

中图分类号: S532; S143 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2023)04-0320-09
DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2023.04.003

土壤肥料

追肥对马铃薯农艺性状、产量及品质的影响

张成龙^{1,2}, 谢雪莹^{1,2}, 张丽莉^{1,2}, 石 瑛^{1,2*}

(1. 东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030;

2. 寒地粮食作物种质创新与生理生态教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 黑龙江省是中国马铃薯生产优势区域, 但生产管理较为粗放, 马铃薯产业发展迫切需要围绕优良新品种配套的高效栽培技术, 以提高马铃薯单产和质量。马铃薯对不同种类养分需求时间和吸收量均存在差异。试验以近年来自主选育的2个马铃薯新品种‘东农312’和‘东农321’为对象, 采用单因素随机区组试验设计, 设置5个肥料处理(CK = 常规追肥、C1 = 减氮追肥、C2 = 腐植酸、C3 = 有机质和C4 = 微量元素Zn、Mn), 比较各品种在不同追肥处理下的植株生长、产量及品质情况, 确定适宜的追肥方案, 为新品种推广及扩大应用提供基础数据和种植指导。‘东农312’在追肥C3处理(有机质)下株高、SPAD值和淀粉含量有提升, 产量为54 748 kg/hm², 较CK增产3.43%; ‘东农321’在C1处理(减氮追肥)下产量、商品薯产量和维生素C含量均有提升, 但还原糖含量显著降低。此外, ‘东农321’在初花期C1处理(减氮追肥)下株高、茎粗和冠层覆盖度与CK相比有显著增加, 产量为51 973 kg/hm², 较CK增产8.50%。综上所述, 追肥处理‘东农312’和‘东农321’分别建议采用追施含有机质叶面肥和减氮追肥。

关键词: 马铃薯; 追肥; 叶面肥; 产量; 品质

Effects of Topdressing on Agronomic Traits, Yield and Quality of Potato

ZHANG Chenglong^{1,2}, XIE Xueying^{1,2}, ZHANG Lili^{1,2}, SHI Ying^{1,2*}

(1. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China; 2. Key Laboratory of Germplasm Innovation and Physiology and Ecology of Food Crops in Cold Regions, Ministry of Education, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Heilongjiang Province is a big potato producer in China, but the level of production management is relatively low. Therefore, efficient cultivation techniques for excellent new varieties are urgently needed to improve the yield and quality of potato in the development of potato industry. Potatoes are different in their absorption periods and absorption rates of different types of fertilizers. In this experiment, the suitable topdressing scheme was to be determined for two new potato varieties, 'Dongnong 312' and 'Dongnong 321', recently developed in China, aiming at providing basic data and planting guidance for the promotion and application of the new varieties. Five topdressing fertilization treatments (CK = regular topdressing, C1 = nitrogen reduction topdressing, C2 = humic acid, C3 = organic matter, and C4 = trace elements, Zn and Mn) were set up in a randomized complete block design, and plant growth, yield and quality of each variety under different topdressing treatments were compared. The plant height, SPAD value

收稿日期: 2023-06-15

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-09)。

作者简介: 张成龙(1999-), 男, 硕士研究生, 从事马铃薯栽培技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 石瑛, 副研究员, 主要从事马铃薯遗传育种及栽培研究, E-mail: yshi@neau.edu.cn。

and starch content of 'Dongnong 312' were increased, and total tuber yield was 54 748 kg/ha under the treatment C3 (organic matter), which was increased by 3.43%, when compared with CK. The total tuber yield, marketable tuber yield and vitamin C content of 'Dongnong 321' were increased under the treatment C1 (nitrogen reduction topdressing), but the reducing sugar content was significantly reduced. In addition, the plant height, stem diameter and canopy coverage of 'Dongnong 321' were significantly increased compared with CK under the treatment C1 (nitrogen reducing topdressing) at the early flowering stage, and total tuber yield was 51 973 kg/ha, increasing by 8.50% compared with CK. In summary, organic matter-containing foliar fertilizer and nitrogen-reducing topdressing should be recommended to be applied for 'Dongnong 312' and 'Dongnong 321', respectively.

Key Words: potato; topdressing; foliar fertilizer; yield; quality

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是茄科(Solanaceae)茄属(*Solanum*)一年生草本植物, 又名洋芋、土豆、山药蛋。明朝万历年间马铃薯由欧洲传入中国, 至今已有400多年的栽培历史^[1]。2021年中国马铃薯播种面积为421.8万hm², 占全球的26.6%, 鲜薯总产量为7 823.7万t, 占世界的21.8%, 位居世界第一^[2]。肥料是提高土壤肥力、调节植株生长发育、提升作物产量和品质的重要物质基础。马铃薯对氮吸收较早, 对钾吸收较迟, 对磷吸收较慢、较少。充足的氮素可以使马铃薯茎叶繁茂、叶色深绿、叶面积系数增加、光合作用强度增强^[3,4], 块茎膨大期对氮的吸收达到最大值^[5]。因此, 利用中耕追肥栽培模式, 不仅能推动马铃薯植株生长和根系发育, 还能提高肥料利用率, 提高总产量与商品薯率^[6]。与常规根部施肥相比, 叶面施肥具有快速、高效、操作简单和减少施肥总量等优势^[7], 因而合理施用叶面肥对提高作物产量和品质具有重要意义。常见的叶面肥种类有腐植酸、有机质、

微量元素等^[8], 汤云川等^[9]研究追施水溶性生物腐植酸有机肥对马铃薯产量的影响, 结果表明, 在马铃薯现蕾期后, 连续喷施水溶性生物腐植酸有机肥能起到增产、增收的效果。胥亚玲等^[10]使用土施或结合叶面喷施微肥后玉米和大豆籽粒中硒、锌、铁含量明显增加, 大白菜^[11]、花生^[12]、甜菜^[13]等农产品的产量和品质也随着微量元素的喷施而得到显著提升。本试验对5种追肥处理进行比较, 为马铃薯追肥种类的选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2022年在东北农业大学向阳试验示范基地马铃薯试验地进行。向阳试验示范基地位于黑龙江省南部地区, 属于中温带大陆性季风气候, 昼夜温差大, 全年平均降水量569.1 mm, 降水主要集中在6~9月。土壤类型为淋溶黑钙土, 试验地前茬为大豆, 土壤肥力水平见表1。

表1 土壤肥力水平

Table 1 Soil fertility levels

pH	有机质(g/kg) Organic matter	全氮(g/kg) Total nitrogen	全磷(g/kg) Total phosphorus	全钾(g/kg) Total potassium	水解性氮(mg/kg) Hydrolyzed nitrogen	有效磷(mg/kg) Available phosphorus	速效钾(mg/kg) Rapidly available potassium
6.15	40.1	1.86	0.59	2.83	230.5	42.4	295

1.2 试验材料

马铃薯鲜食型品种‘东农312’和加工型品种‘东农321’, 种薯级别为原种, 选用无病害侵染且大小均匀一致的种薯切块种植, 切块重约50 g, 由

东北农业大学马铃薯研究所提供。供试化肥为市售尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 18%, P₂O₅ 46%)和硫酸钾(K₂O 50%), 3种叶面肥主要成分分别为腐植酸、有机质和微量元素Zn、Mn。

1.3 试验设计

对2个品种分别采用单因素随机区组试验设计, 单因素为追肥处理。常规追肥为对照, 4个追肥处理(表2), 每个处理3次重复。每小区种植5行, 行长5 m, 垄距0.8 m, 栽培密度为5.1万株/hm²。

基肥: 尿素(N 120 kg/hm²)、磷酸二铵(N 43 kg/hm², P₂O₅ 110 kg/hm²)和硫酸钾(K₂O 140 kg/hm²)。基肥在播种时(5月9日)开沟一次性施入, 5种追肥于现蕾期施入, 叶面肥每7 d喷施1次, 连续2次。于2022年5月9日播种, 9月26日收获。

表2 追肥试验设计

Table 2 Experimental design of topdressing test

处理 Treatment	有效成分 Active ingredient	施用方法 Application method	施用量(kg/hm ²) Application rate (kg/ha)
常规追肥(CK) Regular topdressing	N(46%), K ₂ O(50%)	沟施	60(尿素), 120(硫酸钾)
减氮追肥(C1) Nitrogen reduction topdressing	N(46%), K ₂ O(50%)	沟施	30(尿素), 120(硫酸钾)
腐植酸(C2) Humic acid	腐植酸≥ 30 g/L, N+P ₂ O ₅ +K ₂ O≥ 200 g/L	喷施	4.5
有机质(C3) Organic matter	有机质 60 g/L, N 11 g/L, P ₂ O ₅ 160 g/L, K ₂ O 80 g/L	喷施	1.5
微量元素Zn、Mn(C4) Trace elements, Zn and Mn	Zn 60 g/L, Mn 40 g/L	喷施	0.6

1.4 数据采集

1.4.1 农艺性状采集

试验在马铃薯苗期(T1)、现蕾期(T2)、初花期(T3)、盛花期(T4)和终花期(T5)进行农艺性状的调查。

调查时, 每个小区随机选取15株马铃薯植株测量其农艺性状。

(1)株高: 用直尺测量植株从土壤表面到主茎顶端的高度(cm), 精确到0.1 cm。

(2)茎粗: 用电子游标卡尺测量植株最粗茎的直径(mm), 精确到0.01 mm。

(3)SPAD值: 采用SPAD-502 Plus叶绿素仪对植株进行测定, 叶片选取为倒三、倒四功能叶片, 测量3次并取平均值。

(4)冠层覆盖度: 采用Canopeo软件对植株进行拍照测量, 测量时手机平行于地面, 在距离地面60~70 cm处进行拍照记录。

1.4.2 产量性状测定

收获时对马铃薯产量进行调查, 每小区去除两侧边际行, 从中间3行中, 每行随机选取15株测定单株结薯数、单株产量、商品薯(重量>75 g)数和

商品薯产量, 并计算单薯重和公顷产量。

$$\text{单薯重(g)} = \text{单株产量/单株薯数}$$

1.4.3 品质性状测定

(1)干物质含量: 采用烘干法^[14]测定干物质含量。记录鲜重、干重, 计算出干物质含量。将烘干后的样品用粉碎机粉碎, 过筛, 密封干燥下保存, 用于后续其他品质指标的测定。

$$\text{干物质含量(\%)} = \text{干重/鲜重} \times 100$$

(2)淀粉含量: 采用碘比色法^[14]对样品进行淀粉含量测定。

(3)粗蛋白含量: 采用近红外光谱分析法^[15]对样品进行粗蛋白含量测定。

(4)维生素C含量: 采用2,6-二氯靛酚(2,6-D)滴定法^[16]对样品进行维生素C含量测定。

(5)还原糖含量: 采用3,5-二硝基水杨酸比色法^[17]对样品进行还原糖含量测定。

1.5 数据统计

数据处理与作图使用Microsoft Excel 2019软件。使用DPS 7.05数据处理系统进行统计分析, 采用最小显著差数(Least significant difference, LSD)

法进行处理间差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 追肥对马铃薯农艺性状的影响

在初花期, ‘东农312’株高、茎粗、SPAD值

和冠层覆盖度受追肥处理影响达到显著或极显著水平, ‘东农321’茎粗、SPAD值和冠层覆盖度受追肥处理影响极显著; 在盛花期和终花期追肥处理对2个品种的株高、茎粗和SPAD值均有显著或极显著的影响(表3)。

表3 不同追肥处理下各生育时期2个马铃薯品种农艺性状方差分析(F 值)

Table 3 Analysis of variance for agronomic character of two potato varieties under different topdressing treatments (F value)

品种 Variety	生育时期 Growth stage	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	SPAD值 SPAD value	冠层覆盖度 Canopy cover
东农312 Dongnong 312	T1(苗期)	2.45	0.58	0.77	3.69
	T2(现蕾期)	2.75	0.92	1.02	1.20
	T3(初花期)	4.53*	6.72*	21.14**	5.52*
	T4(盛花期)	10.76**	11.48**	39.67**	0.78
	T5(终花期)	4.36*	6.17*	50.47**	0.79
东农321 Dongnong 321	T1(苗期)	0.34	1.60	2.36	0.49
	T2(现蕾期)	0.56	2.27	0.70	2.11
	T3(初花期)	1.59	10.38**	29.47**	7.22**
	T4(盛花期)	4.00*	14.78**	44.84**	0.85
	T5(终花期)	13.48**	4.47*	32.64**	0.68

注: $F_{0.05} = 2.40$, $F_{0.01} = 3.45$ 。*表示0.05显著水平, **表示0.01显著水平。下同。

Note: $F_{0.05} = 2.40$, $F_{0.01} = 3.45$. * stands for 0.05 significant level, **stands for 0.01 significant level. The same below.

2.1.1 追肥对马铃薯株高的影响

在盛花期, ‘东农312’的CK(对照组)和C3处理株高增长较快, 各追肥处理间表现为C3 > CK > C4 > C1 > C2, C3处理株高最大, 为72.15 cm, 与CK相比增长了6.11%。C2处理株高最小, 且显著低于其他处理, 为64.38 cm。‘东农321’的C1和C2处理对株高促进作用明显, 与CK相比, C1、C2和C4处理均有提升, 且C1处理与CK相比差异达到显著水平, 增幅为9.59%。在终花期, 除‘东农312’的CK、C2和C4处理及‘东农321’的C2处理株高略有上升外, 其他处理下2个品种株高均有所下降(图1)。

2.1.2 追肥对马铃薯茎粗的影响

生育期内马铃薯茎粗随着生育时期的推进, 茎粗呈上升趋势, 且追肥后增幅变大。在初花期, ‘东农312’在各处理下株高均显著低于CK, C1、C3和C4处理间差异不显著, 均为12 mm左右;

‘东农321’与CK相比, C1和C2处理茎粗显著增大, 增幅分别为12.90%和5.57%。在盛花期, ‘东农312’的C3、C4和CK处理间无显著差异, C2处理与CK相比显著降低, 减小15.34%; ‘东农321’的C1显著高于其他处理, 为13.02 mm, C2处理略高于CK, C3和C4处理与CK相比显著降低。在终花期, 各处理下2个品种茎粗差异基本趋于稳定(图2)。

2.1.3 追肥对马铃薯SPAD值的影响

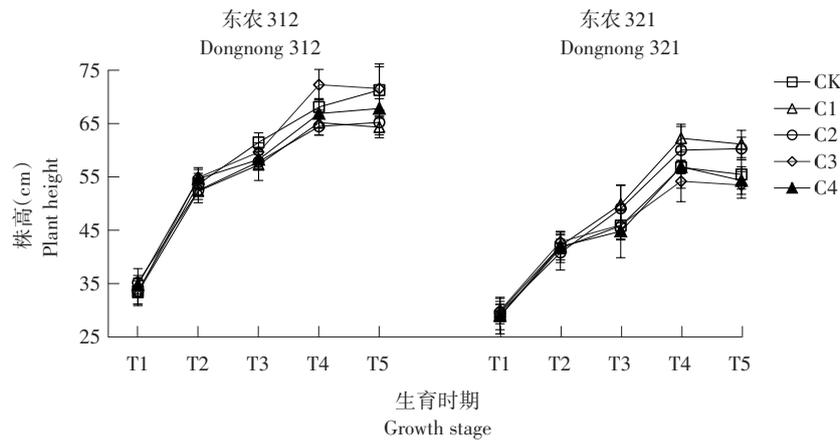
随着生育期的推进, SPAD值呈下降趋势。在初花期, 各追肥处理对2个品种SPAD值影响达到显著水平, ‘东农312’在C4处理下显著高于CK, 增幅为5.54%, C2处理与CK相比显著降低, 仅为40.04; ‘东农321’的C3、C4和CK处理较高, 均在46以上, 与CK相比, C1和C2处理显著降低, 降幅分别为3.73%和11.52%。在盛花期, ‘东农312’的C3、C4和CK处理较高, SPAD值在43以上, C1

和C2与CK相比显著降低; ‘东农321’的C3和CK处理显著高于其他处理, SPAD值分别为43.60和44.68。在终花期, ‘东农312’除C3处理外, 其他处理下降速度均较快; ‘东农321’的C3处理显著高于其他处理, 与CK相比增加了6.79%, SPAD值为40.69(图3)。

2.1.4 追肥对马铃薯冠层覆盖度的影响

马铃薯冠层覆盖度随生育期的推进呈逐渐上

升趋势, 在盛花期冠层覆盖度基本稳定。‘东农312’在初花期冠层覆盖度表现为CK > C3 > C4 > C1 > C2, C3和C4处理略低于CK, 分别为85.34%和83.73%, 且三者间差异不显著; C1和C2处理冠层覆盖度较小, 为79.29%。初花期, ‘东农321’的C1和C2处理冠层覆盖度较高, 与CK相比分别增加了10.85%和7.92%; C3、C4和CK间差异不显著, 均低于80%(图4)。



注: 误差线表示平均值的标准差, 处理平均值差异显著性($P < 0.05$)测验采用最小显著差数(Least significant difference, LSD)法。下同。

Note: Error bar represents standard deviation of mean value. Treatment means is separated ($P < 0.05$) using least significant difference (LSD) method.

The same below.

图1 不同追肥处理下2个马铃薯品种株高的动态变化

Figure 1 Dynamic changes of plant height of two potato varieties under different topdressing treatments

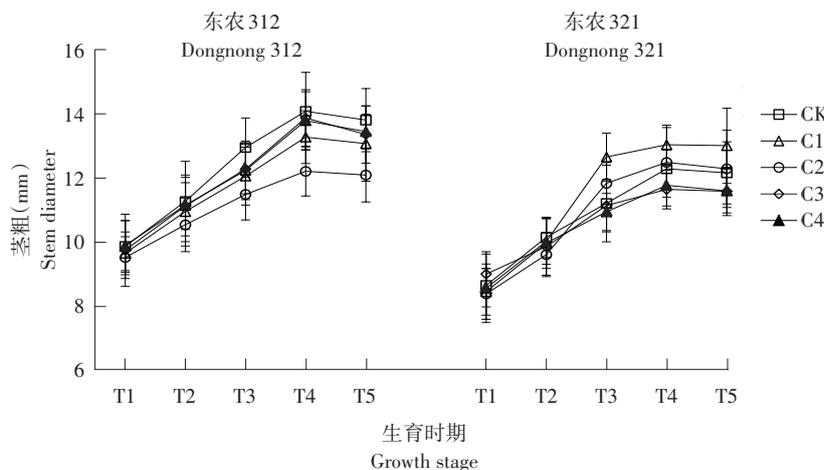


图2 不同追肥处理下2个马铃薯品种茎粗的动态变化

Figure 2 Dynamic changes of stem diameter of two potato varieties under different topdressing treatment

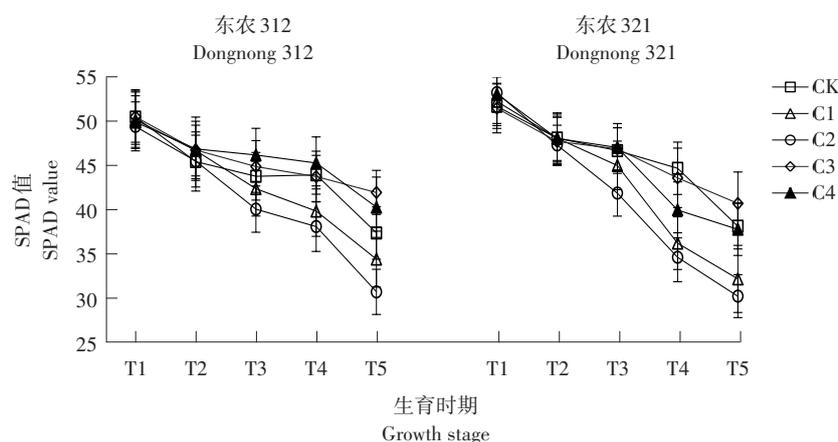


图3 不同追肥处理下2个马铃薯品种SPAD值的动态变化

Figure 3 Dynamic changes of SPAD value of two potato varieties under different topdressing treatments

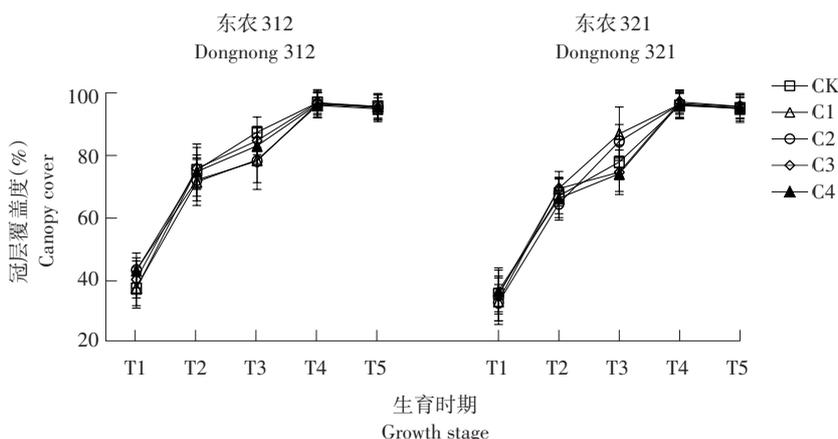


图4 不同追肥处理下2个马铃薯品种冠层覆盖度的动态变化

Figure 4 Dynamic changes of canopy cover of two potato varieties under different topdressing treatments

2.2 追肥对马铃薯产量及其构成因素的影响

不同追肥处理对‘东农312’和‘东农321’产量和商品薯产量影响均达到显著水平。‘东农312’的C3处理产量和商品薯产量表现较好,分别为54 748和43 832 kg/hm²,产量较CK增长3.43%,商品薯产量与CK基本相同。C4处理产量略低于CK,为51 919 kg/hm²,商品薯产量与CK相比下降达到显著水平。C1、C2处理下,与CK相比产量均降低,降幅分别为6.89%和15.01%,C2处理和CK差异显著;商品薯产量均低于39 000 kg/hm²。‘东农321’在C1和C2处理下产量有所提升,与CK相比分别增产8.50%和5.62%,C1处理下商品薯产量

显著上升,相比于CK增产12.83%,其他各追肥处理商品薯产量均未超过33 000 kg/hm²。C3、C4处理和CK产量差异未达到显著水平,在45 973~47 932 kg/hm²。从产量构成因素上看,‘东农312’在C3处理下单株结薯数较高,为12.4个,C3和C4处理单株结薯数与CK无显著差异。C1和C2处理下单株结薯数均显著低于CK,分别为10.6和9.9个,各追肥处理间单薯重差异不显著。‘东农321’在C2和C4处理下单株结薯数提升较大,显著高于CK,分别增长了15.81%和19.05%,但C4处理的单薯重较低,各追肥处理间除C4处理外均达到100 g以上(表4)。

表4 不同追肥处理对2个马铃薯品种产量及其构成因素的影响

Table 4 Effects of different topdressing treatments on yield and its component factors of two potato varieties

品种 Variety	处理 Treatment	产量(kg/hm ²) Total tuber yield (kg/ha)	商品薯产量(kg/hm ²) Marketable tuber yield (kg/ha)	单株结薯数(No.) Tuber number per plant	单薯重(g) Tuber weight
东农312 Dongnong 312	CK	52 932 ab	44 013 a	11.9 a	87 a
	C1	49 285 b	37 544 b	10.6 b	92 a
	C2	44 987 c	33 755 c	9.9 b	89 a
	C3	54 748 a	43 832 a	12.4 a	87 a
	C4	51 919 ab	39 822 b	12.1 a	84 a
东农321 Dongnong 321	CK	47 901 bc	32 135 b	8.1 c	116 a
	C1	51 973 a	36 258 a	9.1 abc	113 a
	C2	50 594 ab	30 761 b	9.4 ab	106 ab
	C3	45 973 c	32 045 b	8.4 bc	107 ab
	C4	47 932 bc	32 237 b	9.7 a	98 b

注: 处理后标不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 差异显著性测验采用最小显著差数(Least significant difference, LSD)法。下同。

Note: Treatments with different lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$) as tested using least significant difference (LSD) method. The same below.

2.3 追肥对马铃薯块茎品质的影响

各追肥处理对2个品种块茎干物质、淀粉、粗蛋白、维生素C和还原糖含量的影响均达到显著水平。‘东农312’的C1处理干物质、粗蛋白和还原糖含量较低, 但淀粉和维生素C含量显著高于CK, 分别为15.91%和10.13 mg/100 g; C2处理仅蛋白质含量相对较高, 为2.08%, 但仍低于CK; C3处理下干物质和淀粉含量均较高, 且淀粉含量为16.25%, 显著高于其他处理, 与CK相比增长了

5.72%, 但粗蛋白含量较低, 仅为1.85%; C4处理下各项品质性状表现较均衡, 干物质和维生素C含量与CK相比无显著差异, 淀粉含量高于CK, 增长了3.43%。‘东农321’在C1处理下还原糖含量与CK相比显著降低, 仅为0.15%, 且维生素C含量为10.30 mg/100 g, 显著高于其他处理; C2处理各项品质指标均显著低于CK; C3和C4处理下, ‘东农321’的干物质、淀粉和还原糖含量基本相同, 且均与CK无显著差异, 维生素C含量均高于CK(表5)。

表5 不同追肥处理对2个马铃薯品种块茎品质的影响

Table 5 Effects of different topdressing treatments on tuber quality of two potato varieties

品种 Variety	处理 Treatment	干物质(%) Dry matter	淀粉(%) Starch	粗蛋白(%) Crude protein	维生素C(mg/100 g) Vitamin C	还原糖(%) Reducing sugar
东农312 Dongnong 312	CK	19.11 a	15.37 c	2.36 a	9.01 b	0.26 a
	C1	18.31 b	15.91 b	1.91 bc	10.13 a	0.21 b
	C2	17.68 c	14.42 d	2.08 b	9.26 b	0.20 b
	C3	19.22 a	16.25 a	1.85 c	9.56 b	0.27 a
	C4	18.89 a	15.90 b	1.96 bc	9.36 b	0.22 b
东农321 Dongnong 321	CK	21.12 a	16.26 a	2.41 a	8.60 c	0.20 a
	C1	19.54 ab	16.93 a	2.09 c	10.30 a	0.15 b
	C2	18.26 b	14.85 b	2.22 bc	7.07 d	0.16 b
	C3	20.40 a	16.89 a	2.35 ab	9.54 b	0.21 a
	C4	20.67 a	16.22 a	2.06 c	9.65 b	0.23 a

3 讨 论

马铃薯对不同养分的吸收量、吸收时期、利用效率均不同,因此科学追施肥料是马铃薯茎叶繁茂、根系健康发育、产量及肥料利用率协同提高的措施。但生产中化肥施用量持续增加,且过量使用化肥带来的危害已开始凸显。土壤有机质的减少、土壤生产力的衰退以及化肥利用率的下降等已经成为作物产量提高的关键性限制因子^[18]。因此,为减少化肥的不合理施入,同时保证作物产量的提升,可以通过叶面施肥的方式来起到节肥增产的作用^[19]。在马铃薯生长发育过程中,还需要关注微量元素的施入,适量喷施微量肥料对马铃薯的生长有促进作用。梁帅等^[20]研究表明,施加腐植酸和微量元素可以增强马铃薯抵抗不良环境的抗性并延缓叶片衰老,从而提高马铃薯产量和商品薯率。喷施微肥可以增加块茎中淀粉、还原糖、维生素C含量^[21]。本研究中,追施有机质和锌、锰对‘东农312’植株生长起到促进作用,株高和SPAD值均有上升,并且显著提高了马铃薯块茎中淀粉的含量。施用有机肥料同样可提高稻谷产量^[22]、能促进西瓜生长、提高西瓜果实产量^[23]。本试验中喷施腐植酸和有机质对‘东农321’产量无显著影响;减氮追肥对‘东农321’产量有促进作用。追肥时期通过用喷施叶面肥的方式替代传统化肥追施的方式,能够维持马铃薯产量。

合理追肥能有效提高块茎淀粉、蛋白质和维生素C含量^[24]。郝智勇^[25]研究发现,喷施中微量元素显著提高了马铃薯产量以及淀粉、蛋白质和总糖含量。本试验研究结果显示,不同肥料处理对马铃薯品质具有一定的影响。各追肥处理中,追施有机质和锌、锰微量元素,可以显著提高‘东农312’块茎中淀粉含量,减氮追肥处理后,其维生素C含量最高。白雪^[26]发现,喷施腐植酸后马铃薯淀粉和粗蛋白等含量均有显著提高,而本试验中施加腐植酸对马铃薯块茎品质指标提升效果不显著,且干物质和淀粉含量有所降低。张爱华等^[27]研究表明,仅部分腐植酸复合肥对马铃薯品质有促进作用,因此,这可能与其试验所用的腐植酸种类与本试验不

同有关。综合分析表明,追施叶面肥可以改善块茎中干物质、淀粉、维生素C、还原糖和蛋白质含量,提高马铃薯品质。

[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] 罗其友, 高文菊, 吕健菲, 等. 2021—2022年中国马铃薯产业发展形势分析 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与种业创新. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2022.
- [3] Zebarth B J, Tai G, Tarn R, *et al.* Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2004, 84(2): 589-598.
- [4] Bandiera M, Mosca G, Vamerli T. Humic acids affect root characteristics of fodder radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) in metal-polluted wastes [J]. *Desalination*, 2009, 246(1-3): 78-91.
- [5] 吴永胜. 不同追肥水平对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 现代农业科技, 2021(9): 60-61, 64.
- [6] Goffart J P, Olivier M, Frankinet M. Potato crop nitrogen status assessment to improve N fertilization management and efficiency: past-present-future [J]. *Potato Research*, 2008, 51(3-4): 355-383.
- [7] 王廷杰, 周丰, 赵国良. 马铃薯叶面追肥试验效果 [J]. 中国马铃薯, 2008, 22(1): 38-39.
- [8] 周吉红, 曹海军, 朱青兰, 等. 不同类型叶面肥在不同时期喷施对小麦产量的影响 [J]. 作物杂志, 2012(5): 140-145.
- [9] 汤云川, 陈涛, 桑有顺, 等. 叶面喷施水溶性生物腐植酸有机肥对马铃薯产量的影响 [J]. 腐植酸, 2014(5): 10-14.
- [10] 咎亚玲, 王朝辉, 毛晖, 等. 施用硒、锌、铁对玉米和大豆产量与营养品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 252-256.
- [11] 徐桂燕, 王艺, 单桂萍, 等. 微量元素水溶肥对大白菜生长和生理特性的影响 [J]. 中国果菜, 2021, 41(4): 56-59.
- [12] 张庆豫, 张宇, 黄宗营, 等. 叶面喷施不同元素水溶肥料对花生产量的影响 [J]. 安徽化工, 2020, 46(2): 23-24, 35.
- [13] Rahimi A, Moghaddam S S, Noorhosseini S A, *et al.* Effects of foliar application of micronutrients on agronomic traits of beet cv. Sonja under dsa (hot summer continental) climatic conditions of Naqadeh Iran [J]. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and*

- Technology, 2019, 7(6): 828-832.
- [14] 张永成, 田丰. 马铃薯试验研究方法 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [15] 何云, 张亮, 武小姣, 等. 苜蓿干草常规营养成分含量近红外预测模型的建立 [J]. 动物营养学报, 2019, 31(10): 4684-4690.
- [16] 徐朝阳. 2,6-二氯酚靛酚滴定法与碘量法测定蔬菜水果中维生素C方法的准确度比较 [J]. 食品安全导刊, 2021(25): 100-101.
- [17] 朱海霞, 石瑛, 张庆娜, 等. 3,5-二硝基水杨酸(DNS)比色法测定马铃薯还原糖含量的研究 [J]. 中国马铃薯, 2005, 19(5): 14-17.
- [18] 张建鹏. 化肥减量配施微生物菌肥及土壤调理剂对重茬马铃薯生长发育和土壤质量的影响 [J]. 江苏农业科学, 2023, 51(7): 205-212.
- [19] 张敏. 叶面肥应用研究进展及营养机制 [J]. 磷肥与复肥, 2014, 29(5): 25-27.
- [20] 梁帅, 贾胜辉, 国凯凯, 等. 添加腐殖酸和微量元素的套餐施肥方案对马铃薯产量的影响 [J]. 肥料与健康, 2022, 49(5): 20-23.
- [21] 李凯, 张国辉, 郭志乾, 等. 叶面喷施铁锌锰微肥对马铃薯生长、品质与产量的影响 [J]. 作物研究, 2018, 32(1): 28-30, 34.
- [22] 刘利杉, 黄运湘, 黄楚瑜, 等. 水溶性有机肥料对水稻产量和镉吸收的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(5): 826-831.
- [23] 韦彩会, 董文斌, 何永群, 等. 新型有机肥料对连作西瓜生长、产量及品质的影响 [J]. 北方园艺, 2017(8): 20-24.
- [24] Qin S, Li L, Wang D, *et al.* Effects of limited supplemental irrigation with catchment rainfall on rain-fed potato in semi-arid areas on the Western Loess Plateau, China [J]. American Journal of Potato Research, 2013, 90(1): 33-42.
- [25] 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.
- [26] 白雪. 腐殖酸对不同水分条件下马铃薯光合、养分及产质量的影响 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2018.
- [27] 张爱华, 况胜剑, 张钦, 等. 腐殖酸型复合肥料对马铃薯生长及产质量的影响 [J]. 耕作与栽培, 2021, 41(5): 32-35.