

# 不同水肥管理对马铃薯土壤酶活性及产量的影响

逯 眇<sup>1</sup>, 刘毓侠<sup>2\*</sup>

(1. 商丘职业技术学院,河南 商丘 476000; 2. 河南省农业科学院 农业经济与信息研究所,河南 郑州 450002)

**摘要:**为了寻找马铃薯适宜的水肥管理模式,通过大田试验,以大水漫灌+肥料条施为对照(CK),研究了喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施和滴灌水肥一体化对马铃薯土壤酶活性及产量的影响。结果表明,与CK相比,滴灌水肥一体化、滴灌+肥料条施、喷灌+肥料条施处理均不同程度地提高了马铃薯土壤酶活性,其影响程度为滴灌水肥一体化>滴灌+肥料条施>喷灌+肥料条施,滴灌水肥一体化能够显著提高马铃薯生育后期的土壤酶活性。滴灌水肥一体化处理下马铃薯的产量和商品薯率最高,显著高于其他处理,其中,产量较CK及喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施处理分别提高49.07%及27.94%、14.91%,商品薯率较CK及喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施处理分别提高19.41个百分点及10.36、4.72个百分点。

**关键词:**滴灌水肥一体化;马铃薯;土壤酶活性;产量

**中图分类号:**S532   **文献标志码:**A   **文章编号:**1004-3268(2017)08-0057-04

## Effects of Different Water and Fertilizer Management on Soil Enzyme Activities and Yield of Potato

LU Yun<sup>1</sup>, LIU Yuxia<sup>2\*</sup>

(1. Shangqiu Polytechnic, Shangqiu 476000, China; 2. Institute of Agricultural Economics and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** In order to find the suitable water and fertilizer management mode for potato, the effects of sprinkler irrigation and fertilizer split application, drip irrigation and fertilizer split application, drip irrigation and integration of water and fertilizer on activity of soil enzyme and yield of potato were studied with flood irrigation and fertilizer split application as control( CK) through field experiment. The results showed that, compared with CK, drip irrigation and integration of water and fertilizer, drip irrigation and fertilizer split application, sprinkler irrigation and fertilizer split application increased soil enzyme activities; the order of influence degree was drip irrigation and integration of water and fertilizer > drip irrigation and fertilizer split application > sprinkler irrigation and fertilizer split application > CK, drip irrigation and integration of water and fertilizer could significantly improve the soil enzyme activity in the late growth stage. Finally, the potato yield and commodity rate of fertigation treatment was significantly higher than the other treatments, the yield increased by 49.07%, 27.94%, 14.91%, commodity rate increased by 19.41, 10.36, 4.72 percentage points compared with CK, sprinkler irrigation and fertilizer split application, drip irrigation and fertilizer split application respectively.

**Key words:** drip irrigation and integration of water and fertilizer; potato; soil enzyme activity; yield

---

收稿日期:2017-03-08

基金项目:商丘市科技攻关项目(20121010)

作者简介:逯 眇(1975-),女,河南民权人,副教授,硕士,主要从事设施园艺植物的研究与教学。

E-mail:1743415966@qq.com

\* 通讯作者:刘毓侠(1965-),女,河南商丘人,研究员,本科,主要从事农业经济与信息技术工作。E-mail:liuni66@126.com

我国是严重缺水的国家,农业是我国用水最多的产业<sup>[1-2]</sup>。随着工业化和城镇化进程的加快,水污染加剧,并且人畜和非农业用水逐渐增多,造成农业可用水量及比例呈逐年下降的趋势<sup>[3-4]</sup>。水是肥料利用的载体,目前,农民为了省工省时,往往采用肥料地表撒施,灌水则采用大水漫灌,这样不仅导致土壤板结、空气含量减少、地温降低,同时造成肥料利用率偏低<sup>[5]</sup>,土壤酶活性也受到抑制。前人对水肥一体化应用及土壤酶活性都有一定研究,关松荫<sup>[6]</sup>、周礼恺<sup>[7]</sup>认为,土壤酶是土壤中最活跃的部分,与土壤肥力关系紧密。王红等<sup>[8]</sup>研究表明,施肥和灌溉等农艺活动能够显著影响土壤酶活性。与传统大水漫灌相比,滴灌能够增强土壤酶活性,提高水分利用效率<sup>[9]</sup>;施肥尤其是氮、磷、钾配合使用能够提高土壤酶活性,增加作物产量<sup>[10-11]</sup>。以往关于水肥管理的研究较多,但关于水肥一体化管理模式对马铃薯生产中土壤酶活性的影响鲜见报道。鉴于此,研究了水肥一体化管理模式对马铃薯土壤酶活性和产量的影响,以期为马铃薯水肥一体化管理模式的大面积推广提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况与供试材料

2016 年 4 月在商丘市夏邑县会亭镇先锋德农种植业合作社试验地进行。试验区常年平均日照 2 300~2 500 h,气温 14.5 ℃,降雨量 740 mm 左右。试验田土壤为黄壤土质,耕层(0~20 cm)土壤养分含量为有机质 14.52 g/kg、碱解氮 95.2 mg/kg、速效磷 121.34 mg/kg、速效钾 127.56 mg/kg。前茬作物为玉米,平均产量 9 960 kg/hm<sup>2</sup>。供试品种为豫马铃薯 2 号,种植密度 6.75 万株/hm<sup>2</sup>。

### 1.2 试验设计

每个试验小区四周埋 30 cm 的油毡防止水分和肥料的扩散。设置 4 个水肥管理处理,即大水漫灌+肥料条施(CK)、喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施、滴灌水肥一体化,随机区组设计,重复 3 次,每小区 15 行,行长 12 m,行距 50 cm,小区面积 90 m<sup>2</sup>。各处理均施用鄂中化肥股份有限公司生产的复合肥(22-6-17)1 500 kg/hm<sup>2</sup>。其中,滴灌处理中滴灌管每行 1 根,铺在行的外侧,靠近沟的一边,条施肥施在 2 行中间。

### 1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤酶活性 采用 5 点取样法,分别在马铃薯苗期、开花期、块茎膨大期、淀粉积累期和成熟期采集深度 20 cm 的土壤样品。取样时采取土壤深度 0~20 cm 剖面的土壤,确保上、中、下土壤均衡,每

点采集土样 0.5 kg。去除石砾、根系及其他杂物,风干后过筛,测定土壤酶活性。

土壤酶活性测定参照关松荫<sup>[6]</sup>的方法:土壤脲酶活性测定采用 pH 增值法,土壤过氧化氢酶活性测定采用紫外分光光度法,土壤蔗糖酶活性测定采用比色法,土壤碱性磷酸酶活性测定采用磷酸苯二钠比色法。

1.3.2 产量及产量构成因素 在马铃薯成熟期,每个重复区测定实际产量,分别记录大(>150 g/个)、中(75~150 g/个)、小(<75 g/个)薯的个数,并计算商品薯率。

$$\text{商品薯率} = \frac{\text{大、中薯总个数}}{\text{薯块总个数}} \times 100\%.$$

### 1.4 数据处理

数据采用 Excel 进行处理与分析,采用 SPSS 软件进行显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同水肥管理对马铃薯土壤脲酶活性的影响

从图 1 可以看出,随马铃薯生育时期的推进,各处理的土壤脲酶活性从苗期到块茎膨大期逐渐升高并达到最大值,块茎膨大期到成熟期逐渐下降。不同处理之间相比,喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施、滴灌水肥一体化处理均高于 CK,但苗期处理间差异不显著;开花期则分别比 CK 高 3.48%、7.66%、12.76%,其中,滴灌水肥一体化处理显著高于喷灌+肥料条施处理和 CK,但与滴灌+肥料条施处理差异不显著;块茎膨大期分别比 CK 高 5.19%、10.72%、17.09%,淀粉积累期分别比 CK 高 5.07%、10.35%、17.62%,成熟期分别比 CK 高 5.30%、11.53%、21.18%,这 3 个时期各处理间均差异显著。

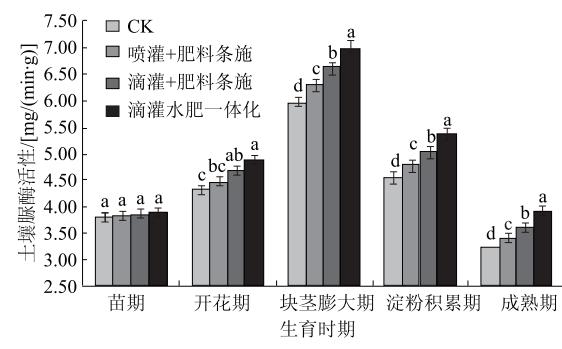


图 1 不同水肥管理对马铃薯土壤脲酶活性的影响

### 2.2 不同水肥管理对马铃薯土壤碱性磷酸酶活性的影响

从图 2 可以看出,随马铃薯生育时期的推进,土壤碱性磷酸酶活性呈先升高后下降的趋势,在淀粉

积累期达到最大值。不同处理之间相比,喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施、滴灌水肥一体化处理均高于CK,苗期分别比CK高3.57%、4.76%、8.33%,其中,滴灌水肥一体化处理显著高于CK,但与喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施处理差异不显著;开花期分别比CK高4.12%、8.25%、12.37%,滴灌水肥一体化处理显著高于喷灌+肥料条施处理和CK,但与滴灌+肥料条施处理差异不显著;块茎膨大期分别比CK高4.27%、10.26%、20.51%,滴灌水肥一体化处理显著高于其他处理,但喷灌+肥料条施处理与CK差异不显著;淀粉积累期分别比CK高7.31%、16.26%、28.46%,成熟期分别比CK高7.53%、17.20%、32.26%,这2个时期处理间均差异显著。

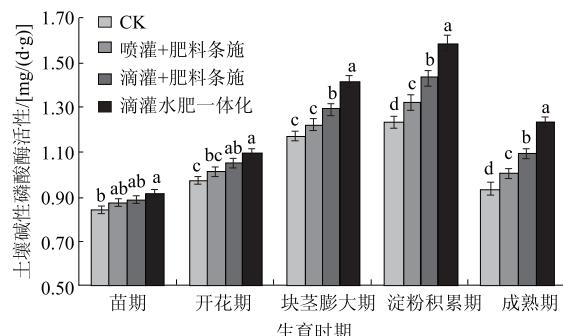


图2 不同水肥管理对马铃薯土壤碱性磷酸酶活性的影响

### 2.3 不同水肥管理对马铃薯土壤蔗糖酶活性的影响

从图3可以看出,随马铃薯生育时期的推进,土壤蔗糖酶活性呈先升高后下降的趋势,在淀粉积累期达到最大值。不同处理之间相比,喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施、滴灌水肥一体化处理均高于CK,但苗期各处理间差异不显著;开花期分别比CK高1.69%、3.73%、5.31%,其中,滴灌水肥一体化处理显著高于CK,但与喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施处理差异不显著;块茎膨大期分别比CK高2.38%、4.82%、10.71%,其中,滴灌水肥一体化处理显

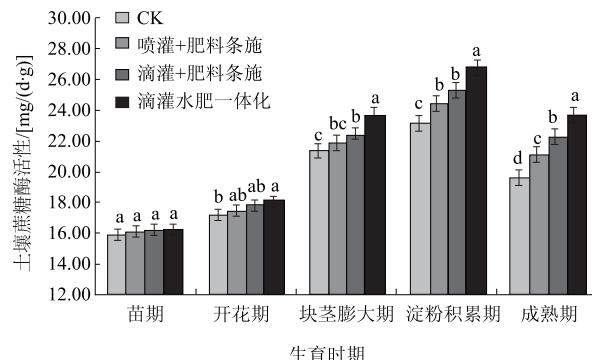


图3 不同水肥管理对马铃薯土壤蔗糖酶活性的影响

著高于CK及喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施处理;淀粉积累期分别比CK高5.66%、9.21%、15.89%,滴灌水肥一体化处理显著高于其他处理,喷灌+肥料条施处理与滴灌+肥料条施处理差异不显著;成熟期分别比CK高7.49%、13.35%、20.38%,各处理间均差异显著。

### 2.4 不同水肥管理对马铃薯土壤过氧化氢酶活性的影响

由图4可知,随马铃薯生育时期的推进,土壤过氧化氢酶活性呈先升高后下降的趋势,在块茎膨大期达到最大值。不同处理之间相比,喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施、滴灌水肥一体化处理均高于CK,但苗期各处理间差异不显著;开花期分别比CK高5.30%、10.90%、16.82%,块茎膨大期分别比CK高5.24%、11.14%、18.12%,淀粉积累期分别比CK高5.24%、11.53%、20.91%,成熟期分别比CK高5.11%、11.50%、22.36%,这4个时期各处理间均差异显著。

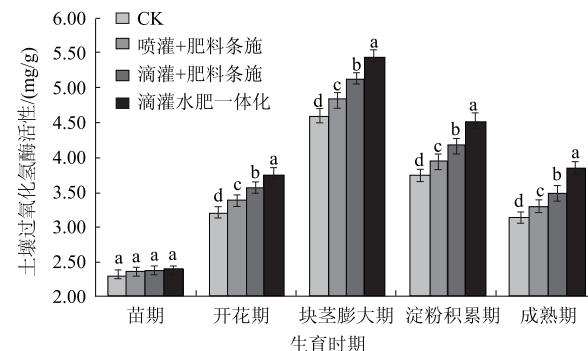


图4 不同水肥管理对马铃薯土壤过氧化氢酶活性的影响

### 2.5 不同水肥管理对马铃薯产量的影响

从表1可以看出,滴灌水肥一体化、滴灌+肥料条施、喷灌+肥料条施处理马铃薯的产量和商品薯率均显著高于CK,喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施、滴灌水肥一体化处理的马铃薯产量分别比CK增加16.51%、29.72%、49.07%,商品薯率分别比CK增加9.05、14.69、19.41个百分点。尤以滴灌水肥一体化表现最好,其马铃薯产量和商品薯率分别比喷灌+肥料条施、滴灌+肥料条施处理提高27.94%、14.91%和10.36、4.72个百分点。可见,滴灌水肥一体化管理模式能够显著提高马铃薯的产量和商品薯率。

表1 不同水肥管理对马铃薯产量的影响

处理	产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	增产率/%	商品薯率/%
CK	2 007.26d		72.87d
喷灌+肥料条施	2 338.74c	16.51	81.92c
滴灌+肥料条施	2 603.85b	29.72	87.56b
滴灌水肥一体化	2 992.17a	49.07	92.28a

### 3 结论与讨论

通过本研究可知,与 CK 相比,滴灌水肥一体化、滴灌 + 肥料条施、喷灌 + 肥料条施处理均不同程度地提高马铃薯的土壤酶活性,处理间表现为滴灌水肥一体化 > 滴灌 + 肥料条施 > 喷灌 + 肥料条施 > CK。这主要是因为,大水漫灌造成 CK 土壤容重增大,肥料利用率降低,从而导致土壤中空气通透性差、营养物质固化贫乏,不利于有益微生物的生长<sup>[12-13]</sup>;滴灌水肥一体化处理下土壤能够保持良好的水、肥、气、热条件,有利于根系的生长,表现为根毛丰富、活性好,根毛的分泌物加剧了微生物的繁衍,从而提高酶活性<sup>[14-15]</sup>。前人研究表明,滴灌水肥一体化能够显著提高玉米、香蕉、马铃薯、大葱、番茄等作物的产量<sup>[16-21]</sup>。本试验结果表明,滴灌水肥一体化管理模式能够显著提高马铃薯的产量和商品薯率,产量分别比 CK 及喷灌 + 肥料条施和滴灌 + 肥料条施处理提高 49.07% 及 27.94%、14.91%,商品薯率分别比 CK 及喷灌 + 肥料条施和滴灌 + 肥料条施处理提高 19.41 个百分点及 10.36、4.72 个百分点。

#### 参考文献:

- [1] 陈志恺. 中国水资源的可持续利用问题 [J]. 中国科技奖励, 2005(1):40-42.
- [2] 吴普特, 冯浩. 中国节水农业发展战略初探 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(6):152-157.
- [3] Sun Y J, Ma J, Sun Y Y, et al. The effects of different water and nitrogen managements on yield and nitrogen use efficiency in hybrid rice of China [J]. Field Crops Research, 2012, 127:85-98.
- [4] Wang W, Sun F, Luo Y, et al. Changes of rice water demand and irrigation water requirement in southeast China under future climate change [J]. Procedia Engineering, 2012, 8:341-345.
- [5] Payero J O, Tarkalson D D, Irmak S, et al. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate [J]. Agricultural Water Management, 2008, 95(8):895-908.
- [6] 关松荫. 土壤酶学研究方法 [M]. 北京:农业出版社, 1986.
- [7] 周礼恺, 张志明, 曹承绵. 土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中的作用 [J]. 土壤学报, 1983, 20(4):413-417.
- [8] 王红, 周大迈. 土壤肥力分级的酶活性指标研究进展 [J]. 河北农业大学学报, 2002, 25(增刊):60-62.
- [9] 范君华, 刘明. 膜下滴灌与沟灌海岛棉田土壤微生物特性的比较 [J]. 节水灌溉, 2005(1):9-11.
- [10] 陈安磊, 王凯荣, 谢小立, 等. 不同施肥模式下稻田土壤微生物生物量磷对土壤有机碳和磷素变化的响应 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(12):2733-2738.
- [11] 徐晶, 陈婉华, 孙瑞莲, 等. 不同施肥处理对湖南红壤中微生物数量及酶活性的影响 [J]. 土壤肥料, 2003(5):8-11.
- [12] 袁德玲, 张玉龙, 唐首锋, 等. 不同灌溉方式对保护地土壤水稳定性团聚体的影响 [J]. 水土保持学报, 2009, 23(3):125-128, 134.
- [13] 柴仲平, 梁智, 王雪梅, 等. 不同灌溉方式对棉田土壤物理性质的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(5):57-59.
- [14] 蔡红光, 袁静超, 闫孝贡, 等. 不同灌溉方式对春玉米根系分布、养分累积及产量的影响 [J]. 玉米科学, 2014, 22(4):109-113.
- [15] 顾东祥, 汤亮, 徐其军, 等. 水氮处理下不同品种水稻根系生长分布特征 [J]. 植物生态学报, 2011, 35(5):558-566.
- [16] 梁海玲, 吴祥颖, 农梦玲, 等. 根区局部灌溉水肥一体化对糯玉米产量和水分利用效率的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2012, 35(5):109-114, 122.
- [17] 臧小平, 邓兰生, 郑良永, 等. 不同灌溉施肥方式对香蕉生长和产量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2):484-487.
- [18] 杜文波. 日光温室番茄应用滴灌水肥一体化技术初探 [J]. 山西农业科学, 2009, 37(1):58-60.
- [19] 张国桥, 王静, 刘涛, 等. 水肥一体化施磷对滴灌玉米产量、磷素营养及磷肥利用效率的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(5):1103-1109.
- [20] 张乐森. 设施栽培大葱滴灌水肥一体化的产量和水肥利用效率 [J]. 贵州农业科学, 2014, 42(1):135-139.
- [21] 康玉珍, 邝美玲, 刘朝东, 等. 马铃薯水肥一体化种植技术应用研究 [J]. 广东农业科学, 2011, 38(15):49-50.