

宁夏中部干旱带马铃薯镁锌锰肥料 应用效果分析

朱勇臣¹, 慕瑞瑞², 翟雪宁¹

- (1. 海原县农业技术推广服务中心, 宁夏 海原 755200;
2. 海原县农业综合执法大队, 宁夏 海原 755200)

摘要: 为探究镁、锌、锰3种中微量元素基施及基施+喷施的施肥方式对宁夏中部干旱带马铃薯产量、品质的影响, 开展旱区马铃薯镁、锌、锰肥料应用效果试验, 将镁、锌、锰分别以基施和基施+喷施的方法进行施用。结果表明, 基施锌肥 37.5 kg/hm²+喷施锌肥 2.5 kg/hm² 比基施锌肥 37.5 kg/hm² 增产 11.26%, 增收 7 059 元/hm²; 基施锰肥 45.0 kg/hm²+喷施锰肥 2.5 kg/hm² 比基施锰肥 45.0 kg/hm² 增产 13.40%, 增收 8 552 元/hm²; 基施镁肥 75.0 kg/hm²+喷施镁肥 2.5 kg/hm² 比基施镁肥 75.0 kg/hm² 增产 1.78%, 增收 1 050 元/hm²。由此可见, 基施+喷施微肥的增产、增收效果优于基施, 建议马铃薯生产中镁、锌、锰3种微肥的补充以基施+喷施为主。

关键词: 马铃薯; 镁、锌、锰; 产量; 品质

中图分类号: S532; S147 文献标志码: A 文章编号: 2097-2172(2025)03-0278-05
doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.03.013

Analysis of the Application Effects of Magnesium, Zinc and Manganese Fertilizers on Potatoes in the Middle Arid Zone of Ningxia

ZHU Yongchen¹, MU Ruirui², ZHAI Xuening¹

- (1. Ningxia Haiyuan County Agricultural Technology Extension Service Centre, Haiyuan Ningxia 755200, China; 2. Ningxia Haiyuan County Agricultural Comprehensive Law Enforcement Brigade, Haiyuan Ningxia 755200, China)

Abstract: To explore the effects of basal and basal+foliar application of magnesium, zinc, and manganese on the potato yield and quality in the central arid zone of Ningxia, a field experiment was conducted to evaluate the application effects of these three micronutrient fertilizers. Magnesium, zinc, and manganese were applied through basal application alone or in combination with foliar spraying. Results showed that basal application of zinc fertilizer at 37.5 kg/ha combined with foliar spraying of zinc fertilizer at 2.5 kg/ha increased potato yield by 11.26% and net income by 7 059 Yuan/ha compared with basal application of zinc fertilizer alone at 37.5 kg/ha. Basal application of manganese fertilizer at 45.0 kg/ha combined with foliar spraying of manganese fertilizer at 2.5 kg/ha increased potato yield by 13.40% and net income by 8 552 Yuan/ha compared with basal application of manganese fertilizer alone at 45.0 kg/ha. Basal application of magnesium fertilizer at 75.0 kg/ha combined with foliar spraying of magnesium fertilizer at 2.5 kg/ha increased potato yield by 1.78% and net income by 1 050 Yuan/ha compared with basal application of magnesium fertilizer alone at 75.0 kg/ha. These findings indicate that the combined approach of base application plus foliar spray of microfertilizers is more effective than base application alone. It is recommended that the supplementation of magnesium, zinc, and manganese fertilizers in potato production should primarily adopt the basal+foliar application approach.

Key words: Potato; Mmagnesium; Zinc, Manganese; Yield; Quality

马铃薯是海原县的主要农作物, 种植历史悠久。2023年海原县马铃薯种植面积达1.9万hm², 已成为当地的优势特色产业, 有效促进了农民增收致富, 推动了县域经济的发展^[1]。随着人们对作物产量和品质要求的不断提高, 中微量肥料的

应用也越来越普遍^[2-4]。研究表明, 适量施用铁肥和锌肥可以改善旱作农业区马铃薯的光合特性, 提高马铃薯干物质积累量和产量, 增加块茎的铁、锌含量^[5-6]。吕慧峰等^[7]研究表明, 增施硫酸镁 25 kg/hm²、硫酸锌 30 kg/hm²、硫酸锰 15 kg/hm²、

收稿日期: 2024-10-29; 修订日期: 2024-12-29

基金项目: 宁夏回族自治区2024年青年科技人才托举工程项目(宁科协发组字[2025]2号)。

作者简介: 朱勇臣(1976—), 男, 宁夏海原人, 高级农艺师, 主要从事基层农业技术推广应用工作。Email: 1968037631@qq.com。

通信作者: 翟雪宁(1992—), 女, 宁夏隆德人, 主要从事基层农业技术推广应用工作。Email: 1227528239@qq.com。

硼砂 15 kg/hm² 可显著提高马铃薯产量, 增加土壤的养分含量, 改善土壤肥力水平。另有研究发现, 基施锌肥能减轻马铃薯土传枯萎病和黑痣病的发病率和病情指数, 同时降低收获后的病薯率, 提高商品薯率, 增加马铃薯经济产量^[8]。随着生产中马铃薯产量的提高, 作物从土壤中带走的微量元素愈来愈多, 造成土壤微量元素含量逐渐下降, 严重影响作物的产量和品质^[9]。为此, 我们开展镁、锌、锰肥分别基施和基施 + 喷施的试验, 筛选适合宁夏中部干旱带马铃薯的施镁、锌、锰肥的方式, 以期为马铃薯提质增产提供技术支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地设在海原县海城镇段塬村, 当地土层深厚疏松, 保肥保水性能较好。土壤类型为黑垆土, 质地壤土, 土壤肥力低, 前茬作物为玉米, 当地长期以春季施肥为主, 一般秋季不施肥或少施肥。基肥施用前土壤含全盐 0.25 g/kg、有机质 11.50 g/kg、全氮 0.58 g/kg、碱解氮 48.00 mg/kg、速效磷 8.30 mg/kg、速效钾 157.00 mg/kg、有效镁 0.42 mg/kg、有效锌 0.70 mg/kg、有效锰 4.06 mg/kg, pH 8.5。

1.2 供试材料

指示马铃薯品种为当地主栽品种青薯 9 号 (宁夏中卫市科丰薯业有限公司提供)。试验肥料为尿素 (N \geq 46%, 中国石油天然气股份有限公司宁夏石化分公司)、重过磷酸钙 (P₂O₅ \geq 46%, 云南云天化股份有限公司)、硫酸钾 (K₂O \geq 50%, 四川川化青上化工有限公司), 商品有机肥 (有机质 \geq 30%、N+P₂O₅+K₂O \geq 4%, 宁夏玉泉实业集团有限公司), 硫酸锌 (Zn \geq 34%)、硫酸锰 (Mn \geq 33%)、

硫酸镁 (Mg \geq 16%), 均由宁夏荣和绿色科技有限公司生产。

1.3 试验方法

试验采用单因素随机区组设计, 共设 7 个处理, 3 次重复, 小区面积 40 m² (10 m \times 4 m), 具体试验设计见表 1。前茬作物收获后进行深耕, 耕翻深度 30 cm 以上, 种植 3 垄 6 行马铃薯, 采用宽窄行种植, 宽行距 80 cm, 窄行距 50 cm, 株距 20 cm, 种植密度 45 000 株/hm²。按照当地马铃薯 30 000 kg/hm² 产量水平, 根据当地土壤测试分析, 播种前基施尿素 450 kg/hm²、重过磷酸钙 225 kg/hm²、硫酸钾 60 kg/hm²、商品有机肥 3 000 kg/hm², 在常规施肥基础上按试验设计施用微肥, 其他管理措施同大田一致。

试验于 5 月 2 日进行机械整地; 5 月 7 日按试验设计用量混匀撒施旋耕; 5 月 13 日抢墒起垄覆膜; 5 月 14 日人工打孔种植, 孔深 10~15 cm, 播后及时用土封严播种孔; 6 月 8 日放苗; 分别于 6 月 26 日、8 月 5 日人工除草 1 次; 8 月 2 日、8 月 11 日进行病虫害防治, 用 0.3% 丁子香酚可溶液剂 150 倍液防治马铃薯早晚疫病; 9 月 28 日收获。每小区单独收获、称重, 实收计产。

1.4 施肥方法

将试验设计用量的有机肥与微肥混匀撒施旋耕, 其他肥料机械播种。后期喷施的微肥按照各处理要求的稀释浓度和用量选择晴天 10:00 时前后喷肥, 避免高温时段喷肥。喷施时各小区用塑料薄膜严格隔护, 喷施不同微肥时先将肥液桶、喷肥管和喷头用清水反复冲洗干净。不施微肥 (CK)、基施锌肥 (T1)、基施锰肥 (T3)、基施镁肥 (T5) 处理同时喷施清水, 且各处理喷施水量保持

表 1 试验各处理

处理	施肥方式	基施用量 (kg/hm ²)	喷施方法及用量
CK	不施微肥	0	喷施清水
T1	基施锌肥	37.5	喷施清水
T2	基施+喷施锌肥	37.5	硫酸锌 2.5 kg/hm ² 兑水 750 kg, 于初花期开始喷施, 每隔 7 d 喷施 1 次, 连喷 3 次。
T3	基施锰肥	45.0	喷施清水
T4	基施+喷施锰肥	45.0	硫酸锰 2.5 kg/hm ² 兑水 750 kg, 于初花期开始喷施, 每隔 7 d 喷施 1 次, 连喷 3 次。
T5	基施镁肥	75.0	喷施清水
T6	基施+喷施镁肥	75.0	硫酸镁 2.5 kg/hm ² 兑水 750 kg, 于初花期开始喷施, 每隔 7 d 喷施 1 次, 连喷 3 次。

一致。

1.5 测定指标与方法

在马铃薯生长过程中，分别调查不同处理的出苗率、主茎数、株高；播种后每 5 d 观察出苗情况，出苗结束后统计出苗率^[3]，出苗率 = 出苗数 / 播种数 × 100%。每处理随机抽取 2 个样点，每样点选 10 株测量株高，观察主茎数，取平均值。收获时测定单株结薯数、单株薯重，收获后测定各处理块茎碳水化合物和蛋白质含量。马铃薯碳水化合物以食品总质量为 100，减去蛋白质、脂肪、水分、灰分的质量计算得出^[10]；蛋白质含量测定执行 GB 5009.5—2016 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定^[11]。

1.6 数据处理与分析

使用 Excel 2016 整理数据和作图，采用 SPSS 26.0 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理马铃薯生育期

由表 2 可以看出，与 CK 相比，不同施肥处理马铃薯生育期延长了 1~4 d。其中 T1、T3、T5 处理生育期均为 138 d，较 CK 延长 1 d；T2、T4 处理生育期均为 140 d，较 CK 延长 3 d；T6 处理生育期最长，为 141 d，较 CK 延长 4 d。

2.2 不同处理马铃薯出苗率及生长指标

由表 3 可以看出，不同施肥处理对马铃薯出苗均无影响，对其生长指标有一定影响。各施微肥处理主茎数均较 CK 多 0.1 个，但无显著差异；株高均显著高于 CK，T1、T2、T3、T4、T5、T6 处理株高较 CK 分别增加了 0.68%、2.17%、3.67%、3.12%、3.53%、2.85%；其中 T3、T5 处理的株高显著高于其他处理，分别为 76.3、76.2 cm。单株结薯数以 T4 处理最高，为 6.5 个，显著

表 3 不同处理马铃薯出苗率及生长指标

处理	出苗率 /%	主茎数 / (个/株)	株高 /cm	单株结薯数 /个	单株薯重 /kg
CK	100	1.1 a	73.6 f	6.0 b	0.67 d
T1	100	1.2 a	74.1 e	5.8 b	0.62 e
T2	100	1.2 a	75.2 d	5.6 b	0.76 b
T3	100	1.2 a	76.3 a	5.3 c	0.63 e
T4	100	1.2 a	75.9 bc	6.5 a	0.86 a
T5	100	1.2 a	76.2 ab	5.8 b	0.74 bc
T6	100	1.2 a	75.7 cd	4.6 d	0.72 c

高于其他处理，较 CK 增加 8.33%；CK、T1、T2、T5 处理间无显著差异，显著高于 T3、T6 处理。T4、T2、T5、T6 处理单株薯重均显著高于 CK，分别较 CK 增加 28.36%、13.43%、10.45%、7.46%；其中单株薯重以 T4 处理最高，为 0.86 kg，显著高于其他处理；其次为 T2 处理，为 0.76 kg，与除 T5 处理外的其他处理均差异显著。

2.3 不同处理马铃薯产量

由图 1 可知，不同施肥处理对马铃薯折合产量有明显影响，各处理间均存在显著差异。施肥处理折合产量均显著高于 CK (30 904.5 kg/hm²)，其中 T4 处理最高，为 36 819.0 kg/hm²，较 CK 增产

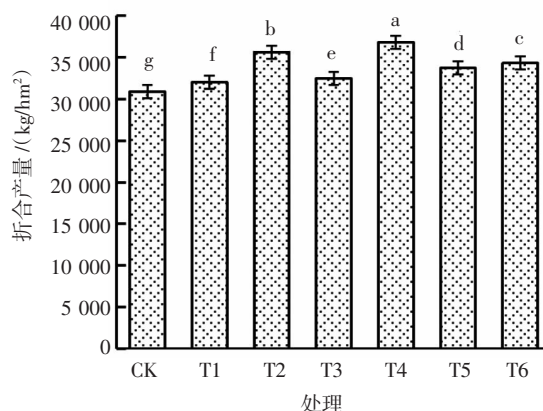


图 1 不同处理马铃薯的产量

表 2 不同处理马铃薯生育期

处理	物候期/(日/月)							全生育期 /d
	播种期	出苗期	团棵期	现蕾期	初花期	盛花期	成熟期	
CK	14/5	10/6	30/6	12/7	23/7	31/7	27/9	137
T1	14/5	10/6	30/6	12/7	23/7	31/7	28/9	138
T2	14/5	10/6	30/6	12/7	23/7	2/8	30/9	140
T3	14/5	10/6	30/6	12/7	23/7	31/7	28/9	138
T4	14/5	10/6	30/6	12/7	23/7	2/8	30/9	140
T5	14/5	10/6	30/6	12/7	23/7	31/7	28/9	138
T6	14/5	10/6	30/6	12/7	23/7	3/8	1/10	141

19.14%; 其次是 T2、T6 处理, 分别为 35 619.0、34 315.5 kg/hm², 较 CK 分别增产 15.25%、11.04%, 增产效果显著。另外, T2 处理较 T1 处理显著增产 11.26%, T4 处理较 T3 处理显著增产 13.40%, T6 处理较 T5 处理显著增产 1.78%, 说明基施 + 喷施锌肥、锰肥、镁肥的增产效果均优于基施锌肥、锰肥、镁肥。

2.4 不同处理马铃薯块茎碳水化合物和蛋白质含量

由图 2 可知, 不同施肥处理对马铃薯块茎碳水化合物含量有明显影响, 各处理由大到小依次为 T4、T2、T5、T1、CK、T6、T3; 其中 T4、T2、T5、T1 处理分别为 166、163、156、152 g/kg, 处理间均存在显著差异, 较 CK 分别增加 21.17%、18.98%、13.87%、10.95%, 显著高于其他处理; CK、T3、T6 处理间差异不显著。蛋白质含量以 T2 处理最高, 为 19.4 g/kg, 与 T1、T4 处理差异不显著; T4 处理显著高于 T3 处理; T6 处理高于 T5 处理, 但差异不显著。由此可知, T2、T4 处理的马铃薯块茎品质整体优于其他处理。

2.5 不同处理马铃薯生产经济效益

由表 4 可以看出, 不同施肥处理生产投入、总收入、纯收入及产投比均高于 CK, 且各中微量元素肥料以基施 + 喷施方式施肥处理下马铃薯总收入、纯收入及产投比均高于对应肥料基施处理下的经济效益。各施肥处理总收入较 CK 高 2 220 ~ 11 829 元/hm², 其中以 T4 处理最高, 为 73 638 元/hm²; T2 处理较高, 为 71 238 元/hm²。施用锌、锰、镁中微量元素肥料可以提高马铃薯纯收入, 较 CK 提高 1 470 ~ 10 779 元/hm²; 其中以 T4 处理的纯收入最高, 达 49 974 元/hm², 较 T3 处理增收 8 552 元/hm²; T2 处理较高, 纯收入

表 4 不同处理马铃薯的经济效益^①

处理	生产投入 /(元/hm ²)	总收入 /(元/hm ²)	纯收入 /(元/hm ²)	产投比
CK	22 614	61 809	39 195	2.73
T1	23 364	64 029	40 665	2.74
T2	23 514	71 238	47 724	3.03
T3	23 514	64 936	41 422	2.76
T4	23 664	73 638	49 974	3.11
T5	24 114	67 431	43 317	2.80
T6	24 264	68 631	44 367	2.83

①生产投入中种子、农药、基肥、地膜、用工投入相同, 均为 22 614 元/hm²; 硫酸锌、硫酸锰、硫酸镁均为 20 元/kg; 马铃薯售价 2 元/kg。

为 47 724 元/hm², 较 T1 处理增收 7 059 元/hm²; T6 处理位居第 3, 纯收入为 44 367 元/hm², 较 T5 处理增收 1 050 元/hm²。各施肥处理产投比较 CK 提高了 0.01 ~ 0.38, 其中 T4 处理产投比最高, 为 3.11; T2 处理产投比较高, 为 3.03。

3 讨论与结论

微量元素锌是参与马铃薯叶绿素合成的必需元素; 锰在光合作用中参与水的光解, 是叶绿体的构成成分, 通过参与植物的光合作用、呼吸作用以及其他代谢过程, 影响马铃薯生长、产量、品质^[12-13]。曹玉贤等^[14]研究发现土施、喷施及土施 + 喷施锌肥能提高小麦籽粒锌含量和小麦籽粒锌携出量, 土施 + 喷施锌肥可提高籽粒锌含量 83%, 在小麦生长后期喷施锌肥对改善小麦锌营养品质有较好作用, 与本试验中基施 + 喷施微肥的增产、增收效果优于基施的结论相符。

叶面喷施铁、锌、锰微量元素可以促进马铃薯植株的生长发育, 提高马铃薯的产量和品质^[15]。罗磊等^[16]研究表明在现蕾期、开花期、块茎膨大期喷施硫酸锌和现蕾期喷施硫酸锰能使马铃薯产量增加 18.4% ~ 25.7%。孙小龙等^[17]研究表明, 施用

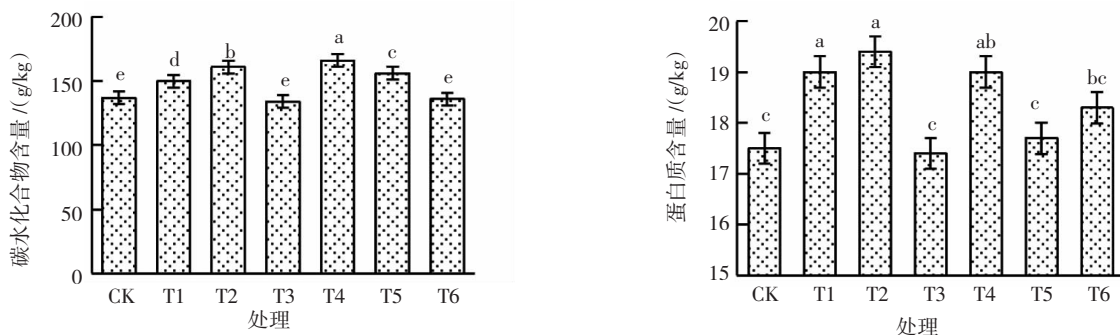


图 2 不同处理马铃薯块茎碳水化合物和蛋白质含量

锌肥可以显著提升马铃薯的品质。马振勇等^[18]研究表明,施用锌肥能够增加马铃薯块茎中Vc、游离氨基酸及淀粉含量,降低马铃薯块茎中还原糖的含量。另有研究表明,低浓度锰处理可以提高马铃薯的株高和叶面积,增强马铃薯的光合作用^[19-21]。本试验通过对不同施微肥处理下马铃薯生育期、地上部生长、块茎生长、产量、蛋白质含量、碳水化合物含量及总体经济效益的分析,结果显示,基施+喷施锌肥、锰肥对马铃薯的地上部生长和块茎生长效果优于基施锌肥、锰肥;基施+喷施微肥的增产、增收效果优于基施微肥,其中基施锌肥 37.5 kg/hm²+喷施锌肥 2.5 kg/hm²比基施锌肥 37.5 kg/hm²增产 11.26%,增收 7 059 元/hm²,基施锰肥 45.0 kg/hm²+喷施锰肥 2.5 kg/hm²比基施锰肥 45.0 kg/hm²增产 13.40%,增收 8 552 元/hm²,基施镁肥 75.0 kg/hm²+喷施镁肥 2.5 kg/hm²比基施镁肥 75.0 kg/hm²增产 1.78%,增收 1 050 元/hm²;基施锰肥 45.0 kg/hm²+喷施锰肥 2.5 kg/hm²处理的马铃薯单株块茎数(6.5 个)、单株薯重(0.86 kg)、产量(36 819 kg/hm²)、碳水化合物含量(166 g/kg),和经济效益(49 974 元/hm²)均高于其他处理,提质增产效果最佳。总体来说,锌、锰、镁这 3 种中微肥的基施+喷施效果优于基施,建议农业生产中锌、锰、镁的补充采用基施+喷施的方式。

参考文献:

- [1] 海原县委宣传部. 宁夏海原县: 围绕马铃薯“六大体系”建设 加快产业高质量发展[EB/OL]. (2023-09-22). <http://nx.people.com.cn/n2/2023/0922/c408323-40581780.html>.
- [2] 刘桂东, 姜存仓, 石磊, 等. 我国微量元素肥料研究及应用的历程与展望[J]. 植物营养与肥料学报, 2024, 30(9): 1794-1811.
- [3] 陈泽彬, 石玲艳, 贺靖波, 等. 叶面喷施铁肥对马铃薯农艺、产量及品质性状的影响研究[J]. 安徽农学通报, 2023, 29(7): 46-48.
- [4] 霍琳, 马前瑞, 杨思存, 等. 盐渍条件下不同施锌量对玉米幼苗生长和锌形态转化的影响[J]. 寒旱农业科学, 2022, 1(2): 154-160.
- [5] 惠领领, 谢军红, 李玲玲, 等. 铁锌肥对陇中旱农区马铃薯光合特性和产量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2023, 58(2): 68-76.
- [6] 袁辉, 惠领领, 谢军红, 等. 铁、锌肥对马铃薯产量、品质及土壤养分的影响[J]. 中国农学通报, 2024, 40(12): 15-21.
- [7] 吕慧峰, 王小晶, 陈怡, 等. 中微量元素肥料对马铃薯产量、品质和土壤肥力的影响[J]. 陕西农业科学, 2010, 56(5): 21-24.
- [8] 谢奎忠, 孙小花, 罗爱花, 等. 基施锌肥对长期连作马铃薯抗病性相关酶活性、土传病害和产量的影响[J]. 作物杂志, 2022(4): 154-159.
- [9] 周春涛, 张茹艳, 石铭福, 等. 铁肥形态对马铃薯块茎内源激素、产量及品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(4): 42-49.
- [10] 刘丽. 食品中碳水化合物的测定[J]. 企业标准化, 2007(7): 31.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理局, 2016.
- [12] 王海泉, 朱继强, 汪建学, 等. 微量元素与植物生长调节剂配合对马铃薯生理指标及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2005(5): 19-21.
- [13] 朱永永, 赵婧, 赵贵宾, 等. 旱作区富锌马铃薯绿色高质高效生产技术[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(2): 145-147.
- [14] 曹玉贤, 田霄鸿, 杨习文, 等. 土施和喷施锌肥对冬小麥子粒锌含量及生物有效性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(6): 1394-1401.
- [15] 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.
- [16] 罗磊, 李亚杰, 黄凯, 等. 不同增施微肥方式对马铃薯块茎产量和 Zn、Fe 含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(2): 152-156; 206.
- [17] 孙小龙, 王延明, 张春红, 等. 不同锌肥对旱作马铃薯植株锌的吸收、积累与分配的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 72-78.
- [18] 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.
- [19] 宋志荣. 施锰对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2005(3): 222-223.
- [20] 贾景丽, 周芳, 赵娜, 等. 硫酸锰浸种对马铃薯产量和品质的影响[J]. 河南农业科学, 2009(11): 35-37.
- [21] 张振洲, 贾景丽, 周芳, 等. B、Mn、Zn 对马铃薯产量和品质的影响[J]. 辽宁农业科学, 2011(1): 7-10.