

网络出版时间:2012-05-22 16:36

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120522.1636.031.html>

化肥减量对玉米田土壤酶活性及微生物量的影响

门 倩,海江波,岳忠娜,薛少平,王 庆

(西北农林科技大学 农学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】在小麦-玉米轮作模式下,探讨有机培肥时化肥减量对玉米田土壤酶活性及微生物量的影响。【方法】于 2010-10—2011-07 在陕西杨凌进行大田试验,试验共设置化肥不减量+高有机肥(NPK+HM)、化肥不减量+中有机肥(NPK+MM)、化肥不减量+低有机肥(NPK+LM)、化肥减量 70%+高有机肥(30%NPK+HM)、化肥减量 50%+中有机肥(50%NPK+MM)、化肥减量 30%+低有机肥(70%NPK+LM)和对照(NPK)7 个处理,分别于玉米苗期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、灌浆期及成熟期采集玉米田 0~20 cm 土层土样,测定土壤蔗糖酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶、脲酶活性及土壤微生物量碳、氮含量,分析不同施肥处理土壤酶活性及土壤微生物量碳、氮含量的变化规律。【结果】无论在化肥减量还是不减量条件下,增施有机肥均可以明显提高土壤蔗糖酶、过氧化氢酶和脲酶的活性及微生物量碳、氮含量,但土壤多酚氧化酶活性却显著下降;有机培肥条件下,不同的化肥减量处理对土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶活性以及土壤微生物量碳、氮含量的影响不同,其中化肥减量 50%+中量有机肥(50%NPK+MM)处理的土壤酶活性及微生物量碳、氮含量均最高,且与化肥不减量+高量有机培肥(NPK+HM)处理对土壤酶活性以及微生物量碳、氮含量的作用几乎一致。另外,各有机培肥处理玉米不同生育阶段的土壤呼吸强度均较对照(NPK)处理高,但差异并不明显。【结论】在小麦-玉米轮作模式下,化肥减量 50%+中量有机肥(50%NPK+MM)是比较合理的施肥方式,化肥适度减量在土壤培肥过程中是合理可行的。

【关键词】 有机培肥;化肥减量;土壤酶;土壤微生物量;土壤呼吸;小麦-玉米种植模式

【中图分类号】 S154;S147.3

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)06-0133-08

Effects on maize field soil enzyme activities and microbial biomass of chemical fertilizer reduction

MEN Qian, HAI Jiang-bo, YUE Zhong-na, XUE Shao-ping, WANG Qing

(College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The purpose of this research was to determine the effects on the soil enzymes activities and microbial biomass in the maize field with different treatments of organic fertilizer addition with chemical fertilizer reduction in the wheat-maize cropping pattern. 【Method】 From Oct 2010 to Jul 2011, field test in Yangling Shaanxi was done. There were 7 treatments: fertilizer fixed match high manure (NPK+HM); fertilizer fixed match medium manure (NPK+MM); fertilizer fixed match low manure (NPK+LM); fertilizer decrement 30% match low manure (70%NPK+LM); fertilizer decrement 50% match medium manure (50%NPK+MM); fertilizer decrement 70% match high manure (30%NPK+HM); CK. And 0—20 cm soil during was collected in maize seeding, shooting, large belling tasseling, filling and autumn. The activity of soil invertase, catalase, polyphenol, urease and the soil microbial biomass carbon (SMBC), the microbial biomass nitrogen (SMBN) were determined. Then analysis was made on the different

* [收稿日期] 2011-11-30

[基金项目] 陕西省农业机械管理局科研专项(2011B31);国家科技支撑计划项目(2007BAD89B16)

[作者简介] 门 倩(1986—),女,陕西咸阳人,在读硕士,主要从事高效农作制度研究。E-mail:menqian01@163.com

[通信作者] 海江波(1966—),男,陕西宝鸡人,副教授,硕士生导师,主要从事高效种植制度研究。E-mail:haijiangbo@126.com

fertilization on soil enzyme activities and the soil microbial biomass carbon(SMBC),the microbil biomass nitrogen(SMBN).【Result】The results show that organic fertilizer addition has the greatest impact on the soil invertase activity,urease activity,catalase activity,the soil microbial biomass carbon(SMBC) and the microbil biomass nitrogen(SMBN). But organic fertilizer addition decreases significantly the activity of soil polyphenol oxidase. On the contrary,under the situation of the treatments of organic fertilizer addition with chemical fertilizer reduction,the results of the soil invertase activity,the soil urease polyphenol oxidase activity,SMBC and SMBN are different,and the soil enzymes activities and microbial biomass are all top in the 50%NPK+MM treatment. The studies show that the effects on the soil enzymes activities and microbi-al biomass are the same between the 50% NPK+MM treatment and NPK+HM treatment. Also the soil respiration intensity of different treatments at the maize growth stages is higher than that of contrast treat-ment,but there is no difference among all the treatment.【Conclusion】50%NPK+MM is the proper fertili-ty in the mode of wheat and maize cultivation. The research indicates that reducing the chemical fertilizers moderately is reasonable in the technique of improving the fertility of soil.

Key words:organic fertilizer addition;chemical fertilizer reduction;soil enzyme activity;soil microbial biomass;soil respiration;wheat and maize cultivation mode

小麦-玉米轮作是黄土高原中南部最为主要的种植模式,该模式实现了光、热、水以及土地等农业自然资源的集约利用,有效地提高了土地产出率和资源利用效率^[1],但也带来了水肥资源投入增大、资源边际效率降低以及土壤理化性状改变等突出问题^[2-3]。特别是在该种植模式中,化肥过量施用而有机肥培肥不足,加剧了土壤生态环境恶化,导致土壤酶活性以及土壤微生物区系发生了重大变化,制约了这一模式的增产效应^[4]。研究表明,土壤酶活性以及土壤微生物量是反映土壤质量的重要指标,有机肥和无机肥配合施用可以改善土壤理化性质,增强土壤微生物活性,最终提高作物产量和品质^[5]。目前对土壤培肥的研究大部分集中在单一化肥或单一有机肥及其不同种类对土壤微生物的影响^[6]、化肥与不同种类有机肥配施对土壤微生物的影响^[7]、化肥与不同种类及不同用量有机肥配施对土壤微生物的影响^[8]等几个方面,而对于化肥减量的研究大多数只是针对单一作物生产进行的^[9],有关陕西关中地区小麦-玉米种植模式下,适当减少前茬作物化肥施用量而增加有机肥施用量,会对玉米田土壤酶活性以及土壤微生物量产生何种效果的研究尚比较少。为此,本研究在有机培肥条件下,探究前茬作物化肥适度减量,而后茬作物化肥不减量措施对土壤生物学特性的影响,揭示前茬作物化肥减量与后茬作物土壤生物学特性的内在关系,旨在为确定合理的土壤培肥方案、改善土壤生态环境、促进作物持续生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2010-10—2011-07 在陕西杨凌西北农林科技大学试验地进行。试验地常年种植模式为小麦-玉米,整地方式为玉米收获后旋耕机械条播小麦,小麦收获后硬茬播种玉米。供试作物品种小麦为“西农 538”,播量为 150 kg/hm²;玉米为“豫玉 22”,播量为 125 kg/hm²。试验地土壤的理化性质为:有机质 14.26 g/kg,全氮 0.90 g/kg,碱解氮 36.00 g/kg,速效磷 17.64 mg/kg。

1.2 试验方法

试验共设 7 个处理(表 1):NPK+HM,化肥不减量+高量有机肥;NPK+MM,化肥不减量+中量有机肥;NPK+LM,化肥不减量+低量有机肥;70%NPK+LM,化肥减量 30%+低量有机肥;50%NPK+MM,化肥减量 50%+中量有机肥;30%NPK+HM,化肥减量 70%+高量有机肥;NPK,对照。每个处理均重复 3 次。

试验采用随机区组设计,试验小区面积 4.5 m×4 m;因试验地块面积所限,对照组的面积为 4.5 m×3 m。化肥施用分 2 阶段进行,其中第 1 阶段是在小麦生产阶段,N、P、K 施用量按照生产 100 kg 小麦籽粒需要纯 N 3 kg、P₂O₅ 1.5 kg、K₂O 2.5 kg 以及小麦产量水平为 7 500 kg/hm² 折算确定,所以 NPK 处理中尿素用量为 251.8 kg/hm²、磷酸二铵用量为 255.7 kg/hm²、硫酸钾用量为 375.2 kg/hm²,以上肥料均作为基肥施入;第 2 阶段是在

玉米生产阶段,试验只施用 N 肥,N 的施用量按照生产 100 kg 玉米籽粒需要纯 N 2.5 kg 以及玉米产

量为6 000 kg/hm² 折算确定,故所有处理尿素用量为 320 kg/hm²,且在玉米苗期一次性均匀施入。

表 1 不同施肥处理的肥料用量

处理 Treatment	Table 1 Fertilization amount of different treatments		kg/hm ²		
	尿素 Urea		磷酸二铵 Diammonium phosphate	硫酸钾 Lemery	有机肥 Fertilizer
	小麦 Wheat	玉米 Maize			
NPK+HM	251.8	320	255.7	375.2	34 500
NPK+MM	251.8	320	255.7	375.2	25 500
NPK+LM	251.8	320	255.7	375.2	18 000
NPK	251.8	320	255.7	375.2	0
30%NPK+HM	75.5	320	76.7	112.6	34 500
50%NPK+MM	125.9	320	127.9	187.6	25 500
70%NPK+LM	176.3	320	179	262.6	18 000

试验中采用的有机肥为腐熟的牛粪,养分均一。有机肥施用量采用当地常用的 3 个标准,即低量有机肥(LM)为 18 000 kg/hm²、中量有机肥(MM)为 25 500 kg/hm²、高量有机肥(HM)为 34 500 kg/hm²。有机肥于小麦播种前作为基肥一次施入,玉米生育期不再施用。

试验期间田间管理按丰产田要求进行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 样品采集与处理 于玉米苗期(07-01)、拔节期(07-18)、大喇叭口期(08-09)、抽雄期(08-31)、灌浆期(09-19)、成熟期(10-01)等不同生育时期,采集 0~20 cm 耕层土壤样品,每小区随机选取 3~5 个点,取 1 000 g 的土壤,剔除石砾和植物残根等杂物,混合土样过孔径 0.9 mm 筛,其中一部分土样置于 4 ℃冰箱保存,用以测定土壤呼吸及微生物量;另一部分土样风干后用以测定土壤酶活性。

1.3.2 土壤酶活性的测定 多酚氧化酶、过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶的活性分别用邻苯三酚比色法、高锰酸钾滴定法、靛酚蓝比色法、3,5-二硝基水杨酸比色法进行测定^[10]。多酚氧化酶的活性以反应 3 h 后每 100 g 土所产生的红紫砷精的质量(mg)表示,过氧化氢酶活性以反应 20 min 后每 g 干土消耗 0.02 mol/L 高锰酸钾的体积(mL)表示,脲酶活性以反应 24 h 后每 100 g 干土释放的 NH₃-N 的质量(mg)表示,蔗糖酶活性以反应 1 h 后每 g 干土中葡萄糖的质量(mg)表示。同时,在测定每个土壤酶活性时都设置了对照,其中测定多酚氧化酶活性时设置无邻苯三酚溶液的土壤作为对照,测定过氧化氢酶活性时设置无土壤的溶液作为对照,测定脲酶活性时设置用蒸馏水代替基质及无土壤 2 个对照,测定蔗糖酶活性时设置无蔗糖溶液的土壤为对照。

1.3.3 土壤微生物量碳、氮含量的测定 采用氯仿

熏蒸浸提方法测定土壤微生物量碳、氮含量^[11-12]。其中土壤微生物量碳采用重铬酸钾氧化法测定,计算公式为:土壤微生物量碳(SMBC,mg/kg)=EC/KC,其中 EC 为未熏蒸与熏蒸土壤浸取有机碳含量的差值,KC 为转换系数(取值 0.38);土壤微生物量氮用凯氏定氮法测定,计算公式为:土壤微生物量氮(SMBN,mg/kg)=EN/KN,其中 EN 为熏蒸与未熏蒸土壤矿质态氮含量的差值,KN 为转换系数(取值 0.45)。

1.3.4 土壤呼吸强度的测定 土壤呼吸强度采用密闭静置培养法测定^[10]。

1.4 数据处理

试验数据均采用 EXCEL 2003 和 DPS 软件进行统计与分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对玉米田土壤酶活性的影响

2.1.1 蔗糖酶活性 从表 2 可以看出,不同施肥处理的土壤蔗糖酶活性存在明显差异。随着玉米生育期的推进,各处理的土壤蔗糖酶活性总体呈现出下降趋势。化肥不减量处理中,随着有机肥用量的增加,玉米不同生育时期土壤蔗糖酶活性均较 NPK 处理显著增强,且以施入高量有机肥处理的效果最好。在化肥减量处理中,玉米不同生育时期土壤蔗糖酶的活性以 50% NPK+MM 处理的效果最为显著,且与 NPK+HM 处理的土壤蔗糖酶活性相近。

2.1.2 多酚氧化酶活性 从表 3 可以看出,随着玉米生育期的推进,土壤多酚氧化酶的活性总体呈下降趋势。特别是在有机培肥条件下,不论在化肥减量还是不减量处理中,各处理的土壤多酚氧化酶活性均较 NPK 处理降低。不论在化肥减量还是不减量处理中,随着有机肥施用量的增加,土壤多酚氧化

酶活性均有所降低。在玉米同一生育期,50% NPK+MM 处理与 NPK+HM 处理的土壤多酚氧化酶活性差异不显著,这表明适当的化肥减量对土壤多酚氧化酶活性影响不明显。

表 2 不同施肥处理对玉米田土壤蔗糖酶活性的影响

Table 2 Effects on the soil invertase of different fertilization treatment mg/g

处理 Treatment	蔗糖酶活性 Glucose					
	苗期 Seedling	拔节期 Shooting	大喇叭口期 Large bellling	抽雄期 Tasseling	灌浆期 Filling	成熟期 Autumn
NPK+HM	6.11 a	6.09 a	6.13 a	6.07 a	5.02 a	5.97 a
NPK+MM	5.90 ab	5.87 b	6.05 ab	5.89 ab	5.97 ab	5.94 ab
NPK+LM	5.83 bc	5.83 b	5.95 abc	5.79 b	5.88 ab	5.86 bc
NPK	5.48 d	5.39 d	5.41 d	5.51 c	5.46 c	5.47 d
30%NPK+HM	5.77 bc	5.77 bc	5.89 bc	5.85 ab	5.86 ab	5.74 b
50%NPK+MM	5.97 ab	5.96 ab	5.98 ab	5.89 ab	5.94 ab	5.86 abc
70%NPK+LM	5.64 cd	5.62 c	5.75 c	5.81 b	5.81 b	5.81 c

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$),下表同。
Note:Datas in each column with the different letter are significantly different ($P<0.05$). The same with the following tables.

表 3 不同施肥处理对玉米田土壤多酚氧化酶活性的影响

Table 3 Effects of different fertilization treatments on the soil polyphenol oxidase mg/g

处理 Treatment	多酚氧化酶活性 Polyphenol oxidase					
	苗期 Seedling	拔节期 Shooting	大喇叭口期 Large bellling	抽雄期 Tasseling	灌浆期 Filling	成熟期 Autumn
NPK+HM	0.813 c	0.838 c	0.856 cd	0.841 c	0.827 c	0.818 c
NPK+MM	0.932 b	0.947 b	1.042 b	1.008 ab	0.956 b	0.948 b
NPK+LM	0.981 ab	1.001 ab	1.068 ab	1.032 ab	0.998 ab	0.986 ab
NPK	1.011 a	1.035 a	1.101 a	1.048 a	1.021 a	1.018 a
30%NPK+HM	0.765 d	0.785 d	0.812 d	0.798 d	0.778 d	0.768 d
50%NPK+MM	0.826 c	0.848 c	0.886 c	0.875 c	0.839 c	0.823 c
70%NPK+LM	0.957 b	0.980 b	1.005 b	0.987 b	0.972 b	0.968 b

2.1.3 过氧化氢酶活性 表 4 表明,在化肥不减量处理中,NPK+HM 处理土壤的过氧化氢酶活性在玉米不同生育期均最高,且随着有机肥培肥量的增加而增大,可见有机培肥有利于土壤过氧化氢酶活性的提高。化肥减量处理中,在玉米不同生育期,50%NPK+MM 处理的土壤过氧化氢酶活性均最高,在玉米同一生育期,50%NPK+MM 处理过氧化氢酶活性较 NPK+HM 处理降低,但二者之间差异不显著,说明化肥适当减量但辅以中量有机肥,仍可以使土壤过氧化氢酶活性维持在较高的水平。

表 4 不同施肥处理对玉米田土壤过氧化氢酶活性的影响

Table 4 Effects of different fertilization treatments on the soil catalase mL/g

处理 Treatment	过氧化氢酶活性 Catalase					
	苗期 Seedling	拔节期 Shooting	大喇叭口期 Large bellling	抽雄期 Tasseling	灌浆期 Filling	成熟期 Autumn
NPK+HM	5.96 a	6.02 a	6.08 a	5.95 a	5.88 a	5.91 a
NPK+MM	5.78 ab	5.78 ab	5.81 bc	5.88 ab	5.77 a	5.87 ab
NPK+LM	5.53 c	5.57 b	5.59 c	5.60 abc	5.56 a	5.61 bc
NPK	5.06 d	5.03 c	5.03 d	5.31 c	5.31 b	5.14 d
30%NPK+HM	5.74 b	5.77 ab	5.78 bc	5.81 ab	5.68 ab	5.64 bc
50%NPK+MM	5.91 ab	5.99 a	5.96 ab	5.83 ab	5.76 a	5.86 ab
70%NPK+LM	5.46 c	5.48 b	5.55 c	5.56 bc	5.52 ab	5.57 c

2.1.4 脲酶活性 表 5 显示,不同施肥处理对土壤脲酶活性也产生了明显影响。各处理的脲酶活性均显著高于 NPK 处理,其中 NPK+HM 处理土壤的脲酶活性最高,在玉米苗期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、灌浆期和成熟期该处理土壤的脲酶活性分别较 NPK 处理增加了 39.53%,44.18%,44.18%,27.08%,22.45%和 20.41%。在有机培肥条件下,化肥减量处理的土壤脲酶活性虽然没有达到化肥不减量处理的效果,但也较 NPK 处理有所增加,且差异也达到了显著水平,其中在玉米同一生育期下,50%NPK+MM 处理土壤的脲酶活性均高于其他化肥减量处理,且与 NPK+MM 处理接近。

表 5 不同施肥处理对玉米田土壤脲酶活性的影响

Table 5 Effects of different fertilization treatments on the soil urease

mg/g

处理 Treatment	脲酶活性 Urease					
	苗期 Seedling	拔节期 Shooting	大喇叭口期 Large bellng	抽雄期 Tasseling	灌浆期 Filling	成熟期 Autumn
NPK+HM	0.60 a	0.62 a	0.62 a	0.61 a	0.60 a	0.59 a
NPK+MM	0.59 a	0.58 ab	0.59 ab	0.59 ab	0.59 ab	0.59 a
NPK+LM	0.52 b	0.56 ab	0.57 ab	0.56 ab	0.58 b	0.55 ab
NPK	0.43 c	0.43 c	0.43 c	0.48 c	0.49 c	0.49 c
30%NPK+HM	0.55 ab	0.56 ab	0.56 b	0.54 bc	0.57 b	0.54 b
50%NPK+MM	0.58 ab	0.57 ab	0.59 ab	0.56 ab	0.58 b	0.57 ab
70%NPK+LM	0.54 ab	0.55 b	0.57 b	0.53 bc	0.57 b	0.54 b

2.2 不同施肥处理对玉米田土壤微生物量碳、氮的影响

2.2.1 土壤微生物量碳 表 6 显示,施用有机肥处理基本均能显著增加土壤微生物量碳的含量。在化肥不减量条件下,随着有机肥施用量的增加,除成熟期低量有机肥处理外,在玉米其余各生育期,各处理的土壤微生物量碳含量均较 NPK 处理显著提高。而在化肥减量处理中,玉米不同生育期 50%

NPK+MM 处理的土壤微生物量碳含量均显著高于 NPK 处理,但总体以 50% NPK+MM 处理的土壤微生物量碳含量最高,虽然在玉米同一生育期下,其土壤微生物量碳含量低于 NPK+HM 处理,但与 NPK+MM 处理比较接近,且二者之间无显著差异。可见,化肥适当减量对土壤生物量碳含量的影响较小。

表 6 不同施肥处理对玉米田土壤微生物量碳含量的影响

Table 6 Effects of different fertilization treatments on SMBC

mg/kg

处理 Treatment	SMBC					
	苗期 Seedling	拔节期 Shooting	大喇叭口期 Large bellng	抽雄期 Tasseling	灌浆期 Filling	成熟期 Autumn
NPK+HM	191.20 a	181.20 a	206.62 a	197.62 a	190.17 a	185.22 a
NPK+MM	174.31 ab	164.31 ab	194.33 ab	172.18 ab	173.87 ab	164.47 ab
NPK+LM	164.87 b	158.21 ab	167.52 ab	167.66 ab	165.10 ab	146.04 bc
NPK	112.51 c	115.85 c	99.45 c	108.79 c	92.02 c	114.42 c
30%NPK+HM	167.92 b	151.26 b	166.69 ab	149.99 b	157.51 ab	152.18 ab
50%NPK+MM	179.63 ab	159.63 ab	160.18 b	156.29 b	164.74 ab	163.32 ab
70%NPK+LM	166.43 b	156.43 b	160.04 b	155.38 b	144.02 b	156.30 ab

2.2.2 土壤微生物量氮 表 7 表明,在玉米的不同生育期,无论化肥减量还是不减量,施用有机肥均能显著增加土壤微生物量氮含量,且化肥减量或是不减量的各处理之间差异均不显著。这表明在施用有

机肥条件下,化肥减量不会改变土壤微生物量氮的含量。因此,在小麦-玉米轮作模式下,化肥减量有一定的可行性和合理性。

表 7 不同处理施肥对玉米田土壤微生物量氮含量的影响

Table 7 Effects of different fertilization treatments on SMBN

mg/kg

处理 Treatment	SMBN					
	苗期 Seedling	拔节期 Shooting	大喇叭口期 Large bellng	抽雄期 Tasseling	灌浆期 Filling	成熟期 Autumn
NPK+HM	31.74 a	33.04 a	32.71 a	31.67 a	31.52 a	32.68 a
NPK+MM	30.61 ab	31.93 ab	32.26 ab	30.94 ab	30.21 ab	31.27 ab
NPK+LM	29.89 ab	30.85 ab	30.85 ab	30.47 ab	29.50 ab	31.19 ab
NPK	23.32 c	23.75 c	22.75 c	22.48 c	23.17 c	22.26 c
30%NPK+HM	28.30 b	29.87 b	30.21 b	29.51 ab	29.81 ab	29.23 ab
50%NPK+MM	28.96 b	30.57 b	30.57 ab	30.26 ab	29.57 ab	31.21 ab
70%NPK+LM	28.79 b	29.95 b	29.29 b	29.11 b	28.33 b	27.74 b

2.3 不同施肥处理对玉米田土壤呼吸强度的影响

从图 1 可以看出,随着玉米生育期的推进,不同施肥处理的土壤呼吸强度呈现出波动性变化,但变

化趋势无明显差异。除 NPK+MM 处理外,各施肥处理的土壤呼吸强度均是从苗期开始上升,并于大喇叭口期达到最高值,之后随着气温的逐渐下降土

壤呼吸强度亦逐渐变弱。另外,各处理的土壤呼吸强度在抽雄期均明显降低,这主要是由于该时期降雨集中,导致土壤湿度增大、孔隙度减少所致。在玉米的整个生育期,NPK 处理的土壤呼吸强度总体较

低,而 NPK+HM 和 50%NPK+MM 处理土壤的呼吸强度均明显高于其余处理,这表明施用有机肥能增加微生物的活性,促进有机质的分解,从而使土壤呼吸强度增加。

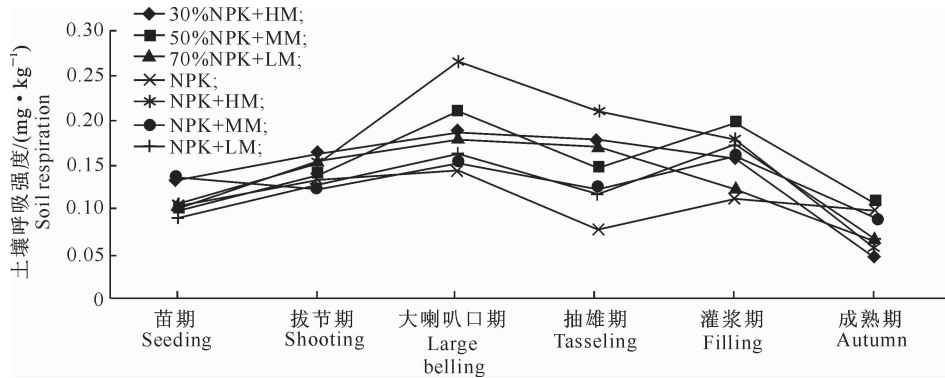


图 1 各施肥处理对不同生育期玉米地土壤呼吸强度的影响
Fig.1 Effects of different fertilization treatment on soil respiration

3 讨 论

3.1 化肥减量处理下土壤酶活性的变化

土壤酶来自土壤微生物、植物和动物的活体或残体,通过催化土壤的生化反应而发挥着重要作用。土壤酶活性是表征土壤生物活性和土壤肥力的重要指标^[13]。土壤酶直接参与土壤中的物质转化、养分释放和固定过程,与土壤肥力密切相关^[14]。不同的施肥处理会对土壤微生物量、区系组成及代谢水平产生影响,从而使土壤酶活性发生变化。本试验中,在化肥减量或不减量处理中,中量、高量有机肥处理的土壤蔗糖酶活性均高于低量有机肥处理,这表明土壤蔗糖酶活性会随着有机肥施用量的增加而提高,这与邱莉萍等^[6]的研究结果类似。本研究发现,土壤蔗糖酶活性随着玉米生育期的推进而呈现出整体下降趋势,这可能与玉米生育期遇到气温降低、植物根系分泌减少和糖代谢减弱有关。本研究结果表明,无论是在化肥减量还是不减量处理中,土壤多酚氧化酶的活性均随着有机肥用量的增加而降低,这表明多酚氧化酶的活性与土壤养分状况不存在正相关关系。熊明彪等^[15]研究表明,多酚氧化酶的活性与土壤养分状况呈一定的负相关。姜小凤等^[16]的研究也表明,多酚氧化酶与土壤腐殖化程度呈负相关。刘秀清等^[17]研究表明,多酚氧化酶活性与土壤有机质、全氮、全磷含量呈显著的负相关。关松荫^[18]在 1986 年对贵州黄壤的研究中也得出过类似结论,即土壤养分越低,多酚氧化酶的活性就越高。而本试验结果进一步验证了以上研究结论。本研究

中,不同施肥处理的土壤脲酶活性在玉米的大喇叭口期出现峰值,这是由于大喇叭口期玉米以营养生长为主,吸收氮的强度大,使得脲酶活性随之增强。本研究结果表明,无论在化肥减量还是不减量处理中,高有机肥处理土壤的过氧化氢酶活性变化不是很大,且其在各施肥处理中分布规律的差异不明显,说明施肥不是影响过氧化氢酶的主要因素,这与樊军等^[19]的研究结果相似。

3.2 化肥减量处理下土壤微生物量碳、氮含量的变化

施肥能够提高土壤微生物量碳、氮含量,且化肥配施有机肥的效果更为明显,其原因是增施有机肥增加了作物的生物学产量,改善了土壤理化环境,有利于土壤有机质的降解和微生物量碳、氮的增加^[20]。本试验发现,NPK+HM 处理显著提高了土壤微生物量碳、氮含量,主要是由于大量有机肥的施用为土壤微生物提供了充足的碳源,增加了微生物的数量,从而提高了土壤微生物的生物量。本试验结果表明,在化肥不减量条件下,土壤微生物碳、氮含量会随着土壤有机质含量的增加而增大,这与前人的研究结果相符^[21]。但本研究也表明,在化肥减量条件下,土壤微生物量碳出现了一定的波动。在玉米的生长前期(苗期—拔节期),虽然根系生长迅速且分泌物增多,但也正是由于生长迅速,其吸收土壤养分的速度也不断增加,因此不同施肥处理土壤微生物量碳含量基本均呈下降趋势;在玉米的大喇叭口期,土壤微生物量碳、氮出现了一个峰值,这可能是玉米在生长高峰时期对养分需要强烈,根系活

化养分的能力和土壤微生物的活性增强,从而使得土壤微生物量碳、氮含量增加。在玉米生长后期(大喇叭口期一成熟期),根系对土壤养分的吸收速率低于生长前期和中期,养分活化能力下降,同时随着温度的下降土壤微生物的活性也开始下降,土壤微生物量碳、氮含量亦随之减少,这与沈宏等^[9]的研究结果一致。

3.3 化肥减量处理下土壤呼吸强度的变化

土壤呼吸是指土壤产生并释放 CO₂ 的过程^[22]。虽然根系呼吸占土壤呼吸的大部分,但是土壤微生物在土壤碳循环中发挥着很重要的作用^[23-24]。本研究发现,不同施肥处理的土壤呼吸强度在玉米各个生育时期表现不同,但在大喇叭口期各处理呼吸强度基本上均达到最高点。这是由于此时处于夏季,气温较高,土壤微生物的代谢比较旺盛,同时由于该时期的玉米正处于快速生长阶段,根系分泌物的增加和有机质的积累,为微生物提供了可以利用的底物,因此促进了微生物的呼吸作用。从大喇叭口期至抽雄期,各处理的呼吸强度均有所下降,这可能与此时土壤湿度较大有关。本试验中,有机肥配施化肥处理的土壤呼吸作用明显高于 NPK 处理,特别是 NPK+HM 和 50%NPK+MM 处理。这是因为施入中量有机肥增加了土壤有机质的含量,改善了土壤物理性质,促进了微生物生长,提高了土壤酶活性,加大了有机物质的分解速率,增强了土壤呼吸排放 CO₂ 的作用。

4 结 论

不论在化肥减量还是不减量条件下,增施有机肥可以提高土壤蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶的活性以及土壤微生物量碳、氮含量,但土壤多酚氧化酶活性却明显下降;在施用有机肥的条件下,不同的化肥减量处理对土壤蔗糖酶、脲酶、多酚氧化酶的活性以及土壤微生物量碳、氮含量的影响不同,且化肥减量 50%+中量有机培肥(50%NPK+MM)处理与化肥不减量+高量有机培肥(NPK+HM)处理对土壤酶活性以及微生物量碳、氮的作用几乎一致,故在小麦-玉米轮作模式中,化肥的适度减量有一定科学性,在土壤培肥实践中是可行的。

[参考文献]

[1] 王学春,李 军,樊廷录.黄土旱塬不同施肥水平下小麦玉米轮作的产量与土壤水分效应模拟研究[J].植物营养与肥料学报,2008,14(2):242-251.

Wang X C,Li J,Fan T L. Modeling the effects of winter wheat and spring maize rotation under different fertilization treatments on yield and soil water in rain-fed highland of Loess Plateau [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2008,14 (2):242-251. (in Chinese)

[2] 陈新平,周金池,王兴仁,等.小麦-玉米轮作制中氮肥效应模型的选择:经济和环境效益分析[J].土壤学报,2000,37(3):346-353.

Chen X P,Zhou J C,Wang X R,et al. Model of nitrogen fertilizer in wheat-maize rotation system-analysis of the economic and environmental benefits [J]. Acta Pedologica Sinica,2000, 37(3):346-353. (in Chinese)

[3] 张 明,同延安,郭俊炜,等.陕西关中小麦/玉米轮作区氮肥用量及施氮现状评估[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2011,39(4):152-164.

Zhang M,Tong Y A,Guo J W,et al. Determination of reasonable nitrogen use and evaluation of application status in wheat/maize rotation system in Guanzhong area of Shaanxi Province [J]. Journal of Northwest A&F University:Nat Sci Ed,2011, 39(4):152-164. (in Chinese)

[4] 樊廷录,周广业,王 勇,等.甘肃省黄土高原旱地冬小麦-玉米轮作制长期定位施肥的增产效果[J].植物营养与肥料学报,2004,10(2):127-131.

Fan T L,Zhou G Y,Wang Y,et al. Modeling the effects of winter wheat and spring maize rotation under the long-term location fertilizer increase yield in Loess Plateau Gansu Province [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2004,10(2):127-131. (in Chinese)

[5] 王 平.长期施肥对小麦/玉米间作体系土壤酶活性与养分的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2009.

Wang P. Effects of long-term fertilization on soil enzyme activity and nutrient of wheat-maize intercropping system [D]. Lanzhou:Gansu Agricultural University,2009. (in Chinese)

[6] 邱莉萍,刘 军,和文祥,等.长期培肥对土壤酶活性的影响[J].干旱地区农业研究,2003,21(4):44-47.

Qiu L P,Liu J,He W X,et al. Effect of long-term fertilization on soil enzymatic activities [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2003,21(4):44-47. (in Chinese)

[7] 李 娟,赵秉强,李秀英,等.长期不同施肥条件下土壤微生物量及土壤酶活性的季节变化特征[J].植物营养与肥料学报,2009,15(5):1093-1099.

Li J,Zhao B Q,Li X Y,et al. Seasonal variation of soil microbial biomass and soil enzyme activities in different long-term fertilizer regimes [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2009,15(5):1093-1099. (in Chinese)

[8] 李 娟,赵秉强,李秀英,等.长期有机无机肥料配施对土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2008,41 (1):144-152.

Li J,Zhao B Q,Li X Y,et al. Effects of long-term combined application of organic and mineral fertilizers on soil microbiological properties and soil fertility [J]. Scientia Agricultura Sinica,2008,41(1):144-152. (in Chinese)

- [9] 沈 宏,曹志红,徐本生.玉米生长期土壤微生物量与土壤酶变化及其相关性研究[J].应用生态学报,1999,10(4):471-474.
Sheng H,Cao Z H,Xu B S. Dynamics of soil microbial biomass and soil enzyme activity and their relationships during maize growth [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(4): 471-474. (in Chinese)
- [10] 李振高,骆永明,滕 应.土壤与环境微生物研究方法[M].北京:科学出版社,2008.
Li Z G,Lou Y M,Teng Y. Study on soil and environmental microbial [M]. Beijing: Science Press, 2008. (in Chinese)
- [11] 林启美,吴玉光,刘焕龙.熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进[J].生态学报,1999,18(2):63-66.
Lin Q M,Wu Y G,Liu H L. Modification of fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carbon [J]. Chinese Journal of Ecology, 1999, 18(2): 63-66. (in Chinese)
- [12] Vance E D, Brookes P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C [J]. Soil Biol& Biochem, 1987, 19: 703-707.
- [13] 孙瑞莲,赵秉强,朱鲁生,等.长期定位施肥对土壤酶活性的影响及其调控土壤肥力的作用[J].植物营养与肥料学报,2003,9(4):406-410.
Sun R L,Zhao B Q,Zhu L S, et al. Effects of long-term fertilization on soil enzyme activities and its role in adjusting-controlling soil fertility [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2003, 9(4): 406-410. (in Chinese)
- [14] 张宪武.土壤微生物研究:理论、应用、新方法[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1993:13-24.
Zhang X W. Study on soil microorganism: theory, application, new method [M]. Shenyang: Liaoning Technology and Science Publishing, 1993: 13-24. (in Chinese)
- [15] 熊明彪,田应兵,雷孝章,等.小麦生长期土壤养分与土壤酶活性变化及其相关性研究[J].水土保持学报,2003,17(4):27-30.
Xing M B,Tian Y B,Lei X Z, et al. Dynamics of soil nutrition and soil enzyme activity and their relationships during wheat growth [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(4): 27-30. (in Chinese)
- [16] 姜小凤,王淑英,丁宁平.施肥方式对旱地土壤酶活性和养分含量的影响[J].核农学报,2010,24(1):136-142.
Jiang X F,Wang S Y,Ding N P. Effect of different fertilization soil enzyme activity and nutrients [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2010, 24(1): 136-142. (in Chinese)
- [17] 刘秀清,章 铁,孙晓莉.沿江丘陵区土壤酶活性与土壤肥力的关系[J].中国农学通报,2007,23(7):341-344.
Liu X Q,Zhang T,Sun X L. The relation between soil enzyme activities and soil fertility factors in the low hill lands a long Yantze river [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(7): 341-344. (in Chinese)
- [18] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986.
Guan S Y. Study on soil enzyme and method [M]. Beijing: Agriculture Press, 1986. (in Chinese)
- [19] 樊 军,郝明德.长期轮作与施肥对土壤酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2003,9(1):9-13.
Fan J,Hao M D. Effect of crop rotation and continuous planting on soil enzyme activities [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2003, 9(1): 9-13. (in Chinese)
- [20] 刘恩科,赵秉强,李秀英,等.长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J].植物生态学报,2008,32(1):176-182.
Liu E K,Zhao B Q,Li X Y, et al. Biological properties and enzymatic activity of arable soils affected by long-term different fertilization systems [J]. Journal of Plant Ecology, 2008, 32(1): 176-182. (in Chinese)
- [21] 俞 慎,李 勇,王俊华,等.土壤微生物生物量作为红壤质量生物指标的探讨[J].土壤学报,1999,36(3):413-421.
Yu S,Li Y,Wang J H, et al. Study on the soil microbial biomass as bioindicator of soil quality in the red earth ecosystem [J]. Acta Pedologica Sinica, 1999, 36(3): 413-421. (in Chinese)
- [22] 李玉宁,王关玉,李 伟,等.土壤呼吸作用和全球碳循环[J].地学前缘,2002(2):352-357.
Li Y N,Wang G Y,Li W, et al. Soil respiration and carbon cycle [J]. Earth Science Frontiers, 2002(2): 352-357. (in Chinese)
- [23] Edwards N T. Root and soil respiration responses to ozone in *Pinus taeda* L. seedlings [J]. New Phytol, 1991, 118: 315-321.
- [24] Thierron V, Laudelout H. Contribution of root respiration to total CO₂ efflux from the soil of a deciduous forest [J]. Can J For Res, 1996, 26: 1142-1148.