120.8                     | 54.6                        | 31.0                    | 46.3                      | 822.1                       | 94.7                    |
| 396                  | 125.6                     | 49.7                        | 28.2                    | 62.3                      | 806.1                       | 92.8                    |

2.4 腐解物有机 C 分解率和 C/N 的变化

图 2 为不同腐解期腐解残留物的有机 C 分解率和 C/N 的变化情况。由图 2 可见, 随腐解时间延长, 有机 C 分解率呈逐渐上升的趋势, 以前 138 d 上升较快, 然后上升较缓, 最终的有机 C 分解率为

59.3%。有机 C 分解率达到 50% 时仅需 92~ 138 d。由图 2 还可看出, 随腐解时间延长, 有机物料腐解残留物的 C/N 呈下降的趋势, 前 138 d 下降较快, 138 d 后则变化不大, 最终腐解残留物的 C/N 为 26.3。

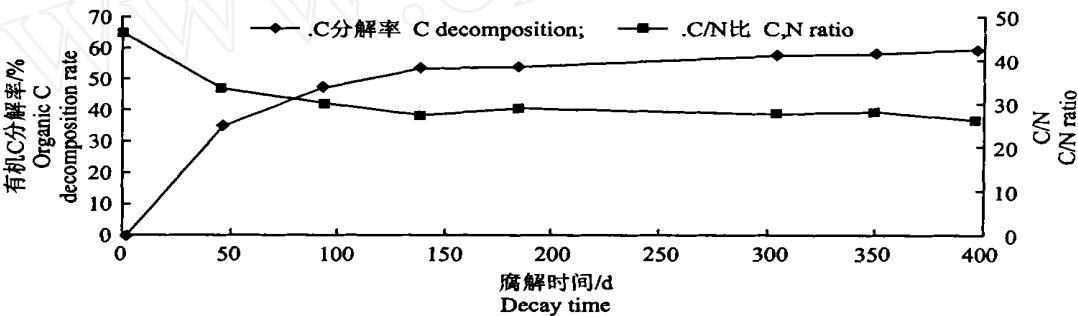


图 2 不同腐解期腐解残留物的有机 C 分解率和 C/N 的变化

Fig. 2 The changes of organic C decomposition rate and C/N ratio in remanent in different decay period

3 讨 论

有机物质是土壤的重要组成成分, 在土壤肥力中起核心作用, 研究干旱荒漠生态条件下, 土壤中植物残体的分解特征和养分释放规律, 对了解荒漠土壤有机质的演变和荒漠土壤肥力的保持具有重要意义。本试验结果表明, 0~ 46 d 和 46~ 92 d 残茬腐解最快, 腐解率分别达 34.6% 和 11.9%。随腐解时间延长, 腐解物有机 C 的含量呈“缓慢下降→基本不变→缓慢下降”的趋势, 这是因为残茬有机 C 的分解与土壤微生物和酶的活动有关, 而微生物和酶的

活动又与土壤温度有关, 184~ 350 d 正好是 2001-11-01 至 2002-04-15, 正是该区的冬季, 气候寒冷, 地温较低, 导致分解作用基本停止。N 的释放也主要集中在 0~ 46 d 和 46~ 92 d, 释放率达 9.3% 和 9.0%; K 的释放率最大在 0~ 46 d, 达到 80.4%。这与前两个时段腐解速度最快是一致的。试验开始时, 残茬的 C/N 为 46.2, 到试验结束时为 26.3, C/N 仍然较大, 这说明残茬腐解还未进行完全。但腐解完全时腐解物的养分变化和释放规律, 还有待于进一步研究。

## [参考文献]

- [1] Brown P L, Dickey D D. Losses of wheat straw residues under simulated field condition[J]. Soil Sci Soc of Am Proc, 1970, 34: 118- 121.
- [2] Hice T, Todd R L. Decomposition of crop residues under conventional and minimum practices[J]. Agronomy Abstracts, 1980, 72: 154.
- [3] 李庆民, 肖仲纯. 草木栖、麦秸和泥炭在黑土中腐解特点和土壤肥力的影响[J]. 土壤学报, 1986, 23(2): 124- 131.
- [4] 丁庆堂, 邱凤琼, 汪炎炳. 等. 草甸黑土中植物残体的分解速率[J]. 土壤通报, 1986, 17(7): 56- 60.
- [5] 张洪源, 刘明钟, 张家建. 有机物料在旱地土壤中分解规律的研究[J]. 土壤肥料, 1986, (4): 7- 11.
- [6] 吴珊眉, House G J, 韩纯儒. 免耕和常规耕作农田生态系统冬季覆盖作物残茬分解和养分变化[J]. 土壤学报, 1986, 23(3): 204- 211.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 367; 376- 377.
- [8] Emteryd O. 植株、土壤、水和空气中无机营养元素的物理化学分析[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2003. 140- 142.

## The characteristics of decomposition and variation of nutrient elements of plant residue in desert ecosystem

SUN Ben-hua<sup>1,2</sup>, LU Jia-long<sup>2</sup>, ZHANG Yiping<sup>2</sup>, Li Ping<sup>3</sup>

(1 Fukang Desert Ecosystem Observation and Experiment Station, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China;

2 College of Resources and Environmental Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3 The Seed Management Station of Weicheng District, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** Quantitative studies on changes of decomposition rate, C/N ratio, N, K and organic C of corn residue during decomposition in desert ecosystem were carried out in Fukang, Xinjiang. Results showed that accumulative decay rate and organic C decomposition rate of corn residues increased when the decomposition time was increased. The decay rate in 0- 46 d and 46- 92 d was 34.6% and 11.9%, respectively. The organic C decomposition rate in 0- 46 d and 46- 92 d was 34.9% and 12.5%, respectively. The changes of organic C, N and K contents in decay remnant were different. Organic C contents decreased slowly first, then kept on at 184- 350 d, then decreased slowly again. The nitrogen contents increased gradually first, then kept on after 138 d. The K contents decreased quickly from 6.53% to 1.92% at 0- 46 d, then decreased slowly and kept on after 304 d. The releasing rates of N in 0- 46 d and 46- 92 d were great, and reached 9.3% and 9.0%, respectively. The releasing rate of K reached 80.4% in 46 d, then changed around 90%. The C/N ratio of decay remnant decreased quickly first, then didn't change on the whole after 138 d, finally was 26.3.

**Key words:** desert ecosystem; residue decomposition; nutrient releasing