

有机肥替代化肥对红薯土壤养分及产量品质的影响

陈小文¹ 陈小武² 陈福祥³ 陈建萍³ 庄新荣³

1.鹰潭市余江区杨溪乡人民政府 江西 鹰潭 335200

2.鹰潭市余江区农业技术推广中心 江西 鹰潭 335200

3.鹰潭市余江区农村综合服务中心 江西 鹰潭 335200

【摘要】：为了探究适合红薯种植的化肥减量替代施肥模式，解决长期单施化肥造成的土壤板结、养分失衡、红薯品质下降等问题，本文采用田间小区试验的方法，设置不同的有机肥替代化肥比例处理，系统分析各个处理对红薯种植土壤养分含量、土壤酶活性、红薯产量和品质指标的影响。结果表明，有机肥部分替代化肥可以明显提高土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾含量，改善土壤脲酶、磷酸酶活性，改善土壤理化性状。40%有机肥替代化肥处理的综合效果最好，土壤有机质含量比单施化肥处理高21.36%，速效养分含量提高15%以上；该处理下红薯鲜薯产量、干物质积累量明显高于其他处理，红薯块根淀粉、可溶性糖、维生素C含量显著提高，粗纤维含量降低，商品薯率明显提高。过多的有机肥会使得前期土壤养分供应量减少，使红薯产量下降。综上所述，在红薯大田种植中，采用40%有机肥替代化肥的施肥方式，可以达到培肥土壤、提质增产的效果，适合在红薯主产区推广使用。

【关键词】：红薯；有机肥替代；土壤养分；产量；品质；土壤酶活性

DOI:10.12417/2811-0722.26.09.050

引言

红薯是具有粮食、经济和饲料兼用价值的我国主要粮食作物、经济作物和饲料作物，在保障我国粮食安全、优化我国农业种植结构、促进我国乡村产业振兴中起着不可替代的作用。有机肥含有丰富的有机质、腐殖质和多种中微量元素，养分释放慢、肥效长，可以改善土壤结构、提高土壤肥力、促进土壤微生物的活动，是替代化肥、实现耕地保育和作物提质增产的重要肥料资源。本文以梯度有机肥替代化肥田间试验为基础，对红薯土壤养分变化规律、土壤酶活性差异、红薯产量品质响应特征进行研究，筛选出适合红薯大田生产的有机肥化肥配施模式，为红薯绿色高质高效栽培、耕地地力提升、化肥减量增效技术推广提供理论依据和实践参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2025年在华北红薯主产区某示范种植基地进行，试验地属于暖温带半湿润季风气候，年均气温13.5℃，年均降水量850mm，无霜期210d，光照资源丰富，适合红薯生长发育。试验地块为多年连作的红薯旱地，土壤质地为砂壤土，地势平坦，排灌方便，土壤肥力均匀。试验前0至20cm耕层土壤基础养分指标为有机质12.65g/kg、全氮0.82g/kg、速效磷18.36mg/kg、速效钾112.58mg/kg，土壤pH值6.72。试验地块常年采取常规化肥施肥方式，没有有机肥施用习惯，耕作制度为一年一熟红薯种植模式。

1.2 试验材料

供试红薯品种为当地主栽鲜食型品种商薯19，适应性强、产量高、品质好，适合当地生态区种植。供试化肥为大田通用

肥料，尿素含氮量为46%，过磷酸钙有效五氧化二磷含量为12%，硫酸钾氧化钾含量为52%。供试有机肥为腐熟的商品生物有机肥，用畜禽粪便、秸秆等为原料经过腐熟加工而成，有机质含量≥45%，氮磷钾总养分≥5%，富含腐殖质和有益微生物菌群，符合国家有机肥料生产标准。

1.3 试验设计

试验用完全随机小区设计，设五个施肥处理，每个处理三次重复，小区面积为20m²，小区之间设隔离埂，防止养分串流影响试验结果。各处理总养分投入量一致，按照当地常规施肥量标准，用有机肥梯度替代化肥设置处理，具体处理如下表所示。

CK为空白对照，不施用任何肥料；T1为100%化肥，常规施肥模式；T2为20%有机肥替代化肥；T3为40%有机肥替代化肥；T4为60%有机肥替代化肥。

试验肥料全部作为基肥一次性施入土壤，与翻耕整地混合均匀到0-20cm耕层土壤中。红薯于5月中旬移栽，移栽密度为45000株/hm²，采用起垄覆膜栽培方式，各处理田间灌溉、除草、病虫害防治等管理措施完全相同，保证试验变量唯一。红薯生长期为5月至10月，10月下旬统一收获测产。

1.4 测定指标与方法

(1)土壤养分指标测定：红薯收获后从每个小区0~20cm耕层土壤中取样5个点，混合均匀后去除石块、植物残体等杂质，分为两份，一份新鲜土壤测定土壤酶活性，一份风干研磨过筛测定土壤养分指标。土壤有机质用重铬酸钾容量法测定，全氮用凯氏定氮法测定，速效磷用钼锑抗比色法测定，速效钾用火焰光度法测定。土壤脲酶活性用苯酚钠次氯酸钠比色法测

定,土壤磷酸酶活性用磷酸苯二钠比色法测定。

(2) 红薯产量及农艺性状测定:收获时各个小区单独采收,统计小区鲜薯总产量,折算公顷产量。同时测定红薯单株结薯数、单薯重、商品薯率,商品薯以单薯重 150g 以上、薯形完整、无病虫害、无破损为标准。收获后选取长势均匀的红薯植株,测定植株干物质积累量,分析干物质分配特点。

(3) 红薯品质指标测定:选择大小一致、没有损伤的新鲜薯块,清洗去皮后制备成待测样品。淀粉含量用酸水解法测定,可溶性糖含量用蒽酮比色法测定,维生素 C 含量用紫外分光光度法测定,粗纤维含量用洗涤法测定。

1.5 数据处理

试验数据用 Excel 2019 整理统计,用 SPSS 26.0 软件做方差分析和显著性检验,用 Duncan 新复极差法做多重比较,数据结果用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对土壤养分含量的影响

不同的有机肥替代化肥的比例对红薯收获后的土壤养分含量影响大,土壤有机质、大量养分指标随着有机肥替代比例的提高而呈现出规律性的变化,具体数据见表 1。

表 1 不同施肥处理土壤养分含量差异

处理	有机质/(g/kg)	全氮/(g/kg)	速效磷/(mg/kg)	速效钾/(mg/kg)
CK	12.52±0.41d	0.81±0.03d	18.25±0.52d	111.36±2.15d
T1	13.15±0.38c	0.95±0.04c	22.68±0.63c	128.52±2.36c
T2	14.86±0.45b	1.08±0.05b	25.36±0.58b	142.35±2.68b
T3	15.95±0.42a	1.16±0.04a	27.89±0.65a	156.89±2.45a
T4	16.12±0.39a	1.18±0.05a	28.12±0.59a	158.26±2.51a

从表 1 可知,施肥处理的土壤各项养分指标都比空白对照 CK 高。单施化肥处理 T1 土壤养分含量提高幅度小,有机质含量比 CK 提高 5.03%,长期单施化肥对土壤有机质的提升效果很差。随着有机肥的使用比例增大,土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾含量均呈上升趋势,T3、T4 处理的土壤养分指标无显著差异,说明有机肥替代比例达到 40%以后,再增加替代比例对土壤养分的提升作用不再明显。

T3 处理的土壤有机质含量比 T1 提高 21.36%,全氮含量提高 22.11%,速效磷含量提高 22.97%,速效钾含量提高 21.99%,土壤肥力提高明显。有机肥自身含有很多的有机质和中微量元素,施入土壤之后可以补充土壤养分,促进土壤原有养分的活化,提高土壤养分库容。高比例有机肥替代土壤养分积累量大,但是养分释放速度慢,不能满足红薯前期快速生长的养分需求。

2.2 不同施肥处理对土壤酶活性的影响

土壤酶是土壤养分转化循环的主要驱动力,脲酶参与土壤

氮素的分解转化,磷酸酶调节土壤磷素的有效性,活性可以反映土壤养分转化的能力和土壤生物肥力水平。不同处理土壤酶活性的变化见表 2。

表 2 不同施肥处理土壤酶活性差异

处理	脲酶活性/(mg/g·d)	磷酸酶活性/(mg/g·d)
CK	0.28±0.02e	1.86±0.08e
T1	0.35±0.03d	2.35±0.11d
T2	0.42±0.02c	2.68±0.09c
T3	0.49±0.03b	3.12±0.10b
T4	0.51±0.02a	3.25±0.08a

从表 2 可知,有机肥代替化肥处理的土壤脲酶、磷酸酶活性都比单施化肥和空白对照高,并且土壤酶活性随着有机肥替代比例增加而逐渐上升。T4 处理土壤酶活性最高,脲酶活性比 T1 高 45.71%,磷酸酶活性比 T1 高 38.30%,T3 处理酶活性略低于 T4,两者差异不大。单施化肥处理土壤酶活性提高幅度小,长期单施化肥会抑制土壤微生物活性,降低土壤酶活性,使土壤养分转化效率下降。有机肥可以改善土壤微生物的生存环境,促进有益微生物的繁殖,提高土壤酶的活性,加快土壤氮磷养分的分解转化,提高土壤养分的利用率,给红薯生长持续提供养分。

2.3 不同施肥处理对红薯产量及产量性状的影响

不同施肥处理对红薯产量、单株结薯数、单薯重和商品薯率均有明显影响,具体的产量性状数据见表 3。合理有机肥替代可以明显提高红薯的产量和商品性,过量替代会导致产量略有下降。

表 3 不同施肥处理红薯产量及产量性状

处理	公顷产量/(kg)	单株结薯数/个	平均单薯重/(g)	商品薯率/%
CK	22685.36±326.58e	2.8±0.2d	186.35±8.65e	62.35±1.25d
T1	31256.89±412.36c	3.4±0.3c	228.69±9.32c	71.68±1.36c
T2	33892.56±386.25b	3.7±0.2b	245.36±8.96b	76.92±1.18b
T3	35689.42±402.18a	4.0±0.3a	262.15±9.12a	82.36±1.22a
T4	34216.75±395.64b	3.8±0.2ab	251.89±8.85ab	79.15±1.31ab

由表 3 数据可知,各个施肥处理的红薯产量都比空白对照高。产量大体上呈先升后降的趋势,T3 处理产量最高,比单施化肥 T1 处理增产 14.18%,增产效果极显著。T2、T4 处理产量均比 T1 高,但是低于 T3 处理。从产量性状上看,有机肥替代处理的单株结薯数、平均单薯重、商品薯率都比单施化肥处理好。T3 处理单株结薯数、单薯重达到最大值,商品薯率比 T1 高 10.68 个百分点,薯块整齐度更好,畸形薯、小薯的占比明显下降。

究其原因,单施化肥养分释放快,前期植株易徒长,后期

养分供应不足,薯块膨大期养分供给失衡,限制产量提高。低中比例有机肥代替化肥可以达到养分缓释和速效结合的目的,在前期通过化肥快速提供养分来保证植株的生长,在后期用有机肥缓慢释放养分来满足红薯块根膨大期对养分的需求,促进干物质的积累和薯块的膨大。60%高比例有机肥替代处理,前期土壤速效养分供应不足,植株前期生长缓慢,后期土壤肥力充足,但是错过了红薯最佳生长发育期,造成产量下降。

2.4 不同施肥处理对红薯品质指标的影响

红薯品质是决定红薯商品价值和食用口感的主要因素,淀粉、可溶性糖决定红薯的口感和风味,维生素 C 是重要的营养指标,粗纤维含量越低,红薯的食用口感就越细腻。不同处理的红薯品质指标见表 4。

表 4 不同施肥处理红薯品质指标

处理	淀粉含量/%	可溶性糖含量/%	维生素 C 含量/(mg/100g)	粗纤维含量/%
CK	18.26±0.42d	4.12±0.15d	21.36±0.85d	1.85±0.06a
T1	20.35±0.38c	4.68±0.12c	24.58±0.92c	1.72±0.05b
T2	22.18±0.41b	5.12±0.14b	27.35±0.88b	1.61±0.04c
T3	23.96±0.39a	5.68±0.13a	30.12±0.90a	1.48±0.03d
T4	23.52±0.40a	5.52±0.11a	29.68±0.86a	1.52±0.04cd

从表 4 可知,有机肥代替化肥可以明显改善红薯品质,提高营养物质的积累,减少粗纤维含量。淀粉、可溶性糖、维生素 C 含量都比有机肥替代处理高,粗纤维含量比常规施肥处理低。T3、T4 处理品质指标没有显著差异,T3 处理综合品质最好。

T3 处理淀粉含量较 T1 提升 17.74%,可溶性糖含量提升 21.37%,维生素 C 含量提升 22.54%,粗纤维含量降低 13.95%。单施化肥处理的红薯营养物质积累量较低,粗纤维含量较高,主要是由于化肥速效养分供应集中,植株营养生长过旺,光合产物向块根转运积累不足,造成薯块糖分、淀粉积累受限。有机肥养分均衡、释放缓慢,可以协调红薯的光合作用和养分积累,促进叶片光合产物向块根转移,提高薯块营养品质,改善薯块组织结构,降低粗纤维含量,提高食用口感。

3 讨论

施肥模式对红薯产量形成起明显的调节作用。40%有机肥代替化肥处理的红薯产量最高,增产效果明显,低比例有机肥

代替改良效果小,高比例替代因为前期养分供应不足而产量下降。红薯生长初期需要速效养分迅速促进茎叶生长,形成光合群体,中后期需要稳定的养分供应保证块根膨大。常规单施化肥前期养分过剩会造成植株徒长,后期养分缺乏会导致早衰;高比例有机肥代替化肥前期速效养分缺乏,植株生长缓慢,光合群体建立不够,即使后期土壤肥力充足,也不能弥补前期生长的不足,从而影响产量的提高。40%有机肥替代模式既满足了红薯生长发育的养分需求,又保证了养分的持续供给,实现了高产稳产。

从品质调控角度来说,有机肥代替化肥可以明显提高红薯淀粉、可溶性糖、维生素 C 的含量,降低粗纤维的含量,改善红薯的商品品质和食用品质。化肥单一养分供给容易造成红薯植株养分代谢失衡,光合产物积累和转运受阻,薯块品质下降。有机肥养分齐全、均衡,能调节植株的生理代谢,促进光合作用的高效进行,加快光合产物向块根的积累转化,减少植株木质化程度,降低薯块粗纤维含量,明显提高红薯品质。综上所述,有机肥代替化肥不仅可以提高地力,还可以提高红薯的产量和品质,具有生态效益和经济效益。

本试验只做了一年田间定位试验,短期试验结果可以明确有机肥替代的即时效果,但是长期有机肥替代对红薯土壤地力持续提升、土壤微生物群落结构变化和红薯稳产提质的长效机制还需要进一步研究,可以开展多年定点试验,完善红薯绿色施肥技术体系。

4 结论

不同的有机肥替代化肥比例会对红薯的土壤养分、土壤酶活性、产量和品质产生显著的调控作用,合理的有机肥与化肥的比例搭配可以达到红薯提质增产、培肥地力的目的。有机肥部分替代化肥可以明显提高土壤有机质、全氮、速效磷、速效钾含量,提高土壤脲酶、磷酸酶活性,改善土壤理化性状和供肥能力,土壤肥力随着有机肥替代比例的增加而逐渐提高,当有机肥替代比例达到 40%以上时,土壤肥力的提升效果趋于稳定。综合土壤改良效果、产量效益和品质提升效果,在本试验条件下,红薯大田种植最优施肥模式为 40%有机肥替代化肥,该模式可以同时达到耕地保育、化肥减量、提质增产的多重目的,技术简单、适用性强,适合在红薯主产区大面积推广使用。

参考文献:

- [1] 张尚龙,孙哲,陈鲜妮,等.蚯蚓粪不同比例替代化肥对红薯生长及土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2024,(9):172-182.
- [2] 艾婷婷.辽西北风沙地苹果与红薯间作系统土壤养分季节动态特征及养分效应分析[J].防护林科技,2024,(1):66-68.
- [3] 陈红军.玉米—红薯轮作模式下红薯高产栽培技术探究[J].新农业,2023,(16):12-13.
- [4] 张加良,孔涛,高熙彬,等.辽西北沙地苹果-农作物间作对土壤养分分布和收益的影响[J].生态学杂志,2024,43(5):1314-1323.
- [5] 吕红英.免耕覆盖对红薯生长发育特性及土壤养分的影响[J].基层农技推广,2023,11(4):42-44.