

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2008)02-0069-04

学术园地

# 马铃薯根际器官的呼吸变化

孙周平<sup>1</sup>, 郭志敏<sup>1</sup>, 高杰<sup>2</sup>, 曲微<sup>3</sup>

(1. 沈阳农业大学园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室, 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳军区农业新技术试验基地, 辽宁 沈阳 110015; 3. 法库县职业中等专业学校, 辽宁 法库 110400)

**摘要:** 采用改良的桶栽法和排除根系法两种方法测定马铃薯植株在苗期、块茎形成期和块茎膨大期三个阶段根际器官 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 呼吸速率的变化。结果表明: 一天之中, 马铃薯根际器官的呼吸速率先升高, 后降低; O<sub>2</sub> 的呼吸速率和 CO<sub>2</sub> 的变化趋势相反; 在整个生育期过程中块茎形成期的呼吸速率最大。两种测定方法的根际器官呼吸速率变化趋势一致。

**关键词:** 马铃薯; 根际器官; 呼吸速率

马铃薯作为以丰富的地下块茎为产品器官的作物, 多选择疏松土壤栽培。李军等<sup>[1]</sup>采取不同粘性的土壤研究土壤疏松性对马铃薯植株生长的影响, 结果表明, 提高土壤通气性可使马铃薯植株产量提高 3 倍以上; 孙周平等<sup>[2-3]</sup>通过汽雾法栽培方法, 研究根际不同 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 浓度对马铃薯脱毒小薯繁育过程中植株生长的影响, 结果说明, 改善根际 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 浓度可以促进雾培马铃薯的旺盛生长及脱毒小薯产量的显著增加。而在大田栽培中, 有关马铃薯植株根际器官呼吸的变化, 以及根际气体浓度的状况还不清楚。为此, 本试验采用排除根系法<sup>[4]</sup>和改良的桶栽法研究马铃薯植株在苗期、块茎形成期和块茎膨大期三个重要时期根际器官 CO<sub>2</sub> 与 O<sub>2</sub> 呼吸速率变化的特点, 探讨根际 CO<sub>2</sub> 与 O<sub>2</sub> 的呼吸速率以及根际气体浓度对马铃薯植株生长的影响, 为马铃薯田间栽培农艺措施的改进提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

试验于 2006 年 9 月~2007 年 1 月在沈阳农业大学园艺试验基地日光温室内进行, 供试材料为脱

毒马铃薯早熟品种“早大白”。

### 1.2 试验方法

采取两种方法测定马铃薯植株根器官呼吸的变化。一是常规方法即排除根系法<sup>[4]</sup> (Root exclusion methods) (T1); 二是采用改进的桶栽方法 (T2)。

#### 1.2.1 试验装置

改进的桶栽方法采用口径为 32 cm、高度为 38 cm 的黑色塑料桶, 在距桶底 15 cm 处安装带孔 (直径 1 cm) 的有机玻璃隔板, 隔板上铺设沙网, 沙网上装填 20 cm 厚大田土壤。隔板下距离桶底 5 cm 处安装密封的“U”型管, 以便于多余的营养液流出, 并保证营养液层的厚度为 6~8 cm 左右。这样在隔板下和营养液层之间形成一个 9~7 cm 的空气层, 在空气层的中间, 即距离桶底 11 cm 处安装直径为 1.5 cm 的密封胶管。通过这根胶管可以定期或者连续测量空气层中 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 浓度。

常规方法与改进的桶栽方法结构一致, 只是隔板下全部为洗净的河沙。紧贴着隔板的下沿, 安装一根直径 0.8 cm PVC 管。然后每次测定时, 先通过 50 cm 抽气管抽出根际气体, 然后用仪器测量气体浓度, 即取得根际实际气体浓度。

#### 1.2.2 试验处理

每个栽培桶里定植一株苗, 以不种苗的桶作为空白对照 (CK), 常规方法和改进桶栽方法分别用 CK1 和 CK2 表示。马铃薯植株根际器官的呼吸速率 = T1 - CK1 (或者 T2 - CK2)。

收稿日期: 2007-10-14

基金项目: 辽宁省博士启动基金 (20061204)。

作者简介: 孙周平 (1967-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事马铃薯与设施园艺栽培生理研究。

### 1.3 定植与管理

脱毒微型薯在室温下催芽, 选择大小一致的发芽小薯在 50 孔穴盘以草炭和蛭石 1:1 混和的基质中育苗。20 d 后, 选择高度 10 cm、长势一致的苗定植在试验桶中。栽培管理基本同大田。从开花期开始, 每周浇灌一次营养液。

### 1.4 分析与测定

定植后 15 d (苗期)、35 d (块茎形成期)、50 d (块茎膨大期) 分别用 PC02/10 型手持式二氧化碳分析仪和 XP0-318 型数字式氧气浓度计每隔 3 h 测定桶内有机玻璃隔板下面的空气层或沙层的 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 浓度, 连续测定 3 d, 每个处理每次取 3 株进行

测量, 计算植株根际器官的呼吸速率, 并测定植株的生物量和产量。采用 DPS 软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 马铃薯生长势与产量变化

分析表明, 两种测定方法植株长势变化基本一致, 所有指标均没有达到显著差异水平。在块茎形成期和膨大期, 改进的桶栽法比常规方法植株长势较为旺盛, 块茎产量略有增加。这可能与改进的桶栽法中间空气层的存在对根际气体环境的改善有关, 从而促进植株生物量的积累、提高马铃薯的块茎产量 (表 1)。

表 1 两种测定方法马铃薯植株生物量和产量的变化

测定方法	苗期		块茎形成期		块茎膨大期		块茎产量 g
	地上干重 g	根干重 g	地上干重 g	根干重 g	地上干重 g	根干重 g	
T1	45.1	26.8	343.3	43.8	670.2	54.6	728.2
T2	49.2	29.5	362.1	49.7	683.2	61.0	770.5

### 2.2 马铃薯苗期根际器官呼吸量的变化

图 1 为马铃薯植株苗期在 6:00~18:00 的根际器官呼吸速率 A 为 CO<sub>2</sub>; B 为 O<sub>2</sub> 的变化。从图 1A 中可以看出, 上午马铃薯根际器官 CO<sub>2</sub> 的呼吸速率呈上升趋势, 中午 12 点时达到最高, 之后有所下降, 到下午 18:00 的时候, 随着日光温室外覆盖保温被的放下, CO<sub>2</sub> 的呼吸速率又有所上升, 但是低于中午 12:00 的浓度。比较图 1B 与图 1A 可以看

出, 根际器官 O<sub>2</sub> 的呼吸速率变化趋势与 CO<sub>2</sub> 相反, 一天当中, 中午 12 点的 O<sub>2</sub> 呼吸速率达到最低, 之后有所上升, 但变化不大。

比较两种测定方法, T2 测定的 CO<sub>2</sub> 呼吸速率较高, 而 O<sub>2</sub> 呼吸速率相对较低。但两种测定方法下根际器官的 CO<sub>2</sub> 与 O<sub>2</sub> 呼吸变化趋势基本一致, 其中两种方法 CO<sub>2</sub> 的相关性达到显著水平 ( $r_A = 0.92^*$ ,  $r_B = 0.84$ ,  $r_{0.05} = 0.878$ ,  $r_{0.01} = 0.959$ ,  $n = 5$ )。

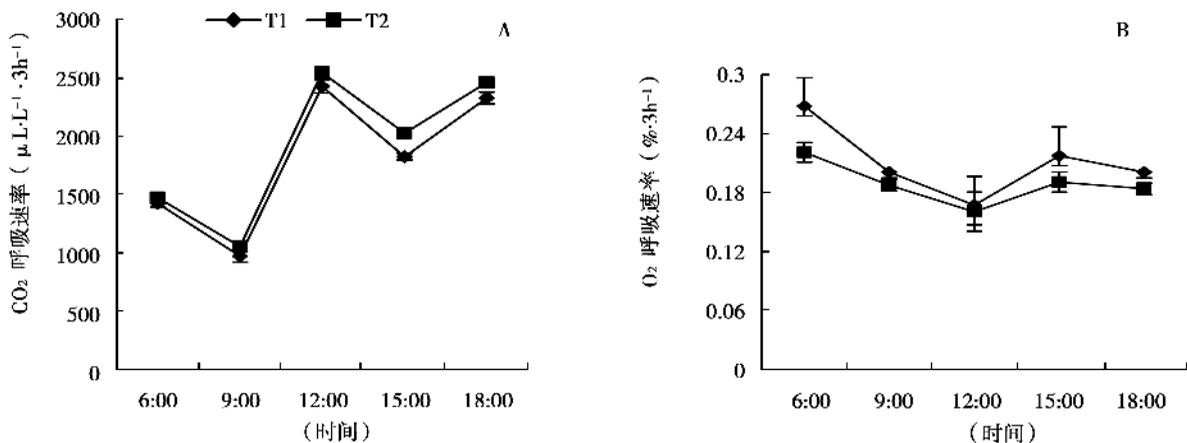


图 1 马铃薯苗期根际器官呼吸速率 A:CO<sub>2</sub>; B:O<sub>2</sub> 的变化。

### 2.3 马铃薯块茎形成期根际器官呼吸量的变化

图 2 为块茎形成期马铃薯植株在 6:00~18:00 的根际器官呼吸速率 A 为 CO<sub>2</sub>; B 为 O<sub>2</sub> 的变化。从

图 2A 可以看出, 上午马铃薯根际器官 CO<sub>2</sub> 的呼吸呈上升趋势, 中午 12 点时达到最高, 之后有所下降, 到下午 15:00 和 18:00 的时候基本持平。

比较图 2B 与图 2A 可以看出, 根际器官 O<sub>2</sub> 呼吸变化趋势与 CO<sub>2</sub> 的基本相反, 一天当中, 中午 12 点的 O<sub>2</sub> 呼吸速率最低, 之后缓慢上升, 然

后有所下降。两种测定方法下的呼吸速率变化趋势比较相似 ( $r_A = 0.853$ ,  $r_B = 0.839$ ,  $r_{0.05} = 0.878$ ,  $n = 5$ )。

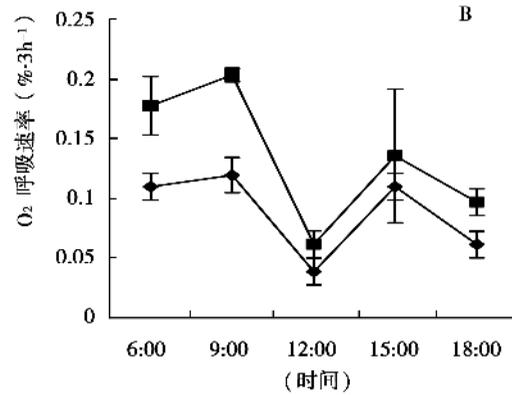
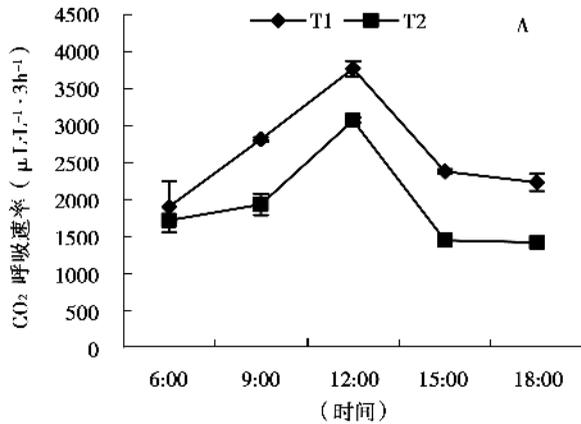


图 2 块茎形成期马铃薯根际器官呼吸速率 A: CO<sub>2</sub>; B: O<sub>2</sub> 的变化

### 2.4 马铃薯块茎膨大期根际器官呼吸量的变化

图 3 为马铃薯植株块茎膨大期在 6 00~18 00 的根际器官呼吸速率 A 为 CO<sub>2</sub>; B 为 O<sub>2</sub> 的变化。从图 3A 中可以看出, 6 00~15 00 马铃薯根际器官的 CO<sub>2</sub> 呼吸呈缓慢上升趋势, 15 点时达到最高, 之后 T1 有所下降、T2 基本不变。比较图 3B 与图 3A 可以看出, 根际器官 O<sub>2</sub> 呼吸变化趋势与 CO<sub>2</sub> 的

相反, 一天当中, 根际器官的 O<sub>2</sub> 呼吸速率基本呈缓慢下降趋势。

比较两种测定方法, T2 测定的 CO<sub>2</sub> 呼吸速率较高, 而 O<sub>2</sub> 呼吸速率较低, 但呼吸速率的变化趋势基本一致。两种方法测定 CO<sub>2</sub> 和 O<sub>2</sub> 的相关性分别达到了显著或极显著水平 ( $r_A = 0.93^*$ ,  $r_B = 0.96^{**}$ ,  $r_{0.05} = 0.878$ ,  $r_{0.01} = 0.959$ ,  $n = 5$ )。

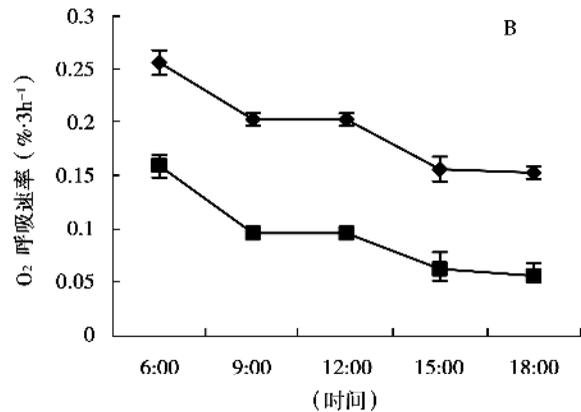
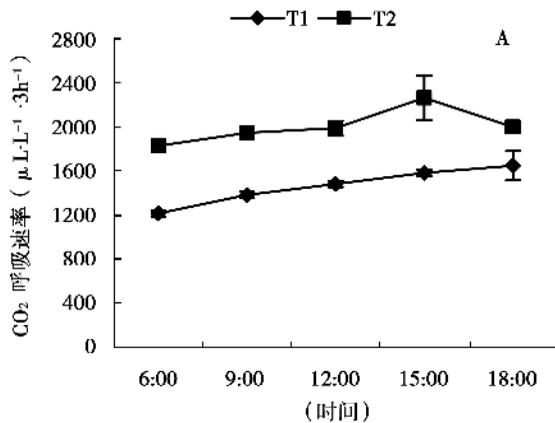


图 3 块茎膨大期马铃薯根际器官呼吸速率 A: CO<sub>2</sub>; B: O<sub>2</sub> 的变化。

## 3 结论与讨论

本试验条件下, 两种测定方法结果表明, 在马铃薯各个生长期, 其根际器官 CO<sub>2</sub> 的呼吸速率基本都在中午 12 点达到最大, O<sub>2</sub> 呼吸量达到最低, 说明一天中中午根际器官的呼吸速率高, 并且根际的 CO<sub>2</sub> 过多和 O<sub>2</sub> 不足都是同时出现的, 这和许国强等在稻田土壤微生物上的研究结果一致<sup>[5]</sup>。在白

天, 马铃薯植株根际器官的呼吸速率先增加, 后下降, 并且傍晚大于黎明, 这也与其他研究者在林木呼吸上的研究报道相似<sup>[5-7]</sup>。

比较三个不同的生长关键期可以看出, 在块茎膨大期马铃薯植株的长势最旺盛, 但其根际器官的 CO<sub>2</sub> 呼吸速率却并没有块茎形成期高, 这可能是由于该时期马铃薯块茎的膨大, 增加了基质层土壤的空隙, 使得基质层与外界大气的气体交换量增大,

一方面改善了根际的气体条件, 可以促进植株生长, 另一方面可能对根际器官呼吸的测定产生一定影响。

比较两种测定方法可以看出, 在马铃薯植株生长的三个关键时期, 根际器官  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  的呼吸变化趋势基本一致。但随着马铃薯的生长, 呼吸速率差别有所增大, 特别是后期改良桶栽法 (T2) 的  $\text{CO}_2$  呼吸速率较高、 $\text{O}_2$  呼吸速率较低, 可能是由于后期块茎的快速膨大, 对 T2 测定方法根际气体环境的影响较大, 从而对两种方法造成一定的影响。由于植物根系呼吸受很多因素的影响, 比如土壤温度<sup>[9]</sup>、根直径大小<sup>[9]</sup>、N 浓度<sup>[10]</sup>、环境  $\text{CO}_2$  浓度<sup>[11]</sup>、土壤湿度<sup>[12]</sup>等, 植物根系呼吸的测定方法还不成熟, 因此适合不同种类作物根系呼吸的测定方法还需进一步研究。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李军, 李长辉, 刘喜才, 等. 土壤疏松性对马铃薯产量的影响及其生理机制[M]//陈伊里, 屈冬玉. 中国马铃薯研究与产业开发, 哈尔滨 哈尔滨工程大学出版社, 2003.
- [2] 孙周平, 李天来, 姚莉, 等. 根际气体处理对马铃薯形态特征的影响[J]. 中国马铃薯, 2002, 16(3): 133-136.
- [3] 孙周平, 李天来, 范文丽. 根际  $\text{CO}_2$  浓度对马铃薯植株生长的影响[J]. 应用生态学, 2005, 16(11): 2097-2104.
- [4] 王文杰, 林木. 非同化器官  $\text{CO}_2$  通量的测定方法及对结果的影响[J]. 植物生态学报, 2005, 29(4): 680-691.
- [5] 杨玉盛, 董衫, 谢锦升, 等. 林木根呼吸及测定方法进展[J]. 植物生态学报, 2004, 28(3): 426-434.
- [6] Desrochers A, Landhausser S M, Lieffers V J. Coarse and fine root respiration in aspen (*Populus tremuloides*) [J]. Tree Physiology, 2002, 22: 725-732.
- [7] Pregitzer K S, King J S, Burton A J, et al. Responses of tree fine roots to temperature [J]. New Phytologist, 2000, 147:155-169.
- [8] Burton A J, Pregitzer K S. Field measurements of root respiration indicate little to no seasonal temperature acclimation for sugar maple and red pine[J]. Tree Physiology, 2003, 23: 273-280.
- [9] Vose J M, Rya M G. Seasonal respiration of foliage, fine roots, and woody tissues in relation to growth, tissue and photosynthesis [J]. Global Change Biology, 2002, 8: 164-175.
- [10] Amthor J S. The McCree-de Wit-penning de vires-thomley respiration paradigms: 30 years later[J]. Annals of Botany, 2000, 86: 1-20.
- [11] Hamilton J G, Delucia E H, George K, et al. Forest carbon balance under elevated  $\text{CO}_2$  [J]. Oecologia, 2002, 131: 250-260.
- [12] Burton A J, Pregitzer K S, Zogg G P, et al. Latitudinal variation in sugar maple fine root respiration[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1996, 26: 1761-17.

## Changes in Respiration of the Rhizosphere Organ of Potato Plant

Sun Zhouping<sup>1</sup>, Guo Zhimin<sup>1</sup>, Gao Jie<sup>2</sup>, Qu Wei<sup>3</sup>

( 1. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Key Laboratory of Protected Horticulture of Liaoning Province, Shenyang, Liaoning 110161, China; 2. Experiment Base of New Agricultural Technology, Shenyang Military Area, CPLA Shenyang 110015, China; 3. Vocational Trade School of Faku County, Shenyang, Liaoning 110400, China)

**Abstract:** The carbon dioxide and oxygen respiration rate of the rhizosphere organ of potato plant at the seedlings stage, tuber initiation stage and tuber bulking stage was measured by the improved pot method and root exclusion method. The results showed that in a day, the respiratory rate of potato's rhizosphere organ increased firstly in the morning, and then decreased in the afternoon; at the same time, there was a contrary trend for the oxygen respiratory rate of potato rhizosphere organ compared with the carbon dioxide. In the whole growth period, the maximal respiration rate was at the tuber initiation stage. The trend in the change of respiration rate measured by the two methods was consistent.

**Key Words:** potato; rhizosphere organ; respiration rate