

砾石覆盖农田土壤酶活性的动态变化特征

邱 阳, 谢忠奎, 任吉龙, 王亚军

(中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 在不同时期采集了砾石覆盖、未覆盖连作西瓜农田和撂荒地的表层土壤, 测定了土壤中主要微生物数量和过氧化氢酶、淀粉酶、多酚氧化酶及脱氢酶活性, 并研究了作物生育期内土壤酶活性的变化特点。结果表明, 砾石覆盖处理的农田土壤微生物数量处于较低水平, 其真菌数量发生了显著下降, 而细菌和放线菌数量则介于未覆盖农田和撂荒地之间。在整个生育期内, 不同处理下土壤酶活性变化显著不同, 但多在西瓜生长旺盛的抽蔓期和结果期达到极值。作物生长和砾石覆盖对于酶活性的影响作用很大, 这为进一步研究砾石覆盖对农田土壤环境影响的机理及砾石覆盖科学管理提供基础依据。

关键词: 砾石覆盖; 农田; 土壤酶活性; 动态变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0109-04

中图分类号: S154

Dynamic Characters of Soil Enzyme Activities in Gravel-sand Mulch Cropland

QIU Yang, XIE Zhong-kui, Ren Ji-long, WANG Ya-jun

(Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute,
Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: Topsoil samples were collected from unmulched cropland, abandoned cropland and continuous watermelon cropland at different times. The samples were analyzed for soil microbial population and catalase, amylase, polyphenol oxidase and dehydrogenase activities. Then the dynamic characters of soil enzyme activities in crop growth period were studied. The soil microbial population of cropland with gravel-sand mulch was at a low level, the number of fungi decreased significantly, and both of the number of bacteria and actinomycetes in mulched cropland were between those in unmulched cropland and abandoned cropland. Dynamic characters of soil enzyme activities in different treatments were significantly different in crop growth period and however, most of soil enzyme activities reached a maximum value in vining stage or fruiting period. The crop growth and gravel-sand mulch had strong effects on soil enzyme activities. The results can provide a theory basis for the sustainable utilization and scientific management of the gravel-sand mulch cropland.

Keywords: gravel-sand mulching; cropland; soil enzyme activity; dynamic

农田砾石覆盖是中国一种传统的抗旱栽培方式, 至今已有 300 a 余的历史。研究证明, 砾石覆盖可减少土壤蒸发, 增加土壤温度, 提高产量和水分利用率^[1]。在黄土高原西部地区, 砾石覆盖农田的面积逐年增加, 甘肃省 20 世纪 90 年代末期, 砾石覆盖面积达到 118 000 hm², 比 30 年代增加了将近 6 倍^[2]。

不同土地利用方式的土壤性质不同, 合理的土地利用方式可以改善土壤结构, 增强土壤对外界环境变化的抵抗力^[3]。微生物和土壤酶是土壤的重要组成部分, 在土壤物质和能量转化过程中起着重要作用,

其不仅能反映土壤生物活性的高低, 而且能表征土壤养分转化的快慢, 在一定程度上反映了土壤的肥力状况^[4]。国内外关于土壤酶的研究较多, 但主要集中于农业、林业不同类型和肥力水平土壤的酶活性及施用有机肥和无机肥对土壤酶活性的影响等方面^[5-6], 关于不同耕作方式对土壤酶活性的影响也有一些研究报道^[7-8], 但对于黄土高原砾石覆盖条件下土壤酶活性的动态变化研究尚未见详细报道。为此, 本试验通过测定砾石覆盖农田土壤多酚氧化酶, 过氧化氢酶等 4 种酶活性在不同作物生长时期的变化, 探索了砾石

收稿日期: 2013-01-23

修回日期: 2013-05-02

资助项目: 中国科学院农业项目“黄土高原中西部地区资源高效型生态农业研究与示范”(CASN-115-06-08)

作者简介: 邱阳(1986—), 男(汉族), 河南省驻马店市人, 在读博士研究生, 主要从事干旱区农业生态学研究。E-mail: qiu6646@163.com。

覆盖条件下土壤酶活性的动态变化规律,以期为进一步研究砾石覆盖对农田土壤环境影响的机理及砾石覆盖科学管理提供基础依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

本研究试验区选在中国科学院寒区旱区环境与工程研究所皋兰生态与农业综合试验站(36°13'N, 103°47'E)。该站位于黄土高原西北部的皋兰县境内,海拔高度在 1 459~2 445 m。年平均降水量为 263 mm,降水的变率很大,70%的降雨分布在 6—9 月,最大年降水量为 392.4 mm,最小年降水量 154.9 mm,年降水量相对变率 21.9%。多年月平均气温 7.1 °C,最低气温 -9.1 °C(1 月),最高气温 20.7 °C(7 月), ≥ 0 °C 的年积温 3 324.5 °C。年潜在蒸发量 930.6 mm,年水分亏缺量 681.6 mm。该区地带性土壤类型为灰钙土,母质为黄土,在中国土壤系统分类中为筒育雏形干旱土。

1.2 试验设置及样品采集

试验设置 3 个处理:(1) 对照,未经过砾石覆盖的连作西瓜农田(CK);(2) 砾石覆盖处理下的连作西瓜农田,选取已经覆盖 3 a,土壤理化性质稳定的瓜田(G);(3) 撂荒的砂田(S),其中本氏羽茅、阿尔泰紫菀与小黄菊为群丛中的主要种类。每个处理重复 3 次,共 9 个小区,每个小区面积为 50 m²,田间随机区组排列。西瓜品种为西农 8 号,3 月底播种,行距 1.0 m,间距 0.6 m。在整个西瓜生长时期,每 1 hm² 施加 30 000 kg 的粪肥,1 500 kg 的豆饼肥以及 150 kg N 肥,90 kg 的 P₂O₅ 和 99 kg 的 K₂O。2011 年分别于发芽期(4 月 15 日),幼苗期(5 月 27 日),抽蔓期(7 月 3 日),结果期(8 月 29 日),收获后(10 月 17 日)取土样,在各样地选取五点采用 S 型混合采样法,采集 0—20 cm 深度的土壤样品,装入无菌袋中。采集的土样迅速带回实验室,剔除可见的动、植物残体和石块。土样经风干处理后磨细并过 1 mm 筛用于分析土壤酶活性及土壤微生物。供试土壤基本理化性质见表 1。

表 1 供试农田土壤基本性质

处理	全氮/ (g · kg ⁻¹)	全磷/ (g · kg ⁻¹)	全钾/ (g · kg ⁻¹)	有机质/ (g · kg ⁻¹)	pH 值	容重/ (g · cm ⁻³)
G	0.86	1.41	22.12	9.14	8.06	1.41
CK	0.97	1.55	23.27	11.72	8.01	1.22
S	0.92	1.25	20.81	8.83	7.79	1.35

1.3 测定方法

用常规方法测定土壤的基本理化性质^[9]。土壤有机碳含量采用重铬酸钾容量法——外加热法。细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂平板表面涂布法;真菌采用查彼克氏培养基平板表面涂布法;放线菌采用改良高氏 1 号合成培养基平板表面涂布法。过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法,结果以每 1 g 风干土壤滴定所需 0.02 mol/L 的 KMnO₄ 的 ml 数来表示。脱氢酶采用 TTC 比色法,结果以 6 h 后 1 g 土壤中产生的三苯基甲臜的量表示。多酚氧化酶活性采用邻苯三酚比色法,结果以 2 h 后每克风干土壤生成的红紫醌的毫克数表示。淀粉酶活性采用 3,5—二硝基水杨酸比色法,结果以 24 h 后 1 g 土壤中麦芽糖的 mg 数表示^[10-11]。

采用 SAS V8 和 Origin 8.0 进行数据处理。多重比较采用 Duncan 新复极差法测验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤微生物的影响

土壤微生物的数量受到土壤温度、湿度、通气状

况、耕作制度、有机质含量及作物种类等的影响。由表 2 可以看出,不同处理下的土壤微生物数量分布变化明显,其中 CK 处理的总微生物数量最高,砾石覆盖下的农田土壤总微生物数量介于未覆盖农田和撂荒地之间,撂荒地的微生物数量较低。农田覆盖砾石之后真菌的数量显著下降,G 处理的真菌数量最低,但其细菌数量和放线菌数量均介于未覆盖农田和撂荒地之间。土壤真菌由于菌体或生物量较大,因而在改善土壤质量,促进植物生长方面具有不可忽视的作用。但是,G 处理土壤微生物总数中真菌所占的比例变小,因此,对于该地区土壤质量改善方面的作用就相对小了很多。农田砾石覆盖后微生物数量的下降有很多原因,例如由于覆盖层的存在,隔离了土壤和外界的物质交换。同时由表 1 可见,砾石覆盖层对土壤有一个“压实”效应,增大了土壤容重,从而减少了土壤的孔隙度,这可能对土壤中微生物的呼吸产生影响,从而降低了微生物数量。

2.2 不同处理土壤酶活性的动态变化

2.2.1 不同处理对土壤过氧化氢酶的影响 过氧化氢酶是衡量土壤中氧化过程的方向和强度的指标,其

活性可以反映土壤解除呼吸过程中产生过氧化氢的能力^[12]。由图 1 可以看出,不同处理土壤过氧化氢酶活性变化不同。G 处理过氧化氢酶活性前期升高,然后酶活性稳定保持到抽蔓期后开始下降。CK 处理过氧化氢酶活性开始一直保持下降趋势,至结果期时

开始升高。S 处理过氧化氢酶活性则一直保持在一个较稳定的状态。幼苗期和抽蔓期 G 处理过氧化氢酶活性显著高于 CK 处理和 S 处理,而在结果期 CK 处理显著高于 G 处理和 S 处理。这表明砾石覆盖下的农田中,西瓜生育期内土壤氧化过程强度较高。

表 2 砾石覆盖对农田土壤主要土壤微生物数量的影响

处理	微生物总数/ (10 ⁴ CFU·g ⁻¹)	真菌		细菌		放线菌	
		10 ³ CFU/g	%	10 ⁴ CFU/g	%	10 ⁴ CFU/g	%
G	55.98aA	0.54cB	0.11	51.61aA	92.13	4.32bB	7.72
CK	58.02aA	0.78aA	0.13	52.12aA	89.83	5.82aA	10.03
S	49.51aA	0.71bA	0.14	45.67bB	92.24	3.77cC	7.61

注:不同大写和小写字母分别表示 $p < 0.01$ 和 $p < 0.05$ 水平差异显著。

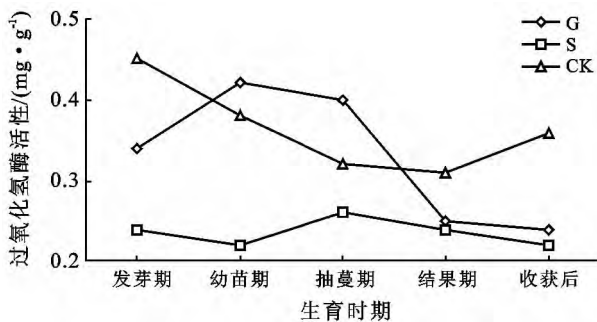


图 1 不同处理土壤过氧化氢酶活性的变化

2.2.2 不同处理对土壤多酚氧化酶的影响 多酚氧化酶参与土壤有机组分中芳香族化合物的转化作用,是腐殖化的一种媒介,是土壤氧化还原酶中了解最多的一种酶。由图 2 可以看出,不同处理之间土壤多酚氧化酶活性变化均呈先降后升的趋势,其中 G 处理土壤多酚氧化酶活性先下降后又迅速上升,在结果期其酶活性与 S 处理大致接近。G 处理土壤多酚氧化酶活性变化幅度最大,从幼苗期开始先剧烈下降而后在抽蔓期后迅速升高,在整个生育期内其多酚氧化酶活性都要显著低于 CK 处理和 S 处理。在作物生长活动旺盛的发芽期,多酚氧化酶活性普遍较高,表明此时土壤中腐殖化进程较强,以便为作物发育提供养料。

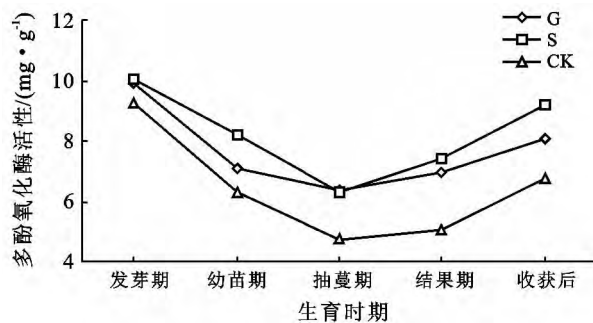


图 2 不同处理土壤多酚氧化酶活性的变化

2.2.3 不同处理对土壤淀粉酶的影响 淀粉是土壤有机残体的组成成分,淀粉酶是参与自然界碳循环的一种重要的酶。由图 3 可以看出,不同处理土壤淀粉酶活性变化不同。S 处理淀粉酶活性前期下降,在结果期达到最低后开始上升。G 处理的淀粉酶活性在整个生育期内一直保持下降趋势,并且下降幅度大于 G 处理和 CK 处理,并且 S 处理的淀粉酶在整个生育期内都要显著高于 G 处理和 CK 处理。CK 处理淀粉酶活性在发芽期到幼苗期下降,并在抽蔓期缓慢上升后迅速下降,至结果期达到最低后迅速上升。在收获后,土壤中的有机残体数量增多,从而导致淀粉酶活性升高。

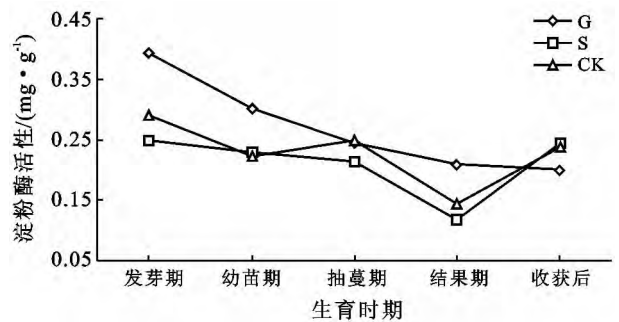


图 3 不同处理土壤淀粉酶活性的变化

2.2.4 不同处理对土壤脱氢酶的影响 脱氢酶能酶促碳水化合物和有机酸的脱氢反应,它起着氢的中间传递体的作用。不同处理下土壤脱氢酶活性的变化由图 4 可以看出,不同处理之间土壤脱氢酶活性变化均呈先升后降的趋势。其中 G 处理和 CK 处理土壤脱氢酶活性先缓慢上升,至抽蔓期达到最高而后迅速降低,其变化趋势十分相近。S 处理土壤脱氢酶活性从幼苗期开始先缓慢下降而后再缓慢升高,至抽蔓期后轻微降低。在抽蔓期,CK 处理脱氢酶活性略高于 G 处理和 S 处理。

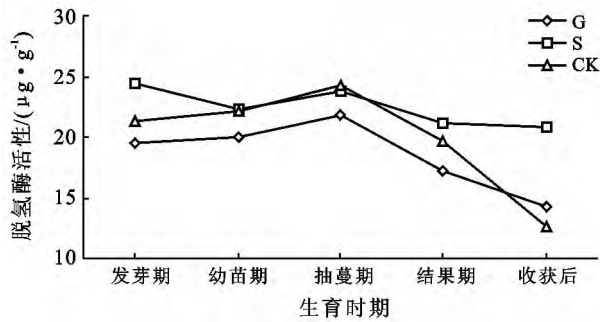


图 4 不同处理土壤脱氢酶活性的变化

3 结论

高英美等^[13]的研究表明,生物覆盖提高了根际土壤微生物的活动,细菌与真菌数量显著增加。但砾石覆盖并没有使土壤中微生物得到明显增加,反而略微降低了农田土壤中的微生物数量,尤其是显著地降低了土壤中的真菌数量。从总体看来,砾石覆盖农田土壤的微生物数量介于未覆盖的农田土壤和撂荒地土壤的微生物数量之间。

通过对不同处理下的土壤中过氧化氢酶,多酚氧化酶,淀粉酶和脱氢酶的研究,结果表明,不同处理下土壤酶活性在生育期变化显著不同,但在整个生育期内,不同处理下土壤酶活性有时具有较相似的变化趋势,且多在作物生长旺盛的抽蔓期和结果期达到极值,这说明作物生长对于酶活性的影响作用很大。其中砾石覆盖农田土壤中的多酚氧化酶活性在整个生育期内均介于未覆盖农田土壤和撂荒地土壤的多酚氧化酶含量之间,但其土壤中淀粉酶活性在整个生育期内均高于未覆盖农田和撂荒地土壤中的淀粉酶含量,而其脱氢酶活性在生育期内的大多数时期都要低于未覆盖农田和撂荒地土壤中的脱氢酶含量。砾石覆盖农田与未覆盖的农田在土壤酶活性变化上的显著差异,可能与砾石覆盖层对土壤环境的改变有关,同时也可能与黄土高原地区土壤酶活性受水分条件影响有关。这种显著变化对砾石覆盖农田的土壤质量

影响很大,因此本试验的研究只是一个初步探讨,需做进一步深入的研究。

[参 考 文 献]

- [1] Li Xiaoyan. Gravel-sand mulch for soil and water conservation in the semiarid loess region of northwest China [J]. *Catena*, 2003, 52(2): 105-127.
- [2] 陈士辉, 谢忠奎, 王亚军, 等. 不同粒径砂石覆盖的西瓜田水分效应研究[J]. *中国沙漠*, 2005, 25(5): 433-436.
- [3] 田慧, 谭周进, 屠乃美, 等. 少免耕土壤生态学效应研究进展[J]. *耕作与栽培*, 2006(5): 10-12.
- [4] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展[J]. *应用与环境生物学报*, 2003, 9(1): 105-109.
- [5] 米国全, 袁丽萍, 龚元石, 等. 不同水氮供应对日光温室番茄土壤酶活性及生物环境影响的研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(7): 124-127.
- [6] 张焱华, 吴敏, 何鹏, 等. 土壤酶活性与土壤肥力关系的研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(34): 11139-11142.
- [7] Burns R G. Enzyme activity in soil: Implication and a possible role in microbial ecology[J]. *Soil Biol. & Biochem.*, 1982, 12(5): 423-427.
- [8] Powlson D S, Prookes P C, Christensen B T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw in corporation[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1987, 19(2): 159-164.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 中国农业出版社, 2000: 1-495.
- [10] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 180-201.
- [11] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 1-304.
- [12] 高秀君, 张仁陟, 杨招弟. 不同耕作方式对旱地土壤酶活性动态的影响[J]. *土壤通报*, 2008, 39(5): 1012-1016.
- [13] 高英美, 宣所川, 冀常军, 等. 覆盖对果园土壤细菌数量年变化的影响[J]. *山西农业学报*, 2000, 20(1): 26-29.