

罗焱霞,肖孔操,赵易艺,等. 长期施肥对西南喀斯特区玉米—大豆轮作根际和非根际土壤氮形态及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(1):195-201.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.01.035

长期施肥对西南喀斯特区玉米—大豆轮作根际和非根际土壤氮形态及酶活性的影响

罗焱霞^{1,4},肖孔操²,赵易艺²,苏以荣²,刘坤平³,王 华¹

(1. 湖南农业大学农学院,湖南长沙 410128; 2. 中国科学院亚热带农业生态研究所亚热带农业生态过程重点实验室,湖南长沙 410125;

3. 中国科学院环江喀斯特生态系统观测研究站,广西环江 547100; 4. 邵阳学院,湖南邵阳 422000)

摘要:依托中国科学院环江喀斯特农业生态试验站玉米—大豆轮作长期施肥定位试验,研究长期不同施肥策略下作物根际和非根际土壤氮形态及酶活性特征,为提高喀斯特地区农田氮肥利用效率和改善农田生态环境等提供科学依据。试验包括不施肥(Control)、单施化肥(NPK)、70% NPK + 30% 秸秆(LSNPK)、70% NPK + 30% 牛粪(LMNP)、40% NPK + 60% 秸秆(HSNPK)、40% NPK + 60% 牛粪(HMNP)6个处理。结果表明,施肥对土壤氮形态和酶活性的影响因农田作物类型而异。与不施肥处理相比,施肥处理提高了玉米季非根际土壤和大豆季根际土壤硝态氮含量。根际土壤硝态氮含量整体低于非根际。施肥处理除增加大豆根际土铵态氮含量外,对玉米季根际和非根际土壤铵态氮含量无显著影响。土壤微生物生物量氮(MBN)含量对施肥响应不显著,大豆季土壤 MBN 含量整体要低于玉米季土壤。与不施肥处理相比,施肥处理未对玉米季土壤乙酰氨基葡萄糖苷酶(NAG)活性产生显著影响,而显著提高了大豆季非根际土壤 NAG 活性。亮氨酸氨基肽酶(LAP)活性变化对施肥响应不敏感。相关性分析结果表明,土壤含水量是影响硝态氮含量的关键因子。NAG 和 LAP 活性与有机碳和全氮含量间相关性不显著,说明喀斯特农田土壤氮转化酶活性不受底物限制。可见,西南喀斯特地区农田土壤氮形态及酶活性对长期施肥的响应特征有别于其他地区,有必要结合区域气候条件、地质背景以及耕作习惯制定科学合理的施肥策略。

关键词:玉米—大豆;轮作;施肥;根际;氮素;土壤酶活性;喀斯特地区

中图分类号:S153.6;S154.2;S344.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)01-0195-06

氮素是作物生长需求最大的养分元素,在农业生产实践中也常施用化学氮肥来维持和提高作物产量。然而,过量的氮肥投入不仅大大提高农业生产成本,同时也对生态环境造成严重威胁,如引起土壤酸化^[1]、地下水污染^[2]等。氮素在土壤中的转化主要由微生物驱动,微生物通过分泌不同的酶来参与催化土壤中的各类生化反应,在土壤有机质矿化、养分元素循环与转化等方面起着关键作用,因而微生物生物量及酶活性也被认为是反映土壤肥力的重要生化指标^[3-4]。可见,了解土壤微生物和酶活性特征对于提高调控土壤氮素循环能力、减少

氮素流失、保障农业生产以及维护生态环境健康等方面都具有重要的意义。

施肥作为维持和提高作物产量的重要农艺措施,可以通过改变底物有效性和土壤化学性质,如改变土壤 pH 值、氧化还原电位(Eh)等,进而影响土壤微生物活性与养分循环过程,但不同的施肥措施报道效果不一^[5]。通常而言,施肥能有效提高土壤有机碳含量、微生物种类与生物量、土壤酶活性。以往关于农田施肥对土壤氮转化相关酶影响的研究主要集中在脲酶和硝酸还原酶等方面^[6-9],而对直接参与氮转化的乙酰氨基葡萄糖苷酶(NAG)和亮氨酸氨基肽酶(LAP)等研究较少。

根系是植物吸收养分的主要途径,其直接与土壤接触而进行频繁的物质和能量交换。根际微域内生化学过程活跃,其养分的分布和转化往往与植物养分吸收密切相关。大量研究表明,植物根际与非根际土壤在化学性质如有机质含量、pH 值、养分含量和形态^[10]以及微生物活性和多样性^[11-12]等方面

收稿日期:2021-05-10

基金项目:国家重点研发计划(编号:2016YFC0502404);国家自然科学基金(编号:41771339)。

作者简介:罗焱霞(1988—),女,湖南邵阳人,硕士,主要从事农田养分循环研究。E-mail:yanxiaolu66@163.com。

通信作者:王 华,博士,教授,博士生导师,主要从事农业生态学研究。E-mail:wangchina926@hunau.edu.cn。

都存在很大差异,即根际效应。一般认为,根际土壤微生物生物量和酶活性高于非根际土壤。此外,研究也发现根际效应受植物类型和土壤环境等多种因素的影响^[13]。在荒漠生态系统的研究结果表明,灌木的根际效应优于草本植物^[14],豆科植物的根际效应要大于禾本科植物^[15]。

我国西南喀斯特地区位于长江和珠江两大水系上游,是我国重要的生态屏障区。该地区人口密度较大且贫困人口多,面临着极大的生存发展压力,加之地质背景特殊,生态环境脆弱,在人为活动干扰下极易发生水土流失,甚至导致石漠化^[16]。目前,喀斯特针对植物根际效应的研究主要集中于自然或近自然生态系统^[17-20],而对农田生态系统关注较少。梁月明等发现,喀斯特优势灌木根际养分富集效应要弱于其他非喀斯特地区^[21]。为更好地保护农田土壤资源,维护区域生态安全,亟需探索适宜于喀斯特地区农田可持续利用的施肥管理模式。鉴于此,本研究以位于典型喀斯特地区广西环江的长期施肥定位试验小区为基础,研究长期不同施肥策略对玉米—大豆轮作体系根际和非根际土壤氮形态和氮转化相关酶活性的影响,以期为制定合理施肥策略,促进喀斯特地区农田生态系统养分良性循环和提高土壤可持续利用能力提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验小区

试验依托于中国科学院环江喀斯特农业生态试验站长期施肥定位试验小区,它于 2006 年建立,土壤类型为棕色石灰土,种植制度为玉米(*Zea mays*)—大豆(*Glycine max*)轮作,大豆播种时间为 2018 年 6 月 12 日,玉米播种时间为 2019 年 3 月 16 日。设置 6 个处理,每个处理 4 次重复,共 24 个小区。处理包括不施肥(Control)、单施化肥(NPK)、70% NPK + 30% 秸秆(LSNPK)、70% NPK + 30% 牛粪(LMNPK)、40% NPK + 60% 秸秆(HSNPK)和 40% NPK + 60% 牛粪(HMNPk)。除不施肥处理

外,各施肥处理按照氮磷钾施用量一致原则,玉米种植期施肥量为 N 含量 200 kg/hm²、P₂O₅ 含量 90 kg/hm²、K₂O 含量 120 kg/hm²,大豆种植期施肥量为 N 含量 22.5 kg/hm²、P₂O₅ 含量 60.0 kg/hm²、K₂O 含量 67.5 kg/hm²。还田秸秆来源于广西当地,种植大豆时用玉米秸秆,种植玉米时用大豆秸秆,牛粪来源于环江县周边菜牛养殖厂,经堆沤腐熟后施用。作物日常管理参照当地农户习惯进行。

1.2 土壤采集

分别于 2018 年 10 月 18 日(大豆成熟期)和 2019 年 6 月 25 日(玉米成熟期)采集大豆和玉米季耕作层(0~10 cm)土壤样品。非根际土壤样品按照随机多点取样法在植株间用土钻采集 10~15 个土柱混合形成 1 个混合样。根际土壤样品采用抖落法采集:在小区内选取长势相近的玉米或大豆植株 8~10 株,拔起后轻轻抖动,然后将附着在根系周围(1~5 mm)的土壤用软毛刷轻轻刷下,每个小区的根际土壤组成 1 个混合土样。所有土壤采集后立即过 2 mm 筛,一部分保存在 4 ℃ 冰箱用于无机氮形态、微生物生物量和酶活性分析;一部分自然风干后,过 100 目筛进行全量养分测定。

1.3 理化分析

土壤 pH 值采用 pH 计测定(土水比为 1 g : 2.5 mL)。土壤有机碳含量采用重铬酸钾容量法—外加热法测定。土壤微生物量碳氮含量采用三氯甲烷熏蒸提取法测定,其中浸提液中的微生物碳含量采用总有机碳分析仪(品牌:日本岛津;型号:TOC-V WP)测定,微生物量氮含量采用流动注射仪(品牌:瑞典福斯;型号:FIAstar 5000)测定。铵态氮和硝态氮含量采用 0.5 mol/L K₂SO₄ 提取,用流动注射仪(型号:AA3)测定。2 种氮转化相关酶活性[乙酰氨基葡萄糖苷酶和亮氨酸氨基肽酶]采用 96 微孔酶标板荧光分析法进行测定^[22]。酶分析所用底物见表 1。底物试剂均购自西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司。

表 1 酶分析所用底物

酶	简写	底物
乙酰氨基葡萄糖苷酶	NAG	4-甲基伞形酮-N-乙酰基-β-D-氨基葡萄糖苷
亮氨酸氨基肽酶	LAP	L-亮氨酸-7-氨基-4-甲基香豆素

1.4 数据统计分析

采用 SPSS 16.0 软件进行差异显著性和 Pearson

相关分析。不同施肥处理间采用单因素方差分析(one-way ANOVA)进行差异显著性检验,同一施

肥处理下根际土与非根际土之间采用配对 t 检验。采用 Origin 8.1 软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 长期不同施肥对根际和非根际土壤氮含量的影响

2.1.1 无机氮含量 与不施肥处理相比,玉米季各施肥处理非根际土中硝态氮含量均显著增加,而根际土中各施肥处理硝态氮含量虽有增加,但差异不显著。此外,LSNPK、HSNPK 和 HMNPK 处理中非根际土中的硝态氮含量显著高于根际土(图 1-A)。大豆季各施肥处理非根际土硝态氮含量相较于不施肥处理没有显著变化;而高量秸秆和牛粪配施化肥处理(HSNPK 和 HMNPK),根际土硝态氮含量要显著高于不施肥和单施化肥处理。其中不施肥、NPK 和 LMNPK 处理非根际土硝态氮含量要显著高

于根际土(图 1-B)。

与硝态氮含量相比,土壤中的铵态氮含量水平整体都较低,平均含量为 1~3 mg/kg。玉米季不同施肥处理之间根际土和非根际土以及各处理根际和非根际土之间铵态氮含量的差异均不明显(图 1-C)。大豆季不同施肥处理非根际土铵态氮含量无显著差异,而根际土中铵态氮含量则是施肥处理整体上要高于不施肥处理(图 1-D)。

2.1.2 土壤全氮与微生物生物量氮 由图 2 可知,玉米季和大豆季各处理之间根际与非根际土壤微生物生物量氮含量均没有显著差异(图 2-A 和图 2-B)。长期不同施肥措施之间玉米季非根际土壤全氮含量没有显著差异,而根际土壤全氮含量则是 HMNPK 处理最高,不施肥处理最低。不同施肥处理对大豆季根际和非根际土壤全氮含量均未产生显著影响(图 2-C 和图 2-D)。

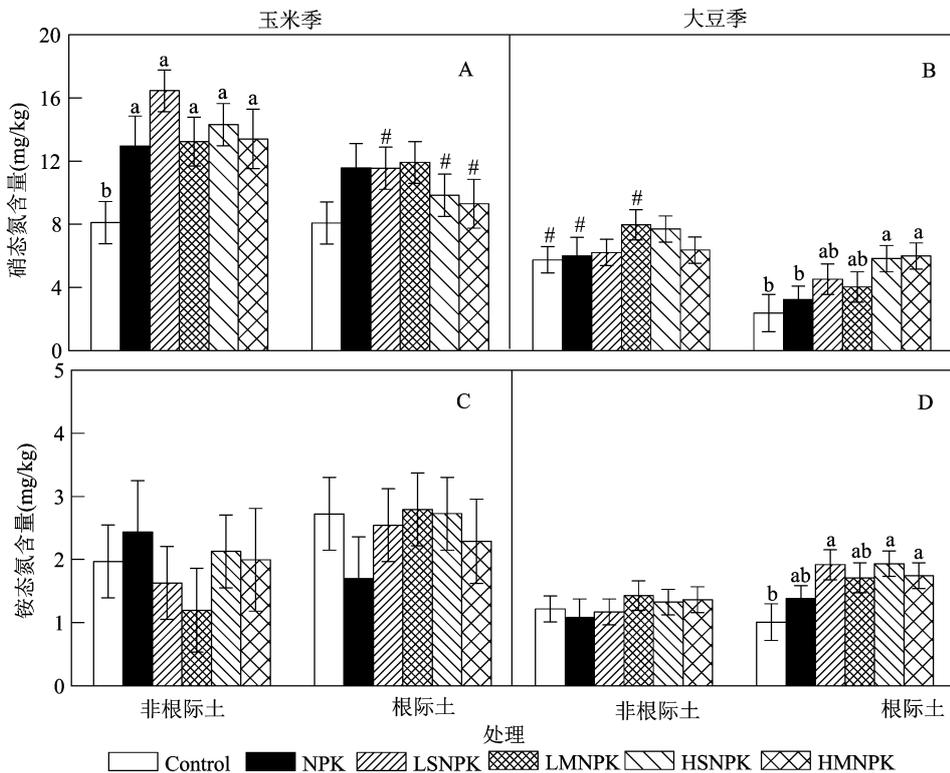


图1 长期不同施肥下根际和非根际土壤无机氮含量

2.2 长期不同施肥对根际和非根际土壤氮转化酶活性的影响

2.2.1 NAG 由图 3-A 和图 3-B 可知,不同施肥处理对玉米季非根际土壤 NAG 活性没有显著影响;但根际土中 LSNPK 处理 NAG 活性要显著高于

LMNPK 处理。而在大豆季,不同施肥处理对非根际土壤 NAG 活性有显著影响,而对根际土壤没有显著影响。大豆季非根际土壤 NAG 活性以 LMNPK 处理最高,不施肥处理最低。另外在 LMNPK 处理下,根际与非根际土壤之间 NAG 活性差异显著。

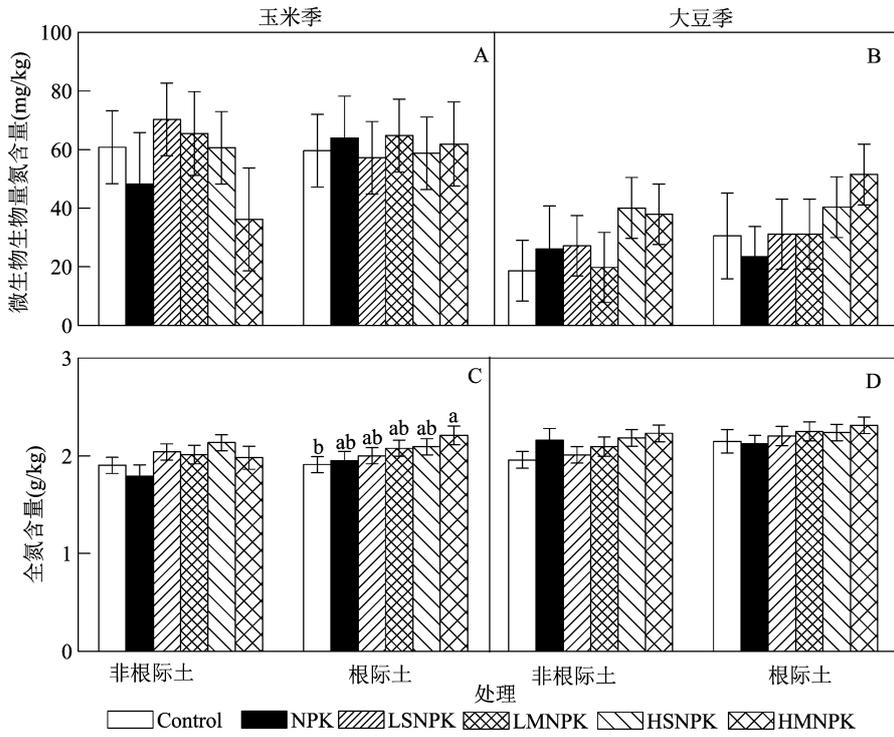


图2 长期不同施肥下根际和非根际土壤微生物生物量氮和全氮含量

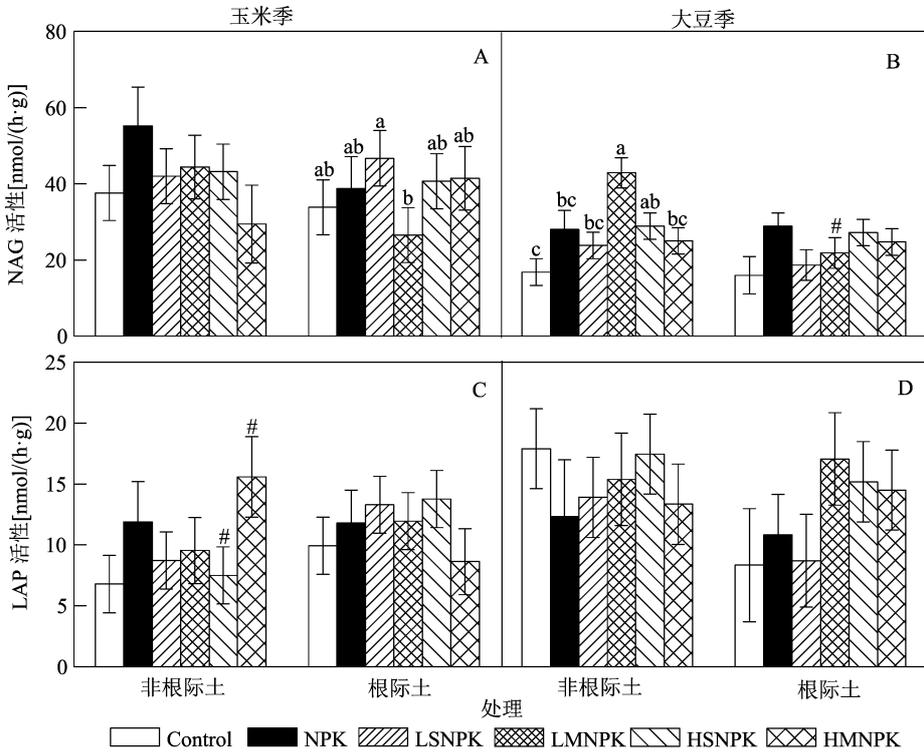


图3 长期不同施肥下根际和非根际土壤 NAG 和 LAP 活性

2.2.2 LAP 长期不同施肥处理对玉米—大豆体系根际和非根际土壤 LAP 活性没有产生显著影响(图 3 - C 和图 3 - D)。HSNPK 处理下玉米根际土 LAP 活性显著高于非根际土,而在 HMNPK 处理下玉米根际土 LAP 活性显著低于非根际土,说明高量

施用有机肥处理对玉米根际 LAP 活性有显著影响。
2.3 土壤氮形态、酶活性与土壤基本指标的相关性
由表 2 可知,土壤总氮(TN)累积与土壤有机碳(SOC)输入紧密相关。玉米季土壤硝态氮含量与 SOC 含量、TN 含量、pH 值、含水量及 MBN 含量呈显

表 2 土壤氮形态、转化酶活性与土壤基本指标的相关性

作物	指标	相关系数							
		SOC 含量	TN 含量	pH 值	含水量	硝态氮含量	铵态氮含量	MBN 含量	NAG 活性
玉米	TN 含量	0.898 **	1.000						
	pH 值	0.116	0.111	1.000					
	含水量	-0.041	0.030	0.360 *	1.000				
	硝态氮含量	0.596 **	0.509 **	0.291 *	0.297 *	1.000			
	铵态氮含量	-0.101	-0.066	-0.232	-0.028	-0.186	1.000		
	MBN 含量	0.488 **	0.552 **	0.240	0.094	0.459 **	-0.132	1.000	
	NAG 活性	0.157	0.102	-0.017	0.141	0.193	0.200	-0.034	1.000
	LAP 活性	-0.217	-0.244	-0.379 **	-0.169	-0.289 *	0.115	-0.299 *	0.017
大豆	TN 含量	0.675 **	1.000						
	pH 值	0.166	-0.050	1.000					
	含水量	0.276	0.122	0.605 **	1.000				
	硝态氮含量	0.194	0.247	0.238	0.607 **	1.000			
	铵态氮含量	-0.126	0.160	-0.305 *	-0.203	0.118	1.000		
	MBN 含量	0.259	0.054	0.056	0.040	0.163	0.060	1.000	
	NAG 活性	-0.082	-0.064	0.020	0.193	0.217	0.091	0.030	1.000
	LAP 活性	-0.257	-0.162	-0.170	0.102	0.492 **	0.323 *	0.129	0.208

注：*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

著正相关关系,和 LAP 活性呈显著负相关关系。大豆季土壤硝氮含量则只与含水量和 LAP 活性呈显著正相关关系。玉米季铵态氮含量与所测土壤指标均无显著相关关系,大豆季土壤铵氮含量与 pH 值和 LAP 活性分别呈显著负相关和正相关关系。玉米季土壤微生物生物量氮含量与 SOC 含量、TN 含量、硝态氮含量呈显著正相关关系而与 LAP 活性呈显著负相关关系,大豆季土壤微生物生物量氮含量与各指标关系均不密切。土壤 NAG 活性在玉米和大豆两季与土壤各指标的相关性均不明显。玉米季土壤 LAP 活性与 pH 值、硝态氮含量及 MBN 含量呈显著负相关,大豆季土壤 LAP 活性与硝态氮和铵态氮含量呈显著正相关关系。

3 结论与讨论

3.1 施肥对土壤氮形态和相关转化酶活性的影响

作物在生长过程中需要从土壤中汲取大量养分,而施肥是补充土壤被消耗养分最直接有效的手段。本研究发现,施肥提高了玉米季土壤尤其是非根际土的硝态氮含量,这与前人的研究结果^[23]一致。以往研究认为,施肥尤其是施用有机肥能够改善土壤养分状况,并为微生物提供丰富碳源和氮源等能量和营养物质,从而促进微生物增殖,提高土壤微生物生物量碳氮含量^[24-25]。半干旱地区红油土 20 年的肥料定位试验结果表明,相比不施肥处

理,仅施化肥并不能显著提高土壤微生物生物量氮含量,而化肥配施有机物料提升效果明显^[26]。黄土高原塬土^[27]和褐潮土^[28]长期定位施肥试验结果表明,土壤微生物生物量氮含量呈现不施肥 < NPK、SNPK < MNPK 的明显趋势。本研究发现,与不施肥处理相比,各施肥处理土壤微生物生物量氮含量并没有显著增加,这可能与喀斯特农田土壤氮背景水平高有关,微生物处于氮饱和状态,因此对外源施氮响应不敏感。此外,由于不同类型作物其养分需求规律不同,使得根系活化养分能力及对土壤微生物活性的影响也存在差异。本研究表明玉米季土壤微生物生物量氮含量整体上要高于大豆季,这与周东兴等在东北玉米一大豆轮作体系下得到的结果^[29]相反。

氮素是作物生长和微生物增殖都必需的养分元素,在土壤-作物系统中作物与微生物对氮素需求存在竞争关系,同时微生物也能够通过分泌相应的胞外酶来分解土壤有机质以获取其中的氮素。本研究中与不施肥处理相比,玉米季各施肥处理无论是根际还是非根际土 NAG 活性均没有显著差异;大豆季 LMNPK 和 HSNPK 处理非根际土 NAG 活性显著高于不施肥处理,而不同施肥处理根际土中 NAG 活性没有显著差异。玉米季和大豆季无论是根际土还是非根际土,不同施肥处理之间 LAP 活性均无显著差异。这表明喀斯特农田不管是单施化肥还是有机肥与无机肥配施对土壤氮转化酶(NAG

和 LAP)活性的影响程度均有限。Pearson 相关分析结果表明,土壤 NAG 和 LAP 活性与主要理化因子如 SOC 含量、TN 含量等均未表现出显著相关性。红壤长期定位施肥试验结果表明,土壤 NAG 活性与硝态氮含量呈显著正相关^[30]。这说明喀斯特农田土壤中 NAG 活性可能受除上述因子之外的其他生物和非生物因素影响。

3.2 根际对土壤氮形态和相关转化酶活性的影响

铵态氮和硝态氮是作物吸收利用氮的主要形态。作物根系吸收往往会造成根际与非根际土壤硝态氮和铵态氮含量出现差异。本研究表明,玉米季和大豆季根际土壤硝态氮含量整体上均要低于非根际土壤,这与梁国鹏等的研究结果^[23]相似,而与吴杨潇影等的研究结果^[9]相反,其通过盆栽试验发现玉米—水稻轮作中玉米根际土壤硝态氮含量要高于非根际。不同长期施肥措施下不同作物的根际效应特征不一,如玉米季 LSNPK、HSNPK、HMNPK 等 3 个处理根际效应显著,而大豆季则是不施肥、NPK、LMNPK 等 3 个处理根际效应显著。Pearson 相关分析结果表明,土壤硝态氮含量在玉米和大豆季均与土壤含水量呈显著正相关关系,这说明旱作农业土壤适度湿润有利于硝化作用发生,导致硝态氮积累。不同施肥处理下玉米季和大豆季土壤铵态氮含量未发现显著的根际效应。这可能是因为喀斯特土壤 pH 值偏中性,利于硝化作用发生,土壤铵态氮水平极低所致。相关性分析结果表明,土壤 pH 值与铵态氮含量呈负相关关系。

本研究中仅少数处理对作物根际土 NAG 和 LAP 活性产生显著影响,如大豆季 LMNPK 处理和玉米季的 HSNPK、HMNPK 处理。梁国鹏等关于华北平原潮土的研究表明,不同施肥处理下玉米根际土壤 NAG 活性都显著高于非根际土壤^[23]。喀斯特地区农田根际效应不明显可能与肥力本底水平较高有关。

此外,许多研究也表明土壤微生物和酶活性与作物生长密切相关,表现为一个动态的过程,本研究仅采集一个时期的样品,可能并不足以反映出整个作物生长季的动态特征,有必要在以后的研究中开展动态监测以获得更为精准的农田氮素养分循环信息。总的来说,本研究结果表明西南喀斯特地区农田土壤氮形态及酶活性对长期施肥的响应特征有别于其他地区,有必要结合区域气候条件、地质背景以及耕作习惯制定科学合理的施肥策略。

参考文献:

- [1] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. *Science*, 2010, 327(5968): 1008 - 1010.
- [2] 巨晓棠, 谷保静. 我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J]. *植物营养与肥科学报*, 2014, 20(4): 783 - 795.
- [3] de la Paz Jimenez M, de la Horra A, Pruzzo L, et al. Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameters[J]. *Biology and Fertility of Soil*, 2002, 35(4): 302 - 306.
- [4] 张玉兰, 陈振华, 马星竹, 等. 潮棕壤稻田不同氮磷肥配施对土壤酶活性及生产力的影响[J]. *土壤通报*, 2008, 39(3): 56 - 61.
- [5] 龚伟, 颜晓元, 王景燕. 长期施肥对土壤肥力的影响[J]. *土壤*, 2011, 39(3): 336 - 342.
- [6] 刘建新. 不同农田土壤酶活性与土壤养分相关关系研究[J]. *土壤通报*, 2004, 35(4): 523 - 525.
- [7] 刘秀梅, 李琪, 梁文举, 等. 潮棕壤免耕农田土壤酶活性的动态变化[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(12): 121 - 125.
- [8] 王俊华, 尹睿, 张华勇, 等. 长期定位施肥对农田土壤酶活性及其相关因素的影响[J]. *生态环境学报*, 2007, 16(1): 191 - 196.
- [9] 吴杨潇影, 姜振辉, 杨京平, 等. 玉米—水稻轮作和水稻连作土壤根际和非根际氮含量及酶活性[J]. *植物营养与肥科学报*, 2019, 25(4): 535 - 543.
- [10] 张婷. 几种作物根际与非根际土壤养分含量差异探析——以重庆市北碚区为例[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [11] 安韶山, 李国辉, 陈利顶. 宁南山区典型植物根际与非根际土壤微生物功能多样性[J]. *生态学报*, 2011, 31(18): 5225 - 5234.
- [12] 周利, 王晓侠, 周立光, 等. 旱地作物根际和非根际土壤硝酸盐异化还原成铵细菌群落组成的研究[J]. *环境科学学报*, 2019, 39(2): 527 - 536.
- [13] 李岩, 何学敏, 杨晓东, 等. 不同生境黑果枸杞根际与非根际土壤微生物群落多样性[J]. *生态学报*, 2018, 38(17): 5983 - 5995.
- [14] 王卫霞, 罗明, 潘存德. 塔里木河下游几种荒漠植物根际土壤微生物及其活性[J]. *中国沙漠*, 2010, 30(3): 571 - 576.
- [15] 杨阳, 刘秉儒. 荒漠草原不同植物根际与非根际土壤养分及微生物量分布特征[J]. *生态学报*, 2015, 35(22): 7562 - 7570.
- [16] 王世杰. 喀斯特石漠化——中国西南最严重的生态地质环境问题[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2003, 22(2): 120 - 126.
- [17] 王新洲, 胡忠良, 杜有新, 等. 喀斯特生态系统中乔木和灌木林根际土壤微生物生物量及其多样性的比较[J]. *土壤*, 2010, 42(2): 224 - 229.
- [18] 魏媛, 张金池, 俞元春, 等. 退化喀斯特植被恢复过程中土壤基础呼吸及代谢熵的变化[J]. *土壤通报*, 2010, 41(4): 797 - 801.
- [19] 谢添, 李恋卿, 潘根兴, 等. 不同退化程度喀斯特生态系统根际土壤的养分分布特征[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(2): 276 - 280.
- [20] 罗绪强, 王世杰, 张桂玲, 等. 茂兰喀斯特地区常见蕨类植物根际土氮、磷、钾营养元素含量特征[J]. *地球与环境*, 2014, 42(3): 269 - 278.
- [21] 梁月明, 苏以荣, 何寻阳, 等. 喀斯特地区不同坡位条件下优势

张伟彬. 秸秆还田配施生物菌肥对土壤微生物群落的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(1): 201-206.

doi: 10. 15889/j. issn. 1002-1302. 2022. 01. 036

秸秆还田配施生物菌肥对土壤微生物群落的影响

张伟彬

(商丘职业技术学院, 河南商丘 476000)

摘要:为揭示秸秆还田与生物菌肥配施条件下土壤微生物群落与环境因子间的相互作用机制,进行2年玉米-马铃薯轮作定位试验,设置对照不施肥(CK)、常规施肥(CF)、秸秆还田+常规施肥(SCF)、秸秆还田+常规施肥+生物菌肥(SCBF)4个处理,利用磷脂脂肪酸(PLFA)和Biolog Eco板技术,研究秸秆还田配施生物菌肥对马铃薯根际土壤理化性质、土壤微生物群落结构与功能的影响,探明影响土壤微生物群落的主要驱动因子。结果表明:秸秆还田处理较常规施肥处理显著降低了土壤pH值($P < 0.05$);与CF处理相比,SCF处理土壤全氮、碱解氮、速效钾含量分别显著增加16.67%、19.75%、9.56%,革兰氏阳性菌PLFA含量显著增加29.60%,SCBF处理土壤有机质、碱解氮、速效磷含量分别显著增加29.74%、11.03%、18.07%,土壤细菌、总菌、革兰氏阳性菌PLFA含量及细菌PLFA含量/真菌PLFA含量、G+PLFA含量/G-PLFA含量分别显著增加31.70%、15.76%、67.60%、40.88%和47.27%;与SCF处理相比,土壤有机质含量显著增加25.97%,革兰氏阳性菌显著提高29.33%,SCBF处理土壤微生物对芳香化合物的利用能力提高了1.44倍;AWCD值表现为SCBF处理>SCF处理>CF处理>CK处理;冗余分析(RDA)表明,土壤微生物群落结构及碳源利用能力受多种环境因子共同制约,其中土壤pH值为主要驱动因子。综上,秸秆还田配施生物菌肥能够提高土壤养分含量,改善土壤微生物群落结构与功能的多样性。

关键词: 秸秆还田;生物菌肥;土壤微生物;马铃薯;玉米;轮作

中图分类号: S154.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)01-0201-06

土壤微生物是土壤生态系统中的重要组成部分^[1],直接参与土壤养分循环和能量流动,承担着碳、氮循环等多种生态服务功能^[2]。土壤微生物对

作物根系养分吸收与转化、作物生长发育及其生产能力均有较大的影响,有研究表明土壤微生物群落结构与功能的改变是导致土壤肥力下降,作物减产的主要原因^[3-4]。

马铃薯是我国重要的农作物,近年来,随着马铃薯主粮化政策的推进,马铃薯种植面积及需求逐年加大^[5]。而为提高马铃薯产量,化肥滥施乱施已成为普遍现象,使得肥料利用率降低,据相关研究表明,

收稿日期:2021-05-07

基金项目:河南省教育科学“十三五”规划(编号:2020YB0639)。

作者简介:张伟彬(1981—),女,安徽阜南人,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: flysun09@126.com。

灌木根际与非根际土壤养分与pH的分布特征[J]. 中国岩溶, 2018, 37(1): 53-58.

[22] Bell C W, Fricks B E, Rocca J D, et al. High-throughput fluorometric measurement of potential soil extracellular enzyme activities[J]. *Journal of Visualized Experiments*, 2013 (81): e50961.

[23] 梁国鹏, Houssou A, 吴会军, 等. 施氮量对夏玉米根际和非根际土壤酶活性及氮含量的影响[J]. *应用生态学报*, 2016, 27(6): 1917-1924.

[24] Liu E, Yan C R, Mei X R, et al. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China[J]. *Geoderma*, 2010, 158(3/4): 173-180.

[25] 张奇春, 王雪芹, 时亚南, 等. 不同施肥处理对长期不施肥区稻田土壤微生物生态特性的影响[J]. *植物营养与肥料学报*,

2010, 16(1): 118-123.

[26] 李世清, 李生秀, 邵明安, 等. 半干旱农田生态系统作物根系和施肥对土壤微生物体氮的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(6): 613-619.

[27] 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.

[28] 刘恩科, 赵秉强, 李秀英, 等. 长期施肥对土壤微生物量及土壤酶活性的影响[J]. *植物生态学报*, 2008, 32(1): 176-182.

[29] 周东兴, 李磊, 李晶, 等. 玉米-大豆轮作下不同施肥处理对土壤微生物生物量及酶活性的影响[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(6): 1856-1864.

[30] 范森珍, 尹昌, 范分良, 等. 长期不同施肥对红壤碳、氮、磷循环相关酶活性的影响[J]. *应用生态学报*, 2015, 26(3): 833-838.