

张 军,朱 丽,刘国顺,等.高碳基土壤修复肥对植烟土壤有效微量元素及烟叶品质的影响[J].江苏农业科学,2015,43(11):146-149.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.041

高碳基土壤修复肥对植烟土壤有效微量元素及烟叶品质的影响

张 军,朱 丽,刘国顺,葛少华,苗 莹,郭树波,李朋彦

(河南农业大学烟草学院/国家烟草栽培生理生化研究基地,河南郑州 450002)

摘要:2013 年,在河南省许昌市襄城县紫云镇,利用生物炭与有机肥和微生物菌剂等制备的高碳基土壤修复肥研究了不同用量高碳基土壤修复肥对土壤微量元素含量的影响。分析不同用量的高碳基土壤修复肥及等量的氮磷钾化肥对烟田 0~20 cm 土层土壤有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量动态变化和烟叶常规化学成分含量的影响,可为高碳基土壤修复肥的合理施用和豫中烟区烟田的合理使用提供参考依据。结果表明:添加 1 050 kg/hm² 的高碳基土壤修复肥,有效 Fe、Cu 含量总体上略低于对照。有效 Zn 含量在生育前期略低于对照,生育后期高于对照,且 80 d 时与对照差异达到显著水平。有效 Mn 含量在整个生育期均高于对照;添加 2 100、3 150 kg/hm² 的高碳基土壤修复肥,有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量均高于对照,且施用量达到 3 150 kg/hm² 时,有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量在整个生育期内显著或极显著高于对照。增施高碳基土壤修复肥可降低中部烟叶烟碱含量和氯含量,烟叶总氮、还原糖和钾含量增加,糖碱比以增施 1 050、2 100 kg/hm² 的高碳基土壤修复肥较适宜。在常规施肥基础上,增施适量(2 100 kg/hm²)的高碳基土壤修复肥,对植烟土壤中微量元素的改善具有积极作用,有利于植烟土壤肥力的保持和烟叶品质的提高。

关键词:高碳基土壤修复肥;植烟土壤;动态变化;品质

中图分类号:S572.062 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)11-0146-03

微量元素是烟草生长发育过程中不可缺少的必需元素,虽然在作物体内含量甚微,但却是烟株生长和烟叶产量、品质形成必不可少的营养元素。铁、锰、铜和锌是必需矿质营养元素,或是烟草物质代谢的组成成分,或是维持正常代谢和各种酶活动所必需的,在烟株生育过程中起着重要作用^[1-2]。其中铁与烟叶香气前体物的形成有关,铜与烟叶中烟碱的含量有关,锰、锌与烟叶化学成分的协调性、香气质和香气量有关^[2-5]。而长期以来氮磷钾肥用量的不断增加,忽视了微量元素的补给,导致土壤中微量元素养分失衡严重,是烟叶生产的重要制约因素^[6-9]。因此改善土壤养分状况,提高烟叶品质是烟叶生产面临的一项重要工作。通过施用由生物炭、有机肥、矿物肥等配制的高碳基土壤修复肥,研究其对烟田 0~20 cm 土层土壤有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量动态变化的影响和中部烟叶常规化学成分含量的影响,可为高碳基土壤修复肥的合理施用和烟叶质量的可持续发展提供参考依据。生物炭是生物质在缺氧条件下热裂解形成的稳定的富碳产物,疏松多孔,比表面积大,表面含大量的羧基、羰基等,使其具有极强的吸附能力^[10-11]。近年来,生物炭作为土壤改良剂、肥料缓释载体等备受关注^[12-14]。有机肥含有丰富的作物生长所需的营养物质,对土壤改良具有积极的作用^[15-18],与生物炭混

合后,可消除生物炭养分低的缺点,而生物炭在其养分缓释释放过程中可起到协同和互补作用,提高肥料利用率。研究发现,生物炭与肥料配合施用可明显提升对作物的肥效。Steiner 等将生物炭与肥料溶液(硫酸铵+氯化钾+普通过磷酸钙)混合干燥后,可显著延长氮素供应期,增加土壤总氮量、有效磷和交换钾含量,促进作物对氮、磷吸收^[19]。Khan 等将木炭放入含 N、P、K 的溶液中吸附制备的炭基肥料,用模拟土壤溶液和蒸馏水淋洗,N、P、K 养分均缓慢而恒稳地释放^[20]。高海英等将竹炭和木炭放入硝酸铵水溶液中吸附制备的竹炭基氮肥和木炭基氮肥,可有效提高氮肥利用率,延长肥料养分在土壤中的存留期,减少养分淋失^[21]。乔志刚等将生物炭与化肥混合制备的碳基肥,可显著提高水稻氮素利用率,有效降低氮素的损失^[22]。尽管生物炭与无机肥料配合施用研究已有较多报道,但生物炭与多种肥料复合制备的炭基肥对植烟土壤微量矿质营养动态变化和烟叶品质的影响尚不清楚。本研究采用大田试验,研究不同用量的高碳基土壤修复肥处理下,分析植烟土壤中有效微量元素 Fe、Mn、Cu、Zn 含量的动态变化和烟叶常规化学成分含量,为制定烟田的合理施肥措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

本研究田间试验于 2013 年在河南省许昌市襄城县紫云镇进行,该区是我国浓香型烤烟的著名产区。

1.2 试验材料

供试烤烟品种为豫烟 10 号,试验所需的高碳基土壤修复肥由河南农业大学烟草行业烟草栽培重点实验室研发,主要

收稿日期:2014-12-26

基金项目:国家烟草专卖局特色烟重大专项(编号:110201101001)。

作者简介:张 军(1988—),男,四川宜宾人,硕士研究生,主要从事烟草栽培生理生化研究。E-mail:zj362217639@outlook.com。

信作者:刘国顺(1954—),男,河南平顶山人,教授,博士生导师,从事烟草栽培生理生化教学与研究。E-mail:138898456@371.net。

成分为生物炭、有机肥、微生物菌剂等,其中有机质含量 $\geq 50\%$,全氮、全磷和全钾含量分别 $\geq 2\%$,pH 值=7.36,烟草专用复合肥中 N、P、K 含量分别为 10%、10%、20%。硫酸钾肥料中 K_2O 含量为 50%。

1.3 试验设计

供试土壤为褐土,土壤基本理化性状:pH 值 7.14,速效磷 6.76 mg/kg,速效钾 115.72 mg/kg,碱解氮 75.40 mg/kg,有机质 18.99 g/kg。采用完全随机区组设计,共 4 个处理:T0,常规施肥;T1,常规施肥+高碳基土壤修复肥 1 050 kg/hm²;T2,常规施肥+高碳基土壤修复肥 2 100 kg/hm²;T3,常规施肥+高碳基土壤修复肥 3 150 kg/hm²。常规施肥:N 用量 30 kg/hm²,N:P₂O₅:K₂O=1:1:3.5;重复 3 次,小区面积 300 m²,高碳基土壤修复肥用作基肥条施。各处理于移栽后 30 d 开始,每隔 10 d 采集 1 次土壤样品,共采集 7 次。在采样区随机选择 3 个点,于 2 株烟茎基部 30~35 cm 处取 0~20 cm 土层样品,并自然风干,研磨备用。成熟期分叶位采收,烘烤后取各处理的中部叶(C3F)进行烟叶常规化学成分分析。

1.4 分析方法

土壤有效 Fe、Mn、Cu、Zn 采用 DTPA 提取液提取,美国瓦里安的 ICP-OES 进行测定,烟叶常规化学成分采用 AAⅢ型流动化学分析仪根据《烟草及烟草品质》标准方法测定,数据分析采用 SPSS 20 和 Excel 2013 进行,图片制作采用 Origin 8.0。

2 结果与分析

2.1 高碳基土壤修复肥对植烟土壤有效 Fe 含量的影响

由图 1 可知,T1 处理有效 Fe 含量在整个生育期内总体上低于对照,其中 60 d 时有效 Fe 含量与对照差异达到极显著水平,较对照降低了 15.52%。T2 处理有效 Fe 含量在不同时期均高于对照,其中除 40 d 时有效 Fe 含量与对照差异不显著外,其余时期差异达到显著或极显著水平,较对照提高了 11.14%~38.40%。T3 处理有效 Fe 含量在整个生育期内均极显著高于对照,较对照提高了 23.63%~70.73%。

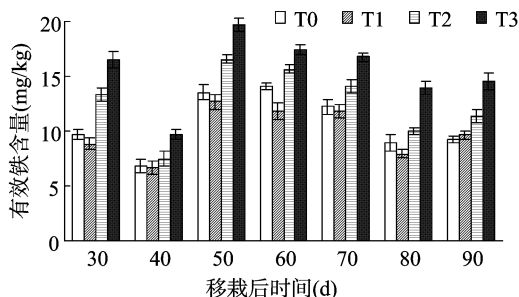


图1 高碳基土壤修复肥对植烟土壤中 0~20 cm 土层有效 Fe 含量的影响

2.2 高碳基土壤修复肥对植烟土壤有效 Mn 含量的影响

由图 2 可知,施用高碳基土壤修复肥后,各处理有效 Mn 含量均高于对照。整个生育期内,有效 Mn 含量总体表现为先上升,后降低再升高的趋势,其中 60 d 时,土壤有效 Mn 含量下降幅度较大,说明此期间烟株对土壤中 Mn 的吸收量较大。与对照相比,T1 处理各时期有效 Mn 含量均高于对照,

比对照提高了 13.58%~45.35%,且 90 d 时,有效 Mn 含量与对照差异达到显著水平。T2 与 T3 处理有效 Mn 含量在整个生育期均极显著高于对照,分别比对照提高了 69.49%~148.97% 和 80.65%~193.49%。

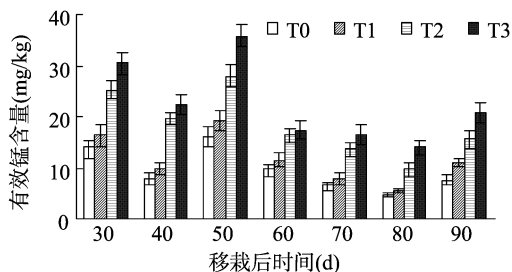


图2 高碳基土壤修复肥对植烟土壤中 0~20 cm 土层有效 Mn 含量的影响

2.3 高碳基土壤修复肥对植烟土壤有效 Cu 含量的影响

由图 3 可知,施用高碳基土壤修复肥后,T1 处理有效 Cu 含量除 30 d 时极显著高于对照外,其余均低于对照,其中 50 d 时,差异达到显著水平,较对照下降了 12.5%。T2 处理有效 Cu 含量在整个生育期均高于对照,其中 30、40 d 时与对照差异达到极显著水平,分别比对照提高了 30.53%、28.79%,其余时期差异未达到显著水平。T3 处理有效 Cu 含量在整个生育期均高于对照,其中 50、60、90 d 时有效 Cu 含量显著高于对照,其余时期差异达到极显著水平,较对照提高了 10.89%~37.91%。

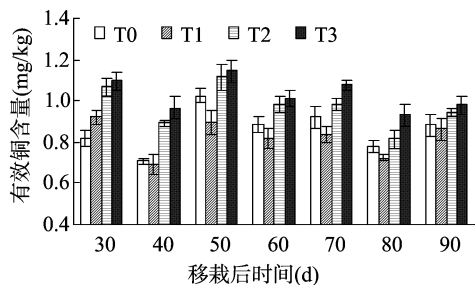


图3 高碳基土壤修复肥对植烟土壤中 0~20 cm 土层有效 Cu 含量的影响

2.4 高碳基土壤修复肥对植烟土壤有效 Zn 含量的影响

由图 4 可知,各处理有效 Zn 含量变化趋势相同,其中 60 d 时,有效 Zn 含量下降幅度较大,说明此期间烟株对土壤中 Zn 的吸收量较大。之后土壤中有效 Zn 含量迅速增加,且在 80 d 时,有效 Zn 含量达到最高值。这可能与受根际效应的影响有关,顶端优势的去除,使得不同范围根系快速生长,根系通过改变周围土壤 pH 值和分泌有机酸,促进土壤中碳酸盐、硅酸盐、氧化物态 Zn 的溶解,引起土壤中不同存在形态的 Zn 的释放,且活化量大于烟株吸收量^[23]。与对照相比,大田生育前期,T1 处理有效 Zn 含量略低于对照,但差异未达到显著水平。生育后期高于对照,其中 80 d 时,有效 Zn 含量与对照差异达到极显著水平,比对照提高了 11.16%。T2 处理有效 Zn 含量均高于对照,其中 80、90 d 时,有效 Zn 含量与对照差异达到极显著水平,分别比对照提高了 41.89%、55.95%。T3 处理有效 Zn 含量在整个生育期内均高于对照,且与对照差异达到显著或极显著水平,较对照提高了 14.86%~79.89%。

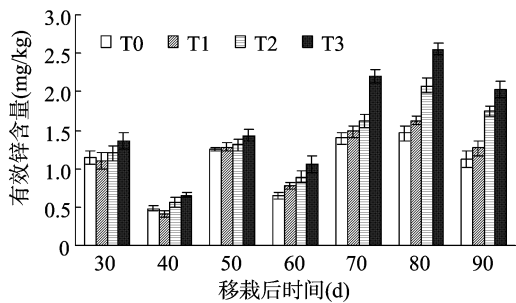


图4 高碳基土壤修复肥对植烟土壤中 0~20 cm 土层有效 Zn 含量的影响

40 d 时,各处理土壤中有有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量均有所降低,这可能与炎热干旱天气导致土壤含水率、氧化还原电位及各离子间相互作用等的改变有关,土壤中的 Fe、Mn、Cu 和 Zn 在不同存在形态间重新再分配,有效性降低^[24-25],同时含水率下降,在土壤中的迁移缓慢,扩散系数和扩散程度均受到严重制约^[26]。在高氧化还原电位条件下,可促进土壤中二价 Fe 转化为三价 Fe 和高价 Mn 含量增加,土壤中 Fe、Mn 有效性降低^[27-28]。50 d 时,各处理有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量有较大幅度提高,这可能与灌水后,改变了土壤含水率和氧化还原电位等有关,还原作用加强,有利于土壤中的 Fe、Mn、Cu 和 Zn 向弱结合态转化,有效性增加^[29-30]。在低氧化还原电位下,高价铁锰化合物还原成低价化合物,溶解度增加,Fe、Mn 有效性增大。同时,铁锰化合物中被包的 Cu、Zn 也被大量的释放出来^[31]。进入成熟期后,土壤中有有效 Fe、Mn、Cu 含量增加,有效 Zn 含量减少,可能与成熟期烟株对土壤中 Fe、Mn、Cu 的吸收量减少,同时根系开始衰老,活力下降有关^[32]。

2.5 高碳基土壤修复肥对烟叶品质的影响

还原糖和烟碱含量的比值常被用作评价烟叶烟气强度和柔和性的基础,二者的协调是形成均衡烟气的重要因素。一般认为优质烟的总糖含量要求达到 18%~22%、还原糖 16%~18%、烟碱 1.5%~3.5%、总氮 1.5%~3.5%、还原糖与烟碱的比值在 8~10 之间,钾离子含量≥2%、氯离子含量≤1%。从表 1 可知,与对照相比,施用高碳基土壤修复肥后各处理烟叶中烟碱和氯含量均有所降低,其中 T2 处理中烟碱和氯含量显著低于对照。烟叶中还原糖和总氮含量均显著高于对照。糖碱比以 T1 和 T2 处理较适宜,而对照处理中烟碱含量较高,还原糖含量较低,糖碱比较低。各处理中钾离子含量均低于优质烟钾离子含量范围,但施用高碳基土壤修复肥后,烟叶中钾离子含量均有所增加,其中 T2 处理含量最高,比对照高 23%,差异达到显著水平。

表 1 不同处理对烟叶常规化学成分含量的影响

处理	含量(%)					还原糖/烟碱
	烟碱	氯	钾	还原糖	总氮	
T0	2.69a	1.04a	0.98b	13.72c	1.73b	5.10
T1	2.36ab	0.84ab	1.00b	19.48a	1.83a	8.25
T2	2.14b	0.78b	1.21a	16.23b	1.86a	7.82
T3	2.59a	0.97ab	1.06b	17.40ab	1.88a	6.72

注:同列数据后小写字母不同者表示差异达到了显著水平。

3 结论与讨论

施用高碳基土壤修复肥,T1 处理有效 Fe 和有效 Cu 含量

总体上略低于对照。土壤有效 Mn 含量在整个生育期内略高于对照。有效 Zn 含量在大田生育前期略低于对照,而生育后期则高于对照。这可能与根系通过改变土壤 pH 值和分泌有机酸,促进碳酸盐结合态和氧化物态 Zn 等的溶解,引起土壤中不同存在形态的 Zn 的释放有关^[23]。T2 和 T3 处理有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量在整个生育期内均高于对照,其中 T3 处理土壤有效 Fe、Mn、Cu 和 Zn 含量与对照差异达到显著或极显著水平。增施高碳基土壤修复肥可降低中部烟叶烟碱含量和氯含量,烟叶钾、还原糖和总氮含量增加,还原糖含量与烟碱含量比值增加,其中以 T1 和 T2 处理较适宜。故增施适量的高碳基土壤修复肥可提高植烟土壤中微量元素含量和改善烟叶品质。本研究表明,在常规施肥的基础上增施 2 100 kg/hm² 的高碳基土壤修复肥有利于植烟土壤的肥力保持和烟叶品质的提高。

参考文献:

[1] 张隆伟,伍仁军,王昌全,等. 四川凉攀烟区植烟土壤有效铜和有效锌空间变异特征[J]. 中国烟草科学,2014,35(3):1-6.

[2] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,2003:146-150.

[3] 赵晓晓,李哲,朱江,等. 罗平土壤及烟叶主要中、微量元素含量分析[J]. 中国烟草科学,2014(3):27-31.

[4] 陈义强,刘国顺,习红昂. 微尺度下烟田铁的空间变异性及其与烟叶铁的相关分析[J]. 生态学报,2009,29(3):1448-1458.

[5] 赵爽,许自成,解燕,等. 曲靖市植烟土壤有效锌含量状况及与土壤因素的关系分析[J]. 中国烟草学报,2013(1):26-31.

[6] 刘国顺,腊贵晓,李祖良,等. 毕节地区植烟土壤有效态微量元素含量评价[J]. 中国烟草科学,2012,33(3):23-27.

[7] 罗华元,吴涛,常寿荣,等. 红云集团原料基地植烟土壤中量和微量元素状况研究[J]. 中国烟草科学,2009,30(6):30-33.

[8] 张晓霞,李占斌,李鹏. 黄土高原草地土壤微量元素分布特征研究[J]. 水土保持学报,2010(5):45-48,67.

[9] 郭军玲,吴士文,金辉,等. 农田土壤微量元素含量的空间变异特征和影响因素[J]. 水土保持学报,2010(1):145-149,158.

[10] 伍孟雄,杨敏,孙雪,等. 生物质炭生物与非生物氧化特性研究进展[J]. 生态学报,2015(9):2810-2818.

[11] 陈温福,张伟明,孟军. 农用生物炭研究进展与前景[J]. 中国农业科学,2013,46(16):3324-3333.

[12] van Zwieten L, Kimber S, Morris S, et al. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility[J]. Plant and Soil,2010,327(1/2):235-246.

[13] 陈温福,张伟明,孟军,等. 生物炭应用技术研究[J]. 中国工程科学,2011,13(2):83-89.

[14] 陈心想,耿增超. 生物质炭在农业上的应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2013(2):167-174.

[15] Diacono M, Montemurro F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility: a review[J]. Agronomy for Sustainable Development,2010,30(2):401-422.

[16] 杨双剑. 有机施肥模式对植烟土壤微生态的调控研究[D]. 北京:中国农业大学,2014:11-44.

[17] 陈欢,曹承富,孔令聪,等. 长期施肥下淮北砂姜黑土区小麦产量稳定性研究[J]. 中国农业科学,2014(13):2580-2590.

[18] 李丽君,张强,白光洁,等. 改良剂与油菜对土壤重金属有效态的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(1):246-252.

张美玲,刘克锋. 水杨酸浸种对 NaCl 胁迫下黍稷种子萌发时 α -淀粉酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(11):149-152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.042

水杨酸浸种对 NaCl 胁迫下黍稷种子萌发时 α -淀粉酶活性的影响

张美玲¹, 刘克锋²

(1. 北京农学院园林学院, 北京 102206; 2. 北京农学院城乡发展学院, 北京 102206)

摘要:以黍稷为试验材料,研究在不同的浸种温度、浸种时间、水杨酸浓度对 α -淀粉酶活性影响的基础上,利用响应面分析法优化设计处理试验所得数据,以确定黍稷萌发时 α -淀粉酶活性最高时的参数。试验结果表明,最优的参数温度为 31.3 °C、时间为 18.44 h、水杨酸浓度为 0.461 9 mmol/L,在这样的优化条件下, α -淀粉酶活性的理论值为 0.461 9,与理论值的贴进度达 97.79%。

关键词:黍稷;水杨酸;浸种;NaCl 胁迫; α -淀粉酶活性;响应面分析

中图分类号: S516.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0149-04

盐胁迫是指植物生长在浓度比较高的盐土壤中,由于高浓度的盐对其有很大的影响而生长不良。人类赖以生存的这片大地一直受到土壤高含盐量的困扰,中国高含盐量土壤主要分布在黑龙江、河北、山西、西北等一些地区,近年来,设施大棚生产较多,同时设施内土壤含盐量也在逐渐增加,产量逐

年下降,大田种植中这种情况发生也很普遍,土壤盐渍化已成为农业生产的主要阻碍因素之一。通过采取相应的化学技术措施可以有效减少盐胁迫对植物的危害,增强作物在高盐度情况下也能良好生长,使得作物的收获量稳定增加,而且每年总收获量能呈现出上升趋势。水杨酸(SA)是植物体内产生的一种简单酚类化合物,即邻羟基苯甲酸,广泛存在于高等植物中^[1]。水杨酸浸种能够减弱高盐含量对黍稷的危害,使其对盐胁迫的适应性提高。黍稷是中国常见的种植农作物之一,在经历了很长的农业种植历史后,形成了品种种类繁多的种质资源。黍稷属于禾本科(Gramineae)黍属一年生草本植物。本试验在 NaCl 胁迫下,研究不同水杨酸浓度浸种对黍稷种子萌发时 α -淀粉酶活性的影响,筛选合适的水杨酸浓度、浸种温度、浸种时间,为在高盐条件下黍稷的抗盐栽培提供技术依据。

收稿日期:2014-11-01

基金项目:国家自然科学基金(编号:31100509);北京市教育委员会科技计划面上项目(编号:KM201210020005);国家现代农业科技城成果惠民科技示范工程(编号:Z121100007412003)。

作者简介:张美玲(1988—),女,山西大同人,硕士研究生,研究方向为园林植物栽培生理与生态。E-mail:1004990855@qq.com。

通信作者:刘克锋,硕士,研究员,主要从事土壤肥料及花卉栽培、引种选育、工厂化标准育苗方面的研究。E-mail:liukefeng006@163.com。

[19] Woods W I, Teixeira W G, Lehmann J, et al. Effects of charcoal as slow release nutrient carrier on N-P-K dynamics and soil microbial population: pot experiments with ferralsol substrate[M]//Woods W I, Teixeira W G, Lehmann J, et al. Amazonian dark earths: Wim Sombroek's Vision. Berlin; Springer Netherlands, 2009: 325-338.

[20] Khan M A, Kim K, Mingzhi W, et al. Nutrient-impregnated charcoal: an environmentally friendly slow-release fertilizer[J]. The Environmentalist, 2008, 28(3): 231-235.

[21] 高海英,陈心想,张雯,等. 生物炭和生物炭基氮肥的理化特征及其作物肥效评价[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2013(4): 69-78, 85.

[22] 乔志刚,陈琳,李恋卿,等. 生物炭基肥对水稻生长及氮素利用率的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(5): 175-180.

[23] Straczek A, Sarret G, Manceau A, et al. Zinc distribution and speciation in roots of various genotypes of tobacco exposed to Zn[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 63(1/2/3): 80-90.

[24] 魏孝荣. 旱地长期定位试验对土壤锌、铜、锰、铁化学特性影响的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2004: 6-7.

[25] 汪洪,刘荣乐,金继运. 土层水分非均匀供应下施锌对玉米植

株中 Ca、Fe、Mn、Cu 吸收积累的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 30(1): 1-7.

[26] 汪洪,汪立刚,周卫,等. 干旱条件下土壤中锌的有效性及其与植物水分利用的关系[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(6): 1178-1184.

[27] 刘铭,吴良欢,路兴花,等. 覆膜旱作对稻田土壤有效 Fe、Mn、Zn、Cu 含量的影响[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2004(6): 60-63.

[28] 吴名字,李顺义,张杨珠. 土壤锰研究进展与展望[J]. 作物研究, 2005, 19(2): 137-142.

[29] 杨钙仁,童成立,肖和艾,等. 水分控制下的湿地沉积物氧化还原电位及其对有机碳矿化的影响[J]. 环境科学, 2009, 30(8): 2381-2386.

[30] 林蕾,陈世宝. 土壤中锌的形态转化、影响因素及有效性研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(2): 221-229.

[31] 谢伯承,张春霞,薛绍掌. 土壤中微量元素的环境化学特性[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(增刊1): 132-135.

[32] 马新明,王小纯,倪纪恒,等. 不同土壤类型烟草根系发育特点研究[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(1): 40-45.