

DOI: 10.5846/stxb201409231887

田国成,王钰,孙路,施明新,吴发启.秸秆焚烧对土壤有机质和氮磷钾含量的影响.生态学报,2016,36(2): - .

Tian G C, Wang Y, Sun L, Shi M X, Wu F Q. Effects of wheat straw burning on content of soil organic matter, nitrogen, phosphorus, and potassium. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(2): - .

秸秆焚烧对土壤有机质和氮磷钾含量的影响

田国成¹, 王钰¹, 孙路¹, 施明新², 吴发启^{1,*}

1 西北农林科技大学资源环境学院, 杨凌 712100

2 西北农林科技大学水土保持研究所, 杨凌 712100

摘要: 秸秆露天焚烧作为对废弃秸秆常见的处理方式在中国普遍存在。目前的研究多集中在焚烧对区域大气环境的影响, 对土壤环境的化学效应研究较少。因此, 为揭示大田秸秆焚烧对土壤生物化学性质的影响, 本试验设置不焚烧(CK)、减量焚烧(A1)、全量焚烧(A2)、增量焚烧(A3)4个处理, 通过连续4个月的田间小区定位试验, 探究不同小麦秸秆焚烧量对耕层0—5 cm土壤有机质含量、微生物数量、土壤养分含量的即时效应和各指标在玉米各生育期内的变化情况。结果表明: 小麦秸秆焚烧1 d后土壤有机质含量和微生物数量相对于CK显著降低($P < 0.05$)。其中, 有机质含量在焚烧后减少11.0%—22.1%, 真菌数量降低30.8%—56.1%, 细菌数量降低50.6%—72.6%, 放线菌数量降低46.9%—68.3%。土壤全效和速效养分含量显著增加($P < 0.05$): 全磷含量增加6.5%—12.9%, 全钾含量增加4.6%—18.1%, 全氮含量增加2.6%—13.2%。速效磷含量增加9.8%—39.1%, 速效钾含量增加13.2%—39.1%, 铵态氮含量增加8.6%—38.7%, 硝态氮含量增加1.4%—9.2%。各指标的变化幅度随焚烧量的增多而加大($A3 > A2 > A1$)。玉米生育期内, 焚烧处理的土壤有机质含量平均恢复5.6%($A1 > A2 > A3$)。与有机质相比, 焚烧处理土壤微生物数量恢复程度较高, 其中细菌的恢复速率最快。在玉米苗期各焚烧处理的真菌、细菌和放线菌平均数量相对于CK依次降低12.7%、17.4%、11.9%, 在大喇叭口期和成熟期, 微生物数量与CK间差异不显著。速效养分含量在玉米生育期显著高于CK。在玉米苗期、大喇叭口期和成熟期, 相对于CK速效磷含量平均增加24.9%、27.0%、29.2%, 速效钾平均增加24.0%、14.1%、15.2%, 铵态氮平均增加25.5%、23.1%、20.2%, 硝态氮平均增加20.8%、19.2%、19.8%。

关键词: 秸秆焚烧; 有机质; 微生物; 土壤养分

Effects of wheat straw burning on content of soil organic matter, nitrogen, phosphorus, and potassium

TIAN Guocheng¹, WANG Yu¹, SUN Lu¹, SHI Mingxin², WU Faqi^{1,*}

1 College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

2 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

Abstract: As a common treatment of waste straw, open straw burning is widespread in China, especially during harvest seasons every year. Recently, many studies have focused on the effect of straw burning on the regional atmospheric environment. However, there is relatively limited data on the change in the biochemical properties of soil. In order to better evaluate the effects of field straw burning on soil organic matter content, microorganism quantity, and soil nutrient content, a 4-month field trial was initiated in 2013. In the experiment, 4 treatments were used with different amounts of wheat straw: reduced burning (0.24 kg/m^2 , as A1), normal burning (0.48 kg/m^2 , as A2), and incremental burning (0.72 kg/m^2 , as A3), and no burning (as CK). The effects of burning treatments on soil organic matter content, microorganism quantity, and soil nutrient content were measured by analysis of soil samples from 0—5 cm depth of topsoil, which were collected 4

基金项目: “十二五”国家科技支撑项目(2012BAD14B11)

收稿日期: 2014-09-23; 修订日期: 2015-07-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wufaqi@263.net

times on June 13th (one day after straw burning), July 10th (maize seedling stage), August 15th (maize tasselling stage), and October 8th (maize maturity stage). The results showed that there were significant changes in soil organic matter content, quantities of fungi, bacteria, and actinomycetes, as well as total and available P, K, and N due to the different burning treatments. The immediate effect of straw burning on these indicators was marked. The burning treatments had adverse influences on soil organic matter and microorganisms. Compared with the CK treatment, soil organic matter content decreased by 11.0%—22.1%. The quantities of fungi, bacteria, and actinomycetes decreased by 30.8%—56.1%, 50.6%—72.6%, 46.9%—68.3%, respectively. Soil total and available nutrient content increased significantly ($P < 0.05$). The content of total P, total K, total N, available P, available K, nitrate nitrogen, and ammonium nitrogen increased by 6.5%—12.9%, 4.6%—18.1%, 2.6%—13.2%, 9.8%—39.1%, 13.2%—39.1%, 8.6%—38.7%, 1.4%—9.2%, respectively. Meanwhile, the study found these indicators showed an increasing trend with the increase of burned wheat straw amount, namely in the order $A3 > A2 > A1$. Throughout the growth period of maize, soil organic matter and microorganism quantity in the three burning treatments recovered to different extents. After the maize growth period, compared with the previous stage after burning, soil organic matter content in burning treatments recovered 5.6% on an average in the order $A1 > A2 > A3$. The microorganism population restored to a higher degree than that of organic matter. Bacteria had the fastest recovery rate among the three microbes. In the maize seedling stage, the quantity of fungi, bacteria, and actinomycetes in the burning treatments was 12.7%, 17.4%, 11.9% lower than that of CK, respectively. At the maize tasselling and maturity stage, the microorganism quantities had no significant differences between the burning treatments and CK, which indicated that the microbial quantities had reached the normal level two months later after burning. Soil available nutrient content in the burning treatments was higher than that of CK during the maize growth period. At the seedling, tasselling, and maturity stage, compared with the CK, the available P content increased by an average of 24.9%, 27%, and 29.2%; available K content increased by an average of 24%, 14.1%, and 15.2%; ammonium nitrogen content increased at an average of 25.5%, 23.1%, and 20.2%; and nitrate nitrogen content increased at an average of 20.8%, 19.2%, and 19.8%, respectively.

Key Words: straw burning; organic matter; microbial quantity; soil nutrient

土壤有机质、速效养分和微生物是农田耕层土壤循环系统的关键组分,其含量或数量对不同农业措施有不同的响应。秸秆焚烧作为对废弃秸秆常见的处理方法,是农田生态系统中一种常见的火干扰形式,土壤环境的物理、化学及生物特性可因火燃烧的加热及氧化等作用而改变^[1],对农田小气候具有不容忽视的影响。目前我国对火干扰条件下土壤环境变化的研究多集中在草原与森林生态系统方面,而焚烧处理对农田土壤生物化学的效应研究较少。

秸秆作为农业生产系统中重要的副产品,具有较高的利用价值。伴随粮食增产,我国每年各类秸秆总产量达 7 亿 t 左右^[2]。近年来,随着科技进步和认识水平的提高,我国在作物秸秆的综合利用方面取得了较快的发展。但在小麦、玉米等作物的收获季节,秸秆焚烧现象仍然频发、多发,且呈现出逐年增多的趋势^[3]。目前对秸秆焚烧的报道和研究主要集中在对农田大气环境的影响方面,对土壤有机质、微生物及土壤养分的影响的研究较少。本研究通过设置不同小麦秸秆焚烧量,探究焚烧的即时效应,及玉米各生育期内秸秆焚烧对表层土壤有机质含量、微生物数量、速效养分含量的影响,以期为客观评价农田秸秆焚烧对土壤环境的影响提供科学理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验样地位于陕西省三原县西北农业大学三原试验站(E: 108°52', N: 34°36'),种植制度为冬小麦—

夏玉米一年二熟轮作制。该地区位于关中平原中部,属于暖温带大陆性气候,年平均气温 12.9 °C,年平均降雨量 526.5 mm。年日照时数 2095 h,无霜期 218 d 左右。试验田土壤为半淋溶土纲中红油土,耕层土壤基本理化性状如下:pH 8.11,容重 1.35 g/cm³,有机质、全氮含量分别为 17.96 g/kg、0.95 g/kg,速效钾、速效磷含量分别为 185.36 mg/kg、8.36 mg/kg,粘粒 28.7%,粉粒 65.4%,砂粒 5.9%。

1.2 试验设计

试验于 2013 年 6 月中旬至 2013 年 10 月上旬进行。目前在关中平原地区存在三种小麦秸秆焚烧现象:(1)低茬收割后焚烧,秸秆随收割机移动平铺地表,秸秆量约为全量;(2)高留茬收割后焚烧,秸秆量约为全量的一半;(3)少量的人工收割后堆放焚烧,秸秆量为全量的 1.5 倍左右。因此本试验采用单因素随机设计,设置不同小麦秸秆焚烧量:空白对照(CK),秸秆不焚烧,移出小区;减量焚烧(A1),秸秆焚烧量为平均秸秆产量的 50%(0.24 kg/m²);全量焚烧(A2),秸秆焚烧量为平均秸秆产量(0.48 kg/m²);增量焚烧(A3),秸秆焚烧量为平均秸秆产量的 150%(0.72 kg/m²)。各试验小区面积为 25 m²,每个处理重复 3 次,各处理间用田埂隔开,试验田周围设置宽 2.0 m 保护行。2013 年 6 月 12 日进行小麦收割及秸秆焚烧。收割时留茬 10 cm,焚烧秸秆前样地平整。将小麦秸秆均匀覆盖在小区土壤表面后进行焚烧。对秸秆残留较多的部分进行补充焚烧,以保证不同处理的秸秆焚烧完全。

夏玉米于 2013 年 6 月 14 日种植,品种为“农华 50”,播种量约 39 kg/hm²,行距 60 cm,株距 30 cm,玉米生育期内各小区田间管理保持一致,2014 年 10 月 8 日收获玉米。施用肥料为普通尿素和磷酸氢二胺,施肥量肥如下,N:180 kg/hm²(6 月 14 日基肥、7 月 13 日苗期追肥、8 月 20 日喇叭口期追肥分别为 60、75、45 kg/hm²),P₂O₅: 25 kg/hm²,作为基肥一次性施入(6 月 14 日)。分别在拔节期和抽雄期各灌水 50 mm,必要时进行人工除草。其他管理与当地措施保持一致。

1.3 样品采集与测定

1.3.1 样品采集

试验共采集土样 4 次,时期分别为:秸秆焚烧完成 1 d 后(6 月 13 日)、玉米苗期(7 月 10 日)、玉米大喇叭口期(8 月 15 日)和玉米成熟期(10 月 8 日)。按 S 形采集土样,重复三次。用直径 5 cm 的土钻在各小区采取表层 0—5 cm 土样(样地未翻耕),每个小区分 10 点采集,新鲜土样用于测定土壤微生物数量,风干土样用于测定土壤有机质含量和土壤全效、速效养分含量。

1.3.2 测定方法

土壤有机质测定采用重铬酸钾容量法(外加热法)^[4]。土壤微生物数量采用稀释平板法测定^[5],真菌用马铃薯葡萄糖琼脂培养基(PDA),放线菌用改良的高氏一号培养基,细菌用牛肉膏蛋白胨培养基。土壤硝态氮和铵态氮用 KCl 浸提,AA3 型连续流动分析仪进行测定。土壤速效磷测定采用 0.5 mol/L NaHCO₃法,速效钾测定采用 NH₄OAc 浸提,火焰光度法^[4]。土壤全氮、全磷、全钾分别采用凯式定氮法、H₂SO₄-HClO₄消煮法、NaOH 熔融法测定。

1.3.3 数据处理方法

采用 SPSS 18.0 对数据进行方差分析和差异性检验,Origin 8 软件绘制图表。

2 结果与分析

2.1 秸秆焚烧对土壤有机质含量的影响

有机质转化分解产生的无机态养分是土壤速效养分的重要来源^[6]。由图 1 可知,各时期土壤有机质(SOM)含量均表现出 CK>A1>A2>A3 的趋势。秸秆焚烧 1 d 后,相对于 CK,A1、A2、A3 的 SOM 含量分别降低 11.0%、15.5%、22.1%。在玉米苗期,A1、A2、A3 与 CK 相比分别降低 8.8%、17.7%、24.4%。在焚烧 1 d 后和玉米苗期,CK 与 A1、A2 及 A3 之间差异均达显著水平($P<0.05$)。在玉米大喇叭口期,与 CK 相比 A1、A2、A3 的 SOM 含量分别降低 12.3%、12.8%、15.2%。在玉米成熟期,与 CK 相比 A1、A2、A3 的 SOM 含量分别降低

9.1%、10.7%、12.1%。在大喇叭口期与成熟期,A1、A2、A3 与 CK 之间差异达显著水平($P<0.05$)。

2.2 秸秆焚烧对土壤微生物数量的影响

土壤微生物作为陆地生态系统中生物化学循环的重要组分,在土壤有机质的转化与分解、养分的形成与吸收等方面具有重要意义,是土壤环境变化的灵敏指标^[7]。由图 2、3、4 可知,秸秆焚烧 1 d 后,与 CK 相比 A1、A2、A3 的微生物数量均显著降低($CK>A1>A2>A3$; $P<0.05$),其中真菌数量依次减少 30.8%、45.6%、56.1%,细菌数量依次减少 50.6%、65.6%、72.6%,放线菌数量依次减少 46.9%、56.3%、68.3%。A1、A2、A3 之间差异达显著水平($P<0.05$)。在玉米苗期,A1、A2、A3 与 CK 相比,真菌数量依次降低 8.9%、13.2%、15.5%,细菌数量依次降低 12.6%、17.5%、22.2%,放线菌数量依次降低 9.4%、12.4%、14.0%,CK 与 A1、A2、A3 之间均呈差异显著水平($P<0.05$)。焚烧处理之间,A1 分别与 A2 和 A3 间呈显著差异($P<0.05$)。在玉米大喇叭口期和成熟期,CK 与 A1、A2、A3 均无显著性差异($P>0.05$)。

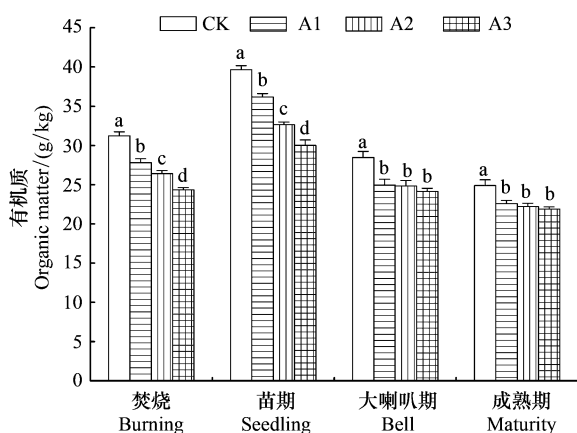


图 1 秸秆焚烧对土壤有机质的影响

Fig. 1 Effect of straw burning on soil organic matter

不同字母分别表示差异达 5% 显著水平

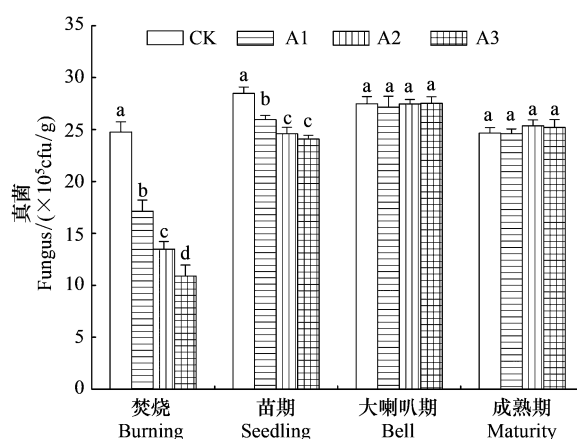


图 2 秸秆焚烧对土壤真菌数量的影响

Fig. 2 Effect of straw burning on fungus

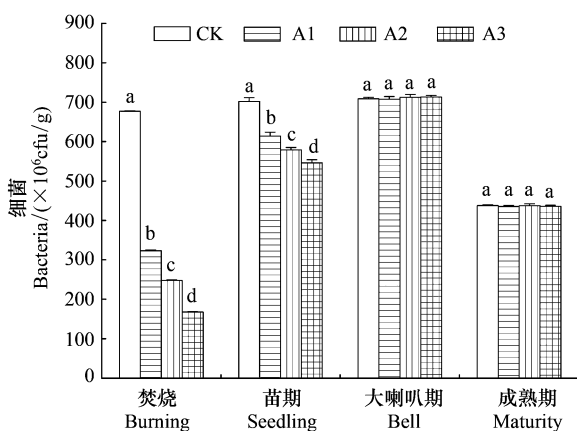


图 3 秸秆焚烧对土壤细菌数量的影响

Fig. 3 Effect of straw burning on bacteria

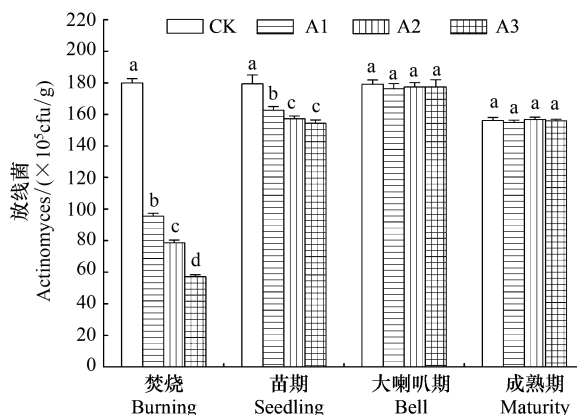


图 4 秸秆焚烧对土壤放线菌数量的影响

Fig. 4 Effect of straw burning on actinomycetes

2.3 秸秆焚烧对土壤全效养分含量的即时效应

秸秆焚烧 1 d 后,各处理的土壤全效养分含量如表 1 所示,秸秆焚烧使表层土壤全效养分含量获得不同程度的增加。A1、A2、A3 与 CK 相比,全磷含量分别增加 6.5%、10.4%、12.9%,全钾含量分别增加 4.6%、12.6%、18.1%,全氮含量分别增加 2.6%、6.6%、13.2%。除 A1 的全氮含量与 CK 间差异不显著外,各全效养分在不同处理间均表现出显著差异($P<0.05$)。

2.4 秸秆焚烧对土壤速效磷含量的影响

磷是作物生长、发育和生理活动必须的营养元素之一,与土壤有机质的分解关系密切,在评价土壤供磷能力及磷肥施用状况等方面具有重要意义^[8]。由图 5 可知,各时期土壤速效磷含量均呈现出 A3>A2>A1>CK 的趋势,各处理间差异达显著水平($P<0.05$)。秸秆焚烧 1 d 后,A1、A2、A3 的速效磷含量分别比 CK 增加 9.8%、28.3%、39.1%,在玉米苗期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 13.4%、23.8%、37.4%,在玉米大喇叭口期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 14.9%、30.7%、35.5%,在玉米成熟期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 24.5%、27.2%、36.0%。

2.5 秸秆焚烧对土壤速效钾含量的影响

作物生长对钾的吸收量很大,钾元素参与作物生长发育的诸多过程,在作物稳产、高产和提高粮食品质等方面意义重大。由图 6 可知,各时期土壤速效钾含量均呈现出 A3>A2>A1>CK 的趋势。秸秆焚烧 1 d 后,A1、A2、A3 处理的土壤速效钾含量分别比 CK 增加 13.2%、19.9%、39.1%,在玉米苗期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 13.1%、18.3%、41.9%,在玉米大喇叭口期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 4.0%、13.9%、24.5%,在玉米成熟期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 6.9%、20.4%、33.1%。各时期不同处理间差异均达显著水平($P<0.05$)。

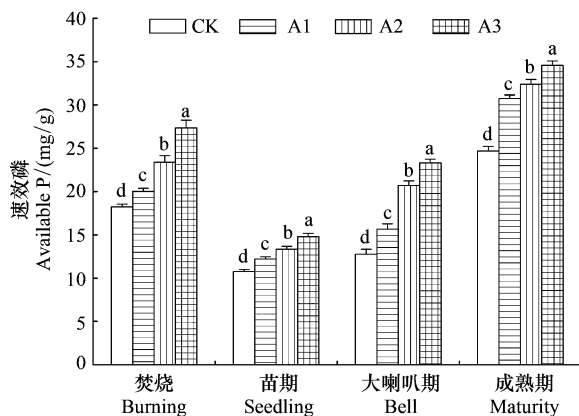


图 5 秸秆焚烧对土壤速效磷含量的影响

Fig. 5 Effect of straw burning on available phosphorus

表 1 秸秆焚烧对土壤全效养分含量的影响

指标 Indicator	CK	A1	A2	A3
全磷 Total Phosphorus	0.77±0.02a	0.82±0.04b	0.85±0.03c	0.87±0.04d
全钾 Total Potassium	7.86±0.21a	8.22±0.15b	8.85±0.17c	9.28±0.22d
全氮 Total Nitrogen	0.76±0.04a	0.78±0.03a	0.81±0.04b	0.86±0.05c

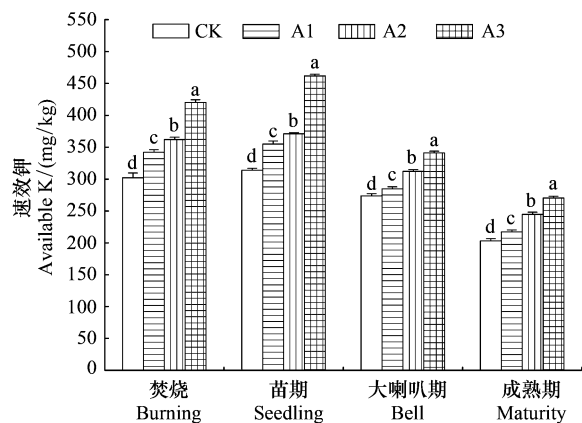


图 6 秸秆焚烧对土壤速效钾含量的影响

Fig. 6 Effect of straw burning on available potassium

2.6 秸秆焚烧对土壤硝态氮和铵态氮含量的影响

硝态氮和铵态氮是土壤中速效氮素的主要形式,又是表征土壤氮素供应水平的重要指标^[9]。由图 7 可知,各时期土壤铵态氮含量均表现出 A3>A2>A1>CK 的趋势。秸秆焚烧 1 d 后,A1、A2、A3 处理的土壤铵态氮含量分别比 CK 增加 8.6%、17.9%、38.7%,各处理间呈显著差异($P<0.05$)。在玉米苗期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 7.0%、18.0%、21.4%,A2、A3 分别与 A1 和 CK 间均呈显著差异($P<0.05$)。在玉米大喇叭口期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 8.0%、24.4%、36.9%,各处理间均呈显著差异($P<0.05$)。在玉米成熟期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 5.9%、21.9%、32.7%,CK、A1 分别与 A2 和 A3 间呈差异显著水平($P<0.05$)。

由图 8 可知,各时期土壤硝态氮含量均表现出 A3>A2>A1>CK 的趋势。秸秆焚烧后,A1、A2、A3 处理的土壤硝态氮含量分别比 CK 增加 1.4%、5.9%、9.2%,A1、CK 分别与 A2 和 A3 间呈显著差异($P<0.05$)。在玉米苗期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 7.3%、23.4%、31.9%,在玉米大喇叭口期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 11.0%、19.2%、27.3%,在玉米成熟期,A1、A2、A3 分别比 CK 增加 10.0%、18.8%、30.6%。在玉米苗期、大喇叭口期和成熟期,各处理间差异均达显著水平($P<0.05$)。

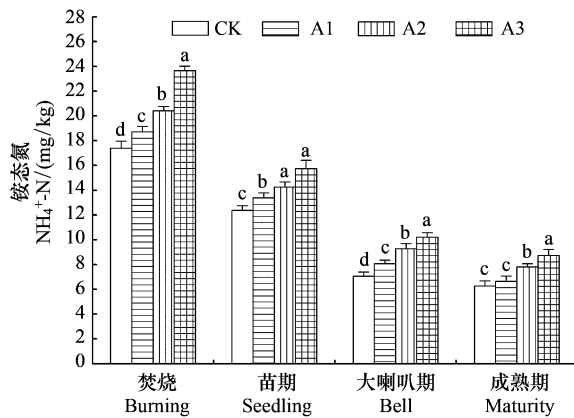


图7 秸秆焚烧对土壤铵态氮含量的影响

Fig. 7 Effect of straw burning on ammonium nitrogen

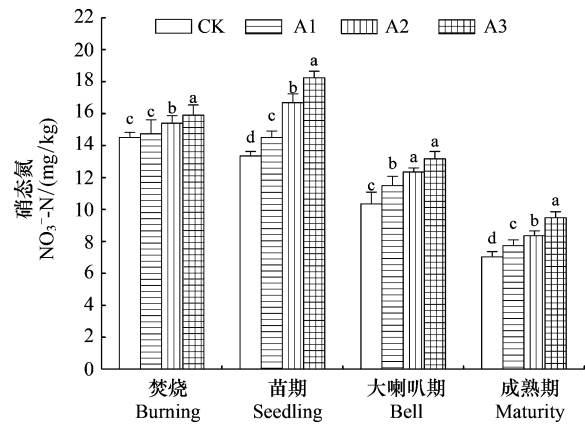


图8 秸秆焚烧对土壤硝态氮含量的影响

Fig. 8 Effect of straw burning on nitrate nitrogen

3 讨论

本研究表明,表层土壤中有机质含量在秸秆焚烧后(1 d)显著降低(SOM 含量平均降低 16.2%),降低幅度随焚烧量增多而增大。在玉米苗期、大喇叭口期和成熟期,焚烧处理的平均有机质含量相对于焚烧初期有所恢复(平均恢复 5.6%),其中以 A3 处理的恢复速率最大(A3>A2>A1)。这与土壤样品中混有未完全分解的根茬有关。焚烧量越大,残茬剩余量越少,因此火后(1d) A3 处理的土壤有机质含量最低。经过玉米生育期,在微生物的作用下,土壤中残留的根茬分解趋于完全,各处理的有机质含量的差异减小,所以 A3 处理的有机质含量随着玉米生育期进程的变化幅度最大。

秸秆焚烧后(1 d)土壤微生物数量随焚烧量的增加而显著减少。焚烧处理的土壤微生物数量(真菌、细菌和放线菌)平均减少 54.7%。由秸秆焚烧产生的热辐射使表层土壤温度迅速升高,达到乃至超过大多数微生物的致死温度(70℃—80℃),造成微生物大量死亡^[10]。与有机质含量的变化相类似,火后土壤微生物数量表现不同程度的恢复。在玉米大喇叭口期和成熟期,各处理的微生物数量与 CK 间已无显著差异。这表明经过火后数月时间,土壤微生物数量基本恢复到了与 CK 相当的水平,其中细菌数量的恢复速率最快。Fritze 等^[11]研究发现火后土壤微生物数量恢复到正常水平需要 12—15 年,本研究结果与之不一致,这与火烧强度以及火后植被状况等试验条件的不同有关。秸秆焚烧在杀死微生物的同时产生了利于微生物代谢繁殖的条件,如对不同养分的竞争程度减少,土壤中水溶性化合物含量的增加,为残留和新进入土壤的微生物提供了利于代谢的化合物,促进微生物繁殖^[12]。细菌对水溶性化合物具有更强的利用能力,因而其恢复速率最快^[12]。同时,伴随玉米生长发育,其根系分泌物增多,改善微生物生存环境,为微生物繁殖与代谢提供了碳源和能源^[13]。

秸秆焚烧对土壤速效磷、钾的即时效应表现为二者含量获得不同程度增加(平均增量分别为 9.73%、19.0%),增加幅度呈现出 A3>A2>A1>CK 的趋势。灰渣的富集是火后土壤养分水平升高的主要原因。秸秆焚烧后生成的灰渣中含有大量 P、K 等阳离子及其氧化物,使土壤中速效磷、钾含量迅速增加。同时,秸秆灰渣提升土壤 pH,使土壤阳离子交换能力增强^[12];此外,土壤中部分有机态的磷和钾养分受热分解成无机态(如有机态的磷转化为植物可利用的正磷酸盐),也为速效磷及速效钾含量增加提供了有利条件。土壤中磷和钾具有较高的挥发温度(>700℃),小麦秸秆焚烧的火烧强度相对较小,所以二者在焚烧过程中损失很少,伴随速效磷、钾含量水平的升高,全效磷和全效钾含量也表现出增多的趋势。与火后速效 P、K 变化原因有所不同的是,秸秆灰渣中无机氮含量较少,土壤铵态氮和硝态氮含量增加的主要原因是火烧驱使土壤氮由有机态向无机态的分解作用加强。秸秆灰渣中含有较多的有机氮,为火后土壤无机氮的生成提供了丰富的氮源。因受热而死亡的土壤微生物的残体也会向土壤释放出部分无机氮^[14]。虽然土壤氮的挥发温度相对较低

(200℃),但小麦秸秆焚烧过程持续时间较短,土壤水分未完全蒸发,而水分的存在抑制了土壤温度的升高^[15],土壤氮的挥发量较小。因此,在加热与灰渣富集共同作用下全氮含量获得增加,这与 Schoch 等^[16]研究结果相似。秸秆焚烧量增大,火后生成的灰渣量随之增多,P、K 离子的富集程度升高,为无机氮的生成提供有机氮源的能力增强,同时土壤中由有机态转化生成的无机养分增多,因而焚烧后(1 d)土壤全效和速效养分含量的增加幅度随焚烧量的增加而增大。

本研究中,在玉米各生育期焚烧处理的速效养分含量始终高于 CK,但差异的变化规律不明显。如焚烧处理的速效 K 的平均含量与 CK 间的差异呈现出先减小再增大的趋势,铵态氮则呈现减小、增大、再减小的趋势。其原因是本试验研究时期较短,淋溶和降雨过程对土壤速效养分进行再分布的作用较小,而地表植物生长对速效养分含量变化的影响较大。在玉米苗期和大喇叭口期,对速效钾的需求量较大,导致焚烧处理与 CK 间的差异有所减小,而在成熟期出现增加。这与 Limon-Ortega 等^[17]对焚烧后玉米生育期内土壤养分的研究及 Hernández 等^[18]对火后 9 个月内土壤化学性质变化的研究结果相似。

4 结论

本研究条件下,土壤有机质含量和微生物数量在小麦秸秆焚烧作用下显著降低,而土壤全效和速效氮、磷、钾含量则显著增加,且各指标变化幅度随秸秆焚烧量的增加而增大。在玉米生育期内,焚烧处理的有机质含量和微生物数量得到不同程度的恢复,其中细菌的恢复速率最快;焚烧处理显著增加了土壤中速效养分(速效 P、速效 K、硝态 N、铵态 N)的含量。鉴于焚烧秸秆对土壤生物化学特性影响的复杂性,焚烧对土壤有机质、微生物和养分含量的影响还需进行更长时间跨度的田间定位试验来探讨。

致谢:王钰、施明新参与田间试验工作,姬强帮助写作,特此致谢。

参考文献(References):

- [1] Stephen C Hart, Thomas H Deluca, Gregory S Newman, M Derek Mackenzie, Sarah I Boyle. Post-fire vegetative dynamics as drivers of microbial community structure and function in forest soils. *Forest Ecology and Management*, 2005, 220(1-3): 166-184.
- [2] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 胡金有. 中国农作物秸秆资源及其利用现状. *农业工程学报*, 2002, 18(3): 87-91.
- [3] 毕于运, 王亚静, 高春雨. 我国秸秆焚烧的现状危害与禁烧管理对策. *安徽农业科学*, 2009, 37(27): 13181-13184.
- [4] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版). 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-38.
- [5] 程丽娟, 薛泉宏. 微生物学实验技术. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 80-83.
- [6] Kononova Maria Markovna. *Soil Organic Matter: Its Nature, Its Role in Soil Formation and in Fertility*. 2th ed. London: Pergamon Press, 1961: 5-20.
- [7] Carcia Garcia, Teresa Hemández, Antonio Roldan, A Martin. Effect of plant cover decline on chemical and microbiological parameters under Mediterranean climate. *Soil Biology and Biochemistry*, 2002, 34(5): 635-642.
- [8] 贾兴永, 李菊梅. 土壤磷有效性及其与土壤性质关系的研究. *中国土壤与肥料*, 2011, (6): 76-82.
- [9] 徐海, 王益权, 石宗琳, 张露, 刘军, 秦宝军, 胡海燕. 关中地区夏玉米全育期土壤速效养分时空分布规律. *土壤通报*, 2011, 42(3): 603-606.
- [10] Leonard F Debano, Daniel G Neary, Peter F Ffolliott. *Fire Effects on Ecosystems*. New York: Wiley, 1998: 20-45.
- [11] Hannu Fritze, Taina Pennanen, Janna Pietikainen. Recovery of soil microbial biomass and activity from prescribed burning. *Canadian Journal of Forest Research*, 1993, 23(4): 1286-1290.
- [12] Artemi Cerdà, Peter R Robichaud. *Fire Effects on Soils and Restoration Strategies*. New York: Science Publishers, 2009: 146-154.
- [13] 徐鹏波, 屈明, 薛立. 火对森林土壤的影响. *生态学杂志*, 2013, 32(6): 1596-1606.
- [14] Pamela A Matson, Peter M Vitousek, John J Ewel, Maria J Mazzarino, G Philip Robertson. Nitrogen transformations following tropical forest Felling and burning on a volcanic soil. *Ecology*, 68(3): 491-502.
- [15] L F DeBano, C E Conrad. The effect of fire on nutrients in a chaparral ecosystem. *Ecology*, 1978, 59(3): 489-497.
- [16] Peter Schoch, Dan Binkley. Prescribed burning increased nitrogen availability in a mature loblolly pine stand. *Forest Ecology and Management*, 1986, 14(1): 13-22.
- [17] Agustín Limón-Ortega, Kenneth D Sayre, Charles A Francis. Wheat and maize yields in response to straw management and nitrogen under a bed planting system. *Agronomy Journal*, 2000, 92(2): 295-302.
- [18] 雍太文, 杨文钰, 向达兵, 陈小容. 不同种植模式对作物根系生长、产量及根际土壤微生物数量的影响. *应用生态学报*, 2012, 23(1): 125-132.