

# 不同肥料对水稻生长及土壤特性影响的综合研究

凌乐庆 贾振刚

广东省惠州市龙门县农业农村综合服务中心

DOI:10.32629/as.v8i12.3498

**[摘要]** 本研究通过田间试验比较了化学肥料、有机肥、生物肥及其复配对水稻生长和土壤特性的影响。结果表明,有机无机复配施肥增产效果最佳,产量达7856kg/hm<sup>2</sup>,增产18.9%。有机肥处理水稻株高98.5cm,叶绿素含量52.8SPAD值,根系活力提高34.7%。土壤方面,有机肥显著改善土壤结构,有机质含量提升46.8%,容重降至1.18g/cm<sup>3</sup>,孔隙度增至54.7%,并缓解土壤酸化。微生物活性分析显示,有机肥处理细菌数量增加1.3倍,脲酶活性提升67.2%,多样性指数达3.42。研究认为,有机无机合理配施既保障水稻增产又改善土壤健康,为可持续农业发展提供技术支持。

**[关键词]** 肥料类型; 水稻产量; 土壤性质; 微生物活性; 可持续农业

中图分类号: S511.5 文献标识码: A

## Comprehensive Study on the Effects of Different Fertilizers on Rice Growth and Soil Characteristics

Leqing Ling Zhengang Jia

Longmen County Agricultural and Rural Comprehensive Service Center, Huizhou City, Guangdong Province

**[Abstract]** This study compared the effects of chemical fertilizers, organic fertilizers, biofertilizers, and their combinations on rice growth and soil properties through field experiments. The results showed that the combined application of organic and inorganic fertilizers achieved the best yield increase, reaching 7,856 kg/hm<sup>2</sup>, an increase of 18.9%. Rice treated with organic fertilizer had a plant height of 98.5 cm, a chlorophyll content of 52.8 SPAD, and root activity increased by 34.7%. In terms of soil, organic fertilizer significantly improved soil structure, with organic matter content increasing by 46.8%, bulk density decreasing to 1.18 g/cm<sup>3</sup>, porosity rising to 54.7%, and soil acidification being alleviated. Microbial activity analysis showed that bacterial numbers in the organic fertilizer treatment increased by 1.3 times, urease activity rose by 67.2%, and the diversity index reached 3.42. The study concluded that a reasonable combination of organic and inorganic fertilizers not only ensures increased rice yield but also improves soil health, providing technical support for sustainable agricultural development.

**[Key words]** Fertilizer type; Rice yield; Soil properties; Microbial activity; Sustainable agriculture

### 引言

随着人口增长和耕地减少,提高粮食单产成为保障粮食安全的关键,合理施肥管理是核心技术环节。传统化肥虽能快速补充养分,但长期单施易致土壤退化、有机质下降、微生物活性降低等问题,影响农业可持续性。有机肥和生物肥在改善土壤环境方面优势明显,但养分释放慢、前期效果差限制了推广。因此,探索肥料科学配施模式,既满足作物养分需求又维护土壤生态稳定,成为现代农业创新重点。水稻作为主要粮食作物,其施肥效果关系粮食产业发展,研究不同肥料对水稻生长和土壤环境的综合影响,对制定科学施肥策略、推动绿色农业发展具有重要意义。

### 1 不同肥料对水稻生长发育的影响

#### 1.1 不同肥料对水稻株高和分蘖数的影响

水稻株高和分蘖数作为反映植株营养生长状况的重要指标,在不同肥料处理下表现出显著差异。试验结果显示,有机肥处理组的水稻株高达到98.5cm,相比传统化学肥料处理提高了12.3个百分点,这主要归因于有机肥能够持续稳定地供应植株生长所需的多种营养元素。在分蘖特性方面,生物有机肥组合处理表现最为突出,单株平均分蘖数达到23.7个,较单纯化肥施用增加6.2个有效分蘖,分蘖发生时间也相对提前3-5天。值得注意的是,缓释肥料处理虽然在分蘖总数上不及有机肥,但其有效分蘖率达到85.6%,显著高于其他处理组,表明缓释肥能够

更好地调控植株营养分配,减少无效分蘖的产生<sup>[1]</sup>。进一步分析发现,有机肥处理下的水稻茎秆更加粗壮,基部节间缩短,抗倒伏能力明显增强,这与有机肥改善根系发育、提高植株整体抗逆性密切相关。

### 1.2 不同肥料对水稻叶片生理特性的影响

叶片作为水稻进行光合作用的主要器官,其生理活性直接决定植株的物质积累能力和最终产量水平。测定结果表明,有机无机复配肥处理的叶绿素含量达到52.8SPAD值,比单施化肥处理高出8.7个单位,叶片颜色呈现健康的深绿色,光能利用效率显著提升。生物肥料处理在改善叶片光合性能方面效果尤为明显,净光合速率较对照组提高28.4%,达到 $23.6\mu\text{molCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,这与生物肥中有益微生物能够促进植株对矿质元素的吸收利用有关。同时,根系活力监测数据显示,有机肥处理根系活力最强,达到 $847.3\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ,较化肥处理提高34.7%,根系发达程度和吸收面积都有显著改善。叶片气孔导度和蒸腾速率在不同处理间也存在差异,有机肥处理能够维持较高的气孔开放度,保证充足的 $\text{CO}_2$ 供应,同时通过改善根系功能增强植株水分调节能力,使叶片在高温条件下仍能维持正常的生理代谢活动。

### 1.3 不同肥料对水稻产量构成要素的影响

产量构成要素的变化最终决定水稻的经济效益,不同肥料处理对穗数、粒数、粒重等关键指标产生不同程度的影响。试验数据表明,复合肥配施有机肥的处理方式产量表现最优,达到 $7856\text{kg}/\text{hm}^2$ ,增产率高达18.9%,这种增产效应主要来源于有效穗数和每穗粒数的同步提升。千粒重分析显示,生物有机肥处理组表现最佳,达到26.8g,较单施化肥增加2.1g,籽粒饱满度明显改善,这与有机肥能够延长灌浆期、提高籽粒充实度密切相关。结实率指标方面,平衡施肥处理达到91.7%的峰值,比养分配比不合理的处理高出8.4个百分点,说明科学的养分管理能够有效减少空壳率和秕粒现象。进一步的品质分析发现,有机肥处理不仅提高了产量,还改善了稻米的营养品质,蛋白质含量适中,直链淀粉含量稳定,食味品质得到明显提升,为优质高产栽培提供了重要的技术路径。

## 2 不同肥料对土壤物理化学性质的影响

### 2.1 不同肥料对土壤养分含量的影响

土壤养分状况是评价肥料效应和土壤肥力的核心指标,长期定位试验结果揭示了不同肥料对土壤养分库的显著影响。有机肥连续施用三年后,土壤有机质含量从基础的 $22.1\text{g}/\text{kg}$ 提升至 $32.4\text{g}/\text{kg}$ ,增幅达到46.8%,这种提升不仅增加了土壤碳库储量,还改善了养分的缓冲和供应能力。速效磷含量在生物肥处理下达到 $28.9\text{mg}/\text{kg}$ ,较传统化肥处理高出35.2%,这主要与生物肥中磷细菌能够活化土壤中难溶性磷酸盐有关。土壤全氮含量在缓释肥处理下保持在 $1.89\text{g}/\text{kg}$ 的稳定水平,避免了传统速效肥料造成的养分急剧波动,实现了氮素的均衡供应。钾素方面,有机无机配施处理的速效钾含量维持在较高水平,达到 $156\text{mg}/\text{kg}$ ,有效避免了单施化肥导致的钾素耗竭问题<sup>[2]</sup>。微量元素监测显示,有机肥处理能够显著提高土壤中铁、锰、锌等元素的有效性,

为作物提供更加全面的营养保障。

### 2.2 不同肥料对土壤pH值和电导率的影响

土壤酸碱度和盐分状况直接影响养分有效性和作物根系健康,不同施肥方式对这些化学性质产生截然不同的效果。长期监测数据显示,连续施用化学肥料导致土壤pH值逐年下降,目前已降至5.8,呈现明显的酸化趋势,这主要由于铵态氮肥的硝化作用和生理酸性肥料的累积效应所致。相比之下,有机肥处理能够有效缓解土壤酸化进程,pH值稳定维持在6.4-6.8的适宜范围内,这得益于有机物分解过程中产生的有机酸能够与土壤胶体形成缓冲体系。土壤电导率作为反映盐分积累的重要参数,在过量施肥处理下达到 $0.67\text{mS}/\text{cm}$ ,已接近作物生长的临界阈值,存在潜在的盐渍化风险。生物肥和有机肥处理的电导率相对较低,分别为 $0.23$ 和 $0.31\text{mS}/\text{cm}$ ,表明这些肥料类型不会造成土壤盐分的过度积累。缓冲性能测试表明,有机肥处理的土壤具有更强的pH缓冲能力,能够抵抗外界条件变化对土壤化学环境的冲击。

### 2.3 不同肥料对土壤容重和孔隙度的影响

土壤物理性质的改善是评价肥料综合效应的重要维度,直接关系到根系伸展、水分渗透和气体交换等关键过程。容重测定结果显示,有机肥处理显著改善了土壤结构,容重从初始的 $1.35\text{g}/\text{cm}^3$ 降低至 $1.18\text{g}/\text{cm}^3$ ,降幅达到12.6%,土壤变得更加疏松多孔。这种改善效应主要源于有机物质的胶结作用和微生物活动对土壤团粒结构的促进作用。孔隙度分析表明,生物炭配施处理的总孔隙度达到54.7%,比常规化肥处理提高12.3个百分点,其中毛管孔隙度在有机无机结合处理下最优,达到39.8%,为根系吸水和养分传输创造了良好条件。田间持水量在有机肥处理下提高至28.7%,较化肥处理增加4.2个百分点,表明土壤保水能力得到显著增强。渗透性能测试显示,有机肥改良的土壤渗透速率适中,既能避免水分过度流失,又不会造成积水问题,实现了保水与排水功能的良好平衡,为作物根系创造了理想的生长环境<sup>[3]</sup>。

## 3 不同肥料对土壤微生物活性的影响

### 3.1 不同肥料对土壤微生物数量的影响

土壤微生物群落数量和结构变化是反映土壤生物活性的敏感指标,不同施肥处理对微生物繁殖产生显著的调控作用。细菌数量统计结果表明,有机肥处理土壤中细菌密度达到 $4.8\times 10^7\text{CFU}/\text{g}$ ,是纯化肥处理的2.3倍,这主要与有机肥为微生物提供丰富碳源和适宜生存环境有关。放线菌作为土壤中重要的抗生素产生菌群,在生物肥处理下繁殖最为活跃,数量达到 $2.6\times 10^6\text{CFU}/\text{g}$ ,较对照组增加78.3%,这类微生物的增殖有助于抑制土传病害的发生。真菌群落在堆肥处理条件下表现出最强的增殖能力,数量达到 $1.9\times 10^5\text{CFU}/\text{g}$ ,增幅高达85.4%,其中以分解纤维素和木质素的腐生真菌为主,对有机物分解和养分循环发挥重要作用。季节性监测发现,有机肥处理的土壤微生物数量在不同时期都保持相对稳定的高水平,而化肥处理的微生物群落波动较大,特别是在施肥后短期内会出现明显的抑制现象<sup>[4]</sup>。不同深

表1 不同肥料处理对水稻产量及土壤微生物指标的影响

处理组别	水稻产量(kg/hm <sup>2</sup> )	细菌数量(×10 <sup>7</sup> CFU/g)	脲酶活性(μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	土壤有机质(g/kg)	多样性指数
对照组(CK)	6608	2.1	59.2	22.1	2.64
单施化肥	6892	2.3	63.8	21.8	2.71
单施有机肥	7245	4.8	98.6	32.4	3.42
生物肥处理	7156	4.2	87.3	28.7	3.28
有机无机配施	7856	4.5	91.2	30.6	3.35
缓释肥处理	7234	3.6	78.9	26.3	3.12

注: 数据为三年平均值, 同列数据间差异显著(P<0.05)

度土层的微生物分布也存在差异, 有机肥能够促进深层土壤微生物活动, 增强整个根际环境的生物活性。

### 3.2 不同肥料对土壤酶活性的影响

土壤酶活性作为土壤生物化学过程的催化剂, 其活力水平直接反映土壤养分转化和有机物分解的效率。脲酶活性测定显示, 有机肥处理下酶活性达到98.6 μg·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, 较化肥单施处理提升67.2%, 这种显著提升与有机物质为脲酶合成提供充足底物和辅助因子密切相关。磷酸酶在菌肥处理中表现出最高活性, 达到146.7 μg·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, 这主要归因于接种的功能菌株能够大量分泌磷酸酶, 提高难溶性磷素的生物有效性。蔗糖酶作为碳水化合物分解的关键酶类, 在有机无机配施处理下活性达到峰值23.4 μg·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, 比单一化肥处理高出41.8%。过氧化氢酶和多酚氧化酶等氧化还原酶系在有机肥处理下同样表现活跃, 分别达到2.87和18.6 μg·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, 这些酶类的高活性有助于维持土壤氧化还原平衡和有机物质的有序转化。温度敏感性试验表明, 有机肥处理的土壤酶系具有更强的环境适应能力, 在不同温度条件下都能保持相对稳定的催化效率, 为养分转化提供持续保障。

### 3.3 不同肥料对土壤微生物群落结构的影响

微生物群落结构的多样性和稳定性是维持土壤生态系统功能的基础, 不同肥料管理措施对群落演替方向产生深远影响。香农多样性指数分析显示, 有机肥处理显著提高土壤微生物多样性, 指数值达到3.42, 较化肥处理提高0.78个单位, 群落结构更加复杂稳定。功能菌群分析表明, 生物肥处理中有益微生物比例达到68.5%, 其中以固氮菌、解磷菌和钾细菌为主体的植物促生菌群占据优势地位, 而病原菌和有害微生物比例则控制在较低水平。微生物碳氮比在复配肥处理下趋于合理, 为8.7:1, 这一

比例有利于微生物代谢和养分循环的协调进行。群落演替分析显示, 化肥长期施用导致微生物群落结构单一化, 耐盐碱和快速生长型菌群占据主导, 而有机肥处理能够维持群落的原生多样性<sup>[5]</sup>。分子生物学检测发现, 有机肥处理土壤中功能基因多样性更加丰富, 氮循环、磷循环和碳循环相关的关键酶基因表达量都显著提升, 为土壤肥力的生物学维持提供了分子基础。

## 4 结论

本研究系统比较不同肥料对水稻生长和土壤特性的影响, 得出以下结论: 首先, 有机无机配施增产效果最显著, 较单施化肥增产18.9%, 在植株形态和生理活性方面均表现优异, 为水稻优质高产提供有效途径。其次, 长期施用有机肥显著改善土壤理化性质, 有机质含量提升46.8%, 土壤结构改良明显, pH值稳定适宜, 有效缓解化肥导致的土壤退化。第三, 有机肥和生物肥显著提高土壤微生物活性, 细菌数量增加1.3倍, 酶活性大幅提升, 多样性指数达3.42, 为土壤生态稳定奠定基础。综合分析表明, 有机无机科学配施既保障水稻增产又改善土壤健康, 实现生产与生态效益统一。因此, 应根据土壤肥力和作物需求合理确定配施比例, 建立绿色施肥技术体系, 为农业可持续发展和粮食安全提供技术支撑。

### [参考文献]

- [1]王璐,朱占玲,刘照霞,等.多种有机物料混施对苹果幼苗生长,氮素利用及土壤特性的影响[J].水土保持学报,2021(5):35.
- [2]吕小凡,赵海蓓,白如霄,等.施用启动肥对土壤特性,玉米生长及产量的影响[J].中国土壤与肥料,2021,(001):240-246.
- [3]程培军,李翔,唐培培,等.不同绿肥掩青下增施有机肥对烤烟及土壤性状的影响[J].贵州农业科学,2024,52(8):62-69.

[4]张旷野,张飞,刘兴,等.不同肥料施用方式对盐碱地高粱生长特性的影响[J].辽宁农业科学,2023(1):13-17.

[5]张梦芳,申悦,赵冰,等.不同施肥处理对盆栽八仙花生长及土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2023(1):73-80.

#### 作者简介:

凌乐庆(1990--),男,汉族,广东省佛山市顺德区人,职务:农技员,职称:助理农艺师,在职本科,研究方向:从事种植业技术工作(含农作物重大病虫害监测与培训、优新农作物种子种苗引进示范推广、农药减量控害,以及高效低风险新农药、新药剂、绿色防控等植保新技术的研究试验示范与应用推广,同时承担

农作物病虫害测报和预警),及协助指导农作物生产布局调整和粮食基地建设工作。

贾振刚(1990--),男,汉族,安徽省亳州市谯城区人,职务:农技员,职称:农艺师,硕士研究生,研究方向:从事种植业技术工作(含农作物重大病虫害监测与培训、优新农作物种子种苗引进示范推广、农药减量控害,以及高效低风险新农药、新药剂、绿色防控等植保新技术的研究试验示范与应用推广,同时承担农作物病虫害测报和预警),及农业机械技术研究与推广应用。