

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2019)01-0021-07

栽培生理

甘肃中部高寒区覆盖栽培对马铃薯 土壤酶活性及产量变化影响

陈和平¹, 窦俊焕^{2*}, 郭天顺², 王 鹏², 李芳弟², 颀炜清², 罗照霞², 齐小东², 吕 汰²

(1. 陇南市武都区农业技术推广中心, 甘肃 陇南 746000; 2. 甘肃省天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741001)

摘 要: 覆盖栽培作为旱作农业节水的关键技术之一, 在适宜条件下可以对马铃薯生长的土壤环境和土壤微生物区系产生影响。通过高寒旱区马铃薯田间试验, 研究露地栽培(OF)、降解地膜覆盖栽培(DF)、黑色地膜覆盖栽培(BF)、秸秆覆盖栽培(SM)和白色地膜覆盖栽培(WF)5种不同覆盖栽培方式对土壤酶活性和马铃薯产量构成的影响。不同土层各处理蔗糖酶、脲酶、过氧化氢酶、碱性磷酸酶活性表现不同。在10 cm土层BF蔗糖酶活性显著高于OF和DF处理, WF、DF过氧化氢酶活性显著低于BF处理, 脲酶活性各处理无显著差异; WF碱性磷酸酶活性显著低于BF处理(10和20 cm土层), SM显著低于DF(30 cm土层)。从酶活性变化垂直分布看出, 随着土层深度增加, 各处理蔗糖酶活性逐渐降低; OF和DF过氧化氢酶活性降低, 其他处理“先升高后降低”; DF和WF碱性磷酸酶、脲酶活性变化规律相似, 表现为“先降低后升高”, 其他处理降低。从植株和块茎性状来看, 主茎数、单株薯重和平均薯重各处理间无显著差异, SM株高和商品薯率(除了OF处理)显著高于其他处理。SM模式下马铃薯产量最高为24 268 kg/hm², 较OF增产7 235 kg/hm², 增幅为42.5%。

关键词: 马铃薯; 覆盖栽培; 土壤酶活性; 产量

Effects of Mulching Cultivation on Soil Enzyme Activities and Yield of Potato in Cold Area of Central Gansu Province

CHEN Heping¹, DOU Junhuan^{2*}, GUO Tianshun², WANG Peng², LI Fangdi²,XIE Weiqing², LUO Zhaoxia², QI Xiaodong², LU Tai²

(1. Wudu District Agricultural Technology Extension Center, Longnan, Gansu 746000, China;

2. Tianshui Institute of Agricultural Sciences, Tianshui, Gansu 741001, China)

Abstract: Mulching cultivation, as one of the key technologies for water saving in dry farming, can affect soil environments of potato growth and soil microecological zone in suitable conditions. Through field trial in the cold region, the influences of five different cultivation methods, including open field cultivation (OF), degraded plastic film mulching cultivation (DF), black plastic film mulching cultivation (BF), straw mulching cultivation (SM) and white plastic film mulching cultivation (WF), were studied on rhizosphere soil enzyme activity and yield components of potato. Activities of invertase, urease, catalase and alkaline phosphatase were different in different soil layers. Invertase activity of BF was significantly higher than those of OF and DF, catalase activities of WF and DF were significantly lower than that of BF, and urease activity had no significant difference in each treatment (10 cm soil layer). Alkaline phosphatase activity of WF was

收稿日期: 2017-03-13

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-10); 甘肃省自然科学基金(1606RJZA178); 2016年天水市科技支撑计划(主粮化马铃薯新品种选育及加工品质分析研究); 甘肃省马铃薯产业技术体系: 中早熟品种选育(CARS-03-P2)。

作者简介: 陈和平(1969-), 男, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广工作。

***通信作者(Corresponding author):** 窦俊焕, 助理研究员, 主要从事马铃薯育种与栽培技术工作, E-mail: doujunhuan@163.com。

significantly lower than that of BF (10 and 20 cm soil layer), and SM was significantly lower than that of DF (30 cm soil layer). According to the vertical distribution of enzyme activity, with the vertical soil depth increasing, invertase gradually decreased in each treatment. Catalase activities of OF and DF were decreased, while others showed a trend of increase, and then decrease. The changes in alkaline phosphatase and urease activities of DF and WF were similar and showed a pattern of decrease, and then increase, while other treatments were decreased. As for plant and tuber traits, there was no significant difference among treatments for the main stem numbers, tuber yield per plant and mean tuber weight. Plant height and marketable tuber percentage (except for OF) of SM were significantly higher than those of other treatments. The yield (24 268 kg/ha) of SM was the highest, which increased by 7 235 kg/ha compared with OF, and increased by 42.5%.

Key Words: potato; mulching cultivation; soil enzyme activity; yield

覆膜栽培一直以来作为甘肃中部高寒区旱作区农业节水栽培的关键示范技术,因地制宜的被应用到不同作物栽培中。马铃薯作为旱作农作物之一,其栽培技术及增产增收备受人们关注。天水是甘肃典型的旱作马铃薯种植区,由于受干旱条件制约,覆膜栽培就成为当地马铃薯抗旱增产的一项重要技术措施^[1]。土地覆膜后,土壤质量、养分性状、生产能力、减药减肥等方面发生了哪些改变和优化,其中一些重要的土壤性状是否得到有效改善,成为研究者们关心的问题^[2]。

土壤酶作为土壤生态系统中物质流和能量流的重要媒介,是土壤微生物和植物根系等产生专一生物化学反应的酶类物质。近年来,由于覆膜栽培能够达到增温保墒、增产增收的效果,覆膜栽培下的土壤温度、土壤含水量、土壤肥力、土壤酶及微生物区系变化特征方面的研究就成为人们关注的热点^[3,4]。周丽霞和丁明懋^[5]从揭膜时期的选择分析土壤酶活性的变化特征。孟立君和吴凤芝^[6]从不同垄沟覆膜栽培分析了不同土层中土壤微生物数量及土壤酶活性变化特征。本研究通过甘肃旱作区马铃薯田间试验,研究不同种类地膜及覆膜栽培方式对马铃薯种植土壤酶活性变化特征及产量的影响,以期完善旱作区地膜栽培技术及地膜有效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在甘肃省天水市中梁试验站(中梁镇何家湾村),该地区海拔 1 650 m,试验地为山旱地,土壤为典型的黄绵土,前茬作物为冬小麦^[1],其基

础土壤养分状况为有效磷 25.9 mg/kg,速效钾 95 mg/kg,碱解氮 54 mg/kg,全氮 0.56 g/kg,全磷 1.12 g/kg,全钾 15.75 g/kg。研究表明,土壤 N、P、K 有效态的转运循环与土壤酶活性息息相关。

1.2 试验材料及来源

试验材料为马铃薯品种‘天薯 12 号’,为马铃薯一级种(G3),由天水市农业科学研究所提供。试验地膜选用厚度为 0.008 mm、幅宽 120 cm 的聚乙烯吹塑农用白膜、黑膜和厚度为 0.012 mm、幅宽 120 cm 的黑色降解地膜。秸秆选用小麦秸秆。

1.3 试验设计

试验采用完全随机区组设计,设 5 个处理,分别为:露地栽培(OF)、降解地膜覆盖栽培(DF)、黑色地膜覆盖栽培(BF)、秸秆覆盖栽培(SM)和白色地膜覆盖栽培(WF)。3 次重复,小区面积 36 m²(15 m × 2.4 m)。播种整地前施尿素(总氮 ≥ 46.4%)224.9 kg/hm²、磷酸二铵(总养分 N + P₂O₅ ≥ 64%)75.0 kg/hm²、有机肥(N + P₂O₅ + K₂O ≥ 5.0%,有机质 ≥ 45%)374.8 kg/hm²、农家肥(腐熟人畜的粪尿)14 992.5 kg/hm²。于 2016 年 4 月 13 日,按照不同覆盖处理打孔点播,6 月 19 日结合培土起垄追施尿素(总氮 ≥ 46.4%)224.9 kg/hm²和磷酸二铵(总养分 N + P₂O₅ ≥ 64%)150.0 kg/hm²,9 月 28 日收获入窖。

1.4 试验方法

在马铃薯生长的成熟期采集土壤样品,分表土层(10 cm)、亚土层(20 和 30 cm)3 个土层梯度,参考“S”形取样法,采取植株垂直下方土壤,每个小区 5 个采样点,将每区 5 个土样混合均匀后采集 500 g;新鲜土样过 0.2 mm 筛后保存于 4 ℃ 冰

箱, 用于土壤酶活性的测定。

测定土壤中脲酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶和过氧化氢酶活性^[6-8], 其中土壤脲酶活性用靛酚蓝比色法测定(以每克土 24 h 产生的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 毫克数表示); 碱性磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法(以每克土 24 h 产生的酚毫克数表示); 蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法(以每克土 24 h 产生的葡萄糖毫克数表示); 土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法(以每克土消耗 0.1 mol/L KMnO_4 毫升数表示)。酶标仪采用 DNM-9602G 型酶标分析仪。

1.5 数据处理

数据统计分析和作图分别采用 SPSS 20.0 和 Excel 2010 软件。数据处理采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和邓肯氏新复极差检验法(DMRT

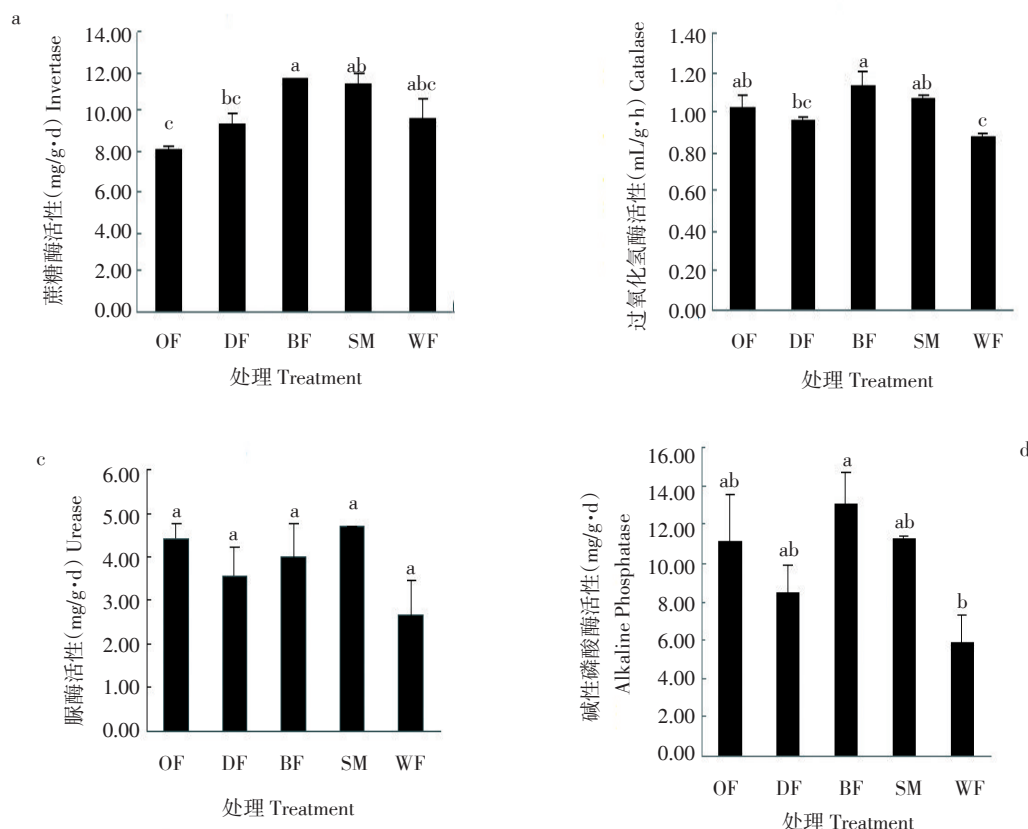
法)进行方差分析和差异显著性检验($\alpha = 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同覆盖栽培模式马铃薯成熟期土壤表土层、亚土层土壤酶活性

由图 1 可以看出, 在表土层(10 cm)土壤中, BF 处理蔗糖酶活性显著高于 OF 和 DF 处理, SM 显著高于 OF, 其他各处理间差异不显著, OF 和 DF 蔗糖酶活性较差, 分别为 8.22 和 9.39 $\text{mg/g} \cdot \text{d}$; WF 和 DF 过氧化氢酶活性与 BF 的差异显著, 且活性较低, 分别为 0.88 和 0.97 $\text{mL/g} \cdot \text{h}$; 脲酶活性各处理间差异不显著; 碱性磷酸酶活性 WF 与 BF 差异显著, 酶活性较低, 为 5.9 $\text{mg/g} \cdot \text{d}$ 。

由图 2 可以看出, 在亚土层(20 cm)土壤中,



误差线为标准误。不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Error bar is SE. Different letter(s) above treatment means indicate significant difference at 0.05 level ($P < 0.05$). The same below.

图 1 表土层(10 cm)土壤酶活性
Figure 1 Soil enzyme activity in topsoil (10 cm)

蔗糖酶活性 BF 处理与其他处理差异显著, 为 $10.62 \text{ mg/g} \cdot \text{d}$; 过氧化氢酶活性 SM 和 BF 处理与 DF 差异显著, 分别为 1.28 和 $1.16 \text{ mL/g} \cdot \text{h}$, DF 较差, 为 $0.88 \text{ mL/g} \cdot \text{h}$; 脲酶活性各处理间差异不显著; 碱性磷酸酶活性 BF、SM 和 OF 与 WF 差异显著, 分别为 16.01 , 13.43 和 $11.66 \text{ mg/g} \cdot \text{d}$ 。

由图 3 可以看出, 在亚土层 (30 cm) 土壤中, 除碱性磷酸酶活性 DF 处理显著高于 SM 处理, 其他酶活性各处理间差异均不显著, 说明在较深土层土壤酶活性差异性明显降低, 受作物及覆膜方式的影响变小。

2.2 不同覆盖栽培模式马铃薯成熟期土壤酶活性垂直分布

由图 4 可以看出, 不同覆盖栽培处理在 10 , 20 和 30 cm 土层 4 种酶活性变化呈现出一定的规律性。随着土层深度增加, 各处理蔗糖酶活性逐渐降低; DF 和 WF 碱性磷酸酶、脲酶活性变化规律相似, 表现为“先降低后升高”, 其他处理降低;

OF 和 DF 过氧化氢酶活性降低, 其他处理“先升高后降低”。

2.3 不同覆盖栽培模式对马铃薯产量构成的影响

由表 1 可知, 各处理主茎数、单株薯重、平均薯重无显著差异, SM 株高和商品薯率 (除了 OF 处理) 显著高于其他处理; 与 OF 处理对比, SM 处理各经济性性状表现最好, 说明秸秆覆盖对马铃薯产量影响要优于其他地膜, 可能原因是秸秆覆盖能良好的保温、保水、降温及改变降水入渗等调节作用有利于薯块膨大, 形成大薯, 提高商品薯率, 进而提高产量。

不同覆盖栽培模式对马铃薯产量影响不同, SM 模式下马铃薯产量最高为 $24\,268 \text{ kg/hm}^2$, 较 OF 增产 $7\,235 \text{ kg/hm}^2$, 增幅为 42.5% ; 其次为 BF, 产量为 $20\,907 \text{ kg/hm}^2$, 较 OF 增产 $3\,874 \text{ kg/hm}^2$, 增幅为 22.7% ; WF 处理的产量为 $17\,229 \text{ kg/hm}^2$, 较 OF 增产 196 kg/hm^2 , 增幅为 1.2% 。

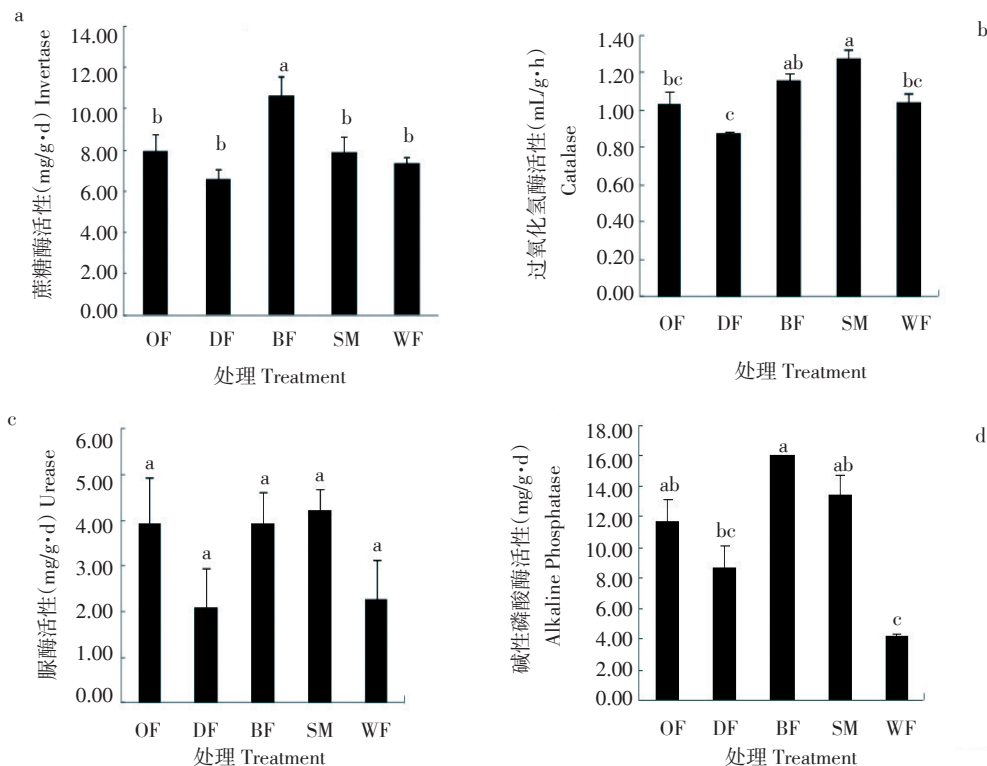


图2 亚土层 (20 cm) 土壤酶活性

Figure 2 Soil enzyme activity in sub-soil layer (20 cm)

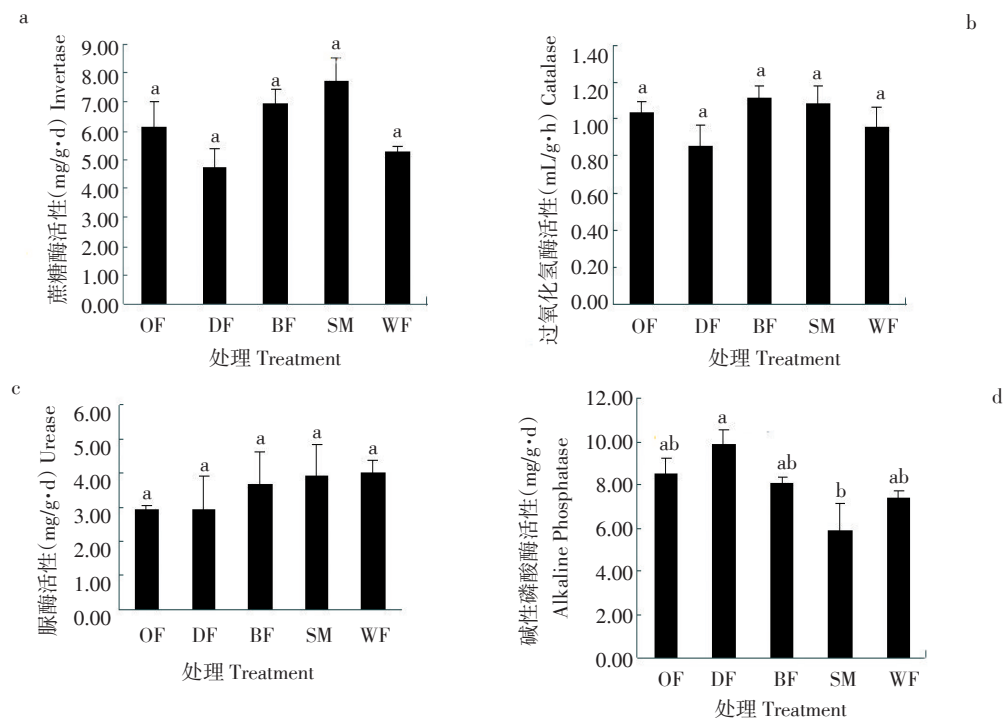


图3 亚土层(30 cm)土壤酶活性

Figure 3 Soil enzyme activity in sub-soil layer (30 cm)

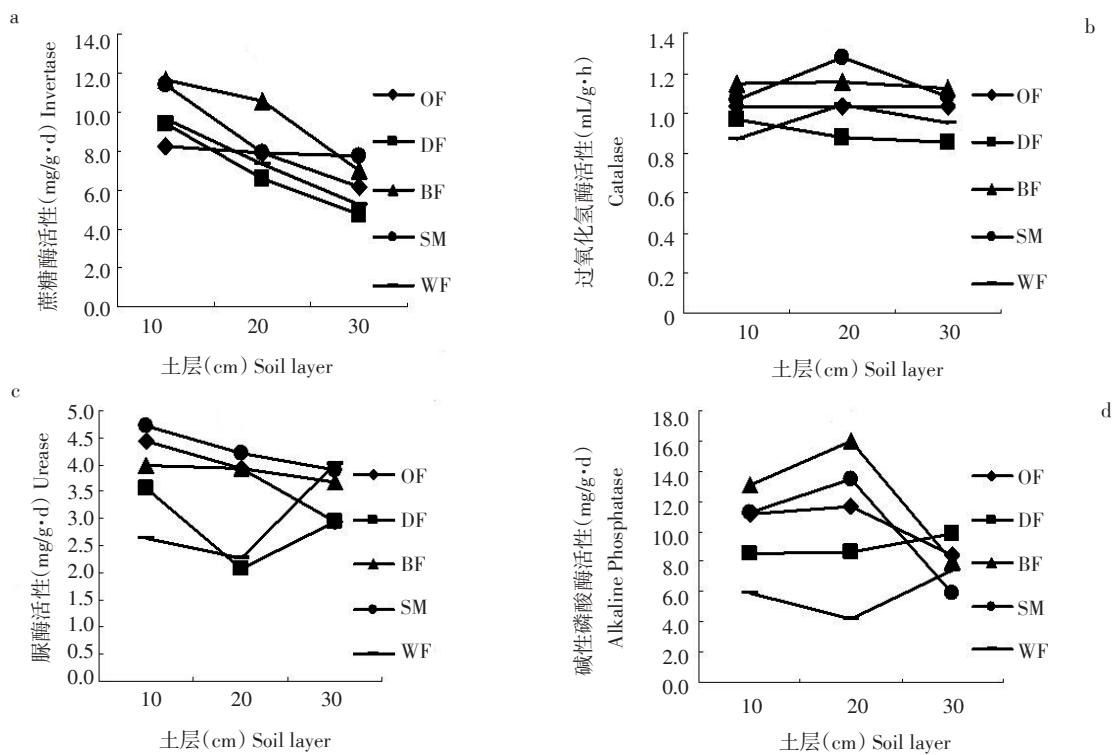


图4 土壤(10, 20和30 cm)酶活性的垂直变化

Figure 4 Vertical changes in soil enzyme activity in soil (10, 20 and 30 cm)

表1 不同覆盖栽培模式对马铃薯经济性状的影响
Table 1 Effects of different mulching cultivation patterns on potato economic characteristics

处理 Treatment	主茎数(No.) Main stem number	株高(cm) Plant height	单株薯重(kg) Tuber yield per plant	商品薯率(%) Marketable tuber percentage	平均薯重(kg) Average tuber weight	折合产量(kg/hm ²) Equivalent yield (kg/ha)
OF	4.10 a	60.95 b	0.38 a	72.58 ab	0.057 a	17 033 bc
DF	4.12 a	68.05 b	0.34 a	57.25 b	0.048 a	14 277 c
BF	3.39 a	59.93 b	0.39 a	60.91 b	0.053 a	20 907 ab
SM	4.21 a	78.76 a	0.47 a	79.67 a	0.079 a	24 268 a
WF	3.98 a	63.14 b	0.38 a	62.44 b	0.048 a	17 229 bc

注: 同列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different letter(s) within the same column indicate significant difference at 0.05 level ($P < 0.05$).

3 讨 论

土壤酶作为土壤中物质循环和能量链流动的主要参与者, 其活性大致反映了某一种土壤生态状况下生物化学过程的相对强度; 测定相应酶的活性, 以间接了解某种物质在土壤中的转化情况^[9]。土壤蔗糖酶参与植物体内碳水化合物的代谢。蔗糖酶活性在土层(10~20 cm)活性最强, 说明耕层土壤丰富的营养物质及马铃薯生长的活跃微环境区系对蔗糖酶活性具有重要作用; 土壤脲酶活性常用于表征土壤的氮素情况, 并能间接反映出土壤的生产力^[10]。脲酶活性整体较低且随土层深度下降, 推测马铃薯在块茎膨大过程中需要消耗大量的养分, 出现作物与微生物争夺氮素营养的局面, 此时的脲酶活性受到抑制, 而DF和WF处理脲酶活性上升可能与土壤微生物的活动有关, 刘飞等^[11]也有类似的结论。土壤碱性磷酸酶主要参与土壤含磷化合物的合成及磷素循环。碱性磷酸酶活性在20 cm土层活性最强, 可能与马铃薯根系生长有关; 土壤过氧化氢酶活性表征土壤生物氧化过程的强弱。在整个土层过氧化氢酶活性较低且变化较平稳, 说明不同覆盖栽培对于土壤中过氧化氢酶活性的表达影响效果有限。

引起土壤不同梯度酶活性变化不稳定的原因可能是因为不同的覆盖栽培模式改变了耕层土壤

的结构, 以及影响到马铃薯根系的生长分布变化, 进而影响到土壤养分的利用及土壤微生物区系的改变, 这与倪丽佳等^[12]、曹莉等^[13]的研究是相吻合的。

另一方面, 温度也是影响土壤酶变化的一大因素。王学娟等^[14]、王娟等^[15]认为土壤脲酶与过氧化氢酶活性对地温很敏感。在马铃薯种植期, 较低的地温持续较长, 而生长旺盛阶段又持续高温, 导致土壤酶活性变化特征出现较大的波动, 影响了试验的稳定性。

[参 考 文 献]

- [1] 颜伟清, 何二良, 郭天顺, 等. 天水市山旱地马铃薯不同栽培方式试验[J]. 中国马铃薯, 2012, 26(4): 206-210.
- [2] 谢永贤. 不同培肥措施对土壤养分及马铃薯产量的影响[J]. 土壤肥料, 2017(1): 5-29.
- [3] 赖忠盛, 文启凯, 肖明, 等. 覆膜条件下耕层土壤中主要酶与有效养分及其相关性的初步研究[J]. 新疆农业大学学报, 1989(2): 41-45.
- [4] 刘星华, 王琦, 贾生海. 栽培方式对旱作春玉米土壤酶活性及干物质积累和产量形成的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2015, 43(9): 73-81.
- [5] 周丽霞, 丁明懋. 土壤微生物学特性对土壤健康的指示作用[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 162-171.
- [6] 孟立君, 吴凤芝. 土壤酶研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2004,

- 35(5): 622-626.
- [7] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-92.
- [8] 樊军. 高原旱地长期定位试验土壤酶活性研究 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2001.
- [9] 王娟, 刘淑英, 王平, 等. 不同施肥处理对西北半干旱区土壤酶活性的影响及其动态变化 [J]. 土壤通报, 2008, 39(2): 299-303.
- [10] 姜小凤, 王淑英, 丁宁平, 等. 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): 136-141.
- [11] 刘飞, 诸葛玉平, 王会, 等. 控释肥对马铃薯生长及土壤酶活性的影响 [J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 185-188, 202.
- [12] 倪丽佳, 李非里, 刘秋亚, 等. 地膜覆盖对土壤微生态环境的影响 [J]. 浙江工业大学学报, 2011, 39(4): 407-410.
- [13] 曹莉, 秦舒浩, 张俊莲, 等. 垄沟覆膜栽培方式对马铃薯土壤酶活性及土壤微生物数量的影响 [J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(3): 42-46.
- [14] 王学娟, 周玉梅, 江肖洁, 等. 增温对长白山苔原土壤微生物群落结构的影响 [J]. 生态学报, 2014, 34(20): 5706-5713.
- [15] 王娟, 李德明, 秦舒浩, 等. 不同揭膜时期对半干旱区马铃薯土壤酶活性的动态影响研究 [J]. 农业现代化研究, 2015, 36(2): 297-302.



大庆金辉农业科技开发有限公司

大庆金辉农业科技开发有限公司成立于2012年3月15日, 是一家以农业科技开发、农业机械设备、化肥研发与销售、农业技术推广及技术咨询为经营项目的民营企业, 公司总部位于大庆国家级高新技术产业开发区。公司以服务三农为宗旨, 以质量和诚信求生存, 以科技创新求发展, 以广交天下朋友为理念, 以农民增收为己任, 始终以从事农业生产者的市场需求为导向, 以解决生产中出现的实际问题为立足之本。公司本着“节约就是增效”的观念, 针对马铃薯生产中存在的实际问题, 提出了从播种到收获的全程高效低成本技术方案。重点技术方案有盐碱地种植解决方案; 防治早(晚)疫病、炭疽病、黑痣病等高效、低成本防病方案。除草剂药害(前茬、封闭及苗后除草剂使用不当引起的药害)的专用方案; 合理施肥技术方案。主要推广的技术有“药肥一体化”防病技术、“水肥一体化”施肥技术、“全程立体化”平衡施肥技术。主要产品有“信丰圆”马铃薯大、中微量元素水溶肥, 有机生物肥, 专用氮钾追肥; “金辉壮秧”“金辉促根”“农福保”等水肥一体化专用肥; “曙卫士”微生物拌种剂; “薯飘香”“施保宁”“薯留香”等专用叶面肥; “薯平安”解药害专用产品; “金绒一号”盐碱地专用肥以及马铃薯专用杀菌剂等系列产品。可为初次进入马铃薯领域的广大种植户们提供全程技术指导服务。

微信公众号: 大庆金辉农业科技开发有限公司

网址: www.dqjhny.com

联系电话: 0459-6280535

邮箱: dqjhny@163.com

