

王海霞. 4 种植物对硅的吸收动力学[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11): 440–442.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.137

# 4 种植物对硅的吸收动力学

王海霞

(南通农业职业技术学院, 江苏南通 226000)

**摘要:**以水稻、玉米、冬瓜、向日葵为试验材料,采用水培法对不同硅浓度处理下的 4 种植物的硅吸收动力学特征进行研究,并对 4 种高等植物短期硅吸收的动态变化进行研究,旨在为研究硅的植物生物学作用提供理论依据和试验证据。结果显示:4 种植物苗期根系硅吸收的曲线符合酶促动力学模式。从曲线中可以看出,不同植物之间的硅吸收速率从大到小依次为水稻>玉米>向日葵>冬瓜。硅的吸收动力学参数米氏常数( $K_m$ )、离子最大吸收速度( $V_{max}$ )及外液最小浓度( $C_{min}$ )值在不同植物之间有明显的差异, $K_m$ 值表现为水稻<玉米<向日葵<冬瓜; $C_{min}$ 表现为水稻<玉米<向日葵<冬瓜; $V_{max}$ 值表现为水稻>玉米>向日葵>冬瓜。这表明 4 种植物吸收和累积硅的能力不相同,其能力从大到小依次为水稻>玉米>向日葵>冬瓜。在 0.085、0.85 mmol/L 等 2 个硅水平下,4 种植物在 12 h 内的吸硅量从大到小依次为水稻>玉米>向日葵>冬瓜,可见不同的植物对硅的吸收机理不同,同一种植物在不同的外界硅浓度处理下对硅的吸收机理也不相同。

**关键词:**水稻;玉米;冬瓜;向日葵;硅;吸收;动力学特征;动态变化

**中图分类号:** Q945.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0440-02

硅是地壳中含量极为丰富的元素,早在 1804 年 de Sassure 就发现植物中含有硅,硅几乎存在于所有生长在土壤中的植物体内。一些研究者还提出,营养液配方中应该包括硅,甚至有学者提出硅应该是位于 N、P、K 之后的第四大营养元素,然而由于硅的广泛存在很难创造无硅环境证明硅是植物的必需营养元素或代谢产物的一部分,主要原因就是硅的植物生物学作用不明确<sup>[1]</sup>。为搞清硅的植物生物学作用,明确植物对硅的吸收机理就变得非常重要。本研究以 4 种高等植物为例,通过对其硅吸收动力学和短期吸硅量进行研究,为探讨植物对硅的吸收机理提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料<sup>[1]</sup>

供试材料包括水稻(汕优 63)、玉米(农大 108)、冬瓜(马群一号)、向日葵(匈牙利 4 号),供试硅源为硅酸钾( $K_2SiO_3 \cdot nH_2O$ ),本试验在人工气候室里采用水培法进行研究。种子经 0.1%  $HgCl_2$  消毒 15 min,用自来水充分冲洗,用蒸馏水浸种 24 h,然后将种子摊在垫有 1 层滤纸的培养皿中,喷水,放在室温下促使发芽。种子发芽后,均匀播于上铺尼龙网的周转箱上,前期只浇自来水,每天换水 1 次,待苗地上部长至 5 cm 左右时进行水培定植。水稻采用 Kimura B 营养液。所有试剂均用分析纯以上,水培、配试剂用水均为重蒸馏—Mili-Q,在培养期间的供硅浓度为 1.70 mmol/L,水培液的 pH 值为 5.8,每天调节 1 次 pH 值,每天通气 1 次,每隔 3 d 换 1 次营养液。培养期间最低温控制在 18 ℃,最高温 25 ℃,光照时间 14 h/d,照度 10 000 lx。

收稿日期:2014-09-26

基金项目:江苏省南通市科技计划(编号:BK2011067)。

作者简介:王海霞(1979—),女,山东烟台人,硕士,讲师,研究方向为植物逆境生理与生态。E-mail:haixia1028@126.com。

### 1.2 硅聚沉研究试验

水稻根部用 95% 乙醇处理 10 min 后取出,用蒸馏水充分冲洗干净,转入内盛硅水平分别为 0.085、0.85 mmol/L 营养液的塑料瓶中,每瓶 3 株苗,同时计时并称质量。试验开始后的 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 h 吸取 0.5 mL 溶液,用硅钼蓝比色法测定其硅浓度。取样同时称质量,并补充蒸腾作用造成的失水量。同时做不加水稻苗的空白试验。重复 3 次。

### 1.3 硅吸收动力学试验<sup>[2]</sup>

作物经过 2 周的种植,试验前进行饥饿处理 24 h,然后进行吸收试验。吸收试验的硅浓度设置范围为 0 ~ 2.38 mmol/L,共设 11 个浓度系列,每个处理设苗 3 株,水稻设定体积为 50 mL,其他作物为 100 mL,吸收时间为 6 h,试验结束后吸取 1 mL 吸收液用硅钼蓝比色法对硅浓度进行检测。同时,测定植株的鲜质量和干质量,试验重复 3 次。

### 1.4 短期硅吸收试验

将 2 周苗龄的幼苗置于盛有 1/2 强度上述营养液的铝薄包被的塑料瓶里培养,每瓶 3 株苗,同时计时并称质量。吸收液体积为 50 mL,硅水平为 0.085、0.85 mmol/L,分别在处理后的 2、4、6、8、10 h 吸取 1 mL 溶液测定硅浓度,每次取样同时将装有植株的塑料瓶称质量用于计算蒸腾耗水量。试验结束时收获地上部和根,测定鲜质量和干质量,试验重复 3 次。

### 1.5 硅含量的测定——硅钼蓝比色法

硅含量采用灵敏度很高的硅钼蓝比色法测定。

### 1.6 数据处理

样品分析数据在 Excel 下建立数据库,然后采用 SPSS 统计软件进行标准差分析和差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 硅聚沉的研究

从图 1 可见,在 0.085、0.85 mmol/L 硅水平下,12 h 内加

乙醇杀根水稻的容器内的营养液(简称加根溶液)和不加水稻的空白营养液(简称不加根溶液)中的硅含量变化都不大,硅浓度基本呈稳定状态。可见在硅吸收试验的测定过程中,不具有吸收能力的作物根部不会引起溶液中硅浓度变化,空白营养液短期硅聚沉程度也不大,其影响可忽略,测定一段时间内溶液中的硅浓度变化能够反映作物的硅吸收情况。

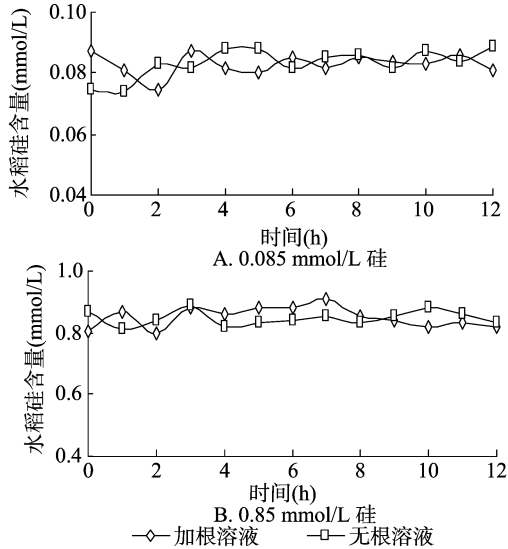


图1 12 h 内不同硅浓度处理液的浓度变化

## 2.2 4 种植物硅吸收动力学的研究

离子的主动吸收符合 Michaelis - Menten 酶动力学方程  $V = V_{\max} (C - C_{\min}) / [K_m + (C - C_{\min})]$ , 其中  $V$  表示离子吸收速度;  $C$  表示外液离子浓度;  $V_{\max}$  表示离子最大吸收速度;  $K_m$  表示米氏常数;  $C_{\min}$  表示最小浓度。  $K_m$  和  $C_{\min}$  低、  $V_{\max}$  大的作物具有较强的离子累积能力<sup>[3]</sup>。这一方面研究  $\text{NO}_3^-$ 、  $\text{NH}_4^+$  很多, 至今有关植物硅吸收动力学方面的报道甚少。本研究根据酶促动力学方程, 以水稻、 冬瓜、 玉米、 向日葵 4 种高等植物为材料, 求取硅吸收动力学的参数  $K_m$ 、  $V_{\max}$  及  $C_{\min}$  值, 为探讨高等植物对硅的吸收机制提供一定的试验依据。通过前期研究认为采用改进耗竭法中的作图法测定硅吸收动力学参数, 得到的试验数据更可靠。

### 2.2.1 改进耗竭法测定 4 种植物的硅吸收动力学曲线<sup>[3]</sup>

图 2 表示用改进耗竭法对 4 种植物硅吸收动力学的研究曲线, 从图 2 可见, 4 种植物的吸硅速率随外界硅浓度的变化模式符合 Michaelis - Menten 酶促动力学模式。当溶液中硅浓度很低时, 4 种植物的吸硅速率随外界硅浓度的升高而急剧升高, 当硅浓度达到一定程度时, 植物吸硅达到饱和状态, 吸硅速率不再随外界硅浓度的升高而变化, 并且 4 种植物吸硅达到饱和时的外界硅浓度不同。这表明这 4 种植物硅的吸收是由蛋白质载体所调控的, 运转蛋白的数量及蛋白载体活性中心与硅的亲和力决定了作物吸硅的能力。不同作物对硅的吸收速率从大到小依次为水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜。

2.2.2 改进耗竭法测定 4 种植物的硅吸收动力学参数 从表 1 可以看出, 4 种植物  $K_m$  值从大到小依次为水稻 < 玉米 < 向日葵 < 冬瓜;  $C_{\min}$  值表现为水稻 < 玉米 < 向日葵 < 冬瓜;  $V_{\max}$  值表现为水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜。可见, 4 种植物硅的吸收动力学参数存在明显差异。  $K_m$ 、  $V_{\max}$  及  $C_{\min}$  值可以反映

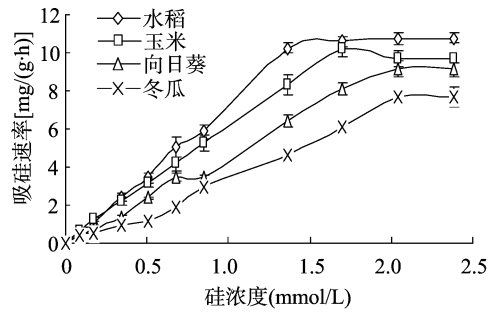


图2 供试植物苗期硅吸收速率随外界硅浓度的变化曲线

表 1 供试植物的  $K_m$ 、  $V_{\max}$  及  $C_{\min}$  值

植物	$K_m$ (mmol/L)	$V_{\max}$ (mg/g, DRW)	$C_{\min}$ (mmol/L)
水稻	$0.21 \pm 0.026d$	$10.68 \pm 0.47a$	$0.002 \pm 0.0006d$
玉米	$0.36 \pm 0.031c$	$9.31 \pm 0.41b$	$0.014 \pm 0.0030c$
向日葵	$0.51 \pm 0.042b$	$8.93 \pm 0.39b$	$0.023 \pm 0.0030b$
冬瓜	$0.75 \pm 0.049a$	$7.64 \pm 0.37c$	$0.045 \pm 0.0040a$

注: 同列数据后不同的字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

植物的吸硅能力, 这表明 4 种植物吸收和累积硅的能力不同, 其能力从大到小依次为水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜。

### 2.3 4 种植物短期内对硅的吸收与蒸腾作用的关系

植物由于蒸腾作用产生的蒸腾拉力使介质中的水不断地流入植物体内, 这种方式吸水被称为被动吸水。由于水分的带动, 介质中的离子也随水流进入植物体内, 这种吸收离子的方式属于被动吸收。对于不含主动吸收机制的离子, 通常用进入植物体内的水量即可计算出其离子吸收量。本研究测定了 4 种植物在 12 h 内对硅的吸收总量(通过溶液耗竭法测定)以及通过蒸腾水流进入植物体的硅量, 并对其大小进行比较, 从而进一步明确 4 种植物的硅吸收机制。

2.3.1 4 种植物短期吸硅量的动态变化 图 3 表示在用 0.085、 0.85 mmol/L 硅溶液处理下, 4 种植物在 12 h 内吸硅量的动态变化。从图 3 可以看出, 在 2 个硅水平下, 4 种植物

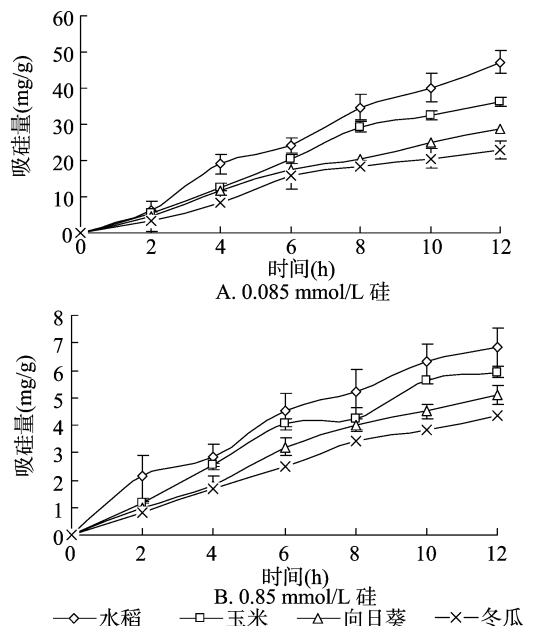


图3 2 种硅水平下 4 种植物在 12 h 内吸硅量的动态变化曲线

弓永利. 基于微波遥感的裸露地表土壤盐分含量的反演[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(11): 442–444.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.138

# 基于微波遥感的裸露地表土壤盐分含量的反演

弓永利

(内蒙古建筑职业技术学院, 内蒙古呼和浩特 010070)

**摘要:** 基于 Radarsat-2 雷达影像数据对裸露地表土壤盐分含量进行反演研究, 利用数据模拟分析方法建立土壤盐分含量的反演模型, 并对土壤盐分含量的反演值与实测值进行相关分析。结果表明: 模拟值与实测值有很好的相关性 ( $r^2 = 0.9046$ ), 可以利用 Radarsat-2 雷达数据进行大面积地表土壤盐分的监测与提取, 能取得较好的结果。

**关键词:** Radarsat-2; 后向散射系数; 反演; 土壤盐分

**中图分类号:** S151.9<sup>+</sup>3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0442-03

土壤盐渍化 (soil salinization) 是指随着水分上升到地表并蒸发后, 使土壤底层的盐分或者是地下水的盐分在表层土壤积累的过程, 是土地退化和土壤荒漠化的主要表现形式。在干旱、半干旱地区, 土地逐渐退化主要是由人类不合理的活动和脆弱的生态环境共同导致的, 土壤盐渍化已经成为现在世界上土地荒漠化和土地退化的主要类型之一<sup>[1-4]</sup>。盐碱土不仅会引起土壤板结、肥力下降, 加重土壤侵蚀, 还会造成资源破坏, 引发农业生产损失, 从而严重威胁生物圈和生态环境安全<sup>[5]</sup>。

遥感及其相关技术在获取地表信息方面具有宏观性、实

时性、动态性等特点, 这使得土壤盐渍化的监测更加宏观、快速、准确、有效, 有利于对土地盐碱化发展和演变机理的认识<sup>[4,6-7]</sup>。因此, 对河套平原盐渍化程度进行遥感监测、反演可以作为该地区灌溉制度制定、盐渍化土壤治理方案制定的基础资料。

由于微波遥感技术具有全天时、全天候的工作能力, 而且对云雾、雨雪和地物都有一定的穿透能力, 可以更好地识别、分析地物, 提取所需的信息。土壤盐分含量变化趋势与土壤水分含量有着密不可分的关系, 再加上微波遥感对土壤水分十分敏感<sup>[8-10]</sup>, 因此微波遥感技术已经成为当前监测土壤盐分的主要方法。

本研究基于 Radarsat-2 雷达影像数据的处理, 对裸露地表土壤盐分含量进行反演研究, 以期利用 SPSS 软件进行数据模拟分析, 建立地表土壤盐分含量后向散射模型, 从而为大面积获得地表土壤盐分时空分布信息提供理论依据和技术支撑。

收稿日期: 2014-12-07

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 51169016)。

作者简介: 弓永利 (1976—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 副教授, 高级工程师, 主要从事工程测量、遥感、地理信息应用方面的科研和教学工作。E-mail: flyzz@126.com。

在 12 h 内的吸硅量均是随时间的延长近似直线上升, 并且在整个试验过程中, 对于同一个时间点内, 吸硅量从大到小依次是水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜。在 12 h 内, 以水稻为参照对象, 在 0.085 mmol/L 硅水平下, 玉米、向日葵、冬瓜的吸硅量比水稻减少 12.96%、24.59%、36.38%; 在 0.85 mmol/L 硅水平下, 玉米、向日葵、冬瓜的吸硅量比水稻减少 23.28%、39.29%、51.32%。从以上数据可以看出, 3 种植物在低硅浓度 (0.085 mmol/L) 处理下与水稻相比的吸硅减少量均低于高硅浓度 (0.85 mmol/L) 处理下与水稻相比的吸硅减少量。

## 3 结论与讨论

本试验测定了 4 种高等植物的硅吸收动力学, 得出 4 种作物的吸收动力学曲线都符合 Michaelis-Menten 酶动力学曲线。本试验所测得的水稻  $K_m$  值为 0.21, 小于 Tamai 等报道的结果, 这种差异可能是不同的研究条件造成的。4 种植物的动力学参数值从大到小依次为: 亲和力及最大吸收速率 ( $V_{max}$ ), 水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜; 最小浓度 ( $C_{min}$ ), 水稻 < 玉米 < 向日葵 < 冬瓜。此结果表明 4 种作物对硅的吸收能力从大到小依次为水稻 > 玉米 > 向日葵 > 冬瓜。这一结

论符合在吸硅能力方面单子叶植物高于双子叶植物的结论; 并且在单子叶植物中, 水生禾本科高于旱地禾本科, 与前人总结<sup>[4]</sup>的一致。从以往的研究中可以发现, 植物对硅的吸收机制非常复杂, 因植物种类、基因型和外界硅浓度范围的不同而不同, 是一个远没有搞清楚的、值得深入研究的课题<sup>[5]</sup>。本试验对与主动吸收有关的吸收动力学进行研究, 对深入研究硅的作用和功能具有十分重要的理论意义。

## 参考文献:

- [1] 马斯纳. 植物矿质营养[M]. 曹一平, 陆景陵, 译. 北京: 北京农业大学出版社, 1991: 50.
- [2] 高祖明, 张春兰, 倪金应, 等. 黄瓜等九种蔬菜与  $NO_3^- - N$  亲和力的研究[J]. 南京农业大学学报, 1990, 13(1): 75–79.
- [3] Liang Y, Si J, Romheld V, et al. Silicon uptake and transport is an active process in *Cucumis sativus* [J]. New Phytologist, 2005.
- [4] Ma J F, Goto S, Tamai K, et al. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice [J]. Plant Physiology, 2001, 127(4): 1773–1780.
- [5] Ma J F, Taimai K, Ichii M, Wu G F. A rice mutant defective in silicon uptake [J]. Plant Physiology, 2002, 130(4): 2111–2117.