

外源酶制剂在作物生长中的研究进展

姜一^{1,2}, 许伟长^{1,2}, 李明^{1,2}, 万翠^{1,2}, 马攀登^{1,2}, 胡银龙^{1,2}, 郑先福³

(1. 郑州郑氏化工产品有限公司, 河南 郑州 450000; 2. 河南省作物化学调控工程研究中心, 河南 郑州 450000;

3. 河南农业大学, 河南 郑州 450000)

摘要:文章综述了外源酶制剂在作物生长中的研究成果, 分析目前存在的问题, 为外源酶制剂在作物生产行业中的发展提供思路。

关键词:外源酶制剂, 酶制剂肥料, 作物生长

中图分类号:Q814.4 **文献标识码:**A **文章编号:**0488-5368(2021)05-0089-04

Advance of Research in Exogenous Enzyme in Crop Growth

JIANG Yi^{1,2}, XU Weichang^{1,2}, LI Ming^{1,2}, Wan Cui^{1,2},

MA Pandeng^{1,2}, HU Yinlong^{1,2}, ZHENG Xianfu³

(1. Zhengzhou Zhengshi Chemical Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000, China;

2. Henan Crop Chemical Control Engineering Research Center, Zhengzhou Henan 450000, China;

3. Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450000, China)

Abstract: We summarized the research results of exogenous enzyme preparation in crop growth and analyzed the existing problems for providing thinkings in the development of exogenous enzyme preparation in crop production industry.

Key words: Exogenous enzyme; Enzyme fertilizer; Crop growth

外源酶制剂作为一种高效的生物催化剂, 已经在食品行业、饲料行业、纺织轻工业及医用行业应用非常广泛, 如蛋白酶、脂肪酶、纤维素酶及果胶酶等的应用技术也较为成熟^[1]。在作物生长过程中, 植物内源酶的种类和作用机理研究的较多, 内源酶的研究机理也较为清楚, 因工业化酶制剂生产有限, 应用于作物的外源酶制剂种类较少, 作用机理作用效果尚未明确, 所以应用于作物生长的商业化酶制剂产品也较为少见。笔者根据前人的研究, 从影响植物生长环境间接影响作物生长和酶制剂直接作用于作物直接影响作物生长两个方面, 深入探讨酶制剂在作物生长中的研究进展, 以期外源酶制剂在作物生长的研究提供理论支持。

1 外源酶制剂对作物生长环境的影响

1.1 外源酶提高土壤酶活性

土壤酶是土壤肥力的衡量指标, 土壤酶主要源于土壤微生物代谢物和作物根系分泌物, 及动植物

残体分解释放的酶, 按照在细胞内外的作用方式为胞外酶和胞内酶。土壤酶可以矿化有机物^[2], 活化和释放土壤养分, 达到促进植物生长作用。早期关于土壤酶的研究中研究证实土壤中各酶之间作用相互影响, 不同酶之间的活性具有一定的相关性^{[3][4]}, 同时外源酶的添加可以协助土壤酶降解底物酶解率^[5], 在一定程度上影响土壤酶活性, 如外源纤维素酶添加, 土壤中的尿素酶、蔗糖酶、超氧歧化酶、碱性磷酸酶活性较对照可增加 214.3%、424.3%、254.0% 和 44.0%^[6]; 外源植酸酶可显著提高土壤酸性及中性磷酸酶的活性分别为 9.3%~70.2%、4.3%~73.1%^[7], 随着外源植酸酶用量增加, 根区土壤植酸酶活性、磷酸酶活性均表现出显著提高趋势, 且提高趋势与外源酶植酸酶用量增加的趋势保持一致^[8]。综上研究可以得知, 外源酶制剂施用于土壤时, 一是可以增加土壤酶的数量, 二是外源酶的施用增强了土壤种其他酶的活性, 间接提高土壤肥力, 这个两方面均能提高土壤肥力, 同时间接的促进了作物的生长。

收稿日期: 2020-11-03 修回日期: 2020-11-23

第一作者简介: 姜一(1987-), 男, 山西运城人, 硕士研究生, 研究方向: 新型功能肥研究。

通信作者: 郑先福, 教授, 硕士, 主要从事植物生长调节剂合成与应用方面研究。

1.2 外源酶可以促进有机物分解和活化土壤养分

有机物的分解及能量的转化在整个生态系统中的作用非常重要,其中纤维素分解酶、酚氧化酶、多酚氧化酶等酶活性对于凋落物及土壤有机物在纤维素、半纤维素、木质素降解方面研究较多^[9]。土壤中有许多有机物残体,其含有大量的营养物质,有机物质残体在酶及微生物的作用下分解释放养分,同时也为微生物活动提供了有利环境和能源。外源酶的添加会直接提高土壤中酶含量,更加有利促进土壤中有机物的分解。常见的为施用纤维素酶来分解土壤中有机物,纤维素酶会提高秸秆降解速率和养分释放速率,组合酶的作用也优于单个酶的作用,如小麦和玉米秸秆喷施纤维素酶和蛋白酶,秸秆养土壤中的速效氮、磷、钾含量要显著高于单施纤维素酶或单施蛋白酶^[1]。外源酶也可以直接作用于土壤中的养分,具有与土壤酶相类似的作用,如外源植酸酶和土壤磷酸酶的作用相类似,具有加速有机磷矿化的作用,外源植酸酶提高土壤活性有机磷质量分数可达 53.92%~84.22%^{[8][10]}。综上,外源酶对有机物对有机物及土壤养分的影响可以分为:①外源酶作用有机物,将加速有机物矿化和养分释放;②外源酶有类土壤酶的作用,可以活化土壤养分。

1.3 外源酶对土壤微生物的影响

土壤微生物的残体和代谢物可以增加土壤酶量,土壤酶量的增加可以加速有机物释放的养分及其残体和代谢,另微生物也可以分解有机物及其残体释放养分,养分的释放促进了作物上生长,同时微生物也可以分泌代谢物促进作物生长^[11]。外源酶对微生物的影响主要表现在外源酶可以促进有机物分解,有机物的分解为微生物提供了丰富的生命活动能源,加速了微生物的繁殖,有研究表明外源酶施用下在可以提高有机物分解区域的细菌和真菌数量^[12];在番茄种植中,施用外源纤维素酶细菌、真菌、放线菌较对照最高分别增加了 996.8%、801.4%和 314.6%^[6];平邑甜菜幼苗生长中,施用一定浓度的外源植酸酶,土壤细菌、真菌、放线菌分别比对照增加 30.98%~69.00%、11.14%~271.28%和 35.78%~249.18%^[8]。外源酶对微生物的影响主要为影响了微生物的生存环境,而非直接作用微生物,但微生物的代谢物及微生物残体中也包含一些酶类物质,这些酶类物质同样也具有外源酶和土壤酶的功能。

1.4 外源酶在修复土壤方面的应用

土壤修复是一个复杂的过程,其污染源主要为

农药和重金属,应用化学和物理技术是常用的修复手段。随着技术发展酶制剂在修复土壤方面已经成为热点,在土壤修复中,外源酶的作用方式为直接作用于污染物,通过降解、固化作用使污染物的毒害更小。应用于有机农药的降解方面的土壤修复较多,如固定化的虫漆酶和过氧化物酶用可去除土壤中 60% 氯酚^[13];假单胞菌中粗酶液可使土壤中扑草净的含量减少 85%^[14];海藻酸钙凝胶包埋后降解菌中的降解酶可对氰戊菊酯的去除率为 61.3%~90%^[15]。在石化行业内的多环芳烃也涉及到施用外源酶降解,主要涉及到生物降解的过程,需要真菌、细菌加酶催化,涉及到主要酶类有加氧酶、酪氨酸酶、过氧化物酶、漆酶等^[16~17]。

2 外源酶对作物生长的影响

2.1 外源酶可以促进作物生长发育

外源酶对作物促进作用主要体现在外源酶改变了植物生长的外源环境,提高幼苗干鲜重、根长、根系活力、株高、茎粗增强了作物长势,通过提高叶面积、叶绿素含量以达到促进光合速率、蒸腾速率、气孔导度、包间细胞浓度等光合指标,进而提高了作物的产量,如外源纤维素酶可提高番茄产量 55 188 kg·hm⁻²^[18];施用外源植酸酶 50 d,平邑甜茶幼苗根系活力、长势、叶面积、叶绿素含量及光合速率较对照均有显著提高^[8];施用植酶 Q9,可显著增加夏玉米的公顷穗数、穗粒数、千粒重及产量,可增产 9%~21%^[29]。另外在真菌类栽培中,如外源酶提高可以提高草菇和金针菇的产量^[21,19]。

2.2 外源酶可以提升作物的品质

外源酶对作物品质的主要体现在酶作用下对有机物的品质的改善,即酶制剂作用于有机物产生的影响。如在烟叶烘烤前,叶面喷施酶处理避光 2~4 h,进行烘烤可以有效提升烟叶中的糖含量,降低总植物碱、总氮和淀粉含量,瓜蛋白酶处理的烟叶明亮度、色泽饱和度和强度较好^[20];添加诺维信外源酶其菌丝及原基的性状指标、菌丝生长速度、菇蕾大小及生物学效率的综合评价指标均优于其他几组,有助于草菇产量的提高和品质^[21]。果胶酶、纤维素酶和 β -淀粉酶可以有效去除明日叶发酵茶能够明日叶身的涩味,纤维素酶可以提高明日叶发酵茶多酚含量、总黄酮含量、总多糖含量、游离氨基酸含量,进而提高明日叶发酵茶的品质。在西瓜基质种植过程中,施用纤维素酶可显著提高西瓜的含糖量和产量^[22]。葡萄糖苷酶、果胶酶、木瓜蛋白

酶、纤维素酶对大叶种绿茶的香气、口感、氨基酸含量有明显的提升^[23]。

2.3 外源酶具有抗病原防治效果,可提高作物抗性

外源酶的抗病效果及提高作物抗逆作用,主要表现为:①部分外源酶本身具有杀菌、抗病、解毒害功能如几丁质酶破坏病原菌的细胞壁达到杀菌的目的,几丁质酶破坏昆虫的外骨骼达到杀虫的作用,几丁质酶还能提高植物对干旱、金属离子、高温等非生物胁迫的应答^[24],可以防治果蔬采后的病害^[25]。②部分外源酶可以提高作物抗性物质,达到提高作物抗性,如过氧化氢酶单独处理可提高小麦幼苗叶绿素含量、可溶性蛋白含量,能够促进内源过氧化氢酶活性增强,进而提高小麦的抗性能力^[26];外源氧化物酶还可以改变Ca离子通道,能提高作物幼苗中苯丙氨酸解氨酶和过氧化氢酶的活性,降低H₂O₂含量,改变作物抗氧化能力^[27];多酚氧化酶处理可以促进水曲柳外植体的褐化速度,提高水曲柳再生体细胞繁殖率^[28];③外源酶可以缓解环境危害,外源过氧化物酶缓解重金属Hg²⁺的毒害作用,植酶Q9可以有效缓解登海605品种玉米的弱光胁迫危害^[29]。

2.4 酶制剂肥料的应用

酶制剂在肥料的应用的研究相对较少,文献报到中肥料用酶制剂成份并未有明确说明,仅从效果上研究了酶制剂的作用,如金纳尔的生物酶制剂在青稞上的效果^[30],808植物增效酶制剂对晚稻汕优63的生长、根系发育有明显促进作用^[31],彩特美细胞酶制剂可以促进大豆生育及提高大豆的产量^[32]。土壤调理和修复剂的产品也属于肥料范畴,对于酶制剂在土壤修复方面国内外研究较多,如土壤修复研究进展中的结论汇总为:主要通过激活土壤中本有的酶物质来修复土壤,培养土壤微生物通过微生物及微生物代谢物修复土壤^[33]。行业内也有呼吁酶制剂工程在肥料的应用,但主要应用在抑制类物质,特别是脲酶抑制剂方面^[34],磷元素及多数金属中微量元素容易被土壤固定,起不到速效的作用,这些元素的作用是要激活其效果,不能够抑制,目前也没有相关的酶制剂产品去研究。在肥料行业内酶制剂的添加,多以微生物肥或者有机肥的产品形式去体现,未有单独的酶制剂增效产品,因此促进肥料增效酶制剂产品还处于起步阶段。酶肥国内专利较多,一种为酶制剂肥料,如郭亚萍的生物特性酶肥^[35],赖婷婷的生物酶肥^[36],主要以集中在孙立文^{[37][38]},为主酶添加剂肥料,即

直接在肥料里面添加酶制剂物料,而其它酶肥的专利多是通过生物发酵后的生物代谢物^{[39][40]}等。

3 总结与展望

综上,当前外源酶确实有一定的效果,但因酶的作用复杂,工业化酶的种类有限,如植物体内的多种酶还不能实现工业化生产或者人工合成,酶结构和种类在其它行业内也没有梳理清楚,在种植上作用更模糊。在作物应用方面行业内应用较多为纤维素酶,主要是针对于秸秆和土壤有机物的影响。酶在植物体内的作用研究比较多,功能也复杂,但以工业酶制剂作为外源酶对作物的研究比较少,从研究的情况来看,酶的作用从三个方面作用于作物:①并非直接作用于作物或者土壤,而是通过降解释放有效成分刺激和促进作物生长。②或在降解的过程中为微生物提供能源,促进微生物的繁殖,微生物繁殖后的代谢物质作用于植物。③小分子的酶可以直接作用于作物,被作物吸收后,起到植物内源酶类似的功效。外源酶的有类似内源酶的作用,但外源酶的作用机理还未研究清楚,种植用的商业化外源酶开发还处于初级阶段,需要进一步的挖局和应用。

综上未来种植用外源酶的研究和开发应重视3点:①外源酶的作用机理需要研究清楚,无论从直接作用于作物还是间接作用于作物。②直接作用于作物的外源酶在植物体内的传导是怎样的。③种植用的外源酶种类及适配性急需开发。

参 考 文 献:

- [1] 韩玮. 还田秸秆配施外源酶效应研究[D]. 泰安:山东农业大学, 2006.
- [2] 姜一, 步凡, 张超, 陈立新. 土壤有机磷矿化研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2014, 38(03): 160-166.
- [3] Frankenberger, W. T., Jr. and Dick, W. A. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activities indices in soil [J]. Soil Soc. Am. J. 1983(47): 945~951.
- [4] Dick, W. A. Influence of long ~ term tillage and crop rotation combination on soil enzyme activities [J]. Soil Soc. Am. J. 1984, 48: 569-574.
- [5] 李飒, 聂俊华. 添加外源纤维素酶对土壤原生纤维素酶活性的影响[J]. 山东农业科学, 2010(07): 56-58.
- [6] 张丽娟, 曲继松, 朱倩楠, 吴涛. 不同剂量外源纤维素酶对设施土壤生物活性与番茄生长的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(04): 1 089-1 094.

- [7] 宋丹,王吉磊.外源植酸酶对土壤磷酸酶活性和有效磷含量的影响[J].中国土壤与肥料,2009(05):15-17.
- [8] 杨萍萍,杨洪强,毕润霞,范伟国,冉昆,吴瑞刚,樊树雷.外源植酸酶对土壤磷酸酶、微生物及平邑甜茶幼苗生长的影响[J].山东农业科学,2013,45(10):81-85.
- [9] Monreal, C. M. and Bergstrom. Soil enzymatic factors expressing the influence of land use, tillage system and texture on soil biochemical quality[J]. Can. J. Soil Sci. 2000, 80: 419-428.
- [10] 宋丹.外源植酸酶对土壤有机磷组分含量的影响[J].中国土壤与肥料,2008(02):24-26.
- [11] 倪国荣,涂国全,魏赛金,等.稻草还田配施催腐菌剂对晚稻根际土壤微生物与酶活性及产量的影响[J].农业环境科学学报,2012,31(01):149-154.
- [12] 汤树德,王凤书.秸秆还田的原理及应用[M].北京:北京农业大学出版社,1993,189-221.
- [13] Gianfreda L, Bollag J M. Effect of Soils on the Behavior of Immobilized Enzymes [J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58(06):1 672-1 681.
- [14] 颜慧,冯妍,李军红,等.扑草净降解酶的固定化及其对受污染土壤的生物强化研究[J].南开大学学报(自然科学版),2003,36(02):109-114.
- [15] 虞云龙,盛国英,等.一种固定化酶对氯戊菊酯的降解特性[J].农药学报,1999,1(01):74-77.
- [16] Okuta A, Ohnishi K, Yagame S, et al. Intersubunit interaction and catalytic activity of catechol 2,3-dioxygenases[J]. Biochemical Journal, 2003, 371(02):557-564.
- [17] 贾玉红,曲媛媛,周集体,等.菲降解菌的特性及其降解酶纯化研究[J].环境科学与技术,2009,32(05):21-25.
- [18] 张丽娟,曲继松,朱倩楠,等.不同剂量外源纤维素酶对设施土壤生物活性与番茄生长的影响[J].植物营养与肥料学报,2017,023(004):1 089-1 094.
- [19] 雷雨霞.外源纤维素酶对金针菇生长发育的影响[D].南宁:广西大学,2016.
- [20] 樊文举.不同酶制剂对烤烟烟叶品质影响的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [21] 辛宇.两种食用菌栽培基质中酶制剂的施用效果研究[D].吉林:吉林农业大学,2014.
- [22] 张丽娟,曲继松,冯海萍,郭文忠.添加纤维素酶对重复利用基质栽培礼品西瓜的影响[J].甘肃农业大学学报,2015,50(04):49-55.
- [23] [1] 夏进伟,曹潘荣,李丹.外源酶对夏季大叶种绿茶品质的影响[J].广东茶业,2012(04):18-20.
- [24] Tapia G, Morales-Quintana L, Inostroza L, et al. Molecular characterisation of Ltchi7, a gene encoding a Class III endochitinase induced by drought stress in Lotus spp[J]. Plant Biol, 2015, 13(01):69-77.
- [25] 唐梦君,有利利,倪红.几丁质酶在农业方面的应用研究概况[J].南方农业,2017,11(01):41-43.
- [26] 段璋玲.外源过氧化物酶对 Hg²⁺ 胁迫下小麦幼苗期生长的影响[D].郑州:河南师范大学,2011.
- [27] 何静辉,王丽,贾晓琳,等.外源过氧化物酶提高植物抗性酶活性及可能机制分析[J].河南师范大学学报(自然科学版),2011(06):142-145.
- [28] 孙倩.外源酶和 H₂O₂ 处理对水曲柳合子胚外植体的褐化及体胚发生的影响[D].哈尔滨:东北林业大学,2012.
- [29] 黄鑫慧,高佳,任佰朝,等.植酶 Q9 对大田遮阴夏玉米产量形成的影响[J].中国农业科学,2019,52(19):3 309-3 322.
- [30] 席永士,张海芳,李少峰,等.金纳尔肥料添加剂试验报告[J].西藏农业科技,2016(02):11-16.
- [31] 王富良.808 植物增效酶制剂试验初报[J].福建农业科技,1993(02):27.
- [32] 王洪江,许健,于运凯,等.“彩特美”细胞酶制剂对密植栽培大豆生育及产量的影响[J].大豆科学,2011(06):180-181.
- [33] 周智慧,赵晓联.利用酶制剂来促进土壤修复和地下水污染治理的研究进展[C]//2013 中国环境科学学会学术年会.
- [34] 肇溥敏.以酶工程技术为基础开发生化长效肥,发展我国高效绿色农业[J].磷肥与复肥,2018,033(012):97-103.
- [35] 郭亚萍.一种生物酶特种肥料[P].江苏:CN105622249A,2016-06-01.
- [36] 赖婷婷.一种生物酶肥料[P].江苏:CN105503291A,2016-04-20.
- [37] 魏洪涛,孙立文,张世刚.应用于古茶树及其它古树上的生物酶制剂[P].山东:CN104892041A,2015-09-09.
- [38] 孙立文,李庆财,赵学民,张继红,孙林富,毕长青,杜金顺.双酶和双酶系列肥及其在农业中的应用[P].北京:CN102120711A,2011-07-13.
- [39] 刘东海.一种生物酶肥[P].四川:CN105036879A,2015-11-11.
- [40] 陈树平.一种双酶矿物肥的生产方法[P].湖北:CN104876760A,2015-09-02.