

低温对小麦幼苗根际土壤酶活性的影响

李春喜,姜丽娜,林琳,邵云,张黛静,余海波,郭魏

(河南师范大学 生命科学院,河南 新乡 453007)

摘要:以4个小麦品种(兰考矮早8、偃展4110、豫麦49-198、周麦18)为材料,采用室内盆栽方法分析了低温对小麦幼苗根际土壤及非根际土壤脲酶、蔗糖酶、过氧化氢酶和淀粉酶活性的影响。结果表明,温度显著影响了根际土壤酶的活性,随处理温度的降低和处理时间的延长,根际土壤脲酶、淀粉酶活性逐渐下降,非根际土壤脲酶、过氧化氢酶和淀粉酶活性变化幅度较小。小麦幼苗根际土壤酶活性高于非根际土壤,二者的差异随温度的降低和处理时间的增加逐渐缩小。 T_3 条件下,小麦幼苗土壤蔗糖酶、过氧化氢酶和淀粉酶的活性较高,表明适当的低温促进了土壤酶活性的增加。方差分析结果表明,供试的4个品种,土壤酶活性之间的差异不显著。

关键词:小麦;温度;根际;土壤酶活性

中图分类号:S512.01 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)06-0092-05

Effects of Low Temperature on Soil Enzyme Activity of Wheat Seedling

LI Chun-xi, JIANG Li-na, LIN Lin, SHAO Yun, ZHANG Dai-jing, YU Hai-bo, GUO Wei

(College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxing 453007, China)

Abstract: With Lankaoaizao 8, Yanzhan 4110, Yumai 49-198 and Zhoumai 18 as experimental materials, effects of low temperature on soil enzyme activity of wheat seedlings with pot experiments in room were studied. The temperature was arranged with 4 levels, and the treatment time was 1, 2, 3 d, respectively. The activities of urease, sucrase, amylase and catalase in rhizosphere and non-rhizosphere soil were discussed. The results showed that temperature affected enzyme activity in rhizosphere soil significantly at 0.05 level. With the temperature decreasing and treatment time increasing, the activity of urease and amylase in rhizosphere soil were lowering, while the activity of urease, amylase and catalase in non-rhizosphere soil changed slightly. Soil enzyme activity in rhizosphere was higher than non-rhizosphere, and their gap was narrowing with the decreasing temperature and the processing time. In this research, sucrase, amylase and catalase showed higher activity under T_3 treatment, which might indicate that appropriate low temperature promoted the increase of soil enzyme activity. One-way ANOVA showed that there were no significant variations on soil enzyme activity among the 4 wheat varieties.

Key words: Wheat; Temperature; Rhizosphere soil; Soil enzyme activity

植物根际环境是根系周围的微域环境,是植物在其生长、吸收、分泌过程中形成的物理、化学、生物学性质不同于土体的、动态的微型生态系统。植物与其根际土壤之间的影响是相互的^[1]。关于小麦根际环境的研究,主要集中在根际物理、化学和生物环境与作物生长发育、抗逆性、生产力的直接关系和环境污染及其治理研究2个方面^[2]。土壤酶是土壤生态系统中的重要组成部分,参与土壤生态系统的物质循环和能量流动^[3],在营养物质转化、有机质

分解、污染物降解及修复等方面有重要的作用,是反映土壤肥力、土壤质量及土壤健康的重要指标^[4]。研究表明,根际土壤酶活性高于非根际土壤^[5]。马健等^[6]研究认为,灰漠土小麦根际土壤过氧化氢酶、脲酶和磷酸化酶的活性均高于非根际土壤,碱化灰漠土中,小麦根际土壤过氧化氢酶和磷酸酶的活性高于非根际,脲酶活性则低于非根际土壤。土壤酶活性不仅与作物的施肥方式^[7]、尿素施用量^[8]及种植密度^[9]有关,而且受温度的直接影响^[10]。随着

收稿日期:2012-10-09

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203033);河南省科技攻关计划项目(122102310311)

作者简介:李春喜(1964-),男,河南封丘人,教授,博士,主要从事作物耕作与栽培学研究。

全球气候的变化,各种极端天气频繁出现,对作物生长造成了极大的伤害,其中低温对小麦生育前期及中期的影响尤为明显^[11]。低温促使植物细胞发生了一系列生理生化变化^[12],有关其对土壤酶活性的影响鲜见报道。

本研究以河南省主要粮食作物小麦为材料,采用室内盆栽试验方法,分析低温对小麦生长发育初期根际土壤酶活性的影响,以期为探讨根际环境应对低温响应的机制提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试小麦为弱春性品种兰考矮早 8(兰考农华种业有限公司提供)和偃展 4110(河南省豫西农作物品种展览中心提供),半冬性品种豫麦 49-198(河南平安种业有限公司提供)和周麦 18(周口市农业科学院提供)。

供试土壤取自河南师范大学小麦试验田。土壤基本性状为: pH 值 7.65,有机质 1.56 g/kg,总氮 1.03 g/kg,水解氮 47.83 mg/kg,速效磷 10.82 mg/kg,速效钾 153.53 mg/kg。

1.2 试验设计与方法

1.2.1 试验设计 挑选圆润饱满的小麦籽粒,播入塑料米氏盆(10 cm×11 cm)中。每盆装土 0.5 kg,播种 30 粒,在 18℃、75% 湿度条件下育苗,每隔 1 d 浇一次水。待小麦生长至二叶一心时,开始进行温度处理,将幼苗分别置入 4 个培养箱内,温度设置为: T_1

(昼夜均为 18℃)、 T_2 (昼夜分别为 12℃/7℃)、 T_3 (昼夜均为 4℃)和 T_4 (昼夜均为(-10±3)℃)。其中,小麦幼苗在放入 T_4 处理的培养箱之前需进行低温锻炼,即首先将幼苗放在 T_3 处理下锻炼 1 d,然后再移入 T_4 处理的培养箱中进行低温冻害处理。分别于培养开始后的 1、2、3 d 取小麦幼苗根际土壤和非根际土壤^[13],测定土壤样品中酶的活性。

1.2.2 测试内容及方法 土壤脲酶活性采用苯酸钠比色法测定^[14],以单位土壤中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的质量表示其活性(单位: mg/g);土壤蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸法测定^[14],以单位土壤中葡萄糖的质量表示其活性(单位: mg/g);土壤过氧化氢酶活性采用滴定法测定^[15],以单位土壤消耗的高锰酸钾毫升数表示其活性(单位: mL/g);土壤淀粉酶活性采用比色法测定^[15],以单位土壤中还原糖的量表示其活性(单位: mg/g)。

1.2.3 数据分析 采用 SPSS 13.0 进行数据计算和方差分析,多重比较采用 LSD 方法。

2 结果与分析

2.1 温度对土壤脲酶活性的影响

温度处理后小麦幼苗根际及非根际土壤脲酶活性如图 1 所示。根际土壤脲酶活性高于非根际土壤。处理 1 d,根际土壤脲酶活性极显著高于非根际土壤($P < 0.01$);处理 2 d,随处理温度的降低,根际与非根际土壤脲酶活性差异逐渐缩小;处理 3 d,根际土壤脲酶活性仅略高于非根际土壤。

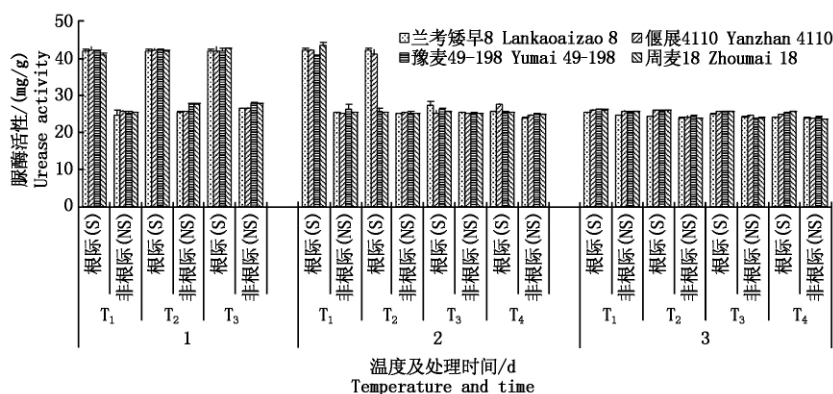


图 1 温度对小麦幼苗土壤脲酶活性的影响

Fig. 1 Effects of temperature on soil urase activity of wheat seedlings

随处理时间的增加,土壤脲酶活性逐渐降低,以处理 1 d 时土壤脲酶活性最高,其次是处理 2 d,以处理 3 d 时活性最低,其差异达极显著水平($P < 0.01$)。不同温度处理下,土壤脲酶活性表现为 $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$ 。2 d 时, T_4 处理下土壤脲酶活性极显著低于 T_1 和 T_2 处理($P < 0.01$)。不同品种间比较,土壤脲酶活性表现为偃展 4110 > 豫麦 49-198 > 周麦

18 > 兰考矮早 8,品种间差异未达显著水平。

2.2 温度对土壤蔗糖酶活性的影响

温度处理后小麦幼苗根际及非根际土壤蔗糖酶活性如图 2 所示。根际土壤蔗糖酶活性极显著高于非根际土壤($P < 0.01$)。由图 2 可以看出,偃展 4110、豫麦 49-198 和周麦 18 土壤蔗糖酶活性均在处理 T_3 条件下 1 d 时达到最高值,兰考矮早 8 土壤

蔗糖酶活性的峰值出现在 T_3 条件下处理 2 d 时。总体来看,半冬性品种豫麦 49-198 和周麦 18 根际土壤蔗糖酶活性高于弱春性品种兰考矮早 8 和偃展

4110。方差分析结果表明 4 个品种间土壤蔗糖酶活性差异不显著。

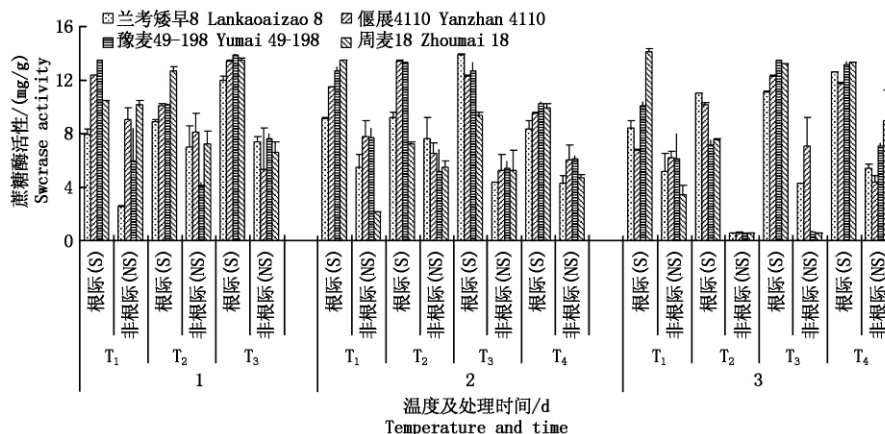


图2 温度对小麦幼苗土壤蔗糖酶活性的影响

Fig.2 Effects of temperature on soil sucrase activity of wheat seedlings

温度影响土壤蔗糖酶的活性,尤其是根际土壤蔗糖酶的活性。处理 1 d,温度对 4 个品种根际土壤蔗糖酶活性及兰考矮早 8 非根际土壤蔗糖酶活性的影响显著 ($P < 0.05$);处理 2 d,温度对 4 个品种根际土壤蔗糖酶活性及兰考矮早 8 和周麦 18 非根际土壤蔗糖酶活性的影响显著 ($P < 0.05$);处理 3 d,温度对 4 个品种根际土壤和非根际土壤蔗糖酶活性的影响均达显著水平 ($P < 0.05$)。

2.3 温度对土壤过氧化氢酶活性的影响

温度处理后小麦幼苗根际及非根际土壤过氧化氢酶活性如图 3 所示。根际土壤过氧化氢酶活性极显著高于非根际土壤 ($P < 0.01$)。随着处理温度

的降低和处理时间的延长,根际土壤与非根际土壤过氧化氢酶活性的差异逐渐缩小。

温度影响土壤过氧化氢酶的活性,尤其是根际土壤过氧化氢酶的活性。处理 1 d,温度对兰考矮早 8、偃展 4110、豫麦 49-198 根际土壤过氧化氢酶活性及偃展 4110 和周麦 18 非根际土壤过氧化氢酶活性的影响达显著水平 ($P < 0.05$);处理 2 d,温度对兰考矮早 8、偃展 4110 和周麦 18 根际土壤过氧化氢酶活性有显著影响 ($P < 0.05$);处理 3 d,温度对 4 个品种根际土壤过氧化氢酶活性及兰考矮早 8、周麦 18 非根际土壤过氧化氢酶活性的影响达显著水平 ($P < 0.05$)。

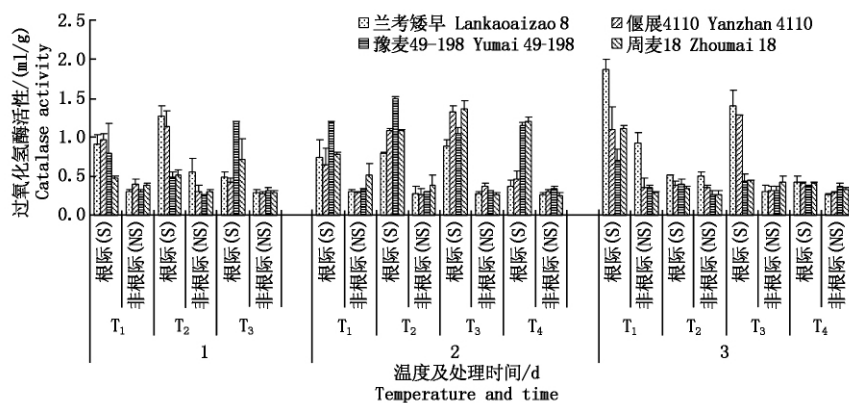


图3 温度对小麦幼苗土壤过氧化氢酶活性的影响

Fig.3 Effects of temperature on soil catalase activity of wheat seedlings

2.4 温度对土壤淀粉酶活性的影响

温度处理后小麦幼苗根际及非根际土壤淀粉酶活性如图 4 所示。根际土壤淀粉酶活性极显著高于非根际土壤 ($P < 0.01$)。供试的 4 个品种中,兰考矮早 8、豫麦 49-198 根际土壤淀粉酶活性在 T_3 条件下处理 2 d 时达到最大值,偃展 4110、周麦 18 根际

土壤淀粉酶活性在 T_3 条件下处理 1 d 时达到最大值。

温度影响根际土壤淀粉酶活性,而对非根际土壤淀粉酶活性影响较小。处理 1 d,温度对豫麦 49-198、偃展 4110、周麦 18 根际土壤淀粉酶活性和兰考矮早 8 非根际土壤淀粉酶活性的影响达显著水

平($P < 0.05$); 处理 2 d, 温度对兰考矮早 8、豫麦 49-198、偃展 4110 根际土壤淀粉酶活性的影响达显著水平($P < 0.05$); 处理 3 d, 温度对兰考矮早 8 和豫麦 49-198 根际土壤淀粉酶活性的影响达显著水

平($P < 0.05$)。随处理时间的增加, 土壤淀粉酶活性在培养 2 d 时保持较高水平, 培养 3 d 时淀粉酶活性较低。

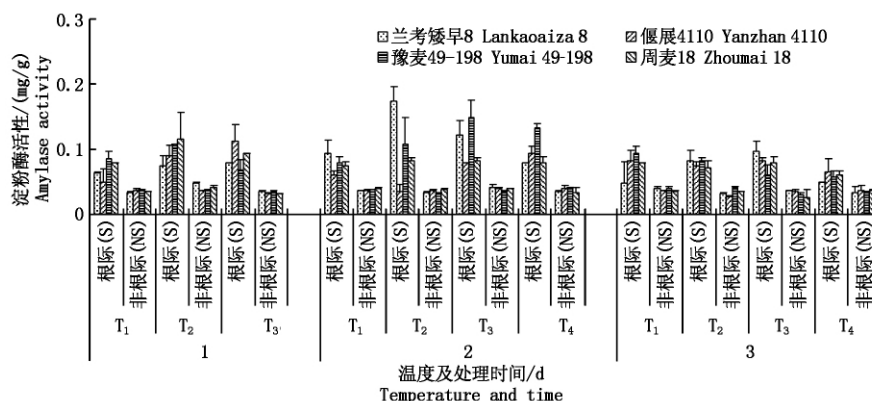


图 4 温度对小麦幼苗土壤淀粉酶活性的影响

Fig. 4 Effects of temperature on soil amylase activity of wheat seedlings

3 讨论

根际范围以及其与非根际界限的划分, 在学术界一直颇受争议, 通常认为根际是指根与土界面不足 1 mm 到几毫米范围的微区土壤。在这个特殊的微区域, 由于植物根系的影响, 其物理、化学和生物特性方面与土体主体不同^[16]。土壤酶是土壤生物化学特性的重要组成部分, 主要来源于土壤微生物的活动、植物根系分泌物和动植物残体腐解过程中释放的酶, 其活性高低可反映土壤养分转化能力的强弱^[17]。土壤蔗糖酶对增加土壤易溶性营养物质起重要作用; 脲酶可以促进土壤有机质中的氮转化成氨, 酶促尿素氮肥的水解; 过氧化氢酶有利于过氧化氢的分解, 从而防止其对生物体的毒害作用; 淀粉酶能使淀粉水解成糊精和麦芽糖, 且随着土壤有机质含量的增加而增加, 是参与自然界碳素循环不可缺少的酶^[1]。

本研究表明, 4 个小麦品种幼苗根际土壤酶活性随着温度的降低以及处理时间的延长, 除了土壤脲酶活性整体呈下降趋势外, 土壤蔗糖酶、过氧化氢酶和淀粉酶的活性均呈先增加后降低的变化趋势, 在 T_3 (冷害温度) 条件下活性较高, 可能是由于低温促进了根系分泌物某些组分数量的变化, 为根际微生物的生长繁殖提供了蛋白质、糖、氨基酸等养料, 改善了根际微生态环境。在 T_4 (冻害温度) 条件下土壤酶活出现下降趋势, 说明温度过低抑制了土壤酶的活性。温度影响土壤酶的活性, 且对根际土壤酶活性的影响高于非根际土壤。与非根际土壤相比, 根际土壤酶活性较高, 二者的差异随温度的降低和处理时间的增加逐渐缩小, 由此说明根际土壤酶

活性对温度变化更为敏感。

植物对外界温度变化有一个适应和自我调节的过程, 不同品种类型应对温度的响应特征存在差异。本研究中, 方差分析结果表明, 供试的 4 个品种, 土壤酶活性之间的差异未达显著水平。究其原因, 可能与温度处理时间较短有关。土壤酶作为土壤的主要组成成分之一, 与根系的生长和代谢密切相关, 并且根际土壤酶在物质交换过程中占据非常重要的地位^[18]。本研究分析了不同温度处理下小麦幼苗根际土壤和非根际土壤酶的活性, 而小麦根系分泌物对土壤酶活性亦存在影响, 二者的关系及其对温度的响应仍需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 张颖, 刘鹏, 徐根娣, 等. 铝胁迫对大豆根际土壤酶的影响[J]. 浙江师范大学学报, 2003, 26(2): 176-179.
- [2] 毕春娟, 陈振楼, 郑祥民. 根际环境重金属研究进展[J]. 福建地理, 2000, 15(3): 29-32.
- [3] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986: 260-360.
- [4] Cianfreda L, Sannino F, Vitoante A. Pesticide effects on the activity of tree, immobilized and invertase[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1995, 27(9): 1201-1208.
- [5] 方昉, 吴承祯, 洪伟, 等. 植物根际、非根际土壤酶与微生物相关性研究进展[J]. 亚热带农业研究, 2007, 3(3): 209-215.
- [6] 马健, 王周琼, 李述刚. 小麦根际土壤酶活性变化研究[J]. 干旱区研究, 1998, 15(2): 60-65.
- [7] Acosta-Martinez V, Daren H R. Soil microbial communities and enzyme activities under various poultry litter ap-

- plication rates [J]. Journal of Environmental Quality , 2006 35(4) : 1309 – 1318.
- [8] 马冬云,郭天财,宋晓,等. 尿素施用量对小麦根际土壤微生物数量及土壤酶活性的影响[J]. 生态学报, 2007 27(12) : 5222 – 5228.
- [9] 马冬云,郭天财,查菲娜,等. 不同种植密度对小麦根际土壤微生物数量及土壤酶活性的影响[J]. 华北农学报 2008 23(3) : 154 – 157.
- [10] Shackle V J ,Freeman C ,Reynolds B. Carbon supply and the regulation of enzyme activity in constructed wetlands [J]. Soil Biology and Biochemistry 2000 32(11) : 1935 – 1940.
- [11] 李茂松,王道龙,钟秀丽,等. 冬小麦霜冻害研究现状与展望[J]. 自然灾害学报 2005 14(4) : 72 – 78.
- [12] Minami A ,Nagao M ,Ikegami K *et al.* Cold acclimation in bryophytes: low-temperature-induced freezing tolerance in *Physcomitrella patens* is associated with increases in expression levels of stress-related genes but not with increase in level of endogenous abscisic acid [J]. Planta , 2005 220: 414 – 423.
- [13] 周楠. 铝胁迫下油菜(*Brassica napus* L.) 根系分泌物的分泌特性及其对根际环境的影响[D]. 浙江: 浙江师范大学 2007: 31 – 32.
- [14] 姚槐应,黄昌勇. 土壤微生物生态学及其实验技术[M]. 北京: 科学出版社 2007: 186 – 191.
- [15] 李振高,骆永明,滕应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社 2008: 398 – 399 407 – 408.
- [16] 熊明彪,何建平,宋光煜. 根分泌物对根际微生物生态分布的影响[J]. 土壤通报 2002 33(2) : 145 – 148.
- [17] 杜伟文,欧阳中万. 土壤酶研究进展[J]. 湖南林业科技 2005 32(5) : 76 – 79
- [18] Diamantidis G J ,Effosse A ,Povira P *et al.* Purification and characterization of the first bacterial laccase in the rhizospheric bacterium *Azospirillum lipoferum* [J]. Soil Biology and Biochemistry 2000 32: 919 – 927.