

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)04-0341-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.04.008

土壤肥料

## 高垄滴灌马铃薯减肥增效生产技术试验

王 真, 王玉凤, 林团荣, 王 伟, 张志成, 范龙秋, 韩素娥, 韩万军, 焦欣磊, 尹玉和\*

( 乌兰察布市农牧业科学研究院, 内蒙古 乌兰察布 012000 )

**摘要:** 马铃薯高垄滴灌水肥一体化生产中增施生物有机肥、中微量元素肥料可提高马铃薯产量和品质。为获得最佳的马铃薯减肥增效生产技术, 综合考虑复合肥、生物有机肥、中微量元素肥料的使用数量及使用时期等因素, 共设置5个处理: 处理1(复合肥1 500 kg/hm<sup>2</sup> + 硝酸钙镁225 kg/hm<sup>2</sup>)、处理2(复合肥1 200 kg/hm<sup>2</sup> + 生物有机肥1 500 kg/hm<sup>2</sup> + 硝酸钙镁180 kg/hm<sup>2</sup>)、处理3(复合肥900 kg/hm<sup>2</sup> + 生物有机肥2 250 kg/hm<sup>2</sup> + 硝酸钙镁135 kg/hm<sup>2</sup>)、处理4(复合肥900 kg/hm<sup>2</sup> + 生物有机肥3 000 kg/hm<sup>2</sup> + 硝酸钙镁90 kg/hm<sup>2</sup>)、处理5为对照(复合肥1 800 kg/hm<sup>2</sup> + 生物有机肥1 200 kg/hm<sup>2</sup> + 硝酸钙镁150 kg/hm<sup>2</sup>)。每个处理面积667 m<sup>2</sup>, 大区试验, 不设重复, 测定株高、单株结薯数、产量、商品薯率、块茎品质等指标。结果表明, 处理2是合理减肥条件下最高效的绿色生产技术方案。另外, 施用生物有机肥料较未施用生物有机肥料处理, 蛋白质含量平均提高12.7%; 当生物有机肥料施用量增加至2 250~3 000 kg/hm<sup>2</sup>时, 马铃薯单株结薯数较未施用生物有机肥料的处理平均增加1.16个; 当复合肥施用量大幅减少时, 即使增施生物有机肥料(处理4), 马铃薯的产量和商品薯率也会显著降低; 当追肥施用N较多时, 会导致马铃薯淀粉含量下降, 处理1、2、3较处理4和处理5的淀粉含量平均减少0.79 g/100 g。

**关键词:** 马铃薯; 生物有机肥; 微肥; 产量

## Fertilizer Reduction and Efficiency Increase Techniques for Potato Production Under High Ridge and Drip Irrigation Cultivation Mode

WANG Zhen, WANG Yufeng, LIN Tuanrong, WANG Wei, ZHANG Zhicheng, FAN Longqiu,

HAN Sue, HAN Wanjun, JIAO Xinlei, YIN Yuhe\*

( Ulanqab Academy of Agriculture and Animal Husbandry, Ulanqab, Inner Mongolia 012000, China )

**Abstract:** In the integrated production of potato high-ridge and drip irrigation cultivation system, adding bio-organic fertilizer, fertilizers with medium or trace elements can improve the yields and qualities of potatoes. To obtain the optimal fertilization formulation, five treatments were set as followings in consideration of the amount and application period of compound fertilizer, bio-organic fertilizer, and fertilizers with medium or trace elements: treatment 1 (compound fertilizer 1 500 kg/ha + calcium magnesium nitrate 225 kg/ha); treatment 2 (compound fertilizer 1 200 kg/ha + bio-organic fertilizer 1 500 kg/ha + calcium magnesium nitrate 180 kg/ha); treatment 3 (compound fertilizer 900 kg/ha + bio-organic fertilizer 2 250 kg/ha + calcium magnesium nitrate 135 kg/ha); treatment 4 (compound fertilizer 900 kg/ha + bio-organic fertilizer 3 000 kg/ha + calcium magnesium nitrate 90 kg/ha), in treatments 1-4 micro fertilizer 30 L/ha + potassium sulfate

收稿日期: 2021-03-15

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系(CARS-09-ES05); 内蒙古自治区重大专项(ZDZX2018019)。

作者简介: 王真(1991-), 男, 助理研究员, 主要从事马铃薯栽培、病虫害防治工作。

\*通信作者(Corresponding author): 尹玉和, 研究员, 主要从事马铃薯育种、栽培工作, E-mail: wlcsyjh@163.com。

225 kg/ha were applied; and treatment 5, the control (compound fertilizer 1 800 kg/ha + bio-organic fertilizer 1 200 kg/ha + calcium magnesium nitrate 150 kg/ha). The area of each treated plot is 667 m<sup>2</sup>. Each treatment was performed in only one plot with no replications. The plant height, tuber number per plant, yield, marketable tuber percentage and tuber quality were determined in this study. The results showed that treatment 2 was the optimal formula compared to the other four treatments, which showed the highest fertilization efficiency. In addition, the protein content of potatoes were found 12.7% higher after the application of bio-organic fertilizer. When the application of bio organic fertilizer increased to 2 250-3 000 kg/ha, the tuber numbers of each plant increased by 1.16 on average compared to those in treatment without bio-organic fertilizer. Furthermore, the yield and marketable tuber percentage decreased significantly with large decrease in application of compound fertilizer, even if the bio-organic fertilizer application (treatment 4) increased. When N was applied in high amount during top dressing, potato starch content decreased, the starch contents of treatments 1, 2 and 3 being decreased on the average 0.79 g/100 g than that of treatments 4 and 5.

**Key Words:** potato; bio-organic fertilizer; micro fertilizer; yield

2019年内蒙古自治区马铃薯种植面积约30万hm<sup>2</sup>,其中马铃薯滴灌水肥一体化技术,推广面积近20万hm<sup>2</sup>,平均产量约45 t/hm<sup>2</sup>[1]。滴灌水肥一体化技术能够减少烂种率[2]、提高肥料利用率、减少水资源浪费[3,4]、便于管理、减少病虫害发生[5],但内蒙古自治区马铃薯滴灌水肥一体化生产总体上仍存在用水量偏大、化肥用量大且不能科学合理施用、环境友好型肥料推广覆盖面小等问题[6]。在马铃薯生产中增施生物有机肥、中微量元素肥料可提高马铃薯产量和品质[7-9]。本研究以规模化生产为参照,通过合理减施化肥,适量增施有机肥、微肥等手段,以期形成并推广适合内蒙古自治区西部马铃薯主产区的减肥增效生产技术,为内蒙古自治区马铃薯绿色生产提供更多的技术方案。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验田概况

乌兰察布市气候冷凉,日照充足,属中温带半干旱大陆性季风气候,海拔1 000~1 500 m,无霜期110 d左右;年平均风速2~6 m/s,空气干燥、洁净;全年日照时数2 850~3 250 h,年平均降水量150~450 mm,雨量集中在每年6~8月,降雨量占全年降雨量的70%左右,雨热同季[6]。

试验田设在乌兰察布市农牧业科学研究院平地泉镇试验基地。试验田前茬为休闲地,土壤类型为暗栗钙土,土壤质地为沙壤土,有机质含量1.7%,

全氮含量0.25%,速效磷含量5.5 mg/kg,速效钾含量128.0 mg/kg。

### 1.2 试验材料

#### 1.2.1 供试品种

试验品种为‘青薯9号’,种薯级别为原种。

#### 1.2.2 供试肥料

尿素(总N ≥ 46.4%),硝酸钙镁(Ca + Mg ≥ 10%,硝态N ≥ 13%,CaO ≥ 15%,MgO ≥ 6%),硫酸钾(K<sub>2</sub>O ≥ 52%,Cl ≤ 1.5%,S ≥ 17.5%),沃夫特有机菌肥(有效活菌数 ≥ 5.0亿/g),鲁西复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 12:18:15),金正大水溶性复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 15:5:25),乾龙圈大量元素水溶肥(N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O ≥ 500 g/L; Mn + Zn + B ≥ 2~30 g/L)。

### 1.3 试验设计

试验共设5个处理(处理5为CK),不设重复,小区面积667 m<sup>2</sup>,顺序排列。采用高垄滴灌栽培模式,行距90 cm,株距20 cm。播种密度55 500株/hm<sup>2</sup>。试验具体方案见表1。化肥底肥是普通复合肥,追肥是可溶性滴灌肥。底肥人工撒施,追肥随滴灌水施入,每个处理单独安装施肥器,分别施肥。每个处理正常拌种,田间防治早疫病、晚疫病、气生型茎腐病等病害药剂的使用,视实际情况而定。使用封闭除草剂除草。

### 1.4 测定项目

出苗率调查,马铃薯出苗后,按照“S”形取样法,每个处理取3点,每点取样面积为5.4 m<sup>2</sup>

表1 试验方案  
Table 1 Test scheme

施肥方式 Fertilizer application	处理1 Treatment 1	处理2 Treatment 2	处理3 Treatment 3	处理4 Treatment 4	处理5(CK) Treatment 5
底肥 Base fertilizer	鲁西复合肥 900 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 720 kg/hm <sup>2</sup> ; 沃夫特有机菌肥 1 500 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 540 kg/hm <sup>2</sup> ; 沃夫特有机菌肥 2 250 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 360 kg/hm <sup>2</sup> ; 沃夫特有机菌肥 3 000 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 1 200 kg/hm <sup>2</sup> ; 沃夫特有机菌肥 1 200 kg/hm <sup>2</sup>
追肥 Topdressing fertilizer	金正大水溶性复合肥 600 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别在 闷耕和齐苗,每次 300 kg/hm <sup>2</sup> ) 尿素 150 kg/hm <sup>2</sup> (2次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> ) 硝酸钙镁 225 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别为 90 kg/hm <sup>2</sup> 、 135 kg/hm <sup>2</sup> ) 乾龙圈大量元素水溶肥 30 L/hm <sup>2</sup> (2次,每次 15 L/hm <sup>2</sup> ) 硫酸钾 225 kg/hm <sup>2</sup> (3次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> )	金正大水溶性复合肥 480 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别在 闷耕和齐苗,每次 240 kg/hm <sup>2</sup> ) 尿素 150 kg/hm <sup>2</sup> (2次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> ) 硝酸钙镁 180 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别为 75 kg/hm <sup>2</sup> 、 105 kg/hm <sup>2</sup> ) 乾龙圈大量元素水溶肥 30 L/hm <sup>2</sup> (2次,每次 15 L/hm <sup>2</sup> ) 硫酸钾 225 kg/hm <sup>2</sup> (3次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> )	金正大水溶性复合肥 360 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别在 闷耕和齐苗,每次 180 kg/hm <sup>2</sup> ) 尿素 150 kg/hm <sup>2</sup> (2次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> ) 硝酸钙镁 135 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别为 60 kg/hm <sup>2</sup> 、 75 kg/hm <sup>2</sup> ) 乾龙圈大量元素水溶肥 30 L/hm <sup>2</sup> (2次,每次 15 L/hm <sup>2</sup> ) 硫酸钾 225 kg/hm <sup>2</sup> (3次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> )	金正大水溶性复合肥 240 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别在 闷耕和齐苗,每次 120 kg/hm <sup>2</sup> ) 尿素 150 kg/hm <sup>2</sup> (2次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> ) 硝酸钙镁 90 kg/hm <sup>2</sup> (2次,分别为 37.5 kg/hm <sup>2</sup> 、 52.5 kg/hm <sup>2</sup> ) 乾龙圈大量元素水溶肥 30 L/hm <sup>2</sup> (2次,每次 15 L/hm <sup>2</sup> ) 硫酸钾 225 kg/hm <sup>2</sup> (3次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> )	鲁西复合肥 600 kg/hm <sup>2</sup> (闷耕前人工撒施) 尿素 150 kg/hm <sup>2</sup> (2次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> ) 硝酸钙镁 150 kg/hm <sup>2</sup> (2次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> ) 乾龙圈大量元素水溶肥 30 L/hm <sup>2</sup> (2次,每次 15 L/hm <sup>2</sup> ) 硫酸钾 225 kg/hm <sup>2</sup> (3次,每次 75 kg/hm <sup>2</sup> )

(0.9 m × 6 m), 记录实际出苗时间、出苗率。在马铃薯生长期, 调查株高、主茎数。

测产按照“S”形取样法进行, 每个处理取3点, 面积为5.4 m<sup>2</sup>(0.9 m × 6 m), 记录产量, 调查大薯重(重量 ≥ 150 g)、大薯数、小薯重(重量 < 150 g)、小薯数、单株结薯数、平均单株薯重。

品质测定: 收获时, 按照“S”形取样法, 每个处理取3点, 面积为5.4 m<sup>2</sup>(0.9 m × 6 m)每点随机拾取10个块茎。委托国家食品机械质量监督检验中心对马铃薯试验样品蛋白质、淀粉、干物质、维生素C、还原糖的含量进行测定。

### 1.5 数据处理

使用Excel 2016对试验相关数据进行录入、整理。试验数据用IBM SPSS Statistics 20.0统计软件进行方差分析(Tukey's-b,  $P < 0.05$ )。

### 1.6 试验方法

具体试验方法及施肥用药情况见表2、表3。

### 1.7 试验期间气象数据

试验期间具体气象数据见表4。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同肥料处理对马铃薯出苗时间及出苗率的影响

当试验田出苗80%以上时, 即为出苗, 记录出苗时间。由表5可知, 处理1~5的出苗时间均为2020年6月9日, 出苗率均在85%以上, 表明不同的施肥处理没有提前或者延后马铃薯的出苗时间, 没有对马铃薯的出苗率造成不利影响。处理3、处理4生物有机肥施用量较大, 出苗率也较高, 但方差分析结果显示, 各处理间出苗率并没有显著差异。未来可在处理4的基础上, 进一步优化生物有机肥的施用量, 结合滴灌, 在苗期增加生物菌剂的使用, 增加对马铃薯生育期间及收获后的土壤理化性质的测定, 以更深层的研究生物有机肥对马铃薯出苗率的影响机理。

### 2.2 不同肥料处理对马铃薯经济性状及产量的影响

由表6可知, 试验中不同施肥处理对马铃薯主茎数、株高没有显著影响。处理2大薯数显著高于处理5(CK), 处理1与CK大薯数间差异不显著。处

表2 各处理不同肥料用量及施用时间

Table 2 Treatments of different fertilizer dosage and application time

日期(D/M) Date	施肥方式 Fertilizer application	处理1 Treatment 1	处理2 Treatment 2	处理3 Treatment 3	处理4 Treatment 4	处理5(CK) Treatment 5
01/05	撒施	鲁西复合肥 900 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 720 kg/hm <sup>2</sup> , 沃夫特有机菌肥 1 500 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 540 kg/hm <sup>2</sup> , 沃夫特有机菌肥 2 250 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 360 kg/hm <sup>2</sup> , 沃夫特有机菌肥 3 000 kg/hm <sup>2</sup>	鲁西复合肥 1 200 kg/hm <sup>2</sup> , 沃夫特有机菌肥 1 200 kg/hm <sup>2</sup>
28/05	撒施					鲁西复合肥 600 kg/hm <sup>2</sup>
17/06	滴灌	金正大水溶性复合肥 300 kg/hm <sup>2</sup>	金正大水溶性复合肥 240 kg/hm <sup>2</sup>	金正大水溶性复合肥 180 kg/hm <sup>2</sup>	金正大水溶性复合肥 120 kg/hm <sup>2</sup>	尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>
23/06	滴灌	金正大水溶性复合肥 300 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	金正大水溶性复合肥 240 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	金正大水溶性复合肥 180 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	金正大水溶性复合肥 120 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>
06/07	滴灌	硝酸钙镁 90 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 75 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 60 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 37.5 kg/hm <sup>2</sup> , 尿素 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 75 kg/hm <sup>2</sup>
13/07	滴灌	硝酸钙镁 135 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 105 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 52.5 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>
20/07	滴灌	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钙镁 75 kg/hm <sup>2</sup>
05/08	滴灌	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	乾龙圈大量元素水溶 肥 15 L/hm <sup>2</sup> , 硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>
14/08	滴灌	硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	硫酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>	硝酸钾 75 kg/hm <sup>2</sup>

表3 试验用药管理

Table 3 Administration of trial fertilization

日期(D/M) Date	用药方式 Application method	处理1~5 Treatment 1-5
28/04	拌种	72%农用硫酸链霉素 400 g, 22.4%氟唑菌苯胺 3 L, 兑水至 12 L, 拌种 2 t
02/05	沟喷	25%啞菌酯 1.2 L/hm <sup>2</sup>
03/06	打药机喷施	除草剂 45%二甲戊灵 3 L/hm <sup>2</sup>
08/07	打药机喷施	3%噁霉酮 750 g/hm <sup>2</sup> + 72%霜脲·锰锌 1.8 kg/hm <sup>2</sup> + 70%吡虫啉 75 g/hm <sup>2</sup>
15/07	打药机喷施	60%唑醚·代森联 900 mL/hm <sup>2</sup> , 300 g/L 苯甲·丙环唑 600 mL/hm <sup>2</sup>
23/07	打药机喷施	3%噁霉酮 750 g/hm <sup>2</sup> + 22%氟啶虫胺脒 150 g/hm <sup>2</sup> + 500 g/L 氟啶胺 600 mL/hm <sup>2</sup>
30/07	打药机喷施	72%农用硫酸链霉素 450 g/hm <sup>2</sup> + 23.4%双炔酰菌胺 600 mL/hm <sup>2</sup>

表4 2020年乌兰察布地区气象数据  
Table 4 Meteorological data of Ulanqab in 2020

项目 Item	5月	6月	7月	8月	9月
平均最高温度(°C) Average maximum temperature	21.1	26.4	25.3	24.7	19.4
平均最低温度(°C) Average minimum temperature	7.3	12.2	14.3	13.3	6.6
平均温度(°C) Average temperature	14.2	19.4	19.6	18.7	12.7
降雨天数(d) Raining day	5	11	16	11	6
降雨量(mm) Rainfall	15.9	56.2	119.2	61.6	9.7
初霜时间 First frost time	2020年9月17日				
终霜时间 Final frost time	2020年5月13日				

表5 不同处理的马铃薯出苗时间及出苗率  
Table 5 Emergence time and rates of potato under different treatments

处理 Treatment	出苗时间(D/M) Emergence time	出苗率(%) Emergence rate
1	09/06	87 a
2	09/06	87 a
3	09/06	91 a
4	09/06	89 a
5(CK)	09/06	87 a

注: 不同小写字母表示处理间在0.05水平上差异显著。采用Tukey法进行多重比较。下同。

Note: Treatment means with the same lowercase letter indicate no significant difference at 0.05 level. Tukey test is used for multiple comparisons. The same below.

表6 不同处理的马铃薯经济性状  
Table 6 Economic characters of potato under different treatments

处理 Treatment (No.)	测产株数 Plant measured	单株主茎数 Main stem number	株高(cm) Plant height	大薯(≥150 g) Large tuber number (≥ 150 g)	大薯(≥150 g) 重(kg) Large tuber weight (≥ 150 g)	小薯(<150 g) 数(No.) Small tuber number (< 150 g)	小薯(<150 g) 重(kg) Small tuber weight (< 150 g)	单株结薯数 Tuber number	平均单株薯重 (kg) Tuber yield per plant
1	24.7	2.3 a	107.0 a	99.2 ab	22.81 b	92.7 d	7.23 bc	7.77 b	0.157
2	24.0	3.0 a	97.0 a	107.0 a	25.69 a	88.6 d	6.47 c	8.15 b	0.164
3	24.7	2.3 a	99.0 a	84.4 cd	17.73 d	135.9 b	10.19 a	8.92 a	0.127
4	24.7	2.7 a	106.3 a	77.7 d	15.93 d	143.0 a	9.87 a	8.94 a	0.117
5(CK)	24.0	2.3 a	108.7 a	92.0 bc	21.17 c	112.3 c	8.87 ab	8.51 a	0.147

理3和处理4的大薯数显著低于处理1和处理2, 其中处理4复合肥施用量最少, 其大薯数也最少且显著低于对照的大薯数, 说明大量减施复合肥, 降低了马铃薯的大薯数。处理1、2大薯重显著高于处理5(CK), 处理3、4大薯重显著低于处理5(CK)及其他处理。就试验数据来看, 大薯重与大薯数呈现正相关。处理1的大薯数与对照相比, 无显著差异, 但其重量却显著高于对照, 表明处理1的大薯单薯平均重量高于对照的大薯平均重量。

处理1、2小薯数显著低于处理5(CK)。处理3、4小薯数显著高于处理5(CK)。处理1、2之间, 小薯数没有显著差异。处理4小薯数显著高于其他处理。可见, 大量减施复合肥, 在减少大薯数的同时, 小薯数有所增加。处理2小薯重显著低于处理5(CK)。处理1、3、4小薯重与处理5(CK)相比, 差异不显著。结合小薯数结果分析可知, 处理1小薯平均单数重高于处理5(CK), 处理3、4的小薯平均单数重低于处理5(CK)。

处理1、2单株结薯数显著低于处理3、4、5

(CK)。其中处理1未施生物有机肥, 处理2底施1 500 kg/hm<sup>2</sup>生物有机肥, 处理5底施1 200 kg/hm<sup>2</sup>生物有机肥, 处理3和处理4分别底施生物有机肥2 250和3 000 kg/hm<sup>2</sup>。当生物有机肥施用量增加至2 250~3 000 kg/hm<sup>2</sup>时, 马铃薯单株结薯数较未施用生物有机肥的处理平均增加1.16个。初步认为, 生物有机肥的施用提高至2 250 kg/hm<sup>2</sup>以上时, 可增加马铃薯的结薯数量。

由表7可知, 处理4的产量显著低于处理2和处理5(CK), 较对照减产7 819 kg/hm<sup>2</sup>。处理1和处理2的商品薯率显著高于对照, 处理3、4的商品薯率显著低于对照。处理1和处理2的商品薯率高与其结薯数相对较低有直接关系。结合表6结果分析可知, 大量减施复合肥(处理3、处理4), 不但降低了马铃薯的大薯数量, 商品薯率也显著下降。另外, 处理3、4商品薯率的下降可能与其结薯数量增加有一定的关系, 下一步可在处理3、处理4的基础上, 适当增加复合肥的施用量, 以期探讨结薯数增加后, 相同种植密度下, 增施复合肥对产量及商品薯率的影响。

表7 不同处理的马铃薯产量及商品薯率

Table 7 Tuber yield and marketable tuber percentage of potato under different treatments

处理 Treatment	测产重量(kg/5.4m <sup>2</sup> ) Yield	折合产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Equivalent yield (kg/ha)	商品薯率(%) Marketable tuber percentage
1	30.05	55 676 ab	75.9 a
2	32.17	59 604 a	80.0 a
3	27.91	51 711 bc	63.6 c
4	25.81	47 820 c	61.7 c
5(CK)	30.03	55 639 ab	70.5 b

也可在处理3的基础上, 适当降低‘青薯9号’的种植密度, 探究在减肥的同时, 增施生物有机肥, 合理密植是否会提高马铃薯的产量及商品薯率。

### 2.3 不同肥料处理对马铃薯品质的影响

由表8可知, 处理4的蛋白质含量显著高于对照, 处理1的蛋白质含量显著低于处理5(CK)。施用生物有机肥较未施用生物有机肥的处理, 蛋白质含

量平均提高12.7%。处理1、2、3的淀粉含量显著低于对照, 处理4的淀粉含量与对照无显著差异。处理1、2、3较处理4和处理5的淀粉含量平均减少0.79 g/100 g。各处理的维生素C含量均显著高于对照, 处理3的维生素C含量最高, 达28.1 mg/100 g。各处理间维生素C含量差异显著, 具体原因不详, 可在后续试验中, 设定单一变量用于探究维

表8 不同处理的马铃薯品质检测结果  
Table 8 Qualities of potato under different treatments

处理 Treatment	蛋白质(g/100 g) Protein	淀粉(g/100 g) Starch	维生素C(mg/100 g) Vitamin C	还原糖(g/100 g) Reducing sugar
1	1.34 d	18.45 b	22.1 d	0.17 a
2	1.52 b	18.33 b	25.5 b	0.17 a
3	1.43 c	18.45 b	28.1 a	0.13 a
4	1.62 a	19.11 a	24.4 c	0.10 a
5(CK)	1.48 bc	19.29 a	17.4 e	0.13 a

生素C含量改变的原因。各处理间还原糖的含量无显著差异。

### 3 讨论

综合各方面指标分析可知, 处理2是合理减肥条件下最高效的绿色生产技术方案。本试验中, 不同的肥料处理对‘青薯9号’的出苗时间、出苗率、主茎数、株高等指标没有造成影响。乾龙圈大量元素水溶肥(N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O ≥ 500 g/L; Mn + Zn + B ≥ 2~30 g/L)的使用, 对马铃薯产量及品质并未造成显著影响。处理4生物有机肥施用量最大, 复合肥施用量最少, 产量和商品薯率均显著低于处理1、2和处理5(CK)。处理1、2的单株结薯数量显著低于其他处理, 但商品薯率显著高于其他处理。由此可知, 适量增加生物有机肥的施用量可增加‘青薯9号’的结薯数量; 马铃薯块茎中蛋白质和淀粉的含量均有所提升; 维生素C含量没有明显的规律可循。但当普通复合肥施用量大幅减少时, 马铃薯的产量和商品率均出现不同程度的降低。

生物有机肥可改善土壤的理化性质, 从而影响马铃薯的出苗率<sup>[10]</sup>。张萌等<sup>[11]</sup>研究表明, 加施生物有机肥1 800 kg/hm<sup>2</sup>, 可提高马铃薯出苗率。本试验中处理3和处理4的生物有机肥施用量都大于1 800 kg/hm<sup>2</sup>, 但出苗率与不施生物有机肥没有显著差异。可能是本试验使用的生物有机肥与张萌等<sup>[11]</sup>施用的生物有机肥种类不同。

马铃薯是一种喜肥作物, 其产量的形成与根系土壤中的养分关系密切<sup>[12]</sup>。本试验中, 当肥料施用量降低至复合肥900 kg/hm<sup>2</sup>及以下时, 即使增施生物有机肥2 250~3 000 kg/hm<sup>2</sup>, 马铃薯的产量及商品薯率都显著低于其他处理。虽然马铃薯专用肥配施生物有机肥可在减肥的基础上进一步增加马铃薯产量, 提高肥料利用率<sup>[13]</sup>, 但在减肥的同时, 施肥量一定要满足马铃薯生长所需要养分量才能保证马铃薯的产量和商品薯率<sup>[14]</sup>。

方玉川等<sup>[15]</sup>研究表明, 在正常施肥的基础上, 增施生物有机肥可增加单株结薯个数, 但商品薯率降低。本试验中, 当生物有机肥施用量达2 250~3 000 kg/hm<sup>2</sup>时(处理3、4), 马铃薯块茎商品薯率显著低于其他处理。处理3和处理4马铃薯的单株结薯数显著高于不施生物有机肥的处理1, 但是处理2的生物有机肥施用量大于处理5, 可是结薯数却显著低于处理3、4和5, 与处理1无显著差异。可见只有生物有机肥施用量达到一定数量时才会对马铃薯结薯数产生影响。处理1的蛋白质含量显著低于其他处理, 增施生物有机肥显著增加了马铃薯块茎蛋白质含量, 这与孙小娟<sup>[16]</sup>的研究结果一致。

罗兴录等<sup>[17]</sup>认为, 生物有机肥具有促进木薯块茎生长和淀粉积累的效应, 本试验中, 马铃薯块茎淀粉含量与生物有机肥的施用量无显著相关性, 但与追施金正大水溶性复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 15:5:25)的数量有关。处理1、2和3在马铃薯生育前期, 追

施水溶肥和尿素, 导致N施入过量, 延长了马铃薯营养生长的时期, 植株同化物未能及时传输至块茎, 收获时块茎未达到生理成熟, 导致淀粉积累不够。穆俊祥等<sup>[18]</sup>的研究也表明, 当氮肥施用超过一定数量时, 马铃薯块茎中的淀粉含量会降低。另外, 处理1、2和3 N施入量大, 并未造成株高的差异, 这与王臣等<sup>[19]</sup>的研究结果相同。

可见, 适量增加有机肥的施用量, 减少底肥投入, 适当施入微肥, 通过少量多次和均衡施肥, 在一定程度上可提高马铃薯的产量、商品薯率及品质。但大幅减少化肥的用量, 一味的增加生物有机肥, 可能会导致马铃薯减产, 商品薯率下降。

未来可以在处理2的基础上, 进一步优化追肥的数量、种类及时期, 增加微量元素的种类, 以获得更好的水肥管理技术, 在保证产量的前提下, 提高商品薯率, 增加经济效益。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李志平, 郭景山. 2019年内蒙古马铃薯产业现状、存在问题及发展建议 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与美丽乡村. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2020.
- [2] 梁希森, 梁召坤, 孔海明. 马铃薯水肥一体化栽培技术 [J]. 现代农业科技, 2020(3): 116.
- [3] 赵吉红. 水肥一体化技术应用中存在的问题及解决对策 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [4] 王彦, 王国强, 刘娜, 等. 温室专用水肥药一体化滴灌技术 [J]. 湖北农业科学, 2018, 57(5): 41-42, 102.
- [5] 徐学谱. 浅谈马铃薯水肥一体化栽培技术 [J]. 农村经济与科技, 2019, 30(10): 33.
- [6] 今芝, 胡卫静, 梁宏, 等. 乌兰察布市马铃薯施肥现状研究 [J]. 北方农业学报, 2019, 47(1): 57-62.
- [7] 岳超, 王怀义, 滕松, 等. 马铃薯施用缓控释肥、生物有机肥肥效试验 [J]. 中国马铃薯, 2017, 31(6): 341-345.
- [8] 杨子芬, 郭华春, 杨晓利, 等. 大理市秋马铃薯生物有机肥替代化肥试验及效益分析 [J]. 农业科技通讯, 2020(7): 146-149.
- [9] 郝智勇. 中微量元素在马铃薯生产上的应用 [J]. 中国马铃薯, 2017, 31(5): 307-311.
- [10] 翁锦周, 何炎森. 生物有机肥对甘蔗产量及土壤的影响 [J]. 亚热带农业研究, 2005(3): 13-15.
- [11] 张萌, 苟久兰, 魏全全, 等. 不同生物有机肥对贵州高海拔春马铃薯生长及土壤肥力的影响 [J]. 作物杂志, 2019(3): 132-136.
- [12] 柳玲玲, 苟久兰, 何佳芳, 等. 生物有机肥对连作马铃薯及土壤生化性状的影响 [J]. 土壤, 2017, 49(4): 706-711.
- [13] 梁玲玲, 周霞, 李志强, 等. 不同减肥技术对马铃薯养分高效利用的影响 [J]. 中国马铃薯, 2020, 34(3): 150-157.
- [14] 李瑞, 樊明寿, 郑海春, 等. 基于产量水平的内蒙古阴山地区马铃薯施肥评价 [J]. 中国土壤与肥料, 2020(6): 181-188.
- [15] 方玉川, 吕军, 张圆, 等. 生物有机肥对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 中国瓜菜, 2019, 32(9): 50-53.
- [16] 孙小娟. 农牧交错区化肥减量施用对马铃薯产量、品质和耐贮藏性的影响 [J]. 保鲜与加工, 2019, 19(2): 41-45.
- [17] 罗兴录, 岑忠用, 谢和霞, 等. 生物有机肥对土壤理化、生物性状和木薯生长的影响 [J]. 西北农业学报, 2008, 17(1): 167-173.
- [18] 穆俊祥, 曹兴明, 弓建国, 等. 氮磷钾和有机肥配合施用对马铃薯淀粉含量和产量的影响 [J]. 土壤, 2009, 41(5): 844-848.
- [19] 王臣, 尹娟, 赵彦波, 等. 水氮调控对宁夏旱区马铃薯株高、叶绿素和产量的影响 [J]. 节水灌溉, 2020(5): 49-55, 61.