

外源低分子量有机酸对土壤钙、磷释放动力学特性的影响

刘 慧, 栗 杰, 贺 云 龙, 王 凯 琼, 张 大 庚

(沈阳农业大学 土地与环境学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要:以含钙相对较高的褐土为试材,采用批量恒温震荡法,研究了添加不同浓度外源低分子量有机酸(草酸、柠檬酸)对土壤钙素和磷素释放动力学特征的影响。结果表明:添加草酸和柠檬酸均可促进土壤中钙素的释放,随着有机酸浓度的增加土壤中钙的释放量逐渐增加,活化能力为草酸<柠檬酸;添加草酸促进了土壤中磷素的释放,低浓度柠檬酸则抑制了磷的释放,但随草酸、柠檬酸浓度的增加,磷的释放量均逐渐增加,对土壤中磷的释放量的影响为草酸>柠檬酸。添加草酸和柠檬酸促进土壤中钙的释放则抑制磷的释放,反之则促进土壤中磷的释放。添加外源低分子量有机酸对土壤中钙、磷释放过程的影响均可用 Langmiur 方程进行较好的拟合。

关键词:低分子量有机酸;钙;磷;动力学

中图分类号:S 155.5⁺5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0163-05

钙和磷是作物生长发育过程中必需的 2 种营养元素,钙和磷之间可形成二钙磷、八钙磷、十钙磷等不同形态的钙-磷化合物。因此,钙磷之间的相互作用在影响土壤中磷素有效性的同时,一定程度上也会影响钙素的有效性^[1-2]。环境胁迫下,植物常常分泌大量的有机物质进入根际,其中低分子量有机酸如草酸、柠檬酸、苹果酸在分泌的有机物中占较大的比例^[3-5]。这些有机酸可促进土壤中难溶性磷酸盐的溶解,同时有较强的络合能力,可以和土壤中的钙、铝、铁等阳离子络合,从而影响磷素的有效性^[6-9]。近年来,以模拟植物缺磷条件下,利用植物根际分泌有机酸活化土壤积累磷素的研究较多^[10]。大量研究表明,有机酸活化磷素能力顺序为草酸>柠檬酸>酒石酸>苹果酸^[11-14]。相关研究提出了有机酸活化石灰性土壤积累磷素机制,主要有质子酸效应,有机酸与钙、铁、铝等离子络合作用,有机酸与磷酸根的竞争专性吸附等^[8,15]。有机酸加入土壤后其质子酸

效应对阳离子络合作用在影响磷素有效性的同时,势必会影响土壤中钙的有效性。但大量的研究集中在有机酸对土壤磷素活化的影响,有关有机酸对土壤有效钙含量和有机酸活化的磷对钙有效性的影响报道较少。因此现以含钙较高的褐土为研究对象,以提高土壤磷素有效性较强的草酸、柠檬酸为外源低分子量有机酸为代表,采用批量恒温振荡法,着重研究了添加不同浓度的草酸和柠檬酸对土壤钙素和磷素释放动力学特征的影响,以期对石灰性土壤的合理培肥提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤采自辽宁省朝阳市郊区耕地,样品采集深度为表层 0~20 cm。土壤类型为褐土,供试土壤的基本理化性质见表 1。

供试草酸、柠檬酸均为实验室分析纯试剂。

1.2 试验方法

在 100 mL 聚四氟乙烯离心管中加入过 1 mm 筛的土壤 1.000 g,再分别加入 50 mL 的 0.2、0.5、1.0、3.0、5.0 mmol·L⁻¹ 5 个浓度梯度的草酸/柠檬酸(以 pH 7 的 0.01 mol·L⁻¹ KCl 为电解质),每处理 3 次重复,以不添加低分子量有机酸为对照。在 20℃ 条件下恒温振荡,振幅为 220 次·min⁻¹,分别在振荡 5、10、15、30、45 min 和 1.0、1.5、2.0、6.0、8.0、10.0 h 取下离心管,过滤后测定滤液中钙和磷的浓度,并计算钙和磷的释放量。

第一作者简介:刘慧(1973-),女,吉林永吉人,本科,实验师,现主要从事土壤肥力教学与科研工作。E-mail: zsb010024@163.com.

责任作者:张大庚(1975-),女,辽宁凌海人,博士,副教授,现主要从事土壤肥力方面的教学与科研工作。E-mail: zdg111@126.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41401323);辽宁省自然科学基金资助项目(2014027010)。

收稿日期:2016-09-18

表 1

供试土壤的基本理化性质

Table 1

Basic properties of the soils in plot layer (0—20 cm)

土壤类型	pH	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	全钙	交换性钙
Soil type		OM/(g · kg ⁻¹)	Alk. N/(mg · kg ⁻¹)	Avail. P/(mg · kg ⁻¹)	F-Avail. K/(mg · kg ⁻¹)	Total Ca/(g · kg ⁻¹)	Exchangeable Ca/(g · kg ⁻¹)
褐土(耕地)	8.46	8.39	82.46	29.95	310.64	19.14	3.26

1.3 项目测定

试验各处理平衡溶液中钙含量的测定采用原子吸收分光光度法,磷含量的测定采用钼蓝比色法。

1.4 数据分析

试验所有数据均采用 DPS 进行整理和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 外源低分子量有机酸对土壤钙释放量的影响

2.1.1 草酸对土壤钙释放量的影响 由图 1 可知,当振荡时间相同时,随添加草酸浓度的增加,土壤中钙的释放量呈一定增加的趋势。但添加草酸的浓度不同,达到土壤钙的最大释放量所需的时间不同。当添加草酸浓度相对较低时(0.2 mmol · L⁻¹和 0.5 mmol · L⁻¹),振荡 30 min 土壤钙即达到最大释放量,分别为 1.49 g · kg⁻¹和 1.66 g · kg⁻¹。与对照相比,土壤钙的最大释放量约增加 0.45 g · kg⁻¹和 0.63 g · kg⁻¹。当添加草酸浓度为 1.0 mmol L⁻¹时,土壤中钙的最大释放量约为 2.40 g · kg⁻¹,比对照增加 1.37 g · kg⁻¹。达到最大释放量的时间也增加到约 45 min。当添加草酸的浓度分别为 3.0 mmol · L⁻¹和 5.0 mmol · L⁻¹时,土壤钙素的最大释放量分别达到 3.12 g · kg⁻¹和 3.19 g · kg⁻¹,达到最大释放量的时间约为 1 h。在振荡时间 4 h 范围内,添加 3.0 mmol · L⁻¹和 5.0 mmol · L⁻¹草酸对土壤钙素的释放影响差异较小,随振荡时间的增加,5.0 mmol · L⁻¹的草酸处理土壤钙素的释放量高于 3.0 mmol · L⁻¹处理。

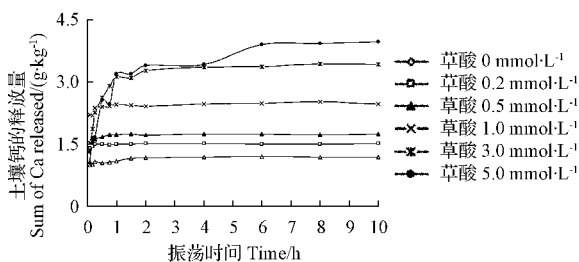


图 1 添加不同浓度草酸土壤钙释放的动力学曲线

Fig. 1 Kinetic curves of Ca release on soil with the different additions of oxalate acid

2.1.2 柠檬酸对土壤钙释放量的影响 当振荡时间相同时,随添加柠檬酸浓度的增加,土壤中钙的释放量也呈一定增加的趋势(图 2)。当添加柠檬酸浓度为 0.2、0.5、1.0 mmol · L⁻¹时,在振荡 60~90 min 达到土壤钙的最大释放量,分别约为 1.73、2.01、2.13 g · kg⁻¹,未添加柠

檬酸对照处理土壤中钙的释放量为 1.04 g · kg⁻¹,与对照相比添加 3 种浓度柠檬酸对土壤钙的最大释放量影响无显著性差异。当添加柠檬酸浓度增加为 3.0 mmol · L⁻¹和 5.0 mmol · L⁻¹时,土壤中钙的释放量明显增加,最大释放量约分别为 12.12、17.94 g · kg⁻¹,比对照分别增加 11.22、16.91 g · kg⁻¹。达到最大释放量的振荡时间增加,3.0 mmol · L⁻¹时为 4 h,5.0 mmol · L⁻¹时为 6 h。

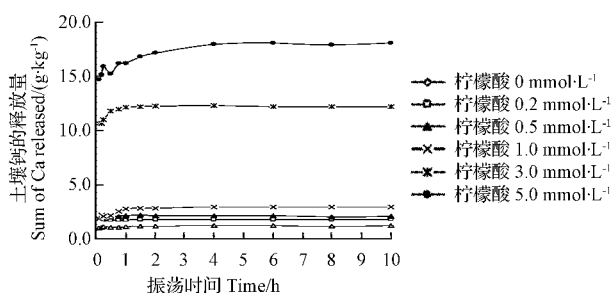


图 2 添加不同浓度柠檬酸土壤钙释放的动力学曲线

Fig. 2 Kinetic curves of Ca release on soil with the different additions of citric acid

2.1.3 外源低分子量有机酸对土壤钙释放量的影响

比较添加不同草酸和柠檬酸处理对土壤钙释放量的影响可知,当添加 2 种有机酸浓度相同时,土壤钙的释放量差异随添加有机酸浓度的增加而增大。当添加 2 种有机酸的浓度为 0.2 mmol · L⁻¹时,添加草酸土壤钙的最大释放量为 1.49 g · kg⁻¹,添加柠檬酸土壤钙的最大释放量为 1.73 g · kg⁻¹,比添加草酸处理增加了 16.11%。当添加 2 种有机酸的浓度为 5.0 mmol · L⁻¹时,添加草酸土壤钙的最大释放量为 3.19 g · kg⁻¹,而添加柠檬酸土壤钙的最大释放量为 17.94 g · kg⁻¹,比添加草酸处理增加了 4.62 倍。因此增加柠檬酸的浓度可有效增加土壤中钙素的释放量。添加 2 种有机酸不仅对最大释放量影响不同,而且随浓度增加变化的趋势也不同。添加草酸处理土壤钙的最大释放量相对较低,随添加草酸浓度的增加,土壤钙的释放量逐渐增加。而添加柠檬酸处理土壤钙的释放量在柠檬酸的浓度增加到 3.0 mmol · L⁻¹时,呈现出显著增加的趋势。分析可知,草酸和柠檬酸分别为二元酸和三元酸,均可解离产生 H⁺和酸根离子。草酸可解离产生 C₂O₄²⁻、H⁺、HC₂O₄⁻。草酸的电离常数分别为 pK1=1.27, pK2=4.27。柠檬酸 3 个 H⁺可以电离,柠檬酸(H₃C₆H₅O₇)的电离常数分别为: pK1=3.13, pK2=4.76, pK3=6.40。从电离常数可知柠檬酸的酸性要高于草酸,有利于褐土中碳酸钙的解离,释放

更多的钙。同时草酸根和柠檬酸根和钙离子均可形成不同溶解度的化合物,其中草酸根离子可以和钙相结合形成草酸钙,草酸钙的溶解度仅为 $0.0067\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)^[16]。柠檬酸根与钙相结合形成柠檬酸钙,其溶解度为 $0.95\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)^[16],是草酸钙溶解度的 142 倍左右。所以添加草酸和柠檬酸后,土壤中钙的释放量是 2 种反应相互平衡的结果。综合分析可知添加不同浓度草酸和柠檬酸均促进了土壤中钙的释放量,且随添加浓度的增加土壤钙的释放量增加。添加草酸处理土壤钙的释放量远低于柠檬酸。

表 2 土壤钙释放动力学方程拟合

Table 2		Four kinetic equations for Ca released on soil with the additions of organic acid					
处理 Treatment		Elovich 方程 $S=A+B\ln t$	r	Langmiur 方程 $t/S=A+B/t$	r	双常数方程 $\ln S=A+B\ln t$	r
对照		$y=0.045\ 0x+0.910\ 1$	0.948\ 2	$y=0.842\ 3x+2.735\ 4$	0.999\ 9	$y=0.041\ 2x-0.081\ 0$	0.947\ 8
	0.2	$y=0.015\ 4x+1.415\ 1$	0.753\ 5	$y=0.666\ 8x+0.191\ 2$	1.000\ 0	$y=0.010\ 6x+0.347\ 2$	0.751\ 3
	0.5	$y=0.078\ 2x+1.315\ 5$	0.667\ 2	$y=0.576\ 5x+0.612\ 3$	1.000\ 0	$y=0.054\ 9x+0.258\ 7$	0.644\ 0
	1.0	$y=0.055\ 9x+2.156\ 8$	0.869\ 8	$y=0.403\ 3x+0.435\ 6$	0.999\ 8	$y=0.023\ 8x+0.771\ 1$	0.864\ 7
	3.0	$y=0.384\ 8x+1.204\ 0$	0.941\ 4	$y=0.288\ 5x+2.407\ 6$	0.999\ 9	$y=0.153\ 3x+0.362\ 3$	0.913\ 8
草酸/(mmol·L ⁻¹)	5.0	$y=0.592\ 3x+0.301\ 0$	0.982\ 4	$y=0.245\ 0x+5.708\ 6$	0.999\ 2	$y=0.236\ 5x-0.032\ 7$	0.964\ 3
	0.2	$y=0.029\ 0x+1.624\ 8$	0.736\ 3	$y=0.559\ 9x+0.117\ 0$	0.999\ 9	$y=0.016\ 8x+0.486\ 8$	0.879\ 3
	0.5	$y=0.067\ 8x+1.715\ 2$	0.773\ 6	$y=0.484\ 9x-0.188\ 6$	0.999\ 8	$y=0.035\ 2x+0.542\ 8$	0.777\ 8
	1.0	$y=0.240\ 6x+1.528\ 6$	0.938\ 8	$y=0.337\ 3x+2.087\ 4$	0.999\ 9	$y=0.099\ 3x+0.501\ 8$	0.930\ 9
	3.0	$y=0.349\ 1x+10.279\ 0$	0.863\ 2	$y=0.082\ 1x+0.043\ 5$	1.000\ 0	$y=0.030\ 5x+2.334\ 0$	0.861\ 2
柠檬酸/(mmol·L ⁻¹)	5.0	$y=0.748\ 1x+13.401\ 0$	0.963\ 7	$y=0.055\ 0x+0.250\ 4$	0.999\ 9	$y=0.045\ 4x+2.612\ 8$	0.963\ 2

2.2 外源低分子量有机酸对土壤中磷释放的影响

2.2.1 草酸对土壤磷释放量的影响 添加不同浓度草酸均促进了土壤中磷的释放,且随添加草酸浓度的增加,土壤磷的释放量呈增加的趋势。由图 3 可知,随振荡时间的增加,土壤中磷的最大释放量增加趋势不明显,在振荡 30~60 min 已基本达到最大释放量。当添加草酸浓度相对较低时($0.2, 0.5, 1.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$),与对照相比土壤磷的最大释放量增加幅度较小,仅分别增加 $0.15, 3.29, 4.13\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,与对照之间的差异不显著。当添加草酸浓度为 $3.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $5.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,土壤磷的释放量明显增加,最大释放量分别达到 $20.72\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $25.77\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别比对照增加了 $15.49\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $20.54\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,与对照之间的差异达到了显著水平。

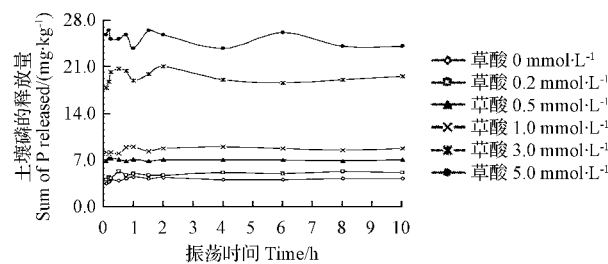


图 3 添加不同浓度草酸对土壤磷释放影响的动力学曲线
Fig. 3 Kinetic curves of P release on soil with the different additions of oxalate acid

2.1.4 外源有机酸对土壤钙释放影响的动力学方程拟合 采用 Elovich 方程、Langmiur 方程、双常数方程等 3 个动力学方程对添加外源低分子量有机酸后土壤钙的释放过程进行拟合。模型拟合程度的好坏用相关系数 (r) 来判断,即 r 值愈大模型拟合程度愈好。由表 2 可知,在各处理中,以 Langmiur 方程拟合结果最优,相关系数均在 0.9 以上,说明钙在土壤表面的吸附过程是单分子层吸附。由相关系数分析可知添加高浓度低分子量有机酸处理的拟合程度好于低浓度处理。

2.2.2 柠檬酸对土壤磷释放量的影响 当添加的柠檬酸浓度不同时,对土壤磷释放量的影响不同。由图 4 可知,当添加柠檬酸浓度为 $0.2, 0.5, 1.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,均在一定程度上抑制了土壤中磷的释放,与对照相比最大释放量分别降低了 $1.86, 1.30, 1.44\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。且随振荡时间的增加,土壤磷的最大释放量无显著差异。当添加柠檬酸浓度为 $3.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $5.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,土壤磷的释放量明显增加,最大释放量分别达到 $16.23\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $20.38\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别比对照增加了 $11.00\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $15.15\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。在振荡初期,随振荡时间的增加,土壤中磷的释放量有陡增的趋势, $3.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时 45 min 达到最大释放量,而 $5.0\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 时 90 min 达到最大释放量。

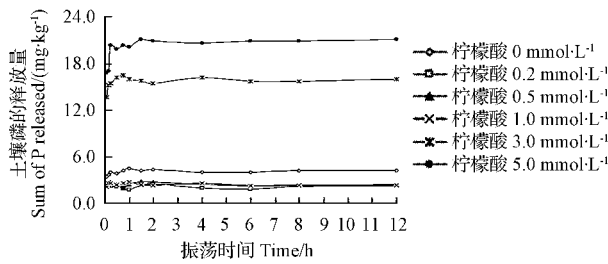


图 4 添加不同浓度柠檬酸对土壤磷释放影响的动力学曲线
Fig. 4 Kinetic curves of P release on soil with the different additions of citric acid

2.2.3 外源低分子量有机酸对土壤磷释放量的影响
比较添加不同浓度草酸和柠檬酸对土壤磷的最大释放量可知,添加草酸后土壤磷的最大释放量均高于添加柠檬酸处理。其中添加浓度为 $5.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,二者之间的差异最大,达到了 $5.39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,其次为浓度 $3.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,二者之间的差异为 $4.49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。当添加有机酸浓度低于 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,草酸促进了土壤磷的释放,而柠檬酸则抑制了土壤磷的释放。分析可知,低分子量有机酸的添加可促进钙的释放,而溶液中的 Ca^{2+} 不仅可以和草酸根和柠檬酸根相结合,也可与磷酸根相结合,形成不同有效性的钙磷化合物。磷酸钙的溶解度为仅为 $0.02 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ (20°C),是草酸钙溶解度的 3 倍,是柠檬酸钙溶解度的 2%,因此在有机酸-钙-磷之间存在一定的相互作用,在该试验条件下,钙磷化合物的形成一定程度上降低了土壤中磷的有效性。添加草酸土壤钙的释放量低于柠檬酸,因此在一定程度上减少了与磷酸根的结合,所以添加草酸处理土壤磷的释放量相对较大。而添加柠檬酸土壤钙的释放量较大,对磷的固定也较多,减少了磷的释放。总体来看,添加低分子量有机酸对土壤磷素释放的影响为草酸>柠檬酸。

2.2.4 外源低分子量有机酸对土壤磷释放影响的动力学方程拟合 经过对磷释放过程的相关动力学方程的拟合,以 Langmiur 方程拟合结果最好,相关性最高,并且标准误差(SE)相对较小(表 3)。在添加低分子量有机酸处理中,随着低分子量有机酸浓度的增加,SE 值逐渐减小。高浓度草酸处理相关系数略低于低浓度草酸处理,但高浓度的 SE 值较小;高浓度柠檬酸处理相关系数高于低浓度柠檬酸处理,而且还具有较小的 SE 值。相同的低分子量有机酸浓度条件下, $5.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $3.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度处理柠檬酸拟合相关性高于草酸,并且 SE 值低于

表 3 添加有机酸处理对土壤磷释放影响动力学模型拟合

Table 3 Correlation coefficients(r) and standard error(SE) of four kinetic equations for P released on soil with the different additions of organic acid

处理 Treatment	Langmiur 方程 $t/S=A+B/t$ 拟合方程 Fitted equation	r	SE
对照	$y=0.2391x+0.2313$	0.9997	1.3788
草酸 $/(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.2 $y=0.1958x+0.6453$	0.9997	1.1853
	0.5 $y=0.1431x+0.0870$	0.9998	0.6994
	1.0 $y=0.1159x+0.0142$	0.9998	0.5779
	3.0 $y=0.0519x-0.0235$	0.9996	0.3420
	5.0 $y=0.0413x-0.1215$	0.9993	0.3597
柠檬酸 $/(\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1})$	0.2 $y=0.4600x+2.3249$	0.9950	10.9914
	0.5 $y=0.4152x-0.0998$	0.9981	6.0555
	1.0 $y=0.4311x-1.5647$	0.9993	3.8143
	3.0 $y=0.0629x+0.0223$	0.9999	0.1974
	5.0 $y=0.0474x+0.0960$	0.9999	0.1004

草酸处理;柠檬酸其它处理相关性低于草酸处理,并且具有较大 SE 值。

3 结论

添加外源低分子量有机酸可促进了土壤中钙素的释放,随着有机酸浓度的增加钙的释放量逐渐增加,对土壤中钙的释放量的影响为草酸<柠檬酸。

添加草酸促进了土壤中磷素的释放,随着草酸浓度的增加磷的释放量逐渐增加;添加低浓度柠檬酸抑制了磷的释放,但随柠檬酸浓度增加磷的释放量增加。对土壤中磷的释放量的影响为草酸>柠檬酸。

土壤中钙、磷的释放相互影响,添加外源低分子量有机酸促进土壤中钙的释放则抑制磷的释放,反之则促进土壤中磷的释放。

添加外源低分子量有机酸对土壤中钙、磷释放过程的影响均可用 Langmiur 方程进行较好的拟合,相关系数均在 0.9 以上。

参考文献

- [1] 卜玉山,梁美英,张广峰,等. 不同石灰性土壤磷素形态及其有效性差异[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2011,31(3):193-199.
- [2] 姚晓芹,马文奇,楚建周. 不同酸性物质对石灰性土壤的酸化效果研究[J]. 中国生态农业学报,2006,14(4):68-71.
- [3] 熊毅,李庆远. 中国土壤[M]. 北京:科学出版社,1990:87.
- [4] FOX T,COMERFORD N,MCFEE W. Phosphorus and aluminum release from a spodic horizon mediated by organic acids[J]. Soil Sci Soc Am J, 1990,54:1763-1767.
- [5] BAIS H P,WEIR T L,PERRY L G,et al. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms[J]. Annu Rev Plant Biol,2006,57:233-266.
- [6] 周丽丽,姜克文,郭成久. 冻融循环对水土混合样磷吸附-解析特性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2014,45(3):359-362.
- [7] 徐茂,曹翠玉. 有机酸对麻菜吸收磷的影响[J]. 南京农业大学学报,1992,15(1):134-136.
- [8] 介晓磊,李有田,庞荣丽,等. 低分子量有机酸对石灰性土壤磷素形态转化及有效性的影响[J]. 土壤通报,2005,36(6):856-860.
- [9] WEI L L,CHEN C R,XU Z H. Citric acid enhances the mobilization of organic phosphorus in subtropical and tropical forest soils[J]. Biology and Fertility of Soils,2010,46(7):765-769.
- [10] 杨绍琼,党廷辉,戚瑞生,等. 低分子量有机酸对不同肥力土壤磷素的活化作用[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(4):60-64.
- [11] 李有田,庞荣丽,介晓磊,等. 低分子量有机酸对石灰性潮土磷吸附与解吸的影响[J]. 河南农业大学学报,2002,36(2):133-137.
- [12] 陆文龙,张福锁,曹一平,等. 低分子量有机酸对石灰性土壤磷吸附动力学的影响[J]. 土壤学报,1999,36(2):189-197.
- [13] 陆文龙,曹一平,张福锁. 低分子量有机酸对土壤无机磷形态转化的影响[J]. 华北农学报,1999,14(2):1-5.
- [14] 庞荣丽,介晓磊,方金豹,等. 有机酸对石灰性潮土有机磷组分的影响[J]. 土壤,2008,40(4):566-570.
- [15] 袁晶晶,陈荣府,同延安,等. 外源低分子量有机酸对碳酸盐预处理的酸性土壤中活性铝钙镁影响的研究[J]. 土壤,2011,43(4):611-616.
- [16] 孙桂芳,金继运,石元亮. 改性木质素和有机酸类物质对土壤磷素有效性的影响[J]. 土壤通报,2011,42(4):1003-1009.

原位模拟氮沉降对盐渍化土壤氮素矿化的影响

莫治新, 杜海燕, 刘彩婷, 梁 滢, 叶尔克·古丽, 冯 源

(喀什大学 化学与环境科学学院, 新疆 喀什 844006)

摘 要:以喀什地区疏附县尔库萨克乡盐渍化土壤为试材,采用原位模拟方法,研究了不同氮素沉降水平对土壤氮素矿化的影响。结果表明:氮素的沉降量达到 $1.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,是土壤铵态氮含量的最佳阈值;氮素的氨化率达到 $0.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时,是土壤氨化率的最佳阈值;当氮素的沉降量达到 $3.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 时为土壤硝化及矿化的最佳阈值。盐渍化土壤铵态氮含量及土壤氮素氨化率均是在 20~40 cm 土层达到最大值,而硝态氮含量、硝化率、矿质氮含量、矿化率均是在表层(0~20 cm)达到最大值,由此说明,土壤表层(0~20 cm)矿化及硝化作用更快。

关键词:氮沉降;盐渍化土壤;氮素矿化

中图分类号:S 156.4⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)23-0157-04

土壤盐渍化是由自然或人类活动引起的一种主要的环境风险,全球大约有 8.31 亿 hm^2 的土壤受到盐渍

第一作者简介:莫治新(1978-),女,安徽六安人,硕士,副教授,现主要从事土壤与环境方面的教学与科研工作。E-mail:mzxzky@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41161037);国家级大学生创新资助项目(201510763024);喀什大学重点课程建设资助项目(KSA2014011)。

收稿日期:2016-09-05

化的威胁^[1]。新疆是我国重要的农垦地区,占新疆土地总面积的 4.27% 的绿洲承载着全疆 95% 以上的人口,其盐碱土总面积 847.6 万 km^2 ,现有耕地中 31.1% 的面积受到盐碱的危害^[2]。随着人口的增加,耕地面积不断扩大和水资源严重短缺,盐渍化问题日益突出,对绿洲农业的可持续发展已构成严重威胁。因此,在新疆对盐渍化土壤进行研究是十分必要的^[3]。

20 世纪中叶以来,随着矿物燃料燃烧、化学氮肥的生产和使用以及畜牧业的迅猛发展等人类活动向大气

Effect of Exogenous Low Molecular Weight Organic Acids on Soil Calcium, Phosphorus Release Kinetics Characteristics

LIU Hui, LI Jie, HE Yunlong, WANG Jiqiong, ZHANG Dageng

(Institute of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: Cinnamon soil with relatively high calcium was used as material, using batch method of constant temperature oscillation, the effect of two kinds of exogenous low molecular weight organic acids (oxalic acid and citric acid) on soil calcium, phosphorus release kinetics characteristics was studied. The results showed that adding oxalic acid and citric acid could promote the release of calcium element in the soil. With the increase of organic acid concentration, calcium releasing quantity in the soil increased gradually. The activation capacity of exogenous low molecular weight organic acids to calcium element in the soil was oxalic acid < citric acid. Adding oxalic acid promoted the release of phosphorus in the soil. As the concentration of citric acid was low, it inhibited the release of phosphorus. But with the increase of the oxalic acid and citric acid concentration, releasing quantity of phosphorus increased gradually. The activation capacity of exogenous low molecular weight organic acids to phosphorus element in the soil was citric acid < oxalic acid. If it promoted the release of calcium in the soil by adding oxalic acid and citric acid, it could inhibit the release of phosphorus. Conversely it could promote the release of phosphorus in the soil. Effect of exogenous low molecular weight organic acids on the release process of calcium and phosphorus in the soil was available langmiur equation for better fitting.

Keywords: low molecular weight organic acids; calcium; phosphorus; kinetics