

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)04-0334-07

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.04.007

不同密度和肥料对彩色马铃薯‘红美’主要性状和产量的影响

宗洪霞, 李保证, 肖 波, 徐 茜*

(重庆三峡农业科学院, 重庆 404155)

摘 要: 彩色马铃薯新品种‘红美’品质优良, 市场潜力巨大, 为品种推广提供依据。利用 $L_9(3^4)$ 正交设计, 研究密度和氮磷钾肥料对于彩色马铃薯品种‘红美’主要性状及产量的影响, 得出最佳高产模式。结果表明, 不同的密度和氮磷钾肥对‘红美’单株块茎重和商品薯率的影响极显著, 对单株块茎数的影响不显著。密度、磷钾肥均以中间水平时单株块茎重最高, 单株块茎重随着氮肥用量增加而增加, 商品薯率随着磷肥增加而增加, 施氮量和施钾量均处于中间水平时商品薯率最高。‘红美’最佳高产组合为T9组合, 即密度5 000株/667m², 施氮量15 kg/667m², 施钾量10 kg/667m², 施磷量5 kg/667m²时, ‘红美’鲜薯产量可达2 149 kg/667m²。

关键词: 红美; 高产栽培; 主要性状; 产量

Effects of Different Densities and Fertilizer Application Rates on Main Characters and Yields of Colorful Potato Variety 'Hongmei'

ZONG Hongxia, LI Baozheng, XIAO Bo, XU Qian*

(Chongqing Three Gorges Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 404155, China)

Abstract: The new variety of colorful potato 'Hongmei' has good quality and great market potential, which provides the basis for the variety promotion. $L_9(3^4)$ orthogonal design was used to study the effects of plant density, nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) fertilizer factors on the main characters and yields of colorful potato variety 'Hongmei', so as to obtain the best mode for high tuber yield. Different plant densities and N, P and K application rates had highly significant effects on tuber yield per plant and marketable tuber percentage, but had no significant effects on tuber number per plant. The tuber yield per plant was the highest when the density and phosphorus and potassium fertilizer application rates were at the intermediate level, but the tuber yield per plant increased with the increase of nitrogen application rate. The marketable tuber percentage increased with the increase of P fertilizer, however, the marketable tuber percentage was the highest when N and K fertilizer application rates were in the middle level. The optimal combination for high yield of 'Hongmei' was T9, that is, when the density was 5 000 plants/667m², nitrogen application rate was 15 kg/667m², potassium application rate was 10 kg/667m², and phosphorus application rate was 5 kg/667m². At this treatment combination, the tuber yield of 'Hongmei' reached up to 2 149 kg/667m².

Key Words: Hongmei; high yield cultivation; main character; yield

收稿日期: 2021-05-06

基金项目: 重庆市科技局项目(cstc2018jsx-msybX0260)。

作者简介: 宗洪霞(1986-), 女, 助理研究员, 主要从事蔬菜栽培育种与推广研究。

*通信作者(Corresponding author): 徐茜, 高级农艺师, 主要从事蔬菜栽培育种研究, E-mail: 752340971@qq.com。

彩色马铃薯是指马铃薯的薯皮和薯肉具有多种不同颜色的品种类型,除了含有普通马铃薯具有的淀粉、蛋白质、微量元素外,薯肉中还含有丰富的天然色素,具有抗癌、抗衰老等功效^[1]。彩色马铃薯‘红美’是由内蒙古自治区农牧业科学院马铃薯研究中心和内蒙古铃田生物技术有限公司选育而成的优质新品种,该品种抗病性强,适应性广,除具有丰富的营养外,还富含花青素和硒元素,能增强人体免疫力,可有效预防糖尿病、克山病等疾病,可用于鲜食、生食、榨汁和油炸加工,备受市场青睐。重庆市地处长江流域,雨水丰沛、光照充足,土壤条件适宜、有得天独厚的地理以及气候条件。马铃薯在重庆市种植十分广泛,是贫困山区和三峡库区极为重要的粮食作物和经济作物,也是助力脱贫攻坚的重要农作物^[2],但本地区对于彩色马铃薯研究报道较少,本研究重点在于探究不同的密度和氮磷钾肥料用量对于‘红美’主要农艺性状和产量的影响,筛选出‘红美’在重庆地区最适栽培模式。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试马铃薯品种为‘红美’,原种,由安徽省农业科学院提供。

1.2 试验设计

试验在重庆三峡农业科学院甘宁试验基地进行,海拔326 m,试验地为黄壤土,土壤pH 4.8,有机质21.1 g/kg,碱解氮94.04 mg/kg,有效磷109.9 mg/kg,速效钾94.9 mg/kg,肥力中等偏下,灌溉良好。前作为甘薯。

试验按 $L_9(3^4)$ 正交设计,4个因素分别是A因素密度、B因素施氮量(氮素)、C因素施磷量(磷素)、D因素施钾量(钾素)。每个因素3水平,即施氮量分别为5,10和15 kg/667m²,施磷量分别为3,5和7 kg/667m²;施钾量分别为10,20和30 kg/667m²。随机区组设计,重复3次,小区面积10.66 m²。试验因素水平及正交设计见表1和表2。

表1 $L_9(3^4)$ 正交试验因素水平

Table 1 Factor and level tested in $L_9(3^4)$ orthogonal experiment

水平 Level	A 密度(株/667m ²) Density (Plant/667m ²)	B 施氮量(kg/667m ²) Nitrogen fertilizer	C 施磷量(kg/667m ²) Phosphorus fertilizer	D 施钾量(kg/667m ²) Potassium fertilizer
1	4 000	5	3	10
2	4 500	10	5	20
3	5 000	15	7	30

表2 $L_9(3^4)$ 正交设计

Table 2 $L_9(3^4)$ orthogonal design

处理 Treatment	A	B	C	D	组合 Combination
T1	1	1	1	1	A1B1C1D1
T2	1	2	2	2	A1B2C2D2
T3	1	3	3	3	A1B3C3D3
T4	2	1	2	3	A2B1C2D3
T5	2	2	3	1	A2B2C3D1
T6	2	3	1	2	A2B3C1D2
T7	3	1	3	2	A3B1C3D2
T8	3	2	1	3	A3B2C1D3
T9	3	3	2	1	A3B3C2D1

1.3 田间管理

试验于2020年1月14日播种, 整地时按照100 kg/667m²用量施入有机肥, 磷肥(折含P₂O₅ 12%的过磷酸钙)作基肥一次性施入, 氮肥(折含N 46%的尿素)和钾肥(折含K₂O 52%的农用硫酸钾)施用量的80%作基肥, 20%作苗肥使用。3月17日中耕除草, 3月18日追施苗肥, 3月19日培土起垄, 分别于3月20日, 4月1日, 4月15日, 4月30日喷锰锌·氟吗啉50%可湿性粉剂、氟菌·霜霉威防治病虫害。试验于2020年5月19日收获。

1.4 调查指标

收获时调查马铃薯单株块茎数、单株块茎重、商品薯率(50 g以上块茎占总块茎重的百分比)和产

量性状指标。

1.5 数据分析方法

采用WPS 2019表格进行统计, SPSS 17.0^[3]和SNK法进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同处理对‘红美’主要性状的影响

不同处理对‘红美’单株块茎重和商品薯率的影响极显著, 对单株块茎数影响不显著(表3)。处理2的单株块茎重最高, 平均为0.57 kg/株, 处理1的单株块茎重最低, 平均为0.37 kg/株。处理2的商品薯率最高, 平均为83.36%, 处理4的商品薯率最低, 仅为34.15%。块茎数在6.83~7.80个/株。

表3 ‘红美’主要性状表现

Table 3 Performance of main characteristics of 'Hongmei'

处理 Treatment	单株块茎数(No./株) Tuber number per plant (No./plant)	单株块茎重(kg/株) Tuber yield per plant (kg/plant)	商品薯率(%) Marketable tuber percentage
T1	7.13 a	0.37 fE	56.64 fE
T2	7.37 a	0.57 aA	83.36 aA
T3	6.87 a	0.45 dC	69.12 cC
T4	7.10 a	0.53 bB	34.15 gF
T5	7.67 a	0.40 eD	76.43 bB
T6	7.10 a	0.55 aAB	71.14 cC
T7	7.80 a	0.48 cC	62.61 dD
T8	7.33 a	0.42 eD	59.03 eE
T9	6.83 a	0.55 aAB	62.21 dD

注: 数字后小写字母表示0.05显著水平, 大写字母表示0.01显著水平。下同。

Note: Lowercase letter after number indicates significance level of 0.05, and capital letter indicates significance level of 0.01. The same below.

2.1.1 不同因素对单株块茎重的影响

方差分析表明不同因素对‘红美’单株块茎重的影响均极显著(表4)。各因素不同水平间的差异性比较显示(表5), 密度和施钾量均以2水平最高, 3水平次之, 1水平最低, 施磷量具体表现为2水平>1水平>3水平, 且2水平与1、3水平之间差异极显著, 施氮量表现为3水平>2水平>1水平, 3水平与1、2水平之间差异极显著, 表明单株块茎重对钾肥和磷肥需求量适中, 对氮肥需求量较大, 随着氮肥用量增加而增加。

2.1.2 不同因素对商品薯率的影响

由表6方差分析可知, 不同因素对‘红美’商品薯率的影响均极显著。表7多重比较分析表明, 密度对商品薯率的具体表现为1水平>3水平>2水平, 1水平与2、3水平之间差异极显著, 2、3水平之间差异不显著, 施氮量表现为2水平>3水平>1水平, 施钾量表现为2水平>1水平>3水平, 施磷量表现为3水平>1水平>2水平, 各水平之间差异极显著。表明密度较低时, 较高水平的磷肥, 适量的氮肥和钾肥有助于商品薯率的提高。

表4 ‘红美’单株块茎重方差分析

Table 4 Analysis of variance for tuber yields per plant of 'Hongmei'

变异来源 Source	SS	DF	MS	F	Sig.
密度 Density	0.004	2	0.002	11.422	0.001
施氮量 Nitrogen fertilizer	0.019	2	0.010	54.151	<0.001
施磷量 Phosphorus fertilizer	0.065	2	0.032	182.212	<0.001
施钾量 Potassium fertilizer	0.045	2	0.023	126.574	<0.001
单位组 Block	0.001	2	<0.001	2.169	0.147
误差 Error	0.003	16	<0.001		
总计 Total	6.352	27			
校正总计 Corrected total	0.137	26			

表5 单株块茎重在各因素不同水平间的差异性比较

Table 5 Comparison of tuber yields per plant in different levels of various factors

因素 Factor	水平 Level	单株块茎重(kg) Tuber yield per plant	差异显著性 Difference significant	
			0.05	0.01
密度(A)	2	0.494	a	A
Density	3	0.482	a	AB
	1	0.464	b	B
施氮量(B)	3	0.582	a	A
Nitrogen fertilizer	2	0.517	b	B
	1	0.464	b	B
施磷量(C)	2	0.549	a	A
Phosphorus fertilizer	1	0.445	b	B
	3	0.445	b	B
施钾量(D)	2	0.536	a	A
Potassium fertilizer	3	0.465	b	B
	1	0.439	c	C

表6 ‘红美’商品薯率方差分析

Table 6 Analysis of variance for marketable tuber percentages of 'Hongmei'

变异来源 Source	SS	DF	MS	F	Sig.
密度 Density	464.740	2	232.370	179.265	<0.001
施氮量 Nitrogen fertilizer	2 318.939	2	1 159.470	894.488	<0.001
施磷量 Phosphorus fertilizer	438.419	2	219.209	169.112	<0.001
施钾量 Potassium fertilizer	1 522.083	2	761.041	587.115	<0.001
单位组 Block	6.326	2	3.163	2.440	0.119
误差 Error	20.740	16	1.296		
总计 Total	114 862.055	27			
校正总计 Corrected total	4 771.246	26			

表7 商品薯率在各因素不同水平间的差异性比较

Table 7 Comparison of marketable tuber percentages in different levels of various factors

因素 Factor	水平 Level	商品薯率(%) Marketable tuber percentage	差异性显著 Difference significant	
			0.05	0.01
密度 Density	1	69.71	a	A
	3	61.28	b	B
	2	60.57	b	B
施氮量 Nitrogen fertilizer	2	72.94	a	A
	3	67.49	b	B
	1	51.13	c	C
施钾量 Phosphorus fertilizer	2	72.37	a	A
	1	65.09	b	B
	3	54.10	c	C
施磷量 Potassium fertilizer	3	69.39	a	A
	1	62.27	b	B
	2	59.91	c	C

2.2 不同因素对‘红美’产量的影响

方差分析表明(表8), 不同因素对‘红美’产量的影响均极显著。通过因素间的多重比较发现(表9), 不同的密度处理对于产量的影响表现为3水平>2水平>1水平, 2、3水平间差异显著, 与1水平之间差异极显著; 施氮量表现为3水平>2水平>1水平, 3水平与1、2水平之间差异极显著, 施磷量表现为2

水平>3水平>1水平, 2、3水平间差异不显著, 与1水平之间差异极显著, 施钾量表现为2水平>1水平>3水平, 1、2水平间差异不显著, 与3水平之间差异极显著。表明在本试验条件下, ‘红美’产量随着密度和氮肥施用量的逐渐增多而增加, 适量增施钾肥可以提高产量, 但是增加到一定量时, 对产量有明显抑制作用, 磷肥和钾肥对产量的影响略为相同, 均表现为

表8 ‘红美’产量方差分析

Table 8 Analysis of variance for tuber yields of 'Hongmei'

变异来源 Source	SS	DF	MS	F	Sig.
密度 Density	533.811	2	266.905	105.104	<0.001
施氮量 Nitrogen fertilizer	61.706	2	30.853	12.150	0.001
施磷量 Phosphorus fertilizer	53.579	2	26.789	10.549	0.001
施钾量 Potassium fertilizer	47.915	2	23.958	9.434	0.002
单位组 Block	11.029	2	5.514	2.172	0.146
误差 Error	40.631	16	2.539		
总计 Total	19 959.873	27			
校正总计 Corrected total	748.671	26			

当肥料水平处于中等水平时, ‘红美’产量最高。各处理间以 T9 处理下产量最高, 达 2 149 kg/667m², T7 处理次之, 为 1 958 kg/667m², T6 处理居第三位, 为 1 893 kg/667m², T1 处理下‘红美’产量最低, 仅为 1 102 kg/667m²(表 10)。

在马铃薯实际生产过程中, 产量的权重系数最大, 因此本试验得出, ‘红美’高产最优组合为 T9 组合, 即密度 5 000 株/667m², 施氮量 15 kg/667m², 施钾量 10 kg/667m², 施磷量 5 kg/667m²时, ‘红美’产量最高。

表 9 产量在各因素不同水平间的差异性比较

Table 9 Comparison of tuber yields in different levels of various factors

因素 Factor	水平 Level	平均小区产量(kg/10.66m ²) Average plot yield	差异性显著 Difference significant	
			0.05	0.01
密度 Density	3	30.61	a	A
	2	28.95	b	A
	1	20.46	c	B
施氮量 Nitrogen fertilizer	3	28.76	a	A
	2	26.05	b	B
	1	25.21	b	B
施钾量 Phosphorus fertilizer	2	27.90	a	A
	1	27.30	a	A
	3	24.82	b	B
施磷量 Potassium fertilizer	2	27.73	a	A
	3	27.61	a	A
	1	24.68	b	B

表 10 不同处理‘红美’块茎产量

Table 10 Tuber yields of 'Hongmei' under various treatments

处理 Treatment	小区产量(kg/10.66m ²) Plot yield				折合产量(kg/667m ²) Equivalent yield	位次 Rank
	I	II	III	平均 Average		
T1	16.54	19.23	17.12	17.63	1 102 eE	9
T2	21.53	24.18	20.65	22.12	1 383 dD	7
T3	20.78	23.14	20.97	21.63	1 352 dDE	8
T4	24.31	27.45	28.31	26.69	1 669 cC	5
T5	29.75	31.23	28.69	29.89	1 869 bBC	4
T6	30.04	32.16	28.61	30.27	1 893 bABC	3
T7	29.19	33.51	31.26	31.32	1 958 bAB	2
T8	26.74	24.39	27.32	26.15	1 635 cC	6
T9	35.29	32.58	35.24	34.37	2 149 aA	1

3 讨 论

王小英等^[4]发现不同氮磷钾配比对‘冀张薯8号’单株块茎重、株高和商品薯率的影响差异达显著水平, 对单株块茎数的影响差异不显著。徐茜等^[5]认为‘渝马铃薯3号’主茎数、单株块茎数表现趋于一致, 表明马铃薯主茎数、单株块茎数为品种的固有特性, 与试验密度和肥料因素无关。本研究与以上研究结果相似, 即不同密度和肥料因素对马铃薯单株块茎数的影响差异不显著。

牟东岭等^[6]认为在一定程度下, 加大钾肥施用量可提高单株结薯数和商品薯率, 中等钾肥水平处理下达到最大, 高水平钾肥处理下马铃薯块茎生长受到明显抑制, 影响了商品薯的比例。郭志平^[7]研究指出, 合理增施钾肥能提高马铃薯大中薯率。陈改雁等^[8]研究发现, 钾肥对马铃薯商品薯具有促进作用, 磷肥和氮肥施用量过多时对马铃薯商品薯有不利影响。本研究与以上研究中钾肥对商品薯率的影响结果基本一致, 即中等水平的钾肥处理对‘红美’商品薯率有促进作用, 过量施用有明显抑制作用, 磷肥结果不一致, 本研究认为‘红美’商品薯率在高水平磷肥下达到最大, 可能与品种特性, 土壤含磷量等因素有关。

马铃薯生产中, 种植密度和施肥量是影响产量的重要因素^[1,2]。本研究认为, 在重庆地区, ‘红美’最佳高产栽培模式是当密度为5 000株/667m²、施氮量为15 kg/667m²、施磷量为5 kg/667m²、施钾量为10 kg/667m²时, 鲜薯产量为2 149 kg/667m²; 钾肥、磷肥因素的水平间均以2水平的产量最高, 同时呈向下的抛物线, 表明过高或过低的钾肥和磷肥均不利于‘红美’高产的形成。氮肥和密度均以3水平最高, 这与‘红美’品种特性有关, 该品种前期生长旺盛, 前期大水大肥有利于快速建成高产的植株形态。麻汉林和郭志平^[9]的研究表明, 增施磷、钾肥可

提高马铃薯淀粉含量、块茎产量和大中薯率, 但是当钾肥增施到一定量时, 进一步提高钾肥施用量对提高块茎产量的效果不明显。弓建国等^[10]研究表明, 随着氮、磷、钾肥施用量的增加, 马铃薯商品率呈抛物线形增加, 氮、磷、钾肥和有机肥对马铃薯产量的影响均呈抛物线形, 表明适量施用这4种肥料对马铃薯均有增产效果, 其中氮与有机肥对马铃薯的增产效果最大, 磷、钾肥次之。以上结果与本试验部分结果一致, 但是由于没有考虑各因素之间的交互作用, 因此试验具有一定的局限性, 有待于以后进一步研究, 使配套栽培技术更加完善。

[参 考 文 献]

- [1] 王卫强, 黄世龙, 钟巍然, 等. 重庆彩色马铃薯产业的应用前景初探 [C]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与现代农业. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2007: 82–84.
- [2] 王卫强, 钟巍然, 张晓春, 等. 浅议紫色马铃薯在重庆的发展前景 [J]. 南方农业, 2013, 7(s1): 35–36.
- [3] 季彪俊, 郑婷婷. 田间试验的SPSS统计分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2014: 86–88.
- [4] 王小英, 陈占飞, 方玉川, 等. 不同氮磷钾配比对马铃薯农艺性状、产量和品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2020, 36(4): 44–49.
- [5] 徐茜, 黎华, 伍勇, 等. 密度和肥料对马铃薯‘渝马铃薯3号’主要性状及产量的影响 [J]. 中国马铃薯, 2016, 30(6): 341–348.
- [6] 牟东岭, 郑元红, 王慧, 等. 不同施肥量对于马铃薯产量的影响 [J]. 现代农业科技, 2011(3): 122–123, 131.
- [7] 郭志平. 施钾肥对早熟马铃薯产量的贡献 [J]. 湖北农业科学, 2007, 46(6): 910–912.
- [8] 陈改雁, 周磊, 程士哲. 氮磷钾肥配施对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 内蒙古农业科技, 2013(5): 62–63, 92.
- [9] 麻汉林, 郭志平. 马铃薯高产施肥措施研究 [J]. 中国马铃薯, 2007, 21(1): 26–28.
- [10] 弓建国, 穆俊祥, 曹新民. 氮磷钾有机肥配合施用对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(17): 7935–7937.