

# 耕作与秸秆还田方式对连作玉米田根际微生物及酶活性的影响

徐莹莹, 王俊河, 刘玉涛, 王宇先, 高 盼, 杨慧莹, 樊景胜

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院/国家玉米产业体系齐齐哈尔综合试验站, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**为改良土壤结构,提高土壤生物活性,开展定位试验,设置旋耕秸秆不还田、免耕秸秆覆盖还田和深翻秸秆还田 3 种方式,测定玉米生育期内,不同耕作与秸秆还田方式对根际微生物数量及酶活性的影响。结果表明:各处理苗期至吐丝期,根际微生物数量和酶活性迅速增加,吐丝期达到最大值后逐渐降低。和旋耕秸秆不还田相比,免耕秸秆覆盖还田和深翻秸秆还田可提高玉米生育中后期菌群数量及酶活性,且深翻秸秆还田作用效果更为显著,说明深翻秸秆还田对改良土壤结构,提高土壤生物活性效果更好。

**关键词:**耕作;秸秆还田;玉米;根际微生物;酶活性

根际是受植物根系活动影响的独特微生态区域,也是植物、土壤、微生物相互作用的场所。根际微生物和酶直接参与土壤物质的转化及养分的释放和固定,是评价土壤肥力最敏感的指标,也是影响作物生长的重要因子<sup>[1-2]</sup>。由于不同的耕作及秸秆还田方式会影响土壤理化性状,从而导致根际微生物区系及酶活性发生变化,进而对作物产量产生影响。然而目前关于耕作与秸秆还田方式对玉米根际微生物及酶活性影响的研究较少,因此,本研究设置常规旋耕秸秆不还田、免耕秸秆覆盖还田和深翻秸秆还田 3 种方式,系统分析不同方式对玉米生育期根际微生物数量和酶活性动

态变化的影响,为黑龙江地区选择合适的耕作秸秆还田方式,以改良土壤结构,提高土壤生物活性提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2015-2017 年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验基地(N47°16'26"、E123°41'46")进行,该区属于松嫩平原西部半干旱区,2017 年试验地生育期  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  的活动积温为 2 952.4  $^{\circ}\text{C}$ ,降水量为 327.2 mm,无霜期 154 d。土壤类型为碳酸盐黑钙土,基础肥力详见表 1。

表 1 土壤基础肥力  
Table 1 Basic fertility of soil

碱解氮/( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) Alkali-hydrolyzable nitrogen	有效磷/( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) Available phosphorus	速效钾/( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) Available potassium	pH	有机质/( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) Organic matter	全氮/( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) Total nitrogen
94.67	15.63	126.33	7.82	23.3	1.49

### 1.2 材料

供试玉米品种为先玉 335。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 试验设计 试验设置 3 个处理,如表 2 所

示。采用大区对比,不设重复,大区面积 0.36  $\text{hm}^2$ ,秸秆还田处理均为连续两年全量还田,还田量为 14 700  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。玉米种植密度 6.5 万株 $\cdot\text{hm}^{-2}$ ,一次性施入复合肥 750  $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ (氮 14%、磷 22%、钾 14%)。2017 年 5 月 12 日播种,播种后喷灌 30 mm,10 月 6 日收获。

1.3.2 测定项目及方法 分别在玉米苗期、拔节期、吐丝期和成熟期取样,每个处理选择长势较为一致的连续 3 棵植株,用土钻取 0~30 cm 的根际土,收集到无菌袋中用于微生物数量和酶活性的测定。根际微生物数量采用平板涂布法测定,细菌、放线菌、真菌和纤维素分解菌分别采用牛肉膏

收稿日期:2018-03-13  
基金项目:黑龙江省农业科学院院级科研资助项目(2017 SJ034);国家现代农业技术体系建设资助项目(CARS-02);公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201503116-02);中央引导地方科技专项资助项目(ZY16C05-2)。  
第一作者简介:徐莹莹(1989-),女,硕士,研究实习员,从事耕作栽培及农业微生物研究。E-mail: ghdetongzhuo@163.com。  
通讯作者:王俊河(1963-),男,学士,研究员,从事作物耕作栽培研究。E-mail: wangjunhe63@163.com。

蛋白胨培养基、改良高氏 I 号培养基、马丁氏孟加拉红培养基和羧甲基纤维素钠-刚果红培养基<sup>[3-6]</sup>。过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定,以 1 g 土壤所消耗的高锰酸钾的毫升数表示;脲酶活性采用苯酚钠-一次氯酸钠比色法测定,以 1 g 土壤中 NH<sub>3</sub>-N 的毫克数表示;蔗糖酶活性采用二硝基水杨酸比色法测定,以 1 g 干土生成葡萄糖毫克数表示<sup>[7]</sup>。

表 2 试验设计

Table 2 Experiment design

处理 Treatments	耕作及秸秆还田方式 Tillage and straw return method
旋耕秸秆不还田	秸秆全部移除后,采用旋耕机作业,旋耕深度 10 cm,之后进行精量播种。
免耕秸秆覆盖还田	秸秆粉碎覆盖在地表后,采用免耕播种机精量播种。
深翻秸秆还田	秸秆粉碎后,采用铧式犁深翻作业,将秸秆翻入 30 cm 土层中,使上下层混合,之后耙地,进行精量播种。

1.3.3 数据分析 采用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 对数据进行整理分析,方差分析采用最小显著差异法(LSD)多重比较。

2 结果与分析

2.1 耕作与秸秆还田方式对根际细菌数量影响

如图 1 所示,整个生育期不同处理根际细菌数量变化趋势相同,苗期至吐丝期迅速增加,吐丝期达到最大值,成熟期有所下降。不同处理的根际细菌数量在吐丝期差异较为显著( $P<0.05$ ),和旋耕秸秆不还田相比,免耕秸秆覆盖还田和深翻秸秆还田的根际细菌数量分别增加 13.0%和 28.0%。

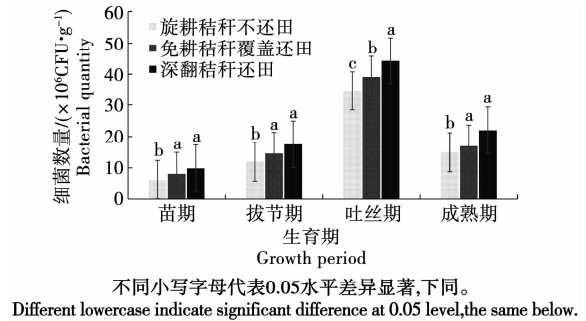


图 1 不同耕作与秸秆还田方式下根际细菌数量  
Fig. 1 Rhizosphere bacterial quantity under different tillage and straw return methods

2.2 耕作与秸秆还田方式对根际放线菌数量影响

如图 2 所示,根际放线菌数量变化与细菌具有相同趋势,吐丝期放线菌数量表现为秸秆深翻

还田>免耕秸秆覆盖还田>旋耕秸秆不还田,深翻和覆盖还田根际放线菌数量较旋耕不还田分别增加 9.1%和 22.5%。

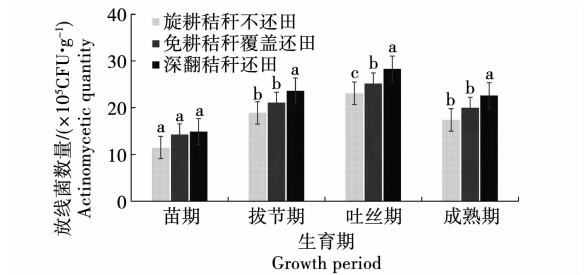


图 2 不同耕作与秸秆还田方式下根际放线菌数量  
Fig. 2 Rhizosphere actinomycete quantity under different tillage and straw return methods

2.3 耕作与秸秆还田方式对根际真菌数量影响

如图 3 所示,与细菌和放线菌一样,根际真菌数量最大值出现在吐丝期,和旋耕秸秆不还田处理相比,深翻秸秆还田和免耕秸秆覆盖还田的真菌数量分别增加 36.5%和 16.4%。

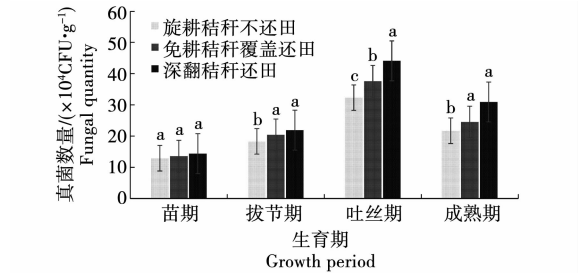


图 3 不同耕作与秸秆还田方式下根际真菌数量  
Fig. 3 Rhizosphere fungal quantity under different tillage and straw return methods

2.4 耕作与秸秆还田方式对根际纤维素分解菌数量影响

如图 4 所示,根际纤维素分解菌变化规律与其它 3 种菌群一致。和旋耕秸秆不还田相比,深翻秸秆还田和免耕秸秆覆盖还田处理使纤维素分解菌数量增加。尤其是深翻秸秆还田,显著提高了玉米生育后期(吐丝期至成熟期)纤维素分解菌数量,吐丝期纤维素分解菌数量较不还田增加 31.4%。

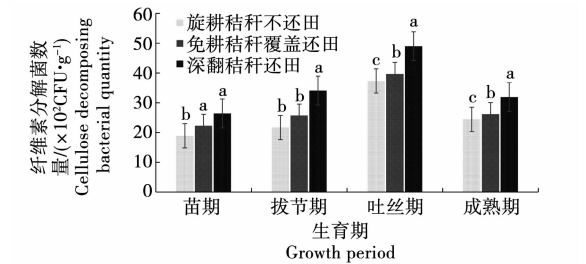


图 4 不同耕作与秸秆还田方式下根际纤维素分解菌数量  
Fig. 4 Rhizosphere cellulose decomposing bacterial quantity under different tillage and straw return methods

2.5 耕作与秸秆还田方式对根际土壤酶活性的影响

如表3所示,根际土壤3种酶活性呈现先增大后减小趋势,吐丝期达到最大值。拔节期至成熟期,免耕秸秆覆盖还田和深翻秸秆还田与不还

田能够显著增加0~30 cm根际土壤酶活性。成熟期时,深翻秸秆还田和免耕秸秆覆盖还田的过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶活性分别比旋耕秸秆不还田提高22.54%和9.61%,41.49%和17.02%,31.14%和18.39%。

表3 不同耕作与秸秆还田方式下根际土壤酶活性

Table 3 Rhizosphere enzyme activity under different tillage and straw return methods

酶活性 Enzyme activity	处理 Treatments	苗期 Seeding period	拔节期 Jointing period	吐丝期 Silking period	成熟期 Mature period
过氧化氢/(mL KMnO <sub>4</sub> ·g <sup>-1</sup> ) Catalase	旋耕秸秆不还田	9.64 b	11.98 c	13.22 c	12.38 b
	免耕秸秆覆盖还田	10.12 a	13.25 b	15.04 b	13.57 b
	深翻秸秆还田	10.98 a	14.85 a	15.59 a	15.17 a
脲酶/(mg NH <sub>3</sub> -N·g <sup>-1</sup> ) Urease	旋耕秸秆不还田	0.92 b	1.09 c	1.24 c	0.94 c
	免耕秸秆覆盖还田	1.06 a	1.16 b	1.31 b	1.10 b
	深翻秸秆还田	1.23 a	1.37 a	1.62 a	1.33 a
蔗糖酶/(mg 葡萄糖·g <sup>-1</sup> ) Sucrase	旋耕秸秆不还田	10.35 b	14.57 b	17.05 b	13.65 c
	免耕秸秆覆盖还田	10.92 b	15.36 a	17.96 b	16.16 b
	深翻秸秆还田	12.08 a	16.43 a	19.04 a	17.90 a

3 结论与讨论

土壤微生物是评价土壤养分变化情况最敏感的指标,其数量变化受土壤环境及耕作措施影响<sup>[8]</sup>。郭海滨等<sup>[9]</sup>研究发现,耕作与秸秆还田对土壤微生物活性存在交互作用,深耕配合秸秆还田通过降低土壤容重,可有效增加土壤微生物数量。本研究结果与其相一致,由于深翻秸秆还田和免耕秸秆覆盖还田可有效改善土壤结构,因此为根际微生物生长提供更适宜的生态环境,使根际细菌、放线菌、真菌及纤维素分解菌数量增加。秸秆中含有丰富的氮磷钾等元素,秸秆还田除了影响土壤物理性状外,对培肥地力具有重要作用<sup>[10]</sup>,而土壤肥力的提高又势必会影响到根际生态环境的变化。秸秆归还到土壤中,经过一段时间的腐解可产生稳定腐殖质,为微生物生长提供更多碳源和氮源,促进菌群数量积累,这也是和秸秆不还田相比,还田的两种处理在生育中后期,根际微生物数量显著增加的重要原因之一。

土壤酶作为土壤系统中最活跃的部分,与微生物共同作用于土壤代谢过程。脲酶和蔗糖酶反映土壤氮素和碳素供应情况,过氧化氢酶广泛存在于土壤和生物体中。研究表明,酶活性大小与有机质含量及微生物数量密切相关。秸秆还田可促进有机质积累,进而提高土壤酶活性<sup>[11]</sup>。因此,在本研究中,和旋耕秸秆不还田相比,免耕秸秆覆盖和深翻秸秆还田能有效提高根际土壤过氧化氢酶、脲酶和蔗糖酶活性,但因秸秆还田方式不同,导致作用效果存在差异。

综合当地气候、土壤环境及根际微生物数量

及酶活性来看,采用深翻秸秆还田方式,对改善土壤结构,提高土壤生物活性效果更佳。

参考文献:

[1] 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.

[2] 史冬燕,王宜磊.牡丹根际微生物区系及土壤酶活的研究[J].黑龙江农业科学,2013(6):15-17.

[3] 尚天翠,卫刚,赵玉.新疆野生樱桃李林不同生态条件下土壤细菌数量变化及其影响因子研究[J].生物学杂志,2015,32(2):58-60.

[4] Zaitlin B, Turkington K, Parkinson D, et al. Effects of tillage and inorganic fertilizers on culturable soil actinomycete communities and inhibition of fungi by specific actinomycetes[J]. Applied Soil Ecology, 2004, 26(1): 53-32.

[5] Chen Z M, Wang H Y, Liu X W, et al. Changes in soil microbial community and organic carbon fractions under short-term straw return in a rice-wheat cropping system[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 165: 121-127.

[6] Hussalin AA, Abdel-Salam M S, Abo-Ghalia H H, et al. Optimization and molecular identification of novel cellulose degrading bacteria isolated from Egyptian environment[J]. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 2017, 15(1): 77-85.

[7] 关松荫.土壤酶及其研究方法[M].北京:农业出版社,1986.

[8] Wu Y P, Peng Q A, Muhammad S, et al. Research progress of effect of straw return on soil microorganism[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2014, 30(29): 175-183.

[9] 郭海斌.耕作方式与秸秆还田对冬小麦—夏玉米一年两熟农田土壤生物性状和作物生长的影响[D].郑州:河南农业大学,2014.

[10] 王淑娟.栽培耕作措施与长期施氮对旱地作物产量及土壤肥力质量的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2015.

[11] 于寒,梁烜赫,张玉秋,等.不同秸秆还田方式对玉米根际土壤微生物及酶活性的影响[J].农业资源与环境学报, 2015, 32(3): 305-311.



# 低温处理不同恢复时间高粱幼苗渗透调节相关指标的变化

刘巾瑞<sup>1,2</sup>, 迟宇新<sup>1</sup>, 林俊俊<sup>1</sup>, 董洁静<sup>1</sup>, 朱广石<sup>2</sup>, 赵长江<sup>1</sup>, 聂鑫<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学 农学院/黑龙江省寒地作物现代栽培及种质改良重点实验室/黑龙江省秸秆资源化利用工程技术研究中心, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江省农垦科学院 作物研究所, 黑龙江 哈尔滨 150038)

**摘要:**为揭示低温对高粱幼苗生长的影响,以高粱龙杂 17 为研究对象,对三叶一心期高粱幼苗进行 5℃ 低温处理,分别于恢复 1、3、5 和 7 d 取样测定生理生化指标。结果表明:与未处理对照相比,除低温恢复 1 d 的高粱幼苗根冠比显著抑制外,其余处理均表现为显著增加;高粱幼苗的株高和地上鲜重变化在供试时间点均表现为显著抑制。供试时间点脯氨酸和可溶性糖含量基本都增加,其中恢复 1 和 3 d 的高粱幼苗脯氨酸含量显著增加,恢复 3 d 的高粱幼苗可溶性糖含量显著增加。高粱幼苗 TBARS 含量也在整个供试期增加,在恢复 3 和 5 d 显著增加;但过氧化氢含量变化不显著。上述结果表明,低温处理造成了生物膜不同程度的损伤,脯氨酸和可溶性糖等渗透调节在高粱幼苗耐冷的过程中发挥重要作用。

**关键词:**高粱;低温;渗透调节

高粱具有高产、耐瘠薄、耐旱和耐高温等特点,但是高粱作为喜温作物,在生育的不同时期遭遇冷害对高粱生长发育都有重大影响,高粱播种后遭遇低温常常使种子在土壤中“粉种”,或霉烂

导致萌发率、出苗率降低。而且,低温冷害是黑龙江省的主要气候灾害之一,常发生在 5、6 月的高粱萌发或幼苗生长期,所以高粱低温冷害已经成为影响高粱生产的重要因素之一。

马纯艳等<sup>[1]</sup>对两个高粱后代选系耐低温生理生化进行分析,指出耐低温的选系 3853-1 叶片中 SOD 与 CAT 的活性、可溶性糖含量及游离脯氨酸的含量均高于低温敏感的后代选系 3801-2。史红梅等<sup>[2]</sup>通过对高粱耐冷材料和冷敏材料进行了低温胁迫下脯氨酸含量分析,指出低温胁迫下脯氨酸的累积能力与品种的抗冷能力呈正相关。

收稿日期:2018-03-13

**基金项目:**中央引导地方科技发展专项资助项目(ZY 16A06);黑龙江农垦总局科技攻关资助项目(HNK135-02-05)。

**第一作者简介:**刘巾瑞(1993-),女,在读硕士,从事作物逆境生理方向研究。E-mail:445471830@qq.com。

**通讯作者:**赵长江(1979-),男,博士,副教授,从事作物逆境生理及秸秆炭化利用研究。E-mail:zhaocj15@126.com。

## Effects of Tillage and Straw Returning on Microorganism and Enzyme Activity in Continuous Cropping Corn Field

XU Ying-ying, WANG Jun-he, LIU Yu-tao, WANG Yu-xian, GAO Pan, YANG Hui-ying, FAN Jing-sheng

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Qiqihar Comprehensive Experiment Station of National Maize Industry System, Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** In order to improve soil structure and improve soil bioactivity, we investigated the effects of different tillage and straw return methods (conventional rotary tillage without straw return, no tillage with straw mulching and deep plowing with straw return) on rhizosphere microbial quantity and enzyme activity by position test. The results showed that each treatment at seedling to silking stage, the rhizosphere microbial quantity and enzyme activity increased rapidly and reached the maximum value at silking stage, which decreased gradually after silking stage. Compared with rotary tillage without straw return, no tillage with straw mulching and deep plowing with straw return increased the microbial number and enzyme activity. And the effects of deep plowing with straw return was more significant, which suggested that effects of deep plowing with straw return on improving soil structure, increasing soil biological activity and promoting maize yield was better.

**Keywords:** tillage; straw returning to field; maize; rhizosphere microorganism; enzymatic activity