

杨 铭. 免耕覆盖对小麦—花生轮作体系不同土层微生物量碳、氮含量及相关酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(6): 216–222.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.06.030

免耕覆盖对小麦—花生轮作体系不同土层微生物量碳、氮含量及相关酶活性的影响

杨 铭

(商丘职业技术学院, 河南商丘 476000)

摘要:为揭示不同耕作方式和秸秆还田条件下小麦—花生轮作体系的不同土层微生物量碳、氮含量及相关酶活性的变化规律,通过田间定位试验,设置免耕秸秆不还田、免耕秸秆还田、浅耕秸秆不还田、浅耕秸秆还田、深耕秸秆不还田、深耕秸秆还田 6 个处理,研究不同处理对土壤有机碳含量、全氮含量、微生物量碳含量、微生物量氮含量及土壤脲酶活性、碱性磷酸酶活性、过氧化氢酶活性、蔗糖酶活性的影响,并探讨它们之间的关联性。结果表明,与秸秆还田处理相比,在相同耕作方式下,秸秆还田处理能够提高土壤有机碳、全氮、微生物量碳、微生物量氮含量及土壤脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性。当秸秆还田措施条件相同时,耕作方式对土壤碳、氮含量及酶活性大小的影响在不同土层表现出的差异较大,其中在 0~30 cm 土层,免耕处理的表现较优,在 30~60 cm 土层,深耕处理的表现较优。相关性分析结果显示,土壤有机碳、全氮、微生物量碳、微生物量氮含量与土壤酶活性的变化紧密相关。由此可知,免耕秸秆还田处理相比其他处理能够提高表层土壤碳、氮含量及相关酶活性,而深耕秸秆还田处理在深层土壤中的表现较优。

关键词:耕作方式;秸秆还田;微生物量碳氮;酶活性;相关性分析

中图分类号:S154.2;S154.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)06-0216-06

华北平原是我国的粮食主产区之一,其稳定的产量输出对于维持和保护我国粮食安全具有重要意义^[1-2]。小麦—花生轮作是华北平原豫东地区常见的种植模式,生产中由于花生播种前需要进行麦茬粉碎处理,而小麦收获后至花生播种前的时间较短,不少农民为了省时省力,纷纷选择进行小麦秸秆焚烧处理,不仅浪费了秸秆富含的氮、磷、钾、碳等营养元素,还对我国环境保护造成了严重影响^[3-4]。旋耕是华北平原的主要耕作方式,但长期旋耕不仅会使土壤耕层变浅,还会改变土壤的固有结构,导致土壤质量下降等一系列问题^[5-7]。因此,为了缓解人类活动对农田生态系统带来的压力,保护性耕作方式和秸秆还田措施成为农业可持续发展的重要研究课题。有研究发现,合理的耕作方式和秸秆还田措施不仅能够降低传统耕作带来的负面影响(诸如土壤有机质含量下降、酶活性降低与土壤微生物群落发生改变等),还可以提高土壤微

生物量碳、氮含量及相关酶活性^[8-10]。徐欣等研究发现,长期免耕秸秆覆盖不仅能够提高土壤碳、氮含量,还可以明显提高作物产量,提高土壤生产力^[11]。张奇等研究发现,合理的秸秆还田措施能够明显提高土壤氮素及微生物量碳、氮含量,但是不同秸秆还田深度的效果差异较明显,其中秸秆还田 10 cm 时对土壤氮素及微生物量碳、氮含量的提高效果最明显^[12]。赵雪淞等研究发现,免耕秸秆覆盖能够显著提高土壤微生物量碳、氮、磷含量和相关酶活性^[13]。由此可见,合理的耕作方式和秸秆还田措施是解决目前困境的有效方法之一。

土壤微生物量碳、氮是土壤碳氮中最活跃的部分,由于其周转速率快,因而能够敏感地反映土壤碳氮含量的变化,微生物量碳、氮含量的变化是表征土壤肥力的重要依据之一^[14-16]。土壤酶是土壤生物学特性的重要组成部分,能够参与土壤养分的转化与分解,是表征土壤肥力、活力的重要依据之一^[17-18]。因此,研究土壤微生物量碳、氮及相关酶活性变化对不同耕作措施与秸秆还田方式的响应,探索有利于农田生产的最优组合,对华北平原地区农田耕作措施和秸秆还田方式的选择具有重要的生产意义。目前,关于长期不同耕作措施、秸秆还田方式及耕作结合秸秆还田措施对耕作层土壤微

收稿日期:2022-05-18

基金项目:高职高专国家级示范专业基金;河南省科技攻关项目(编号:152102110030)。

作者简介:杨 铭(1984—),女,河南商丘人,硕士,讲师,主要从事农业微生物专业教学、科研及技术服务工作。E-mail:sqzyym1984@163.com。

生物量碳、氮影响的研究有很多^[19-21],但是由于气候、降水量、土壤条件的差异,不同地区、不同种植体系对耕作方式、秸秆还田措施的响应均有所不同。因此,本研究通过分析不同耕作方式、秸秆还田措施对不同土层土壤有机碳含量、全氮含量、微生物量碳含量、微生物量氮含量及相关酶活性的影响,寻找适宜的组合方式,以期为华北平原地区小麦—花生轮作体系保护性耕作措施的完善提供帮助。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

田间试验于 2018—2021 年在河南省商丘职业技术学院试验示范基地附近农田(116°18'E,39°26'N)进行,该地区属于典型的暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明,冬季寒冷干燥,夏季湿热多雨。年均气温 14.2℃,年均日照时长 1 944 h,无霜期 211 d,年均降水量 685 mm。供试土壤为黄潮土二合土,基础土壤(0~30 cm)肥力:全氮含量 0.82 g/kg,全磷含量 0.96 g/kg,碱解氮含量 72.11 mg/kg,有效磷含量 56.73 mg/kg,速效钾含量 123.35 mg/kg,有机质含量 8.85 g/kg,pH 值 8.12。试验区长期进行小麦—花生轮作种植,试验前 3 年均均为 0~30 cm 浅耕,小麦秸秆还田,花生秸秆不还田。

1.2 供试材料

供试小麦品种为百农 207,购自河南百农种业有限公司、河南华冠种业有限公司,试验生育期为 10 月 15 日至翌年 6 月 8 日;供试花生品种为冀花 4 号,购自河北省农林科学院粮油作物研究所,试验生育期为 6 月 15 日至翌年 9 月 25 日。

1.3 试验设计

于 2018 年 10 月 15 日种植小麦,设置如下 6 个处理:(1)免耕、秸秆不还田(PNS);(2)免耕、秸秆还田(PS);(3)浅耕、秸秆不还田(SPNS);(4)浅耕、秸秆还田(SPS);(5)深耕、秸秆不还田(DPNS);(6)深耕、秸秆还田(DPS)。试验共设 3 次重复,共 18 个小区,小区面积为 64 m²,全部随机区组排列,试验区周围设 3 m 保护行,小区走道长 0.8 m。小麦季施肥量:255 kg/hm² 纯氮,75 kg/hm² P₂O₅,150 kg/hm² K₂O。花生季施肥量:600 kg/hm² 复合肥(N:P:K=15:15:15),225 kg/hm² 过磷酸钙,均作为基肥施入,生育期内不追肥。秸秆还田处理通过农用机械将小麦与花生秸秆埋置于地下不同

深度,其中免耕处理置于地表,浅耕处理置于地下 0~30 cm 处,深耕处理置于地下 30~60 cm 处,秸秆不还田处理通过人工移走两季作物秸秆,免耕处理不进行机械耕作,人工进行播种与收获。

1.4 土壤样品的采集与测定

于 2021 年 9 月 24 日花生收获前 1 d 进行田间土壤样品的取样,通过螺旋形土钻利用 5 点取样法采集 0~30 cm 和 30~60 cm 土层的土壤样品。剔除较大石砾、植物残根等杂物后,通过装有冰袋的泡沫箱将样品带回实验室,过 1 mm 筛后,将一部分样品自然风干,用于土壤理化性质的测定,将另一部分样品置于 4℃ 冰箱中,用于土壤微生物量碳、氮含量和酶活性的测定。

土壤有机碳、全氮含量分别采用重铬酸钾—浓硫酸外加热法、凯氏定氮法测定^[22-23];土壤微生物量碳、氮含量均采用三氯甲烷熏蒸—硫酸钾浸提法测定^[24];土壤脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性分别采用苯酚钠—次氯酸钠比色法、磷酸苯二钠比色法、高锰酸钾滴定法、3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[25]。

1.5 数据分析与处理

用 Office WPS 进行数据处理和图表制作,用 SPSS 19.0 进行方差与相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同措施对土壤有机碳、全氮含量及其比值的影响

由表 1 可以看出,各处理 30~60 cm 土层有机碳、全氮含量及碳氮比均明显低于 0~30 cm 土层。从各处理性状的表现来看,在 0~30 cm 土层,PS 处理的有机碳、全氮含量均最高,分别较其他处理提高 6.88%~15.81%、4.49%~27.40%;PS 处理的全氮含量除与 SPS 处理无显著差异外,均较其他处理显著提高;DPNS 处理的碳氮比最高,与其他处理间差异显著。在 30~60 cm 土层,DPS 处理的有机碳、全氮含量均最高,分别较其他处理提高 3.44%~18.60%、7.27%~22.92%;DPS 处理的有机碳含量除与 PS 处理间无显著差异外,与其他处理相比均显著提高;PNS 处理的碳氮比最高。整体来看,在相同耕作处理方式下,不同土层的有机碳、全氮含量均表现为秸秆还田>秸秆不还田,碳氮比则没有表现出规律性;在相同秸秆处理下,不同土层的有机碳含量均表现为免耕>深耕>浅耕。0~30 cm 土

层的全氮含量表现为免耕 > 浅耕 > 深耕,30 ~ 60 cm 比没有表现出规律性。
土层的全氮含量则表现为深耕 > 浅耕 > 免耕,碳氮

表 1 不同措施对土壤有机质、全氮含量及碳氮比变化的影响

处理	0 ~ 30 cm			30 ~ 60 cm		
	有机碳含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	碳氮比 (%)	有机碳含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	碳氮比 (%)
PNS	10.41 ± 0.56cd	0.82 ± 0.05d	12.70 ± 0.62bc	4.99 ± 0.26b	0.48 ± 0.03d	10.10 ± 0.59a
PS	11.65 ± 0.72a	0.93 ± 0.07a	12.53 ± 0.82cd	5.24 ± 0.21a	0.52 ± 0.04c	10.08 ± 0.72a
SPNS	10.06 ± 0.90d	0.79 ± 0.07b	12.73 ± 0.77bc	4.57 ± 0.37c	0.52 ± 0.03c	8.79 ± 0.40c
SPS	10.68 ± 0.51bc	0.89 ± 0.06a	12.00 ± 0.91d	4.91 ± 0.24b	0.55 ± 0.05b	8.93 ± 0.58c
DPNS	10.23 ± 0.46cd	0.73 ± 0.04c	14.01 ± 0.50a	4.85 ± 0.18b	0.54 ± 0.04bc	9.24 ± 0.53b
DPS	10.90 ± 0.52b	0.82 ± 0.03b	13.29 ± 0.73b	5.42 ± 0.30a	0.59 ± 0.02a	9.19 ± 0.84b

注:同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。表 2 同。

2.2 不同措施对土壤微生物量碳、氮及其比值的影响

由表 2 可以看出,各处理 30 ~ 60 cm 土层的土壤微生物量碳、氮含量均明显低于 0 ~ 30 cm 土层,而土壤微生物量碳氮比则表现出不同的变化趋势。在 0 ~ 30 cm 土层,PS 处理的微生物量碳、氮含量均最高,分别较其他处理提高 5.53% ~ 47.60%、3.02% ~ 29.66%;PS 处理的微生物量氮含量除与 DPS 处理相比无显著差异外,与其他处理相比均显著提高,PS 处理的碳氮比分别较 PNS、SPNS、DPNS 处理显著提高 6.05%、13.89%、7.32%,但与 SPS、DPS 处理无显著差异。在 30 ~ 60 cm 土层,DPS 处

理的微生物量碳、氮含量均最高,分别较其他处理显著提高 10.93% ~ 41.12%、14.10% ~ 27.55%;PS 处理的碳氮比较 PNS、SPNS、SPS 处理分别提高 9.96%、11.98%、5.53%,与 DPNS、DPS 处理间无显著差异。整体来看,在相同耕作处理下,不同土层的微生物量碳、氮含量及碳氮比均表现为秸秆还田 > 秸秆不还田;在相同秸秆处理下,当秸秆还田时,0 ~ 30 cm 土层的微生物量碳、氮含量表现为免耕 > 深耕 > 浅耕,当秸秆不还田时,微生物量碳、氮含量表现为深耕 > 免耕 > 浅耕,30 ~ 60 cm 土层的微生物量碳、氮含量均表现为深耕 > 免耕 > 浅耕,而不同土层的碳氮比没有表现出规律性。

表 2 不同措施对土壤微生物量碳、氮含量及碳氮比变化的影响

处理	0 ~ 30 cm			30 ~ 60 cm		
	微生物量碳含量 (mg/kg)	微生物量氮含量 (mg/kg)	碳氮比 (%)	微生物量碳含量 (mg/kg)	微生物量氮含量 (mg/kg)	碳氮比 (%)
PNS	113.46 ± 7.32d	13.46 ± 0.72c	8.43 ± 0.59b	53.01 ± 4.22d	6.36 ± 0.42de	8.33 ± 0.51cd
PS	146.20 ± 10.02a	16.35 ± 1.07a	8.94 ± 0.45a	64.32 ± 5.19b	7.02 ± 0.50b	9.16 ± 0.68a
SPNS	99.05 ± 6.78e	12.61 ± 0.77d	7.85 ± 0.40c	50.56 ± 3.84d	6.28 ± 0.38e	8.18 ± 0.67d
SPS	122.22 ± 8.16c	14.01 ± 1.21b	8.72 ± 0.63ab	59.27 ± 3.10c	6.83 ± 0.41bc	8.68 ± 0.60bc
DPNS	115.18 ± 8.92d	13.82 ± 1.18b	8.33 ± 0.38bc	58.52 ± 4.08c	6.65 ± 0.55cd	8.80 ± 0.54ab
DPS	138.54 ± 6.10b	15.87 ± 0.80a	8.73 ± 0.57ab	71.35 ± 6.27a	8.01 ± 0.67a	8.91 ± 0.73ab

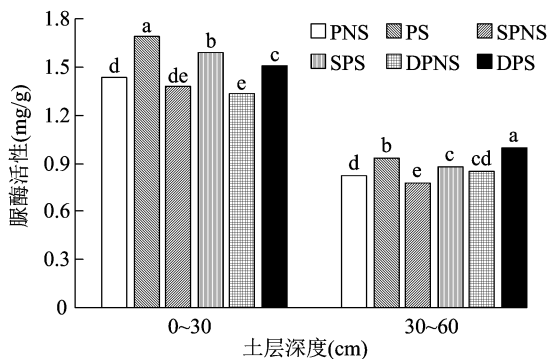
2.3 不同措施对土壤脲酶活性的影响

由图 1 可以看出,不同处理组的土壤脲酶活性随着土层深度的增加而降低。在 0 ~ 30 cm 土层,PS 处理的土壤脲酶活性最高,较其他处理显著提高 6.29% ~ 27.07%,DPNS 处理的土壤脲酶活性最低,除与 SPNS 处理无显著差异外,均显著低于其他处理。在 30 ~ 60 cm 土层,DPS 处理的土壤脲酶活性最高,较其他处理显著提高 7.53% ~ 28.21%,

SPNS 处理的土壤脲酶活性最低。整体来看,在相同耕作处理下,土壤脲酶活性表现为秸秆还田 > 秸秆不还田;在相同秸秆处理下,0 ~ 30 cm 土层的土壤脲酶活性表现为免耕 > 浅耕 > 深耕,30 ~ 60 cm 土层的土壤脲酶活性表现为深耕 > 免耕 > 浅耕。

2.4 不同措施对土壤碱性磷酸酶活性的影响

由图 2 可以看出,在不同处理下,土壤碱性磷酸酶活性随着土层深度的增加而降低,且不同土层表



相同土层、不同处理间标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下图同

图1 不同措施对土壤脲酶活性变化的影响

现出明显差异。在 0 ~ 30 cm 土层,PS 处理的碱性磷酸酶活性最高,较其他处理高 1.37% ~ 42.31%,且显著高于除 DPS 处理外的其他处理,SPNS 处理的碱性磷酸酶活性最低。在 30 ~ 60 cm 土层,DPS 处理的碱性磷酸酶活性最高,较其他处理显著提高 9.43% ~ 65.79%,SPNS 处理最低。整体来看,在相同耕作处理下,土壤碱性磷酸酶活性表现为秸秆还田 > 秸秆不还田;在相同秸秆处理下,0 ~ 30 cm 土层的土壤碱性磷酸酶活性表现为免耕 > 深耕 > 浅耕,30 ~ 60 cm 土层的土壤碱性磷酸酶活性表现为深耕 > 免耕 > 浅耕,与土壤脲酶活性的变化趋势相同。

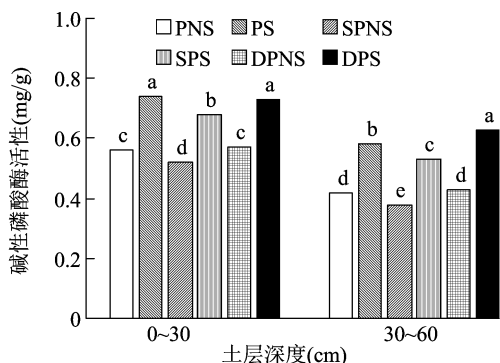


图2 不同措施对土壤碱性磷酸酶活性变化的影响

2.5 不同措施对土壤过氧化氢酶活性的影响

由图 3 可以看出,在不同土层,各处理的过氧化氢酶活性差异较明显。在 0 ~ 30 cm 土层,PS 处理的过氧化氢酶活性最高,分别较 PNS、SPNS、SPS、DPNS 处理显著提高 11.62%、23.83%、6.55%、19.62%,PS 处理的过氧化氢酶活性与 DPS 处理无显著差异,SPNS 处理的过氧化氢酶活性最低,显著低于除 DPNS 处理外的其他处理。在 30 ~ 60 cm 土层,PS 处理的土壤过氧化氢酶活性仍最高,分别较

PNS、SPNS、DPNS 处理显著提高 15.84%、18.36%、12.64%,与 SPS、DPS 处理间无显著差异,SPNS 处理的过氧化氢酶活性最低,显著低于除 PNS 处理外的其他处理。整体来看,在相同耕作处理下,过氧化氢酶活性表现为秸秆还田 > 秸秆不还田;在相同秸秆处理下,0 ~ 30 cm 土层的土壤过氧化氢酶活性表现为免耕 > 深耕 > 浅耕,在 30 ~ 60 cm 土层,秸秆还田处理的过氧化氢酶活性表现为免耕 > 深耕 > 浅耕,秸秆不还田处理的过氧化氢酶活性表现为深耕 > 免耕 > 浅耕。

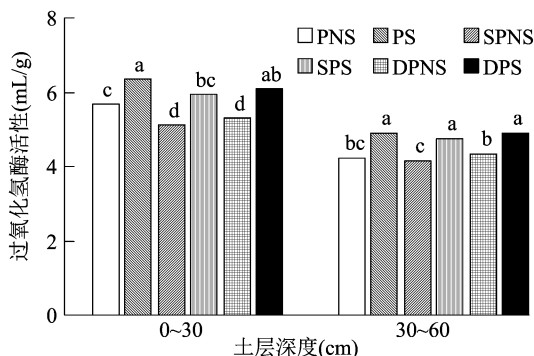


图3 不同措施对土壤过氧化氢酶活性变化的影响

2.6 不同措施对土壤蔗糖酶活性的影响

由图 4 可以看出,不同措施对不同土层土壤蔗糖酶活性变化产生不同的影响。在 0 ~ 30 cm 土层,PS 处理的土壤蔗糖酶活性最高,较其他处理显著提高 18.34% ~ 56.88%,SPNS 处理的土壤蔗糖酶活性最低。在 30 ~ 60 cm 土层,DPS 处理的土壤蔗糖酶活性最高,较其他处理显著提高了 14.77% ~ 47.45%,SPNS 处理的土壤蔗糖酶活性最低。整体来看,在相同耕作处理下,土壤蔗糖酶活性表现为秸秆还田 > 秸秆不还田;在相同秸秆处理下,0 ~ 30 cm 土层的土壤蔗糖酶活性表现为免耕 > 深耕 > 浅耕,30 ~ 60 cm 土层的土壤蔗糖酶活性表现为深耕 > 免耕 > 浅耕。

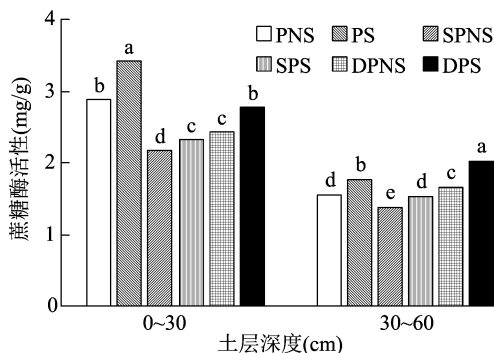


图4 不同措施对土壤蔗糖酶活性变化的影响

2.7 土壤有机碳、全氮含量及微生物量碳、氮含量与相关酶活性的相关性分析

由表 3 可以看出,微生物量碳含量与碱性磷酸酶、过氧化氢酶活性呈极显著正相关,与脲酶、蔗糖酶活性呈显著正相关;微生物量氮含量与碱性磷酸酶、过氧化氢酶活性呈极显著正相关,与蔗糖酶活性呈显著正相关;有机碳含量与脲酶、碱性磷酸酶、

过氧化氢酶活性呈极显著正相关,与蔗糖酶活性呈显著正相关;全氮含量与脲酶活性呈极显著正相关,与过氧化氢酶活性呈显著正相关;土壤有机碳含量、全氮含量及微生物量碳、氮含量与其他酶活性指标均呈正相关。由此可见,土壤有机碳、全氮含量及微生物量碳、氮含量受酶活性变化的影响较大,土壤酶活性的提高有利于土壤碳、氮的转化及利用。

表 3 土壤有机碳、全氮含量及微生物量碳、氮含量及相关酶活性的相关关系

指标	相关系数							
	微生物量碳含量	微生物量氮含量	有机碳含量	全氮含量	脲酶活性	碱性磷酸酶活性	过氧化氢酶活性	蔗糖酶活性
微生物量碳含量	1.00							
微生物量氮含量	0.99 **	1.00						
有机碳含量	0.94 **	0.92 **	1.00					
全氮含量	0.64	0.57	0.82 *	1.00				
脲酶活性	0.79 *	0.74	0.91 **	0.97 **	1.00			
碱性磷酸酶活性	0.95 **	0.93 **	0.89 **	0.71	0.85 *	1.00		
过氧化氢酶活性	0.93 **	0.89 **	0.93 **	0.82 *	0.91 **	0.94 **	1.00	
蔗糖酶活性	0.78 *	0.77 *	0.84 *	0.58	0.63	0.59	0.75	1.00

注: * 表示在 0.05 水平显著相关, ** 表示在 0.01 水平显著相关。

3 讨论

耕作方式与秸秆还田措施是农田生态系统中土壤碳、氮转化与周转的主要驱动因素^[26]。作物秸秆中因含有丰富的氮、磷、钾、碳等元素,还田后能够迅速补充土壤中的养分,通常与耕作措施配合用于提升土壤地力^[27-28]。有研究发现,与传统耕作相比,长期免耕、少耕与秸秆还田配合能够显著提高 0~10 cm 土层土壤有机碳、全氮含量^[29]。李景等研究发现,传统耕作能够在一定程度上破坏土壤的团聚体结构,增加土壤的扰动性,不利于土壤养分的累积与转化^[30]。而微生物量碳、氮是土壤碳氮转化的重要部分,受耕作方式与秸秆还田措施的影响较大^[31]。本研究结果表明,在 0~30 cm 土层,免耕秸秆还田处理(PS)的土壤有机碳、全氮含量相比其他处理均有不同程度的升高,而在 30~60 cm 土层,深耕秸秆还田处理(DPS)的土壤有机碳、全氮含量均最高,其中有机碳含量与 PS 处理间无显著差异,土壤微生物量碳、氮含量的变化与土壤有机碳、全氮含量的变化相似,这与武均等的研究结果^[32]较为一致。在秸秆还田处理下,土壤有机碳、全氮含量及土壤微生物量碳、氮含量均高于相同耕作方式的秸秆不还田处理,分析认为,秸秆富含营养元素,腐烂分解后能够补充到土壤中,使得秸秆还田处理的

土壤养分含量明显高于秸秆不还田处理,且作物秸秆中含有丰富的碳源,可供土壤微生物利用,从而提高微生物的代谢能力,促进微生物量碳、氮含量的提高。在 0~30 cm 土层,相同秸秆还田方式下免耕处理的土壤有机碳、全氮含量及土壤微生物量碳、氮含量均最高,而在 30~60 cm 土层,深耕处理的相应含量最高。分析认为,免耕能够减少土壤扰动,促使表面营养元素富集累积,有利于土壤碳、氮的转化与合成,深耕时能够将作物秸秆带入土壤深处,腐烂分解后由于补充了土壤中的碳、氮元素,使得免耕处理深层土壤中的碳、氮含量在短期内低于深耕处理。

土壤酶活性能够在某种程度范围内反映土壤微生物的活性,对耕作方式、秸秆还田措施比较敏感^[33]。冯彪等研究发现,与传统耕作相比,深翻、深松能够显著提高土壤酶活性、微生物生物量^[34]。路怡青等研究发现,与常规耕作、秸秆不还田处理相比,免耕覆盖能够显著提高土壤脲酶、碱性磷酸酶、脱氢酶、转化酶活性^[35]。本研究结果表明,在 0~30 cm 土层,与其他处理相比,PS 处理的土壤脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性均最高,除碱性磷酸酶、过氧化氢酶活性与 DPS 处理间无显著差异外,与其他处理相比均显著提高;在 30~60 cm 土层,DPS 处理的土壤脲酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶活性

均最高。结合土壤碳、氮含量的分析结果可知,免耕秸秆覆盖能为表层土壤微生物活动提供较稳定的生存环境和各类碳源,促使其代谢能力强于其他处理,从而提高土壤微生物活性,进而促进土壤中各类元素的分解与合成,从而提高土壤酶活性。深耕能够促使作物秸秆进入深层土壤,不仅可为深层微生物提供充足的碳源,还能提高土壤透气性、增强土壤中的微生物活性,进而能够提高土壤中各类酶活性。相关性分析结果表明,土壤有机碳、全氮含量及微生物量碳、氮含量受酶活性变化的影响较大,外源碳、氮元素的摄入不仅有利于补充土壤中的碳、氮,还有利于提高土壤微生物活性和土壤酶活性,进而影响土壤对碳、氮的转化与利用能力。

4 结论

在相同耕作下,秸秆还田处理的土壤有机碳、全氮含量及微生物量碳、氮含量和脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性均高于秸秆不还田处理。

在相同秸秆还田处理下,在 0 ~ 30 cm 土层,免耕处理的土壤有机碳、全氮含量及微生物量碳、氮含量和脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性均最高;在 30 ~ 60 cm 土层,深耕处理的土壤有机碳、全氮含量及微生物量碳、氮含量和脲酶、过氧化氢酶、蔗糖酶活性均最高。

参考文献:

- [1] 田慎重,张玉凤,边文范,等. 深松和秸秆还田对旋耕农田土壤有机碳活性组分的影响[J]. 农业工程学报,2020,36(2):185-192.
- [2] 赵秀玲,任永祥,赵鑫,等. 华北平原秸秆还田生态效应研究进展[J]. 作物杂志,2017(1):1-7.
- [3] 董林林,王海侯,陆长婴,等. 秸秆还田量和类型对土壤氮及氮组分构成的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(4):1143-1150.
- [4] 王越,况福虹,马胜兰,等. 秸秆粉碎和焚烧还田对石灰性紫色土耕层土壤孔隙和有机碳的影响[J]. 农业环境科学学报,2022,41(3):526-536,693.
- [5] 聂良鹏,郭利伟,牛海燕,等. 轮耕对小麦—玉米两熟农田耕层构造及作物产量与品质的影响[J]. 作物学报,2015,41(3):468-478.
- [6] 孔凡磊,陈阜,张海林,等. 轮耕对土壤物理性状和冬小麦产量的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(8):150-155.
- [7] 李纯燕,杨恒山,萨如拉,等. 不同耕作措施下秸秆还田对土壤速效养分和微生物量的影响[J]. 水土保持学报,2017,31(1):197-201,210.
- [8] Zhang H L, Zhao X, Yin X G, et al. Challenges and adaptations of farming to climate change in the North China Plain[J]. Climatic Change,2015,129(1/2):213-224.
- [9] 潘孝晨,唐海明,肖小平,等. 不同耕作和秸秆还田模式对紫云英—双季稻土壤微生物生物量碳、氮含量的影响[J]. 生态环境学报,2019,28(8):1585-1595.
- [10] 庞荔芳,孟婷婷,张宇飞,等. 玉米秸秆配氮还田对土壤酶活性、微生物量碳含量及土壤呼吸量的影响[J]. 作物杂志,2017(1):107-112.
- [11] 徐欣,王笑影,鲍雪莲,等. 长期免耕不同秸秆覆盖量对玉米产量及其稳定性的影响[J]. 应用生态学报,2022,33(3):671-676.
- [12] 张奇,陈桀,陈效民,等. 不同深度秸秆还田对黄棕壤氮素和微生物生物量碳氮的影响[J]. 水土保持通报,2019,39(2):56-61.
- [13] 赵雪淞,宋王芳,高欣,等. 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[J]. 中国土壤与肥料,2020(3):126-132.
- [14] 史登林,王小利,刘安凯,等. 黄壤稻田土壤微生物量碳氮及水稻品质对生物炭配施氮肥的响应[J]. 环境科学,2021,42(1):443-449.
- [15] 周元,陈远学,蒋帆,等. 玉米地土壤微生物量碳、氮及微生物熵对不同物料还田的响应[J]. 水土保持学报,2020,34(2):173-180.
- [16] 路怡青,王安宁,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.
- [17] 刘霜,张心昱. 不同植物根际土壤碳氮水解酶活性热点区的空间分布特征[J]. 生态学报,2020,40(13):4462-4469.
- [18] 赵亚丽,郭海斌,薛志伟,等. 耕作方式与秸秆还田对土壤微生物数量、酶活性及作物产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(6):1785-1792.
- [19] 郭策,赵兴敏,王楠,等. 秸秆还田配施氮肥对黑钙土有机碳及微生物量碳氮的影响[J]. 河南农业大学学报,2022,56(1):21-30.
- [20] 李秀,韩佳乐,吴文雪,等. 秸秆还田方式对关中盆地土壤微生物量碳氮和冬小麦产量的影响[J]. 水土保持学报,2018,32(4):170-176.
- [21] 吕盛,王子芳,高明,等. 秸秆不同还田方式对紫色土微生物量碳、氮、磷及可溶性有机质的影响[J]. 水土保持学报,2017,31(5):266-272.
- [22] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:13-14.
- [23] 李文军,彭保发,杨奇勇. 长期施肥对洞庭湖双季稻区水稻土有机碳、氮积累及其活性的影响[J]. 中国农业科学,2015,48(3):488-500.
- [24] 李成芳,曹凑贵,徐拥华,等. 稻鸭与稻鱼生态系统土壤微生物量 N 和土壤酶活性动态[J]. 生态学报,2008,28(8):3905-3912.
- [25] 关松荫. 土壤酶及其研究法[M]. 北京:农业出版社,1986:274-323.
- [26] Jha P, Garg N, Lakaria B L, et al. Soil and residue carbon mineralization as affected by soil aggregate size[J]. Soil & Tillage Research,2012,121:57-62.

段 明. 基于 Illumina MiSeq 技术分析谷子根际丛枝菌根真菌群落多样性[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(6): 222–229.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.06.031

基于 Illumina MiSeq 技术分析谷子根际丛枝菌根真菌群落多样性

段 明

(山西农业大学实验教学中心, 山西太谷 030801)

摘要:为研究谷子(*Setaria italica*)根际丛枝菌根真菌(AMF)群落的多样性特征,以便充分发掘和利用 AMF 优势菌群。本试验对土壤进行正常浇水与干旱处理,土壤含水量分别为 7.6% 和 3.7%,并采集谷子(豫谷、安陵和沁黄 3 个品种)根系及无寄主对照土壤(CK),获得全部 DNA 并对其中的 18S rRNA 基因进行 PCR 扩增,并运用 MiSeq 高通量测序技术和生物信息学研究谷子的根际 AMF 及群落特征。物种多样性分析结果显示,在正常浇水与干旱处理下,谷子根系与 CK 的 OTU 数量在 1 632~4 290 个之间,共检测并鉴定出 AMF 126 种,隶属 1 门 9 属。其中,按优势种的占比高低依次是原囊霉属(*Acaulospora*)、球囊霉属(*Glomus*)、类球囊霉属(*Paraglomus*)和双型囊霉属(*Ambispora*)。与 CK 相比,谷子根际 AMF 群落多样性减少,AMF 在原囊霉属水平上丰度显著降低。但正常浇水与干旱处理下,谷子根际 AMF 群落多样性并未发生显著变化。研究揭示了谷子根际 AMF 群落组成,主要为球囊霉属;与 CK 相比,3 个谷子品种 AMF 群落分布在多样性及丰度方面具有普遍的相似性。此外,与正常浇水相比,干旱条件下谷子根际丛枝菌根群落多样性及丰度保持稳定,维持在较高的水平,可保证谷子根系对水分和养分的高效吸收与利用。

关键词:谷子;丛枝菌根;Illumina MiSeq 技术;群落多样性

中图分类号:S515.01;S182 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)06-0222-08

谷子[*Setaria italica* (L.) Beauv]为禾本科狗尾草属,耐旱、耐贫瘠、水分利用率高^[1]。目前,已成为单子叶作物抗逆研究的模式植物^[2]。研究发现,丛枝菌根真菌(arbuscular mycorrhizal fungi, AMF)可使谷子根系高效利用土壤中磷元素,进而有利于产量的提高^[3],AMF 通过与宿主共生来提高植物的抗

旱性。谷子抗旱性很强的特点除了与自身生理生态性质有关,其根系周围 AMF 的结构及多样性也不容忽视。因此,通过宏基因组测序分析不同品种谷子根系 AMF 种群特征,探索与谷子自身抗旱能力之间的相关性具有重要意义。AMF 隶属球囊菌门,与绝大多数陆生植物都能形成普遍存在的内共生关系。在土壤微生物群体中,AMF 的定殖依赖于特异信号的识别、传导和交换,这个过程涉及植物根细胞将菌丝的内化,进而 AMF 附着枝从根表面渗入到根内,将菌丝纵向蔓延在根系周围形成丛枝^[4]。研究表明,AMF 群落结构主要受非生物与生物两大因

收稿日期:2022-05-13

基金项目:山西省自然科学研究面上项目(编号:20210302123395);
山西农业大学科技创新基金(编号:2017GPY01)。

作者简介:段 明(1984—),男,山东威海人,博士,副教授,主要从事植物抗逆分子生物学研究。E-mail:duanming840305@163.com。

[27] 闫洪奎,王欣然. 长期定位试验下秸秆还田配套深松对土壤性状及玉米产量的影响[J]. 华北农学报, 2017, 32(增刊1): 250–255.

[28] 李新华,郭洪海,朱振林,等. 不同秸秆还田模式对土壤有机碳及其活性组分的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(9): 130–135.

[29] 冀保毅,赵亚丽,郭海斌,等. 深耕和秸秆还田对不同质地土壤团聚体组成及稳定性的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(3): 65–70, 107.

[30] 李 景,吴会军,武雪萍,等. 长期保护性耕作提高土壤大团聚体含量及团聚体有机碳的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(2): 378–386.

[31] 程教擘,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.

[32] 武 均,蔡立群,齐 鹏,等. 不同耕作措施下旱作农田土壤团聚体中有机碳和全氮分布特征[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3): 276–284.

[33] 刘红梅,李睿颖,高晶晶,等. 保护性耕作对土壤团聚体及微生物学特性的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2020, 29(6): 1277–1284.

[34] 冯 彪,青格尔,高聚林,等. 不同耕作方式对土壤酶活性及微生物量和群落组成关系的影响[J]. 北方农业学报, 2021, 49(3): 64–73.

[35] 路怡青,朱安宁,张佳宝,等. 免耕和秸秆还田对土壤酶活性和微生物群落的影响[J]. 土壤通报, 2014, 45(1): 85–90.