

滴施 Ca、Zn 肥对马铃薯生长、产量及品质的影响

唐彩梅, 张小静, 袁安明, 杨建禄, 张建祥, 杨洁

(定西市农业科学研究院 甘肃定西 743000)

摘要:为探究钙[Ca(NO₃)₂·4H₂O]、锌(ZnSO₄·7H₂O)肥滴施对马铃薯生长、产量及品质的影响,以新大坪原原种为材料,采用膜下滴灌技术,分别设置3种不同钙、锌施肥量处理。结果表明,钙肥滴施处理的马铃薯产量较高,马铃薯块茎单株大薯数、单株大薯质量、单株薯质量均比CK显著增加,其中T1(150 kg·hm⁻²)处理产量达67 619.05 kg·hm⁻²,马铃薯块茎蛋白质、粗淀粉、锌含量均比CK极显著提高;锌肥滴施处理马铃薯植株生长较好,品质较高,其中T6(45 kg·hm⁻²)处理产量达70 555.56 kg·hm⁻²,马铃薯块茎钙含量均比CK极显著提高。综合分析,钙肥施入量为150 kg·hm⁻²、锌肥施入量为45 kg·hm⁻²,马铃薯植株生长期农艺性状较好,块茎产量较高,品质较优。

关键词:马铃薯;钙肥;锌肥;生长;产量;品质

中图分类号:S532+S606

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2023)01-019-07

Ca, Zn fertilizer dripping affects potato growth, yield and quality

TANG Caimei, ZHANG Xiaojing, YUAN Anming, YANG Jianlu, ZHANG Jianxiang, YANG Jie

(Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi 743000, Gansu, China)

Abstract: To explore the effects of calcium [Ca(NO₃)₂·4H₂O] and Zinc (ZnSO₄·7H₂O) fertilizer drip irrigation on potato growth, yield, and quality, In this study, three treatments with different amount of calcium and zinc fertilizer were set on the original seed of Xindaping using drip irrigation under the membrane. The results showed that the potato yield of calcium fertilizer drip irrigation was better, and the number of large and medium potatoes per plant of potato tuber, the weight of large and medium potatoes per plant and the weight of potato per plant were significantly increased compared with CK. The yield of T1 (150 kg·hm⁻²) was 67 619.05 kg·hm⁻², and the contents of protein, crude starch and zinc of potato tuber were significantly higher than those of CK. The yield of T6 (45 kg·hm⁻²) reached 70 555.56 kg·hm⁻², and the tuber calcium content was significantly higher than that of CK. Comprehensive analysis showed that the application amount of calcium fertilizer was 150 kg·hm⁻² and zinc fertilizer was 45 kg·hm⁻², which resulted in better agronomic characters, higher tuber yield and better quality in the growing period of potato plants.

Key words: Potato; Calcium fertilizer; Zinc fertilizer; Growth; Yield; Quality

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是仅次于小麦、稻谷和玉米的全球第四大重要粮食作物^[1-3],并且产量高、适应性强、分布广。尤其在我国西北定西地区(甘肃省)广泛种植,在当地产业发展中发挥着不可替代的作用,因此提高马铃薯产量及品质具有重要意义。

前人研究表明,钙、锌是马铃薯生长发育必需的营养元素,可以提高其产量、优化薯块品质^[4]。其中钙在马铃薯生长发育过程中,能够促进植株生长,提高块茎中磷酸蔗糖合成酶的活性,从而增加淀粉的积累,改善马铃薯块茎品质^[5]。钙在土壤的

主要形态是矿物态钙,而植物中的钙主要是水溶性钙和非水溶性钙,因此土壤中钙元素不能被植物吸收利用^[6],增加土壤中植物可利用的钙素,对于作物生长发育有促进作用。前人研究发现,四水硝酸钙是一种可溶性钙源,可以将其直接施在块茎周围的根际土壤中,块茎对Ca的吸收效果显著^[7]。高静^[8]认为基施+追施四水硝酸钙,当大田施用量为150 kg·hm⁻²时,马铃薯产量增加,单株结薯质量及商品薯率提高,同时块茎干物质、粗蛋白、淀粉等含量增加。黄鹏翔等^[9]研究发现,在滴灌模式下苗期追施硝酸钙促进了马铃薯产量的增加,改善了块茎的品质。

收稿日期:2022-03-27;修回日期:2022-10-26

基金项目:甘肃省科技重点研发计划项目(20YF3NJ028);甘肃省科技重大专项计划项目(19ZD2WA002);定西市科技重点攻关专项(DX2022AZ16)

作者简介:唐彩梅,女,高级农艺师,主要从事旱作农业栽培试验研究。E-mail:996380410@qq.com

通信作者:杨洁,女,助理研究员,主要从事作物栽培研究。E-mail:Yangjie621@126.com

微量元素锌在马铃薯中有提高光合效率、促进植株生长、增加马铃薯产量、改善块茎品质等作用^[4,9-10]。锌在土壤中存在多种形态,能够被植物吸收利用的主要是 Zn^{+II} 。研究表明,在西北地区土壤中有效 Zn^{+} 含量普遍较低,这成为作物提质增效的关键限制因子^[12],并且使作物可食用部位锌含量(w ,后同)较难达到推荐的 $40\sim 60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ^[13-14]。杜平等^[1]研究发现,基施锌肥在强化块茎锌营养及改善块茎品质方面也有着显著效果。赵兴杰等^[5]发现,随膜下滴灌施锌肥不仅增强了马铃薯植株的抗旱能力,而且对其生长具有明显的促进作用。同时,除增加土壤中锌肥含量对马铃薯生长有积极影响外,叶面喷施锌肥也有促进作用^[6]。代燕青等^[7]认为,七水硫酸锌($1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)拌种+有机锌 EDTA-Zn $4.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 叶面喷施,促进了马铃薯的生长发育,并提高其产量和品质。因此,在马铃薯生长过程中为其提供必要且足量的锌肥是提高产量的关键因素。

上述研究表明,在土壤中增施钙肥、锌肥可以提高马铃薯产量和品质,对生产实践具有较好的指导意义,但该类研究在半干旱区开展较少。为此,笔者开展研究旨在探究半干旱区(甘肃省定西市)土壤中增施钙肥、锌肥对马铃薯的生长、产量及品质的影响。选用四水硝酸钙和七水硫酸锌分别作为钙肥、锌肥,采用膜下滴灌的方法,在马铃薯生长前期进行施肥,并对马铃薯生长、产量和品质数据进行采集、分析,以期为该地区马铃薯种植的钙、锌肥施用提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年 4—9 月在定西市农业科学研究院创新基地进行,该基地位于海拔 1920 m 的甘肃中部半干旱区,年均气温 $7.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,年日照总时数 $25\ 002\text{ h}$,年均无霜期 140 d ,年蒸发量 1531 mm 。试验地前茬为冬小麦,土壤为黄绵土,播前土壤耕作层可溶性钙含量(w ,后同)为 $158.55\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效锌含量为 $0.56\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

1.2 材料

参试的马铃薯品种为新大坪原原种,由定西市农业科学研究院提供。试验采用四水硝酸钙(CaO , 23%)和七水硫酸锌(Zn , 21.5%)作为钙、锌肥,并在马铃薯生长过程中以滴灌的形式向土壤中施加。同时,需要在马铃薯播种前期施加基肥和有机肥为其提供基本生长环境。基肥分别采用尿素(N 质量

分数为 46%)、磷酸二氢铵(N 质量分数为 15%; P_2O_5 质量分数为 42%)、硫酸钾镁肥(K_2O 质量分数为 24%),总施用量分别为 225 、 180 、 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。有机肥采用定西市农业科学研究院旱地农业研究所制作农作物秸秆腐熟肥(有机质质量分数 $\geq 45\%$),总施用量为 $30\ 000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。马铃薯播种后,覆盖 800 mm 宽、 0.012 mm 厚的黑色地膜以提墒保温。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组试验设计,共设 7 个处理,其中 CK 处理以不施加钙肥和锌肥来作为对照,钙肥单次施肥处理 T1、T2、T3 的施肥量分别为 150 、 300 、 $450\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,锌肥单次施肥处理 T4、T5、T6 的施肥量分别为 15 、 30 、 $45\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。每个施肥处理包括 3 次重复试验,共需设 21 个小区,单个小区面积为 21.0 m^2 ($3.5\text{ m}\times 6.0\text{ m}$)。所有小区均采用覆膜单垄垄播栽培模式,行距 70 cm ,株距 30 cm ,各小区播种马铃薯 63 株。使用水肥一体机在马铃薯灌水过程中滴施钙、锌肥,分别在马铃薯生长分枝期、现蕾期、初花期施钙、锌肥 1 次,每次施肥间隔为 10 d ,共施 3 次。

1.4 指标测定与方法

1.4.1 生长指标测定 观察记载各处理植株出苗、分枝、现蕾、初花、盛花、落花、成熟出现的时期并测定株高,于现蕾期调查出苗率和主茎数,盛花期测定植株茎粗,成熟期分别统计植株茎叶和根鲜、干质量。采用直尺测定(测量每株主茎的高度)株高,采用游标卡尺测定(艾瑞泽数显游标卡尺,山东青岛)茎粗。茎叶、根鲜、干质量的测定在实验室进行,取样后对植株根部进行清洗并用滤纸吸干水分后称其鲜质量,然后于烘箱中 $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ 杀菌 1 h ,再在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温下烘至恒质量,称其干质量。采用叶绿素仪(SPAD-520 Plus,山东恒美电子科技有限公司)测定叶片叶绿素相对含量(soil and plant analyzer develotrnent, SPAD),测试样确定为植株第 3 个完全展开叶,每个小区取样 3 株。

1.4.2 产量指标测定 收获前,每小区随机取 3 个点、每点取样 5 株,分别统计单株大中薯结薯数量、鲜质量、单株结薯数量及质量、商品薯率。收获时,去除边行优势外,每小区随机取样 7.0 m^2 ($1.4\text{ m}\times 5.0\text{ m}$)进行产量统计,然后折算成 1 hm^2 产量。大中薯以 $\geq 50\text{ g}$ 薯块计,商品薯按 $\geq 100\text{ g}$ 薯块计。

1.4.3 品质指标测定 试验收获时,每个处理随机取 4~6 个鲜薯,送至甘肃省农业科学院农业测试中心测定干物质、蛋白质、还原糖、维生素 C、粗淀粉、

钙和锌含量。各指标测定方法为:采用直接干燥法^[18]测定干物质含量;采用 Kjeltec 8200 半自动定氮仪测定蛋白质含量;采用直接滴定法^[19]测定还原糖含量;采用岛津 RF-540 荧光分光光度计测定维生素 C 含量;采用 SGW-1 自动旋光仪测定粗淀粉含量;采用 iCE 3500 原子吸收光谱仪测定钙含量和锌含量。

1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 软件进行数据预处理;采用 SPSS 25.0 软件对数据进行方差分析;采用 Ori-

gin2018 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同钙、锌肥滴施处理对马铃薯生长的影响

试验统计 7 个处理出苗率均达 98.0%以上。由图 1 可以看出,在盛花期,不同钙、锌肥滴施处理中,T1、T2、T4、T5、T6 施肥处理马铃薯植株生长均优于 CK,T3 施肥处理马铃薯植株生长弱于 CK。由图 2 可以看出,不同钙、锌肥滴施处理马铃薯块

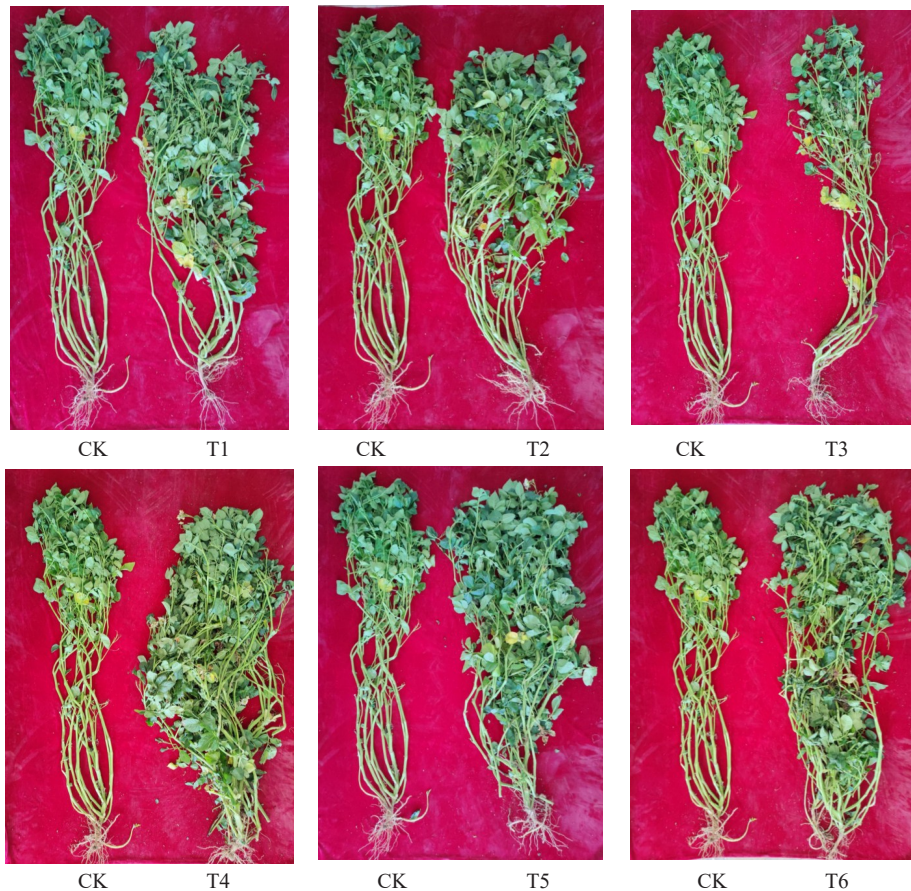


图 1 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯植株表型

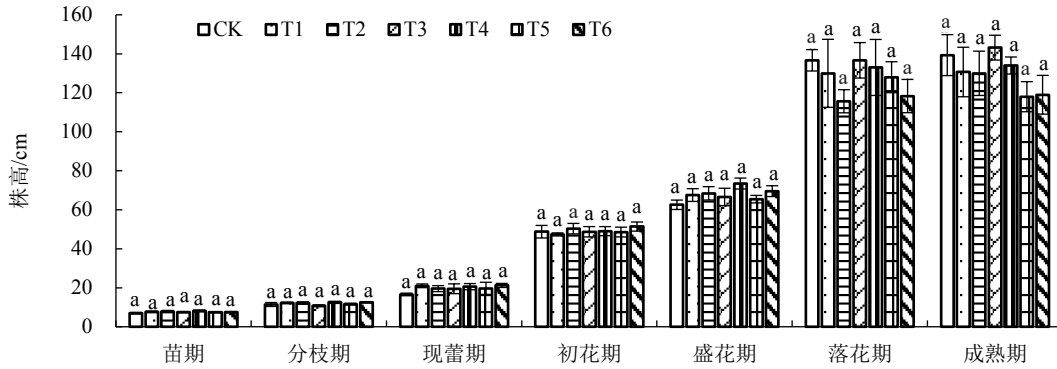


图 2 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯块茎表型

茎大小和数量均优于CK。

由图3可以看出,与CK相比,不同钙、锌肥滴施处理对马铃薯各生育期内株高影响不显著,在落花期和成熟期,随着施钙肥量的增加,马铃薯株高呈先降低后升高趋势;随着施锌肥量的增加,马铃薯株高呈先降低后趋于稳定趋势。由图4可以看出,与CK相比,不同钙、锌肥滴施处理对马铃薯叶

片SPAD值影响不显著。由图5~6可以看出,与CK相比,不同钙、锌肥滴施处理对马铃薯主茎数及茎粗的影响不显著。由图7可以看出,在马铃薯成熟期,T1、T5、T6处理地上部干鲜比显著高于CK,分别增加了116.13%、112.37%、118.28%,与CK相比,T6根部干鲜比显著增加了94.82%,表明增施适量的钙、锌肥,对马铃薯植株的生长有促进作用。



注:不同小写字母表示不同处理间在0.05水平差异显著。下同。

图3 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯株高

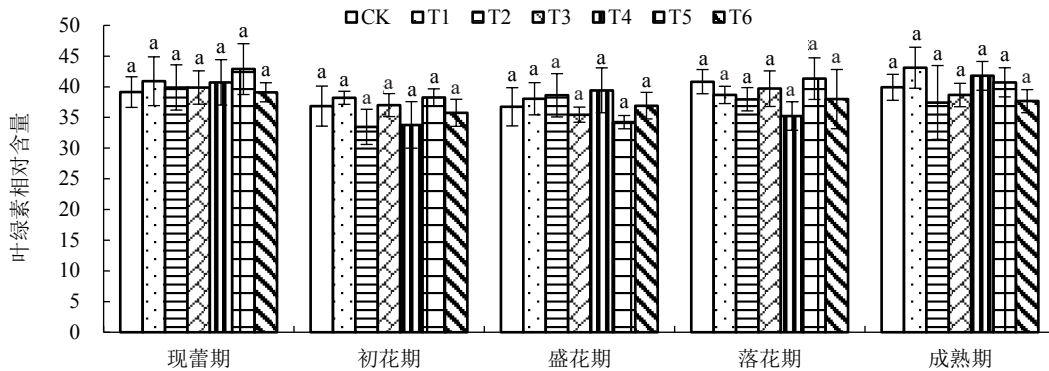


图4 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯叶片叶绿素相对含量

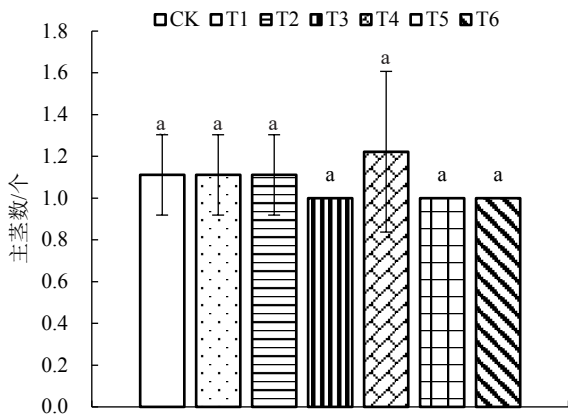


图5 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯主茎数

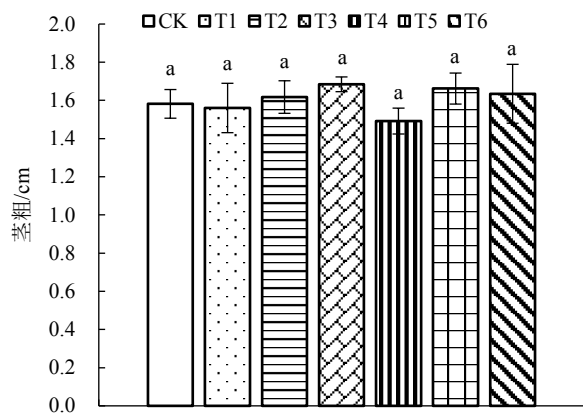


图6 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯茎粗

2.2 不同钙、锌肥滴施处理对马铃薯产量的影响

由表1可知,在单株结薯性状方面,不同钙肥滴施处理马铃薯单株大中薯数显著高于CK,单株

大中薯质量和单株薯质量均极显著高于CK,其中单株大中薯数分别增加55.34%、50.20%、45.06%;单株大中薯质量分别提高了79.27%、78.05%、

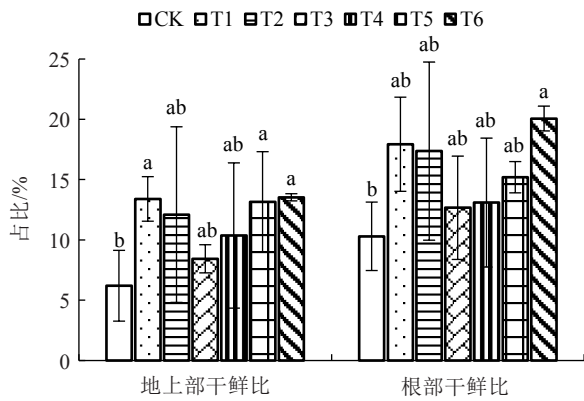


图7 成熟期不同钙、锌肥滴施处理马铃薯植株生物量

60.98%;单株薯质量分别增加 69.89%、63.44%、53.76%,T1 处理施肥效果最好;不同钙肥滴施处理单株薯数均优于 CK,但与 CK 相比差异不显著。不同锌肥滴施处理单株大薯数均多于 CK,其中 T6 处理极显著高于 CK,T4、T5 与 CK 差异不显著;T5、T6 处理单株大薯质量均极显著高于 CK,T4 处理高于 CK,但与 CK 差异不显著;T4、T5、T6 处理单株薯数较 CK 增多,其中 T6 处理达 7.07 粒·株⁻¹,但与 CK 差异不显著;T5、T6 处理单株薯质量极显著高于 CK,T4 高于 CK,但与 CK 差异不显著。

表1 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯产量

处理	单株大薯数/粒	单株大薯质量/kg	单株薯数/粒	单株薯质量/kg	商品薯率/%	折合产量/(kg·hm ²)
CK	2.53 bB	0.82 cB	4.47 aA	0.93 cB	56.22 bA	58 293.65 aA
T1	3.93 aAB	1.47 aA	5.67 aA	1.58 aA	78.98 aA	67 619.05 aA
T2	3.80 aAB	1.46 aA	5.20 aA	1.52 aA	71.37 abA	62 817.46 aA
T3	3.67 aAB	1.32 abA	4.80 aA	1.43 abA	71.08 abA	58 412.70 aA
T4	3.40 abAB	1.09 bcAB	4.67 aA	1.18 bcAB	61.61 abA	63 492.06 aA
T5	3.47 abAB	1.35 abA	4.80 aA	1.44 abA	73.62 abA	64 642.86 aA
T6	4.27 aA	1.39 abA	7.07 aA	1.46 abA	80.08 aA	70 555.56 aA

注:同列数字后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,不同大写字母表示在 0.01 水平差异极显著。下同。

在产量性状方面,钙肥滴施 T1 处理马铃薯商品薯率较 CK 显著提高 40.48%,T2、T3 处理与 CK 相比差异不显著,但均高于 CK;锌肥滴施 T6 处理马铃薯商品薯率较 CK 显著提高 42.44%,T4、T5 与 CK 相比差异不显著,但均高于 CK。在不同钙肥滴施处理中,T1、T2、T3 折合产量与 CK 相比差异不显著,但均高于 CK,其中 T1 处理折合产量最高,达 67 619.05 kg·hm²,比 CK 增加 16%;不同锌肥滴施处理马铃薯折合产量与 CK 相比差异不显著,但均高于 CK,其中 T6 产量高达 70 555.56 kg·hm²,比 CK 增加 21.03%。所有施肥处理折合产量依次为:T6>T1>T5>T4>T2>T3>CK。

综合各项产量指标,钙肥施用量为 150 kg·hm⁻² (T1),锌肥施用量为 45 kg·hm⁻² (T6),马铃薯单株结

薯性状和产量性状表现较优,表明增施适量钙锌肥,可提高马铃薯产量。

2.3 不同钙、锌肥滴施处理对马铃薯品质的影响

由表 2 可以看出,不同钙肥滴施处理和不同锌肥滴施处理马铃薯块茎维生素 C 含量均极显著高于 CK;不同施钙处理中 T1 处理干物质含量极显著高于 CK,比 CK 增加 5.39%,T2、T3 处理干物质含量高于 CK,但与 CK 差异不显著;T1、T2、T3 处理蛋白质、粗淀粉、锌含量均极显著高于 CK,还原糖含量均极显著低于 CK,钙含量与 CK 相比差异均不显著。不同锌肥滴施处理中 T6 处理干物质含量极显著高于 CK,较 CK 增加 13.73%,T5 处理高于 CK 但差异不显著;T4、T6 处理蛋白质含量极显著高于 CK;T5、T6 处理粗淀粉含量极显著高于 CK;

表2 不同钙、锌肥滴施处理马铃薯品质

处理	w(干物质)/ (g·100 g ⁻¹)	w(蛋白质)/ (g·100 g ⁻¹)	w(粗淀粉)/ %	w(维生素 C)/ (mg·100 g ⁻¹)	w(还原糖)/ (g·100 g ⁻¹)	w(钙)/ (mg·kg ⁻¹)	w(锌)/ (mg·kg ⁻¹)
CK	20.4 CD	2.24 B	14.86 F	17.6 G	0.24 B	79.2 DE	3.7 B
T1	21.5 B	2.48 A	15.12 C	22.4 D	0.14 C	72.2 E	4.1 A
T2	20.5 CD	2.40 A	14.92 E	25.5 B	0.14 C	80.6 CD	4.1 A
T3	21.0 BC	2.45 A	15.18 B	24.3 C	0.13 C	81.8 CD	4.1 A
T4	20.1 D	2.41 A	13.98 G	19.2 F	0.14 C	84.7 B	4.2 A
T5	20.6 CD	2.28 B	15.04 D	21.1 E	0.31 A	96.2 A	3.7 B
T6	23.2 A	2.44 A	17.13 A	26.1 A	0.15 C	82.2 BC	4.1 A

T4、T6 处理还原糖含量极显著低于 CK; T4、T5、T6 处理钙含量极显著高于 CK; T4、T6 处理锌含量极显著高于 CK。

综合各项品质指标,钙肥施用量 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (T1)和锌肥施用量 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (T6)处理马铃薯块茎品质较好,表明增施适量的钙、锌肥,可改善马铃薯品质。

3 讨论与结论

钙是马铃薯生长必需的营养元素之一,外源施钙肥可以提高马铃薯植株生长发育水平^[20],也可以改善马铃薯品质。微量元素锌在植物光合作用、植物生长素和蛋白质的合成中发挥着关键作用^[21]。增施锌肥可促进植物根系生长发育,提高养分利用效率等,从而促进作物增产^[22]。

笔者的试验结果表明,在半干旱区滴施钙、锌肥对马铃薯株高、主茎数、茎粗、SPAD 值影响不显著,但提高了马铃薯植株生物量。滴施钙、锌肥提高了马铃薯产量,与对照相比,施用适量钙、锌肥可以提高马铃薯单株大中薯数、单株大中薯质量、单株质量及商品薯率,这与李玉鹏等^[23]研究结果一致。钙对马铃薯产量影响的生理过程比较复杂,大多数研究认为是植物体中的钙离子使得匍匐茎中赤霉素和细胞分裂素大量积累^[24-27]。笔者研究发现,硝酸钙用量在 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,显著提高了马铃薯单株大中薯数和单株大中薯质量,单株结薯数与对照相比差异不显著,这与高静^[5]研究结果一致。七水硫酸锌用量在 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,马铃薯产量最高,施用量为 30 、 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,马铃薯单株大中薯质量和单株薯质量均极显著高于 CK。

滴施适量钙、锌肥改善了马铃薯块茎品质。前人研究表明,钙在糖酵解、三羧酸循环和磷酸戊糖途径中起到促进作用,从而促使氨基酸的合成,进而促进蛋白质的合成。同时钙也能提高块茎中磷酸蔗糖合成酶的活性,并能降低中性以及酸性转化酶的活性,进而积累大量淀粉^[29]。黄鹏翔等^[8]认为,增施钙肥能抑制还原糖含量的增加。笔者的研究结果表明,滴施钙肥极显著增加了马铃薯块茎蛋白质、粗淀粉、维生素 C 含量,同时极显著降低了马铃薯块茎的还原糖含量。锌是植物中各种代谢和生理过程所必需的矿质营养元素,锌对马铃薯体内多种酶起到稳定、催化和调节的作用,锌不仅作为马铃薯体内酶的金属组分,还可以作为酶在调节机制及结构功能方面的辅助因子,参与到作物体内激素

代谢、呼吸作用、光合作用等生理过程,以及蛋白质、核酸等物质的合成^[10]。笔者研究发现,滴施适量锌肥后马铃薯块茎中蛋白质、维生素 C 等的含量均有增加的趋势。

综上所述,在半干旱区通过膜下滴施适量的钙、锌肥对马铃薯生长、产量和品质均有积极影响。其中钙肥施用量为 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,锌肥施用量为 $45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,马铃薯植株生长期农艺性状较好、产量较高、品质较优。

参考文献

- [1] 杜平,张海清,李磊,等.基施锌肥对马铃薯锌含量及块茎品质的影响[J].中国马铃薯,2020,34(5):275-280.
- [2] HU B, LI W, HUANG G, et al. The research progress of potato selenium enhancement technology[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2017(2):1-4.
- [3] SUN Y, MI W, WU L. Effects of foliar Fe and Zn fertilizers on storage root Fe, Zn, and beta-carotene content of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) [J]. Journal of Plant Nutrition, 2019, 42(1):16-26.
- [4] 索海翠,王丽,李成晨,等.叶面施锌对马铃薯叶片光合特性、超微结构及产量的影响[J].热带作物学报,2021,42(7):1963-1970.
- [5] 高静.钙肥对马铃薯生长生理、产量及品质的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.
- [6] 周卫,汪洪.植物钙吸收、转运及代谢的生理和分子机制[J].植物学通报,2007,24(6):762-778.
- [7] WILLIAMS C, 黄富,张玉方.钙处理减少苹果和马铃薯的采后腐烂[J].国外农学-植物保护,1994(2):12-15.
- [8] 黄鹏翔,刘玉汇,刘震,等.滴灌模式下苗期追施钙肥对马铃薯产量及块茎贮藏品质的影响[J].西南农业学报,2021,34(11):2404-2411.
- [9] 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.
- [10] 马振勇,杜虎林,刘荣国,等.施锌肥对旱作马铃薯植株锌含量及块茎品质的影响[J].华北农学报,2017,32(1):201-207.
- [11] WHITE P J, BROADLEY M R. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine[J]. New Phytologist, 2009, 182(1):49-84.
- [12] 国春慧,赵爱青,田霄鸿,等.锌源和施锌方法对石灰性土壤锌组分及锌肥利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2015,21(5):1225-1233.
- [13] PRASAD R, SHIVAY Y S, KUMAR D. Agronomic biofortification of cereal grains with iron and zinc[J]. Advances in Agronomy, 2014, 125:55-91.
- [14] SCHERZ H, KIRCHHOFF E. Trace elements in foods: Zinc contents of raw foods: A comparison of data originating from different geographical regions of the world[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2006, 19(5):420-433.
- [15] 赵兴杰,韩旭平,程升.干旱条件下膜下滴灌施锌对马铃薯的

- 促进效应[J].山西农业科学,2017,45(1):63-66.
- [16] 吕军,高青青,赵帆,等.叶面喷施锌肥对马铃薯农艺性状、产量及品质的影响[J].陕西农业科学,2021,67(9):5-8.
- [17] 代燕青,贾小霞,杨维俊,等.锌肥施用对马铃薯品质和产量的影响[J].土壤与作物,2021,10(2):230-236.
- [18] 高青青,方玉川,汪奎,等.氮磷钾配施对马铃薯农艺性状·产量及干物质含量的影响[J].安徽农业科学,2021,49(17):144-147.
- [19] 蔡柳,胡新喜,李炎林,等.马铃薯块茎中还原糖含量的测定方法[C]/中国作物学会马铃薯专业委员会.马铃薯产业与精准扶贫 2017.哈尔滨:哈尔滨地图出版社,2017:214-217.
- [20] 赵晨晓.不同钙素浓度与水源对雾培马铃薯生长生理特性的影响[D].银川:宁夏大学,2021.
- [21] 杜平.外源锌对马铃薯生长及块茎锌含量的影响[D].武汉:华中农业大学,2021.
- [22] 史李萍,索全义,刘美英,等.条施调酸材料对石灰性土壤调酸及马铃薯锌硼吸收的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2022(8):1-8.
- [23] 李玉鹏,杨光,李飞,等.糖醇螯合钙肥对马铃薯产量、品质及养分吸收的影响[J].土壤,2020,52(4):773-780.
- [24] 胡圣.聚天冬氨酸钙对马铃薯生长及产量的影响[D].成都:四川农业大学,2020.
- [25] 党宏波.钙、镁元素对马铃薯产量和品质的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2018.
- [26] 贾立国,李利,秦永林,等.马铃薯钙素营养研究进展[J].北方农业学报,2018,46(1):72-75.
- [27] 李文霞,张昕,石瑛,等.外源钙对马铃薯形态、生理、产量与品质性状的影响[J].东北农业大学学报,2015,46(7):1-8.
- [28] 杜强.钙对马铃薯植株生长及块茎品质的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2013.
- [29] 辛建华.钙素对马铃薯生长发育、光合作用及物质代谢影响的研究[J].沈阳:沈阳农业大学,2008.