

李 宁,刘 骏,杨志清,等. 施钾量对云南春作马铃薯生长发育及钾素吸收利用的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(6):105-110.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.06.014

施钾量对云南春作马铃薯生长发育 及钾素吸收利用的影响

李 宁¹, 刘 骏¹, 杨志清¹, 李鸣凤², 张 炜¹

(1. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南昆明 650201; 2. 武汉生物工程学院, 湖北武汉 430415)

摘要:为明确云南春作马铃薯的适宜钾肥用量,为云南春作马铃薯钾肥合理施用提供理论依据,以云南主栽马铃薯品种青薯9号为试验材料,设置0、120、240、360 kg/hm²等4个钾肥处理,研究不同钾肥用量对云南春作马铃薯生长发育及钾素吸收利用的影响。结果表明,与不施钾肥相比,施用钾肥能够显著增加马铃薯产量,马铃薯平均增产14 270 kg/hm²,平均增产率为43.1%,其中360 kg/hm²处理下的产量最高,但与240 kg/hm²处理相比没有显著差异;同时,施用钾肥能够显著提高大薯率,与不施钾肥相比,大薯率平均提高36.19%,中薯率、小薯率分别降低29.16%、45.17%。施用钾肥能促进马铃薯植株生长,整个生育期株高、茎粗分别平均提高13.06%、17.78%;施用钾肥能显著增加马铃薯整个生育期各器官的干重、钾含量及钾积累量,整个生育期马铃薯全株干重、钾素积累量平均分别增加32.80%、81.55%;施用钾肥促进了马铃薯干物质、钾素向块茎转运,在240 kg/hm²用量下,马铃薯块茎干物质、钾素分配比最大,分别为70.68%、64.92%。然而,随着钾肥施用量的增加,钾肥利用率降低。综合考虑钾肥利用效率,云南春作马铃薯钾肥用量以240 kg/hm²为宜。

关键词:春作马铃薯;生长发育;钾素吸收利用;云南;施钾量

中图分类号:S532.06 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)06-0105-06

马铃薯是茄科一年生草本块茎作物^[1],具有适应性广、抗逆性强、丰产性好、淀粉产量大等特点,是中国主要的蔬菜和粮食兼用作物^[2]。马铃薯作为云南省重要的农作物,播种面积为4.74 × 10⁵ hm²,种植面积仅次于玉米、水稻^[3-4]。云南省

地形多为山地、丘陵,约占全省面积的94%^[5]。云南省独特的地形和气候条件,使其在全国范围内具有周年生产的优势^[6]。云南省是马铃薯生产大省,按生产季节分为云南大春、小春、秋作及冬作马铃薯;云南春作马铃薯产量占全年马铃薯产量的60%以上,是全年马铃薯播种的主要模式^[7]。马铃薯产量和品质主要受品种特性、外部环境等因素的影响,其中肥料是影响最大的因素之一^[8]。因此,合理施肥是提高马铃薯产量的重要途径^[9]。

钾是植物生命活动必需的大量元素之一,对植物的生长发育有着不可替代的作用,植物体内酶活化、渗透调节、蛋白质合成及同化产物转运等过程中都有钾的参与^[10-11]。马铃薯对土壤中的钾元素十分敏感,是典型的喜钾植物^[12]。前人研究发现,

收稿日期:2023-08-20

基金项目:云南省基础研究计划(编号:202101AU070098);云南农业大学科研启动基金(编号:KY2022-01)。

作者简介:李 宁(1997—),男,山东潍坊人,硕士研究生,主要从事马铃薯施肥与品质研究,E-mail:157279793@qq.com;共同第一作者:刘 骏(2000—),男,湖北宜昌人,硕士研究生,主要从事作物生理生态研究,E-mail:1500578619@qq.com。

通信作者:张 炜,博士,讲师,主要从事作物养分管理研究。E-mail:ynauzw@126.com。

[18] 曾文龙,陈爱国,周道金,等. 移栽期对烤烟品质及香气前体物含量的影响[J]. 江西农业学报,2020,32(12):94-99.

[19] 刘德玉,李树峰,罗德华,等. 移栽期对烤烟产量、质量和光合特性的影响[J]. 中国烟草学报,2007,13(3):40-46.

[20] 杨明坤,李建华,刘扣珠,等. 豫中上六片烤烟不同采收期对烤后烟叶品质的影响[J]. 中国农业科技导报,2020,22(12):163-171.

[21] 张冰濯,段卫东,张明刚,等. 湘南烟区烤烟上部6片叶采收期

对烟叶产质量的影响[J]. 烟草科技,2020,53(12):16-26.

[22] 薛 琳,朱启法,季学军,等. 皖南烤烟烟叶化学成分与感官品质的相关性[J]. 烟草科技,2016,49(11):26-32.

[23] 常爱霞,杜咏梅,付秋娟,等. 烤烟主要化学成分与感官质量的相关性分析[J]. 中国烟草科学,2009,30(6):9-12.

[24] 韩富根,彭丽丽,马永建,等. 不同采收成熟度对烤烟香气质量的影响[J]. 土壤,2010,42(1):65-70.

合理的钾肥施用量能提高马铃薯植株干物质积累速率,延长最大速率出现的时间,增加干物质积累量^[13-14]。康小华等研究发现,不同施钾水平对马铃薯薯块大小也有影响,增施钾肥可以提高大薯占比,降低中小薯占比,从而提高马铃薯产量^[15]。吉玮蓉等测定了试验 75、90 d 时马铃薯的干物质积累量,表明适宜的钾肥用量对马铃薯干物质积累有显著影响^[16]。在作物生产过程中,提高钾肥利用率可以降低成本投入,增加经济效益^[17]。有研究表明,在马铃薯生产过程中,钾的吸收利用率呈先升高后下降的趋势,过高的钾肥施用量会导致产量、钾肥利用率降低^[18-19]。因此,适宜的钾肥施用量是保障马铃薯高产高效的重要基础。

刘润梅等对云南省 11 个州(市)共 212 个马铃薯种植农户进行的问卷调查发现,马铃薯钾肥主要依赖有机肥的投入,超过 65% 的农户钾肥施用量低于 90 kg/hm²^[20]。有研究发现,云南省马铃薯种植区土壤存在普遍性缺钾现象^[21]。因此,明确云南春作马铃薯钾肥适宜用量,对指导云南省春作马铃薯钾肥施用及提高马铃薯产量有重要的实践意义。本研究通过探讨不同钾肥施用量对云南春作马铃薯生长发育的影响,确定钾肥的最佳施用量,从而为云南春作马铃薯钾肥的合理施用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地点位于云南省昆明市云南农业大学后山试验基地(25°8'13" N, 102°45'4" E)。土壤类型为红壤,基本理化性质如下:pH 值 6.51,全氮含量 1.54 g/kg,碱解氮含量 81.6 mg/kg,速效磷含量 21.2 mg/kg,速效钾含量 41.49 mg/kg。

1.2 试验设计

以云南主栽马铃薯品种青薯 9 号为材料,设 4 个钾肥(K₂O)梯度,分别为 0、120、240、360 kg/hm²,各处理磷肥、氮肥的用量均相同,分别为磷肥(P₂O₅) 120 kg/hm²、氮肥 225 kg/hm²,其中氮肥 70% 作为基肥,30% 于苗期追肥;钾肥 50% 作为基肥,50% 于苗期追肥,磷肥全部基施。3 种肥料类型为尿素(含 46% N)、过磷酸钙(含 12% P₂O₅)、硫酸钾(含 50% K₂O)。每个处理设 3 次重复,随机区组排列,小区面积为 20 m²,种植密度为 6 万株/hm²,马铃薯于 2022 年 4 月 11 日播种,5 月 5 日左右出苗,各处理间其他田间措施相同。

1.3 样品采集

本试验分别于块茎形成期、块茎膨大期和块茎成熟期进行取样。在试验地种植区的各个小区内选择 5 株代表性植株,洗净后将其分为根、茎、叶及块茎。称取块茎重,用游标卡尺、米尺测定茎粗、株高。将记录好数据的各处理植物样品于 70 °C 烘箱中烘至恒重,通过称取植株样品干重测定马铃薯地上部、块茎干物质重,并计算块茎含水率。将烘干的植物样品粉碎后保存,用于后续测定。

1.4 测试项目与方法

在马铃薯成熟期采集连续 10 株马铃薯块茎进行产量测定。参照 NY/T 1303—2007《农作物种质资源鉴定技术规程 马铃薯》,按大(>150 g)、中(50~150 g)、小(<50 g)将马铃薯块茎分为 3 级^[22],并计算大薯率、中薯率、小薯率。植株各部位钾含量的测定采用鲍士坦的方法^[23],用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后,再用火焰光度计测定钾含量。

1.5 数据处理

钾肥利用率的计算公式如下:

钾素积累量 = 各器官钾含量 × 各器官生物量 / 1 000;

钾肥农学利用率(KAUE) = (施钾区产量 - 对照区产量) / 钾肥用量;

钾肥偏生产力(KFPF) = 施钾区产量 / 钾肥用量;

钾肥利用率(KUE) = (施钾区植株钾素积累量 - 对照区植株钾素积累量) / 钾肥用量;

1 000 kg 块茎需钾量 = 单位面积植株钾素(K₂O)吸收量 × 1 000 / 单位面积产量。

用 SPSS 软件进行数据统计分析,用 LSD 法检验处理间在 0.05 水平的差异显著性,用 Excel 进行图表制作。

2 结果与分析

2.1 钾肥对马铃薯产量、大中小薯率的影响

由表 1 可知,施用钾肥提高了马铃薯产量,与不施钾肥相比,施用钾肥显著增产 8 644 ~ 18 048 kg/hm²,增产率为 26.1% ~ 54.5%。360 kg/hm² 施钾量的产量最高,为 51 144 kg/hm²,但与 240 kg/hm² 处理之间差异不显著。施用钾肥可以提高大薯率,降低马铃薯的小薯率。与不施用钾肥相比,大薯率平均提高 36.19%,中薯率、小薯率分别降低 29.16%、45.22%。

表 1 钾肥对马铃薯产量和大薯率、中薯率、小薯率的影响

钾肥用量 (kg/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	大薯率 (%)	中薯率 (%)	小薯率 (%)
0	33 096 ± 2 186c	47.60 ± 1.63d	39.87 ± 1.45a	12.64 ± 0.53a
120	41 740 ± 3 291b	57.18 ± 3.01c	33.23 ± 2.74b	9.58 ± 1.26b
240	49 216 ± 3 680a	64.41 ± 2.63b	28.27 ± 1.98bc	7.31 ± 0.76b
360	51 144 ± 2 476a	72.89 ± 4.16a	23.23 ± 4.29c	3.88 ± 0.22c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。下表同。

2.2 钾肥对云南春作马铃薯株高、茎粗的影响

由表 2 可知,随生育进程的推进,植株株高及茎粗呈现逐渐增加的趋势,钾肥的施用显著增加了整个生育期马铃薯株高及茎粗。施钾处理与不施钾处理相比,3 个生育时期株高分别提高 19.77%、11.60%、7.81%,茎粗分别提高 13.68%、21.02%、18.65%。由此看出,钾肥施用显著促进了马铃薯植株的生长。

表 2 不同施钾量对马铃薯株高、茎粗的影响

生育期	钾肥用量 (kg/hm ²)	株高 (cm)	茎粗 (mm)
块茎形成期	0	60.79 ± 2.59c	9.87 ± 0.33c
	120	68.57 ± 1.55b	10.56 ± 0.25bc
	240	74.08 ± 1.50a	11.44 ± 0.45ab
	360	75.77 ± 3.26a	11.67 ± 0.49a
块茎膨大期	0	96.70 ± 2.97b	10.37 ± 0.58c
	120	103.20 ± 2.47ab	11.73 ± 0.43bc
	240	109.73 ± 3.31a	12.89 ± 0.38a
	360	110.83 ± 4.47a	13.03 ± 0.32a
块茎成熟期	0	104.13 ± 3.49b	10.78 ± 0.48c
	120	108.63 ± 2.63ab	12.04 ± 0.58b
	240	112.06 ± 3.58ab	13.04 ± 0.42ab
	360	116.10 ± 3.84a	13.29 ± 0.39a

2.3 钾肥对云南春作马铃薯干重和分配比的影响

由表 3 可知,施钾增加了马铃薯各器官干重。与不施钾肥处理相比,施钾处理马铃薯根、茎、叶、块茎及全株干重在整体生育期分别平均提高 19.23%、31.96%、16.28%、42.26%、32.08%。块茎及全株干重在成熟期达到最大值。随着生育期的推进,马铃薯根、茎、叶的干物质分配比呈下降趋势,而块茎的干物质分配比呈上升趋势(图 1)。与不施钾相比,成熟期施钾处理块茎的干物质分配比增加 2.90~3.95 百分点,240 kg/hm² 钾肥处理的块茎干物质分配比最高,为 70.68%。由此可以看出,

钾肥促进了马铃薯植株各器官干物质的积累,并且促进了干物质向块茎分配。

表 3 不同施钾量对马铃薯干重的影响

器官	钾肥用量 (kg/hm ²)	干重(g/株)		
		块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期
根	0	5.11 ± 0.27a	5.61 ± 0.31c	5.40 ± 0.27b
	120	5.30 ± 0.19a	6.77 ± 0.31b	6.24 ± 0.42a
	240	5.56 ± 0.21a	7.10 ± 0.25ab	6.71 ± 0.44a
	360	5.68 ± 0.38a	7.52 ± 0.32a	6.93 ± 0.39a
茎	0	19.29 ± 0.61c	28.81 ± 2.11c	26.15 ± 1.23c
	120	23.88 ± 1.23b	34.92 ± 2.02b	31.97 ± 1.60b
	240	25.98 ± 0.95a	38.80 ± 2.24a	34.42 ± 2.38ab
	360	27.13 ± 1.32a	39.91 ± 2.51a	36.67 ± 3.00a
叶	0	26.51 ± 1.73c	36.63 ± 1.47c	26.95 ± 2.28a
	120	30.48 ± 2.55b	38.38 ± 3.14bc	27.46 ± 3.18a
	240	33.35 ± 2.87ab	43.48 ± 2.22ab	30.82 ± 2.55a
	360	34.28 ± 2.29a	44.20 ± 4.07a	31.27 ± 3.40a
块茎	0	31.86 ± 2.05b	52.50 ± 6.46b	117.75 ± 13.72b
	120	39.26 ± 5.34ab	71.10 ± 4.40a	150.94 ± 17.23a
	240	46.70 ± 3.86a	84.83 ± 9.18a	173.92 ± 15.16a
	360	42.61 ± 5.56a	80.21 ± 9.32a	177.97 ± 13.84a
全株	0	82.76 ± 3.42c	123.55 ± 9.46c	176.25 ± 17.48b
	120	98.92 ± 8.51b	151.16 ± 7.81b	216.61 ± 21.99ab
	240	111.59 ± 6.87a	174.22 ± 9.65a	245.87 ± 16.23a
	360	109.70 ± 6.12a	171.84 ± 15.74a	252.83 ± 20.47a

2.4 钾肥对云南春作马铃薯各器官钾含量的影响

由表 4 可知,随着生育期的推进,马铃薯根、茎、叶、块茎中的钾含量均逐渐下降,而施用钾肥显著增加了 3 个生育期马铃薯各器官中的钾含量。与不施钾处理相比,施钾处理马铃薯块茎中的钾含量在 3 个时期分别增加 18.46%~44.68%、12.13%~31.64%、17.74%~37.74%;根中的钾含量分别增加 43.13%~77.52%、49.92%~102.67%、16.47%~45.35%;茎中的钾含量分别增加 43.05%~90.15%、13.86%~39.74%、11.32%~26.34%;叶中的钾含

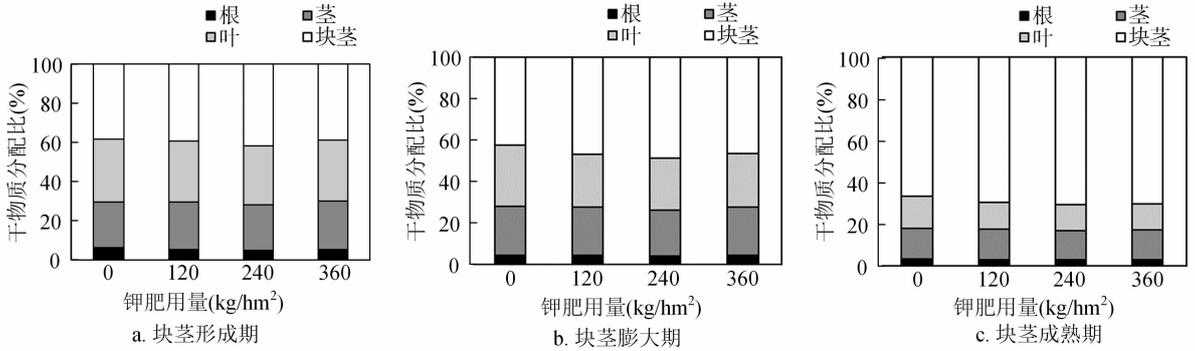


图1 钾肥对马铃薯各器官干物质分配的影响

表4 钾肥对马铃薯各器官钾含量的影响

器官	钾肥用量 (kg/hm ²)	钾含量(g/kg)		
		块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期
根	0	11.43 ± 0.70c	5.99 ± 0.21c	4.19 ± 0.26c
	120	16.36 ± 0.68b	8.98 ± 0.46b	4.88 ± 0.22b
	240	18.93 ± 1.29a	11.23 ± 0.93a	5.31 ± 0.40b
	360	20.29 ± 1.46a	12.14 ± 0.93a	6.09 ± 0.38a
茎	0	27.11 ± 1.99d	22.37 ± 1.69c	16.25 ± 0.73c
	120	38.78 ± 2.14c	25.47 ± 0.88bc	18.09 ± 0.43b
	240	45.88 ± 3.32b	28.33 ± 0.16ab	19.18 ± 0.91ab
	360	51.55 ± 2.41a	31.26 ± 2.05a	20.53 ± 0.88a
叶	0	22.44 ± 1.19d	18.83 ± 1.68c	15.19 ± 1.32c
	120	33.81 ± 1.56c	23.42 ± 0.93b	16.44 ± 0.42bc
	240	38.91 ± 3.07b	25.47 ± 2.19b	18.54 ± 1.08ab
	360	44.33 ± 2.79a	29.08 ± 1.95a	19.88 ± 1.08a
块茎	0	13.92 ± 0.76c	12.04 ± 1.12c	10.60 ± 0.37c
	120	16.49 ± 0.72b	13.50 ± 0.50bc	12.48 ± 0.85b
	240	18.34 ± 1.10ab	14.41 ± 0.91ab	13.53 ± 0.49ab
	360	20.14 ± 1.08a	15.85 ± 0.82a	14.60 ± 0.60a

量分别增加 50.67% ~ 97.55%、24.38% ~ 54.43%、8.23% ~ 30.88%。由此可见,钾肥施用是保障马铃薯各器官钾素营养的重要措施。

2.5 钾肥对云南春作马铃薯各器官钾积累量及钾素分配的影响

由表5可知,施用钾肥明显增加了马铃薯植株各器官的钾积累量。与不施钾肥处理相比,施钾处理马铃薯根、茎、叶、块茎及全株钾积累量在整个生育期分别平均提高了86.80%、83.24%、68.72%、81.67%、81.55%。随着生育期的推进,马铃薯根、茎、叶的钾素分配比呈下降趋势,而块茎的钾素分配比呈上升趋势(图2)。与不施钾相比,成熟期施钾处理下块茎中的钾素分配比增加了4.66~5.49个百分点,240 kg/hm²处理的块茎钾素分配比最大,为64.92%。由此可见,钾肥施用促进了马铃薯植

株各器官钾素积累,并且促进了钾素向块茎分配。

表5 钾肥对马铃薯各器官钾积累量的影响

器官	钾肥用量 (kg/hm ²)	钾积累量(g/株)		
		块茎形成期	块茎膨大期	块茎成熟期
根	0	0.058 ± 0.007c	0.034 ± 0.003d	0.023 ± 0.003c
	120	0.087 ± 0.005b	0.061 ± 0.006c	0.030 ± 0.002b
	240	0.105 ± 0.007a	0.080 ± 0.005b	0.036 ± 0.003b
	360	0.115 ± 0.003a	0.091 ± 0.009a	0.042 ± 0.005a
茎	0	0.52 ± 0.05d	0.65 ± 0.08c	0.42 ± 0.03c
	120	0.93 ± 0.07c	0.89 ± 0.07b	0.58 ± 0.04b
	240	1.19 ± 0.09b	1.10 ± 0.12a	0.66 ± 0.07ab
	360	1.40 ± 0.11a	1.25 ± 0.07a	0.75 ± 0.07a
叶	0	0.60 ± 0.07d	0.69 ± 0.03d	0.41 ± 0.01b
	120	1.03 ± 0.11c	0.90 ± 0.09c	0.45 ± 0.04b
	240	1.30 ± 0.16b	1.11 ± 0.09b	0.57 ± 0.04a
	360	1.52 ± 0.10a	1.28 ± 0.11a	0.62 ± 0.07a
块茎	0	0.44 ± 0.03b	0.63 ± 0.08c	1.25 ± 0.11c
	120	0.65 ± 0.10b	0.96 ± 0.05b	1.89 ± 0.31b
	240	0.86 ± 0.10a	1.23 ± 0.21ab	2.36 ± 0.28a
	360	0.86 ± 0.09a	1.27 ± 0.19a	2.59 ± 0.12a
全株	0	1.62 ± 0.13d	2.00 ± 0.13c	2.10 ± 0.14c
	120	2.69 ± 0.23c	2.81 ± 0.11b	2.95 ± 0.39b
	240	3.45 ± 0.15b	3.52 ± 0.33a	3.62 ± 0.31a
	360	3.89 ± 0.11a	3.89 ± 0.32a	4.01 ± 0.24a

2.6 钾肥对云南春作马铃薯钾肥利用效率的影响

由表6可知,随着钾肥施用量的增加,马铃薯钾肥农学效率、钾肥偏生产力及钾肥利用率均降低,钾肥农学效率、钾肥利用率在各处理间差异不显著,钾肥偏生产力在各处理间差异显著。此外,随着钾肥施用量的增加,1 000 kg块茎需钾量逐渐增加,相比不施钾处理提高了11.1%~23.5%。由此可见,钾肥施用量过高会显著降低钾肥利用效率。

3 讨论

马铃薯属喜钾作物,在整个生育期对钾的需求

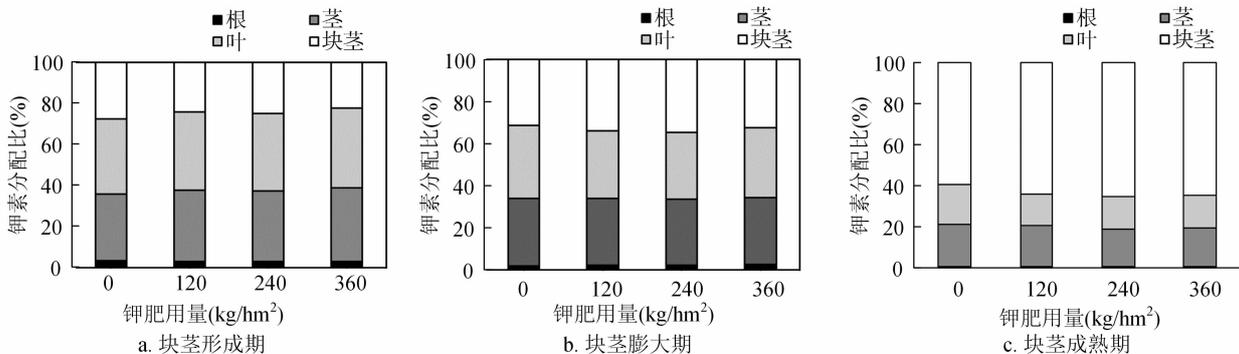


图2 钾肥对马铃薯钾累积的影响

表6 钾肥对马铃薯钾肥利用效率的影响

钾肥用量 (kg/hm ²)	钾肥农学 效率 (kg/kg)	钾肥偏生产力 (kg/kg)	钾肥利用率 (%)	1 000 kg 块茎 需钾量 (kg)
0				4.59c
120	72.0a	347.8a	51.2a	5.10b
240	67.2a	205.1b	45.9a	5.33ab
360	50.1a	142.1c	38.3a	5.67a

都高于其他元素^[24]。因此,在马铃薯生长发育过程中,必须有充足的钾素供应。当钾肥充足时,可以促进植株生长健壮,增强植株的抗性,从而提高马铃薯产量^[25]。大中薯率是影响马铃薯产量的重要因素,增施钾肥可以提高马铃薯大中薯率^[26]。赵永萍等的研究表明,不施钾或者低施钾量会造成小薯数量增加,从而降低马铃薯产量;适量增施钾肥可改善其结薯量、薯块重、大中薯率等性状,从而大幅度提高马铃薯的产量^[27]。龚成文等研究发现,施钾可有效促进马铃薯植株生长,增加块茎数、大中薯鲜重、大中薯率,提高块茎干重^[28]。本研究发现,在施用钾肥的条件下,马铃薯产量平均增加 14 270 kg/hm²,平均增产率为 43.1%,相比不施钾处理,大中薯率平均提升 36.19%,小薯率降低 45.17%。在马铃薯生长发育过程中,如果茎粗偏小,则容易造成倒伏,从而造成产量下降,茎越粗则表明疏导组织越发达,对蔗糖的转运速度就越快。有研究发现,施用钾肥能够提高马铃薯费乌瑞它的茎粗^[29-30]。在本研究中,相比不施钾肥处理,120~360 kg/hm² 钾肥处理下马铃薯的株高、茎粗分别提高 13.06%、17.78%,由此表明钾肥可以通过促进植株生长来提高马铃薯产量,并提高大中薯率。马铃薯干物质积累量及其在各器官中的分配是马铃薯产量形成的物质基础。马铃薯干物质积累量及分配是否合理,除了与其品种本身的遗传特性有关

外,还与其生长的环境条件有关,其中包括肥料的施用^[29,31]。张吉立等研究发现,钾肥施用量的增加有利于植物干物质积累量的增加^[32]。在本研究中,施用钾肥提高了马铃薯干重及其分配比。块茎干重、块茎干物质分配比增加可能是由于钾肥施用量的增加促进了干物质向块茎部位运输,提高了块茎干重及其在全植株中干物质的占比^[14]。

钾肥的施用可以提高马铃薯各器官的钾素积累^[33-34]。前人研究表明,420 kg/hm² 钾肥施用量较不施用钾肥的处理块茎钾积累量增加 105.51%,且块茎钾积累量明显大于茎、叶、根,施钾后,随着生育进程的推进,植株中的钾更容易从茎、叶转移到块茎中积累起来^[35]。赵雪君等发现,在不同施钾量处理下,各品种马铃薯的钾素积累量均高于对照^[36]。何佳芳等发现,随着钾肥施用量增加到一定程度以后,马铃薯块茎的钾含量、钾积累量增加速度减慢,超过一定程度以后,马铃薯对钾肥属于奢侈吸收^[37]。本研究发现,钾肥施用增加了马铃薯各器官钾含量及钾积累量,随着生育进程的推进,根、茎、叶部位的钾积累量逐渐降低,块茎钾积累量逐渐增加,植株中的钾积累量随着生育期的推进更多地转移到块茎中。梁锦秀等发现,马铃薯钾肥利用效率和偏生产力均随着施肥量增加而降低^[38]。本研究发现,在 360 kg/hm² 时块茎产量最高,钾肥利用率最低,所以应保证产量的同时兼顾马铃薯的钾肥利用率,从而避免造成钾肥的浪费。

4 结论

综上所述,钾肥施用通过促进植株生长提高了马铃薯各器官中干物质积累量,增加块茎产量,并促进干物质向块茎分配。同时,钾肥施用增加马铃薯各器官钾含量及钾积累量,促进钾素向块茎分配。综合考虑马铃薯产量与钾肥利用率等因素,建

议云南春作马铃薯钾肥用量以 240 kg/hm² 为宜。

参考文献:

- [1] 谢从华, 柳俊. 中国马铃薯引进与传播之辨析[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(4): 1-7.
- [2] 毛培培, 赵云云. 植物对钾营养的吸收、运转和胁迫反应的研究进展[J]. 生物学通报, 2008(8): 11-13.
- [3] 金璟, 张涛. 云南马铃薯产业区域竞争力比较分析[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2022, 16(1): 98-107.
- [4] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[S]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [5] 王敏, 吴映梅, 胡平平. 地形梯度视域下的云南山区土地利用时空格局变化研究[J]. 江西农业学报, 2020, 32(4): 123-131.
- [6] 赵彬, 刘霞, 丰加文, 等. 云南省马铃薯粉痂病的发生与危害调查分析[J]. 植物保护, 2021, 47(2): 200-206.
- [7] 桑月秋, 杨琼芬, 刘彦和, 等. 云南省马铃薯种植区域分布和周年生产[J]. 西南农业学报, 2014, 27(3): 1003-1008.
- [8] 董文, 范祺祺, 胡新喜, 等. 马铃薯养分需求及养分管理技术研究进展[J]. 中国蔬菜, 2017(8): 21-25.
- [9] 韩雪丰, 范茂攀, 刘润梅, 等. 云南省种植马铃薯农户氮磷钾养分投入及其土壤养分平衡状况分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2019, 34(3): 538-543.
- [10] 夏颖, 姜存仓, 陈防, 等. 棉花钾营养与钾肥施用的研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(5): 658-663.
- [11] Zörc B, Senbayram M, Peiter E. Potassium in agriculture - status and perspectives[J]. J Plant Physiology, 2014, 171(9): 656-669.
- [12] 刘玉荣, 贾双勤, 强生军, 等. 钾肥在旱地马铃薯栽培技术中的应用研究[J]. 中国农机化学报, 2022, 43(2): 121-126.
- [13] 韩羽, 杨亚亚, 吴娜, 等. 施钾量对宁夏旱区马铃薯干物质积累及养分利用特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(9): 119-124.
- [14] 赵欢, 苟久兰, 何佳芳, 等. 钾肥对马铃薯干物质积累、钾素吸收及利用效率的影响[J]. 西南农业学报, 2015, 28(2): 644-649.
- [15] 康小华, 蔡立群, 卢建武, 等. 不同施钾水平对马铃薯干物质积累和产量的后效影响[J]. 广东农业科学, 2012, 39(8): 71-73.
- [16] 吉玮蓉, 张吉立, 孙海人, 等. 不同施氮量对马铃薯养分吸收及产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(21): 5158-5160, 5166.
- [17] Cocco B L, Laércio J F, Munhoz E R A D, et al. Potassium application timing to improve corn K-fertilizer use in the oat-corn sequence: a tracer study for high yielding corn[J]. Journal of Plant Nutrition, 2023, 46(4): 618-629.
- [18] 高翔, 李成亮, 张民, 等. 钾肥种类及用量对马铃薯生长和品质的影响[J]. 水土保持学报, 2014, 28(2): 143-148.
- [19] 黄继川, 彭智平, 于俊红, 等. 不同钾肥用量对冬种马铃薯产量、品质和钾肥利用率的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(19): 167-171.
- [20] 刘润梅, 范茂攀, 付云章, 等. 云南省马铃薯施肥量与化肥偏生产力的关系研究[J]. 土壤学报, 2014, 51(4): 753-760.
- [21] 陈明玮, 郭华春, 李超, 等. 中国马铃薯主产区植地土壤养分初步评价[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(1): 30-34.
- [22] 中华人民共和国农业部. 农作物种质资源鉴定技术规程 马铃薯: NY/T 1303—2007[S]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [24] 姜丽丽, 孙少慧, 张桂芝, 等. 不同钾水平对油炸型马铃薯产量和品质的影响[J]. 分子植物育种, 2019, 17(17): 5860-5866.
- [25] 何文寿. 宁夏植物营养与肥料研究现状与展望[J]. 农业科学, 2013, 34(1): 54-60.
- [26] 麻汉林, 郭志平. 马铃薯高产施肥措施研究[J]. 中国马铃薯, 2007(1): 26-28.
- [27] 赵永萍, 潘丽娟. 不同施钾量和施锌量对旱作马铃薯产量的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(9): 1492-1498.
- [28] 龚成文, 冯守疆, 赵欣楠, 等. 不同钾肥品种对甘肃中部地区马铃薯产量及品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(3): 112-117.
- [29] 李勇, 吕文河, 吕典秋, 等. 氮、磷、钾施用水平对马铃薯脱毒苗植株性状、产量性状、干物质含量和经济系数的影响[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(4): 30-35, 50.
- [30] 黄继川, 彭智平, 于俊红, 等. 不同钾肥用量对冬种马铃薯产量、品质和钾肥利用率的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(19): 167-171.
- [31] 袁昊田. 定位施肥对土壤特性和马铃薯生长发育及产量的影响研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2022.
- [32] 张吉立, 焦峰, 张兴梅, 等. 不同施钾量对马铃薯养分吸收及产量、品质的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(10): 19-22.
- [33] Zhang S H, Fan J L, Zhang F C, et al. Optimizing irrigation amount and potassium rate to simultaneously improve tuber yield, water productivity and plant potassium accumulation of drip-fertigated potato in northwest China[J]. Agricultural Water Management, 2022, 264: 107493.
- [34] 韩羽, 杨亚亚, 吴娜, 等. 施钾量对宁夏旱区马铃薯干物质积累及养分利用特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(9): 119-124.
- [35] 杨德桦. 不同施肥量和不同施肥方式对襄阳地区马铃薯产量、养分积累规律和品质的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2013.
- [36] 赵雪君, 石瑛. 施钾量对马铃薯块茎钾素吸收积累的影响[J]. 贵州农业科学, 2015, 43(10): 50-54.
- [37] 何佳芳, 孙芳, 孙锐锋, 等. 不同氮钾水平对马铃薯产量及钾素吸收的影响[J]. 西南农业学报, 2012, 25(2): 562-565.
- [38] 梁锦秀, 郭鑫年, 张国辉, 等. 氮磷钾用量对宁南旱地马铃薯产量及水肥利用效率的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2015(6): 76-81.