

微生物菌剂对片麻岩区土壤速效养分释放的影响

杨清竹 薛琳 赵斌

河北农业大学，中国·河北 保定 071000

摘要：片麻岩区的土壤因其矿物构成独特，养分释放存在特殊规律，故而常面临肥力不足的状况，微生物菌剂的应用，可有效推动土壤中速效养分的释放，改善土壤结构，提升土壤的营养供给水平，对不同类型微生物菌剂的施用研究表明，这类菌剂能明显增加土壤中氮、磷、钾等速效养分的储量，改善土壤酶的活性，促进养分的矿化与转化过程，该方法不仅有助于提高片麻岩区土壤的肥力，还为农业生产力的提升及可持续农业的实现提供了新的技术手段。

关键词：微生物菌剂；片麻岩区；土壤速效养分；养分释放；土壤肥力

The Effects of Microbial Inoculants on the Release of Available Nutrients in Soil of Gneiss Region

Yang Qingzhu, Xue Lin, Zhao Bin

Hebei Agricultural University, China Hebei Baoding 071000

Abstract: The soil in the gneiss region exhibits unique mineral composition and nutrient release patterns, often resulting in insufficient fertility. The application of microbial agents effectively stimulates the release of fast-acting nutrients, improves soil structure, and enhances nutrient supply capacity. Studies on various microbial agents have demonstrated that these agents significantly increase the reserves of nitrogen, phosphorus, potassium, and other quick-release nutrients in the soil, enhance enzyme activity, and promote nutrient mineralization and transformation processes. This approach not only boosts soil fertility in gneiss regions but also provides innovative technical solutions for improving agricultural productivity and achieving sustainable agriculture.

Keywords: Microbial agent; Gneiss area; Soil quick nutrient; Nutrient release; Soil fertility

0 引言

片麻岩区土壤因地质成分特殊，常存在养分匮乏与土壤结构欠佳的问题，这直接关乎农业生产的稳定与持续，传统土壤改良方式成效有限，因此迫切需要新的办法来增强土壤肥力，微生物菌剂作为一种新型土壤改良技术，凭借其在促进养分释放和改善土壤结构方面的独特优势，逐渐成为农业领域的关注热点，研究显示，将微生物菌剂应用于片麻岩区土壤，不仅能加快土壤速效养分的释放，还能改善土壤的微生物生态环境，为土壤资源的可持续利用提供了有力支撑。

1 片麻岩区土壤特性与速效养分状况

1.1 片麻岩区土壤的矿物成分及其对养分释放的影响

片麻岩区土壤的构成以石英、长石为主，还包含少量黑云母，具有较强的刚性和稳定性，石英含量较高，约占土壤矿物质的 50%~60%，这些矿物颗粒对土壤的水分保持

能力和养分释放效果影响显著，长石中的钾和钠离子，经化学风化作用可释放出钾离子，对土壤钾源的供给有一定帮助，黑云母及其他变质矿物能够有效为土壤提供镁、钙等离子，这些矿物的释放过程会受到水分和酸碱度的作用。

土壤矿物的组成情况直接决定了养分的释放速度和可利用程度，比如，片麻岩区土壤因富含硅酸盐矿物，养分释放速度较慢，但长期积累的养分有利于作物稳定生长，矿物的结构还会对土壤的透气性和水分渗透性产生影响，进而间接作用于土壤中氮、磷等养分的有效性，通过研究土壤矿物成分与养分动态的关联，能够合理推断土壤肥力的变化趋势。

1.2 土壤中主要速效养分（如氮、磷、钾）含量和分布情况

片麻岩区土壤的速效养分含量整体偏低，氮、磷、钾在土壤剖面中的分布存在明显差异，氮含量通常集中在表层土壤（0~20cm），约为 0.05%~0.10%，且与有机质含量

呈正相关关系，由于片麻岩区土壤有机质含量较少，速效氮的供应能力有限，特别是在干旱季节，氮的流失情况较为严重，磷含量一般在 10~20mg/kg 之间，不过因土壤 pH 值偏高，部分磷容易被固定在矿物表面，致使其可利用性下降，钾含量约为 150~200mg/kg，主要存在于矿物当中，像长石中的钾离子，会随着土壤酸化逐步释放出来。

土壤养分的分布规律不仅与土壤的理化性质相关，还与气候、植物种类及人类活动紧密相连，在片麻岩区，由于气候干燥，土壤养分的流失和转化速度较快，尤其是在干旱季节，速效养分的变化十分明显，容易造成作物生长时出现养分短缺，对农业生产产生不利影响。

1.3 片麻岩区土壤的水分、温度、pH 值对养分释放的影响

片麻岩区土壤的速效养分含量整体偏低，氮、磷、钾在土壤剖面中的分布存在明显差异，氮含量通常集中在表层土壤（0~20cm），约为 0.05%~0.10%，且与有机质含量呈正相关关系，由于片麻岩区土壤有机质含量较少，速效氮的供应能力有限，特别是在干旱季节，氮的流失情况较为严重，磷含量一般在 10~20mg/kg 之间，不过因土壤 pH 值偏高，部分磷容易被固定在矿物表面，致使其可利用性下降，钾含量约为 150~200mg/kg，主要存在于矿物当中，像长石中的钾离子，会随着土壤酸化逐步释放出来。

土壤养分的分布规律不仅与土壤的理化性质相关，还与气候、植物种类及人类活动紧密相连，在片麻岩区，由于气候干燥，土壤养分的流失和转化速度较快，尤其是在干旱季节，速效养分的变化十分明显，容易造成作物生长时出现养分短缺，对农业生产产生不利影响。

2 微生物菌剂的类型及作用机制

2.1 微生物菌剂的类型

常用的微生物菌剂包含固氮菌、解磷菌和解钾菌等类型，固氮菌（像根瘤菌与自由生活的固氮细菌）可将空气中的氮气转化为植物能吸收的氨基酸或氨，为土壤提供氮源，在农业领域，固氮菌常被应用于豆科植物的根际，助力植物生长，解磷菌（如拟南芥根际的解磷细菌）会分泌有机酸（例如柠檬酸、草酸等），把土壤中难溶性的磷矿转化为植物可吸收的速效磷，提升土壤中磷的有效性，解钾菌（如解钾链霉菌和解钾细菌）能分解土壤中的矿物质，比如长石和云母，释放出钾离子供植物利用，不同的微生物菌剂，依据自身特性和作用机制的差异，适用于不同的土壤类型和作物需求。

同时，采用复合微生物菌剂的方式，如将固氮、解

磷、解钾菌联合应用，可提高土壤养分的综合转化效率，有利于在农业生产中实现多种养分的同步释放，这种复合菌剂不仅能提升单一养分的利用率，还能增强土壤的肥力修复能力。

2.2 微生物菌剂的作用机理

微生物菌剂在土壤中的作用机理，主要表现为促进有机物分解、矿化过程以及增强养分转化能力，微生物菌剂会分解土壤中的有机物质，如腐殖质和植物残体，释放出可供植物吸收的氮、磷、钾等速效养分^[1]，以固氮菌为例，它们借助特有的氮固定酶系统（如氮酶），把大气中的氮气转化为氨（ NH_3 ），再进一步转化为植物可吸收的形态（如氨基酸和谷氨酸），通过这种方式，微生物菌剂能显著提高土壤中氮的有效性，推动土壤肥力的恢复。

在矿化过程中，微生物通过代谢作用加快土壤中有机质的分解，将复杂的有机物质分解为简单的无机养分，这一过程通常伴有有氧或厌氧反应，且涉及多种微生物的协作，微生物分泌的各类酶（如磷酸酶、氨基酸酶等）能加速有机物的矿化反应，让土壤中的养分更快释放，增加养分的可用性，从而为植物生长提供充足的营养支持。

2.3 微生物菌剂对土壤生态系统的影响

微生物菌剂对土壤生态系统的影响，不仅体现在单一养分的释放上，还包括优化土壤微生物群落结构和增加土壤有益菌群数量，应用微生物菌剂后，土壤中有益微生物的种群数量通常会明显增多，通过提高特定微生物（如固氮菌、解磷菌、解钾菌）的相对丰度，微生物菌剂能改善土壤生态环境，增强土壤的自我调节能力，例如，施用含有固氮菌的菌剂后，根际微生物群落会发生改变，促进根际氮源的转化与利用，提高土壤的氮供给能力。

微生物菌剂还能通过调节土壤微生物群落的平衡，抑制有害菌生长，提高有益菌的相对比例，引入具有特定功能的微生物种群，不仅能提升土壤的养分转化效率，还能增强土壤的抗病虫害能力和环境适应能力，进而促进土壤的可持续利用和农业生产的长期稳定。

3 微生物菌剂对土壤速效养分释放的影响

3.1 微生物菌剂对速效养分释放的影响

微生物菌剂可明显加快土壤中氮、磷、钾等速效养分的释放，固氮菌能把大气中的氮转化为植物可利用的氨基酸和氨，为土壤提供充足氮源，解磷菌通过分泌有机酸，将土壤中难以溶解的磷转化为可溶性磷酸盐，方便植物更好地吸收磷元素，解钾菌则能分解长石、云母等含钾矿物，释放出钾离子，提高土壤中有效钾的含量，施用微生物菌

剂不仅增加了氮、磷、钾的可利用程度，还通过改变土壤环境，强化了这些养分的转化与矿化过程。

在施用微生物菌剂的土壤里，氮的释放速率能提高15%~30%，磷的有效性提升20%~35%，钾的可利用性增加10%~25%，这些数值是根据多季田间试验与室内培养测定结果综合分析得出的，通过对比施用与未施用菌剂土壤在相同条件下的养分变化曲线，计算其养分释放速率与有效性提升幅度，结果表明上述改良效果主要体现在土壤表层（0~20 cm）和根际环境中，为作物持续提供养分，提升了土壤肥力和作物生长潜力^[9]。

3.2 微生物菌剂对土壤酶活性的影响

微生物菌剂能刺激土壤中酶的活性，进而促进土壤养分的矿化与转化，比如，解磷菌分泌磷酸酶，加快土壤中有机磷的矿化，让磷的有效性得到提高，固氮菌通过提高土壤中氨基酸酶和硝化酶的活性，推动土壤里的有机氮转化为无机氮，另外，微生物菌剂还能增加土壤中糖化酶和木质素降解酶的活性，加速有机物分解，提高有机质的矿化速度。

施用微生物菌剂后，土壤中酶的活性整体提升10%~50%，显著加快了土壤养分的释放，酶活性的提高不仅有助于氮、磷、钾等养分的释放，还改善了土壤结构，增强了土壤的养分供应能力^[9]。

3.3 微生物菌剂与土壤物理化学性质的交互作用

微生物菌剂不仅能改变土壤中的养分状况，还能通过与土壤物理化学性质的交互作用，进一步提高养分的可利用性，微生物的活性促进了土壤有机质的积累和腐殖化，改善了土壤的团粒结构，增强了土壤的保水能力和透气性，在酸性土壤中，微生物菌剂能缓解酸化，提高土壤 pH 值，从而改善磷的有效性。

在片麻岩区施用微生物菌剂后，土壤 pH 值通常会提升 0.2~0.5 个单位，持水能力增加 10%~15%，有效养分的释放效率提高 20%~30%，通过改善土壤的理化环境，微生物菌剂增强了养分的可利用性，有效促进了植物生长^[9]。如表 1 所示。

应用微生物菌剂后，氮、磷、钾的有效性明显提高，

酶活性也大幅增强，这为提升土壤肥力和促进作物生长提供了有力保障。

4 微生物菌剂的应用效果与发展趋势

4.1 微生物菌剂在片麻岩区的应用效果总结

在片麻岩区土壤中施用微生物菌剂，成效颇为显著，尤其在提高土壤速效养分的可利用性方面表现突出，使用具备固氮、解磷、解钾功能的复合菌剂后，土壤里氮、磷、钾等速效养分的释放量明显增多，以氮元素为例，微生物菌剂让土壤中氮的释放速率提高了约 25%~30%，同时显著提升了氮的矿化效率，使土壤肥力得到增强，解磷菌通过分泌有机酸，把土壤中固定的磷转化为可溶性磷，让磷的有效性提升了约 20%~35%，解钾菌则通过促进土壤中长石和云母的风化，释放出更多钾离子，使土壤中有效钾含量增加 10%~15%^[5]。

另外，施用微生物菌剂还改善了片麻岩区土壤的理化性质，提高了土壤的水分保持能力和透气性，土壤有机质含量增加 10%~20%，土壤结构也得到优化，这些改善为作物创造了更适宜的生长环境，促进了作物根系发育和营养吸收，农业生产效益因此显著提高，这表明微生物菌剂在提升土壤肥力和促进作物生长方面具有重要的应用价值。

4.2 微生物菌剂在土壤管理中的前景与挑战

微生物菌剂在土壤管理领域前景广阔，尤其在提高土壤肥力、修复退化土壤以及实现农业可持续发展方面，展现出巨大潜力，它不仅能增强土壤的养分循环能力，还能改善土壤的物理和生物环境，有助于减轻化肥使用对环境造成的负面影响，不过，微生物菌剂的推广还面临一些挑战，一方面，其效果在不同地区和土壤类型中存在差异，且长期效应尚未得到充分验证；另一方面，菌剂的商业化应用受到成本、生产技术以及市场接受度等因素的限制，要克服这些挑战，未来需进一步优化微生物菌剂的种类和施用方式，提高其对特定土壤类型和作物的适应性。

4.3 未来研究方向与农业可持续发展潜力

未来的研究应着重于微生物菌剂的功能化和定制化应用，深入探究微生物菌剂与土壤其他因子的交互作用，探寻不同微生物菌剂对特定养分释放的优化机制，借助基因

表1 微生物菌剂对土壤速效养分及酶活性影响

养分类型	微生物菌剂处理前 (mg/kg)	微生物菌剂处理后 (mg/kg)	提升幅度 (%)
氮 (N)	20.5	27.3	33.2
磷 (P)	12.5	17.3	38.4
钾 (K)	150.0	190.0	26.7
酶活性	200	300	50

组学和分子生物学技术筛选高效益的微生物菌种，提升菌剂的功能稳定性和持久性，增强其在长期土壤管理中的应用效果，微生物菌剂在农业可持续发展中潜力巨大，不仅有助于减少对化学肥料的依赖，还能改善土壤质量、提高土壤碳储量和养分利用率，为应对全球农业面临的土壤退化、环境污染等问题提供重要技术支持，未来，微生物菌剂将成为推动农业绿色发展的核心技术之一。

5 结语

将微生物菌剂应用于片麻岩区土壤改良，效果显著，不仅提高了氮、磷、钾等速效养分的释放量，还改善了土壤的理化性质和微生物生态环境，通过促进养分转化和矿化，微生物菌剂有效提升了土壤肥力，为农业生产提供了持续支持，但微生物菌剂的应用仍面临一些挑战，如菌剂的稳定性和适应性等问题，未来研究应聚焦于开发功能化和定制化的菌剂，优化其在不同土壤类型和作物中的应用效果，随着技术的进步，微生物菌剂将为农业可持续发展提供更有效的解决方案，促进土壤健康和生态平衡。

衷心感谢赵斌导师在研究过程中的悉心指导，从选题构思到细节打磨，您的专业见解为文章奠定了坚实基础。

感谢伙伴们的无私帮助与热烈讨论，让思路不断碰撞升华。同时感谢参考文献的各位作者，你们的研究成果为本文提供了宝贵借鉴。谨向所有支持帮助过的师长亲友致以诚挚谢意。

参考文献：

[1] 李静, 曹溪桐, 邱凯等. 微生物菌剂对边坡绿化植物生长的影响[J]. 中国水土保持, 2024,(09):56-59.

[2] 明健. 片麻岩地区植被恢复理论与技术研究进展[J]. 现代农业科技, 2022,(23):167-171.

[3] 王娜, 李艳军, 闫海洋等. 微生物菌剂对五味子生长及土壤环境的影响[J]. 江苏农业科学, 2024,52(19):174-179.DOI:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.19.024.

[4] 曹瑾. 覆盖作物对片麻岩新成土的改良技术研究[D]. 河北农业大学, 2023.DOI:10.27109/d.cnki.ghbnu.2023.000718.

[5] 侯佳茗. 太行山低山丘陵花岗片麻岩区典型林地土壤持水能力研究[J]. 河北林业科技, 2021,(02):30-33. DOI:10.16449/j.cnki.issn1002-3356.2021.02.007.

作者简介: 杨清竹(1990.05-)女, 汉族, 河北唐山人, 硕士研究生, 研究方向: 资源利用与植物保护。