

农作物轮作体系对土壤微生物群落结构的影响

赵雪婷

汪清县农业农村局, 吉林省汪清县, 133200;

摘要: 本文聚焦于农作物轮作体系对土壤微生物群落结构的影响, 并通过综合分析相关研究成果, 探讨不同作物组合与轮作方式如何通过调节土壤的物理与化学特性, 进一步影响微生物的种类、数量及其分布格局。文章还深入探讨了微生物群落结构的变化与土壤肥力提升、作物生长状况改善以及病虫害防控之间的密切关系。研究结果表明, 科学合理的轮作制度不仅有助于优化微生物群落结构, 促进有益菌群的繁殖, 还有助于构建健康的土壤生态系统, 进而提升作物产量与品质, 为实现农业高效与可持续发展提供了理论支持与实践依据。

关键词: 农作物轮作体系; 土壤微生物群落结构; 土壤肥力; 作物生长

DOI: 10. 69979/3041-0673. 25. 09. 056

土壤微生物是土壤生态系统中不可或缺的组成部分, 在物质循环、能量流动及土壤肥力维持等方面发挥着核心作用。农作物轮作作为一种传统而高效的耕作制度, 通过不同作物在时间和空间上的轮替种植, 有助于改善土壤结构, 提升养分利用效率, 并有效抑制病虫害的发生。近年来, 越来越多的研究开始关注作物轮作对土壤微生物群落结构与功能的调控作用。深入探究轮作体系对微生物多样性及其生态功能的影响, 不仅有助于揭示微生物驱动下的土壤生态过程, 也为构建高效、绿色的农业生产体系提供了科学依据, 对推动农业可持续发展具有重要意义。

1 农作物轮作体系概述

1.1 轮作的概念与历史

轮作是指在同一块土地上按一定顺序在不同季节或年份轮换种植不同作物的一种农业种植方式, 其历史可追溯至古代农业社会。早在几千年前, 人们便已认识到轮作对提高土壤肥力和作物产量的积极作用。例如, 我国古代便有“麦后种豆”“豆后种麦”等轮作实践的记载; 而在欧洲, 中世纪时期则出现了“三圃制”轮作, 将耕地划分为三块, 依次种植不同作物以维护地力。随着农业技术和科学的不断进步, 轮作制度逐步由早期的简单双作轮作演变为更为多样化和系统化的多种作物轮作模式, 不仅有助于提升土地利用效率, 还在病虫害防控和土壤生态保护方面发挥了重要作用^[1]。

1.2 常见的轮作模式

常见的轮作模式包括粮粮轮作、粮经轮作、水旱轮作等。粮粮轮作如小麦-玉米轮作, 这种模式在我国北方广泛应用。小麦收获后种植玉米, 能够充分利用土地

资源和光热条件, 同时两种作物对养分的需求不同, 有利于保持土壤肥力。粮经轮作如棉花-小麦轮作, 棉花是经济作物, 小麦是粮食作物, 轮作可以增加农民的经济收入, 并且不同作物的根系分泌物不同, 对土壤微生物群落的影响也不同。水旱轮作如水稻-油菜轮作, 在南方地区较为常见。水稻生长在淹水条件下, 油菜生长在旱地条件下, 水旱交替的环境能够改变土壤的通气性和氧化还原电位, 从而影响土壤微生物的生存环境。

2 土壤微生物群落结构及其功能

2.1 土壤微生物的种类与分布

土壤微生物主要包括细菌、真菌、放线菌等。细菌是土壤中数量最多的微生物类群, 它们广泛分布于土壤的各个层次。不同类型的细菌具有不同的功能, 例如, 芽孢杆菌可以分解有机物质, 固氮菌能够固定空气中的氮气。真菌在土壤中也占有重要地位, 尤其是一些菌根真菌, 它们能够与植物根系形成共生关系, 帮助植物吸收养分和水分。放线菌则主要参与土壤中难分解物质的分解, 如纤维素、木质素等。土壤微生物的分布受到土壤质地、酸碱度、含水量等多种因素的影响。一般来说, 表层土壤中微生物数量较多, 因为表层土壤含有丰富的有机物质和氧气。

2.2 土壤微生物的功能

土壤微生物在土壤生态系统中具有多种重要功能。首先, 它们参与土壤中有机物质的分解和转化, 将复杂的有机物质分解为简单的无机物质, 如二氧化碳、水和矿物质等, 从而释放出养分供植物吸收利用。其次, 土壤微生物还能够参与氮、磷、钾等养分的循环。例如, 固氮菌可以将空气中的氮气转化为氨, 供植物利用; 解

磷菌能够将土壤中难溶性的磷转化为植物可吸收的有效磷。此外，土壤微生物还对土壤结构的形成和稳定起着重要作用。一些微生物能够分泌多糖等物质，将土壤颗粒黏结在一起，形成团聚体，改善土壤的通气性和透水性。

3 农作物轮作体系对土壤微生物群落结构的影响机制

3.1 根系分泌物的影响

不同作物的根系分泌物在种类和数量上存在差异。根系分泌物中含有糖类、氨基酸、有机酸等物质，这些物质可以作为土壤微生物的碳源和能源^[2]。例如，豆科作物的根系分泌物中含有较多的含氮化合物，能够吸引一些固氮菌和根瘤菌在根系周围生长繁殖。而禾本科作物的根系分泌物可能对某些真菌的生长有促进作用。在轮作体系中，不同作物根系分泌物的交替作用，会改变土壤微生物的生存环境，从而影响微生物群落的结构。当一种作物收获后，其根系分泌物在土壤中的残留会对后续种植作物的根系周围微生物群落产生影响。

3.2 土壤物理化学性质的改变

农作物轮作体系会改变土壤的物理化学性质。不同作物对土壤养分的吸收和利用不同，轮作可以使土壤中各种养分得到更合理的利用，避免单一作物对某些养分的过度消耗。例如，玉米对氮肥的需求量较大，而大豆具有固氮能力，玉米-大豆轮作可以平衡土壤中的氮素含量。此外，轮作还会影响土壤的酸碱度、含水量和通气性等。水旱轮作中，淹水和排水交替会改变土壤的氧化还原电位，从而影响土壤微生物的生存环境。一些厌氧微生物在淹水条件下生长旺盛，而好氧微生物在排水后则会大量繁殖。

3.3 地上部凋落物的作用

地上部凋落物也是影响土壤微生物群落结构的重要因素^[3]。不同作物的地上部凋落物在质量和数量上有所不同。凋落物中含有丰富的有机物质，如纤维素、半纤维素和木质素等。这些有机物质在分解过程中会为土壤微生物提供能量和养分。例如，小麦的秸秆富含纤维素，分解速度相对较慢，而油菜的残茬含有较多的易分解物质，分解速度较快。在轮作体系中，不同作物地上部凋落物的交替输入，会影响土壤微生物的群落组成和活性。凋落物的分解过程中会产生一些中间产物，这些产物也会对土壤微生物的生长和代谢产生影响。

4 农作物轮作体系对土壤微生物群落结构影响

的研究方法

4.1 传统培养方法

传统的培养方法主要是通过将土壤样品接种于特定的培养基上，以分离和培养其中的微生物，随后进行分类鉴定和数量统计。这种方法可以较为直观地了解土壤中可培养微生物的种类及其丰度。举例来说，牛肉膏蛋白胨培养基常用于细菌的培养，而马铃薯葡萄糖培养基则适合培养真菌。尽管该方法在微生物研究中应用广泛，具有一定的实用性，但其局限性也较为明显。由于人工培养条件较为单一，许多土壤微生物在自然环境中对生长条件有较高的依赖性，导致它们难以在实验室培养基上生长。因此，传统培养法只能揭示一小部分可培养微生物的特征，而无法全面反映土壤中庞大而复杂的微生物群落结构，尤其是那些处于“未培养”状态的微生物种类。这也限制了我们对于土壤微生物多样性和生态功能的深入理解。

4.2 分子生物学方法

随着分子生物学技术的不断进步，越来越多的分子方法被应用于土壤微生物群落结构的研究，为揭示微生物多样性提供了更高效、精准的工具^[4]。例如，变性梯度凝胶电泳（DGGE）和末端限制性片段长度多态性（T-RFLP）等技术，能够通过提取土壤微生物 DNA，并结合 PCR 扩增及电泳分析，生成具有代表性的群落“指纹图谱”，从而实现对不同土壤处理条件下微生物群落结构的比较分析。这些方法在揭示微生物群落的组成和变化趋势方面具有重要意义。与此同时，高通量测序技术的发展则极大提升了研究深度和广度。通过对土壤样本中微生物基因组的全面测序，不仅能够识别出大量未被培养的微生物种类，还可以解析其潜在功能和生态角色，使研究者能够更系统、全面地理解土壤微生物的多样性、功能分布及其在生态系统中的作用。

4.3 其他方法

除了传统培养法与分子生物学技术外，研究农作物轮作体系对土壤微生物群落结构的影响还可以借助其他手段。例如，磷脂脂肪酸分析（PLFA）技术可通过检测土壤中不同类型磷脂脂肪酸的组成和含量，反映微生物群落的结构组成与生物量变化，并能够区分细菌、真菌和放线菌等主要微生物类群。该方法灵敏度高，适用于评估微生物多样性和生态响应情况。此外，稳定同位素标记技术则通过标记特定营养物质，追踪其在微生物代谢过程中的去向，从而揭示微生物的功能特征和养分利用机制。这些方法为全面理解轮作制度下土壤微生物

的生态功能提供了重要的补充手段。

5 农作物轮作体系对土壤微生物群落结构影响的研究实例

5.1 小麦-玉米轮作

在小麦-玉米轮作体系中,研究表明该模式有助于提升土壤中细菌和放线菌的数量,促进土壤微生物群落的健康发展。小麦收获后,其残留的根系和秸秆为土壤提供了丰富的有机物来源,为微生物的繁殖与代谢活动创造了良好条件。而在玉米生长过程中,其根系分泌物亦能调节微生物群落的结构,进一步促进微生物的多样性和功能表现。与长期连作相比,小麦-玉米轮作显著提高了土壤微生物的种类丰富度和生态稳定性,增强了土壤对养分的转化与利用能力,有利于提高作物的生长质量和产量。此外,这种轮作模式还能有效压制病原微生物的积累,减少病虫害的发生频率,为作物营造更加健康的生长环境,从而实现农业生态系统的良性循环与可持续发展。

5.2 水稻-油菜轮作

水稻-油菜轮作是典型的水旱轮作制度,土壤在水稻和油菜交替种植过程中经历周期性的淹水与排水,显著改变了土壤微生物群落的结构与功能。水稻生长期间土壤处于淹水环境,促使产甲烷菌等厌氧微生物大量繁殖;而在油菜种植期,土壤通气性增强,有利于好氧微生物的活动。此类轮作模式有助于提升土壤中磷、钾等养分的有效性,增强作物对养分的吸收与利用效率,从而促进水稻和油菜的生长发育。此外,该轮作方式还能改善土壤结构,增强土壤团聚体的稳定性,提升耕层质量,为农业生产的可持续发展提供坚实基础。

5.3 豆科-禾本科轮作

豆科-禾本科轮作,诸如大豆-小麦轮作,是一种常见且具有生态效益的农业模式^[6]。豆科作物,尤其是大豆,具有固氮作用,能够通过根瘤菌将大气中的氮气转化为土壤中可用的氮源,从而有效提升土壤的氮素含量。在大豆收获后,根瘤菌固定的氮素可以为后续种植的小麦提供部分养分,减轻对化肥的依赖。此外,豆科作物的根系分泌物和凋落物也对土壤微生物群落产生积极影响,尤其是固氮菌和磷细菌等有益微生物的增殖,有助于提高土壤的养分循环和生物活性。与禾本科作物的连续种植相比,豆科-禾本科轮作能够显著提高土壤微生物的活性和多样性,改善土壤的结构和肥力,促进作物的健康生长。通过这种轮作体系,不仅能提升

土壤的自然肥力,还能在一定程度上降低病虫害的发生频率,提高作物的产量和质量,从而为农业的可持续发展奠定基础。

6 结论与展望

6.1 结论

综上所述,农作物轮作体系通过根系分泌物、土壤物理化学性质的改变和地上部凋落物等多种途径影响土壤微生物群落结构。合理的轮作模式能够优化土壤微生物群落结构,增加微生物的多样性和活性,提高土壤肥力,促进作物生长,减少病虫害的发生。不同的轮作模式对土壤微生物群落结构的影响存在差异,因此在实际农业生产中,应根据当地的土壤条件、气候条件和作物种植习惯选择合适的轮作模式。

6.2 展望

未来的研究可以进一步深入探讨农作物轮作体系对土壤微生物群落结构影响的分子机制,明确不同微生物在轮作体系中的功能和作用。同时,可以结合现代生物技术,如基因编辑技术,培育具有特定根系分泌物或能够与有益微生物更好共生的作物品种,以优化轮作体系对土壤微生物群落的影响。此外,还需要加强对长期轮作效应的研究,建立长期定位试验站,监测轮作体系对土壤微生物群落结构和土壤生态系统功能的长期影响,为农业可持续发展提供更科学的理论依据和技术支持。

参考文献

- [1] 郑孟静,李岩,贾秀领.主要农作物多样化轮作制度研究进展及展望[J].华北农学报,2021,36(S1):215-221.
- [2] 江世明.根系微生物促进东南景天在Cd污染土壤中的生长机制及其应用途径[D].广州大学,2021.
- [3] 詹瑾,丛安琪,李玉霖,等.长期氮沉降和地上凋落物处理对半干旱区沙质草地表层土壤碳氮组分的影响[J].水土保持学报,2023,37(04):227-234.
- [4] 张立存.不同土地利用对石灰性土壤磷组分及功能微生物的影响[D].石河子大学,2023.
- [5] 何莉.绿色蔬菜种植模式及生态农业技术推广策略[J].南方农机,2023,54(17):61-64.

作者简介:赵雪婷,出生年月:1990-07-25,性别:女,民族:汉,学历:本科,职称:(现目前的职称)二级,研究方向:农学。