

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2018)05-0283-10

土壤肥料

# 滴灌条件下不同基追肥比例对马铃薯生长发育、产量及经济效益的影响

沈宝云<sup>1</sup>, 康小华<sup>1</sup>, 张宗雄<sup>1</sup>, 刘玉汇<sup>2</sup>, 张俊莲<sup>2\*</sup>, 王海龙<sup>1</sup>, 胡静<sup>1</sup>, 郭谋子<sup>1</sup>, 李志龙<sup>1</sup>

(1. 甘肃条山农林科学研究所, 甘肃 景泰 730400; 2. 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 等养分条件下, 设置全基肥、全追肥及不同基追肥比例, 研究滴灌条件下不同基追肥比例对马铃薯植株生长发育、养分变化、产量及经济效益的影响。结果表明, 不同处理的生育期进程基本同步, 植株生长指标(出苗率、茎粗、主茎数、分枝数)无显著差异, 但对经济指标(产量、单株块茎数、商品薯率和经济效益)影响显著, 基追肥比例对产量的贡献大小表现为基追肥处理 > 全追肥处理 > 全基肥处理。从产量、经济性状和经济效益指标综合考虑, 试验条件下的T5处理为最佳处理, 即基施15%氮钾和60%磷条件下, 折算公顷产量、商品薯率和产投比最高, 分别为49 243 kg/hm<sup>2</sup>、90.33%和1.87。建立了基于T5处理模式下品种‘大西洋’叶柄氮钾养分快速评价指标, 即开花期至成熟期叶柄NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和K<sup>+</sup>含量为390.00~1 333.33 mg/L(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)和5 033.33~7 566.67 mg/L(K<sup>+</sup>), 对大田马铃薯生产具有参考意义。

**关键词:** 马铃薯; 滴灌; 基追肥; 生长发育; 经济效益

## Effects of Ratio of Base Fertilizer to Topdressing on Growth, Development, Yield and Economic Benefit of Potato Under Drip Irrigation

SHEN Baoyun<sup>1</sup>, KANG Xiaohua<sup>1</sup>, ZHANG Zongxiong<sup>1</sup>, LIU Yuhui<sup>2</sup>, ZHANG Junlian<sup>2\*</sup>,WANG Hailong<sup>1</sup>, HU Jing<sup>1</sup>, GUO Mouzi<sup>1</sup>, LI Zhilong<sup>1</sup>

(1. Gansu Tiaoshan Institute of Agricultural and Forestry Sciences, Jingtai, Gansu 730400, China;

2. Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** The effects of different ratios of base fertilizer to topdressing on the growth and development, nutrient change, yield and economic benefit of potato were investigated under drip irrigation with the equal nutrient content. The growth stages were basically identical and there was no significant difference in plant growth index (emergence rate, stem diameter, number of main stems, and number of branches), but the economic indicators including yield, number of tubers per plant, marketable tuber percentage and economic benefit were significantly impacted under different treatments, and the impacts of treatments on yield of potato were as the followings: different base fertilizer to topdressing ratios treatments > top dressing only treatment > base fertilizer only treatment. In this experiment, T5 (15% N, 15% K and 60% P used as base fertilizer) was the optimal treatment by taking into account of yield, economic traits and economic benefit indicators, that was, the yield,

收稿日期: 2018-08-12

基金项目: 国家马铃薯产业技术体系专项资金资助(CARS-09-P14)。

作者简介: 沈宝云(1964-), 男, 博士, 高级农艺师, 从事马铃薯栽培研究及生产管理。

\*通信作者(Corresponding author): 张俊莲, 博士, 教授, 从事马铃薯栽培生理研究, E-mail: zhangjunlian77@163.com。

marketable tuber percentage and production to investment ratio were the highest, reached up to 49 243 kg/ha, 90.33% and 1.87, respectively. A rapid evaluation index of nitrogen and potassium nutrients in petiole of 'Atlantic' was established based on T5 treatment mode, that was the range of  $\text{NO}_3\text{-N}$  and  $\text{K}^+$  was 390.00-1 333.33 mg/L and 5 033.33-7 566.67 mg/L in the petiole during flowering and maturity, which might have a certain reference value for potato production in the field.

**Key Words:** potato; drip irrigation; base fertilizer and topdressing; growth and development; economic benefit

甘肃省国有条山农场地处腾格里沙漠南缘, 干旱少雨, 昼夜温差大, 具有良好的种植加工型马铃薯的自然条件, 是上海百事(食品)公司、上好佳(中国)公司、康利华贸易(泰国)有限公司等企业的优质原料薯生产基地。近年来, 随着滴灌技术的推广使用, 水肥一体化技术的应用已成为趋势。氮、钾、磷是作物生长发育必需的矿质营养元素<sup>[1,2]</sup>, 为了优化滴灌模式下氮钾磷肥料的高效利用, 使氮钾磷肥料施用时间与马铃薯需肥规律吻合, 发挥滴灌技术的节水节肥优势, 本试验设置等养分量基础下的不同氮钾磷基追肥处理, 探讨马铃薯生长及产量形成的适宜氮钾磷基追肥比例, 为提高马铃薯植株氮钾磷肥料利用率、建立水肥高效同步管理方案奠定基础。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验材料

供试品种为‘大西洋’原种, 由甘肃省国有条山农场马铃薯产业事业部提供。供试基肥为尿素( $\text{N}\geq 46\%$ )、过磷酸钙( $\text{P}_2\text{O}_5\geq 16\%$ )、硫酸钾( $\text{K}_2\text{O}\geq 50\%$ ), 供试追肥为尿素( $\text{N}\geq 46\%$ )、液体磷酸( $\text{P}_2\text{O}_5\geq 62\%$ )、碳酸钾( $\text{K}_2\text{O}\geq 68\%$ )。

### 1.2 试验地概况

试验于2016年在甘肃条山农林科学研究所试验地进行。试验地地理位置E 103°33'~104°43', N 36°43'~37°38', 多年平均降雨185.6 mm,  $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 有效积温3 038.4  $^\circ\text{C}$ 。供试土壤为沙壤土, 播前采集0~20 cm土壤, 测定养分状况: 碱解氮27.20 mg/kg, 有效磷17.24 mg/kg, 速效钾141.76 mg/kg<sup>[3]</sup>。试验地前茬作物为藜麦(*Chenopodium quinoa willd*)。

### 1.3 试验设计

试验设7个处理(表1), 随机排列, 3次重复。小区面积20 m × 11 m = 220 m<sup>2</sup>, 每个小区种植12

垄, 每垄142株, 株距14 cm、行距90 cm, 播种密度约77 500株/hm<sup>2</sup>。除T1处理外, 各施肥处理的肥料总养分量一致, 分别为N 180 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 135 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 270 kg/hm<sup>2</sup>。基肥在播种前均匀撒入, 追肥均通过滴灌系统施入, 生育期施用时间和施用比例见表2。灌溉水源为黄河水, 全生育期滴水18次, 滴水总量3 900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 各处理滴水时间和滴水量一致, 滴水量分配见表3。

### 1.4 测定项目与方法

出苗率: 播种后35 d统计出苗率, 每个小区统计3垄。

物候期: 记载播种、出苗、现蕾、开花、淀粉积累、成熟及收获期, 以植株总数中某一特征显著变化达到群体数目60%以上时, 为某物候期的记录标准。

株高: 每个小区测定10株, 测定地上茎基部到植株最高生长点的距离, 分别于出苗后第15, 30, 45, 60和75 d测定。

茎粗: 每个小区测定10株, 测定近基部最粗处的茎的纵横二项直径, 分别于出苗后第15, 30, 45, 60和75 d测定。

主茎数: 每个小区测定10株, 测定种薯上芽眼中的芽直接长出地面形成的茎的数量, 于出苗后第60 d测定。

分枝数: 每个小区测定10株, 测定主茎叶腋处叶芽生长10 cm以上的侧枝数量, 于出苗后第60 d测定。

干物质含量: 每个小区选取3株, 出苗后第15, 30, 45, 60和75 d, 分器官称取鲜重, 105  $^\circ\text{C}$ 下杀青30 min, 再在80  $^\circ\text{C}$ 下烘干至恒重, 测定干物质含量。

产量: 收获后统计每小区株数, 剔除边行, 每个小区取2 m × 1.8 m = 3.6 m<sup>2</sup>的面积进行测产并

表1 不同处理施肥方式及说明

Table 1 Method and instruction of different fertilizer application treatments

处理 Treatment	施肥方式 Fertilizer application method	说明 Instruction	备注 Remark
T1	空白对照(CK <sub>1</sub> )	不施任何肥料	-
T2	常规对照(CK <sub>2</sub> )	施基肥、追肥	50%氮肥、18%磷肥和35%钾肥作基肥
T3	基肥	只施基肥,不作追肥	100%氮磷钾肥作基肥
T4	追肥	只施追肥,不作基肥	0%氮磷钾肥作基肥
T5	基+追	施基肥、追肥	15%氮肥、60%磷肥和15%钾肥作基肥
T6	基+追	施基肥、追肥	30%氮肥、60%磷肥和30%钾肥作基肥
T7	基+追	施基肥、追肥	45%氮肥、60%磷肥和45%钾肥作基肥

表2 不同处理N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O追肥施用时期及施肥比例(%)Table 2 Application stage and proportion of topdressing of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O fertilizers in different treatments

时间(D/M) Date	生育期 Growth stage	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
16/05	出苗期	10	40	10
31/05	现蕾期	30	20	15
16/06	初花期	20	10	25
08/07	盛花期	30	15	30
22/07	落花期	10	15	20

表3 生育期滴灌量及滴灌次数

Table 3 Amounts and frequencies of drip irrigation in different growth periods

项目 Item	出苗期 Emergence	现蕾期 Budding	开花期 Flowering	淀粉积累期 Starch accumulation	总量 Total
滴灌量 Amount	10%(390 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	15%(585 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	65%(2 535 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	10%(390 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	100%(3 900 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )
次数 Frequency	3次	3次	9次	3次	18次

折算公顷产量,每个小区重复3次。

大中小薯及商品薯率:按照>10 cm,4~10 cm,<4 cm分级标准进行大中小薯区分,>4 cm划分为商品薯(大薯+中薯),<4 cm划分为次薯(小薯),每个小区重复3次。

叶柄营养诊断:选用日本HORIBA Advanced Techno Co., Ltd.公司生产的LAQUAtwin B-743、B-731型NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和K<sup>+</sup>速测仪,测定叶柄NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和K<sup>+</sup>。全生育期取样7次,取样日期为6月29日、7月6日、7月14日、7月20日、7月27日、8月3

日、8月10日。每个小区取样30株,取植株生长点下方第4或第5片叶子(选取无病虫害侵染的健康叶片),取样位置在每个小区第3、6和9垄中间5 m。剪去叶片,留取叶柄,用小型榨汁机榨取汁液。速测仪操作过程(依据速测仪说明书):分别将NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N速测仪和K<sup>+</sup>速测仪用标准溶液进行标定(校准),蒸馏水冲洗3遍,吸水纸轻轻拭干,滴入榨好的叶柄汁液,完全覆盖电极,盖好盖子后读数、记录,重复3次。汁液浓度超过仪器测定范围时,用蒸馏水对汁液稀释后进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同基追肥比例对马铃薯物候期和出苗率的影响

试验于4月18日播种,发现不同处理的生育期进程基本同步,且生育时期完全重叠交错,表现为出苗期5月13日~5月28日、现蕾期5月23日~6月11日,开花期6月7日~7月25日,淀粉积累期7月23日~8月26日,成熟期8月25日~9月9日,收获期9月10日开始(表4);各处理的出苗率均达到92%以上,其中T4出苗率最低,为92.24%,T5出苗率最高,为94.53%,但处理间差异不显著( $P>0.05$ )(表5)。

表4 不同基追肥比例对马铃薯物候期的影响

Table 4 Effects of different ratios of base fertilizer and topdressing on potato phenophase

播种期(D/M)	出苗期(D/M)	现蕾期(D/M)	开花期(D/M)	淀粉积累期(D/M)	成熟期(D/M)	收获期(D/M)	生育期(d)
Sowing	Emergence	Budding	Flowering	Starch accumulation	Maturity	Harvesting	Growth duration
18/04	13/05~28/05	23/05~11/06	07/06~25/07	23/07~26/08	25/08~09/09	10/09	125

表5 不同基追肥比例对马铃薯出苗率的影响

Table 5 Effects of different ratios of base fertilizer and topdressing on emergence rate

处理	T1(CK <sub>1</sub> )	T2(CK <sub>2</sub> )	T3	T4	T5	T6	T7
Treatment							
出苗率(%)	92.75 ± 2.35 a	93.70 ± 3.79 a	93.18 ± 3.54 a	92.24 ± 3.56 a	94.53 ± 2.11 a	93.70 ± 3.40 a	92.37 ± 3.45 a
Emergence rate							

注:处理具有相同字母表示差异在0.05水平不显著,新复极差法。下同。

Note: Treatments with the same letter indicate non-significance at 0.05 level of probability as tested by Duncan's multiple range test method. The same below.

各处理茎粗的变化表现为先增加、后降低的变化趋势,且开花期达最高,但处理间无显著性差异( $P>0.05$ )(图2)。

### 2.3 不同基追肥比例对马铃薯植株主茎数和分枝数的影响

各处理间的单株主茎数无显著性差异( $P>0.05$ )。单株分枝数除T1处理外,其他处理为5.00~5.89个,但处理间也无显著性差异( $P>0.05$ )(表6)。

### 2.2 不同基追肥比例对马铃薯株高和茎粗的影响

各处理株高在开花期(7月20日)时均表现为快速增加,至成熟期(8月29日)时,株高增长缓慢,个别处理(T2和T6)的株高还略有降低(图1)。苗期仅T7处理的株高显著高于T1(CK<sub>1</sub>),其他处理间无显著性差异( $P>0.05$ ),此期地温较低,植株主要完成根系下扎和蹲苗;现蕾期和开花期是株高增长最快阶段,叶片数明显增加,但现蕾期处理间的株高无显著性差异( $P>0.05$ ),而开花期T4~T7处理的株高显著高于T3( $P<0.05$ )。株高至成熟期时增长缓慢,处理间表现出差异,其中T4和T5处理最高,且显著高于T3( $P<0.05$ )。

### 2.4 不同基追肥比例对马铃薯植株各器官干物质重量的影响

马铃薯根、茎、叶干物质重量均呈先增长后下降的变化趋势,开花期(7月23日)达峰值,但块茎干物质重量的增长则与之不同,其呈直线增长,成熟期(8月30日)最高(表7)。植株根干物质重量在整个生育期表现为快速增长、缓慢增长和下降3个阶段,即苗期到现蕾期干物质重量呈快速直线增加,现蕾期后增加缓慢,直至开花期

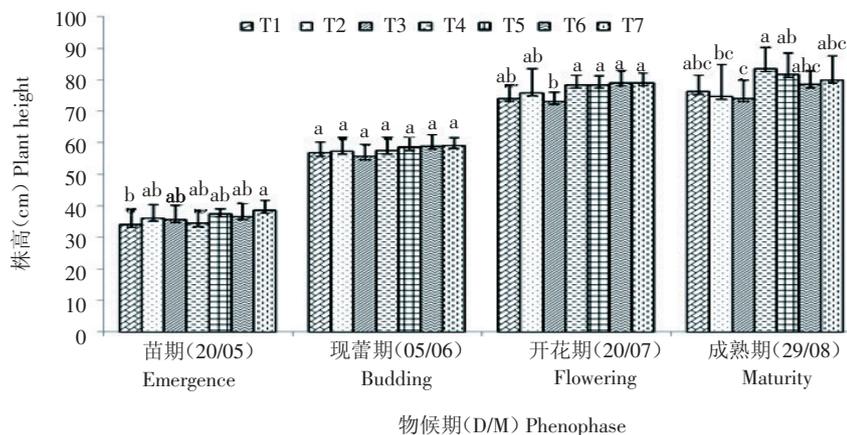


图1 不同基追肥比例对马铃薯株高的影响 (cm)

Figure 1 Effects of different treatments on plant height

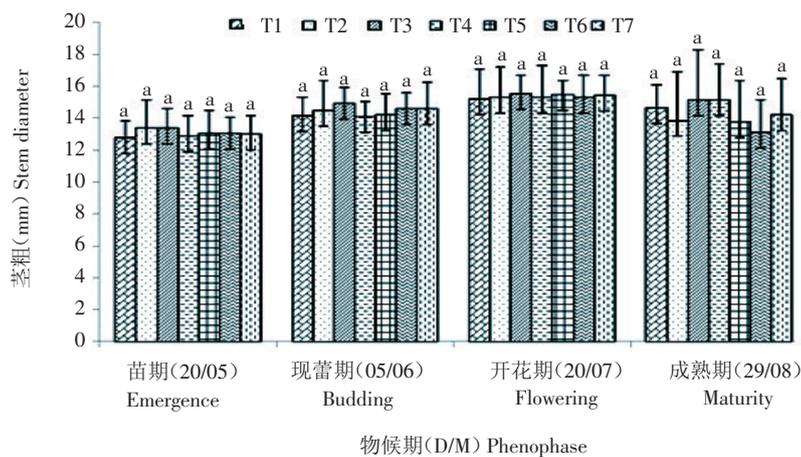


图2 不同基追肥比例对马铃薯茎粗的影响 (mm)

Figure 2 Effects of different treatments on stem diameter

表6 不同基追肥比例对马铃薯植株主茎数和分枝数的影响

Table 6 Effects of different treatments on main stem numbers and branch numbers

处理 Treatment	主茎数(No.) Main stem number	分枝数(No.) Branch number
T1(CK <sub>1</sub> )	1.22 ± 0.39 a	4.33 ± 1.23 a
T2(CK <sub>2</sub> )	1.56 ± 0.51 a	5.33 ± 1.53 a
T3	1.56 ± 0.20 a	5.22 ± 0.50 a
T4	1.56 ± 0.39 a	5.89 ± 0.51 a
T5	1.67 ± 0.00 a	5.07 ± 0.86 a
T6	1.78 ± 0.39 a	5.11 ± 0.75 a
T7	1.78 ± 0.51 a	5.00 ± 1.53 a

表7 不同基追肥比例对马铃薯植株各器官干物质重量的影响(g)  
Table 7 Effects of different treatments on dry matter weight of potato organs

植株器官 Plant organ	物候期 Phenological phase	处理 Treatment						
		T1(CK <sub>1</sub> )	T2(CK <sub>2</sub> )	T3	T4	T5	T6	T7
根 Root	出苗期	3.68 ± 0.91 a	3.75 ± 0.30 a	3.85 ± 0.60 a	3.47 ± 0.61 a	3.75 ± 1.11 a	3.05 ± 0.89 a	3.48 ± 0.71 a
	现蕾期	14.53 ± 3.25 a	19.57 ± 3.96 a	17.96 ± 2.17 a	20.74 ± 4.04 a	17.38 ± 5.31 a	20.81 ± 2.22 a	18.24 ± 3.12 a
	开花期	15.37 ± 4.95 a	19.35 ± 1.74 a	18.42 ± 0.77 a	21.08 ± 3.70 a	19.97 ± 4.08 a	20.30 ± 1.43 a	19.03 ± 2.11 a
	成熟期	12.42 ± 2.61 a	14.97 ± 4.20 a	16.11 ± 2.32 a	14.91 ± 1.95 a	14.29 ± 3.32 a	14.19 ± 2.52 a	14.83 ± 3.39 a
茎 Stem	出苗期	1.56 ± 0.52 a	1.33 ± 0.16 a	1.52 ± 0.46 a	1.11 ± 0.25 a	1.70 ± 0.60 a	1.17 ± 0.18 a	1.31 ± 0.16 a
	现蕾期	19.27 ± 3.20 a	25.71 ± 9.07 a	27.32 ± 7.22 a	27.63 ± 4.68 a	23.08 ± 8.58 a	27.66 ± 4.33 a	23.47 ± 4.42 a
	开花期	29.09 ± 7.70 b	37.48 ± 8.99 ab	36.16 ± 4.36 ab	43.80 ± 6.46 a	38.55 ± 4.60 ab	43.08 ± 5.52 a	42.79 ± 6.65 a
	成熟期	22.85 ± 2.89 a	34.39 ± 7.51 a	36.03 ± 6.28 a	31.02 ± 6.57 a	29.41 ± 9.94 a	28.69 ± 9.96 a	29.21 ± 6.32 a
叶 Leaf	出苗期	9.33 ± 2.15 a	9.45 ± 1.81 a	9.18 ± 1.32 a	8.54 ± 2.47 a	10.16 ± 2.44 a	6.97 ± 1.26 a	8.58 ± 0.97 a
	现蕾期	64.43 ± 12.96 a	73.86 ± 12.99 a	73.28 ± 6.05 a	87.63 ± 19.27 a	84.68 ± 12.28 a	83.41 ± 22.45 a	77.87 ± 10.34 a
	开花期	80.71 ± 14.42 b	94.25 ± 6.27 ab	94.47 ± 11.87 ab	96.66 ± 14.04 ab	91.40 ± 13.48 ab	104.60 ± 4.78 a	100.69 ± 7.72 ab
	成熟期	53.07 ± 15.54 a	51.82 ± 12.40 a	64.25 ± 12.27 a	52.11 ± 7.87 a	59.61 ± 17.75 a	61.06 ± 21.09 a	56.09 ± 11.08 a
块茎 Tuber	出苗期	-	-	-	-	-	-	-
	现蕾期	57.11 ± 9.74 b	55.02 ± 4.68 b	57.97 ± 14.74 b	47.43 ± 2.99 b	79.44 ± 13.48 ab	77.50 ± 30.20 ab	103.27 ± 23.58 a
	开花期	156.28 ± 8.70 b	206.26 ± 24.52 ab	181.38 ± 10.88 ab	203.67 ± 17.76 ab	208.37 ± 36.36 a	191.06 ± 25.77 ab	198.52 ± 39.10 ab
	成熟期	257.52 ± 58.95 b	324.55 ± 62.02 ab	355.22 ± 58.18 a	352.51 ± 34.63 a	389.08 ± 30.89 a	364.41 ± 53.20 a	381.81 ± 36.19 a

(7月23日)后根干物质重量出现下降, 各处理根干物质重量的峰值均出现在开花期, 但全生育期处理间无显著性差异( $P > 0.05$ ); 茎干物质重量呈单峰曲线变化, 开花期(7月23日)T4、T6和T7处理的干物质重量显著高于T1处理( $P < 0.05$ ), 其他生育期处理间则差异不显著( $P > 0.05$ ); 叶片干物质重量的变化与茎相似, 也呈单峰曲线变化, 仅T6处理开花期(7月23日)显著高于不施肥T1处理( $P < 0.05$ ), 其他生育期处理间无显著性差异( $P > 0.05$ ); 块茎干物质重量呈直线上升趋势, 自现蕾期开始, 其干物重量持续增加, 特别是在成熟期(8月30日), 干物质重量增加速度加快, 最高的是T7和T5处理, 且除T2外, 各处理均显著高于T1( $P < 0.05$ )。

### 2.5 不同基追肥比例对马铃薯植株叶柄 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 和 K<sup>+</sup>含量的影响

不同施肥方式下 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量变化趋势基本一致, 均呈波浪形下降趋势。T1 处理在整个生育期的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量最低, 并在 8 月 10 日达最低值 (276.67 mg/L); NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量最高的为 T4 处理, 在 7 月 6 日达最高值 (1 733.33 mg/L), 其他处理的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 含量介于 T1 和 T4 处理间 (图 3a)。不同处理植株叶柄的 K<sup>+</sup> 含量普遍较高, 最高可达 7 833.33 mg/L (7 月 6 日), 最低也有 4 166.67 mg/L (8 月 10 日), 各处理 K<sup>+</sup> 含量整体变化趋势也呈波浪式下降曲线 (图 3b)。

进一步分析 T5 处理的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 和 K<sup>+</sup> 含量的平均值变化曲线, 发现硝态氮的高峰值分别对应开

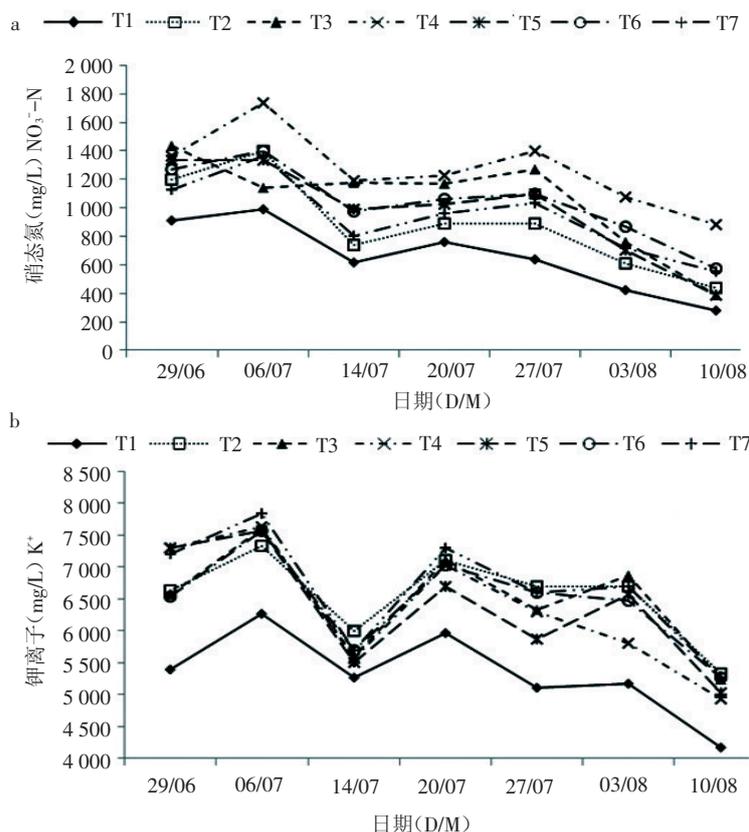


图3 不同基追肥比例对马铃薯植株叶柄 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ (a)和 $\text{K}^+$ (b)含量的影响

Figure 3 Effects of different treatments on  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  (a) and  $\text{K}^+$  (b) contents in petiole of potato plant

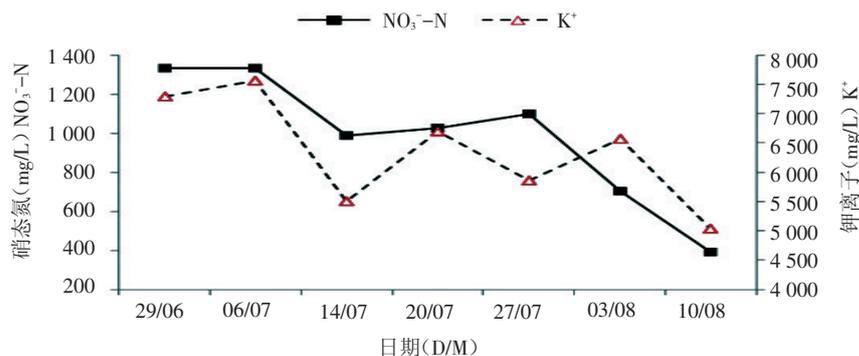


图4 T5植株叶柄 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 和 $\text{K}^+$ 含量的变化

Figure 4 Changes in  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  and  $\text{K}^+$  contents of treatment T5 in petiole of potato plant

花期和淀粉形成期的7月6日(1 333.33 mg/L)和7月27日(1 100.00 mg/L), 低谷值分别对应开花期的7月14日(990.00 mg/L)和淀粉积累期的8月10日(390.00 mg/L); 钾离子的高峰值分别对应开花期的7月6日(7 566.67 mg/L)、7月20日(6 700.00 mg/L)和淀粉积累期的8月3日(6 566.67 mg/L), 低谷值

分别对应开花期的7月14日(5 500.00 mg/L)和淀粉积累期的7月27日(5 866.67 mg/L)、8月10日(5 033.33 mg/L)(图4)。

## 2.6 不同基追肥比例对马铃薯产量的影响

不同基追肥处理(T3~T7)下马铃薯折算公顷产量为44 406~49 243 kg/hm<sup>2</sup>, 较不施肥T1(CK<sub>1</sub>)处

理增产 22 406~27 243 kg/hm<sup>2</sup>, 增幅达 101.85%~123.83%, 较常规处理 T2(CK<sub>2</sub>)增产 1 094~5 931 kg/hm<sup>2</sup>, 增幅为 2.53%~13.69%(表 8), 其中 T5~T7 处理产量最高, 较 T1 处理增产 114.30%~123.83%, 较 T2 处理增产 8.85%~13.69%, 且 T5 产量最高, 表明该试验基地已经建立的常规施肥方案(T2)尽管十分有效, 但在此基础上, 进一步降低氮肥和钾肥的基施比例、提高磷肥基施比例, 还可增产 8.85%~13.69%。研究还发现, 不同的基追肥方式对产量的贡献大小为: 基追肥处理 > 全追肥处理 > 全基肥处理, 全基肥(T3)和全追肥(T4)处理的产量相对较低, 较 T5 处理减产 9.82%(T3)和 8.12%(T4)。由此可见, 等养分条件下, 重视追肥的施用量和施用时期, 是马铃薯高产的重要

保障。

2.7 不同基追肥比例对马铃薯经济性状和效益的影响

T5 处理单株块茎数最多(8.30 个), 较 T1(CK<sub>1</sub>)处理多 2.97 个、较 T2(CK<sub>2</sub>)处理多 0.34 个, 但其仅与 T1(CK<sub>1</sub>)差异显著(P < 0.05)。分析大中小薯率后发现, 处理间大薯率无差异显著性(P > 0.05), 中薯率 T5 处理最高(88.51%), 但其仅与全追肥处理(T4)有显著性差异(P < 0.05), 小薯率最高的为 T4 处理(14.63%), 仅显著高于 T5 处理(9.67%)(P < 0.05)(表 9)。各处理商品薯率(大薯+中薯)均较高, 达 85% 以上, 其中商品薯率最高的为 T5 处理(90.33%), 最低的为 T4(85.36%), 其与 T5 的差异显著(P < 0.05)(表 9)。

在非试验因素完全一致的条件下, 马铃薯纯

表 8 不同基追肥比例对马铃薯产量的影响  
Table 8 Effects of different treatments on potato yield

处理 Treatment	小区产量 (kg/220m <sup>2</sup> ) Plot yield	折合产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Equivalent yield (kg/ha)	CK <sub>1</sub>		CK <sub>2</sub>		位次 Rank
			增产(kg/hm <sup>2</sup> ) Increased yield (kg/ha)	增幅(%) Increased range	增产(kg/hm <sup>2</sup> ) Increased yield (kg/ha)	增幅(%) Increased range	
T1(CK <sub>1</sub> )	483.78 ± 24.6 c	22 000	-	-	-	-	7
T2(CK <sub>2</sub> )	952.41 ± 51.0 b	43 312	21 312	96.87	-	-	6
T3	976.45 ± 18.2 b	44 406	22 406	101.85	1 094	2.53	5
T4	994.90 ± 89.6 ab	45 245	23 245	105.66	1 933	4.46	4
T5	1 082.81 ± 52.9 a	49 243	27 243	123.83	5 931	13.69	1
T6	1 042.67 ± 70.6 ab	47 417	25 417	115.53	4 105	9.48	2
T7	1 036.71 ± 35.2 ab	47 146	25 146	114.30	3 834	8.85	3

表 9 不同基追肥比例对马铃薯经济性状的影响  
Table 9 Effects of different treatments on potato economic traits

处理 Treatment	大薯(%) Large-sized tuber	中薯(%) Medium-sized tuber	小薯(%) Small-sized tuber	商品薯率(%) Marketable tuber percentage	单株块茎数(No.) Tuber number per plant
T1(CK <sub>1</sub> )	0.67 ± 0.98 a	86.86 ± 3.97 ab	12.47 ± 4.60 ab	87.53 ± 3.73 ab	5.33 ± 0.91 b
T2(CK <sub>2</sub> )	1.64 ± 1.71 a	85.40 ± 3.15 ab	12.93 ± 3.82 ab	87.04 ± 3.31 ab	7.96 ± 1.18 a
T3	2.14 ± 1.67 a	84.91 ± 4.60 ab	12.95 ± 3.68 ab	87.05 ± 1.91 ab	6.44 ± 0.81 ab
T4	1.57 ± 1.57 a	83.79 ± 4.83 b	14.63 ± 4.55 a	85.36 ± 3.78 b	7.11 ± 1.40 ab
T5	1.82 ± 1.29 a	88.51 ± 4.79 a	9.67 ± 5.26 b	90.33 ± 4.03 a	8.30 ± 0.87 a
T6	0.91 ± 0.93 a	87.58 ± 3.95 ab	11.51 ± 3.91 ab	88.49 ± 2.96 ab	7.89 ± 1.85 a
T7	1.00 ± 1.34 a	85.40 ± 2.94 ab	13.60 ± 3.13 ab	86.40 ± 2.63 ab	7.78 ± 1.29 a

表 10 不同基追肥比例对马铃薯经济效益的影响  
Table 10 Effects of different treatments on potato economic benefit

处理 Treatment	产量(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield (kg/ha)	肥料投入(元/hm <sup>2</sup> ) Fertilizer input (Yuan/ha)	总投入(元/hm <sup>2</sup> ) Total input (Yuan/ha)	产值(元/hm <sup>2</sup> ) Output value (Yuan/ha)	纯收益(元/hm <sup>2</sup> ) Net income (Yuan/ha)	纯收益增加(元/hm <sup>2</sup> ) Increased income (Yuan/ha)		产投比 Ratio of output to input
						CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	
T1(CK <sub>1</sub> )	22 000	0.00	36 000.00	33 000	-3 000.00	-	-	0.92
T2(CK <sub>2</sub> )	43 312	3 236.97	39 236.97	64 968	25 731.03	28 731.03	-	1.66
T3	44 406	3 297.82	39 297.82	66 609	27 311.18	30 311.18	1 580.15	1.69
T4	45 245	3 758.43	39 758.43	67 868	28 109.57	31 109.57	2 378.54	1.71
T5	49 243	3 472.00	39 472.00	73 864	34 392.00	37 392.00	8 660.97	1.87
T6	47 417	3 463.18	39 463.18	71 126	31 662.82	34 662.82	5 931.79	1.80
T7	47 146	3 454.37	39 454.37	70 719	31 264.63	34 264.63	5 533.60	1.79

注: 马铃薯 1.5 元/kg, 尿素 1.7 元/kg, 过磷酸钙 1.0 元/kg, 硫酸钾 3.2 元/kg, 液体磷酸 6.0 元/kg, 碳酸钾 4.5 元/kg, 其他成本各处理一致, 约为 36 000 元/hm<sup>2</sup>。

Note: Price of potato is 1.5 Yuan/kg; urea is 1.7 Yuan/kg; calcium superphosphate is 1.0 Yuan/kg; potassium sulfate is 3.2 Yuan/kg; liquid phosphoric acid is 6.0 Yuan/kg; and potassium carbonate is 4.5 Yuan/kg. The other costs are the same under different treatments, which is about 36 000 Yuan/ha.

收益的高低与产量和肥料投入量间存在明显相关。施肥处理的纯收益均高于 T1(CK<sub>1</sub>) 处理, 较其增加 28 731.03~37 392.00 元/hm<sup>2</sup>; 不同基追肥处理(T3~T7)也均高于 T2(CK<sub>2</sub>) 处理, 较其增加 1 580.15~8 660.97 元/hm<sup>2</sup>(表 10), 且 T5 处理经济效益最高, 纯收益为 34 392.00 元/hm<sup>2</sup>, 产投比最高(1.87)。故从产量、商品薯率和经济效益综合考虑, T5 处理为最佳处理。

### 3 讨论

马铃薯生产过程中, 合理施用氮磷钾肥, 能改善其经济性状, 提高鲜薯产量, 但追肥比例偏低会导致马铃薯后期生长养分不足, 地上部生长不良, 影响薯块产量<sup>[4,5]</sup>。本研究发现, 在施用氮肥 180 kg/hm<sup>2</sup>, 磷肥 135 kg/hm<sup>2</sup>, 钾肥 270 kg/hm<sup>2</sup> 等养分量的基础上, 不同基追肥比例对马铃薯出苗率、茎粗、主茎数、分枝数和生育期没有明显的影响, 但对株高、块茎干物质重量、中薯率、单株块茎数、产量和商品薯率有显著影响, 不同基追肥方式对马铃薯产量的贡献大小为基追肥处理 > 全追肥处理 > 全基肥处理。研究者提出, 追

肥应该主要集中在开花期(初花、盛花和落花期)施入<sup>[6,7]</sup>, 本研究也认为, 花期是马铃薯营养生长和生殖生长并存时期, 是薯块膨大的重要时期, 所需养分量大, 高比例的追肥施用, 可满足植株茎叶生长和块茎膨大所需营养, 从而保证块茎的高产优质。此外, 从产量、经济性状和经济效益指标综合考虑, 本试验条件下 T5 处理为最佳处理, 说明应重视追肥的施用时期和施肥量, 降低氮肥和钾肥基施比例、增加磷肥基施比例, 马铃薯具有高的产量和商品薯率, 这与一些学者关于氮肥施用时期的观点是一致的<sup>[8-10]</sup>, 但与张彬彬等<sup>[11]</sup>在甘薯上有关钾肥的施用时期结论不同, 即他们认为钾肥基施利于甘薯块根产量的形成。

植物对氮钾肥料的吸收能力多通过凯氏定氮仪和火焰光度计等设备检测, 其需对样本进行较为复杂的处理, 且测定数据不能快速获得。2005 年, Folegatti 等<sup>[12]</sup>发现, 土壤溶液和植株汁液中的 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、K<sup>+</sup> 和 Na<sup>+</sup> 浓度可以用 LAQUAtwin 便携式设备检测, 该设备检测结果与在实验室中用标准方法检测的土壤溶液和叶片干重中的数值具有很好的相关性。本研究利用 LAQUAtwin series

(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、K<sup>+</sup>)设备测定了植株叶柄汁液的NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和K<sup>+</sup>,发现T4处理的NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N含量始终最高,这与该处理将肥料全部做追肥致氮素含量高有关;由于马铃薯是喜钾作物,K<sup>+</sup>含量也普遍较高,这与本地区石灰性土壤中钾的含量丰富有一定关系,故该基地已成为重要加工企业的优质原料薯基地。因此,本研究以T5处理在开花期和成熟期的叶柄NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和K<sup>+</sup>含量变化范围为标准,建立了本试验基地‘大西洋’品种叶柄氮钾养分快速评价指标,即开花期和淀粉积累期确保植株体内的NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和K<sup>+</sup>含量维持在390.00~1 333.33 mg/L和5 033.33~7 566.67 mg/L,加之防病等措施到位,就可实现加工型马铃薯‘大西洋’品种45 000 kg/hm<sup>2</sup>以上的产量。该研究对大田马铃薯生产具有参考意义。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 赵庆鑫,江燕,史春余,等.氮钾互作对甘薯氮钾元素吸收、分配和利用的影响及与块根产量的关系[J].植物生理学报,2017,53(5): 889-895.  
 [2] 何文寿,马琨,代晓华,等.宁夏马铃薯氮、磷、钾养分的吸收累积特征[J].植物营养与肥料学报,2014,20(6): 1477-1487.

[3] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2016.  
 [4] 胡娟,杨永奎.氮、钾不同时期不同比例配施对马铃薯经济性状、产量的影响[J].安徽农业科学,2013,41(11): 4804-4805.  
 [5] 邓小强,范贵国,周世龙.氮、钾肥运筹对马铃薯经济性状与产量的影响[J].中国土壤与肥料,2011(2): 48-50,75.  
 [6] 孙磊,古浏涟,刘向梅,等.氮肥施用时期对马铃薯氮素积累与分配的影响[J].中国马铃薯,2011,25(6): 350-355.  
 [7] 吕慧峰,王小晶,陈怡,等.氮磷钾分期施用对马铃薯产量和品质的影响[J].中国农学通报,2010(24): 197-200.  
 [8] 郑顺林,袁继超,马均,等.春、秋马铃薯氮肥运筹的对比研究[J].西南农业学报,2009,22(3): 702-706.  
 [9] 郑顺林,李国培,杨世民,等.施氮量及追肥比例对冬马铃薯生育期及干物质积累的影响[J].四川农业大学学报,2009,27(3): 270-274.  
 [10] 王弘,孙磊,梁杰,等.氮肥基追比例及追施时期对马铃薯干物质积累分配及产量的影响[J].中国农学通报,2014,30(24): 224-230.  
 [11] 张彬彬,史春余,柳洪鹃,等.钾肥基施利于甘薯块根产量的形成[J].植物营养与肥料学报,2017,23(1): 208-216.  
 [12] Folegatti M V, Blanco F F, Boaretto R M, et al. Calibration of cady-ion meters to measure nutrient concentrations in soil solution and in plant sap[J]. Scientia Agricola, 2005, 62(1): 8-11.



辰翔矿业有限公司

## 专业生产马铃薯育种——膨胀蛭石

河北灵寿县辰翔矿业有限公司位于河北省石家庄市灵寿县,是一家专业生产蛭石片、膨胀蛭石、珍珠岩的企业,已有30多年的发展历史。辰翔公司根据马铃薯育种特点,研发了育种专用膨胀蛭石。本公司生产的马铃薯专用膨胀蛭石性价比高,已在国内十几家马铃薯育种公司应用,并得到一致好评。本公司蛭石产品型号齐全,也可根据客户需求订制生产。

如果您对我们的产品感兴趣,欢迎致电联系,索要资料、样品。

联系人:薛刚 15613123526、15833992815

地 址:河北省石家庄市灵寿县燕川工业区

电 话:0311-82616100(传真)