

# 张掖市加工型马铃薯氮磷钾最佳施用量的研究<sup>①</sup>

秦嘉海<sup>1</sup>, 李宏斌<sup>2</sup>

(1 河西学院农学系, 甘肃张掖 734000; 2 张掖市农业技术推广站, 甘肃张掖 734000)

**摘要:** 经回归统计分析, 张掖市加工型马铃薯 N 素经济效益最佳施用量为 0.100 t/hm<sup>2</sup>, N 素最佳施用量时的理论产量为 42.89 t/hm<sup>2</sup>。P 素经济效益最佳施用量为 0.076 t/hm<sup>2</sup>, P 素最佳施用量时的理论产量为 40.98 t/hm<sup>2</sup>。K 素经济效益最佳施用量为 0.198 t/hm<sup>2</sup>, K 素最佳施用量时的理论产量为 43.58 t/hm<sup>2</sup>。经增产效应和经济效益分析, 加工型马铃薯产量随 N、P、K 素用量增加而增加, 但边际产量、边际产值、边际利润、肥料贡献率则随 N、P、K 用量增加而递减, 此趋势符合报酬递减律。

**关键词:** 加工型马铃薯; 氮磷钾; 经济效益; 最佳施用量

中图分类号: 147.22

加工型马铃薯在张掖市种植业结构调整中占有重要地位, 是高效、优质、创汇的重要支柱产业。张掖市从海拔 1 450 m 到 2 800 m 均有加工型马铃薯的种植, 播种面积仅次于小麦、玉米, 2008 年种植面积为 2.15 万 hm<sup>2</sup>, 平均产量为 37.50 t/hm<sup>2</sup>, 形成了 35.6 万 t 的马铃薯加工生产线。张掖市委、市政府制定了《张掖市加工型马铃薯产业发展规划》, 2009 年启动了“中国西部马铃薯加工及种薯繁育基地建设工程”。目前, 张掖市加工型马铃薯生产区存在的主要问题是农户配方施肥的意识较差, 普遍存在着重 N 轻 P 和不施 K 肥的习惯。有关加工型马铃薯栽培技术的研究国内外报道的资料较多<sup>[1-9]</sup>。然未见张掖市加工型马铃薯 N、P、K 最佳施用量方面的报道, 本文以加工型马铃薯和 N、P、K 肥为研究材料, 旨在探索张掖市加工型马铃薯 N、P、K 最佳施用量, 为张掖市加工型马铃薯大面积生产提供技术支撑。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

试验于 2006—2008 年在张掖市民乐县三堡镇何家沟村进行, 海拔高度 2 128 m, 年均温度 4.8℃, ≥ 10℃ 积温 2 685℃, 年均降水量 256 mm, 年均蒸发量 1 650 mm, 无霜期 130 天。供试土壤类型是耕种灰钙土, 耕层 0 ~ 20 cm 有机质含量 16.67 g/kg, 碱解 N 65.64 mg/kg, 速效 P 8.60 mg/kg, 速效 K 175.20 mg/kg, pH 值 8.43, CEC 15.80 cmol/kg。供试肥料: CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>

(含 N 46%); (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (含 N 18%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%); K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (含 K<sub>2</sub>O 50%)。参试加工型马铃薯品种是克星 1 号, 由甘肃万向德农马铃薯种薯繁育中心提供。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验处理 试验 I, N 素最佳施用量的研究, 试验共设 8 个处理: 处理 1, N<sub>0</sub> (不施 N, CK); 处理 2, N<sub>18</sub> (N 18 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 3, N<sub>36</sub> (N 36 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 4, N<sub>54</sub> (N 54 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 5, N<sub>72</sub> (N 72 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 6, N<sub>90</sub> (N 90 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 7, N<sub>108</sub> (N 108 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 8, N<sub>126</sub> (N 126 kg/hm<sup>2</sup>)。每个处理施用 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80 kg/hm<sup>2</sup> + K<sub>2</sub>O 200 kg/hm<sup>2</sup> 做肥底。

试验 II, P 素最佳施用量的研究, 试验共设 8 个处理: 处理 1, P<sub>0</sub> (不施 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CK); 处理 2, P<sub>12.5</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12.5 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 3, P<sub>25.0</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 25.0 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 4, P<sub>37.5</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 37.5 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 5, P<sub>50.0</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 50.0 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 6, P<sub>62.5</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 62.5 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 7, P<sub>75.0</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75.0 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 8, P<sub>87.5</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 87.5 kg/hm<sup>2</sup>)。每个处理施用 N 115 kg/hm<sup>2</sup> + K<sub>2</sub>O 200 kg/hm<sup>2</sup> 做肥底。

试验 III, K 素最佳施用量的研究, 试验共设 8 个处理: 处理 1, K<sub>0</sub> (不施 K<sub>2</sub>O, CK); 处理 2, K<sub>33</sub> (K<sub>2</sub>O 33 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 3, K<sub>66</sub> (K<sub>2</sub>O 66 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 4, K<sub>99</sub> (K<sub>2</sub>O 99 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 5, K<sub>132</sub> (K<sub>2</sub>O 132 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 6, K<sub>165</sub> (K<sub>2</sub>O 165 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 7, K<sub>198</sub> (K<sub>2</sub>O 198 kg/hm<sup>2</sup>); 处理 8, K<sub>231</sub> (K<sub>2</sub>O 231 kg/hm<sup>2</sup>)。每个处理施用 N 115 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80 kg/hm<sup>2</sup> 做肥底。

①基金项目: 国家科技支撑计划基金项目 (2007BAD89B17) 和甘肃省科技计划项目 (1006NCXG012) 资助。

作者简介: 秦嘉海 (1954—), 男, 甘肃张掖人, 教授, 主要从事植物营养与施肥方面研究。E-mail: qinjiahai123@163.com

1.2.2 试验方法 试验小区面积为 52.80 m<sup>2</sup>(8 m × 6.6 m), 每个处理重复 3 次, 随机区组排列, 小区四周筑埂, 埂宽 50 cm, 埂高 30 cm。播种前将(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、60% CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 全部做底肥施入耕作层, 40% CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> 在马铃薯块茎膨大期结合灌水穴施。播种时间 2006—2008 年 4 月下旬, 垄宽 60 cm, 垄高 45 cm, 株距 30 cm, 沟距 50 cm, 播种密度为 5.56 万株/hm<sup>2</sup>。

1.2.3 测定项目与方法 分别在 2006—2008 年 9 月下旬(加工型马铃薯收获时)每个试验小区单独收获, 将小区产量折合成公顷产量。边际产量: 每增加一个单位肥料用量时所得到的产量, 按公式(每增加一个单位肥料用量时所得到的产量减前一个处理的产量)求得; 边际产值: 每增加一个单位肥料用量时所得到的产值, 按公式(边际产量 × 产品价格)求得; 边际成本: 每增加一个单位肥料用量时所投入的成本, 按公式(边际施肥量 × 肥料价格)求得; 边际利润: 每增加一个单位肥料用量时所得到的利润, 按公式(边际产值减边际成本)求得; 边际施肥量: 后一个处理施肥量与前一个处理施肥量的差, 按公式(后一个处理施肥量减前一个处理施肥量)求得; 千克 NPK 增产量按公式 NPK 增产量 ÷ NPK 施用量求得; 肥料贡献率按公式(施肥区产量-无肥区产量)/施肥区产量 × 100% 求得。

1.2.4 资料统计方法 取 2006—2008 年马铃薯平均产量, 采用多重比较, 新复极差(LSR)检验。NPK 不同用量与马铃薯产量两者间的关系用 SAS 软件统计分析, 用一元二次肥料效应数学模型拟合。加工型马铃薯价格依据 2006—2008 年试验时间内当地加工企业收购价格确定。

## 2 结果与分析

### 2.1 加工型马铃薯氮素经济效益最佳施用量

2.1.1 N 素不同施用量对加工型马铃薯增产效果和肥料贡献率的影响 从表 1 可以看出, N 素施用量由 18 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 126 kg/hm<sup>2</sup> 时, 加工型马铃薯产量由 16.96 t/hm<sup>2</sup> 增加到 40.76 t/hm<sup>2</sup>, 其中 N 素施用量 108 kg/hm<sup>2</sup> 加工型马铃薯产量最高, 较不施 N 增产 32.39 t/hm<sup>2</sup>, 其次是 N 素施用量 90、72、54、36 kg/hm<sup>2</sup>, 分别较不施 N 增产 27.94、23.24、18.21 和 12.51 t/hm<sup>2</sup>; 最后是 N 素施用量 18 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施 N 增产 6.45 t/hm<sup>2</sup>。N 素施用量由 18 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 36、54、72、

90、108、126 kg/hm<sup>2</sup> 时, 千克 N 素加工型马铃薯增产量分别为 358.33、347.50、337.22、322.78、310.44、299.91、240.08 kg, 说明单位 N 素增产量随 N 素施用量增加而递减, 符合报酬递减律<sup>[10-11]</sup>。N 素施用量由 18 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 36、54、72、90、108 kg/hm<sup>2</sup> 时, 肥料贡献率随 N 素用量增加而增加, 其中 N 素施用量 108 kg/hm<sup>2</sup>, 肥料贡献率为 75.50%, N 素施用量 108 kg/hm<sup>2</sup> 的基础上再增加 18 kg/hm<sup>2</sup>, 肥料贡献率下降 1.29 个百分点, 说明 N 素施用量 108 kg/hm<sup>2</sup> 时的肥料贡献率最大。处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 1)。

表 1 N 素对加工型马铃薯增产效果和肥料贡献率的影响

Table 1 Nitrogen effects on processed-potato yield and fertilizer contribution rate

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	增产量 (t/hm <sup>2</sup> )	千克 N 增产 (kg)	肥料贡献率 (%)
N <sub>0</sub>	10.51 h H	-	-	-
N <sub>18</sub>	16.96 g G	6.45	358.33	38.03
N <sub>36</sub>	23.02 f F	12.51	347.50	54.34
N <sub>54</sub>	28.72 e E	18.21	337.22	63.41
N <sub>72</sub>	33.75 d D	23.24	322.78	68.86
N <sub>90</sub>	38.45 c C	27.94	310.44	72.67
N <sub>108</sub>	42.90 a A	32.39	299.91	75.50
N <sub>126</sub>	40.76 b B	30.25	240.08	74.21

注: 同列数据小写字母不同表示差异达到 p<0.05 显著水平; 大写字母不同表示差异达到 p<0.01 显著水平, 下表同。

2.1.2 N 素不同用量对加工型马铃薯增产效应和经济效益分析 将 N 素不同施用量与加工型马铃薯产量进行增产效应分析可以看出<sup>[12]</sup>, 随着 N 素施用量的增加, 边际产量由 6.45 t/hm<sup>2</sup> 递减到 -2.14 t/hm<sup>2</sup>。从经济效益变化来看, 随着 N 素施用量的增加, 边际产值由 5 160 元/hm<sup>2</sup> 递减到 -1 712 元/hm<sup>2</sup>; 边际利润由 5 082.60 元/hm<sup>2</sup> 减少到 -1 789.40 元/hm<sup>2</sup>, 符合报酬递减率。N 素施用量 108 kg/hm<sup>2</sup> 的基础上再增加 18 kg/hm<sup>2</sup>, 边际产量、边际产值、边际利润均出现负值。从施肥利润分析, N 素施用量为 108 kg/hm<sup>2</sup> 时, 施肥利润最大, N 素施用量在 108 kg/hm<sup>2</sup> 的基础上再增加 18 kg/hm<sup>2</sup>, 施肥利润开始下降。由此可见, 马铃薯 N 素适宜用量一般不要超过 108 kg/hm<sup>2</sup>(表 2)。

表 2 N 素对加工型马铃薯经济效益分析

Table 2 Nitrogen effects on processed-potato economic benefit

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	边际产量 (t/hm <sup>2</sup> )	边际产值 (元/hm <sup>2</sup> )	边际成本 (元/hm <sup>2</sup> )	边际利润 (元/hm <sup>2</sup> )	增产值 (元/hm <sup>2</sup> )	施肥成本 (元/hm <sup>2</sup> )	施肥利润 (元/hm <sup>2</sup> )
N <sub>0</sub>	10.51 h H	-	-	-	-	-	-	-
N <sub>18</sub>	16.96 g G	6.45	5 160	77.40	5 082.60	5160	77.40	508.26
N <sub>36</sub>	23.02 f F	6.06	4 848	77.40	4 770.60	10 008	154.80	9 853.20
N <sub>54</sub>	28.72 e E	5.70	4 560	77.40	4 482.60	14 568	232.2	14 335.80
N <sub>72</sub>	33.75 d D	5.03	4 024	77.40	3 946.60	18 592	309.60	18 282.40
N <sub>90</sub>	38.45 c C	4.70	3 760	77.40	3 682.60	22 352	387.00	2 196.50
N <sub>108</sub>	42.90 a A	4.45	3 560	77.40	3 482.60	25 912	464.40	25 447.60
N <sub>126</sub>	40.76 b B	-2.14	-1 712	77.40	-1 789.40	24 200	541.80	23 658.20

### 2.1.3 加工型马铃薯 N 素经济效益最佳施用量的确定

将表 2 中 N 素不同用量与加工型马铃薯产量两者间的关系用 SAS 软件统计分析,用一元二次肥料效应数学模型  $y = a + bx - cx^2$  拟合<sup>[13]</sup>,得到的肥料效应回归方程是  $y = 10.51 + 217.72x - 1061.73x^2$ ,对回归方程进行显著性测验,  $F = 28.85^{**}$ ,  $>F_{0.01} = 26.92$ ,  $r = 0.944 0^{**}$ ,说明回归方程拟合良好。N 素价格 ( $P_x$ ) 为 4 300 元/t、加工型马铃薯价格 ( $P_y$ ) 为 800 元/t,将  $P_x$ 、 $P_y$ 、回归方程的 b 和 c 代入最佳施用量计算公式  $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$ ,加工型马铃薯 N 素最佳施用量 ( $x_0$ ) 为 0.10 t/hm<sup>2</sup>,将  $x_0$  代入回归方程  $y = 10.51 + 217.72x - 1061.73x^2$ ,求出加工型马铃薯 N 素经济效益最佳施用量时的理论产量  $y$  为 42.89 t/hm<sup>2</sup>,与田间试验处理 7 结果相吻合,说明试验结果对指导农户合理施肥具有科学意义。

## 2.2 加工型马铃薯磷素经济效益最佳施用量

### 2.2.1 P 素不同施用量对加工型马铃薯增产效果和肥料贡献率的影响

从表 3 可以看出, P 素施用量由 12.5 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 87.5 kg/hm<sup>2</sup> 时,加工型马铃薯产量由 17.34 t/hm<sup>2</sup> 增加到 39.21 t/hm<sup>2</sup>,其中 P 素施用量 75.0 kg/hm<sup>2</sup> 加工型马铃薯产量最高,较不施 P 增产 29.34 t/hm<sup>2</sup>,其次是 P 素施用量 62.5、50.0、37.5、25.0 kg/hm<sup>2</sup>,分别较不施 P 增产 25.14、20.66、15.76 和 10.68 t/hm<sup>2</sup>;最后是 P 素施用量 12.5 kg/hm<sup>2</sup>,较不施 P 增产 5.48 t/hm<sup>2</sup>。P 素施用量由 12.5 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 25.0、37.5、50.0、62.5、75.0、87.5 kg/hm<sup>2</sup> 时,千克 P 素加工型马铃薯增产量分别为 438.40、427.20、420.26、413.20、402.24、391.20、312.57 kg,说明单位 P 素增产随 P 素施用量的增加而递减,符合报酬递减律。P 素施用量由 12.5 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 25.0、37.5、50.0、62.5、75.0 kg/hm<sup>2</sup> 时,肥料贡献率随 P 素用量增加而增加, P 素施用量在 75.0 kg/hm<sup>2</sup> 的基础上再增加 12.5 kg/hm<sup>2</sup>,肥

表 3 P 素对加工型马铃薯增产效果和肥料贡献率的影响

Table 3 Phosphorus effects on processed-potato yield and fertilizer contribution rate

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	增产量 (t/hm <sup>2</sup> )	千克 P 增产 (kg)	肥料贡献率 (%)
P <sub>0</sub>	11.86 h H	-	-	-
P <sub>12.5</sub>	17.34 g G	5.48	438.40	31.60
P <sub>25.0</sub>	22.54 f F	10.68	427.20	47.38
P <sub>37.5</sub>	27.62 e E	15.76	420.26	57.06
P <sub>50.0</sub>	32.52 d D	20.66	413.20	63.53
P <sub>62.5</sub>	37.00 c C	25.14	402.24	67.94
P <sub>75.0</sub>	41.20 a A	29.34	391.20	71.21
P <sub>87.5</sub>	39.21 b B	27.35	312.57	69.75

料贡献率下降 1.46 个百分点,说明 P 素施用量 75.0 kg/hm<sup>2</sup> 时的肥料贡献率最大。处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 3)。

### 2.2.2 P 素不同用量对加工型马铃薯增产效应和经济效益分析

将 P 素不同施用量与加工型马铃薯产量进行增产效应分析可以看出,随着 P 素施用量增加,边际产量由最初的 5.48 t/hm<sup>2</sup> 递减到 -1.99 t/hm<sup>2</sup>(表 4)。从经济效益变化来看,随着 P 素施用量的增加,边际产值由 4 384 元/hm<sup>2</sup> 递减到 -1 592 元/hm<sup>2</sup>;边际利润由 4 327.75 元/hm<sup>2</sup> 减少到 -1 648.25 元/hm<sup>2</sup>,符合报酬递减率。P 素施用量在 75 kg/hm<sup>2</sup> 的基础上再增加 12.5 kg/hm<sup>2</sup>,边际产量、边际产值、边际利润均出现负值。从施肥利润分析, P 素施用量由 12.5 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 25.0、37.5、50.0、62.5、75.0 kg/hm<sup>2</sup> 时,施肥利润随着 P 素施用量的增加而增大,当 P 素施用量超过 75 kg/hm<sup>2</sup> 时,施肥利润开始下降,由此可见,加工型马铃薯 P 素适宜用量一般不要超过 75.0 kg/hm<sup>2</sup>(表 4)。

表4 加工型马铃薯 P 素增产效应及经济效益分析

Table 4 Phosphorus effects on processed-potato economic benefit

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	边际产量 (t/hm <sup>2</sup> )	边际产值 (元/hm <sup>2</sup> )	边际成本 (元/hm <sup>2</sup> )	边际利润 (元/hm <sup>2</sup> )	增产值 (元/hm <sup>2</sup> )	施肥成本 (元/hm <sup>2</sup> )	施肥利润 (元/hm <sup>2</sup> )
P <sub>0</sub>	11.86 h H	-	-	-	-	-	-	-
P <sub>12.5</sub>	17.34 g G	5.48	4 384	56.25	4 327.75	4 384	56.25	4 327.75
P <sub>25.0</sub>	22.54 f F	5.20	4 160	56.25	4 103.75	8 544	112.50	8 431.50
P <sub>37.5</sub>	27.62 e E	5.08	4 064	56.25	4 007.75	12 608	168.75	12 439.25
P <sub>50.0</sub>	32.52 d D	4.90	3 920	56.25	3 863.75	16 528	225.00	16 303.00
P <sub>62.5</sub>	37.00 c C	4.48	3 584	56.25	3 527.75	20 112	281.25	19 860.75
P <sub>75.0</sub>	41.20 a A	4.20	3 360	56.25	3 303.75	23 472	337.50	23 134.50
P <sub>87.5</sub>	39.21 b B	-1.99	-1 592	56.25	-1 648.25	21 880	393.75	21 486.25

2.2.3 加工型马铃薯 P 素经济效益最佳施用量的确定 将表4中 P 素不同施用量与加工型马铃薯产量两者间的关系用 SAS 软件统计分析, 用一元二次肥料效应数学模型  $y = a + bx^2 - cx^2$  拟合, 得到的肥料效应回归方程是  $y = 11.86 + 257.583x - 1 657.62x^2$ , 对回归方程进行显著性测验,  $F = 31.74^{**}$ ,  $> F_{0.01} = 29.61$ ,  $r = 0.9251^{**}$ , 说明回归方程拟合良好。P 素价格 ( $P_x$ ) 为 4 500 元/t、加工型马铃薯价格 ( $P_y$ ) 为 800 元/t, 将  $P_x$ 、 $P_y$ 、回归方程的 b 和 c 代入最佳施用量计算公式  $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$ , 加工型马铃薯 P 素最佳施用量 ( $x_0$ )  $0.076 \text{ t/hm}^2$ , 将  $x_0$  代入  $y = 11.86 + 257.583x - 1 657.62x^2$ , 求出加工型马铃薯 P 素最佳施用量时的理论产量 ( $y$ )  $40.98 \text{ t/hm}^2$ , 与田间试验处理 7 结果相吻合, 说明试验结果对指导农户合理施肥具有科学意义。

## 2.3 加工型马铃薯钾素经济效益经济效益最佳施用量

2.3.1 K 素不同用量对加工型马铃薯增产效果和肥料贡献率的影响 从表5可以看出, K 素施用量由  $33 \text{ kg/hm}^2$  增加到  $231 \text{ kg/hm}^2$  时, 加工型马铃薯产量由  $19.86 \text{ t/hm}^2$  增加到  $41.54 \text{ t/hm}^2$ , 其中 K 素施用量  $198 \text{ kg/hm}^2$  加工型马铃薯产量最高, 较不施 K 增产  $29.34 \text{ t/hm}^2$ , 其次是 K 素施用量 165、132、99、66, 分别较不施 K 增产 25.24、20.79、16.09 和  $11.06 \text{ t/hm}^2$ ; 最后是 K 素施用量  $33 \text{ kg/hm}^2$ , 较不施 K 增产  $5.70 \text{ t/hm}^2$ 。K 素施用量由  $33 \text{ kg/hm}^2$  增加到 66、99、132、165、198、 $231 \text{ kg/hm}^2$  时, 千克 K 素加工型马铃薯增产量分别为 172.72、167.57、162.52、157.50、152.96、148.18、118.52 kg, 说明单位 K 素增产量随 K 素用量增加而递减, 符合报酬递减律<sup>[14-15]</sup>。K 素施用量由  $33 \text{ kg/hm}^2$  增加到 66、99、132、165、198  $\text{kg/hm}^2$  时, 肥料贡献

表5 K 素对加工型马铃薯增产效果和肥料贡献率的影响

Table 5 Potassium effects on processed-potato yield and fertilizer contribution rate

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	增产量 (t/hm <sup>2</sup> )	千克 K 素增产 (kg)	肥料贡献率 (%)
K <sub>0</sub>	14.16 h H	-	-	-
K <sub>33</sub>	19.86 g G	5.70	172.72	28.70
K <sub>66</sub>	25.22 f F	11.06	167.57	43.85
K <sub>99</sub>	30.25 e E	16.09	162.52	53.19
K <sub>132</sub>	34.95 d D	20.79	157.50	59.48
K <sub>165</sub>	39.40 c C	25.24	152.96	64.06
K <sub>198</sub>	43.50 a A	29.34	148.18	67.44
K <sub>231</sub>	41.54 b B	27.38	118.52	65.91

率随 K 素用量增加而增加, K 素用量在  $198 \text{ kg/hm}^2$  的基础上再增加  $33 \text{ kg/hm}^2$ , 肥料贡献率下降 1.53 个百分点, 说明 K 素施用量  $198 \text{ kg/hm}^2$  时的肥料贡献率最大。处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平 (表 5)。

2.3.2 K 素不同施用量对加工型马铃薯增产效应和经济效益分析 从表6可以看出, 随着 K 素施用量增加, 边际产量由最初的  $5.70 \text{ t/hm}^2$  递减到  $-1.96 \text{ t/hm}^2$ ; 边际产值由  $4 560 \text{ 元/hm}^2$  递减到  $-1 568 \text{ 元/hm}^2$ ; 边际利润由  $4 461 \text{ 元/hm}^2$  减少到  $-1 667 \text{ 元/hm}^2$ , K 素施用量在  $198 \text{ kg/hm}^2$  的基础上再增加  $33 \text{ kg/hm}^2$ , 边际产量、边际产值、边际利润均出现负值。从施肥利润分析, K 素施用量由  $33 \text{ kg/hm}^2$  增加到 66、99、132、165、198  $\text{kg/hm}^2$  时, 施肥利润随着 K 素施用量的增加而增大, 当 K 素施用量超过  $198 \text{ kg/hm}^2$  时, 施肥利润开始下降, 由此可见, 加工型马铃薯 K 素适宜施用量一般不要超过  $198 \text{ kg/hm}^2$  (表 6)。

表 6 加工型马铃薯 K 素增产效应及经济效益分析  
Table 6 Potassium effects on processed-potato economic benefit

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	边际产量 (t/hm <sup>2</sup> )	边际产值 (元/hm <sup>2</sup> )	边际成本 (元/hm <sup>2</sup> )	边际利润 (元/hm <sup>2</sup> )	增产值 (元/hm <sup>2</sup> )	施肥成本 (元/hm <sup>2</sup> )	施肥利润 (元/hm <sup>2</sup> )
K <sub>0</sub>	14.16 h H	-	-	-	-	-	-	-
K <sub>33</sub>	19.86 g G	5.70	4 560	99.00	4 461	4 560	132	4 428
K <sub>66</sub>	25.22 f F	5.36	4 288	99.00	4 189	8 848	264	8 584
K <sub>99</sub>	30.25 e E	5.03	4 024	99.00	3 925	12 872	396	12 476
K <sub>132</sub>	34.95 d D	4.70	3 760	99.00	3 661	16 632	528	16 104
K <sub>165</sub>	39.40 c C	4.45	3 560	99.00	3 461	20 192	660	19 832
K <sub>198</sub>	43.50 a A	4.10	3 280	99.00	3 181	23 472	792	22 680
K <sub>231</sub>	41.54 b B	-1.96	-1 568	99.00	-1 667	21 904	924	20 980

2.3.3 加工型马铃薯 K 素经济效益最佳施用量的确定 将表 6 中 K 素不同施用量与加工型马铃薯产量两者间的关系用一元二次数学模型  $y = a + bx - cx^2$  拟合,得到的回归方程是  $y = 14.16 + 100.265x - 239.36x^2$ ,对回归方程进行显著性测验,  $F = 30.06^{**}$ ,  $> F_{0.01} = 28.05$ ,  $r = 0.9834^{**}$ ,说明回归方程拟合良好。K 素价格 ( $P_x$ ) 为 4000 元/t、加工型马铃薯价格 ( $P_y$ ) 为 800 元/t,将  $P_x$ 、 $P_y$ 、回归方程的 b 和 c 代入最佳施用量计算公式  $x_0 = [(P_x/P_y) - b]/2c$ ,加工型马铃薯 K 素最佳施用量( $x_0$ )为 0.198 t/hm<sup>2</sup>,将  $x_0$  代入回归方程  $y = 14.16 + 100.265x - 239.36x^2$ ,求出加工型马铃薯 K 最佳施用量时的理论产量 ( $y$ ) 43.58 t/hm<sup>2</sup>,与田间试验处理 7 结果相吻合。由此可见加工型马铃薯最佳产量时的 K 素施用量为 0.198 t/hm<sup>2</sup>,此时获得的利润最大。

### 3 小结

(1) 经增产效应分析,加工型马铃薯产量随 N、P、K 施用量的增加而增加,而每千克 N、P、K 增产量则随 N、P、K 施用量的增加而递减。肥料贡献率随 N、P、K 施用量的增加而增大,到达最大值后,又随 N、P、K 施用量的增加而降低。

(2) 经济效益分析可以看出,随着 N、P、K 施用量的增加,边际产量、边际产值、边际利润在逐渐下降,最终出现负值。而施肥利润随着 N、P、K 施用量的增加而逐渐增大,到达最大值后,施肥利润开始下降,符合报酬递减律。

(3) 经回归统计分析,加工型马铃薯 N 素最佳施用量为 0.100 t/hm<sup>2</sup>,理论产量为 42.89 t/hm<sup>2</sup>。P 素最佳施用量为 0.076 t/hm<sup>2</sup>,理论产量为 40.98 t/hm<sup>2</sup>。K 素最佳施用量为 0.198 t/hm<sup>2</sup>,理论产量为 43.58 t/hm<sup>2</sup>。此统计分析结果与田间试验结果基本吻合。

### 参考文献:

- [1] 张文斌,张东昱,贺泉兴.张掖市加工型马铃薯优质丰产栽培技术.中国蔬菜,2006(9):45-46
- [2] 毛涛,杨鹏.张掖市加工型马铃薯高效栽培技术.甘肃农业科技,2008(12):48-49
- [3] 倪玉琼.脱毒马铃薯坝薯 10 号高产栽培技术研究.农技服务,2007,24(8):34-35
- [4] 林建军.马铃薯高产栽培配套技术研究试验.江西农业科技,2003(4):9-10
- [5] 郭志平.克新 4 号马铃薯高产施肥技术的研究.中国土壤与肥料,2007(5):29-31
- [6] 左明玉,刘安琴,孙萍.马铃薯高产施肥技术研究.贵州农业科学,2003,31(7):61-62
- [7] 李成军.马铃薯高淀粉品种克新 12 号高产栽培技术的研究初探.中国马铃薯,2003,17(1):19-21
- [8] 汤浩,梁金萍,曾军,吴秋云,张志勇,罗文彬.马铃薯新品种闽薯 1 号选育及配套栽培技术研究.福建农业学报,2007,22(2):150-153
- [9] 陈家吉,余柏胜,田恒林,刘介民.马铃薯综合配套高产栽培技术研究.贵州农业科学,2006,34(5):71-72
- [10] 李云平.马铃薯施肥效应与施肥技术研究.陕西农业科学,2007(5):23-26
- [11] 胡辉,谢文,翟均平.黔西北脱毒马铃薯平衡施肥技术应用示范研究.安徽农业科学,2005,33(11):2023-2025
- [12] 王应君.土壤肥科学.北京:中国农业出版社,1997:408-409
- [13] 陈伦寿,李仁岗.农田施肥原理与实践.北京:中国农业出版社,1983:185-186
- [14] 杨丽民,陈晨,马文林,周惠成.半干旱地区马铃薯简易滴灌技术及钾肥施用效应研究.宁夏农林科技,2005(4):22-23
- [15] 周开芳,朱红,郑明强.钾肥不同施用量对脱毒马铃薯产量和肥料利用率的影响.贵州农业科学,2003,31(7):62-63

## Study on N, P and K Optimal Uses for Processed-potato in Zhangye City

QIN Jia-hai<sup>1</sup>, LI Hong-bin<sup>2</sup>

(1 *Hexi Institute of Agronomy, Zhangye, Gansu 734000, China;*

2 *Agricultural Technology Extension Station of Zhangye City, Zhangye, Gansu 734000, China*)

**Abstract:** The regression analysis showed that the optimal economic benefits of the processed-potato in Zhangye city could be obtained under the uses of 0.100 t/hm<sup>2</sup> of nitrogen, 0.076 t/hm<sup>2</sup> of phosphorus and 0.198 t/hm<sup>2</sup> of potassium, respectively, with the corresponding theoretic yields of 42.89 t/hm<sup>2</sup>, 40.98 t/hm<sup>2</sup> and 43.58 t/hm<sup>2</sup>, respectively. With the increase of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, the yield of processed-potato increased but the marginal yield, product value and profit, fertilizer contribution rate decreased, which were accord with the law of diminishing returns.

**Key words:** Processed-potatoes, Nitrogen-phosphorus-potassium, Economic benefits, Optimal fertilizer use