

# 有机肥氮替代部分化肥氮对马铃薯产量和水分利用效率的影响

何万春, 令鹏, 李鹏程, 谭伟军, 杨荣洲, 王景才, 黄凯\*

(定西市农业科学研究院, 甘肃定西 743000)

**摘要:** 为探讨定西地区有机肥氮替代部分化肥氮的适宜比例, 提高马铃薯产量和品质, 减少化肥施用量, 以“陇薯10号”为材料, 进行了有机肥氮替代部分化肥氮对马铃薯生长发育和产量的影响试验。结果表明, 施用有机肥提高了马铃薯地上地下生物量、马铃薯块茎产量和块茎商品薯率, 与对照相比, 成熟期马铃薯地上部生物量分别增加17.82%、22.71%、31.80%和17.28%, 块茎产量分别增加44.17%、50.28%、59.99%和45.94%, 与纯施化肥相比, 成熟期马铃薯地上部生物量分别增加6.10%、10.51%、18.70%和5.62%, 块茎产量分别增加11.32%、16.04%、23.53%和12.69%, 其中马铃薯地上地下生物量和块茎产量都以30%有机肥氮替代化肥氮增加最多; 有机肥氮替代部分化肥氮提高了马铃薯水分利用效率, 与对照相比, 水分利用效率分别提高了50.62%、54.95%、62.22%和50.07%, 与纯施化肥相比则分别高12.80%、16.04%、21.49%和12.39%。综上所述, 施用有机肥能够提高马铃薯地上地下生物量、块茎产量和水分利用效率, 因此30%有机肥氮替代化肥氮是适合定西地区马铃薯生产的最佳比例。

**关键词:** 马铃薯; 有机肥; 产量; 水分利用效率

马铃薯是粮菜兼用型作物, 为保障中国粮食安全发挥了巨大作用<sup>[1-3]</sup>, 特别是马铃薯作为定西地区主要的经济作物, 种植面积稳定在6.67万hm<sup>2</sup>, 为提高马铃薯块茎产量, 化肥的大量投入使用成为提高产量的关键因素, 但化肥的过量投入使用, 造成了土壤板结, 水体污染等一系列严重问题<sup>[2-4]</sup>, 为实现生态环境友好发展, 构建绿色健康可持续发展的马铃薯发展体系, 合理施用化肥成为当务之急<sup>[5-7]</sup>。研究表明, 有机无机肥配施提高了作物产量和氮肥利用率<sup>[8-10]</sup>。研究表明, 有机无机肥料配施能有效提高水稻产量<sup>[11-14]</sup>。但是, 定西地区马铃薯生产的有机无机肥最佳比例鲜见报道, 因此, 特布置试验来探讨适合定西地区的有机无机肥配施比例。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验设在定西市农业科学院良种繁育基地, 供试土壤理化性状见表1。

**基金项目:** 甘肃省新型肥料创制工程实验室开放基金(GSXFL-2018-02), 干旱半干旱地区马铃薯化肥农药“双减”关键技术集成与示范(DX2020N09), 定西市农科院青年基金, 中部旱作区马铃薯高产提质种植技术集成应用(2019GAAS46-1)。

**作者简介:** 何万春, 助理研究员, 主要从事土壤肥料研究。

**通信作者:** 黄凯, 主要从事马铃薯栽培工作, E-mail: 714631793@qq.com。

表1 供试土壤理化性状

pH	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
8.0	19.5	0.9	87.3	25.1	220.6

### 1.2 供试品种

试验品种为“陇薯10号”原种, 由甘肃省定西百泉马铃薯有限责任公司提供。

### 1.3 试验设计

试验共设6个处理:

T1: 不施肥料(CK);

T2: 单施化肥氮, 施氮量为纯氮180 kg/hm<sup>2</sup>;

T3: 10%有机肥氮替代10%化肥氮;

T4: 20%有机肥氮替代20%化肥氮;

T5: 30%有机肥氮替代30%化肥氮;

T6: 40%有机肥氮替代40%化肥氮。

氮磷钾配比为N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=4:3:3。供试有机肥为生物有机肥(N+K<sub>2</sub>O+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥5%, 有机质≥45%, 有效活菌数≥0.2亿/g, 经检测, N含量为2.05%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量为1.45%, K<sub>2</sub>O含量为1.48%), 由甘肃大行农业科技开发有限公司生产, 化肥分别用尿素(N≥46%)、过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥12%)和氯化钾(K<sub>2</sub>O≥24%)。各施肥处理分别扣除有机肥N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和K<sub>2</sub>O含量后用尿素、过磷酸钙和氯化钾补充。有机肥和氮、磷、钾肥作基肥一次性施入。各处理重复3次, 随机区组排列。小区面积5.5m×10m=55m<sup>2</sup>。在马铃薯生育期间, 按照降雨情况进行灌溉, 灌溉方

式为滴管，年总灌溉量为115.3mm。试验于2019年4月28日播种，9月27日收获，田间管理同大田一致。

#### 1.4 样品采集与分析

在马铃薯生育期间，分别于盛花期（7月15日）、块茎膨大期（8月20日）和成熟期（9月20日）取样3次，每次5株，分不同器官称鲜重，烘干后称干重。

#### 1.5 调查测定项目

在马铃薯苗期测定各处理出苗率、各生育期马铃薯生长指标、收获时调查马铃薯块茎产量及产量性状和马铃薯商品薯率（≥100g为商品薯）。

用烘干法测定播前、关键生育期、收获后土壤0-100 cm土壤含水量，计算水分利用效率（WUE）。

水分利用效率（WUE，kg/hm<sup>2</sup>.mm）=Y/ETa，Y为马铃薯产量（kg/hm<sup>2</sup>），Eta为全生育期实际蒸散量。

补灌量（mm）：作物生育期补充灌溉的水量。

实际蒸散量（ETa，mm）= 播前土壤贮水量+降雨量+补灌量-收后土壤贮水量。

贮水量（mm）= 重量含水量 × 土壤容重 × 土层厚度（mm）。

水分利用效率（WUE，kg/hm<sup>2</sup>.mm）= Y/ETa，Y为马铃薯产量（kg/hm<sup>2</sup>），Eta为全生育期实际蒸散量。

#### 1.6 数据处理

用Excel 2010进行数据统计，用SPSS 19对数据进行方差分析和最小显著性检验（LSR法）。

### 2 结果与分析

#### 2.1 不同处理对马铃薯各生育期地上部和根鲜重的影响

表2是不同处理对马铃薯各生育期地上部和根鲜重的影响，马铃薯地上部和根鲜重随着生育进程的推进呈先增后减的趋势，在块茎膨大期达到最大值。其中施用有机肥的地上部和根鲜重都要高于对照，同时，也明显高于纯施化肥的处理，随着有机肥用量的增加，马铃薯地上部和根鲜重呈先增后减的趋势变化，都以30%有机肥氮替代化肥氮最高，在成熟期10%、20%、30%和40%有机肥氮替代化肥氮处理地上部鲜重与对照相比分别高17.82%、22.71%、31.80%和17.28%，与纯施化肥相比分别高6.10%、10.51%、18.70%和5.62%，主要可能是由于有机无机肥配施能够改善土壤氮素供应过程，从而更有利于马

表2 不同处理对马铃薯各生育期地上部和根鲜重的影响

处理	地上部 (g/plant)			根 (g/plant)		
	盛花期	块茎膨大期	成熟期	盛花期	块茎膨大期	成熟期
T1	414.32 c	628.62 c	361.32 c	41.33 b	51.96 b	43.36 b
T2	454.34 bc	668.71 c	401.25 b	43.51 b	56.86 b	47.64 b
T3	486.35 bc	806.34 b	425.67 b	48.89 ab	63.45 ab	53.45 ab
T4	546.34 ab	876.21 ab	443.35 ab	51.43 ab	70.12 ab	58.64 a
T5	583.67 a	935.35 a	476.21 a	56.20 a	75.43 a	61.35 a
T6	521.24 b	881.47 ab	423.73 b	50.33 ab	67.88 ab	55.36 ab

铃薯的生长发育。

#### 2.2 不同处理对马铃薯生育期块茎动态变化影响

马铃薯块茎数和块茎重都随着生育进程的推进逐渐增加，在成熟期达到最大值（表3）。施用有机肥的单株块茎重和平均单薯重量都要高于单施化肥的处理，随着有机肥用量的增加，马铃薯块茎数、单株块茎重和平均单薯重量随之增加，以30%有机肥

氮替代化肥氮最高，随后下降。在成熟期，与对照相比，10%、20%、30%和40%有机肥氮替代化肥氮处理单株块茎重分别增加9.92%、14.41%、17.51%和10.00%，与纯施化肥相比，分别高4.60%、8.88%、11.83%和4.69%。

#### 2.3 不同处理对马铃薯块茎产量和商品薯率的影响

由表4可以看出，施用有机肥增加了马铃薯的块

表3 不同处理对马铃薯生育期块茎数和块茎重变化的影响

处理	单株块茎数 (No.)			单株块茎重 (g/plant)			平均单薯重量 (g/plant)		
	盛花期	块茎膨大期	成熟期	盛花期	块茎膨大期	成熟期	盛花期	块茎膨大期	成熟期
T1	4.33 b	5.12 a	7.22 a	33.10 c	470.64 c	710.25 c	7.64 b	99.61 a	98.37 b
T2	4.33 b	5.23 a	7.36 a	37.84 c	495.36 bc	746.34 c	8.73 a	94.70 a	101.40 a
T3	4.67 b	5.33 a	7.21 a	45.31 b	525.64 b	780.69 ab	9.70 a	98.62 a	108.28 a
T4	5.00 ab	5.45 a	7.35 a	48.55 ab	547.82 ab	812.58 ab	9.71 a	100.52 a	110.56 a
T5	5.33 a	5.67 a	7.45 a	50.26 a	585.36 a	834.64 a	9.43 a	103.24 a	112.03 a
T6	5.12 ab	5.23 a	7.24 a	45.31 b	531.65 ab	781.34 ab	8.85 a	101.65 a	107.92 a

茎产量和商品薯率，与马铃薯地上部和根鲜重的变化趋势一样，随着有机肥用量的增加马铃薯产量和商品薯率随之增加，当30%有机肥氮替代化肥氮时马铃薯块茎产量和商品薯率达到最大值，随后减小，与对照相比，10%、20%、30%和40%有机肥氮替代化肥氮处理块茎产量分别增加44.17%、50.28%、59.99%和45.94%，与纯施化肥相比则分别高11.32%、16.04%、23.53%和12.69%，施用有机肥也明显提高了马铃薯块茎商品薯率。

表4 不同处理对马铃薯产量的影响

处理	产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	商品率 (%)
T1	1 825 c	80.82 b
T2	2 364 b	80.36 b
T3	2 632 ab	82.32 b
T4	2 744 ab	85.50 ab
T5	2 921 a	87.68 a
T6	2 664 ab	84.64 ab

#### 2.4 不同处理对水分利用效率的影响

由表5可以看出，与对照相比，施用有机肥增加了马铃薯的水分利用效率，随着有机肥用量的增加，马铃薯水分利用效率逐渐提高，以30%有机肥氮替代化肥氮水分利用效率最高，为86.81 kg/hm<sup>2</sup>·mm，而后随着有机肥用量的增加水分利用效率减小，与对照相比，10%、20%、30%和40%有机肥氮替代化肥氮处理水分利用效率分别高50.62%、54.95%、62.22%和50.07%，与纯施化肥相比则分别高12.80%、16.04%、21.49%和12.39%。这可能是因为有有机无机肥配施提高土壤供氮能力，使土壤养分平衡施放，为作物生长提供了良好的氮素营养条件。

#### 3 讨论

有机无机配施能有效提高作物产量和品质<sup>[15-17]</sup>。本研究表明有机肥氮替代化肥氮能够提高马铃薯地上地下生物量、块茎产量以及块茎商品薯率，而且都以30%有机肥氮替代化肥氮最高，块茎产量比对照高59.99%，比纯施化肥高23.53%，主要是由于有机无

表5 不同处理对水分利用效率的影响

处理	播前贮水量 (mm)	收后贮水量 (mm)	补灌量 (mm)	降雨量 (mm)	产量 (kg/667m <sup>2</sup> )	蒸散量 (mm)	水分利用效率 (kg/hm <sup>2</sup> ·mm)
T1	435.68	460.25	115.3	421.1	1 825	511.83	53.51
T2	435.68	475.64	115.3	421.1	2 364	496.44	71.45
T3	435.68	482.16	115.3	421.1	2 632	489.92	80.60
T4	435.68	475.64	115.3	421.1	2 744	496.44	82.91
T5	435.68	467.29	115.3	421.1	2 921	504.79	86.81
T6	435.68	474.32	115.3	421.1	2 664	497.76	80.30

机肥配施提高土壤供氮能力,使土壤养分平衡施放,为作物生长提供了良好的氮素营养条件,从而获得较单施化肥氮更高的块茎产量,但施用更多有机肥马铃薯块茎产量反而降低。

水分利用效率反映了作物利用水分生产干物质的能力,本试验结果表明,施用有机肥提高了马铃薯水分利用效率,其中以30%有机肥氮代替化肥氮水分利用效率最高,可能主要是由于有机肥改善了土壤性状,平衡了养分的释放过程,从而更有利于植株的生长发育,提高了水分利用效率,这与前人的研究有许多相似之处,但还需进一步研究。因此,在施纯氮 $180\text{ kg/hm}^2$ ,氮磷钾配比为 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=4:3:3$ 的条件下,以30%有机肥氮替代化肥氮是适合干旱半干旱地区马铃薯生长的最佳施肥方式。在当前国家大力实施“生态优先、绿色发展”以及化肥农药“双减”的大背景下,有机无机配施是当前农业可持续发展的主要途径,因而本研究对于目前定西地区马铃薯产业可持续发展具有重要意义。

#### 4 结论

在干旱半干旱定西市,施氮量为纯氮 $180\text{ kg/hm}^2$ ,氮磷钾配比为 $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=4:3:3$ ,有机肥氮替代化肥氮的比例为30%,可以有效增加马铃薯块茎产量和商品薯率以及水分利用效率,因此30%有机肥替代化肥氮是最佳施肥方式。

#### 参考文献

- [1] 杨帅, 闵凡祥, 高云飞, 等. 新世纪中国马铃薯产业发展现状及存在问题[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(5): 311-316.
- [2] 高菊生, 徐明岗, 王伯仁, 等. 长期有机无机肥配施对土壤肥力及水稻产量的影响[J]. 中国农学通报, 2005(8): 211-214, 259.
- [3] 张娟, 沈其荣, 张亚丽, 等. 施用预处理稻秆的土壤供氮特征及对冬小麦氮吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004(1): 24-28.
- [4] 张树生, 杨兴明, 黄启为, 等. 施用氨基酸肥料对连作条件下黄瓜的生物效应及土壤生物性状的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 689-694.
- [5] 赖涛, 沈其荣, 褚冰倩, 等. 新型有机肥的氮素在土壤中的转化及其对草莓生长和品质的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(6): 891-895.
- [6] 袁飞, 彭宇, 张春兰, 等. 有机物料减轻设施连作黄瓜苗期病害的微生物效应[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 867-870.
- [7] 沈其荣, 徐慧, 徐盛荣, 等. 有机-无机肥料养分在水田土壤中的转化[J]. 土壤通报, 1994(S1): 11-15.
- [8] 吕卫光, 黄启为, 沈其荣, 等. 不同来源有机肥及有机肥与无机肥混施对西瓜生长期土壤酶活性的影响[J]. 南京农业大学学报, 2005, 28(4): 68-71.
- [9] 徐阳春, 沈其荣, 茆泽圣. 长期施用有机肥对土壤及不同粒级中酸解有机氮含量与分配的影响[J]. 中国农业科学, 2002, 35(4): 403-409.
- [10] 徐阳春, 沈其荣. 有机肥和化肥长期配合施用对土壤及不同粒级供氮特性的影响[J]. 土壤学报, 2004, 41(1): 87-92.
- [11] 徐阳春, 沈其荣. 长期施用不同有机肥对土壤各粒级复合体C、N、P含量与分配的影响[J]. 中国农业科学, 2000, 33(5): 61-71.
- [12] 商跃凤. 有机无机复混肥对水稻氮素利用率的影响[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(3): 262-266.
- [13] 李冬初, 李菊梅, 徐明岗, 等. 有机无机肥配施对红壤稻田氮素形态及水稻产量的影响[J]. 湖南农业科学, 2004(3): 23-25, 31.
- [14] 李菊梅, 徐明岗, 秦道珠, 等. 有机肥无机肥配施对稻田氨挥发和水稻产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(1): 51-56.
- [15] 李伟, 戴亨林, 蔡国学. 有机-无机复混肥料的肥料效应初探[J]. 磷肥与复肥, 2003, 18(6): 67-69.
- [16] 刘克礼, 高聚林, 任珂, 等. 旱作马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律[J]. 中国马铃薯, 2003(6): 321-325.
- [16] 高聚林, 刘克礼, 盛晋华, 等. 马铃薯旱作栽培干物质积累与分配[J]. 中国马铃薯, 2004(1): 9-15.