

## 基于绿色食品生产的氮肥减量施用技术对马铃薯 产量和品质的影响

吴愉萍<sup>1</sup>, 孙 辉<sup>1</sup>, 孙 鑫<sup>2</sup>, 马永军<sup>1</sup>, 连 瑛<sup>1</sup>, 胡雅花<sup>1</sup>, 范海君<sup>3</sup>, 吴降星<sup>4</sup>

(1.宁波市农产品质量安全总站, 浙江 宁波 315012; 2.宁波市奉化区莼湖镇农业公共服务中心, 浙江 宁波 315506;  
3.宁波市奉化范氏农场, 浙江 宁波 315500; 4.宁波市种植业管理总站, 浙江 宁波 315012)

**摘要:** 为满足绿色食品生产需求, 以荷兰 7 号马铃薯为供试作物, 设置常规施肥(NR)、常规减量施肥(HNR)、常规减量施肥+炭(HNRC)、恩泰克推荐施肥(EN)、恩泰克减量施肥(HEN)、恩泰克减量施肥+炭(HENC)6 个处理, 研究化肥减量施用对马铃薯产量和品质的影响。结果表明 EN 处理马铃薯总产量、一级薯和二级薯产量均最高; 不同处理间马铃薯硝酸盐、干物质重、淀粉、维生素 C、粗蛋白和可溶性总糖含量差异均不显著, 但在施用同一类型肥料的处理中, 表现出随着化学氮素减量硝酸盐含量降低, 粗蛋白含量减少, 可溶性总糖含量增加的趋势。综合考虑标准要求 and 马铃薯产量与品质等因素, 确定 HENC 处理为绿色食品马铃薯生产的最佳施肥模式。

**关键词:** 绿色食品; 化肥减量; 产量; 品质

中图分类号: S-3

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2018) 06-0032-06

随着农业供给侧结构性改革的深入推进, 农产品的绿色生产越来越受到重视<sup>[1]</sup>。绿色食品是指产自优良生态环境、按照绿色食品标准生产、实行全程质量控制并获得绿色食品标志使用权的安全、优质食用农产品及相关产品。其基本理念和宗旨就是保护农业生态环境, 促进农业可持续发展, 提高农产品质量安全水平, 增进消费者健康, 增强农产品市场竞争力, 促进农业增效、农民增收<sup>[2]</sup>。在种植业上, 绿色食品的生产需要遵循《绿色食品肥料施用准则》(NY/T 394-2013)的要求, 强调多施有机肥, 减少化肥特别是化学氮肥的投入<sup>[3]</sup>。然而化肥已成为我国农业生产必需的投入品<sup>[4]</sup>, 农民习惯于大量使用化肥来确保产量<sup>[5]</sup>。如何提高肥料利用率, 科学减少化肥投入, 成为绿色食品生产的技术关键点。

马铃薯是我国第五大粮食作物, 具有营养丰富、粮菜饲兼用、加工用途多、产业链条长、增产增收潜力大等特点<sup>[6]</sup>。《浙江省统计年鉴 2017》发布的数据显示, 浙江省 2016 年马铃薯播种面积

$7.09 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 产量  $2.695 \times 10^5 \text{ t}$ 。马铃薯需肥量较大, 从各地生产的调查数据来看, 马铃薯种植过程中普遍存在化肥用量过多, 有机肥用量偏少, 肥料利用率不高等现象<sup>[7-9]</sup>, 且化肥种类又以 15-15-15 复混肥料和尿素为主<sup>[4]</sup>, 与马铃薯的需肥规律不一致<sup>[10]</sup>, 不仅导致了肥料的浪费, 还带来了地表水富营养化, 土壤酸化、板结, 地下水硝酸盐含量超标,  $\text{N}_2\text{O}$  气体排放量增加等一系列问题<sup>[11-12]</sup>。本文以荷兰 7 号马铃薯为供试作物, 设置常规施肥(NR)、常规减量施肥(HNR)、常规减量施肥+炭(HNRC)、恩泰克推荐施肥(EN)、恩泰克减量施肥(HEN)、恩泰克减量施肥+炭(HENC)6 个处理, 研究按照绿色食品标准减少化肥用量对马铃薯产量和品质的影响, 以为农业的可持续性发展提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验地概况

试验地位于宁波市奉化区锦屏街道河头村范氏农场基地, 地理位置为北纬  $29^\circ 41' 25''$ , 东经

收稿日期: 2018-02-09.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.lg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波市农科教项目结合项目 (2014NK43, 2015NK27)。

第一作者: 吴愉萍 (1981—), 女, 浙江遂昌人, 博士/高级农艺师, 主要研究方向: 农业资源利用和产地环境保护。E-mail: a\_angelfish@163.com

121°23'44". 土壤为水稻土, 上茬作物为水稻. 土壤 pH 为 5.6, 有机质质量分数为 44.5 g·kg<sup>-1</sup>, 有效磷为 20.6 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾为 144 mg·kg<sup>-1</sup>, 碱解氮为 204 mg·kg<sup>-1</sup>.

1.2 试验材料

供试马铃薯品种为荷兰 7 号.

供试有机肥采购自当地一家有机肥生产企业, pH 为 7.9, 有机质质量分数为 50.5%, 总氮为 2.89%, 铵态氮为 0.64%, 速效磷为 1 030 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾为 6.18 g·kg<sup>-1</sup>; 菜籽饼采购自当地一家菜籽油压榨企业, pH 为 5.9, 有机质质量分数为 93.1%, 总氮为 6.26%, 铵态氮为 0.04%, 速效磷为 3 520 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾为 13 g·kg<sup>-1</sup>; 炭为稻壳炭, pH 为 10.19, C 质量分数为 66.64 g·kg<sup>-1</sup>, 氮(以 N 计)为 0.66 g·kg<sup>-1</sup>, 磷(以 P 计)为 2.92 g·kg<sup>-1</sup>, 钾(以 K 计)为 18.70 g·kg<sup>-1</sup>, BET 比表面积为 48.35 m<sup>2</sup>·g<sup>-1</sup>; 供试用化肥为凯美瑞复合肥(17-17-17)、高钾恩泰克复合肥(12-11-18)、高氮恩泰克复合肥(22-7-11)、碳氮(17%)和尿素(46%).

1.3 试验设计

设置常规施肥(NR)、常规减量施肥(HNR)、常规减量施肥+炭(HNRC)、恩泰克推荐施肥(EN)、恩泰克减量施肥(HEN)、恩泰克减量施肥+炭(HENC) 6 个处理. 减量施肥按照《绿色食品肥料使用准则》(NY/T 394-2013)要求将氮肥用量减少到常规施肥的一半. 各个处理所使用的肥料种类、用量及化肥折纯使用量见表 1. 每个处理重复 6 次, 共 36 个小区, 每个小区面积 111 m<sup>2</sup>.

基肥于 2017 年 2 月 15 日施入, 其中撒施部分基肥均匀撒入土壤后, 用拖拉机进行翻耕, 使肥料均匀混在土壤中. 条施基肥均匀施在拟做畦中央, 在条施基肥两边放马铃薯种薯后, 用拖拉机开沟做畦, 覆盖条施基肥和马铃薯. 3 月 10 日进行追肥, 然后覆盖黑色膜后不再进行其他施肥处理. 病虫害的防治在 6 个处理中完全一致.

1.4 数据采集

2017 年 5 月 19 日采收马铃薯. 采收时从每个小区中选择长势正常的 6 株马铃薯为对象, 测定马

表 1 各处理施肥情况 kg·hm<sup>-2</sup>

| 处理<br>方式 | 撒施基肥  |        | 条施基肥  |       | 追肥    |    | 化肥折纯后 N、P、K 用量 |                               |                  |
|----------|-------|--------|-------|-------|-------|----|----------------|-------------------------------|------------------|
|          | 肥料    | 用量     | 肥料    | 用量    | 肥料    | 用量 | N              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| NR       | 凯美瑞   | 1 125  | 商品有机肥 | 750   | 尿素    | 60 | 282.6          | 191.3                         | 191.3            |
|          |       |        | 菜籽饼   | 375   |       |    |                |                               |                  |
|          |       |        | 碳铵    | 375   |       |    |                |                               |                  |
| HNR      | 凯美瑞   | 525    | 商品有机肥 | 750   | 尿素    | 45 | 141.8          | 89.3                          | 89.3             |
|          | 商品有机肥 | 10 500 | 菜籽饼   | 375   |       |    |                |                               |                  |
|          |       |        | 碳铵    | 187.5 |       |    |                |                               |                  |
| HNRC     | 凯美瑞   | 525    | 商品有机肥 | 750   | 尿素    | 45 | 141.8          | 89.3                          | 89.3             |
|          | 商品有机肥 | 10 500 | 菜籽饼   | 375   |       |    |                |                               |                  |
|          | 炭     | 6 000  | 碳铵    | 187.5 |       |    |                |                               |                  |
| EN       |       |        | 炭     | 1 500 | 高氮恩泰克 | 75 | 207.0          | 130.5                         | 211.5            |
|          | 高钾恩泰克 | 900    | 商品有机肥 | 750   |       |    |                |                               |                  |
|          | 高氮恩泰克 | 375    | 菜籽饼   | 375   |       |    |                |                               |                  |
| HEN      | 商品有机肥 | 6 750  |       |       | 高氮恩泰克 | 75 | 141.6          | 90.3                          | 146.4            |
|          | 高钾恩泰克 | 630    | 商品有机肥 | 750   |       |    |                |                               |                  |
|          | 高氮恩泰克 | 225    | 菜籽饼   | 375   |       |    |                |                               |                  |
| HENC     | 商品有机肥 | 10 500 |       |       | 高氮恩泰克 | 75 | 141.6          | 90.3                          | 146.4            |
|          | 高钾恩泰克 | 630    | 商品有机肥 | 750   |       |    |                |                               |                  |
|          | 高氮恩泰克 | 225    | 菜籽饼   | 375   |       |    |                |                               |                  |
|          | 商品有机肥 | 10 500 | 炭     | 1 500 |       |    |                |                               |                  |
|          | 炭     | 6 000  |       |       |       |    |                |                               |                  |

铃薯地上部分株高和茎粗,并分别挖出每株马铃薯,计算单株结薯数、单薯重,质量小于30g的马铃薯不计算在内。根据单株平均重量和种植密度计算马铃薯产量。马铃薯的分级参照《马铃薯商品薯分级与检验规程》(GB/T 31784-2015)执行,分为一级、二级、三级和非商品薯,其中一级薯质量 $\geq 150$ g,二级薯质量 $\geq 100$ g,三级薯质量 $\geq 75$ g,非商品薯质量 $<75$ g。

在试验开始前和马铃薯采收时分别采集土壤样品,测定pH、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量,土壤数据的采集未做重复处理。

以“S”采样法随机选取每个处理中的10株马铃薯,采集所有一级薯后,取每个一级薯的1/4块,制备成混合样品用于硝酸盐、干物质重、淀粉含量、维生素C、粗蛋白含量、可溶性总糖等品质指标的测定,每个处理重复2次。硝酸盐含量的测定参照《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》(GB 5009.33-2016);干物质重的测定参照《食品中水分的测定》(GB 5009.3-2016);淀粉含量的测定参照《食品中淀粉的测定》(GB/T 5009.9-2008);维生素C含量的测定参照《食品中抗坏血酸的测定》(GB 5009.86-2016);粗蛋白含量的测定参照《食品中蛋白质的测定》(GB 5009.5-2016);可溶性总糖含量的测定参照《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定铜还原碘量法》(NY/T 1278-2007)。

## 1.5 统计与分析

采用DPS进行方差分析, Sigmaplot作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对马铃薯生长和产量的影响

不同施肥处理对马铃薯地上部分生长影响不显著,株高和茎粗在不同处理间差异均不显著,分别分布在51.8~61.0cm和1.2~1.4cm之间(表2)。单株结薯数量分布在4.6~6.2个之间,不同施肥处理差异也不显著(表2)。马铃薯产量在EN处理中最大,为 $58.7\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,显著( $P<0.05$ )高于NR、HNR、HNRC和HEN处理,和HENC处理差异不显著(表2)。农户习惯施肥方法并非马铃薯的最佳施肥方式,EN处理与NR处理相比,增产近30%,而从化肥的投入上看,折纯后的化学氮肥用量减少36.0%,磷肥用量减少46.2%,钾肥用量增加9.4%(表1)。无机

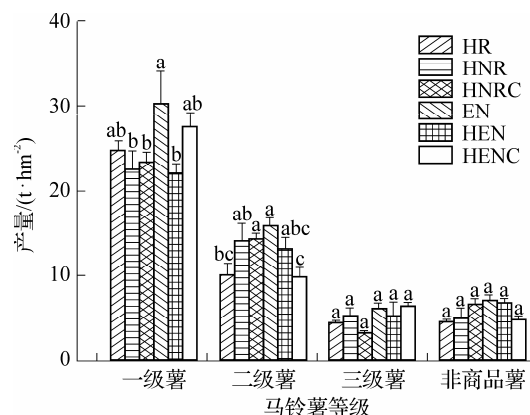
氮素用量减半后,马铃薯产量与普通施肥处理相比差异均不显著,除HNR处理外,HNRC、HEN和HENC处理产量还均高于NR处理(表2)。无论是普通施肥氮素减半处理还是恩泰克施肥氮素减半处理,配施炭后均增加了马铃薯产量,HNRC处理比HNR处理增产6.0%,HENC处理比HEN处理增产2.2%(表2)。

表2 不同处理马铃薯地上部分生长情况和产量

| 处理方式 | 株高/cm                       | 茎粗/cm                      | 单株结薯数/个                    | 产量/<br>( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) |
|------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------------|
| NR   | 51.8 $\pm$ 3.2 <sup>a</sup> | 1.2 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup> | 4.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup> | 45.4 $\pm$ 2.7 <sup>b</sup>              |
| HNR  | 61.0 $\pm$ 2.7 <sup>a</sup> | 1.4 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup> | 4.6 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup> | 43.7 $\pm$ 2.4 <sup>b</sup>              |
| HNRC | 59.9 $\pm$ 1.9 <sup>a</sup> | 1.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup> | 5.1 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup> | 46.3 $\pm$ 2.6 <sup>b</sup>              |
| EN   | 59.0 $\pm$ 1.6 <sup>a</sup> | 1.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup> | 6.2 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup> | 58.7 $\pm$ 2.3 <sup>a</sup>              |
| HEN  | 58.6 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup> | 1.3 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup> | 4.7 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup> | 47.0 $\pm$ 1.6 <sup>b</sup>              |
| HENC | 60.7 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup> | 1.3 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup> | 4.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup> | 48.0 $\pm$ 3.3 <sup>ab</sup>             |

注:不同字母表示处理间差异达到了0.05的显著性水平,下表同。

不同施肥处理还影响了不同等级马铃薯产量,如图1所示。



注:不同字母表示处理间差异达到了0.05的显著性水平。

图1 不同等级马铃薯产量情况

一级薯产量在不同处理间按照从高到低排为 $\text{EN}>\text{HENC}>\text{NR}>\text{HNRC}>\text{HNR}>\text{HEN}$ ,产量分别为 $30.1, 27.4, 24.7, 23.2, 22.5$ 和 $22.0\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,分别占各处理总产量的51.4%, 57.0%, 54.3%, 50.2%, 51.6%和46.9%,其中EN处理一级薯产量显著( $P<0.05$ )高于HNR、HNRC和HEN处理。二级薯产量在EN和HNRC处理中要显著( $P<0.05$ )高于NR和HENC处理,三级薯和非商品薯产量在6个处理中差异不显著。一、二级薯产量之和在NR、HNR、HNRC、EN,

HEN, HENC 处理中分别为 34.7, 36.5, 37.4, 45.9, 35.0 和 37.0 t·hm<sup>-2</sup>, 分别占总产量的 76.3%, 83.6%, 80.9%, 78.2%, 74.6%和 77.1%, 除 EN 处理产量显著最高外, 其他几个处理差异不显著.

2.2 不同施肥处理对马铃薯品质的影响

不同施肥处理马铃薯硝酸盐质量分数分布在 14.73~29.80 mg·kg<sup>-1</sup> 之间, 在各处理间差异不显著, 但表现出使用同一类型化肥, 随着化学氮素减量硝酸盐含量降低的趋势, 且添加炭后, 硝酸盐含量最低(表 3). 干物质重分布在 16.30%~17.70%之间, 淀粉质量分数分布在 10.20%~12.20%之间, 维生素 C 质量分数分布在 212.50~250.00 mg·kg<sup>-1</sup> 之间, 在不同处理间无显著差异和规律性分布(表 3). 粗蛋白质量分数分布在 1.63%~1.98%之间, 在各处理间差异不显著, 但表现出随着化学氮素用量增加而增加的趋势(表 3). 可溶性总糖质量分数分布在 0.73%~0.98%之间, 在各处理间差异不显著, 但表现出随着氮素用量减少和炭的使用而增加的趋势(表 3).

表 3 不同处理马铃薯品质差异

| 处理方式 | 硝酸盐/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> )   | 干物质重/%                  | 淀粉/%                    |
|------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| NR   | 19.60±3.00 <sup>a</sup>          | 17.70±1.00 <sup>a</sup> | 10.35±0.65 <sup>a</sup> |
| HNR  | 15.65±2.75 <sup>a</sup>          | 17.10±0.10 <sup>a</sup> | 10.35±0.25 <sup>a</sup> |
| HNRC | 14.73±8.07 <sup>a</sup>          | 17.70±0.90 <sup>a</sup> | 12.20±1.40 <sup>a</sup> |
| EN   | 29.80±4.00 <sup>a</sup>          | 16.30±0.90 <sup>a</sup> | 10.55±0.35 <sup>a</sup> |
| HEN  | 22.95±5.55 <sup>a</sup>          | 16.85±1.55 <sup>a</sup> | 10.30±0.10 <sup>a</sup> |
| HENC | 19.55±2.65 <sup>a</sup>          | 16.70±0.20 <sup>a</sup> | 10.20±0.60 <sup>a</sup> |
| 处理方式 | 维生素 C/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 粗蛋白含量/<br>%             | 可溶性总糖/<br>%             |
| NR   | 219.00±6.00 <sup>a</sup>         | 1.98±0.13 <sup>a</sup>  | 0.73±0.10 <sup>a</sup>  |
| HNR  | 231.00±19.00 <sup>a</sup>        | 1.63±0.12 <sup>a</sup>  | 0.84±0.10 <sup>a</sup>  |
| HNRC | 225.00±13.00 <sup>a</sup>        | 1.66±0.20 <sup>a</sup>  | 0.94±0.10 <sup>a</sup>  |
| EN   | 235.50±0.50 <sup>a</sup>         | 1.95±0.03 <sup>a</sup>  | 0.75±0.20 <sup>a</sup>  |
| HEN  | 212.50±22.50 <sup>a</sup>        | 1.70±0.04 <sup>a</sup>  | 0.85±0.00 <sup>a</sup>  |
| HENC | 250.00±10.00 <sup>a</sup>        | 1.76±0.11 <sup>a</sup>  | 0.98±0.00 <sup>a</sup>  |

2.3 不同施肥处理土壤 pH 及养分状况

马铃薯采收时, 土壤 pH 在不同处理间分布在 4.6~5.4 之间, 均低于处理前土壤 pH, 表现出随着化肥用量减少土壤酸化程度降低和添加炭后土壤 pH 增加的趋势(表 4). 土壤有机质质量分数分布在

53.0~82.6 g·kg<sup>-1</sup> 之间, 均高于处理前土壤有机质含量, 其中 HNR 和 HNRC 处理高于 NR 处理, HEN 和 HENC 处理高于 EN 处理(表 4). HNR 和 HNRC 处理比 NR 处理每公顷多施了 10 500 kg 商品有机肥, HEN 和 HENC 处理比 EN 处理每公顷多施了 6 750 kg 商品有机肥(表 1). 土壤碱解氮质量分数分布在 292~383 mg·kg<sup>-1</sup> 之间, 在不同处理间无规律性分布(表 4). 有效磷质量分数分布在 35.4~118.0 mg·kg<sup>-1</sup> 之间, 不同处理由高到低的排列顺序为: EN>HEN>HENC>HNR>HNRC>NR, 在施用恩泰克肥料的处理中要比施用凯美瑞肥料的处理高(表 4), 而化肥磷的投入在 NR 处理中最高, 折合成 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的用量为 2.88 kg·hm<sup>-2</sup>, 其次为 EN 处理, 折纯量为 1.97 kg·hm<sup>-2</sup>, HNR、HNRC、HEN 和 HENC 处理均一致, 为 1.35 kg·hm<sup>-2</sup>(表 1). 采收时土壤中有效磷含量的差异可能与肥料在土壤中持久性差异有关. 土壤速效钾质量分数分布在 124~292 mg·kg<sup>-1</sup> 之间, 表现出恩泰克肥料处理速效钾含量普遍高于凯美瑞肥料处理(表 4). 从化肥的投入看, 恩泰克处理折纯后钾的用量也比凯美瑞处理要高(表 1).

表 4 采收时不同处理土壤 pH 及养分状况

| 处理<br>方式 | pH  | 有机质/<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | 碱解氮/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 有效磷/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) | 速效钾/<br>(mg·kg <sup>-1</sup> ) |
|----------|-----|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| NR       | 4.6 | 53.0                          | 292                            | 35.4                           | 144                            |
| HNR      | 4.8 | 56.9                          | 307                            | 56.4                           | 158                            |
| HNRC     | 5.2 | 56.0                          | 383                            | 44.7                           | 124                            |
| EN       | 5.1 | 55.6                          | 364                            | 118.0                          | 279                            |
| HEN      | 5.3 | 82.6                          | 363                            | 83.1                           | 232                            |
| HENC     | 5.4 | 81.6                          | 317                            | 75.5                           | 292                            |

3 结论与讨论

通过技术研究和推广, 为农民提供切实可行的生产技术是绿色食品产业健康发展的关键. 本试验中按照绿色食品生产要求, 降低无机氮素用量能够保证马铃薯不减产. 农户选用 17-17-17 凯美瑞复合肥(NR 处理)做底肥, 尿素做追肥, 一方面所提供的氮、磷、钾元素与马铃薯的需肥特征不一致, 一般 1 000 kg 马铃薯需 N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O 的量分别为 3.0~6.0 kg, 0.5~2.5 kg, 2.0~12.0 kg<sup>[13]</sup>, 对钾的吸收量最多, 氮肥次之, 磷肥最少<sup>[14]</sup>, 而 NR 处理

提供了大量的氮元素, 较少的钾元素; 另一方面可能与所选用的化肥活性高, 损失途径多, 在马铃薯需肥量最大的结薯初期肥力不足有关<sup>[14]</sup>。恩泰克复合肥是由德国巴斯夫研发生产的加入硝化抑制剂(DMPP)的肥料, 因其缓释作用, 能够实现一次施用满足马铃薯整个生育期的需求<sup>[15]</sup>, 同时, 其所提供的氮主要为铵态氮<sup>[16]</sup>, 满足了马铃薯喜好铵态氮的特点<sup>[17]</sup>, 从而达到增产作用。

EN、HEN、HENC 处理与 NR、HNR、HNRC 处理相比, 采收时土壤中有效磷和速效钾的含量均更高(表 4), 将产量与采收时土壤养分做相关性分析也发现其只与土壤有效磷含量呈显著( $P<0.05$ )正相关。施用恩泰克肥料的处理土壤中速效钾含量较高可能与化肥中钾元素供应较高有关, 但磷元素在 EN、HEN 和 HENC 处理中并不高于 NR、HNR、HNRC 处理, 采收时土壤中有效磷含量较高可能还是与恩泰克肥料特性有关。磷在土壤中的移动性较差, 普通肥料中的磷极易被土壤固定<sup>[18]</sup>, 恩泰克肥料生产工艺采用硝酸溶解磷矿石方法生产, 肥料中的磷 65%以上水溶, 进而增加了有效磷的含量。张静等<sup>[19]</sup>研究发现适量的磷肥可以增加马铃薯单株的结薯数。胡助力等<sup>[20]</sup>、李章田等<sup>[21]</sup>研究表明, 磷肥可增加马铃薯大、中薯产量。邢海峰等<sup>[18]</sup>也提出保证关键时期马铃薯以较大比例持续吸收磷素是获得高产的基础。

稻壳炭是常见生物炭的一种, 生物炭施用在土壤中可提高土壤肥力特别是增加土壤钾元素含量<sup>[22]</sup>, 具有增强土壤保水能力<sup>[23]</sup>, 改良酸性土壤<sup>[24]</sup>等一系列作用。本试验中, 无论是施用凯美瑞复合肥还是施用恩泰克复合肥, 添加生物炭后均增加了马铃薯的总产量和一级薯产量。刘志华等<sup>[25]</sup>研究发现高量生物炭显著增加土壤 pH 和有机碳含量, 降低土壤容重, 增加土壤总孔隙度, 降低土壤速效氮、速效磷和速效钾含量, 改善马铃薯块茎形成期土壤物理性状, 影响速效养分含量。张国辉等<sup>[26]</sup>研究发现, 在宁南山区半干旱气候类型施用生物炭后, 马铃薯产量增加 49.04%。

绿色食品生产中化肥的减量控施需要改变农民传统的用肥习惯。化肥减量所需的养分补给可通过增施有机肥, 改用高品质化肥等方式实现, 从而达到农业的可持续性发展。本试验中既符合绿

色食品生产标准, 又不影响马铃薯产量和品质的最佳施肥方式为 HENC 处理, 即以高钾恩泰克复合肥  $630 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、高氮恩泰克复合肥  $225 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、商品有机肥  $10\ 500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和稻壳炭  $6\ 000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  作为基肥撒施, 商品有机肥  $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、菜籽饼  $375 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和炭  $1\ 500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  作为基肥条施, 覆膜前追施高氮恩泰克复合肥  $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

#### 参考文献:

- [1] 杨致媛. 农业供给侧改革背景下绿色生产方式的作用和意义[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(14):211-215.
- [2] 王运浩. 中国绿色食品发展现状与发展战略[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(3):8-13.
- [3] 秦俊梅, 陆欣. 无公害食品、绿色食品、有机食品生产基地肥料使用现状及展望[J]. 山西农业科学, 2011, 39(11):1188-1191; 1219.
- [4] 杨帆, 孟远夺, 姜义, 等. 2013 年我国种植业化肥施用状况分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1):217-225.
- [5] 赵秉强. 传统化肥增效改性提升产品性能与功能[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(1):1-7.
- [6] 朱聪. 我国马铃薯生产发展历程及现状研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(27):11121-11123.
- [7] 朱春来, 李凤桐, 杨文辉. 青海省东部马铃薯养分管理技术调查[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(12):3002-3003.
- [8] 薛逸, 王安洪. 凤冈县马铃薯作物肥料使用情况调查报告[J]. 农技服务, 2016, 33(5):153.
- [9] 王亚艺. 青海省半干旱区马铃薯施肥调查分析[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(5):286-291.
- [10] 张荣. 马铃薯干物质积累及氮、磷、钾元素的需肥规律研究[J]. 广东农业科学, 2012, 39(17):55-59.
- [11] 史常亮, 郭焱, 朱俊峰. 中国粮食生产中化肥过量施用评价及影响因素研究[J]. 农业现代化研究, 2016, 37(4):671-679.
- [12] 乔新法, 夏景云, 张芳英. 实施化肥减量行动计划, 确保农产品质量安全[J]. 中国食物与营养, 2005, 11(9):19-20.
- [13] 高媛, 韦艳萍, 樊明寿. 马铃薯的养分需求[J]. 中国马铃薯, 2011, 25(3):182-187.
- [14] 徐强. 浅析马铃薯需肥特性及其测土配方施肥技术[J]. 新农村(黑龙江), 2014(22):135.
- [15] 肖焱波. 稳定性长效复合肥恩泰克对马铃薯产量的影响[J]. 土壤肥料科学, 2008, 24(2):246-249.
- [16] Pasda G, Haehndel R, Zerulla W. Effect of fertilizers with new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and

- horticultural crops[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2001, 34(2):85-97.
- [17] 马建华, 樊明寿, 田东海. 双氰胺对马铃薯农田土壤铵态氮、硝态氮转化的影响[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(2):149-151.
- [18] 邢海峰, 石晓华, 杨海鹰, 等. 磷肥分次滴灌施用提高马铃薯群体磷素吸收及磷利用率的作用[J]. *植物营养与肥料学报*, 2015, 21(4):987-992.
- [19] 张静, 蒙美莲, 王颖慧, 等. 氮磷钾肥施用量对马铃薯产量及品质的影响[J]. *作物杂志*, 2012(4):124-127.
- [20] 胡助力, 郭志平. 马铃薯 Mira 高产施肥措施的研究[J]. *江西师范大学学报(自然科学版)*, 2006, 30(4):396-398.
- [21] 李章田, 陈际才, 罗有卫. 不同磷肥施用量对马铃薯“合作 88”生长及产量的影响[J]. *云南农业科技*, 2012(6):6-8.
- [22] 黄德荣, 衡茂德, 倪洪章, 等. 使用生物炭对土壤和作物的影响[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(2):130-132.
- [23] 高海英, 何绪生, 耿增超, 等. 生物炭及炭基氮肥对土壤持水性能影响的研究[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(24):207-213.
- [24] 张千丰, 王光华. 生物炭理化性质对土壤改良效果的研究进展[J]. *土壤与作物*, 2012(12):219-226.
- [25] 刘志华, 李晓梅, 盖兆雪, 等. 生物黑炭对马铃薯块茎形成期根际物理性状及速效养分的影响[J]. *中国马铃薯*, 2014, 28(3):159-165.
- [26] 张国辉, 张新学, 郭鑫年, 等. 生物炭对宁南山区马铃薯土壤理化性状及水分运移的影响[J]. *贵州农业科学*, 2016, 44(11):73-76.

## Effect of nitrogen fertilizer reduction on yield and quality of potato based on Green Food standard

WU Yu-ping<sup>1</sup>, SUN Hui<sup>1</sup>, SUN Xin<sup>2</sup>, MA Yong-jun<sup>1</sup>, LIAN Ying<sup>1</sup>, HU Ya-hua<sup>1</sup>, FAN Hai-jun<sup>3</sup>, WU Jiang-xing<sup>4</sup>

( 1.Ningbo Agricultural Food Safety Management Station, Ningbo 315012, China;

2.Chunhu Town Agricultural Public Service Center of Fenghua, Ningbo 315506, China;

3.Fanshi Agriculture Farm of Fenghua, Ningbo 315500, China;

4.Ningbo General Plant Management Station, Ningbo 315012, China )

**Abstract:** In order to meet the demand of Green Food production, the *Netherlands potato* No.7 was used to detect the effect of nitrogen fertilizer reduction on yield and quality of potato. Six treatments including NR, HNR, HNRC, EN, HEN, HENC were introduced in the current study. NR group used the chemical fertilizer, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O of 17-17-17 that the farmer was previously used. EN group used Entec fertilizer produced by Eurochem. In H group, the N concentration was reduced to 50% of the NR group. C group used the same treatment as NR group, except for the additional biochar. The results showed that EN group produced the highest total yield of potato, yield of first and second class potato. There were no significant differences of nitrate, dry matter, starch, Vitamin C, crude protein and soluble total sugar among all tested groups. The reduced amount of chemical fertilizer was found to be associated with decreased content of nitrate, crude protein and increased concentration of soluble total sugar. Taking the requirements of Green Food standard and yield and quality of potato into account, HENC is suggested to be the best fertilization mode for Green Food potato production.

**Key words:** Green Food; fertilizer reduction; yield; quality

(责任编辑 韩 超)