

玉米植株残体留田对土壤生化环境因子的影响

王淑平^{1,2}, 周广胜¹, 姜亦梅², 王明辉², 姜岩², 刘孝义³

(1. 中国科学院植物所, 北京 100093; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 吉林 长春 130118;
3. 沈阳农业大学资源与环境学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 采用田间小区试验方法研究了玉米秸秆和根茬留田对土壤生化环境因子的影响。结果表明: 玉米秸秆和根茬留田可增加土壤微生物量碳的含量, 较对照和单施化肥土壤微生物量碳分别增加 33.4%~84.9% 和 27.2%~51.6%; 增强土壤 pH 值的缓冲性能; 改善土壤团聚体结构; 有利于土壤中氮、磷、钾、铜、锌、铁、锰等养分的释放与调控, 为作物生长创造适宜的土壤生化环境。

关键词: 玉米秸秆; 根茬; 施肥; 土壤肥力; 土壤微生物量碳

中图分类号: S141.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-5694(2002)06-0054-04

Effect of Corn Stalk and Stubble Remained in Field on Soil Biochemical Factors

WANG Shu-ping^{1,2}, ZHOU Guang-sheng¹, JIANG Yi-mei², WANG Ming-hui², JIANG Yan², LIU Xiao-yi³

(1. Laboratory of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, CAS, Beijing 100093, China;
2. College of Resource and Environmental Science, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China;
3. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

Abstract: Based on field micro-plot experiment, the effects of corn stalk and stubble remained in field on soil biochemical factors were discussed. The results indicated that corn stalk and stubble rationing application of N fertilizer would increase the content of soil microbial biomass carbon. Soil pH buffer capacity was strengthened. Soil aggregate structure was improved. Corn stalk and stubble remained in field would be helpful to maintenance and liberation of soil available nutrients (N, P, K, Cu, Zn, Fe and Mn).

Key words: corn stalk; stubble remained in field; application of fertilizer; soil fertility; soil microbial biomass carbon

玉米植株残体包括秸秆和根茬。玉米植株残体留田在土壤中发挥着非腐解有机物的作用^[1,2], 有利于农田养分再循环利用。作物残体留田可以减轻其作为燃烧材料而带来碳、氮等养分损失及给环境带来的污染^[3]。国内不少学者对作物秸秆

和根茬直接还田的腐解特征、土壤有机碳含量及其组成等方面变化进行了研究^[4,6], 但多集中于作物秸秆。本试验主要是对玉米秸秆和根茬留田对土壤肥力的影响进行系统研究, 以期为我国农业持续发展确定合理的施肥模式提供科学依据。

• 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30070642), 吉林省科委资助项目(30028001)

作者简介: 王淑平(1964-), 女, 博士, 副教授, 主要从事植物营养生态学的研究。

收稿日期: 2002-02-28

1 材料与方法

1.1 试验方法

田间试验设在吉林农业大学农业职业师范学院实验基地。前茬作物为玉米,供试土壤为黑土,pH值为6.26,土壤有机质为26.1 g/kg,全氮为1.143 g/kg,碱解氮为119.0 mg/kg,有效磷为19.2 mg/kg,有效钾为118.9 mg/kg。供试作物品种为改良本育九。试验设4个处理。I:ck(对照、刨茬);II:NPK(刨茬施化肥,N:150 kg/hm²,

P₂O₅:75 kg/hm²,K₂O:75 kg/hm²);III:NPK+秸秆(在II的基础上于耕层中配施玉米秸秆250 g/m²);IV:NPK+根茬(不刨茬施与II等量化肥)。供试肥料分别为尿素(含N46%),重过磷酸钙(含P₂O₅45%)和硫酸钾(含K₂O50%)。小区面积16 m²,完全随机排列。5月6日播种,10月6日收获。进行正常人工田间管理,分别于玉米不同生育时期:[苗期(A)、拔节期(B)、大喇叭口期(C)和成熟期(D)]采集土壤、植株样本,供室内分析。

表1 供试玉米秸秆和根茬的基本性状

Table 1. Characteristics of corn stalk and stubble used in this experiment

| 项目 Item | 有机碳 /(g·kg ⁻¹) Organic C | 全氮 /(g·kg ⁻¹) Total N | 全磷 /(g·kg ⁻¹) Total P | 全钾 /(g·kg ⁻¹) Total K | 全铜 /(mg·kg ⁻¹) Total Cu | 全锌 /(mg·kg ⁻¹) Total Zn | 全铁 /(mg·kg ⁻¹) Total Fe | 全锰 /(mg·kg ⁻¹) Total Mn |
|---------------|--|---|---|---|---|---|---|---|
| 秸秆 Stalk | 423.20 | 7.70 | 1.14 | 8.18 | 9.12 | 40.30 | 41.50 | 21.20 |
| 根茬 Stubble | 429.30 | 7.03 | 1.50 | 7.40 | 23.32 | 12.70 | 80.70 | 23.70 |

1.2 测定方法

土壤pH值采用水浸(水:土=2.5:1)电位法测定;土壤有机质采用外加热—重铬酸钾容量法;土壤微生物量碳采用氯仿熏蒸,0.5 mol/L硫酸钾溶液提取,重铬酸钾溶液消煮定碳^[7]。土壤微生物量碳B_c=2.64E_c(式中E_c为灭菌土壤与未灭菌土壤0.5 mol/L K₂SO₄溶液提取的全碳之差);土壤碱解氮采用加还原剂,碱解扩散法测定;土壤有效磷采用0.5 mol/L NaHCO₃提取,钼锑抗比色法测定;土壤有效钾采用1 mol/L醋酸铵提取,火焰光度法测定;土壤有效铜、锌、铁、锰采用0.01 mol/L DTPA溶液提取,原子吸收光谱法测定;土壤团聚体采用常规分析方法。

2 结果与分析

2.1 玉米植株残体留田对土壤pH值的影响

施肥影响土壤pH值的大小,而pH值的改变又影响土壤中微生物的活力及养分的存在状态,从而直接或间接地影响土壤养分的释放及作物对养分的吸收。田间玉米收获时不同层次土壤pH值的测定结果见表2。由表2可以看出:单施化肥与对照相比,0~60 cm土层内pH值都有不同程度的降低,而玉米秸秆和根茬留田都能使这种

下降得到缓冲,尤其是玉米根茬留田耕层以下土壤pH值和对照几乎一致。这可能与玉米秸秆只施表层而根茬分布于整个土体有关。进一步分析可知,土壤pH值与土壤NO₃⁻-N含量呈极显著负相关($r = -0.8348^{**}$)。说明玉米植株残体留田减弱了土壤NO₃⁻的转化,加之非腐解有机物的培肥作用增强了土壤pH值的缓冲性能,从而使土壤pH值保持在一个较稳定水平,这对于作物生长及养分的循环转化都是有益的。

表2 玉米收获时不同层次土壤的pH值

Table 2. pH of various soil layers at corn harvest

| 土层厚度 d/cm Soil depth | 处理 Treatment | | | |
|-------------------------|--------------|------|------|------|
| | I | II | III | IV |
| 0~20 | 6.47 | 5.94 | 6.13 | 6.31 |
| 20~40 | 6.70 | 6.46 | 6.56 | 6.68 |
| 40~60 | 6.84 | 6.73 | 6.80 | 6.84 |

2.2 玉米植株残体留田对土壤微生物量碳影响

土壤微生物是所有进入土壤的有机物质的分解者和转化者,因此又被称之为活性植物营养库。土壤微生物量碳是土壤有机碳中活性较高的部分,它对环境因子非常敏感^[8]。不同处理玉米在

不同生育时期土壤微生物量碳的测定结果见图1。

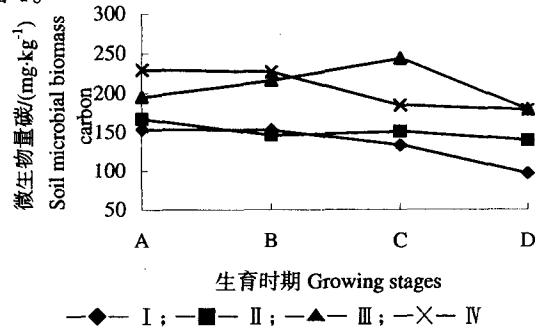


图1 玉米不同生育时期土壤微生物量碳的变化

Fig. 1. Change of soil microbial biomass carbon at different growing stages of corn

由图1可以看出:玉米植株残体配施化肥处理的土壤微生物量碳在玉米整个生育时期均高于对照和单施化肥处理,较对照和单施化肥土壤微生物量碳分别增加38.4%~84.9%和27.2%~51.6%。说明玉米植株残体留田,为土壤微生物提供充足的碳源和能源,从而大大增加了土壤微生物的数量。

2.3 玉米植株残体留田对土壤有效养分的影响

2.3.1 对土壤有效氮的影响 土壤培肥的目的是保证土壤能够在作物整个生育期内稳、匀、足、适地供给其所需要的养分。玉米不同生育时期土壤碱解氮的含量变化见图2。

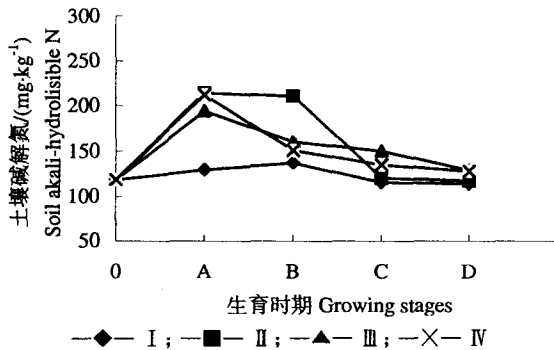


图2 玉米不同生育时期土壤碱解氮的变化

Fig. 2. Change of soil alkali-hydrolyzable N

由图2可以看出:单施化肥处理由于氮肥施入土壤碱解氮迅速增加,持续到拔节期,在大喇叭口期近于原始值,并继续下降;而玉米植株残体还田配施氮肥在播种一拔节期,土壤碱解氮低于单施化肥,但在拔节期一成熟期,土壤碱解氮又高于单施化肥。说明玉米植株残体的加入,削弱了由于化肥集中施入而在玉米生育前期产生的土壤养分高峰,提高了玉米生育中、后期养分供应能力,

从而保证玉米整个生育期内养分的协调供应。

2.3.2 对土壤有效磷的影响 玉米不同生育时期土壤有效磷的含量变化见图3。

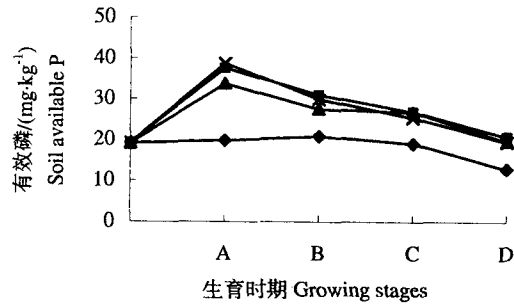


图3 玉米不同生育时期土壤有效磷的变化

Fig. 3. Change of soil available P at different growing stages of corn

由图3可以看出:不同施肥处理对玉米不同生育时期土壤有效磷的影响与土壤碱解氮不同。土壤有效磷的含量受化肥的影响较大。不施肥,土壤有效磷含量下降;施入磷肥,玉米整个生育期土壤有效磷含量增加。而玉米根茬留田配施化肥和玉米秸秆配施化肥处理与单施化肥相比,并未明显增加土壤有效磷的含量,其原因有待于进一步研究。

2.3.3 对土壤有效钾的影响 玉米不同生育时期土壤有效钾含量的变化见图4。由图4可以看出:不同施肥处理对玉米不同生育时期土壤有效钾的影响与土壤碱解氮相似。玉米根茬留田配施化肥和玉米秸秆配施化肥处理与单施化肥相比,在玉米整个生育期内土壤有效钾的含量都有所增加,这对于保证玉米的产量和质量都非常重要。

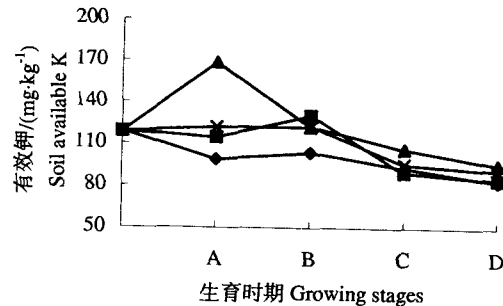


图4 玉米不同生育时期土壤有效钾的变化

Fig. 4. Change of soil available K at different growing stages of corn

2.3.4 对土壤有效铜、锌、铁、锰的影响 土壤中微量元素有效性受很多因素影响。在一个相对稳

定的系统中,土壤铜、锌的有效性主要受 pH 值和土壤有机质的影响,而土壤铁、锰的有效性主要受 pH 值和氧化—还原电位的影响。玉米收获时不同施肥处理土壤有效铜、锌、铁、锰的含量见表 3。

表 3 玉米收获时不同处理土壤有效铜、锌、铁、锰的含量
Table 3. Content of soil available Cu, Zn, Fe and Mn in different treatments at corn harvest mg/kg

| 元素 Element | 处理 Treatment | | | |
|---------------|--------------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV |
| Cu | 1.58 | 1.48 | 1.53 | 1.54 |
| Zn | 1.53 | 1.34 | 1.68 | 1.73 |
| Fe | 31.96 | 31.88 | 32.13 | 33.61 |
| Mn | 39.20 | 32.30 | 36.77 | 38.55 |

由表 3 可以看出:玉米秸秆和根茬留田配施化肥处理土壤有效铜、锌、铁、锰的含量高于单施化肥处理。

玉米整个生育时期不同施肥处理土壤有效铜、锌、铁、锰含量的总变异见表 4。

表 4 玉米整个生育时期不同施肥处理土壤有效铜、锌、铁、锰含量的总变异
Table 4. Total change of soil available Cu, Zn, Fe and Mn under different treatments in corn growing time mg/kg

| 元素 Elements | 处理 Treatment | | | |
|----------------|--------------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV |
| Cu | 0.83 | 0.87 | 0.49 | 0.67 |
| Zn | 0.56 | 1.27 | 0.71 | 0.61 |
| Fe | 13.07 | 19.37 | 11.39 | 10.51 |
| Mn | 38.84 | 50.78 | 49.47 | 39.21 |

由表 4 可以看出:单施化肥土壤有效微量元素变异幅度最大。由此可见,玉米植株残体留田不仅能够增加土壤有效铜、锌、铁、锰的含量,而且还能够增加其缓冲性。这一方面源于玉米植株残体的分解释放出铜、锌、铁、锰;另一方面由于有机物的加入改变了土壤生物化学环境条件,从而改变了土壤微量元素的有效性。

2.4 玉米植株残体留田对土壤团聚体的影响

土壤结构是土壤肥力的基础。它对土壤吸贮能力、转化能力、释供能力和缓冲能力具有调节作用^[9]。由表 5 可以看出:在玉米整个生育期中不施肥处理,土壤 > 0.25 mm 团聚体含量从原始土的 3.60% 降至 2.83%;单施化肥处理,土壤 > 0.25 mm 团聚体含量在玉米生育前期有所降低,在玉米大喇叭口期降至最低值 2.85%,而后回升,至玉米收获时接近原始值。而玉米植株残体的加

入,使这种降低得到缓解,仅在苗期有所降低,在玉米大喇叭口期已接近原始值,至玉米收获时,比原始值增加 0.1%。说明玉米植株残体留田对土壤团聚体具有改善作用。

表 5 不同生育时期不同处理 > 0.25 mm 团聚体含量
Table 5. Content of > 0.25 mm soil aggregate at corn growing stages %

| 生育时期 Growing stage | 处理 Treatment | | | |
|-----------------------|--------------|------|------|------|
| | I | II | III | IV |
| 原始土 Original soil | 3.60 | 3.60 | 3.60 | 3.60 |
| 苗期 Seedling stage | 3.27 | 3.24 | 3.99 | 3.25 |
| 拔节期 Jointing stage | 3.04 | 3.12 | 3.41 | 3.49 |
| 大喇叭口期 Boot stage | 2.95 | 2.85 | 3.61 | 3.59 |
| 成熟期 Maturing stage | 2.83 | 3.64 | | 3.70 |

3 结 论

本研究表明,玉米秸秆和根茬留田增加土壤微生物量碳含量,改善土壤生物环境;增强土壤 pH 值的缓冲性能;改善土壤团聚体结构;有利于土壤氮、磷、钾、铜、锌、铁、锰等养分释放与调控,为作物生长创造适宜的生化环境。因此,提倡不同方式的植物残体还田,对于土壤肥力的保持与提高具有重要意义。

参考文献:

- [1] 姜 岩.玉米根茬对土壤肥力的作用[J].吉林农业大学学报,1988,10(3):47-52.
- [2] 姜 岩.非腐解有机物对土壤肥力的作用[J].土壤通报,1988(4):147-150.
- [3] 杨学明.利用农业土壤固定有机碳:缓解全球变暖与提高土壤生产力[J].土壤与环境,2000(4):311-315.
- [4] 李小刚,崔志军,王玲英.施用秸秆对土壤有机碳组成和结构稳定性的影响[J].土壤学报,2002,39(3):42-48.
- [5] 武志杰,张海军,许广山,等.玉米秸秆还田培肥土壤的效果[J].应用生态学报,2002,13(5):539-542.
- [6] 王小彬,蔡典雄,张镜清,等.旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2000,33(4):54-61.
- [7] Vance E D, Brookes P C & Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C [J]. Soil Biology & Chemistry, 1987, 19: 703-707.
- [8] 徐春阳,沈其荣,冉 炜.长期免耕与施用有机肥对土壤微生物量碳、氮、磷的影响[J].土壤学报,2002,39(1):89-96.
- [9] 刘孝义,依艳丽.土壤物理学基础及其研究方法[M].沈阳:东北大学出版社,1998:25~87.