

## 甘薯地不同施肥处理不同土层土壤理化性质研究

董艳芳, 李子双, 李洪杰, 周晓琳 (德州市农业科学研究院, 山东德州 253015)

**摘要** 为了弄清不同有机肥对不同土层土壤理化性质的影响,研究了甘薯地不同施肥处理下不同土层土壤容重、全氮、硝态氮、速效磷、全钾含量的变化。结果表明,随着土层的加深,土壤容重总体上呈增加趋势,0~10 cm 土层土壤容重以牛粪处理最低,10~30 cm 土层以 CF 处理最低;0~30 cm 土层牛粪处理土壤全氮最高,30~60 cm 土层鸡粪处理全氮最高;0~20 cm 土层鸡粪处理土壤硝态氮含量最高,20~30 cm 土层猪粪处理硝态氮含量最高,30~60 cm 土层 CF 处理硝态氮含量最高;随着土层的加深,土壤速效磷含量总体上呈降低趋势,0~10 cm 土层土壤速效磷以鸡粪处理最高,10~60 cm 土层以猪粪处理最高;随着土层的加深,土壤全钾含量总体上呈增加趋势,0~30 cm 土层鸡粪处理全钾含量最高,30~60 cm 土层猪粪处理全钾含量最高。

**关键词** 甘薯地;施肥;土层;土壤理化性质

**中图分类号** S151.9 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2020)12-0164-04

**doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.12.047



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on Soil Physicochemical Properties of Different Soil Fertilization Treatments in Sweet Potato Field

DONG Yan-fang, LI Zi-shuang, LI Hong-jie et al (Dezhou Academy of Agricultural Science, Dezhou, Shandong 253015)

**Abstract** Changes of soil bulk density, total nitrogen, nitrate nitrogen, available phosphorus and total potassium in different soil layers of sweet potato field under different fertilization treatments were studied to investigate the effects of different organic fertilizer on different soil physical and chemical properties. The result showed that the soil bulk density increased with the soil layer deeper. The soil bulk density of cow dung treatment was lowest in 0-10 cm layer. The soil bulk density of CF treatment was lowest in 10-30 cm layer. The total nitrogen of cow dung treatment was highest in 0-30 cm layers. The total nitrogen of chicken manure treatment was highest in 30-60 cm layers. The nitrate nitrogen of chicken manure treatment was highest in 0-20 cm layers. The nitrate nitrogen of pig manure treatment was highest in 20-30 cm layers. The nitrate nitrogen of CF treatment was highest in 30-60 cm layers. Along with the deepening of soil layers available phosphorus showed a trend of lower overall. The available phosphorus of chicken manure treatment was highest in 0-10 cm layers. The available phosphorus of pig manure treatment was highest in 10-60 cm layers. Along with the deepening of soil layers total potassium showed a trend of higher overall. The total potassium of chicken manure treatment was highest in 0-30 cm layers. The total potassium of pig manure treatment was highest in 30-60 cm layers.

**Key words** Sweet potato field; Fertilization; Soil layers; Soil physical and chemical properties

土壤的理化性质是影响土壤肥力的内在条件,也是综合反映土壤质量的重要组成部分<sup>[1]</sup>。土壤容重是衡量土壤质量的一个重要指标<sup>[2]</sup>,其大小是土壤肥力高低的主要指标之一,综合反映了土壤颗粒和土壤孔隙的状况。一般而言,土壤容重小,表明土壤比较疏松,孔隙多;反之,土壤容重大,表明土壤比较紧实,结构性差,孔隙少,不利于透水、通气、植物扎根,而易倒伏<sup>[3]</sup>。氮是植物需要较大的营养元素,土壤中全氮含量代表土壤中氮的总储备量,合理施肥有助于提高土壤氮素肥力<sup>[4]</sup>。在农业生产上,施用肥料是提高土壤肥力、保证作物高产的重要措施<sup>[5]</sup>。作物吸收的氮素几乎全部是无机态氮,氮肥施入土壤,绝大部分以土壤无机氮的形式存在,硝态氮是土壤无机氮的主要组成部分<sup>[6]</sup>。土壤速效磷是土壤磷库中对作物最为有效的成分之一,是表征土壤供磷能力、确定磷肥用量和农田磷环境风险的重要指标<sup>[7]</sup>。钾是衡量土壤对农作物供应钾素能力的重要指标,还是土壤中常因供应不足而限制作物生长和造成减产及品质下降的主要营养元素之一<sup>[8-9]</sup>。生产实践表明,施用的肥料在土壤中除转化为供应作物生长所需的营养元素外,还通过改善土壤养分状况进而影响土壤的物理性质。不同施肥处理会对土壤理

化性质产生不同的影响,对此也有很多方面的研究,如化肥的施用不仅影响耕层肥力性状,还会使耕层以下的土壤容重降低<sup>[10]</sup>。有机肥施用是提高土壤有机质和氮素肥力的重要措施<sup>[11]</sup>。长期以来,在甘薯生产中偏施氮、磷、钾化肥,少施或不施有机肥,导致土壤养分平衡失调、肥力下降以及甘薯品质退化,使得甘薯的生产水平受到影响<sup>[12-15]</sup>。鉴于此,弄清有机肥对甘薯地土壤性质的影响,对改善甘薯地土壤养分失衡的意义重大。因此,笔者研究了甘薯地不同施肥处理不同土层土壤容重、全氮、硝态氮、速效磷和全钾含量,以期弄清不同有机肥对甘薯地不同土层土壤理化性质的影响。

#### 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验点位于山东德州市(116.53°E、36.87°N),海拔 17 m,暖温带半湿润季风气候,具有四季分明的特点。四季特点为干旱少雨,夏热多雨,秋高气爽,冬冷干燥,年平均气温为 14℃,年降雨量为 530 mm。试验土壤是成土母质,为黄河冲积物的轻白土。

**1.2 试验材料** 供试甘薯品种为龙薯 9 号。

**1.3 试验设计** 共设置 6 个处理,分别为不施肥(CK);复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O 15:5:18)(CF)0.10 kg/m<sup>2</sup>;猪粪 2.50 kg/m<sup>2</sup>;羊粪 2.50 kg/m<sup>2</sup>;鸡粪 2.50 kg/m<sup>2</sup>;牛粪 2.50 kg/m<sup>2</sup>。采用完全随机区组设计,3 次重复,小区大小 4 m×2 m。供试 4 种有机肥均为购买的发酵有机肥,其中,猪粪含 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 分别为 0.5%、0.6% 和 0.45%;羊粪含 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 分别为 0.8%、0.6% 和 0.5%;牛粪含 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 分别为 0.45%、

**基金项目** 甘薯产业技术体系“甘薯产业技术体系北方栽培岗位”子课题“山东甘薯高产栽培的土壤和肥料利用率研究”。

**作者简介** 董艳芳(1990—),女,山东聊城人,助理农艺师,硕士,从事水土资源利用与环境方面的研究。

**收稿日期** 2019-12-13;修回日期 2020-01-30

0.25%和0.15%;鸡粪含N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O分别为1.63%、1.54%和0.85%。试验前各小区内土壤理化性质一致,试验期间其他田间管理措施相同。

**1.4 土样采集及测定** 甘薯收获后使用环刀采集各小区不同土层的原状土样,用烘干法测定土壤容重(SD)。并从各小区中用土钻采集不同土层土壤样品,风干,过1和0.149 mm筛,封袋保存后用于测定土壤理化性质。测定方法<sup>[16]</sup>:土壤全氮(TN)采用凯氏蒸馏法测定;土壤硝态氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)采用酚二磺酸比色法测定;土壤速效磷(AP)采用0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>法测定;土壤全钾(TK)采用氢氧化钠熔融-火焰光度法测定。

**1.5 数据分析** 试验数据采用Excel 2003和SPSS 19.0统计软件进行分析,采用新复极差法进行平均数显著性检验,显著性水平为0.05。

## 2 结果与分析

**2.1 不同施肥处理对土壤容重的影响** 从图1可以看出,不同处理各土层的容重表现为SD<sub>20~30</sub>>SD<sub>10~20</sub>>SD<sub>0~10</sub>。在0~10 cm土层各施肥处理土壤容重表现为SD<sub>CK</sub>>SD<sub>CF</sub>>SD<sub>羊粪</sub>>SD<sub>鸡粪</sub>>SD<sub>猪粪</sub>>SD<sub>牛粪</sub>,各施肥处理均能降低土壤容重且有机肥的效果更为显著,其中施用牛粪处理的效果最为显著,降幅达8.70%。在10~20 cm土层各施肥处理土壤容重表现为SD<sub>猪粪</sub>>SD<sub>鸡粪</sub>>SD<sub>CK</sub>>SD<sub>牛粪</sub>>SD<sub>羊粪</sub>>SD<sub>CF</sub>,施用复合肥和羊粪降低土壤容重的效果较明显。在20~30 cm土层各施肥处理土壤容重表现为SD<sub>猪粪</sub>>SD<sub>牛粪</sub>>SD<sub>羊粪</sub>>SD<sub>鸡粪</sub>>SD<sub>CK</sub>>SD<sub>CF</sub>,有机肥的效果明显低于复合肥,施用复合肥降幅最大达4.70%。

**2.2 不同施肥处理对土壤全氮含量的影响** 从表1可以看

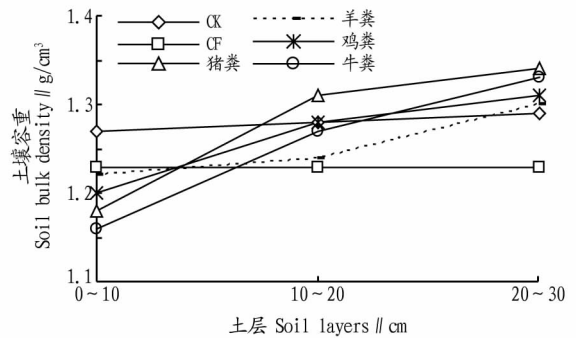


图1 不同施肥处理下不同土层土壤容重

Fig.1 Soil bulk density in different layers under different fertilization treatments

出,CK处理:50~60 cm土层与0~20、30~50 cm土层全氮含量差异显著,50~60 cm土层全氮含量显著小于0~20、30~50 cm土层全氮含量,0~50 cm各土层间全氮含量差异不显著。CF处理:30~40 cm土层全氮含量与其他各土层均差异显著,0~10 cm与10~20 cm土层及20~30 cm与40~50 cm土层全氮含量差异不显著,在30~40 cm土层达到最大0.86 g/kg。猪粪处理:20~60 cm各土层间全氮含量差异不显著,0~10 cm与20~30 cm及40~60 cm土层全氮含量差异显著。羊粪处理:0~50 cm各土层全氮含量差异不显著,只有20~30 cm与50~60 cm土层全氮含量差异显著。鸡粪处理:40~50 cm土层与0~30 cm土层全氮含量差异显著,其他各土层间差异不显著。牛粪处理:0~10 cm土层与10~50 cm各土层全氮含量差异显著,0~40 cm各土层间全氮含量差异显著。

表1 不同施肥处理下不同土层土壤全氮含量

Table 1 Soil total nitrogen content in different layers under different fertilization treatments

土层 Soil layers//cm	CK	CF	猪粪 Pig manure	羊粪 Sheep manure	鸡粪 Chicken manure	牛粪 Cow dung
0~10	0.56±0.04 aC	0.60±0.04 bBC	0.62±0.02 aBC	0.63±0.01 abBC	0.66±0.01 bAB	0.72±0.01 aA
10~20	0.55±0.06 aB	0.62±0.02 bAB	0.58±0.03 abAB	0.61±0.01 abAB	0.62±0.03 bAB	0.66±0.01 cA
20~30	0.49±0.00 abD	0.54±0.01 cBCD	0.53±0.07 bcCD	0.58±0.01 bABC	0.61±0.03 bAB	0.62±0.01 dA
30~40	0.54±0.04 aC	0.86±0.01 aA	0.54±0.01 abcC	0.62±0.04 abBC	0.73±0.11 abB	0.68±0.01 bB
40~50	0.52±0.01 aC	0.51±0.01 cC	0.52±0.01 bcC	0.63±0.01 abB	0.82±0.04 aA	0.64±0.01 cdB
50~60	0.43±0.02 bC	0.45±0.01 dC	0.48±0.03 cC	0.63±0.01 aB	0.73±0.04 abA	0.71±0.01 aA

注:同列不同小写字母表示不同土层间差异显著( $P<0.05$ );同行不同大写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column meant significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same line meant significant differences at 0.05 level

0~10 cm土层:牛粪处理与羊粪、猪粪、CF、CK处理土壤全氮含量差异显著,用鸡粪处理与CK处理土壤全氮含量差异显著,牛粪处理土壤全氮含量最高达0.72 g/kg,与CK相比增幅为28.60%。10~20 cm土层:只有牛粪处理土壤全氮含量与CK差异显著,牛粪处理土壤全氮含量增幅最大,为20.0%。20~30 cm土层:施用牛粪、鸡粪、羊粪均与CK差异显著,增幅为8.20%~26.50%,其中牛粪处理土壤全氮含量增幅最大,达26.50%。30~40 cm土层:CF、猪粪、鸡粪处理土壤全氮含量与CK差异显著,CF处理土壤全氮含量增幅最大,为59.20%。40~50 cm土层:鸡粪、牛粪、羊粪处理土壤全氮含量与CK差异显著,鸡粪处理土壤全氮含量增幅最大,为

57.70%。在40~50 cm土层:鸡粪、牛粪处理土壤全氮含量与CK差异显著,鸡粪处理土壤全氮含量增幅最大,为69.8%。

**2.3 不同施肥处理对土壤硝态氮含量的影响** 从表2可以看出,CK处理:0~30 cm和40~50 cm土层土壤硝态氮含量差异显著,CK处理土壤硝态氮主要分布在0~40 cm土层,40~60 cm土层与10~40 cm各土层土壤硝态氮含量差异显著。CF处理:30~50 cm土层与0~30 cm各土层土壤硝态氮含量差异显著。猪粪处理:除40~50 cm与50~60 cm土层土壤硝态氮含量差异不显著外,其他各土层土壤硝态氮含量均差异显著。羊粪处理:0~10 cm与10~60 cm土层土壤硝态氮含量差异显著。鸡粪处理:土壤硝态氮含量随土层加深呈

递减趋势,0~20 cm与20~60 cm土层土壤硝态氮含量差异显著。牛粪处理:30~40 cm土层土壤硝态氮含量最大,达5.70 mg/kg,0~30 cm与30~60 cm土层土壤硝态氮含量差异显著。

表2 不同施肥处理下不同土层土壤硝态氮含量

Table 2 Soil nitrate nitrogen content in different layers under different fertilization treatments

mg/kg

土层 Soil layers//cm	CK	CF	猪粪 Pig manure	羊粪 Sheep manure	鸡粪 Chicken manure	牛粪 Cow dung
0~10	1.67±0.06 cC	4.47±0.26 bA	2.82±0.07 cB	4.38±0.14 aA	5.17±0.71 aA	2.98±0.12 bB
10~20	2.83±0.05 aCD	3.03±0.01 dC	3.28±0.06 bBC	3.75±0.09 bB	4.58±0.33 aA	2.45±0.41 bD
20~30	2.38±0.18 bB	3.59±0.23 cA	3.87±0.09 aA	3.62±0.09 bA	3.46±0.15 bA	3.14±0.78 bAB
30~40	2.30±0.23 bC	5.86±0.15 aA	2.13±0.38 dC	3.88±0.05 bB	3.33±0.04 bB	5.70±0.40 aA
40~50	1.16±0.16 dC	5.42±0.19 aA	1.47±0.07 eC	2.90±0.37 cB	3.30±0.04 bB	1.36±0.16 cC
50~60	1.50±0.27 cdD	5.43±0.16 aA	1.17±0.09 eD	1.96±0.20 dC	2.72±0.13 bB	1.45±0.09 cD

注:同列不同小写字母表示不同土层间差异显著( $P<0.05$ );同行不同大写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column meant significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same line meant significant differences at 0.05 level

0~10 cm土层:各施肥处理土壤中硝态氮含量均与CK差异显著,与CK相比,土壤中硝态氮含量增幅为68.90%~209.60%,其中鸡粪处理增幅最大,达209.60%。10~20 cm土层:只有鸡粪和羊粪处理土壤硝态氮含量与CK差异显著,增幅分别为61.80%和32.50%,鸡粪处理土壤中硝态氮含量与其他处理差异显著。20~30 cm土层:除牛粪处理外,其他各施肥处理土壤硝态氮含量均与CK差异显著,其中猪粪处理增幅最大,达62.60%,各施肥处理间土壤硝态氮含量差异不显著。30~40 cm土层:CF、牛粪处理与其他处理差异显著,CF处理土壤硝态氮含量与CK相比增幅最大,达154.80%。40~50 cm土层:CF、羊粪、鸡粪处理土壤硝态氮含量与CK差异显著,增幅分别为367.20%、150.00%、184.50%。50~60 cm土层:CF处理土壤硝态氮含量与施用其他有机肥差异显著,增幅为262.00%。

#### 2.4 不同施肥处理对土壤速效磷含量的影响

由表3可以

看出,CK处理:土壤中速效磷含量主要集中在0~50 cm土层,约占0~60 cm土层速效磷总量的93.40%,50~60 cm土层土壤速效磷含量与0~50 cm各土层差异显著。CF处理:20~60 cm各土层土壤速效磷含量差异不显著,0~20 cm各土层与20~60 cm各土层土壤速效磷含量差异显著。猪粪处理:0~10 cm土层与10~60 cm各土层土壤速效磷含量差异显著,20~60 cm各土层土壤速效磷含量差异不显著。羊粪处理:10~20 cm土层与其他各土层土壤速效磷含量差异显著,其中10~20 cm土层土壤速效磷含量最大,为4.64 mg/kg。鸡粪处理:20~60 cm各土层土壤速效磷含量差异不显著,0~10 cm土层与其他各土层土壤速效磷含量差异显著,其中0~10 cm土层土壤速效磷含量最大,为11.05 mg/kg。牛粪处理:10~20 cm土层与50~60 cm土层土壤速效磷含量差异显著,其他各土层土壤速效磷含量差异不显著。

表3 不同施肥处理下不同土层土壤速效磷含量

Table 3 Soil available phosphorus content in different layers under different fertilization treatments

mg/kg

土层 Soil layers//cm	CK	CF	猪粪 Pig manure	羊粪 Sheep manure	鸡粪 Chicken manure	牛粪 Cow dung
0~10	3.28±0.35 aC	4.46±1.31 aC	7.52±0.39 aB	3.34±0.26 bC	11.05±0.39 aA	3.72±0.39 abC
10~20	3.31±0.08 aCD	4.09±0.00 abBC	5.24±0.53 bA	4.64±0.66 aAB	2.79±0.26 bD	3.98±0.07 aBC
20~30	2.40±0.33 bBC	2.28±0.85 bcBC	4.18±0.53 bcA	2.46±0.07 bBC	1.53±0.20 cC	3.22±0.00 abAB
30~40	2.41±0.28 bBC	2.37±0.20 bcBC	4.50±0.20 bcA	2.51±0.26 bBC	1.81±0.20 cC	3.48±1.25 abAB
40~50	2.27±0.37 bA	2.84±0.00 abcA	3.33±0.54 cA	2.45±0.44 bA	1.53±0.46 cA	2.69±1.44 abA
50~60	0.96±0.34 cB	1.25±0.72 cB	3.34±0.92 cA	1.30±0.13 cB	1.60±0.26 cB	1.78±0.19 bB

注:同列不同小写字母表示不同土层间差异显著( $P<0.05$ );同行不同大写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column meant significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same line meant significant differences at 0.05 level

0~10 cm土层:各施肥处理土壤中速效磷含量增幅为1.80%~236.90%,其中鸡粪、猪粪处理土壤中速效磷含量与CK差异显著,CF、羊粪、牛粪处理间差异不显著。10~20 cm土层:猪粪、羊粪处理土壤中速效磷含量与CK差异显著,其中猪粪处理增幅最大,达58.30%,CF与牛粪处理土壤中速效磷含量差异不显著。20~30 cm土层:只有猪粪处理土壤速效磷含量与CK差异显著,增幅为74.20%,CF、羊粪、鸡粪处理土壤中速效磷含量差异不显著。30~40 cm土层:只有猪粪处理土壤速效磷含量与CK差异显著,增幅为86.70%,CF、

羊粪、鸡粪处理土壤中速效磷含量差异不显著。40~50 cm土层:各施肥处理土壤速效磷含量均与CK差异不显著。50~60 cm土层:只有猪粪处理土壤速效磷含量与CK差异显著,增幅为247.90%,其他各施肥处理间均差异不显著。

2.5 不同施肥处理对土壤全钾含量的影响 从表4可以看出,CK处理:0~10 cm土层土壤全钾含量与10~60 cm各土层差异显著,10~20 cm土层土壤全钾含量与40~50 cm土层差异显著,20~60 cm各土层之间土壤全钾含量差异不显著。CF处理:20~30 cm土层土壤全钾含量与其他各土层差异显

著。猪粪处理:40~60 cm 土层土壤全钾含量与 0~40 cm 各土层差异显著,40~50 cm 土层土壤全钾含量最大,达 24.77 g/kg。羊粪和鸡粪处理:0~60 cm 各土层土壤全钾含量差异均不显著。牛粪处理:0~10 cm 土层与 10~60 cm 各土层土壤全钾含量差异显著,0~10 cm 土层土壤全钾含量最小,为 16.70 g/kg,10~40 cm 各土层土壤全钾含量差异不显著,10~40 cm 各土层与 40~60 cm 各土层土壤全钾含量差异显著。

0~10 cm 土层:与 CK 相比,各施肥处理均能提高土壤全

钾含量,增幅为 1.00%~30.20%,但 CF、鸡粪处理土壤全钾含量与 CK 差异显著,其中鸡粪处理增幅最大,为 30.20%。10~20 cm 土层:与 CK 相比,鸡粪处理能显著提高土壤中全钾含量,增幅为 13.90%。20~40 cm 土层:各施肥处理土壤全钾含量均与 CK 差异不显著。40~50 cm 土层:只有猪粪处理土壤全钾含量与 CK 差异显著,且增幅为 24.80%。50~60 cm 土层:猪粪、鸡粪处理土壤全钾含量与 CK 差异显著,增幅分别为 27.20%、15.40%。

表 4 不同施肥处理下不同土层土壤全钾含量

Table 4 Soil total potassium content in different layers under different fertilization treatments

g/kg

土层 Soil layers//cm	CK	CF	猪粪 Pig manure	羊粪 Sheep manure	鸡粪 Chicken manure	牛粪 Cow dung
0~10	16.53±0.07 cC	19.63±0.33 abB	18.11±1.27 cBC	17.72±1.08 aC	21.52±0.00 aA	16.70±0.08 cC
10~20	18.38±0.86 bCD	19.90±0.22 aAB	18.66±0.49 bcBCD	17.99±0.53 aD	20.93±0.57 aA	19.53±0.43 bBC
20~30	18.69±0.72 abA	18.89±0.43 bA	19.11±0.20 bcA	18.52±1.59 aA	20.50±0.66 aA	19.46±0.61 bA
30~40	19.14±0.36 abA	20.04±0.11 aA	20.60±0.91 bA	19.11±0.51 aA	20.49±4.19 aA	20.20±0.16 abA
40~50	19.84±0.57 aBC	20.27±0.48 aBC	24.77±0.10 aA	19.41±0.57 aC	20.81±0.13 aB	20.67±0.03 aB
50~60	19.33±0.34 abC	20.46±0.23 aBC	24.58±1.56 aA	19.26±1.49 aC	22.31±0.50 aAB	20.70±0.67 aBC

注:同列不同小写字母表示不同土层间差异显著( $P<0.05$ );同行不同大写字母表示不同处理间差异显著( $P<0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column meant significant differences at 0.05 level; different capital letters in the same line meant significant differences at 0.05 level

### 3 讨论

土壤容重随土层加深而逐渐增大,这是由于表层土壤受甘薯生长等外界环境因素影响较大,比较疏松,所以容重较小,而下层土壤比较紧实,受外界影响因素较小。这与和学智等<sup>[17]</sup>研究结果一致。0~10 cm 土层土壤容重以牛粪处理最低,表明牛粪改善表层土壤效果最好。10~30 cm 土层以 CF 处理土壤容重最低,表明复合肥改善表层以下土壤效果最好,可能是由于复合肥对土壤根系的促进作用比有机肥显著,从而使耕层以下有大量须根分布,这些须根的生长使土壤通透性提高,土壤密度下降。0~30 cm 土层土壤全氮含量以牛粪处理最高,表明牛粪中氮元素主要集中在浅层土壤,改善浅层土壤供氮能力;30~60 cm 土层土壤全氮以鸡粪处理最高,表明鸡粪中氮元素主要下渗到深层土壤,改善深层土壤供氮能力。0~20 cm 土层土壤硝态氮含量以鸡粪处理最高,20~30 cm 土层以猪粪处理最高,30~60 cm 土层以 CF 处理最高,可能是由于复合肥较有机肥更容易使硝态氮淋溶下渗。土壤中速效磷含量有随土层加深而减小的趋势,0~10 cm 土层土壤速效磷以鸡粪处理最高,10~60 cm 土层以猪粪处理最高,意味着猪粪处理释放的易被植物吸收利用的磷分布土层更广,更好地改善土壤中磷供应能力。不同施肥处理土壤全钾含量呈随土层加深而增大的趋势,0~30 cm 土层土壤全钾以鸡粪处理最高,30~60 cm 土层土壤全钾以猪粪处理最高,表明鸡粪中钾元素主要集中在浅层土壤,而猪粪中钾元素主要集中在较深层土壤。

### 4 结论

不同施肥处理下甘薯地不同土层土壤理化性质存在差异。随着土层的加深,土壤容重总体呈增加趋势,0~10 cm 土层土壤容重以牛粪处理最低,10~30 cm 土层以 CF 处理土壤容重最低;0~30 cm 土层牛粪处理土壤全氮最高,30~

60 cm 土层鸡粪处理全氮最高;0~20 cm 土层鸡粪处理土壤硝态氮含量最高,20~30 cm 土层猪粪处理硝态氮含量最高,30~60 cm 土层 CF 处理硝态氮含量最高;随着土层的加深,土壤速效磷含量总体上呈降低趋势,0~10 cm 土层土壤速效磷含量以鸡粪处理最高,10~60 cm 土层以猪粪处理最高;随着土层的加深,土壤全钾含量总体上呈增加趋势,0~30 cm 土层鸡粪处理全钾含量最高,30~60 cm 土层猪粪处理全钾含量最高。

### 参考文献

- [1] 孙建,刘苗,李立军,等.不同施肥处理对土壤理化性质的影响[J].华北农学报,2010,25(4):221-225.
- [2] 郑存德,程岩.容重对玉米植株养分吸收的影响[J].西南农业学报,2013,26(4):1541-1545.
- [3] 林大仪.土壤学实验指导[M].北京:中国林业出版社,2004.
- [4] 袁颖红,黄欠如,黄荣珍,等.长期施肥对红壤土有机碳和全氮含量的影响[J].南昌工程学院学报,2007,26(4):29-33.
- [5] 刘敏超,曾长立,王兴仁,等.氮肥施用对冬小麦氮肥利用率及土壤剖面硝态氮含量动态分布的影响[J].农业现代化研究,2000,21(5):309-312.
- [6] 张永帅,郭金强,王娟,等.不同施氮量下氮肥在土壤中的空间分布与作物吸收后残留规律[J].西北农业学报,2007,16(2):70-74.
- [7] 杜臻杰,陈效民,张佳宝,等.不同施肥处理下红壤旱地速效磷时空变化及其影响因子[J].南京农业大学学报,2009,32(4):112-115.
- [8] 周艺敏,黄峰,王正祥,等.天津地区土壤钾素状况及不同施肥措施对钾素的调控作用[J].天津农业科学,1999,5(2):10-14.
- [9] 叶英聪,张丽君,谢文,等.南方丘陵稻田土壤全钾和速效钾光谱特征与反演模型研究[J].广东农业科学,2015,42(7):37-42.
- [10] 马俊永,曹彩云,郑春莲,等.长期施用化肥和有机肥对土壤有机碳和容重的影响[J].中国土壤与肥料,2010(6):38-42.
- [11] 李新爱,童成立,蒋平,等.长期不同施肥对稻田土壤有机质和全氮的影响[J].土壤,2006,38(3):298-303.
- [12] 王菲,陈怡,冉烈,等.肥料组合对甘薯产量和品质的影响[J].西南大学学报(自然科学版),2012,34(10):25-29.
- [13] 王菲,冉烈,吕慧峰,等.重庆甘薯土壤养分分级研究[J].西南农业学报,2012,25(2):580-583.
- [14] 杨卓亚,徐福乐,吴振新,等.甘薯专用肥对甘薯产量和品质的影响[J].福建农业学报,2003,18(3):185-188.

(下转第 172 页)

进行都必须有磷元素的加入和作用。该文首次从我国传统白酒酿造工艺中取样,富集、筛选和分离出了一株高效的解磷微生物 *Micrococcus* NT\_1001,分析了其培养条件和对无机磷、有机磷原料的分解和转化性能,初步优化了其生产附加值高的 GPC 产品的条件。但是, *Micrococcus* NT\_1001 在分解和转化中的作用机制尚不明确,且 *Micrococcus* NT\_1001 在其他生理生化过程中产生的作用和功效仍需要进行深入研究和挖掘。

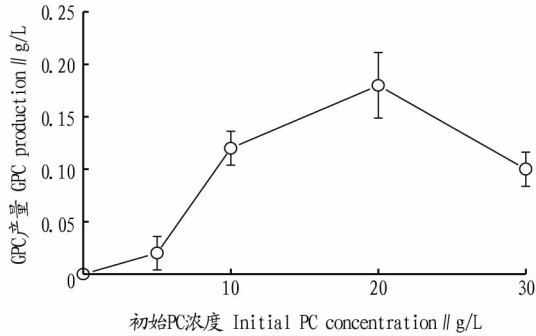


图 11 初始 PC 浓度对 GPC 产量的影响

Fig.11 The effect of initial PC concentration on GPC production

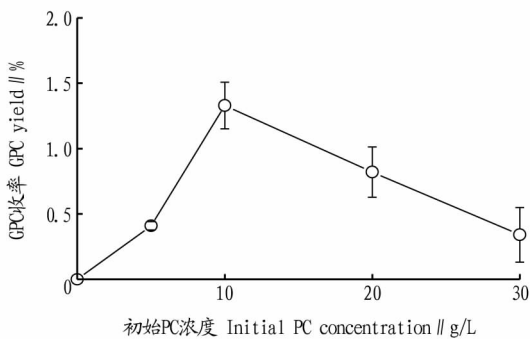


图 12 初始 PC 浓度对 GPC 收率的影响

Fig.12 The effect of initial PC concentration on GPC yield

从汤沟酒厂酒醅中筛选出一株具有良好解磷性能的微球菌,命名为 *Micrococcus* NT\_1001,该菌株在 37 °C 和 pH 8.0 条件下的菌体生长量最高。同时,考察了 *Micrococcus* NT\_1001 对无机磷  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  和有机磷 PC 的降解性能。当初始  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  浓度为 60 mg/L 时, *Micrococcus* NT\_1001 对  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

的分解率最高;当初始 PC 浓度为 10 g/L 时, GPC 收率最高。尽管如此,无机磷和有机磷都对 *Micrococcus* NT\_1001 具有底物抑制作用。

## 参考文献

- [1] 李阜棣,胡正嘉.微生物学[M].5版.北京:中国农业出版社,2000:228.
- [2] 王光华,赵英,周德瑞,等.解磷菌的研究现状与展望[J].生态环境,2003,12(1):96-101.
- [3] 赵小蓉,林启美.微生物解磷的研究进展[J].土壤肥料,2001(3):7-11.
- [4] KUCEY R M N, JANZEN H H, LEGGETT M E. Inorganic phosphate solubilizing microorganisms; Microbially mediated increases in plant available phosphorus[J]. Advances in agronomy, 1989, 42: 199-208.
- [5] ASEA P A, KUCEY R M N, STEWART J W B. Inorganic phosphate solubilization by two *Penicillium* species in solution culture and soil [J]. Soil Biol Biochem, 1988, 20: 459-464.
- [6] CERZINE P C, NAHAS E, BANZATTO D A. Soluble phosphate accumulation by *Aspergillus niger* from fluorapatite [J]. Appl Microbiol Biotechnol, 1988, 29: 501-505.
- [7] NAHAS E, BANZATTO D A, ASSIS L C. Fluorapatite solubilization by *Aspergillus niger* in vinasse medium [J]. Soil Biol Biochem, 1990, 22: 1097-1101.
- [8] 王富民,刘桂芝,张彦,等.高效溶磷菌的分离、筛选及在土壤中溶磷有效性的研究[J].生物技术,1992,2(6):34-37.
- [9] 范丙全,金继运,葛诚.溶磷草酸青霉菌筛选及其溶磷效果的初步研究[J].中国农业科学,2002,35(5):525-530.
- [10] KUCEY R M N. Effect of *Penicillium bilaji* on the solubility and uptake of P and micronutrients from soil by wheat [J]. Canadian journal of soil science, 1988, 68(2): 261-270.
- [11] JUMA N G, TABATABAI M A. Distribution of phosphomonoesterases in soils [J]. Soil science, 1978, 126(2): 101-108.
- [12] LAURO F M, MCDUGALD D, THOMAS T, et al. The genomic basis of trophic strategy in marine bacteria[J]. PNAS, 2009, 106: 15527-15533.
- [13] 刘乐然,苏秀榕,李太武.沿海微生物资源开发利用研究进展[J].河北渔业,2003(4):14-15.
- [14] 朱凤玲.海洋细菌新属的分类鉴定及解磷菌解磷特性的分析[D].青岛:国家海洋局第一海洋研究所,2011.
- [15] 郝柏林.基因组学和生命的进化——分子进化和细菌分类[J].科学中国人,2004(5):48-50.
- [16] ZOBELL C E. Marine microbiology: A monograph on hydrobacteriology [J]. Science, 1946, 103: 715-716.
- [17] HUGENHOLTZ P, GOEBEL B M, PACE N R. Impact of culture-independent studies on the emerging phylogenetic view of bacterial diversity [J]. Journal of bacteriology, 1998, 180(18): 4765-4774.
- [18] 庞坤,韩立强,李维琳.卵磷脂的性质及其应用[J].安徽农业科学,2006,34(9):1772-1773.
- [19] 吴胜芳,顾小红,张灏,等.卵磷脂的功能特性及其应用[J].食品科技,2001(4):36-38.
- [20] 王锐萍,陈玉翠.海口东湖解磷细菌研究初报[J].海南师范学院学报(自然科学版),2001,14(1):84-88.
- [21] 袁玉璐,姚元.中华人民共和国国家标准 水质总磷的测定 钼酸铵分光光度法:GB 11893—89[S].北京:中国环境科学出版社,1989.

(上接第 167 页)

- [15] AGBEDE T M. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria [J]. Soil and tillage research, 2010, 110(1): 25-32.

- [16] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2008:30-172.
- [17] 和学智,陈先刚,张瑞,等.退耕还林杉木林地土壤有机碳储量变化特征:以贵州兴义市三江口镇为例[J].林业资源管理,2015,43(2):95-99.