

## 根际气体处理对马铃薯形态特征的影响

孙周平, 李天来, 姚莉, 邹红藜

(沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 采取汽雾栽培方法, 研究了根际 6 种气体组合对马铃薯形态特征的影响。结果表明, 温室环境气体 Q3 处理马铃薯的株高最高, 茎粗和叶面积最大, 根系和匍匐茎最长, 根系体积最大, 小薯产量最高, 说明该处理 ( $\text{CO}_2 = 1200 \sim 400 \text{ mg/L}$ ,  $\text{O}_2 = 21\%$ ,  $\text{N}_2 = 78\%$ ) 是马铃薯生长比较适合根际环境气体条件, 其次是大气 Q4 处理 ( $\text{CO}_2 = 400 \text{ mg/L}$ ,  $\text{O}_2 = 21\%$ ,  $\text{N}_2 = 78\%$ ) 和 Q2 处理 ( $\text{CO}_2 = 1500 \text{ mg/L}$ ,  $\text{O}_2 = 21\%$ ,  $\text{N}_2 = 78\%$ ), Q5 处理 ( $\text{CO}_2 = 200 \text{ mg/L}$ ,  $\text{O}_2 = 60\%$ ,  $\text{N}_2 = 28\%$ ) 马铃薯植株生长状况和最差。根际  $\text{CO}_2$  3500 mg/L 和 1500 mg/L 长期富积处理对马铃薯植株的地上、地下形态生长和块茎形成有抑制作用。但是, 每日波动的温室环境气体浓度却有助于马铃薯植株的生长发育。

**关键词:** 马铃薯; 汽雾栽培; 根际气体; 形态特征

中图分类号: S532

文献标识码: A

文章编号: 1001-0092 (2002) 03-133-03

近年来, 在脱毒马铃薯微型种薯的设施化、工厂化发展中, 无基质根际间歇喷雾栽培方式, 与目前普遍使用的以蛭石、草炭、珍珠岩等为基质的无土栽培方式比较, 可以明显增加繁殖系数, 大幅度提高脱毒小薯产量, 具有重要的生产实际应用价值和理论研究意义<sup>[1-5]</sup>。

本研究采取汽雾栽培方式, 通过不同根际气体

浓度的处理, 研究根际气体变化对马铃薯植株形态特征的影响, 探讨雾培法栽培方式的增产机理, 为进一步生产实践提供技术指导。

### 1 材料与方 法

#### 1.1 试验材料

马铃薯脱毒试管苗 FAVORATA, DAS-ELISA 检测 PVX、PVY、PVS、PLRV 均呈阴性反应。

#### 1.2 试验方法

试验于 2001 年 10 月到 2002 年 3 月在沈阳农业大学辽沈 I 型日光温室内进行。

收稿日期: 2002-04-09

作者简介: 孙周平 (1967-), 男, 副研究员, 沈阳农业大学园艺学院博士研究生, 从事设施园艺和马铃薯脱毒小薯理论与技术研究。

## AFLP MAPS OF RESISTANCE TO BACTERIA WILT IN POTATO

GAO Gang<sup>1</sup>, QU Dong-yu<sup>2</sup>, LIAN Yong<sup>2</sup>, JIN Li-ping<sup>2</sup>

(1. Department of Biology of Shanxi Normal University Linfen 041004 China;

2. Institute of Vegetables and Flowers, CAAS, Beijing, 100081 China)

**ABSTRACT:** By resistance tests on individual genotype performed in culture chamber, three diploid potato clones were selected as the parents for the marker-assisted selection and breeding with resistance to bacteria wilt. The genetic polymorphism in the parents was screened. AFLP fingerprints were established for the further marker-assisted selection.

**KEY WORDS:** potato, bacteria wilt, resistance, AFLP fingerprint

### 1.2.1 栽培槽

采用口径为 50 cm、高度为 60 cm 容积为 100 L 的 PC 塑料桶作为栽培槽, 在距桶上沿 10 cm 处和桶的底部附近分别打取直径为 1.5 cm 的孔, 分别用螺丝扣安装进水管和回水管, 并保持密封, 在进水管上、桶的中心安装雾化喷头, 用 3 cm 厚的苯板作圆形桶盖, 四周用胶带密封, 栽培桶的四周和苯板用黑色 PVC 塑料膜覆盖, 保持栽培桶内不透光。

### 1.2.2 营养液

全生长期采用改进的 Hoagland 营养液, 由水泵供给, 通过定时器和电磁阀的控制, 每隔 300 供给营养液 30 s, 微雾喷头的流量在 1 L/min, 管道营养液的压力在 0.2 Pa 左右。营养液循环利用, 每两周更换营养液一次。营养液 pH 保持在 6.0 左右, 营养液温度在 21~25 ℃。

### 1.2.3 生长条件

在冬季试验期间, 每日光照时间在 7~8.5 h, 晴天温室内光照强度在 300~470  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ; 温室温度白天 20~27 ℃, 晚上 13~16 ℃; 温室  $\text{CO}_2$  浓度昼夜变化在 400~1200 mg/L。晴天每日从 10:30~13:30 左右于温室后坡和前脚通风换气 3 h 左右。

### 1.2.4 定植与管理

组培室繁育的 5~6 cm 高的脱毒试管苗, 首先定植在草炭和蛭石 1:1 混合的基质中炼苗, 大约 20 d 左右, 选择高度在 15 cm、长势一致的苗, 洗净根系, 定植在每个栽培桶盖上。以桶中心为圆点, 以 15 cm 的半径均匀打 12 个孔 (直径 2 cm), 于每个孔中栽植 1 株苗, 孔的空隙用岩棉填充得尽可能的密实, 尽可能减少气体的外泄。定植后 6 d 内挂遮阳网。

### 1.2.5 气体处理

表 1 各处理的气体浓度比例

编号	Q1	Q2	Q3*	Q4*	Q5	Q6
$\text{CO}_2$ (mg/L)	3500	1500	1200-400	400	200	100
$\text{O}_2$ (%)	21	21	21	21	60	5
$\text{N}_2$ (%)	78	78	78	78	39	94

\* 温室环境气体; \*\* 室外大气。

本试验设置了 5 个处理,  $\text{CO}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$  气体由钢瓶提供, 室外大气由位于温室顶部的空气压缩

机提供, 不同气体通过气体流量计控制流量大小, 首先进入气体混合器, 然后通过 PVC 导管通入各个栽培桶中。连续处理 30~45 d。气体浓度由 LI-6400 光合测定仪检测。各处理的气体浓度比例如表 1。

### 1.3 分析测试

定植 20 d 以后, 每 15~20 d 调查植株形态, 以顶数第四片展开叶作为功能叶, 做叶面积、叶绿素含量、光合效率等测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 根际气体变化对马铃薯植株地上形态的影响

根际气体处理对马铃薯植株的地上形态有明显的影响。表 2 为 FAVORATA (*Solanum tuberosum* L.V.) 品种在 6 种根际气体组合处理 45 d 后的测定结果。

表 2 不同根际气体浓度对马铃薯植株地上形态的影响

处理编号	株高 (cm)	茎粗 (cm)	叶面积 ( $\text{cm}^2$ )	分枝长 (cm)	分枝数 (个)
Q1	63.28	0.58	31.08	21.53	1.33
Q2	57.88	0.56	36.20	19.00	1.67
Q3	70.50	0.64	44.90	51.00	3.83
Q4	59.37	0.56	38.16	26.08	2.67
Q6	44.50	0.47	33.83	8.08	1.00
Q5	41.57	0.36	27.91	7.17	1.17

试验结果表明, 根际  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  气体浓度过高和过低都不利于马铃薯植株的生长发育, 在 6 种气体处理组合中, 所测定的 5 个地上形态指标株高、茎粗、小叶面积、侧枝数和侧枝长度, 随着处理  $\text{CO}_2$  浓度的增高均表现出相似的抛物线型变化规律, 其中以温室环境气体浓度的处理 Q3 的各项形态指标表现最好, 而 60% 的  $\text{O}_2$  处理 Q5 表现最差。

在根际  $\text{CO}_2$  富积处理 (Q1、Q2、Q3、Q4) 中, 随着  $\text{CO}_2$  浓度的增大, 植株株高、茎粗、侧枝数和长度都有增加, 说明根际  $\text{CO}_2$  富积有促进地上植株茎叶生长作用, 这与 Arteca<sup>[6]</sup> 的报道一致。但是, 随着根际  $\text{CO}_2$  浓度的增大到 1500 mg/L 和 3500 mg/L, 株高、茎粗、叶面积、分枝数和分枝长度却呈下降趋势。说明根际高浓度  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$

的长期富积不利于马铃薯地上形态的生长发育。

## 2.2 根际气体处理对马铃薯植株地下形态的影响

根际气体处理对马铃薯植株地下根系和主匍匐茎生长产生显著影响(见表3)。

表3 根际气体处理对马铃薯地下形态的影响

处理编号	根系		主匍匐茎	
	长度 (cm)	体积 (ml)	长度 (cm)	数量 (个)
Q1	36.58	2.83	40.35	3.17
Q2	51.80	3.67	74.50	2.80
Q3	70.17	10.50	118.50	2.83
Q4	68.63	5.32	85.67	4.00
Q6	45.42	3.33	83.00	3.67
Q5	28.17	1.25	30.00	2.67

结果表明, 处理 Q3 的根系和主匍匐茎的长度最长, 根系体积最大, 而处理 Q5 的根系和主匍匐茎的长度最短, 根系体积最小。在主匍匐茎数量方面, 处理 Q4 数量最多。同时在所测定的 4 种地下形态指标中, 主匍匐茎长度、根系长度及体积 3 项指标也呈现出与地上形态相似的抛物线型规律, 说明 Q3 处理地上形态——株高、茎粗、叶面积和侧枝的明显变化与其地下发达的根系有关系。

在根际 CO<sub>2</sub> 富积处理 (Q1、Q2、Q3、Q4) 中, 根际 CO<sub>2</sub> 浓度 1500 mg/L 和 3500 mg/L 明显限制了根系和匍匐茎的生长, 而且随着 CO<sub>2</sub> 浓度增大, 根系颜色变暗淡, 根尖膨大, 根系和匍匐茎表面的皮孔放大。这与 Arteca<sup>[6]</sup> 的报道不同, 原因可能在于 Arteca 的根际 CO<sub>2</sub> 富积处理只有 12 h, 而我们的处理长达 45 d。

## 2.3 根际气体变化对马铃薯植株鲜重的影响

表4 根际气体处理对马铃薯植株鲜重的影响

处理编号	地上鲜重 (g)	地下鲜重 (g)	根冠比	全株总重 (g)
Q1	37.43	23.73	0.63	61.16
Q2	55.15	42.11	0.76	84.83
Q3	94.17	70.29	0.75	164.46
Q4	50.72	45.26	0.89	95.98
Q6	36.06	49.47	1.37	85.53
Q5	15.42	19.01	1.23	34.43

从表4可以看出, 随着根际处理 CO<sub>2</sub> 浓度的变化, 植株地上鲜重、地下鲜重和总重呈现出与地上形态变化相似的抛物线型规律, 在6个处理中, 处理 Q3 的3项指标鲜重最大, 而处理 Q5 的3项指标鲜重最小。

在 CO<sub>2</sub> 富积处理中, 根际 Q1 处理 CO<sub>2</sub> 浓度 3500 mg/L 明显抑制了植株的鲜重增加。这可能与其地下不发达的根系有关系。在根冠比中, 根际 CO<sub>2</sub> 浓度大于 400 mg/L 时, 根冠比均小于 1, 说明根际 CO<sub>2</sub> 富积有利于地上生长。

## 2.4 根际气体处理对马铃薯小薯产量及产量构成的影响

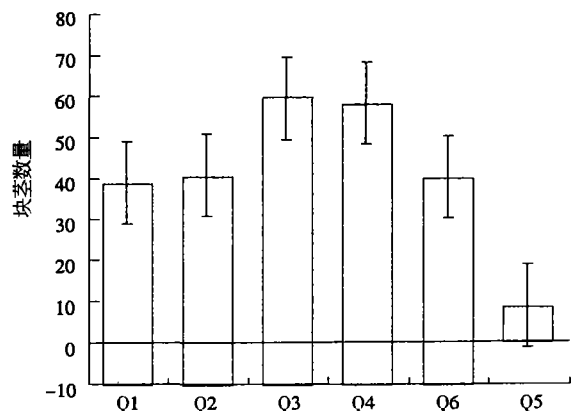


图1 根际气体处理对块茎数量的影响

图1可看出, 根际气体处理对马铃薯植株小薯产量有明显影响, 随着根际 CO<sub>2</sub> 浓度的增大, 小薯数量呈现与地上形态相似的抛物线型规律, 处理 Q3 和处理 Q4 小薯产量较高, 其中 Q3 产量最高, 而处理 Q5 小薯产量最低, 其余处理 Q1、Q2、Q6 小薯产量相近。在 CO<sub>2</sub> 富积的处理 Q1、Q2、Q3、Q4 中, 随着根际 CO<sub>2</sub> 浓度增大块数减少, 这与地上和地下形态变化具有相似的特点, 说明根际气体处理对马铃薯整个植株产生了不良影响。但是, 每日波动的日光温室环境气体浓度处理 (Q3) 却对整个马铃薯植株产生了明显的促进作用, 该处理马铃薯整个植株表现出最好的生长的特点, 说明在这6个根际气体处理当中, 处理 Q3 是比较适宜的根际气体环境条件。

对地上和地下 13 个形态指标进行相关分析, 结果表明块茎数量与茎粗 ( $r=0.88^*$ ,  $r_{0.05}=0.811$ ,  $n=4$ )、叶面积 ( $r=0.88^*$ )、地上鲜重 ( $r$

=0.82\*)、全株鲜重 ( $r=0.83^*$ ) 和主匍匐茎长度之间 ( $r=0.84^*$ ) 的正相关关系达显著水平, 其中与根系长度正相关关系达到极限显著水平 ( $r=0.92^{**}$ ,  $r_{0.01}=0.917$ ,  $n=4$ ), 说明马铃薯小薯产量的形成与根系、茎粗、叶面积、全株鲜重以及主匍匐茎长度等存在密切关系。因此, 在生产中应采取措施增强这些指标的生长, 促进马铃薯小薯产量的提高。

### 3 结 论

从本试验结果可知, 在 6 个马铃薯根际气体处理中, 温室环境气体处理马铃薯植株的地上株高最高, 茎粗和叶面积最大, 地下根系和匍匐茎最长, 根系体积最大, 说明该处理 ( $CO_2 = 1200 \sim 400$  mg/L,  $O_2 = 21\%$ ,  $N_2 = 78\%$ ) 是马铃薯生长比较适合根际气体环境条件, 其次是大气处理 Q4 ( $CO_2 = 400$  mg/L,  $O_2 = 21\%$ ,  $N_2 = 78\%$ ) 和 Q2 处理 ( $CO_2 = 1500$  mg/L,  $O_2 = 21\%$ ,  $N_2 = 78\%$ ), Q5 处理 ( $CO_2 = 200$  mg/L,  $O_2 = 60\%$ ,  $N_2 = 28\%$ ) 马铃薯植株生长状况和最差, 根际 60% 的  $O_2$  长期富积严重抑制了马铃薯植株的生长和块茎形成。根际  $CO_2$  3500 mg/L 长期富积处理对马铃薯

植株的地上、地下形态生长和块茎形成有抑制作用。但是, 每日波动的温室环境气体浓度却有助于马铃薯植株的生长发育。其机理有待深入研究。相关分析表明, 马铃薯小薯产量形成与植株地上形态的茎粗、叶面积、全株鲜重, 以及地下形态的根际长度和主匍匐茎长度等正相关关系达到显著水平, 其中与根系长度正相关关系达到极显著水平。

### 参 考 文 献

[1] 尹作全等. 马铃薯脱毒小薯无基质喷雾栽培技术研究初报 [J]. 马铃薯杂志, 1999, 13 (1): 23-24.  
 [2] 卢泳全等. 早熟马铃薯品种生产中几种主要栽培技术的对比试验 [J]. 马铃薯杂志, 2000, 14 (1): 22-24.  
 [3] 孙周平等. 根际环境因子对马铃薯块茎生长发育影响的研究进展 [J]. 沈阳农业大学学报, 2001, 32 (5): 386-389.  
 [4] 杨元军等. 雾培与基质栽培马铃薯脱毒小薯继代产量比较 [J]. 山东农业科学, 2002, (1): 29-30.  
 [5] Kang Jonggoo, et al. Growth and tuberization of potato cultivars in aeroponics, deep flow technique and nutrient film technique culture systems, J. Kor. Soc. Hort. Sci., 1996, 37 (1): 24-27.  
 [6] Richard N. Arteca, et al. Absorption of  $14 CO_2$  by potato root and its subsequent translocation, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1982, 107 (3): 398-401.

## EFFECTS ON MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF POTATOS IN GAS COMPONENTS AROUND ROOTS

SUN Zhou-ping, LI Tian-lai, YAO Li, ZOU Hong-li

(Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**ABSTRACT:** Root systems of potato were treated with 6 kinds of gas via aeroponics culture, plant height, root length and the longest stolon length, as well as leaf area and numbers of mini-tuber on 60 days after transplanting were greatest among plants grown at the greenhouse environmental air treatment (Q3: 1200~400 mg/L  $CO_2$ , 21%  $O_2$ , 78%  $N_2$ ). The medium was treatment Q4 (400 mg/L  $CO_2$ , 21%  $O_2$ , 78%  $N_2$ ) and Q2 (1500 mg/L  $CO_2$ , 21%  $O_2$ , 78%  $N_2$ ), the poorest treatment was treatment Q5 (200 mg/L  $CO_2$ , 60%  $O_2$ , 38%  $N_2$ ). It was also found that  $CO_2$  with concentration of 3500 mg/L and 1500 mg/L enriched around roots for long period systems repressed the development of potato plant, but the greenhouse air fluctuated everyday improved plant growth and tuberization of potato.

**KEYWORDS:** potato, rhizosphere gas, aeroponics, morphological characteristics