

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.19398

## 秸秆还田和耕作方式对花生土壤微生物量、酶活性和产量的影响

赵雪淞<sup>1</sup>, 宋王芳<sup>1\*</sup>, 高欣<sup>1</sup>, 杨晨曦<sup>1</sup>, 于洪波<sup>2</sup>, 王冬旭<sup>1</sup>

(1. 辽宁工程技术大学, 辽宁 阜新 123000; 2. 辽宁省风沙地改良利用研究所, 辽宁 阜新 123000)

**摘要:** 通过两年的田间小区定位试验, 研究免耕无秸秆还田 (RN)、常规翻耕无秸秆还田 (RS)、垄耕无秸秆还田 (RD)、免耕秸秆还田 (TN)、常规翻耕秸秆还田 (TS)、垄耕秸秆还田 (TD) 6 种耕作方式对科尔沁风沙地花生耕层土壤微生物量、土壤酶活性和产量的影响, 探究适合辽西风沙半干旱条件下花生高产的耕作方式。结果表明: 相同耕作条件下秸秆还田处理组土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性均高于无秸秆还田处理组, 秸秆还田能显著提高土壤微生物量碳、氮、磷含量和酶活性; 在相同秸秆还田处理条件下, 与常规耕作和垄耕处理相比, 免耕处理能显著提高土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性; 免耕秸秆还田处理下, 花生产量高出未还田处理 4.32%。综上, 免耕秸秆还田处理能显著提高土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性, 提高耕层土壤生物学肥力, 促进作物增产。

**关键词:** 秸秆还田; 耕作方式; 花生; 土壤微生物量; 土壤酶活性; 作物产量

花生作为我国重要的油料和经济作物之一, 在国民经济和社会发展中占有重要的地位<sup>[1-2]</sup>。辽宁省 55% 的花生种植面积位于辽西风沙半干旱地区<sup>[3]</sup>。由于花生耐干旱耐贫瘠, 在营养瘠薄的风沙地种植经济效益优势明显, 成为辽西风沙干旱区抗旱避灾的主要经济作物并迅速发展。但该区域地处科尔沁沙地东南边缘, 风沙大, 平均年降水量少且分配不均, 生态环境脆弱。加之辽西地区农业常年采用传统旋耕、深翻耕作方式对土壤进行翻耕、耙耱<sup>[4]</sup>。秋季花生荚果刨收后, 地表裸露, 土壤在风力的作用下易造成地表土壤风蚀沙化, 使土壤中原本稀少的养分流失加快, 耕地质量下降, 从而降低土地生产力, 制约花生产量和品质的提高。

旱作农业的可持续发展需要维持和提高土壤的生产力。土壤耕作是农业生产的重要环节之一, 是调控土壤耕层质量, 改善土壤作物生长环境的重要途径<sup>[5-8]</sup>。我国每年都有大量的秸秆被露天焚烧和浪费, 其所带来的农田安全和环境污染问题日趋严

重<sup>[9-10]</sup>。因此, 研究不同耕作措施和秸秆还田方式对土壤理化性质和微生物学肥力指标的影响, 探索有助于改善辽西地区耕地质量的耕作和秸秆还田组合, 对当地秸秆资源利用和土壤培肥具有重要的意义。国内外学者关于秸秆还田和耕作方式对作物产量及土壤性质的影响已有大量研究。Hamido 等<sup>[11]</sup>研究表明, 秸秆还田不仅在提高土壤养分和肥力等方面有重要影响, 而且可以调控土壤酶并增加其活性, 改善土壤质量, 从而提高作物产量。Nelson 等<sup>[12]</sup>研究表明, 长期耕作会导致土壤微生物生物量碳含量减少。陈金<sup>[13]</sup>研究表明, 秸秆还田与秸秆未还田相比能显著提高冬小麦产量。张英英<sup>[14]</sup>研究表明, 与传统耕作相比较, 免耕结合秸秆还田可提高土壤蔗糖酶、淀粉酶、纤维素酶、过氧化物酶、脱氢酶等参与碳循环的土壤酶活性。

合理的耕作方式和秸秆还田是农业生产中一项重要的技术措施, 是确保农业长期可持续发展的有效措施和途径之一。因此, 本试验针对辽西风沙半干旱地区特定的土壤和气候条件, 开展秸秆还田和耕作方式对花生耕层土壤微生物量碳、氮、磷和酶活性影响的研究, 以期为该地区花生种植筛选出适宜的耕作方式, 为辽西风沙半干旱区维持地力和改善农田生态环境, 增加作物产量提供理论依据。

收稿日期: 2019-08-27; 录用日期: 2019-10-26

基金项目: 特色粮油新品种选育及优质高效生产技术集成与示范 (花生) 省科技厅项目 (2017108006)。

作者简介: 赵雪淞 (1971-), 女, 黑龙江五常人, 教授, 博士, 主要从事生态修复理论与技术方面的研究。E-mail:2589111564@qq.com。

通讯作者: 宋王芳, E-mail:2589111564@qq.com。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于辽宁省西北边缘,地处科尔沁沙地东南部,属于内陆季风性气候,年平均温度 6.82℃,无霜期 150 d 左右,年降水量在 500 mm 以内,时空分布不均匀,土壤蒸发量约是降水量的 4 倍,土壤为风沙土。试验区土壤基础肥力:pH 值 6.63,有机质 7.94 g/kg,全氮 0.79 g/kg,全磷 22.11 g/kg,全钾 6.29 g/kg,碱解氮 69.32 mg/kg,有效磷 11.27 mg/kg,速效钾 94.36 mg/kg。

### 1.2 试验设计

试验共设 6 个处理(表 1),3 次重复,共 18

个小区,每个小区面积 100 m<sup>2</sup>,随机区组排列。还田所用秸秆为玉米秸秆,玉米收获后,将玉米秸秆移出农田,利用秸秆粉碎机直接将玉米秸秆粉碎至约 2 ~ 3 cm 后还田,秸秆还田量均为每公顷 7 500 kg。各处理施肥量均相同,每公顷用磷酸二铵 300 kg,硫酸钾 225 kg,尿素 225 kg 作为底肥,全生育期共追肥两次,分别在 6 月 20 日、7 月 20 日各追施 150 kg/hm<sup>2</sup> 尿素。供试材料为“阜花 17 号”,种植制度为一年一熟,种植密度为 300 000 株/hm<sup>2</sup>,行距为 50 cm,穴距 15 cm,每穴双粒。开沟时先施化肥,培土 3 cm,再播种,其他田间管理方式均同大田。作物根据当年天气情况至多灌溉一次,其余时间依靠自然降水维持作物正常生长所需。

表 1 试验设置及整理方式

编号	处理	耕作方式	整地方式
1	RN	免耕无秸秆还田	全年不做任何耕作处理,用免耕播种机一次性完成播种
2	TN	免耕秸秆还田	耕作、播种方式同 RN,将秸秆按施用量均匀覆盖地表
3	RS	常规翻耕无秸秆还田	铧式犁翻耕,耕深为 30 cm,耕翻整地后播种
4	TS	常规翻耕秸秆还田	耕作、播种方式同 RS,将秸秆与土壤一起进行翻耕,使秸秆均匀拌入土壤中
5	RD	垄耕无秸秆还田	开沟-合垄后播种,沟深 25 cm,垄高 35 cm,垄宽 30 cm
6	TD	垄耕秸秆还田	作垄方式同 RD,在耕作同时将秸秆按施用量均匀翻埋入土

### 1.3 土样采集

于 2018 年 9 月 10 日在作物收获后进行田间取样,每个小区分别选 5 点,取 0 ~ 20 cm 土样,并将 5 个点的土样混合均匀,除去土壤表面植物根系、砾石等杂物,所采土壤样品充分混匀后用聚乙烯无菌塑料袋密封包好带回实验室。将样品分为 2 部分,一部分土样自然风干,过 0.5 mm 筛用于土壤养分的测定;另一部分新鲜土样过 2 mm 筛后放于 0 ~ 4 ℃ 的冰箱中保存用于土壤微生物量碳、氮、磷和酶活性的测定。

### 1.4 测定方法

土壤微生物量的测定:土壤微生物量碳采用三氯甲烷熏蒸提取-容量分析法测定;土壤微生物量氮采用三氯甲烷熏蒸提取-茚三酮比色法测定;土壤微生物量磷采用三氯甲烷熏蒸-碳酸氢钠提取法测定<sup>[15]</sup>。

土壤酶活性的测定:土壤蔗糖酶活性采用二硝基水杨酸比色法测定;土壤过氧化氢酶活性采用高锰酸钾滴定法测定;土壤磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定;土壤脲酶活性采用苯酚比色法测

定;土壤蛋白酶用茚三酮比色法测定;土壤脂肪酶活性用氢氧化钾滴定法测定<sup>[16]</sup>。

### 1.5 数据处理

数据采用 Excel 2007 软件进行处理和绘图,采用 SPSS 21 软件进行统计分析,处理间的差异显著性采用单因素方差分析检验,并用 Duncan 法进行两两之间的多重比较,各变量之间采用 Pearson 相关系数法进行相关分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 秸秆还田和耕作方式对土壤微生物量碳、氮、磷含量的影响

由图 1 可知,相同耕作条件下,秸秆还田处理组土壤微生物量碳、氮、磷含量均高于无秸秆还田处理组,TN、TS、TD 分别较 RN、RS、RD 显著提高;相同秸秆还田条件下,免耕处理土壤微生物量碳、氮、磷含量高于常规耕作和垄耕耕作处理,TN 处理组土壤微生物量碳、氮、磷含量比 TS 和 TD 处理显著提高。可见,免耕秸秆还田对提高耕层土壤微生物量碳、氮、磷含量发挥了积极作用。

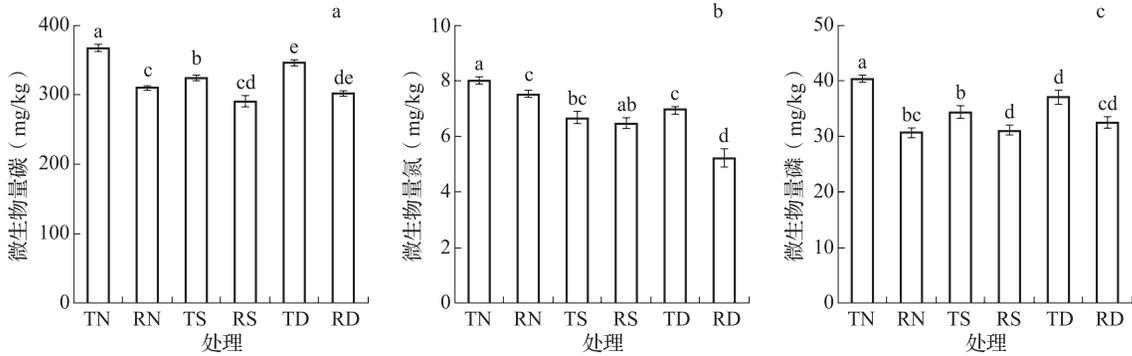


图1 秸秆还田和耕作方式对土壤微生物量碳、氮、磷含量的影响

注:不同小写字母表示处理间差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 下同。

## 2.2 秸秆还田和耕作方式对土壤酶活性的影响

### 2.2.1 秸秆还田和耕作方式对土壤蔗糖酶活性的影响

由图2可知,相同耕作条件下,秸秆还田处理组土壤蔗糖酶活性均高于无秸秆还田处理,TN、TS、TD分别比RN、RS、RD显著提高14.76%、8.65%、17.62%;相同秸秆还田条件下,免耕处理土壤蔗糖酶活性高于常规耕作和垄耕处理,TN处理的土壤蔗糖酶活性比TS和TD处理显著提高了39.83%和30.93%,无秸秆还田处理条件下,免耕处理土壤蔗糖酶活性也高于常规耕作和垄耕处理,RN比RS和RD处理显著提高39.83%和30.93%。

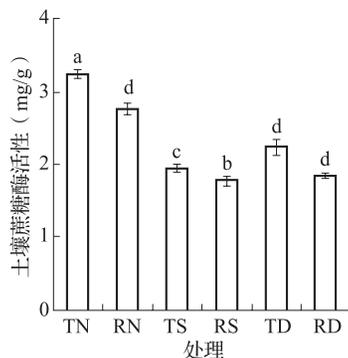


图2 秸秆还田和耕作方式对土壤蔗糖酶活性的影响

### 2.2.2 秸秆还田和耕作方式对土壤脲酶活性的影响

由图3可知,相同耕作条件下,秸秆还田处理组土壤脲酶活性高于无秸秆还田处理;相同秸秆还田条件下,免耕处理显著高于常规耕作和垄耕处理,TN组土壤脲酶活性比TS和TD显著提高了38.91%和49.26%。各处理组土壤脲酶活性表现为TN>RN>TS>TD>RD>RS。说明秸秆还田和免耕方式能够提高耕层土壤脲酶活性。

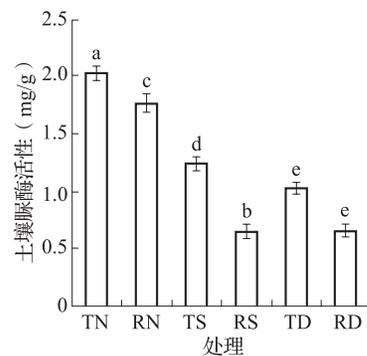


图3 秸秆还田和耕作方式对土壤脲酶活性的影响

### 2.2.3 秸秆还田和耕作方式对土壤蛋白酶活性的影响

由图4可知,相同耕作条件下,秸秆还田处理组土壤蛋白酶活性高于无秸秆还田处理,TN、TS、TD分别较RN、RS、RD提高了3.74%、14.27%、16.37%;相同秸秆还田条件下,免耕处理组土壤蛋白酶活性显著高于常规耕作和垄耕处理,TN比TS、TD显著提高了24.03%、20.99%;无秸秆还田处理条件下,免耕土壤蛋白酶活性同样高于常规耕作和垄耕处理。

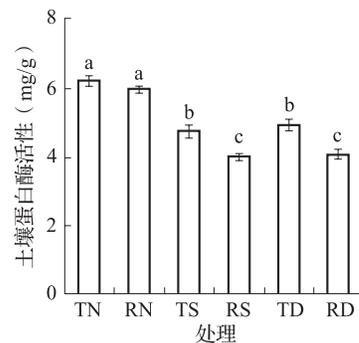


图4 秸秆还田和耕作方式对土壤蛋白酶活性的影响

### 2.2.4 秸秆还田和耕作方式对土壤磷酸酶活性的影响

由图 5 可知, 相同耕作条件下, 秸秆还田处理组土壤磷酸酶活性高于无秸秆还田处理, TN、TD、TS 处理较 RN、RD、RS 处理分别提高了 16.90%、5.67%、15.26%, 但是 TS 与 RS、TD 与 RD 的差异不显著; 相同秸秆还田条件下, 免耕土壤磷酸酶活性高于垄耕和常规耕作, TN 比 TS 和 TD 显著提高了 27.18% 和 16.40%。整个试验期, 各处理土壤磷酸酶活性表现为 TN>TD>RN>TS>RD>RS, 秸秆还田结合保护性耕作能显著提高土壤磷酸酶活性。

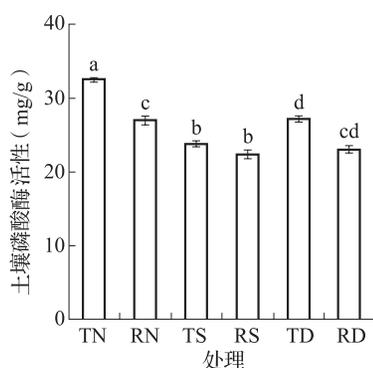


图 5 秸秆还田和耕作方式对土壤磷酸酶活性的影响

### 2.2.5 秸秆还田和耕作方式对土壤脂肪酶活性的影响

由图 6 可知, 相同耕作条件下, 秸秆还田各处理土壤脂肪酶活性显著高于无秸秆还田处理; 相同的秸秆还田条件下, 免耕的土壤脂肪酶活性显著高于常规耕作和垄耕, TN 较 TS 和 TD 显著提高了 17.77% 和 27.37%, 而常规耕作 (TS) 和垄耕 (TD) 方式的土壤脂肪酶活性差异不显著, TN 表现出较好的养分调节作用。

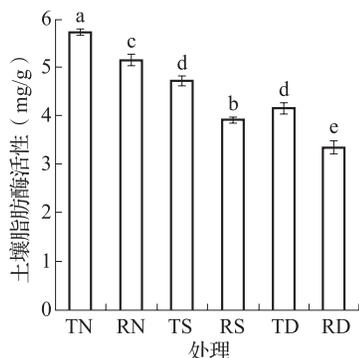


图 6 秸秆还田和耕作方式对土壤脂肪酶活性的影响

### 2.2.6 秸秆还田和耕作方式对土壤过氧化氢酶活性的影响

由图 7 可知, 相同耕作条件下, 秸秆还田处理组土壤过氧化氢酶活性显著高于无秸秆还田处理; 相同秸秆还田条件下, 免耕的土壤过氧化氢酶活性显著高于其他处理, 具有明显的养分调节作用。各处理土壤过氧化氢酶活性表现为 TN>RN>TD>TS>RS>RD, TS 和 TD 分别比 TN 显著低 28.62% 和 21.96%, 说明秸秆还田结合免耕处理能显著提高土壤过氧化氢酶活性。

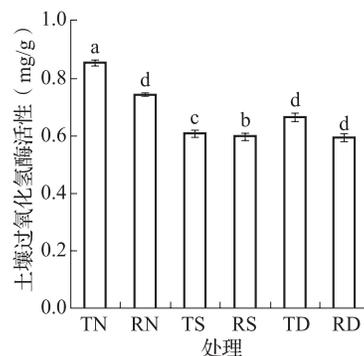


图 7 秸秆还田和耕作方式对土壤过氧化氢酶活性的影响

### 2.3 秸秆还田和耕作方式对花生产量的影响

由图 8 可知, 相同耕作条件下, 秸秆还田处理组花生产量均高于无秸秆还田处理; 相同秸秆还田条件下, 免耕处理高于垄耕和常规耕作处理。各处理花生产量表现为 TN>TD>TS>RN>RD>RS, 其中 TN 处理较 TS 和 TD 处理分别增加 3.78% 和 2.70%, 说明免耕秸秆还田处理对提高作物产量有促进作用。

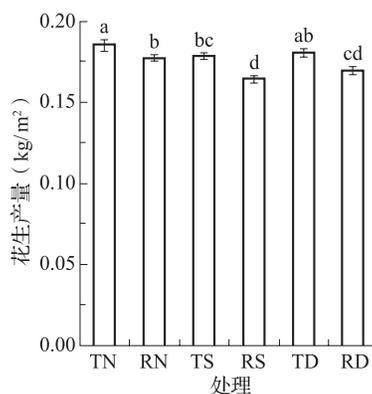


图 8 秸秆还田和耕作方式对花生产量的影响

### 2.4 秸秆还田和耕作方式处理下花生田土壤微生物量及酶活性相关性分析

土壤微生物量碳、氮、磷含量和酶活性的高低在很大程度上制约着土壤肥力状况和耕地质量, 同

时土壤肥力状况反过来又影响着土壤生物化学性质, 两者相互调节并转化, 因此分析它们之间的关系极其重要。由表 2 可知, 土壤微生物量碳、氮、磷含量与土壤酶活性之间有着密切的关系, 土壤微生物量碳与土壤微生物量氮、微生物量磷、土壤蔗糖酶、蛋白酶、磷酸酶、脂肪酶和过氧化氢酶

在  $P=0.01$  水平上极显著相关; 土壤微生物量氮与土壤蔗糖酶、脲酶、蛋白酶、磷酸酶、脂肪酶和过氧化氢酶在  $P=0.01$  水平上极显著相关; 土壤微生物量磷与土壤蔗糖酶、磷酸酶和过氧化氢酶活性在  $P=0.01$  水平上极显著相关, 与脲酶、蛋白酶和脂肪酶活性之间相关性不显著。

表 2 土壤微生物量与酶活性之间的线性相关关系

	MBC	MBN	MBP	INV	URE	PRO	AKP	LIP	CAT
MBC	1								
MBN	0.639**	1							
MBP	0.850**	0.388	1						
INV	0.685**	0.833**	0.505**	1					
URE	0.631*	0.865**	0.410	0.929**	1				
PRO	0.593**	0.852**	0.379	0.908**	0.955**	1			
AKP	0.835**	0.758**	0.741**	0.921*	0.860**	0.845**	1		
LIP	0.628**	0.918**	0.454	0.857**	0.952**	0.907**	0.822**	1	
CAT	0.715**	0.832**	0.521**	0.965**	0.904**	0.887**	0.936**	0.846**	1

注: MBC 土壤微生物量碳; MBN 土壤微生物量氮; MBP 土壤微生物量磷; INV 土壤蔗糖酶; URE 土壤脲酶; PRO 土壤蛋白酶; AKP 土壤磷酸酶; LIP 土壤脂肪酶; CAT 土壤过氧化氢酶; \* 表示在 0.05 水平上显著相关, \*\* 表示在 0.01 水平上极显著相关。

### 3 讨论

土壤微生物量是评价土壤肥力的重要指标, 其含量高低受土壤环境和农田耕作措施的影响<sup>[17]</sup>。本研究表明, 秸秆还田条件下, 免耕处理能明显提高花生耕层土壤微生物量碳、氮、磷含量, 而垄耕和常规耕作效果不明显。这与祝滔等<sup>[18]</sup>、王静等<sup>[19]</sup>研究结果一致。分析认为, 垄耕和翻耕对耕层的翻动比较频繁, 破坏了土壤结构, 加速土壤有机质的损失和土壤肥力的衰退。相反, 免耕耕作对土层结构扰动小, 有利于土壤养分含量的存储和积累, 从而为土壤微生物的生长繁殖提供了良好的生态环境<sup>[12, 20]</sup>。此外, 本研究结果还表明, 相同耕作方式下, 玉米秸秆还田能提高花生耕层土壤微生物量碳、氮、磷含量。这与韩新忠<sup>[21]</sup>研究结果一致。究其原因, 可能是因为覆盖在地表的秸秆腐解向土壤释放养分, 增加了表层土壤的底物含量, 为微生物提供了丰富的碳源和氮源, 催生更多微生物生长和繁殖, 从而使土壤微生物类群和数量发生变化, 进而提高土壤微生物量碳、氮、磷含量<sup>[22]</sup>。

土壤酶活性反映土壤微生物的活性, 其与土壤肥力状况、农田耕作措施和土壤环境有着显著的相关性, 活性高低可客观地反映土壤肥力状况<sup>[23]</sup>。

本研究结果表明, 免耕玉米秸秆还田方式能显著提高花生田土壤蔗糖酶、脲酶、蛋白酶、脂肪酶、磷酸酶和过氧化氢酶活性。分析认为可能是免耕耕作对耕层土壤结构影响小, 加之秸秆还田向土壤提供有机质, 为土壤微生物维持生命活动提供了充足的营养和良好的滋生环境, 显著提高各类微生物的数量, 从而提高土壤酶活性。马慧娟<sup>[24]</sup>研究表明, 秸秆还田可以使土壤脲酶活性、土壤蔗糖酶活性和土壤有机质含量分别高出未还田处理 3.3%、2.6%、4.3%。徐莹莹等<sup>[25]</sup>研究表明, 免耕秸秆覆盖还田可提高玉米生育中后期菌群数量及酶活性。

土壤微生物和酶参与土壤中许多重要的物质循环和能量流动, 是评价土壤生物学肥力的重要指标<sup>[26-28]</sup>。相关分析结果表明, 土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性之间存在显著或极显著正相关关系, 与操庆等<sup>[29]</sup>和王光华等<sup>[30]</sup>研究结果基本一致。在 6 种耕作方式中, 耕作方式和秸秆还田与土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性之间存在显著的相关关系。因此, 土壤微生物量和酶活性通过影响土壤肥力来影响作物产量, 而免耕秸秆还田处理通过提高土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性, 改善土壤肥力状况和农田质量, 从而促进花生产量的增加。

## 4 结论

相同耕作条件下秸秆还田处理组土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性均高于无秸秆还田处理组；在相同秸秆还田处理条件下，免耕处理组土壤微生物量碳、氮、磷含量和土壤酶活性显著高于常规耕作和垄耕耕作处理组。免耕秸秆还田处理下，花生产量高出无秸秆还田处理 4.32%。综上所述，在本试验条件下，玉米秸秆还田加上免耕操作是辽西风沙半干旱地区花生种植适宜的耕作方式。

## 参考文献:

- [1] 李玉洁, 王慧, 赵建宁, 等. 耕作方式对农田土壤理化因子和生物学特性的影响 [J]. 应用生态学报, 2015, 26 (3): 939-948.
- [2] 王丽, 刘红芝, 刘丽, 等. 油用花生品质评价模型的建立及其加工适宜性研究 [J]. 食品科学技术学报, 2016, 34 (1): 21-27.
- [3] 张建军, 王勇, 樊廷录, 等. 耕作方式与施肥对陇东旱塬冬小麦-春玉米轮作农田土壤理化性质及产量的影响 [J]. 应用生态学报, 2013, 24 (4): 1001-1008.
- [4] 孙冰洁, 贾淑霞, 张晓平, 等. 耕作方式对黑土表层土壤微生物量碳的影响 [J]. 应用生态学报, 2015, 26 (1): 101-107.
- [5] 路怡青, 朱安宁, 张佳宝, 等. 免耕和秸秆还田对潮土酶活性及微生物量碳氮的影响 [J]. 土壤, 2013, 45 (5): 894-898.
- [6] 沈学善, 屈会娟, 李金才, 等. 玉米秸秆还田和耕作方式对小麦养分积累与转运的影响 [J]. 西北植物学报, 2012, 32 (1): 143-149.
- [7] 刘红梅, 姬艳艳, 张贵龙, 等. 不同耕作方式对玉米田土壤有机碳含量的影响 [J]. 生态环境学报, 2013, 22 (3): 406-410.
- [8] 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.
- [9] 刘淑梅, 孙武, 张瑜, 等. 小麦季不同耕作方式对砂姜黑土玉米农田土壤微生物特性及酶活性的影响 [J]. 玉米科学, 2018, 26 (1): 103-107.
- [10] 王幸, 邢兴华, 徐泽俊, 等. 耕作方式和秸秆还田对黄淮海夏大豆产量和土壤理化性状的影响 [J]. 中国油料作物学报, 2017, 39 (6): 834-841.
- [11] Hamido S A, Kpombekou A K. Cover crop and tillage effects on soil enzyme activities following tomato [J]. Soil and Tillage Research, 2009, 105: 269-274.
- [12] Nelson M A, Griffith S M, Steiner J J. Tillage effects on nitrogen dynamics and grass seed crop production in Western Oregon, USA [J]. Soil Science Society of America Journal, 2006, 70: 825-831.
- [13] 陈金. 耕作模式与施氮量对土壤质量及冬小麦产量的调控效应 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2017.
- [14] 张英英. 不同耕作措施下旱作农田土壤活性有机碳组分与酶活性关系研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [15] 吴金水, 林启美, 黄巧云. 土壤微生物量测定方法及其应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [16] 关松荫. 土壤酶及其研究法 (第一版) [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [17] 程教攀, 陈力力, 李梦丹, 等. 不同耕作方式对稻田土壤微生物的影响 [J]. 湖南农业科学, 2017, (8): 8-10.
- [18] 祝滔, 郝庆菊, 江长胜, 等. 耕作方式对西南地区紫色水稻土全氮及碱解氮的影响 [J]. 地理科学, 2011, 31 (6): 753-757.
- [19] 王静, 张仁陟, 张天佑. 保护性耕作方式对土壤微生物生理类群和酶活性的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25 (7): 168-172.
- [20] 李丽娜, 席运官, 陈鄂, 等. 耕作方式与绿肥种植对土壤微生物组成和多样性的影响 [J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34 (4): 342-348.
- [21] 韩新忠. 稻麦轮作条件下秸秆还田对作物、土壤微生物及碳库的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [22] 于寒. 秸秆还田方式对土壤微生物及玉米生长特性的调控效应研究 [D]. 长春: 吉林农业大学, 2015.
- [23] 李忠, 江立庚, 唐荣华, 等. 连作对花生土壤酶活性、养分含量和植株产量的影响 [J]. 土壤, 2018, 50 (3): 491-497.
- [24] 马慧娟. 秸秆还田不同年限对土壤生化性状及玉米生长发育的影响研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [25] 徐莹莹, 王俊河, 刘玉涛, 等. 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 [J]. 黑龙江农业科学, 2018, (7): 1-4.
- [26] 马晓霞, 王莲莲, 黎青慧, 等. 长期施肥对玉米生育期土壤微生物量碳氮及酶活性的影响 [J]. 生态学报, 2012, 32 (17): 5502-5511.
- [27] 陈娟, 马忠明, 刘莉莉, 等. 不同耕作方式对土壤有机碳、微生物量及酶活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22 (3): 667-675.
- [28] 杨赛, 朱琳, 魏巍. 土壤生态系统硝化微生物研究进展 [J]. 中国土壤与肥料, 2018, (6): 1-10.
- [29] 操庆, 曹海生, 魏晓兰, 等. 盐胁迫对设施土壤微生物量碳氮和酶活性的影响 [J]. 水土保持学报, 2015, 29 (4): 300-304.
- [30] 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, (6): 1275-1280.

**Effects of straw returning and tillage methods on soil microbial biomass, enzyme activity and yield of peanut**

ZHAO Xue-song<sup>1</sup>, SONG Wang-fang<sup>1\*</sup>, GAO Xin<sup>1</sup>, YANG Chen-xi<sup>1</sup>, YU Hong-bo<sup>2</sup>, WANG Dong-xu<sup>1</sup> (1. Liaoning Project Technology University, Fuxin Liaoning 123000; 2. Liaoning Institute of Sandstorm Land Improvement and Utilization, Fuxin Liaoning 123000)

**Abstract:** Through two years of field site-specific experiment, the effects of straw returning and tillage methods on soil microbial biomass, soil enzyme activity and yield of peanut plough layer in Horqin wind-sand field were studied to explore the cultivation methods suitable for high yield of peanut under semi-arid condition of wind and sand in western Liaoning. Six treatments were set up: no-tillage, no straw returning (RN), conventional ploughing and no straw returning (RS), ridge no straw returning (RD), no-till straw returning (TN), conventional conversion straw to field (TS), ridge straw returning to field (TD). The results showed that soil microbial biomass carbon, nitrogen, phosphorus content and soil enzyme activity in straw returning treatments were higher than those without straw returning treatments under the same tillage conditions, which indicated that straw returning significantly increased soil microbial biomass carbon, nitrogen, phosphorus content and enzyme activity. Under the same straw returning condition, compared with conventional tillage and ridge ploughing treatment, no-tillage treatment significantly increased soil microbial biomass carbon, nitrogen, phosphorus content and soil enzyme activity. Under no-tillage straw returning treatment, peanut yield was 4.32% higher than that of without straw returning treatment. In summary, no-tillage straw returning treatment can significantly increase soil microbial biomass carbon, nitrogen, phosphorus content and soil enzyme activity, improve the biological fertility of ploughing soil, and promote crop yield.

**Key words:** returning straw to field; farming methods; peanuts; soil microbial biomass; soil enzyme activities; crop yield