

玉米宽窄行种植方式对土壤酶活性的影响

孙露莹^{1,2}, 宋凤斌¹, 朱先灿¹, 刘胜群¹, 陈笑莹^{1,2}, 马福^{1,2}

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130102; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:研究了玉米不同生长发育时期根际土壤酶活性对宽窄行休耕轮作和常规均匀垄2种植方式的响应。结果表明:宽窄行种植方式下的土壤脲酶、酸性磷酸酶、中性磷酸酶和转化酶活性显著高于均匀垄种植方式,而蛋白酶活性二者差异不显著;不同时期的土壤酶活性也有一定的规律性变化,除土壤脲酶和酸性磷酸酶外,6月27日的土壤酶活性普遍高于8月和10月2个时期。可见玉米宽窄行种植方式具有较高的土壤脲酶、酸性磷酸酶、中性磷酸酶和转化酶活性,更好地为作物生长提供C、N、P的供应。对提高玉米产量具有重要意义。

关键词:宽窄行;均匀垄;种植方式;土壤酶

中图分类号:S513.01 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2014)03-0142-05

The Effect of Narrow-wide Row Planting Patterns of Maize on Soil Enzyme Activities

SUN Lu-ying^{1,2}, SONG Feng-bin¹, ZHU Xian-can¹, LIU Sheng-qun¹, CHEN Xiao-ying^{1,2}, MA Fu^{1,2}

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China.)

Abstract: This paper studies the response to two kinds of planting patterns of narrow-wide row fallow crop rotation and conventional uniform row of soil enzyme activities in crop rhizosphere soil at different growth period. The results showed that urease, acid phosphatase, neutral phosphatase and invertase activities of narrow-wide row planting patterns were significantly higher than that of uniform row planting patterns, but the differences in protease activity of these two patterns were not significant. Soil enzyme activities in different period have regular changes. Except urease and acid phosphatase, soil enzyme activities on June 27th are significantly higher than that in August and October. Narrow-wide row planting patterns of maize have higher soil urease, acid phosphatase, neutral phosphatase and invertase activities, which can better provide C, N, P for corn growing. Consequently, further study on the effect of narrow-wide row planting patterns of maize on soil enzyme activities, will instructive in improving the yield of corn.

Key words: Narrow-wide row; Uniform row; Planting patterns; Soil enzyme

玉米是重要的粮、经、饲兼用作物,在我国作物生产中有着举足轻重的作用。东北地区因其地理位置和自然条件的优势,成为中国玉米的最大产区,尤其是吉林省的玉米产量占全国1/7,该区土壤肥力高,有“土中之王”的美称,是我国重要的商品粮基地。

土壤是农作物生长的场所,其肥力与玉米高产紧密相关。而土壤酶通过催化各种生化反应而影响土壤生态系统代谢过程^[1-2]。土壤酶活性作为研究

土壤肥力的指标,受到了土壤学家的普遍重视^[3-4],其中土壤脲酶、磷酸酶、转化酶和蛋白酶的总体活性对评价土壤肥力水平有重要意义。而土壤酶活性不仅与其根系在生长发育过程中的分泌物、死亡根茬的矿化分解相关,也与所种作物和不同种植方式等农业措施有关^[5]。已有研究表明,宽窄行种植方式改善了冠层中的光截获,提升了辐射利用效率,是提高干物质生产的有效手段^[6-7]。但这些研究主要集中在宽窄行种植方式对地上部分影响的研究,而本

收稿日期:2014-03-27

基金项目:中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-TZ-16);国家科技支撑计划项目(2012BAD42B01);国家自然科学基金项目(31000690)

作者简介:孙露莹(1991-),女,吉林长春人,在读硕士,主要从事菌根与植物抗逆生理研究。

通讯作者:宋凤斌(1963-),男,吉林前郭人,研究员,博士生导师,主要从事作物生理生态研究。

研究通过比较分析宽窄行休耕轮作和传统均匀垄 2 种植方式下土壤酶活性的变化规律, 阐明土壤酶活性对种植方式的响应, 旨在指导农业生产实践, 提高玉米产量, 获得最佳经济和环境效益。

1 试验区概况与研究方法

1.1 试验区概况

试验区位于中国科学院东北地理与农业生态研究所内农业试验基地。试验区设有玉米宽窄行休耕轮作和传统均匀垄 2 种植方式。传统均匀垄即常规均匀垄, 垄距 65 cm, 每垄种植玉米 1 行; 宽窄行种植方式即将垄距调整为 35 cm 窄垄和 165 cm 宽垄, 每垄种植玉米 2 行。

1.2 研究方法

种植玉米品种为良玉 99 号, 分别于 2013 年 6 月 27 日、8 月 19 日和 10 月 14 日采集玉米根际土壤样品, 深度为 0~25 cm, 采样分 9 次重复, 为多点随机采样。样品采回后, 置于实验室自然风干, 用于测定土壤酶活性。

1.3 分析方法

1.3.1 土壤酶测定 土壤酶活性的测定参照关松荫和许光辉^[8-9]的方法。土壤脲酶活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法, 以 24 h 后 1 g 土壤中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的毫克数表示; 磷酸酶用磷酸苯二钠比色法测定, 以 12 h 后 1 g 土壤中释放出的酚的质量 (mg) 表示; 转化酶用 3,5-二硝基水杨酸比色法, 以 24 h, 1 g 干土生成葡萄糖毫克数表示; 蛋白酶用茚三酮比色法测定, 以 24 h 后 1 g 土壤中氨基氮的毫克数表示。

1.3.2 数据处理方法 采用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤脲酶活性变化

土壤脲酶活性能反映出土壤氮素水平状况, 对农作物生长起着至关重要的作用^[8]。国内外学者研究认为: 土壤脲酶活性与土壤的微生物数量、有机物质含量、全氮和速效磷含量关系密切, 可灵敏反应土壤肥力水平状况^[10]。

从图 1 的 3 个采样时期测定结果表明, 宽窄行种植方式下土壤脲酶活性大于均匀垄, 均达到显著差异 ($P < 0.05$); 不同时期土壤脲酶活性也有一定的规律性变化, 6 月 27 日最低, 到 8 月 19 日达到最高, 10 月 14 日稍有下降, 对其进行差异显著性检验得出, 宽窄行种植方式下 3 个时期的土壤脲酶活性两两之间差异不显著, 而均匀垄种植方式下, 8 月 19

日的土壤脲酶活性显著高于 6 月 27 日, 8 月 19 日与 10 月 14 日之间土壤脲酶活性无显著差异。

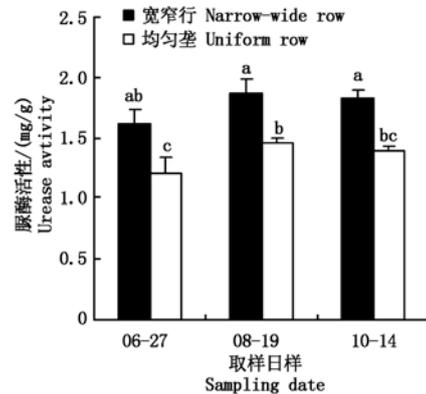


图 1 不同种植方式和生长时期对土壤脲酶活性的影响

Fig. 1 The effects of different planting patterns and growth period on soil urease activity

2.2 土壤磷酸酶活性变化

磷酸酶是土壤中广泛存在的水解酶之一, 其活性高低直接影响土壤中有有机磷的分解转化和生物有效性^[11], 能够反应土壤磷素供应状况。在研究中基于酶促反应的最适 pH 值不同, 通常将研究最多的磷酸单酯酶分为酸性磷酸酶 (pH 值 5~6)、中性磷酸酶和碱性磷酸酶 (pH 值 8~10) 3 种。

由图 2 的结果可看出, 3 个时期的宽窄行种植方式下土壤酸性磷酸酶活性显著高于均匀垄种植方式下酸性磷酸酶活性 ($P < 0.05$)。不同时期土壤酸性磷酸酶活性也有一定的规律性变化, 6 月 27 日最低, 到 8 月 19 日达到最高, 10 月 14 日稍有下降。差异多重比较分析得出, 宽窄行种植方式下 3 个时期的土壤酸性磷酸酶活性两两之间差异不显著; 而均匀垄种植方式下, 6 月 27 日的土壤酸性磷酸酶活性显著低于 8 月 19 日和 10 月 14 日的, 8 月 19 日和 10 月 14 日 2 个时期的土壤酸性磷酸酶活性无显著差异。

3 个时期不同玉米种植方式下土壤中性磷酸酶活性均值大小比较: 宽窄行 > 均匀垄, 均达到显著差异 ($P < 0.05$) (图 3)。同种植方式不同时期的土壤中性磷酸酶活性呈递减趋势, 6 月 27 日最高, 10 月 14 日最低, 对其进行显著性差异检验得出, 2 种植方式下, 6 月 27 日的土壤中性磷酸酶活性显著高于 8 月 19 日和 10 月 14 日的, 而 8 月 19 日的中性磷酸酶活性均值虽高于 10 月 14 日的, 但二者差异不显著。

从图 4 可以看出, 3 个时期不同种植方式下土壤碱性磷酸酶活性差异不显著。不同时期的土壤碱性磷酸酶活性 6 月 27 日最高。多重比较发现, 宽窄

行种植方式下 3 个时期土壤碱性磷酸酶活性两两之间差异显著 ($P < 0.05$), 依次为 6 月 27 日 > 8 月 19 日 > 10 月 14 日; 而均匀垄种植方式下, 6 月 27 日的土壤碱性磷酸酶活性显著高于 8 月 19 日和 10 月 14 日的, 8 月 19 日和 10 月 14 日 2 个时期的土壤碱性磷酸酶活性无显著差异。

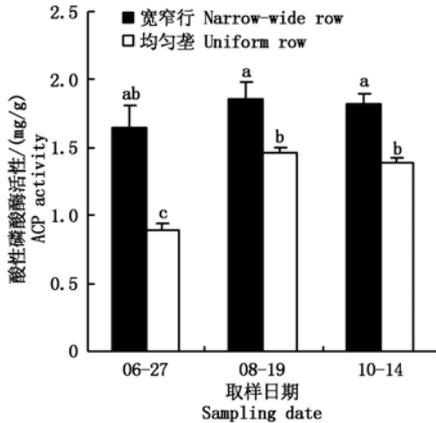


图 2 不同种植方式和生长时期对土壤酸性磷酸酶活性的影响
Fig. 2 The effects of different planting patterns and growth period on soil ACP activity

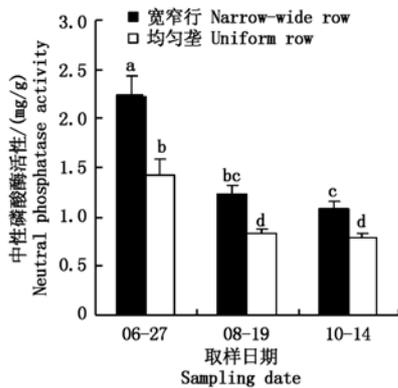


图 3 不同种植方式和生长时期对土壤中性磷酸酶活性的影响
Fig. 3 The effect of different planting patterns and growth period on soil neutral phosphatase activity

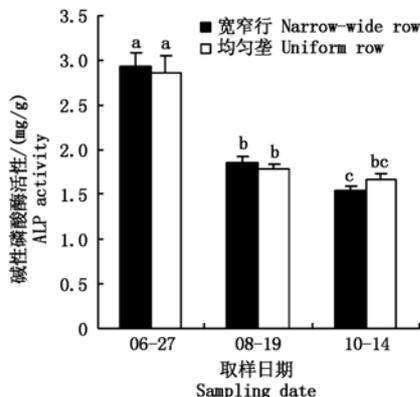


图 4 不同种植方式和生长时期对土壤碱性磷酸酶活性的影响
Fig. 4 The effects of different planting patterns and growth period on soil ALP activity

2.3 土壤转化酶活性变化

转化酶是参与土壤有机碳循环的酶, 它的活性

可以反映土壤中碳的转化和呼吸强度^[12], 所以其活性大小通常与土壤肥力呈正相关, 常用来表征土壤的熟化程度和肥力水平^[13-14]。它与土壤中腐殖质、水溶性有机质的含量和微生物的数量及活动等呈正相关^[14]。

由图 5 可知, 8 月和 10 月 2 个时期, 不同种植方式对土壤转化酶活性影响显著, 宽窄行种植方式下转化酶活性都高于均匀垄种植方式。此外土壤转化酶活性在不同时期的变化规律为 6 月 27 日最高, 8 月 19 日降低, 到了 10 月 14 日土壤转化酶活性又得到进一步增强, 对其进行显著性差异检验可知, 2 种植方式下, 6 月 27 日的土壤转化酶活性显著高于 8 月 19 日和 10 月 14 日的, 而 8 月 19 日的转化酶活性均值虽低于 10 月 14 日的, 但二者差异不显著。

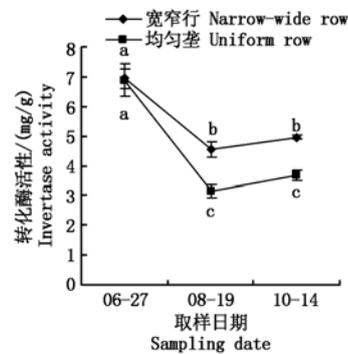


图 5 不同种植方式和生长时期对土壤转化酶活性的影响
Fig. 5 The effects of different planting patterns and growth period on soil invertase activity

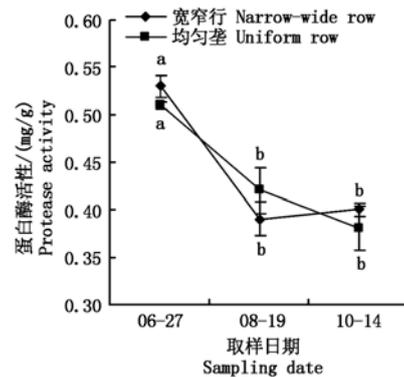


图 6 不同种植方式和生长时期对土壤蛋白酶活性的影响
Fig. 6 The effects of different planting patterns and growth period on soil protease activity

2.4 土壤蛋白酶活性变化

蛋白酶与土壤脲酶共同参与土壤中含氮有机化合物的转化^[12], 蛋白酶活性因其能很好地反映土壤碳素、氮素状况, 从而用来作为评价土壤肥力的指标^[15]。

本研究中不同种植方式对蛋白酶活力的影响差异不显著, 表明其活性与玉米种植方式没有良好的响应。可能是因为 2 种植方式下土壤中可利用态

氮不同主要是土壤脲酶的贡献较大,而蛋白酶作用较小。而不同时期土壤蛋白酶也有一定的变化规律:2种模式下,6月27日的蛋白酶活性都显著高于8月19日和10月14日的土壤蛋白酶活性,8月19日与10月14日的蛋白酶活性差异都不显著,但宽窄行模式下8月19日的蛋白酶活性却低于10月14日,这与均匀垄模式下的测定结果相反。

3 结论与讨论

目前不同土地利用方式、不同耕作管理、不同施肥处理下土壤酶活性的研究相对较多^[16-22],但土壤酶活性对玉米不同种植方式的响应的研究相对较少,其中姜丹丹等^[23]对大豆、玉米不同种植方式对土壤酶活性、土壤无机氮含量影响的研究,结果表明与单作相比混作显著提高了土壤酶活性和土壤无机氮养分的含量。戴建军等^[5]研究了不同种植方式对苗期大豆、玉米根际土壤酶的影响,研究结果表明不同种植方式对土壤酶的影响变化规律不尽相同。土壤酶在土壤养分循环及植物生长所需养分的供给过程中有重要作用^[4]。本研究以玉米为例研究了宽窄行和均匀垄2种植方式对土壤酶活性的影响,结果显示,宽窄行种植方式显著提高了土壤脲酶活性,主要原因是宽窄行种植方式有效改善了土壤微生物区系和微生态环境,提高了微生物群落的多样性、稳定性,土壤微生物活跃度提高,更有利于土壤中稳定性较高的有机氮向有效氮的转化,良好的土壤理化性质有助于催化尿素的分解,从而改善土壤氮的供应状况,提高了土壤氮素的有效性^[24]。不同种植方式下土壤的酸性磷酸酶和中性磷酸酶都有显著差异,原因可能是玉米宽窄行种植方式提高了土壤的生物活性,为土壤生物创造了良好的生活环境,促进了有机磷化合物的分解,提高了土壤磷素的有效性,更好地为作物生长提供磷素的供应,提高土壤肥力。然而碱性磷酸酶活性对不同种植方式的响应差异不显著,这可能与研究地的土壤理化性质有关,磷酸酶的活性受土壤pH值、土壤磷素水平以及其他因素的影响,值得进一步探讨。实际上,不同种的磷酸酶同时参与有机磷的水解过程,因此,可以用3种磷酸酶之和对不同种植方式下土壤的磷酸酶活性进行比较。有研究表明,用总磷酸酶活性评价土壤肥力可靠性较大^[11]。由于土壤有机质含量较高,特别是有机碳的提高,转化酶底物诱导作用增加,促使转化酶维持较高的酶活性水平。对蛋白酶活性影响不显著,可能是因为2种植方式下土壤中可利用态氮不同,主要是土壤脲酶的贡献较大,而蛋白酶

作用较小。试验结果显示不同时期,除了土壤脲酶和酸性磷酸酶外,6月27日的土壤酶活性普遍高于8月和10月2个时期,这是因为在玉米快速生长的季节,对C、N、P需求量大大增加,这就要求土壤中含C、N、P的有机化合物转化加快,多种酶的底物诱导作用加强^[25],进而提高磷酸酶、转化酶和蛋白酶活性水平。可见玉米宽窄行种植方式具有较高的土壤脲酶、磷酸酶和转化酶活性,更好地为作物生长提供C、N、P的供应,从而有助于增产。

此外,土壤酶活性随作物生育期变迁方面也有很多研究报道^[26],土壤酶随玉米生育期的变化,在很大程度上都是因为各生育期的温度、湿度等因素不同。本试验除了土壤脲酶外,其余的都表现出了季节性的变异,并且不同种植方式下变异程度也不同,也说明了温度、水分等外界环境都对土壤酶活性产生影响。勾影波等^[27]的研究结果也表明东北高寒地区麦田土壤酶活性随季节波动差异显著,转化酶和纤维素酶活性高峰值出现在7月;脲酶活性的高峰值在8月份。所以,本研究认为用土壤酶作为土壤肥力的评价指标,应考虑季节变化因素。

宽窄行种植方式可以改善玉米冠层结构,增大叶面积、增加干物质积累等^[28],本研究表明宽窄行种植模式影响土壤酶活性,提高了土壤脲酶、酸性磷酸酶、中性磷酸酶和转化酶活性,改善土壤生态环境。因此,深入研究玉米宽窄行种植方式对土壤酶的影响,对提高玉米产量具有指导意义。

参考文献:

- [1] Acosta-Martinez V, Harmel R D. Soil microbial communities and enzyme activities under various poultry litter application rates [J]. *Journal of Environmental Quality*, 2006, 35(4): 1309 - 1318.
- [2] Doran J W. Methods for assessing soil quality [M]. Madison: Soil Science Society of America, 1996: 247 - 271.
- [3] Green V S, Stott D E, Cruz J C, et al. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a brazilian cerrado oxisol [J]. *Soil and Tillage Research*, 2007, 92(1 - 2): 114 - 121.
- [4] 周礼恺. 土壤酶学 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 118 - 159.
- [5] 戴建军, 宋朋慧, 闫暮春, 等. 不同种植方式对苗期大豆、玉米根际土壤酶活性及微生物量碳、氮的影响 [J]. *东北农业大学学报*, 2013, 44(2): 17 - 22.
- [6] 刘铁东, 宋凤斌. 宽窄行种植方式对玉米光截获和辐射利用效率的影响 [J]. *华北农学报*, 2011, 26(6): 118 - 123.
- [7] Liu T D, Song F B, Liu S Q, et al. Light interception and

- radiation use efficiency response to narrow-wide row planting patterns in maize[J]. *Australian Journal of Crop Science*, 2012, 6(3): 506 - 513.
- [8] 关松荫, 张德生. 土壤酶及其研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [9] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [10] 王聪翔, 闻杰, 孙文涛, 等. 不同保护性耕作方式土壤酶动态变化的研究初报[J]. *辽宁农业科学*, 2005(6): 16 - 18.
- [11] 耿玉清, 白翠霞, 赵铁蕊, 等. 北京八达岭地区土壤酶活性及其与土壤肥力的关系[J]. *北京林业大学学报*, 2006, 28(5): 7 - 11.
- [12] 王晓凌, 陈明灿, 张雷. 不同耕作方式对土壤微生物量和土壤酶活性的影响[J]. *安徽农学通报*, 2007, 13(12): 28 - 30.
- [13] 张翼, 张长华, 王振民, 等. 连作对烤烟生长和烟地土壤酶活性的影响[J]. *中国农学通报*, 2007, 23(12): 211 - 215.
- [14] 杨招弟, 蔡立群, 张仁陟, 等. 不同耕作方式对旱地土壤酶活性的影响[J]. *土壤通报*, 2008, 39(3): 514 - 517.
- [15] 王娟, 谷雪景, 赵吉. 羊草草原土壤酶活性对土壤肥力的指示作用[J]. *农业环境科学学报*, 2006, 25(4): 934 - 938.
- [16] Beck T. Methods and application of soil microbiological analysis at the landesanstalt fuer bodenkultur und pflanzenbau (LBP) in munich for the determination of some aspects of soil fertility[C]. *Romania: Romanian National Soc of Soil SCI*, 1984: 13 - 20.
- [17] 王光华, 金剑, 韩晓增, 等. 不同土地管理方式对黑土土壤微生物量碳和酶活性的影响[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(6): 1275 - 1280.
- [18] 李东坡, 武志杰, 陈利军, 等. 长期不同培肥黑土磷酸酶活性动态变化及其影响因素[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(5): 550 - 553.
- [19] 高岩, 曾路生, 李俊良, 等. 优化施肥对设施番茄根际与非根际土壤养分及酶活性的影响[J]. *华北农学报*, 2013, 28(增刊): 347 - 352.
- [20] 杨继飞, 郭卓杰, 李涛, 等. 不同肥料不同作物对铅污染土壤修复及酶活性的影响[J]. *山西农业科学*, 2013, 41(12): 1347 - 1349, 1375.
- [21] 高宏峰. 不同磷细菌肥对玉米生育期土壤养分及酶活性的影响[J]. *山西农业科学*, 2012, 40(6): 651 - 655.
- [22] 张伟立, 陈新燕, 宋菲菲, 等. 不同水稻种植年限对土壤酶活性的影响研究[J]. *天津农业科学*, 2012, 18(4): 50 - 52.
- [23] 姜丹丹, 周连仁, 依洪涛, 等. 大豆·玉米不同种植方式对土壤酶活性·土壤无机氮含量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(12): 7115 - 7118.
- [24] 姜莉, 陈源泉, 隋鹏, 等. 不同间作形式对玉米根际土壤酶活性的影响[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(9): 326 - 330.
- [25] 薛蕙, 李占斌, 拳鹏, 等. 不同土地利用方式对干热河谷地区土壤酶活性的影响[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(18): 3768 - 3777.
- [26] Pavel R D J, Steinberger Y. Seasonal patterns of cellulose concentration in desert soil[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36(3): 549 - 554.
- [27] 勾影波, 苏永春, 张崇邦, 等. 东北高寒地区麦田土壤酶活性的季节变化与环境因素关系的研究[J]. *生态学杂志*, 1996, 15(4): 63 - 65.
- [28] 刘武仁, 郑金玉, 罗洋, 等. 玉米宽窄行种植技术的研究[J]. *吉林农业科学*, 2007, 32(2): 8 - 10, 13.