

## 不同酸化剂对石灰性土壤 pH 值、磷有效性的影响

张皓禹, 黄志华, 王 娟, 张 君, 孟超然, 危常州\*

(石河子大学农学院 / 新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

**摘要:** 以滴灌方式通过少量多次向土壤施用酸化剂, 研究不同酸化剂对石灰性土壤的酸化效果及对玉米磷吸收的影响, 以期为提高石灰性土壤的磷素有效性提供理论依据。试验设置对照及两种酸化剂(磷酸脲, 硫酸铵+氯甲基吡啶), 酸化剂投入量相当于  $P_2O_5=60$  或  $120 \text{ kg/hm}^2$  的等价酸, 共计 5 个处理。施用酸化剂显著降低局部土壤 pH 值, 磷酸脲的作用最佳, 土壤 pH 值最大降幅为 0.11 个单位, 同时也显著提高土壤有效磷含量; 在等养分投入和管理水平下, 施用酸化剂能增加玉米植株的生物量, 提高植株的磷素累积量, 且与对照相比,  $120 \text{ kg/hm}^2$  的硫酸铵+氯甲基吡啶处理的玉米产量提高了 8.3%。滴灌条件硫酸铵+氯甲基吡啶的酸化效果优于磷酸脲, 且高酸化剂土壤酸化强度较大。滴灌条件下施用酸化剂或酸性肥料是提高石灰性土壤养分有效性和作物增产的一种有效方法。

**关键词:** 石灰性土壤; 酸化剂; 酸化效果; 土壤 pH 值; 有效磷含量

新疆由于其地理位置和气候条件, 大多数土壤为石灰性土壤, 具有较高的 pH 值 (7.5 ~ 8.5) 和碳酸钙含量, 导致磷在土壤中的移动性弱, 易被固定, 降低其有效性<sup>[1-2]</sup>。在土壤中施用酸化剂, 可降低土壤 pH 值<sup>[3-4]</sup>, 但不同的酸化剂其机理不同, 例如, 硫酸铵可通过利用植物的代谢产生分泌酸, 在植物根际产生酸化效果, 提高土壤中有效磷含量<sup>[5]</sup>, 而磷酸脲可通过其酸性直接酸化土壤。大量研究表明低分子量有机酸、酸性物质(磷酸二氢铵、硫磺等)和生理酸性肥料等施入土壤后, 均可通过影响土壤的 pH 值, 对土壤养分有效性产生影响<sup>[6-7]</sup>。由于土壤自身具有较强的缓冲作用, 对施入的酸化剂起到钝化的作用, 大面积的改善土壤需投入大量的酸化剂才可实现, 应用于实际生产中的成本较高, 经济上不可行。滴灌是一种高频次, 局部供水的灌溉技术, 结合施肥, 能将灌溉水和肥液同时输入到农作物根系附近的土壤中<sup>[8-9]</sup>。因此, 滴灌条件下施用酸化剂, 可降低酸化剂的用量和成本, 可能是一种提高石灰性土壤有效性的途径。

本试验以滴灌为背景少量多次施用酸化剂, 研究其对石灰性土壤养分有效性及对玉米磷养分吸收的影响, 以期对实际生产中提高石灰性土壤中滴灌施肥的酸化技术和提高石灰性土壤磷素有效性提供理论依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验区概况

试验于 2015 年在新疆天业农科所试验田进行, 供试土壤为灌耕灰漠土, 质地为壤土, 供试土壤基础肥力为: pH 值 8.57, 有机质  $11.27 \text{ g/kg}$ , 碱解氮  $77.63 \text{ mg/kg}$ , 有效磷  $12.45 \text{ mg/kg}$ , 速效钾  $317 \text{ mg/kg}$ 。

#### 1.2 试验设计

试验共设 5 个处理, 采用磷酸脲和硫酸铵作为土壤酸化剂, 包括 (1) CK (磷酸一铵,  $P_2O_5=120 \text{ kg/hm}^2$ ); (2) 化学酸性酸化剂 (磷酸脲, 相当于  $P_2O_5=60 \text{ kg/hm}^2$  的等价酸), 记作 UP60; (3) 化学酸性酸化剂 (磷酸脲, 相当于  $P_2O_5=120 \text{ kg/hm}^2$  的等价酸), 记作 UP120; (4) 生理酸性酸化剂 (硫酸铵+氯甲基吡啶, 相当于  $P_2O_5=60 \text{ kg/hm}^2$  的等价酸), 记作 AS60; (5) 生理酸性酸化剂 (硫酸铵+氯甲基吡啶, 相当于  $P_2O_5=120 \text{ kg/hm}^2$  的等价酸), 记作 AS120。各处理通过滴灌系统稀释后追施的方式施入土壤, 其中硫酸铵处理加入氯甲基吡啶是为了抑制硝化作用, 保持 N 形态为  $NH_4^+$ 。施

收稿日期: 2018-05-14; 录用日期: 2018-07-08

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0201808)。

作者简介: 张皓禹 (1995-), 男, 山东东营人, 硕士研究生, 主要从事植物营养研究。E-mail: 849592583@qq.com。

通讯作者: 危常州, E-mail: changzhouwei@126.com。

肥量参照常规大田种植,各处理均施氮肥 N 300 kg/hm<sup>2</sup>,磷肥 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 120 kg/hm<sup>2</sup>,钾肥 K<sub>2</sub>O 90 kg/hm<sup>2</sup>,肥料品种为尿素(N 46%)、磷酸一铵(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 61%)和硫酸钾(K<sub>2</sub>O 54%)。

具体追肥方案为:酸化剂全部用于追施,20%的氮肥和全部钾肥做基肥,其余随水滴施,磷肥全部用作追肥,酸化剂全部用于追施,由于磷酸脲和硫酸铵含量有氮磷养分,不足的磷素用磷酸二氢铵补足,不足的氮素用尿素补足。

酸化剂施用量计算方法:假定磷酸在土壤中释放 2 个 H<sup>+</sup>,将施肥量折算成 P mol 数乘以 2 为酸化剂 mol 数,相应硫酸铵的等价酸即以此 mol 数换算成硫酸铵的数量即为硫酸铵的施肥量。硫酸铵只有被作物吸收后释放的 H<sup>+</sup>,才具备(根际)酸化

作用。假定硫酸铵的利用率为 50%,基于等酸量原则确定硫酸铵的施用量为对应理论酸 mol 数的 2 倍。本研究中以 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=60 kg/hm<sup>2</sup> 为基础,计算相当于磷酸的 mol 数,并换算为相当于磷酸脲或硫酸铵的 mol 数。在此基础上确定各处理的酸化剂用量。具体为:UP60、UP120、AS60、AS120 试验采用完全随机设计,各处理重复 3 次,共计 15 个小区,每个小区面积 16 m × 2 m=32 m<sup>2</sup>。供试作物玉米,品种 SC 704 (*Zea mays* L.)。玉米株距为 20 cm,株行距配置 40-60-40 cm,一膜一管两行,理论株数为 9 × 10<sup>4</sup> 株/hm<sup>2</sup>。全生育期灌水 10 次,总灌水量为 5 400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。灌溉时期、灌量及追肥用量如表 1 所示,其它田间管理按当地栽培措施进行管理。

表 1 灌溉时期、灌量及追肥用量

灌溉日期(月-日)	04-27	05-23	06-04	06-17	06-27	07-07	07-17	07-27	08-04	08-14	合计
灌量(m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	450	600	450	450	600	600	600	600	600	450	5 400
酸化剂施用比例(%)		11	12	11	11	11	11	11	11	11	100
氮(kg/hm <sup>2</sup> )		26.4	28.8	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	26.4	240
磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/hm <sup>2</sup> )		13.2	14.4	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	120

### 1.3 测定项目及方法

#### 1.3.1 土壤样品

于第 3 次施肥和第 6 次施肥后在距滴灌带滴头 10 cm 处不同土层深度(0 ~ 10, 10 ~ 20, 20 ~ 40 cm)进行取样测定(取至少 5 点进行混合)。

土壤 pH 值: 1:2.5 的土水比,震荡 3 min,静置,用 pH 仪测定。

土壤中有有效磷测定:用 pH=8.5 的 0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub> 浸提土样,钼锑抗比色法。

#### 1.3.2 植株样品

于苗期、抽雄期和成熟期取各小区代表性植株 5 株;分茎、叶、穗轴、籽粒、苞叶 5 个部分,植株鲜样于 105 °C 杀青 30 min,80 °C 烘干 72 h 后称重,粉碎待测。

植株磷的测定:称取各器官一定量植株样品,用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮,钒钼黄比色法测磷。

生物学产量:每次取植株样后,分不同器官烘干至恒重称重,测定生物量。

产量和产量结构:在玉米成熟后,选取 6.67 m<sup>2</sup> 对各处理进行测产,测定其穗行数,行粒数,穗粒数,千粒重,理论产量和实测产量。

#### 1.3.3 相关指标计算

作物磷素累积量(kg/hm<sup>2</sup>) = 植株磷含量(%) × 单位面积干物质重(kg/hm<sup>2</sup>)

### 1.4 数据处理与分析

采用 Excel 2003 对数据进行处理和绘图,采用 SPSS 17.0 对数据进行差异显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同类型酸化剂对土壤 pH 值的影响

施用酸化剂可显著降低土壤 pH 值(图 1)。第 3 次施肥后,各处理土壤 pH 值随着土层的增加而上升。在 0 ~ 10 cm 土层中,与 CK 相比,各处理土壤 pH 值均显著降低,分别降低 0.1、0.04、0.11 和 0.07 个单位,同时比较高浓度和低浓度酸化剂土壤 pH 值大小依次为:UP120 < AS120、UP60 < AS60;在 10 ~ 20 cm 土层中各处理差异不显著;在 20 ~ 40 cm 土层中 UP60、AS60 和 UP120 处理与 CK 相比差异不显著,AS120 处理较 CK 相比显著降低;第 6 次施肥后,0 ~ 10 cm 土层中,较 CK 相比,UP60、UP120 和 AS120 处理土壤 pH 值显著降低,分别降低了 0.12、0.13 和 0.07 个

单位, 等酸量间化学酸化效果优于生理酸化; 在 10 ~ 20 cm 土层中各处理的土壤 pH 值与 CK 相比

差异不显著; 在 20 ~ 40 cm 土层中生理酸化优于化学酸化的效果, 但差异不显著。

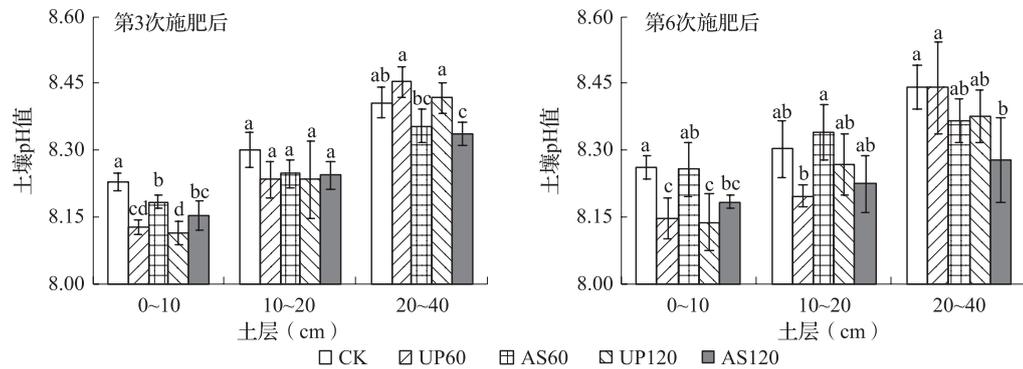


图 1 不同类型酸化剂对土壤 pH 值的影响

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

### 2.2 不同类型酸化剂对土壤有效磷的影响

施用酸化剂可以显著增加土壤有效磷含量, 随着土层深度的增加土壤有效磷含量减少 (图 2)。第 3 次施肥后, 0 ~ 10 cm 土层中, UP60、AS60、UP120 和 AS120 处理较 CK 土壤有效磷含量均显著增加, 分别增加了 4.90、8.62、12.78 和 17.68 mg/kg, 较 CK 分别提高了 15.55%、27.35%、40.54% 和 56.08%; 10 ~ 20 cm 土层中土壤有效磷含量表现为 AS120 > UP120 > AS60 > UP60 > CK, AS60 和 UP60 处理

差异不显著; 20 ~ 40 cm 土层中 UP60 和 AS60 处理与 CK 相比差异不显著, AS120 处理土壤有效磷含量最高, 达 35.87 mg/kg。第 6 次施肥后, 在 0 ~ 20 cm 土层中酸化处理土壤有效磷含量显著高于 CK 处理, 0 ~ 40 cm 土层中化学酸化处理土壤有效磷含量显著高于生理酸化处理。比较第 3 次施肥后与第 6 次施肥后土壤有效磷含量, 化学酸化处理和生理酸化处理土壤有效磷含量呈降低趋势, 原因可能与玉米生育中后期对磷素的吸收较大有关。

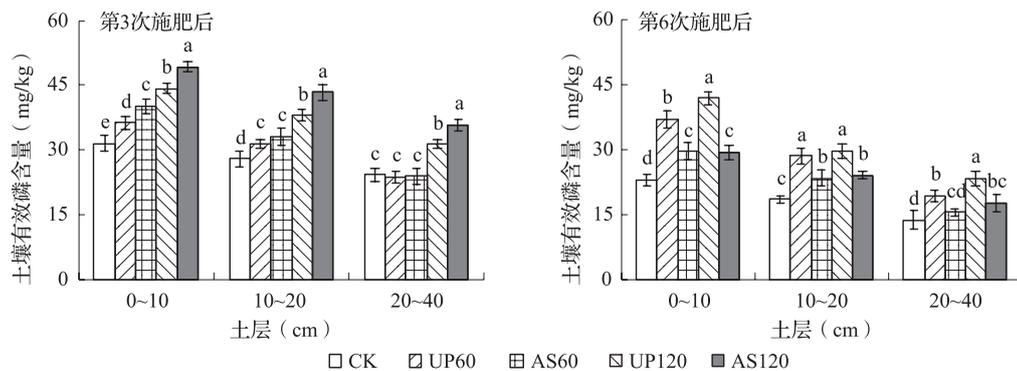


图 2 不同类型酸化剂对土壤有效磷含量的影响

### 2.3 不同类型酸化剂对玉米干物质积累量的影响

由图 3 可知, 随着生育天数的增加, 玉米干物质积累量呈增加趋势。在出苗后 37 d 时, 各处理间干物质积累量差异不显著; 在出苗后 68 d, UP60、AS60、UP120 和 AS120 处理分别较 CK 增加了 1.59、3.52、3.25 和 9.94 t/hm<sup>2</sup>, 分别提高了 12.62%、27.98%、25.87% 和 78.96%; 出苗后 120 d UP120 和 AS120 处理干物质积累量显著高于 CK、UP60 和 AS60 处理。

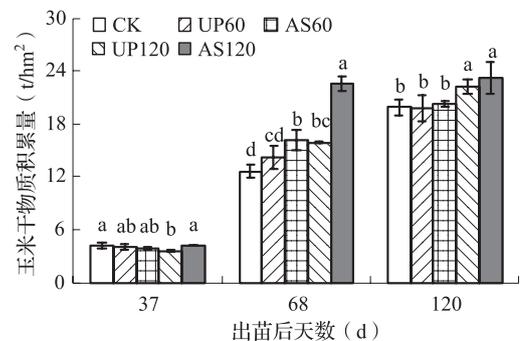


图 3 不同类型酸化剂对玉米干物质积累量的影响

## 2.4 不同类型酸化剂对玉米磷素积累量的影响

由图 4 可知, 玉米磷素积累量与玉米干物质积累呈现一致的规律。出苗后 37 d 处于玉米拔节期, 该时期玉米吸磷量较少, 同时由于没有投入酸化剂, 因此各处理间磷素积累量差异不显著; 在出苗后 68 d, AS120 处理磷素积累显著高于其他处理, UP60 较 CK 差异不显著; 在出苗后 120 d, AS120 处理磷素积累量与 AS60 处理差异不显著, 但显著高于其他处理, 表明施入高浓度的酸化剂能够促进玉米对磷素的吸收。

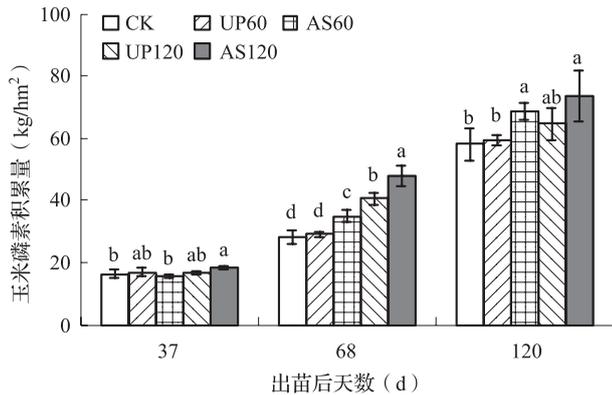


图 4 不同类型酸化剂对玉米磷素积累量的影响

## 2.5 不同类型酸化剂对玉米产量及产量构成因素的影响

由表 2 可知, UP60 和 AS60 与 CK 处理的实测产量差异不显著; UP120 处理显著高于 UP60, 但与 AS120、AS60 和 CK 处理无显著差异; AS120 处理显著高于 CK 处理, 较 CK 增产了 8.30%。从产量构成因素看, 各处理间千粒重与行粒数差异不显著, UP60 处理的穗行数显著低于其他处理, 但与 AS60 处理无显著差异。

表 2 不同类型酸化剂对玉米产量及产量构成因素的影响

处理	行粒数 (粒)	穗行数 (行)	千粒重 (g)	实测产量 (t/hm <sup>2</sup> )
CK	18.1 a	34.6 a	293.1 a	13.98 bc
UP60	18.1 a	32.1 b	292.7 a	12.97 c
AS60	18.7 a	33.2 ab	290.1 a	13.86 bc
UP120	18.1 a	34.6 a	299.0 a	14.30 ab
AS120	18.6 a	34.7 a	307.4 a	15.14 a

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

## 3 讨论

相关研究已表明酸性物质的施入使土壤 pH 值显著降低, 是提高土壤养分有效性及作物吸收的主要原因<sup>[10-12]</sup>。本研究结果表明, 酸化剂投入的酸化效果主要集中在表层土壤中, 随着土层深度的增加, 酸化效果越弱, 磷酸脲主要在 0 ~ 10 cm 土层酸化效果较为显著, 在 10 ~ 40 cm 土层中土壤 pH 值下降, 但酸化效果较对照相比差异不显著, 而硫酸铵在 0 ~ 10 cm 土层中具有较佳的酸化效果, 在 20 ~ 40 cm 同样存在一定的酸化作用, 并且随着酸化剂投入浓度的增高酸化效果越明显, 但本文没有进行最适浓度的探索, 亟需进一步研究, 为酸化剂在实际生产中推广提供理论依据; 同时两种酸化剂的施用与 CK 处理相比可以提高土壤有效磷含量, 投入酸化剂后土壤 0 ~ 10 cm 土层 pH 值下降了 0.04 ~ 0.11 个单位, 但对于土壤有效磷含量却增加 4.90 ~ 17.68 mg/kg, 表明在土壤 pH 值小幅度的降低, 就可以使土壤中磷素的活化程度加剧; 土壤缺磷属于典型的非生物逆境<sup>[13-14]</sup>, 本研究中施入两种类型的酸化剂均能够促进玉米对磷素的吸收, 等养分用量投入下, 酸化处理植株吸磷量均优于 CK 处理, 其中以 AS120 处理植株吸磷量最佳, 较 CK 提高了 26.75%, 表明酸化剂通过活化土壤养分, 提高土壤有效磷含量进而影响玉米对磷素的吸收, 提高玉米产量。从生产实践角度来说, 如今增肥不增产的现象严重, 过量施用磷肥会使磷素在土壤中大量富集, 导致磷素面源污染<sup>[15]</sup>, 因此在可以保障产量的基础上减少肥料的投入量, 提高肥料利用率, 减少土壤环境的污染是解决这一问题的关键。硫酸铵和磷酸脲本身就是肥料, 通过肥料品种的选择来优化施肥效果, 提高肥料增产作用并活化土壤养分, 是减肥增效的最佳方法之一。

土壤 pH 值是影响石灰性土壤养分有效性的主要原因之一, 而石灰性土壤的基本特征为 pH 值较高, 基本保持在 7.5 ~ 8.5 之间, 主要是由于碳酸钙的缓冲作用造成<sup>[16-17]</sup>, 研究表明酸性物质的施入使土壤 pH 值显著降低, 是提高养分有效性及产量的主要原因<sup>[18-19]</sup>, 张莉等研究表明施入磷酸脲使土壤 pH 值下降 2.69 个单位, 减轻碱胁迫对菠菜生长的抑制作用, 提高了菠菜的生物量<sup>[20]</sup>; 刘健等研究发现磷酸脲在水中呈酸性, 随水施入土壤,

可以提高植物对肥料的利用率,与尿素配施可减少氮的挥发损失<sup>[21]</sup>;汪以等研究发现硫酸铵与过磷酸钙配合施用提高小麦产量36%左右<sup>[22]</sup>;马红红等研究发现硫酸铵使土壤酸化,明显提高饲料玉米产量和促进养分吸收<sup>[23]</sup>;杨玉珍研究表明,施用硫酸铵相比磷酸脲更利于降低土壤pH值,增加水溶性钙含量,施用磷酸脲利于果实钙素吸收和脐腐病防治<sup>[24]</sup>。赵红华研究发现在棉花大田中施用硫酸、磷酸脲和硫酸铵+氯甲基吡啶3种酸化剂中,硫酸铵表现出最强的酸化效果<sup>[10]</sup>。本试验中两种酸化剂都在滴灌条件下施入土壤,均具有局部酸化作用,但硫酸铵的酸化作用强于磷酸脲,第3次施肥后,AS120和UP120处理在0~10 cm土层的pH值分别为8.15和8.13,两者差异不明显,但AS120和UP120处理的土壤有效磷含量分别为49.21和44.30 mg/kg,AS120处理的土壤有效磷含量明显高于UP120处理,并且AS120处理的玉米植株干物质量、玉米磷素累积量和产量均高于UP120处理。原因可能是铵态氮需要经过作物吸收和转化后才能起到酸化效应,其作用比化学酸性更为持久。因此实际生产中合理的选择酸化剂类型是活化土壤养分并提高石灰性土壤上农田养分资源高效利用的又一重要途径。

#### 4 结论

滴灌条件下,磷酸脲的酸化效果主要存在于0~10 cm土层中,UP60及UP120两个处理的pH值较CK处理分别下降了0.1和0.11个单位。硫酸铵的酸化效果存在于0~40 cm土层中,总体看,硫酸铵的酸化效果优于磷酸脲的酸化效果,且投入酸化剂量越大,土壤酸化强度越大。滴灌条件下,酸化剂的投入可以显著提高土壤有效磷的含量,并提高玉米对磷素的吸收,其中以AS120效果最佳。在等养分量投入下,相当于 $P_2O_5=120\text{ kg/hm}^2$ 等价酸的化学酸化剂和生理酸化剂均提高玉米产量,增产率为8.3%。

#### 参考文献:

[1] 曹秀华,曲东. 土壤养分活化途径的探讨[J]. 干旱地区农业研究, 1998, (4): 12-17.  
[2] 梁美英,卜玉山,张广峰,等. 石灰性土壤吸磷差异及其与土壤性质的关系[J]. 山西农业科学, 2011, 39(6): 564-571.

[3] 姚晓芹,马文奇,楚建周. 磷酸对石灰性土壤pH及微量元素有效性的影响[J]. 土壤肥料, 2005, (2): 14-16, 20.  
[4] 张书捷,张新疆,王娟,等. 施用土壤酸化剂和调整播期防治膜下滴灌水稻苗期缺铁黄化的效果研究[J]. 中国水稻科学, 2015, 29(5): 519-527.  
[5] Thomson C J, Marschner H, Romheld V. Effect of nitrogen fertilizer form on pH of the bulk soil and rhizosphere, and on the growth, phosphorus, and micronutrient uptake of bean [J]. Journal of Plant Nutrition, 1993, 16(3): 493-506.  
[6] 赵红华,危常州,侯建伟,等. 滴灌下酸性物质对石灰性土壤磷有效性及作物吸收的影响[J]. 土壤, 2015, 45(5): 847-852.  
[7] 李燕婷,白灯莎·买买提艾力,张福锁,等. 酸性根际肥对石灰性土壤pH和铁有效性的影响研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(3): 312-316.  
[8] 李久生,张建君,薛克宗. 滴灌施肥灌溉原理与应用[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003.  
[9] 麻玮青,范兴科. 玉米滴灌过程中施肥时段对氮肥利用效率的影响研究[J]. 节水灌溉, 2018, (1): 14-18.  
[10] 赵红华. 滴灌条件下土壤酸化对石灰性土壤磷锌有效性影响及其生物效应[D]. 石河子: 石河子大学, 2015.  
[11] 肖艳,张怀文,王克武,等. 柠檬酸对土壤养分的活化及对作物吸收Fe、P的影响[J]. 生态环境, 2004, 13(4): 638-640.  
[12] 黄致华,王娟,李言言,等. 复配酸化对滴灌条件下石灰性土壤pH、磷有效性及玉米吸收的影响[J]. 新疆农业科学, 2017, 54(4): 660-666.  
[13] Wissuwa M. How do plants achieve tolerance to phosphorus deficiency? small causes with big effects [J]. Plant Physiology, 2003, 133(4): 47-58.  
[14] 张红伟. 玉米耐低磷的种质资源评价及耐低磷的遗传基础研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.  
[15] Abrams M M, Jarrell W M. Soil phosphorus as a potential nonpoint source for elevated stream phosphorus levels [J]. Journal of Environmental Quality, 1995, 24(1): 132-138.  
[16] Marschner H. Mineral nutrition in higher plants [M]. London: Academic Press, 1995.  
[17] 汪吉东,戚冰洁,张永春,等. 长期施肥对砂壤质石灰性潮土土壤酸碱缓冲体系的影响[J]. 应用生态学报, 2012, (4): 1031-1036.  
[18] 赵青云,邢谄彰,林兴军,等. 施用咖啡果皮对咖啡幼苗生长及土壤理化性状的影响[J]. 热带农业科学, 2017, 37(8): 54-59.  
[19] Khorsandi F. Sulfuric acid effects on iron and phosphorus availability in two calcareous soils [J]. Journal of Plant Nutrition, 1994, 17(9): 1611-1623.  
[20] 张莉,王婧,逢焕成. 碱胁迫下磷酸脲降低土壤pH值促进菠菜生长[J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 148-154.

- [21] 刘键, 杜建卫, 张卫星. 磷酸脲对膜下滴灌棉花品质和产量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2006, (4): 37-39. 吸收和产量构成的影响 [J]. 新疆农业科学, 2017, 54(8): 1429-1436.
- [22] 汪以, 王裕中, 陈怀谷. 酸性肥料对小麦全蚀病的影响 [J]. 江苏农业科学, 1996, (5): 37-38. [24] 杨玉珍. 膜下滴灌加工番茄优化施肥方法的研究 [D]. 石河子: 石河子大学, 2016.
- [23] 马红红, 张敏娜, 马兴旺, 等. 施用硫酸铵对饲料玉米养分

### Effects of different acidifiers on pH and phosphorus availability in calcareous soil

ZHANG Hao-yu, HUANG Zhi-hua, WANG Juan, ZHANG Jun, MENG Chao-ran, WEI Chang-zhou\* (College of Agronomy, Shihezi University/Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi Xinjiang 832003)

**Abstract:** In this paper, acidification agent was applied to soil by drip irrigation, and the acidification effects of different acidifiers on calcareous soils and their effects on phosphorus uptake of maize were studied to provide a theoretical basis for improving the phosphorus availability of calcareous soil. The test was set up with five treatments, including two acidifiers (urea phosphate, ammonium sulfate+chloromethyl pyridine) and a check treatment, and the amount of acidifier was corresponded to equivalent acid of  $P_2O_5=60$  or  $120\text{ kg/hm}^2$ . The application of acidifier significantly decreased the local soil pH, and the effect of urea phosphate was the best. The maximum decrease of soil pH was 0.11 units, and the available phosphorus content of the soil was also significantly increased. Under the condition of identical nutrient input and management, the application of acidifier increased the biomass and the phosphorus accumulation of corn plants, and the yield of  $120\text{ kg/hm}^2$  ammonium sulfate+chloropyridine-treated corn increased by 8.3% compared with the control. Under the drip irrigation condition, the acidification effect of ammonium sulfate+chloromethylpyridine was better than that of urea phosphate, and the acidification intensity of the soil with high acidification dosage was stronger. The application of acidifiers or acid fertilizers under drip irrigation is an effective method to improve the nutrient availability and crop yield in calcareous soils.

**Key words:** calcareous soil; acidifier; acidification effect; soil pH; available phosphorus content