

山旱区有机肥的施用对马铃薯干物质积累及产量的影响

周维秀¹, 吴征¹, 纳添仓^{1,2,3}, 郭恒^{1,2,3*}

(1. 青海大学农林科学院, 青海西宁 810016; 2. 青海省农林科学院/青海省马铃薯育种重点实验室, 青海西宁 810016; 3. 青海大学省部共建三江源生态与高原农牧业国家重点实验室/青藏高原生物技术教育部重点实验室, 青海西宁 810016)

摘要 为了研究青海山旱地有机肥不同施用量对青海主栽品种“青薯9号”和“下寨65”干物质分配及产量的影响, 明确该地区有机肥最佳施用量, 为提高马铃薯栽培水平及农户种植效益提供理论依据。于2021年开展有机肥不同施用量试验, 施肥水平为9 000 kg/hm² (T₁)、7 500 kg/hm² (T₂)、6 000 kg/hm² (T₃)、4 500 kg/hm² (T₄)、3 000 kg/hm² (T₅), 测试其不同处理不同生育期马铃薯总干物质积累、各个器官干物质分配量及产量。结果表明, 2个主栽品种在不同生育期干物质积累量呈先增加后降低的趋势, 现蕾期至膨大期干物质增长速率最大; 有机肥使用量为4 500 kg/hm², 2个品种在膨大期积累量均达到最大值。为了获得高产与高效, 推荐有机肥施用量4 500 kg/hm², 主导品种较其他处理增产较显著, 较T₅处理分别增产46.05%和45.70%, 并获得最高的经济效益。

关键词 马铃薯; 有机肥; 干物质; 产量

中图分类号 S532 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)10-0139-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.10.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Organic Fertilizer Application on Potato Dry Matter Accumulation and Yield

ZHOU Wei-xiu¹, WU Zheng¹, NA Tian-cang^{1,2,3} et al (1. Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016; 2. Key Laboratory of Potato Breeding, Qinghai Province/Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Xining, Qinghai 810016; 3. Key Laboratory of Qinghai-Tibetan Plateau Biotechnology (Qinghai University), Ministry of Education, State Key Laboratory of Plateau Ecology and Agriculture, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016)

Abstract In order to study the effects of different application rates of organic fertilizers on the dry matter distribution and yield of the main Qinghai cultivars ‘Qingshu 9’ and ‘Xiashai 65’, and to clarify the optimal application rate of organic fertilizers in this area, in order to provide theoretical basis for improving the level of potato cultivation and farmers planting benefits. The test was carried out in 2021 with different application rates of organic fertilizers. The fertilizer levels were 9 000 kg/hm² (T₁), 7 500 kg/hm² (T₂), 6 000 kg/hm² (T₃), 4 500 kg/hm² (T₄), 3 000 kg/hm² (T₅), to test the accumulation of total dry matter, the distribution of dry matter of each organ and the yield of potatoes in different growth stages of different treatments. The results showed that the dry matter accumulation of the two main cultivars in different growth stages showed a trend of first increase and then decrease, and the growth rate of dry matter was the largest from bud stage to expansion stage. The amount of organic fertilizer used was 4 500 kg/hm², and both varieties had reached their maximum accumulation during the expansion period. In order to achieve high yield and efficiency, it was recommended to apply 4 500 kg/hm² of organic fertilizer. The dominant variety had a significant increase in yield compared to other treatments, with an increase of 46.05% and 45.70% respectively compared to T₅ treatment, and achieved the highest economic benefits.

Key words Potato; Organic fertilizer; Dry matter; Yield

马铃薯作为我国第四大粮食作物, 对我国粮食安全具有重要意义^[1-2]。青海省地处高寒冷凉山区, 日照时间长、昼夜温差大、自然隔离条件好, 马铃薯块茎大、整齐、干物质含量高, 表皮光滑、退化轻, 是种薯生产的天然家园^[3]。马铃薯产业已成为青海的特色及支柱产业, 尤其在干旱山区, 对发展当地农村经济、增加农民收入、保障粮食安全及调整种植业结构均起着重要作用^[4]。

近年来, 青海为贯彻新发展理念, 将青海打造成绿色有机农畜产品输出地, 实现化肥减量增效措施^[5-6]。目前实施化肥减量增效措施, 主要通过研究有机肥使用, 由于有机肥富含多种有机酸、肽类以及包括氮、磷、钾在内的丰富的营养元素, 不仅能为农作物提供全面营养, 而且肥效长, 可增加和更新土壤有机质, 促进微生物繁殖, 改善土壤的理化性质和生物活性, 因此使用有机肥不仅可以提高马铃薯产量, 还改善马铃薯品质^[7-9], 目前在青海不同生态区有机肥的施用量

对马铃薯生长及经济效益的影响鲜见报道, 该试验种植区域属于青海马铃薯生产的主要生态区, 对农户种植效益有很大影响, 为此, 笔者以当地主导品种为试验材料, 研究有机肥施用量对马铃薯产量及经济效益的影响, 以期山旱区有机肥的施用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验于2021年5月5日在青海省西宁市(青海省农林科学院试验地)进行播种, 试验地前茬作物为马铃薯, 有机肥为青海省有机肥料厂生产, 养分含量为(N+P₂O₅+K₂O)≥5%, 有机质≥45%)。供试马铃薯品种为“青薯9号”和“下寨65”。“青薯9号”(晚熟品种, 生育期为120 d左右, 芽眼浅, 红皮黄肉); “下寨65”(中早熟品种, 生育期为96 d左右, 芽眼较深, 黄皮白肉)。播前土壤基本养分: 全氮0.7 g/kg, 全磷1.4 g/kg, 全钾23.34 g/kg, 速效氮57 mg/kg, 速效磷28.4 mg/kg, 速效钾122 mg/kg, 有机质8.66 g/kg, pH 8.1。根据测试结果, 速效氮含量中等, 速效磷含量较高, 速效钾中等; 综合分析, 该地基础肥力中等偏上。

1.2 试验设计 采用完全随机区组排列, 5个处理, 3次重复, 小区面积21 m²; 试验处理及施肥水平为9 000 kg/hm²

基金项目 现代农业产业技术体系(CARS-9)。

作者简介 周维秀(1995—), 女, 东乡族, 甘肃永靖人, 硕士研究生, 研究方向: 马铃薯高效栽培技术。*通信作者, 助理研究员, 博士, 从事马铃薯高效栽培技术及氮素高效利用品种选育研究。

收稿日期 2022-06-14

(T_1)、7 500 kg/hm² (T_2)、6 000 kg/hm² (T_3)、4 500 kg/hm² (T_4)、3 000 kg/hm² (T_5), 施肥量按照试验设计要求, 混合均匀后一次性基施, 其他栽培措施和管理条件同当地马铃薯生产管理一致。“青薯 9 号”种植密度为 40 500 株/hm², 株距 42 cm, 行距 70 cm, 每小区种植 6 行; “下寨 65”种植密度为 49 500 株/hm², 株距 33 cm, 行距 70 cm, 每小区种植 6 行。

1.3 样品的采集与测定 在马铃薯主要生育期(苗期、现蕾期、盛花期、膨大期和成熟期), 各小区选取代表性植株 3 株, 进行破坏性取样。先将植株用清水冲净, 滤纸吸干后, 在烘箱内 105 ℃ 杀青 30 min, 然后在 80 ℃ 烘干至恒重取出, 称量各器官干重。

马铃薯成熟后, 于 2020 年 10 月 11 日收获, 收获整个小区全部的块茎, 并且每小区单独进行分级、计数、称重, 并计算总产量。

1.4 数据处理 采用 Excel 对试验数据进行统计与图表制作, DPS 2005 对数据进行独立样本 T 检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对植株干物质积累的影响 由图 1 可知, 在整个生育期, “青薯 9 号”马铃薯干物质积累呈先增加后减小的趋势, 且在膨大期达到最大值; 自苗期至现蕾期, 各处理间干物质积累量差异不明显; 现蕾期至成熟期, 各处理间干物质积累的差异逐渐增大, 且在膨大期, T_4 处理的干物质积累达到最大值, 而其余各处理间无明显差异。

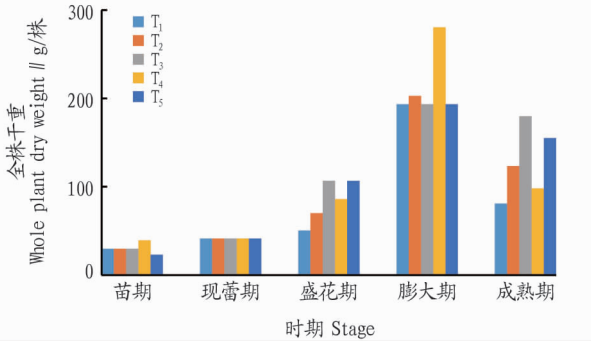


图 1 不同处理对“青薯 9 号”植株干物质积累的影响

Fig.1 Effects of different treatments on dry matter accumulation of 'Qingshu 9' plants

由图 2 可知, 从苗期至膨大期, “下寨 65”植株干物质积累量逐渐增加; 从膨大期至成熟期, 干物质积累量又逐渐减

小; 在膨大期, T_4 处理的干物质积累量迅速增加且达到最大值, 其次是 T_5 , 而 T_3 处理的干物质积累量最低。

“青薯 9 号”和“下寨 65”在整个生育期的干物质积累的趋势均呈先增加后下降的趋势, 且在膨大期达到最大值; 其中 T_4 处理“青薯 9 号”和“下寨 65”的干物质积累量最大。这说明有机肥的合理施用, 能够显著提高马铃薯植株的干物质积累量, 特别是结薯后期的干物质积累量, 为马铃薯块茎产量形成提供物质基础。

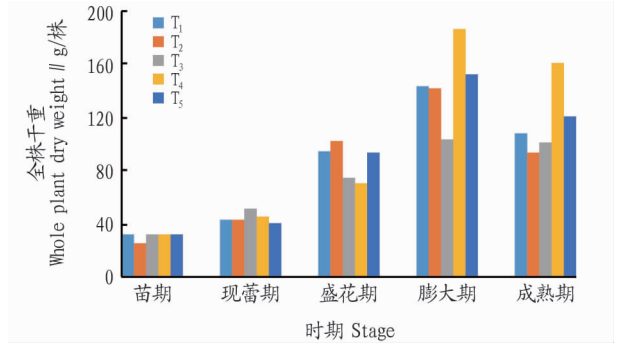


图 2 不同处理对“下寨 65”植株干物质积累的影响

Fig.2 Effects of different treatments on dry matter accumulation of 'Xiazhai 65' plants

2.2 不同处理对马铃薯各器官干物质分配的影响 从表 1 可以看出, 不同有机肥施用量对“青薯 9 号”根干质量占总植株干质量比例从苗期至成熟期逐渐减低, 且从苗期的 19.55%~30.61%降低到成熟期的 2.59%~4.79%。在整个生育期内, 茎干质量占总植株干质量比例总体上呈先增加后降低的趋势, 且在盛花期达到最大, 为 31.27%~41.09%。而叶片所占干物质比例由苗期的 36.76%~45.47%增加到现蕾期的 40.47%~49.16%, 说明在这一时期, 马铃薯干物质分配以叶片为主, 而现蕾期过后, 干物质积累又从 40.47%~49.16%降低到成熟期的 7.27%~18.54%。在膨大期马铃薯块茎占总植株干物质的比重增大, 而根茎叶干物质所占总植株干物质的比例下降。从膨大期到成熟期, 块茎干质量迅速增加, 占总植株干物质比例增加到 47.39%~71.54%。说明随着生长中心的转移, 干物质分配由前期的根茎叶转移至块茎。有机肥的不同施用量对马铃薯干物质的分配有不同的影响, 膨大期至成熟期, 各处理中块茎干质量分配率较 T_5 处理有所增高, 其中 T_4 处理增幅最大。

表 1 不同处理对“青薯 9 号”干物质分配比率的影响

Table 1 Effects of different treatments on the dry matter distribution ratio of 'Qingshu No.9'

单位: %

处理 Treatment	器官 Organ	苗期 Seedling stage	现蕾期 Budding stage	盛花期 Full bloom stage	膨大期 Swollen stage	成熟期 Ripe stage
T_1	根	27.33	11.19	8.59	3.90	2.59
	茎	32.98	33.53	35.88	35.69	18.60
	叶	39.69	45.25	21.71	21.60	7.27
	块茎	0	10.03	33.82	38.81	71.54
T_2	根	30.02	7.22	6.56	5.11	3.94
	茎	30.52	33.06	33.26	30.28	25.60
	叶	39.46	43.20	32.40	32.36	11.98
	块茎	0	16.52	27.78	32.25	58.48

接下表

续表 1

处理 Treatment	器官 Organ	苗期 Seedling stage	现蕾期 Budding stage	盛花期 Full bloom stage	膨大期 Swollen stage	成熟期 Ripe stage
T ₃	根	28.04	7.37	5.97	4.78	3.50
	茎	28.96	30.66	31.27	30.32	26.04
	叶	43.00	45.16	42.21	24.99	12.49
	块茎	0	16.81	20.55	39.91	57.97
T ₄	根	19.55	7.46	6.69	3.63	3.04
	茎	34.98	36.58	41.09	39.54	18.52
	叶	45.47	49.16	30.97	30.27	9.37
	块茎	0	6.80	21.25	26.56	69.07
T ₅	根	30.61	5.62	5.07	4.91	4.79
	茎	32.63	33.11	36.05	30.88	29.28
	叶	36.76	40.47	35.67	28.03	18.54
	块茎	0	20.80	23.21	36.18	47.39

有机肥施用量对“下寨 65”植株干物质分配比率的影响见表 2。由表 2 可知,随着生育期的推进,根干质量占总植株干质量的比例从苗期至膨大期逐渐降低,而膨大期至成熟期又开始增大。茎干质量占总植株干质量比例由苗期的 39.01%~41.42%降低至成熟期的 21.66%~32.37%。叶片所占干物质比例由苗期的 41.02%~42.43%增加到现蕾期的

41.29%~43.53%,从现蕾期至成熟期呈下降趋势。在整个生育期,各处理块茎干质量占总植株干质量逐渐增大,然后慢慢趋于稳定,在成熟期达到最大值。在现蕾期,各处理块茎所占干物质比例以 T₅ 处理最高, T₃ 处理最低;在盛花期, T₅ 处理最高, T₃ 处理次之;在膨大期和成熟期, T₃ 处理和 T₅ 处理块茎所占干物质比例高于其他处理。

表 2 不同处理对“下寨 65”干物质分配比率的影响

Table 2 Effects of different treatments on dry matter distribution ratio of 'Xiashai 65'

单位: %

处理 Treatment	器官 Organ	苗期 Seedling stage	现蕾期 Budding stage	盛花期 Full bloom stage	膨大期 Swollen stage	成熟期 Ripe stage
T ₁	根	16.95	9.79	5.40	3.58	8.82
	茎	41.42	29.63	26.57	28.25	28.48
	叶	41.63	42.22	23.54	22.47	16.61
	块茎	0	18.36	44.49	45.70	46.09
T ₂	根	17.20	5.97	4.08	3.63	6.94
	茎	41.35	33.75	28.33	38.22	27.25
	叶	41.45	41.81	27.63	17.50	19.48
	块茎	0	18.46	39.96	40.65	46.33
T ₃	根	18.34	5.88	4.42	3.91	5.14
	茎	39.23	35.75	19.74	21.25	21.66
	叶	42.43	43.53	26.05	22.71	20.14
	块茎	0	14.84	49.79	52.13	53.06
T ₄	根	17.53	4.96	5.47	4.37	4.41
	茎	40.59	21.83	16.12	27.02	32.37
	叶	41.88	42.55	35.73	25.28	17.34
	块茎	0	30.66	42.68	43.33	45.88
T ₅	根	19.97	5.03	4.74	4.69	5.82
	茎	39.01	19.68	16.94	17.94	25.60
	叶	41.02	41.29	26.95	25.91	16.12
	块茎	0	34.00	51.37	51.46	52.46

2.3 不同处理对马铃薯产量的影响

2.3.1 最佳施肥量及产量。有机肥施用对“青薯 9 号”产量的影响见表 3。由表 3 可知, T₄ 处理的平均产量最高, 达 44 314 kg/hm², 与 T₅ 相比, 增产率达 46.05%; 其次是 T₁ 处理和 T₂ 处理, 较 T₅ 增加了 30.47% 和 19.53%; 而 T₃ 处理的产量最低, 为 29 539 kg/hm², 与 T₅ 相比, 减产了 2.64%; T₂、T₃、T₄、T₅ 处理间达显著差异 ($P < 0.05$); 与 T₅ 相比, 施 4 500 kg/hm² 有机肥 (T₄) 增产高达 46.05%。说明有机肥施用量为 4 500 kg/hm² 时, “青薯 9 号”的增产效果最好。由此可知, 有机肥对马铃薯产量具有显著影响, 但有机肥的合理施用才是增产增收的关键。

有机肥施用对“下寨 65”产量的影响见表 4。由表 4 可知, 平均产量从高到低依次为 T₄、T₁、T₂、T₃、T₅。平均产量最高的是施有机肥 4 500 kg/hm² (T₄), 为 30 434 kg/hm², 与 T₅ 相比增产率高达 45.70%; 其次为施有机肥 9 000 kg/hm² (T₁), 产量为 27 917 kg/hm², 与 T₅ 相比增产率为 33.65%; 然后是施有机肥 7 500 kg/hm² (T₂), 产量为 26 260 kg/hm², 与 T₅ 相比增产率为 25.72%; 施有机肥 5 000 kg/hm² (T₃) 时产量为 24 281 kg/hm², 与 T₅ 相比增产率为 16.24%。说明增加有机肥的施用量, 能增加“下寨 65”的产量, 但增产效果不一。综上所述, 在一定范围内, 增施有机肥可显著提高马铃薯产量。

表3 不同处理对“青薯9号”产量的影响

Table 3 Effects of different treatments on the yield of 'Qingshu No.9'

处理 Treatment	小区平均产量 Plot yield kg	平均产量 Average yield kg/hm ²	较 T ₅ 增加 Increased compared to T ₅ //%
T ₁	83.13	39 587 ab	30.47
T ₂	76.16	36 266 b	19.53
T ₃	62.03	29 539 c	-2.64
T ₄	93.06	44 314 a	46.05
T ₅	63.72	30 341 c	—

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different small letters in the same column mean significant difference between treatments at 0.05 level.

由此可知,有机肥对“青薯9号”和“下寨65”产量的影响效果最显著的是 T₄ 处理,其次是 T₁。但同一处理对“青薯9号”和“下寨65”产量的影响不同,在同一施肥水平下,“青薯9号”的产量比“下寨65”高。

2.3.2 经济效益。由表5可知,“青薯9号”的总产值和经济效益都表现为 T₄>T₁>T₂>T₅>T₃; T₄ 处理肥料投入成本比 T₁

处理低,从纯收入来看, T₄ 处理的纯收入比 T₁ 处理高; T₂ 处理经济效益为 22 519 元/hm²,较 T₅ 提高了 8.21%; T₃ 处理的总产值和经济效益最低,经济效益较 T₅ 减少了 21.93%。说明合理施用有机肥不仅可以节约肥料成本,还可以明显提高“青薯9号”的经济效益。

表4 不同处理对“下寨65”产量的影响

Table 4 Effects of different treatments on yield of 'Xiazhai 65'

处理 Treatment	小区平均产量 Plot yield kg	平均产量 Average yield kg/hm ²	较 T ₅ 增加 Increased compared to T ₅ //%
T ₁	58.63	27 917 ab	33.65
T ₂	55.15	26 260 abc	25.72
T ₃	50.99	24 281 bc	16.24
T ₄	63.91	30 434 a	45.70
T ₅	43.87	20 888 c	—

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。

Note: Different small letters in the same column mean significant difference between treatments at 0.05 level.

表5 “青薯9号”的经济效益

Table 5 Economic benefits of 'Qingshu No.9'

处理 Treatment	总产值 Gross output value//元/hm ²	肥料成本 Fertilizer cost//元/hm ²	人工费 Labor cost 元/hm ²	经济效益 Economic benefits//元/hm ²	较 T ₅ 增收 Increased compared to T ₅ //%
T ₁	47 505	10 800	12 000	24 705	18.72
T ₂	43 519	9 000	12 000	22 519	8.21
T ₃	35 447	7 200	12 000	16 247	-21.93
T ₄	53 177	5 400	12 000	35 777	71.92
T ₅	36 410	3 600	12 000	20 810	—

表6 “下寨65”的经济效益

Table 6 Economic benefits of 'Xiazhai 65'

处理 Treatment	总产值 Gross output value//元/hm ²	肥料成本 Fertilizer cost//元/hm ²	人工费 Labor cost 元/hm ²	经济效益 Economic benefits//元/hm ²	较 T ₅ 增收 Increased compared to T ₅ //%
T ₁	33 501	10 800	12 000	10 701	13.05
T ₂	31 512	9 000	12 000	10 512	11.05
T ₃	29 137	7 200	12 000	9 937	4.98
T ₄	36 521	5 400	12 000	19 121	102.00
T ₅	25 066	3 600	12 000	9 466	—

由表6可知,“下寨65”的总产值和经济效益都表现为 T₄>T₁>T₂>T₃>T₅,虽然肥料投入增加,但所有施肥处理的总产值和经济效益均较 T₅ 处理高,说明施肥成本虽然增加,但有利于总产值和经济效益的增加。T₁ 和 T₄ 处理的总产值相差不大,但由于 T₁ 处理的肥料成本比 T₄ 处理高,导致 T₁ 处理的经济效益比 T₄ 处理低; T₂ 和 T₃ 处理的经济效益分别为 10 512 和 9 937 元/hm²,较 T₅ 增加了 11.05% 和 4.98%。由此可知, T₄ 处理在节约肥料投入的同时,还能使“下寨65”的经济效益最大化。

3 结论与讨论

肥料是粮食生产的物质基础,肥料的合理使用既能满足作物需求,又能保证环境可持续发展^[10]。而生物有机肥是一种含有大量活微生物的肥料,可以发挥自生固氮或联合固

氮作用,可以溶解土壤中难溶化合物供给作物吸收或分泌生长激素,增加土壤向作物提供营养的能力,促进作物生长^[11-12]。

物质生产是作物产量形成的物质基础,干物质积累是物质生产的主要表现^[13-14]。该试验分析了5个有机肥施用量对“青薯9号”和“下寨65”干物质积累的影响,其中 T₄ 处理在膨大期对“青薯9号”和“下寨65”干物质积累的效果最明显。研究表明^[15-16],在一定的施肥量范围内,增施肥料可以增加植株干物质及养分积累量,该试验研究结果与其一致。在该试验中,马铃薯整个生育期干物质变化为苗期至盛花期,干物质积累缓慢增多,盛花期至膨大期迅速增加,膨大期之后干物质又开始下降。这与张亮等^[6,17-18]的研究结果一致,干物质积累量随生育进程呈先升后降“单峰”曲线变化趋

势,且在现蕾期以后迅速增加,在膨大期达到最大值。

干物质在作物生长发育的各重要时期会产生不同的变化,不同器官的分配状况与积累程度,可以明显反映植株的生长发育情况^[19]。该试验研究了有机肥对“青薯9号”和“下寨65”干物质分配的影响。结果表明,“青薯9号”和“下寨65”的干物质分配前期主要集中于根茎叶,盛花期之后以块茎为主,这说明在马铃薯生长前期,干物质的分配主要以扩大“源”为目的,块茎形成后,干物质的分配主要以扩大“库”为目的,这与前人的研究结果一致^[20-21]。但在同一时期,随着有机肥施用量的增加,块茎所占干物质比例没有明显变化,这与前人的研究结果不一致^[20],可能是该试验采用的有机肥是羊板粪,而何万春等^[20]选用的有机肥是生物有机肥。

柳玉乐^[22]研究发现,有机肥对马铃薯单株结薯数和单株薯重的增加有积极作用。该试验分析了5个有机肥施用量对“青薯9号”和“下寨65”产量的影响,结果表明, T_4 处理明显提高了“青薯9号”和“下寨65”的产量,其次是 T_1 处理和 T_2 处理。李艳宁等^[23]研究表明,合理施用有机肥,能够增加作物产量,该试验研究结果与其一致。但 T_3 处理使得“青薯9号”减产,可能原因是生长后期降水过多导致其减产。总体而言, T_4 处理的增产效果最好,说明在一定的施肥范围内,增施有机肥能促进马铃薯产量增加,但过量的施肥会对块茎的形成产生不利影响。施用有机肥可以增产,这与前人的研究结果一致^[24-29]。

由此可知,在研究马铃薯最佳有机肥施用量的问题时,需要考虑施肥成本,只有这样才能取得最优的经济收益^[30]。该研究中2个主导品种的有机肥使用量均为 $4\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$,效益达到最大,因此对于青海省山旱区在此基础地力条件下,马铃薯栽培中建议施用有机肥 $4\ 500\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。

参考文献

- [1] 陈隆通.减施化肥增施有机肥对土壤肥力及马铃薯生长发育的影响[D].重庆:西南大学,2020.
- [2] GAO B, HUANG W, XUE X B, et al. Comprehensive environmental assessment of potato as staple food policy in China[J]. International journal of environmental research and public health, 2019, 16(15): 1-19.
- [3] 杨永智, 王舰. 青海马铃薯发展[J]. 青海科技, 2018, 25(1): 32-34.
- [4] 苏旺, 周云, 王舰. 青海马铃薯生产的比较优势分析[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(9): 161-164.
- [5] 石晓华. 有机肥替代化肥对阴山北麓地区马铃薯-小麦轮作体系土壤与作物的当季和持续影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2020.
- [6] 张亮, 孙磊, 苏航, 等. 有机肥和无机肥对马铃薯生长发育及块茎产量的影响[J]. 土壤, 2020, 52(4): 862-866.
- [7] 邱晓丽. 不同生物有机肥对土壤生物活性以及对马铃薯的生物效应的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018.
- [8] CHEN L M, LI X Y, PENG Y T, et al. Co-application of biochar and organic fertilizer promotes the yield and quality of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) by improving soil properties[J/OL]. Chemosphere, 2022, 294. [2022-01-15]. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133619>.
- [9] 宁川川, 王建武, 蔡昆争. 有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J]. 生态环境学报, 2016, 25(1): 175-181.
- [10] 陈昱利, 王东峰, 杨平, 等. 不同有机肥和化肥施用配比对马铃薯干物质生产及产量的影响[J]. 农业科技通讯, 2021(6): 190-192.
- [11] 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.
- [12] 司海丽, 纪立东, 刘菊莲, 等. 有机肥施用量对玉米产量、土壤养分及生物活性的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35(4): 740-747.
- [13] 王国兴, 徐福利, 王涪玲, 等. 氮磷钾及有机肥对马铃薯生长发育和干物质积累的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(3): 106-111.
- [14] 高怡安. 有机肥替代部分化肥对马铃薯干物质积累与分配及土壤矿质氮含量的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2015.
- [15] 罗佳, 陈波浪, 向光荣, 等. 有机肥对盐渍化耕地棉花干物质积累、养分吸收及产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2017(2): 107-113.
- [16] 翟盼盼, 石晓华. 有机肥对马铃薯生产及农田环境影响的研究进展[M]// 金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与美丽乡村(2020). 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2020: 201-204.
- [17] 郭恒, 陈占全, 张亚丽, 等. 全膜覆盖条件下缓释氮肥对马铃薯干物质及产量的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(6): 37-41.
- [18] 崔红艳, 胡发龙, 许维成, 等. 施用有机肥对土壤水分、胡麻干物质生产和产量影响的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2014(5): 59-64.
- [19] 李健铭. 不同有机肥料对烤烟生长、养分吸收与土壤碳氮矿化的影响[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2020.
- [20] 何万春, 李鹏程, 张娟宁, 等. 有机肥氮替代化肥氮对马铃薯干物质积累与分配的影响[J]. 中国农业文摘-农业工程, 2021, 33(4): 41-45.
- [21] 高聚林, 刘克礼, 张宝林, 等. 马铃薯干物质积累与分配规律的研究[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(4): 209-212.
- [22] 柳玉乐. 沼渣沼液不同施用量对马铃薯产量影响[J]. 宁夏农林科技, 2016, 57(3): 19-20, 23.
- [23] 李艳宁, 李建波, 黄少辉, 等. 有机肥在番茄上的最佳施用量及经济效益研究[J]. 现代农业科技, 2019(11): 55-56, 58.
- [24] 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.
- [25] 吕彦彬, 栗占芳, 张凤英. 生物有机肥在马铃薯上施用效应研究[J]. 河北北方学院学报(自然科学版), 2007, 23(1): 13-15, 20.
- [26] 熊廷浩, 资涛, 张媛, 等. 化肥减量条件下不同有机肥用量对油菜养分利用和产量的影响[J]. 作物杂志, 2021(3): 133-139.
- [27] 黄灵丹. 有机肥对冬小麦/辣椒复合群体土壤肥力及作物生理特性和产量的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [28] GAO C H, EL-SAWAH A, ALI D F I, et al. The integration of bio and organic fertilizers improve plant growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.) [J]. Agronomy, 2020, 10(3): 1-25.
- [29] 甘金佳, 毛玲莉, 蒋水元, 等. 施用EM菌发酵有机肥对番茄植株生长·产量和品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(24): 178-181.
- [30] NURMANOV Y T, CHERNENOK V G, KUZDANOVA R S. Potato in response to nitrogen nutrition regime and nitrogen fertilization [J]. Field crops research, 2019, 231: 115-121.