

引文格式: 胡明举, 董光美, 鲁晓健, 等. 云南高产优质冬作马铃薯种质的筛选及其养分利用特性分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(3): 390–396. DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).202012053](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).202012053)

云南高产优质冬作马铃薯种质的筛选 及其养分利用特性分析*

胡明举¹, 董光美², 鲁晓健², 郭华春^{1**}

(1. 云南农业大学 农学与生物技术学院/薯类作物研究所, 云南 昆明 650201;

2. 双江自治县农业技术推广中心, 云南 双江 677399)

摘要:【目的】筛选高产、优质和养分高效利用的马铃薯种质资源, 为云南冬马铃薯绿色和可持续发展提供育种基础。【方法】以 23 份云南农业大学薯类作物研究所自主培育的高代品系为材料, 以云南冬马铃薯主栽品种丽薯 6 号为对照 (CK), 比较施肥和未施肥处理下各品系单株产量、产量构成因素、块茎干物质、淀粉、粗蛋白和还原糖含量以及养分农学效率的差异。【结果】施肥和未施肥处理下品系 3S-120、D97、14009-23 和 14022 的单株产量均高于 CK; 品系 D97、3S-120、14022 和 14009-23 的养分农学效率最高, 其中 D97 和 3S-120 的养分农学效率显著高于 CK ($P<0.05$); 施肥和未施肥处理下品系 3S-120 和 14022 的淀粉和粗蛋白含量高于 CK, 还原糖含量低于 CK, 品系 D97 和 14009-23 的品质指标与 CK 表现相当。【结论】品系 D97、3S-120、14009-23 和 14022 在产量、品质和养分利用效率方面综合表现优良, 具有良好的推广和栽培潜力, 可作为云南冬马铃薯的候选栽培品种。

关键词: 云南冬作马铃薯; 筛选; 产量; 品质; 养分农学效率

中图分类号: S532.024

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2022) 03-0390-07

High Yield and Good Quality Germplasm Selection of Potato in Yunnan Winter Planting and Analysis of Nutrient Utilization Characteristics

HU Mingju¹, DONG Guangmei², LU Xiaojian², GUO Huachun¹

(1. Tuber and Root Crops Institute, College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University,

Kunming 650201, China; 2. Shuangjiang Autonomous County Agricultural Technology

Extension Center, Shuangjiang 677399, China)

Abstract: [Purpose] To screen potato germplasm with high yield, good quality and nutrient utilization efficiency, providing variety for a green and sustainable development of Yunnan winter potato cultivation. [Methods] Lishu 6, a major winter cultivar in Yunnan, was used as control (CK). The change levels of yield per plant, yield components, tuber dry matter content, starch content, crude protein content, reducing sugar content and agronomic efficiency of 23 high-generation lines cultivated

收稿日期: 2020-12-23

修回日期: 2022-04-04

网络首发日期: 2022-05-12

*基金项目: 国家马铃薯产业技术体系项目 (CARS-09-15P)。

作者简介: 胡明举 (1996—), 男, 云南腾冲人, 在读硕士研究生, 主要从事马铃薯种质资源及其利用研究。E-mail: 1506849845@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 郭华春 (1963—), 男, 云南丽江人, 博士, 教授, 主要从事马铃薯遗传育种研究。E-mail: ynghc@126.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20220512.1035.002.html>



by Tuber and Root Crop Institute of Yunnan Agricultural University were analysed independently under fertilization and no fertilization treatment. [Results] The yield per plant of 3S-120, D97, 14009-23, and 14022 under fertilization and no fertilization was higher than CK. D97, 3S-120, 14022 and 14009-23 with the high levels of nutrient agronomic efficiency, among them, the agronomic efficiency of D97 and 3S-120 nutrient was significantly higher than CK ($P<0.05$). Both in fertilization and no fertilization treatment, the levels of starch contents and crude protein contents of 3S-120 and 14022 were higher than CK, but the content of reducing sugar was less than CK. In terms of tuber quality, D97 and 14009-23 were similar to CK. [Conclusion] Lines D97, 3S-120, 14009-23 and 14022 have excellent comprehensive performance in yield, quality and nutrient utilization efficiency, and present good cultivation potential for further promotion, they can be used as a candidate cultivar of Yunnan winter cultivation.

Keywords: Yunnan winter planting potato; screening; yield; tuber quality; nutrient agronomic efficiency

马铃薯是全球第4大粮食作物,是中国粮食安全的重要区域保障。云南冬马铃薯生产填补了中国春、夏季鲜食马铃薯供应不足的缺口,有调查表明:云南常年冬季马铃薯种植面积约20万 hm^2 ,已成为全国冬马铃薯最大产区之一^[1];但冬马铃薯主要种植地为冬闲水稻田,冬季雨水少、气温低、日照短,诸多限制因素导致云南冬作马铃薯品种相对单一^[2]。冬马铃薯售价较高,在生产中农户为追求更高的效益,过度施肥的情况普遍存在,由品种单一造成的养分利用效率低的问题日渐突出。相关调查表明:云南马铃薯单位面积 N 、 P_2O_5 和 K_2O 平均投入量分别是马铃薯需肥量的3倍、7倍和0.5倍^[3],而合理施氮、磷、钾肥的农户仅占总调查农户的21.6%、30.7%和10.8%^[4]。过量施用化肥会导致生产成本增加、农田土壤质量下降和环境污染,也会引起马铃薯肥料利用效率降低,品质难以保证^[5]。因此,云南冬季马铃薯生产急需有效控制肥料的大量施用,同时筛选养分高效利用品种,以期在合理施肥的条件下保持高产水平,实现冬作马铃薯栽培的可持续发展。

提高养分利用的主要方法有调整肥料的施用量和施用比例^[6-7]、选择适宜的耕作模式^[8-9]以及选育养分利用效率高的品种等。然而,随着因全球可耕作土地持续减少、气候环境恶化和化肥农药过量施用等所导致的一系列生态问题^[10],通过传统的栽培管理手段提升作物的养分利用效率越来越有限,选育养分高利用效率的品种是进一步提

升作物生产的关键^[11]。程红^[12]通过马铃薯氮营养效率开展系统评价,筛选出氮高效型马铃薯品种费乌瑞它和川芋117;韩新爱^[13]也筛选出钾高效型马铃薯种质资源N6-22、中农Ⅷ-1、J-阿坝、疫红皮、971-12和中农Ⅷ-3。目前,已有研究多集中于某一种养分高效型资源筛选,鲜有同时兼具氮、磷、钾高效品种筛选研究。此外,云南南部热区海拔较低,初春气温骤升,冬马铃薯块茎品质和商品薯率也受气温的影响。为了筛选适合在云南南部热区种植的冬马铃薯种质资源,本研究在冬马铃薯主产区临沧双江地区对23份马铃薯种质进行产量和品质评价,为后续选育高产优质冬马铃薯提供后备种质材料。

1 材料与方法

1.1 试验地概况和供试材料

试验于2019年11月—2020年4月在云南省临沧市双江县($\text{N}23.42^\circ$, $\text{E}100.02^\circ$, 海拔1050 m)进行。试验地土壤基本理化性质为: pH 5.9, 有机质含量25.5 g/kg, 全氮含量1.401 g/kg, 全磷含量1.377 g/kg, 全钾含量19.87 g/kg, 碱解氮含量118 mg/kg, 有效磷含量41.7 mg/kg, 速效钾含量114 mg/kg。供试肥料为云天化配方肥($m_{\text{N}} : m_{\text{P}_2\text{O}_5} : m_{\text{K}_2\text{O}} = 15 : 12 : 18$)。供试材料为云南农业大学薯类作物研究所选育的23份高代品系,包括D54、D97、3S-12、3S-69、3S-120、3S-112、5S-30、6S-18、2012-Z4、2013-16、2014-119、14004、14004-SD100、14007、14009-23、14013-53、

14013-111、14016、14017-73、14018、14022、1217 和 1325-D5, 并以云南省主栽冬季马铃薯品种丽薯 6 号 (L6) 为对照 (CK)。

1.2 试验设计

采用裂区设计, 施肥处理为主区, 设施肥和未施肥; 马铃薯品种为副区。随机排列, 3 次重复, 每重复 30 株。株距为 0.2 m, 行距为 0.6 m, 行长 3.3 m。施肥量为 N 225 kg/hm²、P₂O₅ 180 kg/hm²、K₂O 270 kg/hm², 肥料全部作为基肥一次性施用, 无追肥。田间管理均一致。

1.3 产量、块茎品质和养分利用效率测定

(1) 产量测定

收获时对各小区马铃薯单株产量、商品薯率和结薯数进行统计。

(2) 块茎品质指标测定

选择无病虫害、大小一致的马铃薯块茎, 称量得块茎鲜质量; 清洗、切片, 杀青后 75 ℃ 下烘干至恒质量 (块茎干质量); 干质量与鲜质量的比值即为块茎干物质比例。干物质测量完成后, 烘干切片用打粉机打成细粉, 过 100 目筛, 用自封袋保存用于块茎品质指标测定。淀粉含量采用碘—碘化钾比色法^[14]测定; 粗蛋白含量采用凯氏定氮法^[15]测定; 还原糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[16]测定。

(3) 养分农学效率

农学效率 (kg/kg) = (施肥区作物产量 - 不施肥区作物产量) / 施肥量^[17]。

1.4 数据处理

采用 Excel 2019 进行数据统计, 采用 SPSS 26.0 软件对数据进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 施肥对各品系马铃薯产量的影响

由表 1 可知: 与未施肥处理相比, 施肥后各品系单株产量均增加。未施肥条件下, 3S-120、3S-112、14022、2012-Z4、14016 和 14009-23 的单株产量均显著高于 CK ($P < 0.05$), 其中 3S-120 单株产量最高 (0.40 kg), 其次是 3S-112 (0.38 kg) 和 14022 (0.37 kg); 1325-D5 的单株产量最低, 仅为 0.08 kg; 最高单株产量是最低单株产量的 5 倍。在施肥条件下, 3S-120 和 D97 的单株产量显著高于对照品种 L6 ($P < 0.05$), 分别较 CK 提高 50.85% 和 40.68%; 1325-D5 和 6S-18 单株产量最

低, 仅为 0.22 kg; 最高单株产量是最低单株产量的 4 倍。综上所述, 无论施肥与否, 3S-120 的单株产量均显著高于 CK ($P < 0.05$), 而在未施肥条件下 3S-112、14022、2012-Z4、14016 和 14009-23 的单株产量均显著高于 CK, 这说明上述 6 个品系均可作为云南高产冬马铃薯品种选育的储备种质。与不施肥相比, 施肥条件下最高单株产量与最低单株产量之间的差异更小, 说明 23 份供试材料的养分利用效率存在明显差异。

2.2 施肥对各品系马铃薯产量构成因素的影响

由表 2 可知: 与未施肥相比, 施肥能提高马铃薯单株结薯数、商品薯率和单薯质量。未施肥处理下, 3S-120 单株结薯数最多 (8.33 个), 6S-18 和 1325-D5 最少 (1.00 个), 5S-30、3S-112、2013-16、3S-120、14016、14009-23、14004、14022 和 1217 的单株结薯数显著高于 CK ($P < 0.05$); 14013-111 商品薯率最高 (81.11%), 其次是 D97 (80.83%), 14007 最低 (28.05%); 2013-16 单薯质量最小, 为 0.05 kg。施肥处理下, 3S-120 单株结薯数最多 (9.33 个), 6S-18 最少 (1.00 个), D97、3S-112、2013-16、3S-120、14009-23、14007 和 14022 单株结薯数显著大于 CK ($P < 0.05$); 2012-Z4 商品薯率最高 (95.11%), 1325-D5 商品薯率最低 (68.59%)。综上所述, 无论施肥与否, 3S-120、14022、14009-23、3S-112 和 2013-16 的单株结薯数均显著高于 CK ($P < 0.05$)。

2.3 各品系在施肥和不施肥处理下的品质变化

由表 3 可知: 施肥能提高大部分马铃薯品系块茎干物质、淀粉和粗蛋白含量, 而对还原糖含量无明显的影响。整体上, 各品系干物质含量在 14.67%~24.67% 之间, 淀粉含量在 8.45%~19.33% 之间, 粗蛋白含量在 0.78%~1.77% 之间, 还原糖含量在 0.01%~0.28% 之间。未施肥处理下, 14018 和 14004 的干物质含量最高 (22.67%), 6S-18 最低 (15.33%), 其中 13 份参试材料的干物质含量显著高于 CK ($P < 0.05$); 14018 的淀粉含量最高 (17.65%), 3S-12 的淀粉含量最低 (8.45%); D54 粗蛋白含量最高 (1.45%), D97 最低 (0.78%), 除 D97、6S-18、2013-16 和 3S-12 外, 其他品系的粗蛋白含量均高于 CK, 其中 D54、14004 和 14022 的粗蛋白含量显著高于 CK ($P < 0.05$); CK 的还原糖含量最高 (0.22%), 3S-12 最低 (0.01%)。在施肥处理下, 2014-119 的干物质含量最高

表 1 各品系在施肥和未施肥处理下的单株产量

Tab. 1 Yield per plant of each line under fertilization or no fertilization treatment

品系 lines	施肥 fertilization		未施肥 no fertilization		施肥后增产率/% yield increase rate after fertilization
	单株产量/kg yield per plant	较CK增产率/% compared with the CK	单株产量/kg yield per plant	较CK增产率/% compared with the CK	
L6 (CK)	0.59±0.04	—	0.24±0.02	—	145.83
D97	0.83±0.08*	40.68	0.28±0.01	16.67	196.43
D54	0.42±0.15	-28.81	0.23±0.02	-4.17	82.61
6S-18	0.22±0.03	-62.71	0.15±0.03	-37.50	46.67
5S-30	0.47±0.07	-20.34	0.29±0.03	20.83	62.07
3S-69	0.44±0.06	-25.42	0.13±0.00	-11.00	238.46
3S-12	0.32±0.04	-45.76	0.14±0.02	-41.67	128.57
3S-112	0.63±0.13	6.78	0.38±0.04*	58.33	65.79
2014-119	0.57±0.06	-3.39	0.26±0.04	8.33	119.23
2013-16	0.44±0.09	-25.42	0.29±0.03	20.83	51.72
2012-Z4	0.43±0.04	-27.12	0.31±0.03*	29.17	38.71
14018	0.34±0.06	-42.37	0.10±0.02	-58.33	240.00
3S-120	0.89±0.06*	50.85	0.40±0.04*	66.67	122.50
14017-73	0.49±0.17	-16.95	0.23±0.03	-4.17	113.04
14016	0.45±0.06	-23.73	0.30±0.05*	25.00	50.00
14013-53	0.38±0.05	-35.59	0.14±0.02	-41.67	171.43
14013-111	0.37±0.04	-37.29	0.21±0.02	-12.50	76.19
14009-23	0.70±0.05	18.64	0.31±0.01*	29.17	125.81
14004-SD100	0.34±0.02	-42.37	0.18±0.04	-25.00	88.89
1325-D5	0.22±0.06	-62.71	0.08±0.00	-66.67	175.00
14007	0.52±0.03	-11.86	0.19±0.03	-20.83	173.68
14004	0.51±0.09	-13.56	0.31±0.06	19.17	64.52
14022	0.74±0.01	25.42	0.37±0.04*	54.17	100.00
1217	0.68±0.03	15.25	0.29±0.08	20.83	134.48

注: L6. 丽薯6号; “*”表示与CK存在显著差异 ($P<0.05$); 下同。

Note: L6. Lishu 6; “*” indicates a significant difference compared with CK ($P<0.05$); the same as below.

(24.67%), 3S-12 最低 (14.67%); 2014-119 的淀粉含量最高 (19.33%), 2012-Z4 最低 (10.33%); 3S-112 的粗蛋白含量最高 (1.77%), CK 最低 (1.23%), 且 3S-112 的粗蛋白含量显著高于 CK ($P<0.05$); 6S-18 的还原糖含量最高 (0.28%), 14016 和 14022 最低 (0.01%)。综上所述, 6S-18 的品质较差, 但其大部分品质性状仍优于丽薯 6 号。

2.4 各马铃薯品系养分农学效率差异

由图 1 可知: 马铃薯各品系养分农学效率为 5.30~68.59, 各品系间总体上存在差异。D97 的养分农学效率最高, 且显著高于 CK ($P<0.05$); 3S-120、14009-23 和 14022 的养分农学效率均高于 CK, 但无显著差异; 14004-SD100、1217 和

3S-69 的养分农学效率均略低于 CK, 6S-18 的养分农学效率最低; 14018、14007、2013-16、3S-12、5S-30、1325-D5、14013-111、14016、2012-Z4 和 6S-18 的养分农学效率显著低于 CK ($P<0.05$)。

3 讨论

研究表明: 施肥处理能显著增加马铃薯产量, 与不施肥相比氮磷配施及氮磷钾配施均能使陇薯 3 号产量增加, 增产幅度为 12.5%~32.6%^[18]; 当 N、P₂O₅ 和 K₂O 施用量分别为 250、135 和 300 kg/hm² 时, 马铃薯品种紫花 851 可增产 141.38%^[19]; N、P₂O₅ 和 K₂O 施用量分别为 225、75 和 270 kg/hm² 时, 克新 1 号增产幅度为 15.46%^[20]。在本研究中, 当 N、P₂O₅ 和 K₂O 施用

表 2 各品系马铃薯施肥和未施肥处理下产量构成变化

Tab. 2 Changes of potato yield formation of each line under fertilization or no fertilization treatment

品系 lines	单株结薯数 number of potato per plant		商品薯率/% rate of economic potato		单薯质量/kg weight of single potato	
	施肥 fertilization	未施肥 no fertilization	施肥 fertilization	未施肥 no fertilization	施肥 fertilization	未施肥 no fertilization
L6 (CK)	3.33±0.58	2.00±0.00	93.00±0.04	78.00±0.80	0.19±0.01	0.11±0.00
D97	5.00±1.00*	3.00±1.00	90.16±0.01	80.83±0.07	0.17±0.03	0.11±0.03
D54	3.33±0.58	2.33±0.58	86.56±0.03	69.71±0.14	0.13±0.03	0.10±0.02
6S-18	1.00±0.00	1.00±0.00	92.70±0.10	77.86±0.08	0.20±0.01	0.09±0.01
5S-30	4.00±1.00	3.67±0.58*	85.95±0.06	63.80±0.19	0.12±0.01	0.07±0.01
3S-69	3.33±0.58	2.67±0.58	84.35±0.06	48.14±0.26	0.13±0.02	0.06±0.02
3S-12	2.33±0.58	2.00±0.00	86.91±0.03	50.13±0.16	0.13±0.01	0.07±0.01
3S-112	4.67±1.15*	4.67±1.15*	85.06±0.08	72.15±0.17	0.13±0.01	0.09±0.01
2014-119	3.33±0.58	3.33 ±1.15	90.06±0.03	70.20±0.13	0.17±0.03	0.07±0.01
2013-16	5.00±1.00*	5.00±0.58*	70.34±0.06	38.64±0.09	0.09±0.00	0.05±0.00
2012-Z4	2.67±1.15	3.00±0.00	95.11±0.01	70.29±0.13	0.19±0.05	0.11±0.01
14018	1.67±1.15	1.33±0.58	91.95±0.02	73.21±0.15	0.22±0.06	0.08±0.02
3S-120	9.33±0.67*	8.33±0.33*	83.44±1.76	64.00±0.01	0.13±0.01	0.06±0.01
14017-73	3.67±0.58	3.00±0.00	85.06±0.15	68.32±0.06	0.14±0.05	0.07±0.01
14016	3.33±0.58	5.00±1.00*	92.38±0.02	39.34±0.15	0.14±0.02	0.06±0.01
14013-53	2.67±0.58	1.67±0.58	88.94±0.03	66.68±0.15	0.15±0.01	0.08±0.01
14013-111	2.33±0.58	2.33±0.58	85.75±0.15	81.11±0.07	0.14±0.01	0.11±0.01
14009-23	4.67±0.58*	4.67±0.58*	89.44±0.03	60.45±0.01	0.15±0.01	0.07±0.01
14004-SD100	3.33±0.58	2.00±1.00	84.70±0.03	61.85±0.17	0.11±0.02	0.09±0.02
1325-D5	1.67±0.58	1.00±0.00	68.59±0.23	61.50±0.17	0.18±0.08	0.08±0.00
14007	5.00±0.00*	3.33±1.52	76.73±0.12	28.05±0.10	0.10±0.01	0.06±0.02
14004	3.33±0.58	4.00±0.00*	94.69±0.03	71.50±0.15	0.16±0.01	0.08±0.01
14022	5.67±0.33*	4.00±0.00*	80.00±6.03	77.33±0.37	0.14±0.01	0.09±0.03
1217	3.66±0.33	3.66±0.66*	93.33±0.67	63.00±2.30	0.16±0.01	0.08±0.01

量分别为 225、180 和 270 kg/hm² 时, 各品系增产幅度介于 46.67%~240.00% 之间, 其中, 14018、D97、1325-D5 和 3S-69 增产率分别为 240.00%、196.43%、175.00% 和 238.46%, 增产幅度均较高, 反映出自主培育的部分高代品系在生产上具有更大的潜力。不同作物或同种作物的不同基因型对养分的利用效率存在一定差异^[21]。岳超等^[22]研究表明: 相同施氮处理下云薯 902 的农学利用效率高于合作 88; 魏峭嵘等^[23]发现低氮处理下东农 308 的农学利用率高于延薯 4 号; 黄雪丽等^[24]研究表明 HEK-1 和 HEK-2 的钾利用效率高于合作 88。本研究表明: D97、3S-120、14022 和 14009-23 的养分农学效率最高, 与不施肥相比, 施肥增产率较大, 表现出高产和养分高效的协同, 这些高代品系可用于后续水肥高效品种的选育和基础研究。

研究表明: 单株结薯数、单薯质量和商品薯

率是影响马铃薯产量的主要因素^[25-26]。云南南部热区初春气温骤升, 高温不利于马铃薯商品薯的形成^[27]。本研究发现: 品系 2013-16 和 14007 的结薯数虽然最高, 但是商品薯率和单薯质量均出现最小值, 故其低单株产量是不耐热所致; 而品系 6S-18 和 1325-D5 的商品薯率和单薯质量较高, 但单株结薯数最小, 说明养分效率低是导致其单株产量低的原因; 高产品系 3S-120、14022 和 D97 保持最高的单株结薯数、单薯质量和商品薯率, 表明它们可能具备耐热和养分效率高的特点。此外, 本研究还发现: 在施肥和未施肥处理下, 3S-120、14022、D97 和 14009-23 单株产量均高于丽薯 6 号, 1325-D5 和 6S-18 单株产量最低。综上所述, 3S-120、14022、D97 和 14009-23 为云南冬季高产品系, 1325-D5 和 6S-18 不适合在云南冬作热区进行推广。

表 3 马铃薯各品系施肥和未施肥处理下品质指标
Tab. 3 Quality of each line under fertilization or no fertilization treatment

品系 lines	干物质含量 dry matter content		淀粉含量 starch content		粗蛋白含量 crude protein content		还原糖含量 reducing sugar content	
	施肥	未施肥	施肥	未施肥	施肥	未施肥	施肥	未施肥
	fertilization	no fertilization	fertilization	no fertilization	fertilization	no fertilization	fertilization	no fertilization
L6 (CK)	19.67±2.52	16.00±1.73	14.33±1.53	12.84±1.09	1.23±0.19	0.90±0.11	0.11±0.03	0.22±0.01
D97	20.67±0.05	16.33±2.52	14.33±3.51	10.96±2.16	1.27±0.40	0.78±0.16	0.06±0.00	0.11±0.01
D54	21.33±0.01	21.33±0.58*	17.00±1.73	15.08±0.51	1.51±0.01	1.45±0.04*	0.04±0.00	0.14±0.08
6S-18	19.67±2.52	15.33±0.58	15.00±2.00	8.64±3.26	1.44±0.12	0.87±0.10	0.28±0.02	0.02±0.00
5S-30	19.00±1.00	19.67±1.16*	14.33±1.52	11.38±0.99	1.49±0.29	1.26±0.10	0.02±0.00	0.03±0.00
3S-69	16.33±0.58	15.67±0.58	11.33±0.58	10.61±0.66	1.39±0.06	0.95±0.15	0.05±0.01	0.05±0.00
3S-12	14.67±1.53	15.67±1.53	12.00±1.00	8.45±1.37	1.36±0.08	0.79±0.04	0.06±0.01	0.01±0.00
3S-112	22.33±2.08	19.00±1.00	16.33±3.79	16.31±1.25	1.77±0.15*	1.10±0.38	0.06±0.01	0.02±0.00
2014-119	24.67±3.06	21.33±0.58*	19.33±2.89	16.44±1.74	1.50±0.19	1.20±0.12	0.06±0.01	0.10±0.03
2013-16	20.33±0.58	20.00±0.00*	14.67±0.58	13.79±0.89	1.33±0.25	0.87±0.09	0.03±0.01	0.03±0.00
2012-Z4	18.67±0.58	21.00±2.00*	10.33±8.15	13.05±0.33	1.25±0.11	0.95±0.19	0.02±0.00	0.13±0.01
14018	23.33±1.16	22.67±1.16*	17.33±0.58	17.65±1.96	1.41±0.14	1.22±0.10	0.02±0.00	0.09±0.00
3S-120	18.67±0.67	18.33±0.67	16.33±0.13	15.33±0.33	1.35±0.34	0.92±0.05	0.05±0.01	0.14±0.08
14017-73	23.67±1.53	20.00±1.00*	17.00±1.00	16.23±0.86	1.65±0.12	1.21±0.13	0.22±0.04	0.07±0.00
14016	22.67±0.58	20.33±1.53*	19.00±1.73	14.05±3.36	1.63±0.21	1.26±0.13	0.01±0.00	0.12±0.01
14013-53	20.33±1.53	20.33±1.53*	16.67±1.16	16.07±0.90	1.55±0.11	1.29±0.13	0.04±0.00	0.05±0.00
14013-111	20.00±0.00	21.33±0.58*	17.00±1.73	15.23±1.93	1.63±0.19	1.08±0.09	0.02±0.00	0.11±0.01
14009-23	19.33±1.16	18.00±1.00	15.00±1.00	12.03±3.76	1.30±0.10	0.96±0.22	0.02±0.00	0.21±0.11
14004-SD100	19.00±0.00	18.67±0.58	15.67±0.58	12.16±0.50	1.47±0.08	1.00±0.02	0.06±0.00	0.03±0.00
1325-D5	20.33±1.16	20.00±0.00*	17.00±1.00	16.29±0.53	1.35±0.15	0.95±0.04	0.08±0.01	0.04±0.01
14007	16.67±0.58	18.67±0.58	15.33±0.58	11.97±0.54	1.35±0.11	1.15±0.12	0.02±0.00	0.19±0.01
14004	21.00±1.00	22.67±0.58*	17.67±1.16	14.13±4.94	1.43±0.14	1.30±0.03*	0.05±0.02	0.03±0.00
14022	23.67±0.88	19.67±0.33*	17.33±0.67	16.33±0.67	1.67±0.09	1.36±0.09*	0.01±0.00	0.06±0.00
1217	23.00±0.20	18.67±0.33	18.67±1.90	14.67±0.88	1.47±0.12	1.14±0.11	0.04±0.00	0.09±0.02

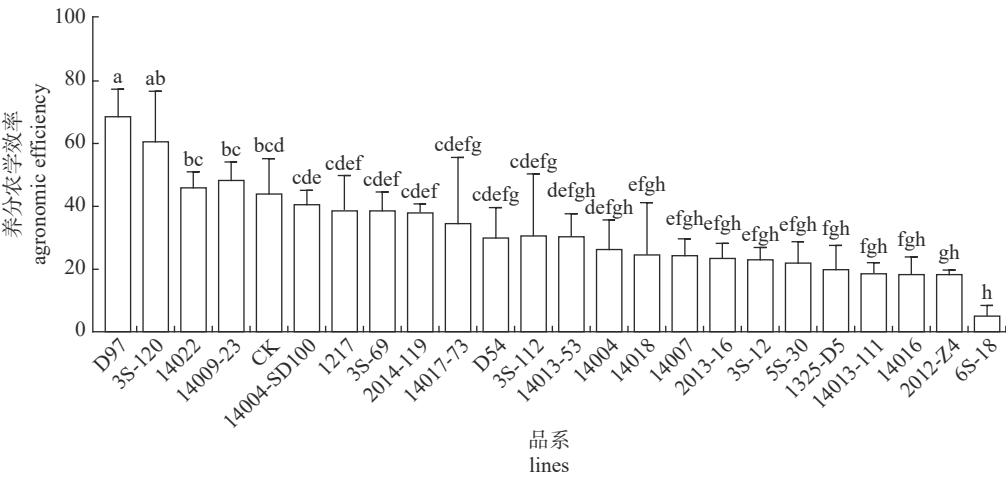


图 1 各马铃薯品系养分农学效率
Fig. 1 Agronomic efficiency of various potato lines

过量施肥会造成马铃薯品质下降，陈华等^[28]研究表明：当 N、P₂O₅ 和 K₂O 施肥量分别为 0~111.54、0~44.98 和 0~203.30 kg/hm² 时，马铃薯块茎中淀粉、粗蛋白、还原糖和 Vc 含量呈增加

趋势,超过该施肥量范围时品质下降。本研究发现:在 N、P₂O₅ 和 K₂O 用量分别为 225、180 和 270 kg/hm² 时,部分品系品质亦下降,表明双江冬季马铃薯种植传统施肥可能存在过量的情况,建议对施肥量进行调整。马铃薯品质受品种特性影响较大,产品加工对马铃薯品质有特殊的要求,通常淀粉含量大于 18% 的品种(系)为高淀粉材料,加工型马铃薯的还原糖含量需低于 0.3%。本研究发现:20 份高代品系还原糖含量均不超过 0.3%,2014-119 和 14016 淀粉含量均超过 18.00%,在生产加工方面应用潜力较大,可作为良好的育种亲本。大部分材料品质性状均优于丽薯 6 号或与其相当,在推广和生产上可作为优质潜力种质材料应用。

4 结论

马铃薯品系 D97、3S-120、14022 和 14009-23 在产量、品质和养分利用效率均表现较佳,可作为云南冬马铃薯候选的栽培及推广品种(系)。

[参考文献]

- [1] 平秀敏,朱润云. 2018年云南省马铃薯产销形势分析[J]. 农村经济与科技, 2019, 34(4): 57.
- [2] 郭华春. 冬马铃薯优质高产栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.
- [3] 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. DOI: 10.11766/trxb201310250483.
- [4] 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. DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201804050.
- [5] 王火焰,周健民. 根区施肥: 提高肥料养分利用率和减少面源污染的关键和必需措施[J]. 土壤, 2013, 45(5): 785. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9829.2013.05.004.
- [6] 谭乾开,黎华寿,林洁,等. 不同施肥配方对冬种马铃薯农艺性状和产量质量的影响研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(33): 166. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6850.2012.33.033.
- [7] 陈洪,张新明,全锋,等. 氮磷钾不同配比对冬作马铃薯产量、效益和肥料利用率的影响[J]. 中国马铃薯, 2010(4): 224. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3635.2010.04.011.
- [8] 马心灵,朱启林,耿川雄,等. 不同氮水平下作物养分吸收与利用对玉米马铃薯间作产量优势的贡献[J]. 应用生态学报, 2017, 28(4): 1265. DOI: 10.13287/j.1001-9332.201704.026.
- [9] 尹梅,刘自成,任齐燕,等. 少耕覆盖与不同氮磷钾配比对马铃薯产量效益和养分利用的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(3): 133. DOI: 10.16213/j.cnki.scjas.2016.03.025.
- [10] 崔海涛. 食品安全战略引发耕地质量话题: 两会代表、委员热议土壤污染治理[J]. 中国农资, 2014(9): 5.
- [11] 凌宏清,袁力行. 我国作物养分高效研究的现状与未来发展趋势[J]. 中国基础科学, 2016, 18(2): 54. DOI: 10.3969/j.issn.1009-2412.2016.02.007.
- [12] 程红. 马铃薯氮营养高效利用品种的筛选及其生理机制的研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2010.
- [13] 韩新爱. 马铃薯低钾胁迫反应类型及其钾营养特性研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2007.
- [14] 门福义,刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [15] 蒋江虹,革丽亚,麦琦. 全自动凯氏定氮仪测定食品中蛋白质[J]. 光谱仪器与分析, 2006(1/2/3): 258.
- [16] 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.
- [17] CHUAN L M, HE P, PAMPOLINO M F, et al. Establishing a scientific basis for fertilizer recommendations for wheat in China: yield response and agronomic efficiency[J]. Field Crops Research, 2013, 140(1): 1. DOI: 10.1016/j.fcr.2012.09.020.
- [18] 苏小娟,王平,刘淑英,等. 施肥对定西地区马铃薯养分吸收动态、产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(1): 86. DOI: 10.3969/j.issn.1004-1389.2010.01.020.
- [19] 戴树荣. 应用“3414”试验设计建立二次肥料效应函数寻求马铃薯氮磷钾适宜施肥量的研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 154.
- [20] 张静,蒙美莲,王颖慧,等. 氮磷钾施用量对马铃薯产量及品质的影响[J]. 作物杂志, 2012(4): 124. DOI: 10.3969/j.issn.1001-7283.2012.04.030.
- [21] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915. DOI: 10.3321/j.issn.0564-3929.2008.05.018.
- [22] 岳超,肖石江,王怀义,等. 氮肥用量对不同冬马铃薯品种产量及氮肥利用率的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2019(2): 119. DOI: 10.11838/sfsc.1673-6257.18232.
- [23] 魏峭嵘,曹敏建,石瑛,等. 施氮水平对不同马铃薯品种生长发育及品质性状的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2017, 48(2): 152. DOI: 10.3969/j.issn.1000-1700.2017.02.004.
- [24] 黄雪丽,胡应锋,邹雪,等. 钾高效基因型马铃薯钾素利用效率机制研究[J]. 西南农业学报, 2013, 26(3): 1094. DOI: 10.3969/j.issn.1001-4829.2013.03.051.
- [25] 许丽. 氮素形态及氮磷钾配比对春、秋马铃薯养分积累及产量构成的影响[D]. 成都: 四川农业大学, 2016.
- [26] 陈自雄,杨荣洲,张娟宁,等. 有机肥氮替代部分化肥氮对马铃薯产量及其构成因素的影响[J]. 甘肃农业科技, 2020(7): 24. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.07.007.
- [27] 冯朋博,慕宇,孙建波,等. 高温对马铃薯块茎形成期光合及抗氧化特性的影响[J]. 生态学杂志, 2019, 38(9): 145. DOI: 10.13292/j.1000-4890.201909.037.
- [28] 陈华,刘孟君,刘如霞. 不同施肥水平对菜用马铃薯农艺性状及营养品质的影响[J]. 西北农业学报, 2016, 25(2): 66. DOI: 10.7606/j.issn.1004-1389.2016.02.010.

责任编辑: 何承刚