

doi: 10.11838/sfsc.20170320

不同调理剂对酸性土壤降酸效果及大麦幼苗生长的影响

胡 敏¹, 向永生², 鲁剑巍^{1*}

(1. 华中农业大学资源与环境学院/农业部长江中下游耕地保育重点实验室, 湖北 武汉 430070;
2. 湖北省恩施州土壤肥料工作站, 湖北 恩施 445000)

摘 要: 采用土壤培养及盆栽试验研究 5 种调理剂 (生石灰、油菜秸秆、有机肥、钾硅肥、土壤改良剂, 用量均为 1.8 g/kg) 对酸性土壤 (pH 值 3.9) 酸度指标和大麦幼苗生长的影响。土壤培养试验结果表明, 施用生石灰、有机肥和钾硅肥均能明显提高土壤 pH 值, 降低土壤交换性酸总量、交换性 H⁺ 和交换性铝含量。其中以生石灰降酸效果最好, 到培养第 90 d, 相比于对照处理提高了 0.66 个单位, 土壤交换性铝含量减少了 2.01 cmol/kg; 其次是有机肥和钾硅肥处理, pH 值较对照处理分别提高了 0.14 和 0.15, 土壤交换性铝含量分别降低了 0.23 和 0.19 cmol/kg; 油菜秸秆和土壤改良剂处理从酸度指标来看, 与对照并没有显著差异。大麦幼苗盆栽试验结果表明, 与对照相比, 生石灰、油菜秸秆、有机肥、钾硅肥和土壤改良剂处理的大麦幼苗地上部生物量分别增加 71.5%、24.1%、27.6%、28.2%、24.7%, 大麦株高、根长、根系总表面积和根系活力均显著高于对照处理, 根系平均直径减少, 有利于养分和水分的吸收。综合结果表明, 不同类型的调理剂对酸性土壤的降酸效果不尽相同, 其中以生石灰效果最好, 秸秆处理尽管没有有效降低土壤酸度但仍可明显促进作物生长, 因此也可用作酸性土壤的改良物质, 在实际生产中应因地制宜应用各种调节物质来促进作物生长。

关键词: 土壤调理剂; 酸度指标; 大麦幼苗; 根系形态指标

中图分类号: S156.2; S153.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2017) 03-0118-07

土壤酸化主要是指土壤中的 H⁺ 和 Al³⁺ 数量增加, 导致土壤阳离子库的耗竭, 是土壤质量退化的重要形式之一^[1-2]。土壤酸化不仅会引起土壤养分流失, 土壤理化性质恶化, 还会使铝离子和重金属活度提高, 土壤微生物活性降低, 从而导致农作物减产, 甚至对农作物产生毒害作用^[3], 严重制约了我国农业可持续发展^[4-5]。从 20 世纪 80 年代至今, 我国几乎所有土壤类型的 pH 值下降了 0.13 ~ 0.80 个单位^[5], 酸化现象十分普遍。施用土壤调理剂是修复退化土壤的重要措施之一^[6]。土壤调理剂能有效改善土壤物理、化学和生物性质, 使其更适宜于作物生长^[7-10]。李育鹏等^[11]研究表明, 土壤调理剂可以增加土壤 pH 值和硅铝率, 提高空心

菜的产量, 改善空心菜的品质; 姜超强等^[12]试验结果表明, 土壤改良剂能够促进根系的生长, 增加烟株干物质的积累, 降低烟叶中重金属含量。杨旭等^[13]研究表明, 施用土壤调理剂增强了大棚西葫芦的抗逆性, 产量和品质显著提高。

施用石灰是传统的改良酸性土壤的措施^[14], 但长期或大量使用石灰有引起土壤板结, 导致土壤中部分养分失衡甚至引起作物减产的风险^[15-16]。土壤调理剂是有别于传统土壤改良的一种行之有效的新方法^[6,17], 其主要作用除了表现在提高土壤酸碱度外, 还能够一定程度上疏松土壤, 提高土壤的通气性^[18], 通过改善土壤的理化性状来促进作物对水分和养分元素的吸收^[19], 从而保证作物的正常生长。国内外对土壤调理剂的研发十分活跃, 国内市场土壤调理剂的种类和数量日益增加^[20], 土壤调理剂对酸性土壤改良也逐渐得到重视。不同调理剂的原料组成、理化性质和作用机理, 以及在不同类型土壤上的施用效果都有很大的不同^[17,21-22]。从狭义上来说, 酸性土壤改良即是通过施入物料调节土壤酸度从而提高土壤 pH 值; 而从广义上来讲, 只要通过施入调理剂后能保障作物正常生长, 便达

收稿日期: 2016-03-23; 最后修订日期: 2016-06-23

基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划课题 (2014BAD11B03); 国家测土配方施肥补贴资金项目 (财农 [2009] 211 号); 恩施州科技计划项目 (XYJ2014000039)。

作者简介: 胡敏 (1990-), 女, 湖北十堰人, 硕士研究生, 研究方向为作物养分管理与土壤肥力。E-mail: huxiaomin@webmail.hzau.edu.cn。

通讯作者: 鲁剑巍, E-mail: lunm@mail.hzau.edu.cn。

到了改良酸性土壤的目的。本研究首先采用土壤培养,研究5种调理剂(生石灰、油菜秸秆、有机肥、钾硅肥和土壤改良剂)对于直观调节土壤酸度的动态响应,然后再利用培养90 d后的土壤作为供试土壤,设计大麦幼苗盆栽试验,探索通过调理剂改良后的土壤对大麦幼苗生长的影响,以直观的生物学试验来展示各种调理剂对酸性土壤的改良效果及其差异,为选择适宜的土壤调理剂提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2015年7月至10月在华中农业大学资源与环境学院盆栽场进行,供试土壤采自湖北省恩施州,系泥质页岩发育的黄棕壤,酸度指标见表1,供试大麦品种为鄂大麦9号,供试调理剂成分及pH值见表2。

表1 供试土壤酸度指标

pH值	土壤交换性酸总量 (cmol/kg)	土壤交换性 H ⁺ (cmol/kg)	土壤交换性铝 (cmol/kg)
3.9	4.87	0.55	4.32

表2 各调理剂成分及 pH 值

土壤调理剂	成分	pH值
生石灰	CaO 灼烧后 98.02%, MgO 0.5%	12.27
油菜秸秆	C 46.5%、N 0.6%、P 0.04%、K 1.46%	5.83
有机肥	有机固体废物经微生物发酵、除臭和完全腐熟后加工而成的有机肥料,有机质 40.85%、氮+磷+钾=6.0%	9.59
钾硅肥	由霞长石、正长岩经过高温煅烧和化学溶解等新工艺形成的一种新产品, K ₂ O 25%, SiO ₂ 20%	10.1
土壤改良剂	采用生物化工技术制得的复合氨基酸,再次经过聚合工艺而成的高分子氨基酸聚合有机物,有机质 20.35%, 氨基酸 12.1%, 黄腐酸 9.2%	3.52

1.2 试验设计

1.2.1 土壤培养试验

试验共设6个处理,分别为:①CK,②生石灰,③油菜秸秆,④有机肥,⑤钾硅肥,⑥土壤改良剂。除对照处理外,各调理剂投入量相等,均为1.8 g/kg,每盆装土2 kg,将土壤与调理剂混匀后装桶,3次重复,随机区组排列,整个培养期用称重法保持土壤含水量为25%。培养3个月,试验期间平均每隔3~4 d浇去离子水1次,保证土壤表面微微湿润即可,其他管理栽培措施按照常规方法进行。期间定期取样,观测土壤pH值动态变化。

1.2.2 盆栽试验

上述土壤培养试验的各处理,取经过培养90 d的土样500 g,分别装入12 cm×12 cm(直径×高)的塑料桶后,播种大麦,10月3日播种,10月15日收获。每盆播种10粒,定期浇水保证土壤含水量在25%左右,整个过程中不施用任何肥料,每个处理3次重复。试验期间平均每隔3~4 d浇去离子水1次,保证土壤表面微微湿润即可,其他管理栽培措施按照常规方法进行。

1.3 土壤样品采集与分析

土壤样品分别在培养试验第1、3、7、10、20、30、40、50、60、70、90 d,采用长450 mm、直径6 mm的圆柱形取样器垂直插入土壤,每桶随机取点4个,实验室风干、磨细过2 mm筛,测定土壤pH值、土壤交换性酸总量、土壤交换性H⁺含量和土壤交换性铝含量^[23]。

1.4 植株样品采集与分析

大麦播种2周后收获,将整个植株带根取出,分离根系与土壤,尽量保持根系完整性,测定其株高。并将获得的完整根系冲洗干净,在根系扫描仪EPSON(PERFECTION C700)上进行扫描,采用WinRHIZO PRO 2009软件进行分析,获得总根长、总根表面积和根系平均直径等指标参数。采用TTC还原法测定根系活力^[24]。将地上部和根系于105℃杀青30 min,70℃烘至恒重,称其干重。

1.5 数据统计

试验数据采用Excel 2003软件进行计算处理,并用OriginPro 8.5软件绘图,SPSS 18.0软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同调理剂对土壤酸度指标动态变化的影响

从 90 d 的纯土壤培养试验结果 (图 1) 可以看出, 在培养第 0 d 将 5 种调理剂等量施入土壤后, 生石灰和钾硅肥处理的土壤 pH 值均比 CK 处理高, 说明其施入土壤后可以迅速提高土壤 pH 值, 而油菜秸秆和土壤改良剂处理的土壤 pH 值在培养前 20 d 低于对照处理。同时随着培养天数的增加, 生石灰处理的土壤 pH 值在培养第 20~50 d 呈现下降的趋势, 之后趋于平稳; 有机肥处理的

土壤 pH 值在培养第 20 d 上升到最大值之后也逐渐趋于稳定; 钾硅肥处理的土壤 pH 值变化不大, 但均高于对照处理; 油菜秸秆和土壤改良剂处理 50 d 后, 土壤 pH 值也趋于平稳。培养 90 d 后, 生石灰处理对于改善土壤酸度效果最佳, 相比于对照而言, 土壤 pH 值提高了 0.66, 土壤交换性铝含量减少了 2.01 cmol/kg; 其次是有机肥和钾硅肥处理, 较对照分别提高了 0.14 和 0.15 个单位, 土壤交换性铝含量分别减少了 0.23 和 0.19 cmol/kg; 油菜秸秆和土壤改良剂从酸度指标来看, 与对照处理没有显著差异。

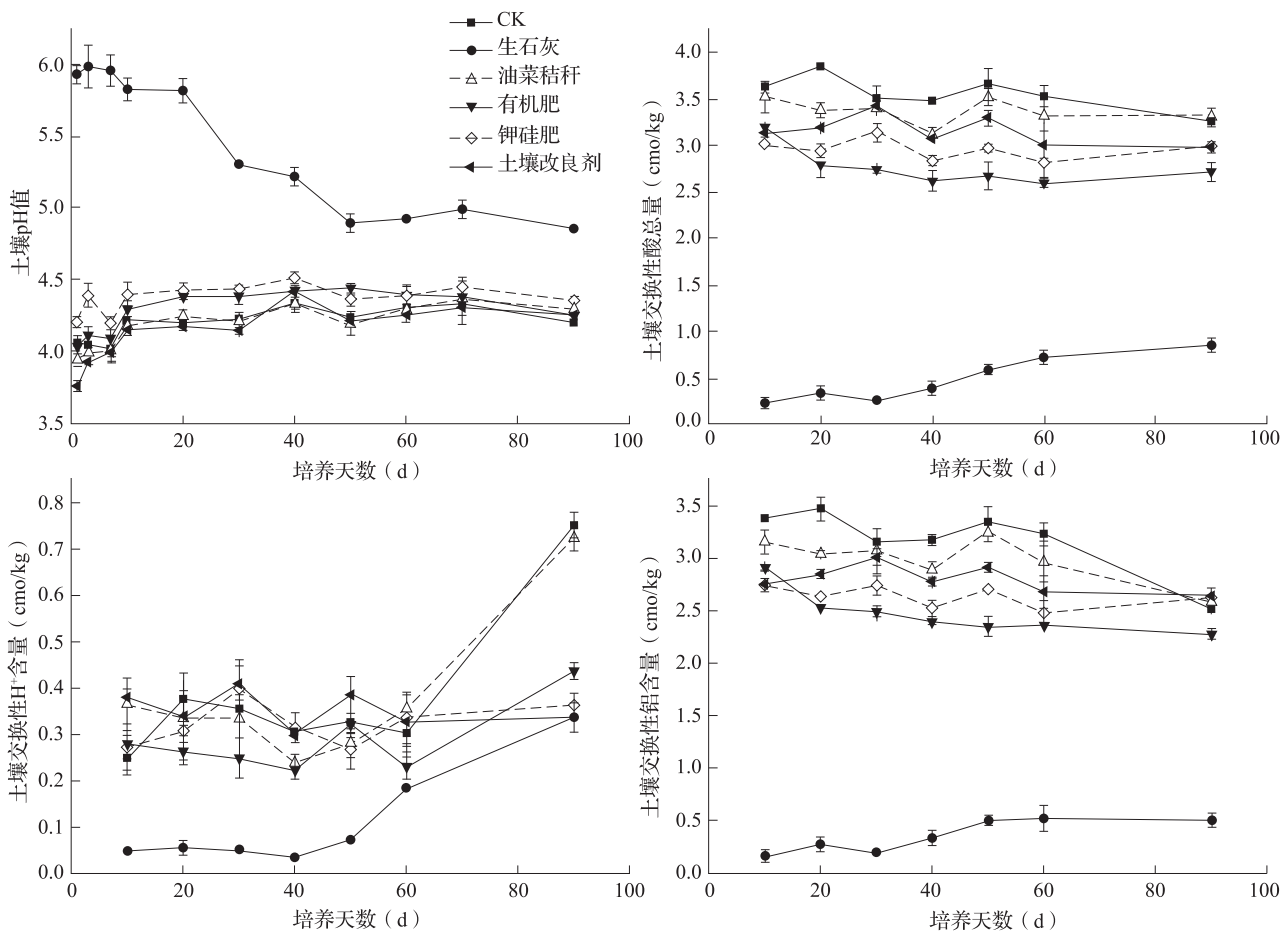


图 1 不同调理剂对土壤酸度指标动态变化的影响

以培养第 20 d 数据为例, 土壤 pH 值与交换性酸总量的对数值呈显著的负相关 ($r = -0.9944^{**}$, $n = 5$), 说明土壤 pH 值主要由交换性酸所制约。土壤 pH 值与交换性铝的关系和土壤 pH 值与交换性酸的关系大致相同, 即土壤 pH 值与交换性铝的对数值也呈极显著的负相关 ($r = -0.9942^{**}$, $n = 5$)。如果以土壤交换性铝的含量 (x) 对土壤交换性

酸总量 (y) 作图, 可以得到很好的直线, 其回归方程为: $y = 1.1016x + 0.0291$ ($r = 0.9999^{**}$, $n = 5$)。可见, 土壤酸度主要决定于土壤中交换性铝的含量。

2.2 不同调理剂对大麦幼苗生长的影响

各调理剂的施用可以显著提高大麦幼苗株高、生物量及根冠比 (表 3), 说明调理剂的施用很好地改善了酸性土壤的性质, 促进了大麦幼苗的生长

发育。与对照相比,生石灰、油菜秸秆、有机肥、钾硅肥和土壤改良剂处理的大麦幼苗株高分别增加65.8%、24.7%、35.1%、17.6%、9.4%,地上部生物量分别增加71.5%、24.1%、27.6%、28.2%、24.7%,根冠比分别提高了204.8%、14.3%、33.3%、57.1%和9.5%。

表3 不同调理剂对大麦幼苗生长的影响

处理	株高 (cm)	生物量 (mg/株)			根冠比
		地上部	地下部	合计	
CK	10.6 f	11.44 c	2.35 e	13.79 e	0.21 e
生石灰	17.6 a	19.61 a	12.56 a	32.17 a	0.64 a
油菜秸秆	13.3 c	14.19 b	3.46 d	17.65 d	0.24 d
有机肥	14.4 d	14.59 b	4.14 c	18.73 c	0.28 c
钾硅肥	12.5 b	14.66 b	4.78 b	19.44 b	0.33 b
土壤改良剂	11.6 e	14.26 b	3.30 d	17.55 d	0.23 d

注:同一列数据不同小写字母表示处理间差异在 $P < 0.05$ 水平上显著,下同。

2.3 不同调理剂对大麦幼苗根系形态指标的影响

从不同调理剂对大麦幼苗根系形态指标的影响(表4)可以看出,调理剂的施用可以显著增加大麦幼苗根系总根长和总表面积,减少根系平均直径,更有利于根系对养分和水分的吸收。与对照相比,

生石灰、油菜秸秆、有机肥、钾硅肥和土壤改良剂处理的大麦根系总根长分别增加了36.06、4.97、7.49、11.88和5.07 cm;大麦根系总表面积分别增加了4.36、1.08、1.27、1.78和1.14 cm^2 ,平均直径分别减少了56.5%、29.3%、14.7%、16.1%和13.7%。

表4 不同调理剂对大麦幼苗根系形态指标的影响

处理	总根长 (cm)	根系总表面积 (cm^2)	平均直径 (mm)
CK	5.30 d	1.36 c	0.816 a
生石灰	41.36 a	5.72 a	0.355 d
油菜秸秆	10.27 c	2.44 b	0.577 c
有机肥	12.79 bc	2.62 b	0.697 b
钾硅肥	17.18 b	3.14 b	0.685 b
土壤改良剂	10.37 c	2.50 b	0.704 b

2.4 不同调理剂对大麦幼苗根系活力的影响

不同调理剂对大麦幼苗根系活力的影响结果(图2)显示,各调理剂的施用显著促进了大麦幼苗根系的生长,提高了大麦幼苗根系活力。不同处理根系活力有所不同,以油菜秸秆处理效果最佳,达到了108.64 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,说明秸秆还田可以很好地改善土壤的理化性质,促进根系的生长;其次是有机肥和钾硅肥处理,相比于对照,分别增加了88.41和82.97 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{h})$,表明碱性物料的施入提高了土壤pH值,为根系生长提供了良好条件;生石灰和土壤改良剂处理的大麦幼苗根系活力相对较低,但若各处理乘以其相应根系生物量,则根系活力表现出与大麦幼苗生长及根系形态指标相同的趋势,即生石灰处理表现出明显的优势,其次是有机肥和钾硅肥处理,油菜秸秆和土壤改良剂次之。

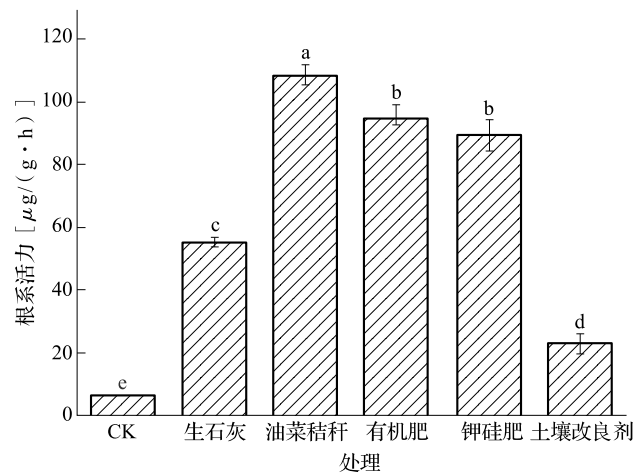


图2 不同调理剂对大麦幼苗根系活力的影响

注:不同小写字母表示处理间差异在 $P < 0.05$ 水平上显著。

3 讨论

探讨不同调理剂对酸性土壤改良效果的研究已经很多,但大多集中在对于土壤养分和作物产量的分析,而对土壤酸度指标动态变化及调理剂施用后效的研究还很少。本文详细分析了生石灰、油菜秸秆、有机肥、钾硅肥和土壤改良剂5种调理剂施入土壤90 d内的土壤pH值、交换性酸总量、交换性 H^+ 和交换性铝含量的动态变化,探究各调理剂在提高土壤pH值方面的贡献。另外,通过采用调理剂改良90 d后的土壤对于大麦幼苗生长的影响来探索调理剂是否可以通过改善土壤理化性状达到改良酸性土壤的目的,从而促进作物生长。

从90 d的土壤培养试验结果来看,各调理剂对于酸性土壤降酸程度差异显著,并不是所有调理剂的施入都降低了土壤酸度。其中以生石灰处理效果最佳,到培养第90 d,土壤pH值提高了0.66个单位,土壤交换性铝含量降低了2.01 cmol/kg;其次是有机肥和钾硅肥处理,分别提高了0.14、0.15个单位,土壤交换性铝含量分别降低了0.23和0.19 cmol/kg,而油菜秸秆和土壤改良剂处理在调节土壤酸碱度上并没有显著效果。究其根源主要是前3种调理剂均呈碱性,尤其是生石灰,pH值达到12.27,呈强碱性,其水解出来的 OH^- 能与土壤溶液中的 H^+ 或铝离子相结合成为水或 $Al(OH)_3$,从而降低土壤中的 H^+ 和铝离子含量;另外,它直接向土壤中引入钙离子,增加土壤中交换性阳离子含量,直接降低了土壤酸度^[25]。有机肥和钾硅肥pH值分别为9.59和10.1,可直接中和土壤酸性。此外,钾硅肥中的硅可与土壤中铝形成铝硅酸盐复合离子(HAS)^[26],降低了土壤中铝的含量,从而达到了提高土壤pH值的效果。油菜秸秆pH值为5.83,呈弱酸性,在培养初期,不仅没有起到提高土壤pH值的效果,反而使土壤pH值降低,这可能与秸秆腐解产生有机酸^[27]有关,在整个培养过程中油菜秸秆的施入对土壤pH值变化并不明显,这与Xu等^[28],杨帆等^[29]的研究一致,秸秆还田后,土壤pH值变化并不明显甚至还会导致土壤pH值进一步降低。因此,需要进一步探究植物物料对土壤酸度的改良效果及其过程机理,因为它直接影响到适用于酸性土壤改良的植物物料的选择标准。土壤改良剂呈酸性,自身pH值比土壤初始pH值还要低0.4个单位,其施入对于土壤酸度的提高并

不起作用。虽然油菜秸秆和土壤改良剂处理在调节土壤酸度方面效果不明显,但采用培养90 d后的土壤作为供试土壤展开的为期2周的大麦盆栽试验结果表明,各调理剂的施入均能显著促进大麦幼苗的生长。这说明经过一段时间的培养,各调理剂的施入均能使大麦在酸性土壤上正常生长,起到了改良酸性土壤的效果。

对于严重酸化土壤,施用不同类型的土壤改良物质,有的是可以同时达到降酸和促进作物生长的目的(例如石灰);有的对土壤的酸碱度没有显著的影响,但由于有其他的作用如增加缓冲性能也可促进作物生长(例如秸秆),武际等^[30]研究也表明,油菜秸秆90 d时的最大腐解率可达61.06%,而秸秆在腐解过程中又能释放出氮、磷、钾等养分^[31-32],在一定程度上改善了土壤环境,提高土壤缓冲性能。尽管前一类物料(石灰类)降酸和促生长作用均较好,但仍然存在施用不便,改变土壤性质太快,长期或过量施用可能导致土壤板结、土壤微生物发生改变^[15-16]等负作用现象的出现;而有机肥、秸秆类物料尽管降酸效果没有石灰明显,但施用是可以促进作物生长的,且来源广泛,是“农用废弃物”资源的再利用^[33];还有一类物料,其本身是一类肥料(如钾硅肥和施地佳),厂家生产的目的是作为肥料商品,但同时也具有降低土壤酸害的作用,钾硅肥主要通过提高土壤pH值来实现,而土壤改良剂具有超强螯合土壤碱金属离子能力,能置换出土壤盐基化合物的阴阳离子,释放被酸化土壤固定的盐基化合物中钾、钠、钙、镁、铝、铁、锌等阳离子,增加土壤阳离子交换量,提高了土壤缓冲能力。且氨基酸给土壤以及土壤微生物提供营养源,使微生物活力增强,提高了土壤微生物多样性^[4,34],促进作物根系生长。所以,并不是所有调理剂都是通过降低土壤酸度来发挥作用,也可以通过改善土壤理化性状来达到酸性土壤改良的目的,在实际生产中因地制宜,应用各种调节物质(可以配合施用)保障作物正常生长。

4 结论

(1) 90 d的土壤培养试验表明,生石灰、有机肥和钾硅肥的施用可以显著提高土壤pH值,降低土壤交换性酸总量、土壤交换性 H^+ 和交换性铝含量,油菜秸秆和土壤改良剂在调节土壤酸度方面与

对照差异不显著。

(2) 各调理剂的施用, 显著提高了大麦幼苗的株高、生物量和根冠比, 促进了大麦根系的生长, 增加了大麦幼苗、总根长、根系总面积和根系活力, 减少了根系平均直径, 有利于养分和水分的吸收。

(3) 土壤调理剂不仅可以通过提高土壤 pH 值来改良酸性土壤, 还可以通过改善土壤理化性状达到酸性土壤改良的目的, 从而保证作物正常生长。

参考文献:

- [1] Van Breemen N. Acidic deposition and internal proton in acidification of soils and water [J]. *Nature*, 1984, 367: 599.
- [2] Anderson N P, Hart J M, Sullivan D M, et al. Applying lime to raise soil pH for crop production (Western Oregon) [N/OL]. Oregon State University. Extension Service, 2013. <http://hdl.handle.net/1957/38531>.
- [3] 鲁艳红, 廖育林, 聂军, 等. 长期施用氮磷钾肥和石灰对红壤性水稻土酸性特征的影响 [J]. *土壤学报*, 2016, 53 (1): 202-212.
- [4] 李岚涛, 鲁剑巍, 任涛, 等. 酸化土壤调理剂在油菜上的应用效果 [J]. *华中农业大学学报*, 2014, (5): 57-60.
- [5] Guo J H, Liu X J, Zhang Y, et al. Significant acidification in major Chinese croplands [J]. *Science*, 2010, 327 (5968): 1008-1010.
- [6] 谷雨, 蒋平, 李志明, 等. 不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果 [J]. *湖南农业科学*, 2015, (3): 61-64.
- [7] 吴增芳. 土壤结构改良剂 [M]. 北京: 科学出版社, 1976. 24-34.
- [8] 张曦, 王旭. 四种土壤调理剂对镉、铅的吸附效果研究 [J]. *中国土壤与肥料*, 2012, (4): 6-10.
- [9] 王小彬, 蔡典雄, 张树勤. 土壤调理剂对旱、盐条件下草种萌发的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, (4): 462-466.
- [10] Bhardwaj A K, McLaughlin R A, Levy G J. Depositional seals in polyacrylamide-amended soils of varying clay mineralogy and texture [J]. *J Soils Sediments*, 2010, 10: 494-504.
- [11] 李育鹏, 胡海燕, 李兆君, 等. 土壤调理剂对红壤 pH 值及空心菜产量和品质的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2014, (6): 21-26.
- [12] 姜超强, 董建江, 徐经年, 等. 改良剂对土壤酸碱度和烤烟生长及烟叶中重金属含量的影响 [J]. *土壤*, 2015, (1): 171-176.
- [13] 杨旭, 张源, 胥国华. 土壤调理剂对大棚西葫芦产量和品质的影响 [J]. *安徽农业科学*, 2008, 36 (31): 13603-13604.
- [14] 孟赐福, 水建国, 吴益伟, 等. 红壤旱地施用石灰对土壤酸度、油菜产量和肥料利用率的长期影响 [J]. *中国油料作物学报*, 1999, 21 (2): 45-48.
- [15] Haling R E, Simpson R J, Delhaize E, et al. Effect of lime on root growth, morphology and the rhizosheath of cereal seedlings growing in an acid soil [J]. *Plant and Soil*, 2010, 327 (1-2): 199-212.
- [16] 刘琼峰, 蒋平, 李志明, 等. 湖南省水稻主产区酸性土壤施用石灰的改良效果 [J]. *湖南农业科学*, 2014, 13: 29-32.
- [17] 解开治, 徐培智, 严超, 等. 不同土壤改良剂对南方酸性土壤的改良效果研究 [J]. *中国农学通报*, 2009, 20: 160-165.
- [18] 姬红利, 颜蓉, 李运东, 等. 施用土壤改良剂对磷素流失的影响研究 [J]. *土壤*, 2011, 43 (2): 203-209.
- [19] 张黎明, 邓万刚. 土壤改良剂的研究与应用现状 [J]. *华南热带农业大学学报*, 2005, 11 (2): 32-34.
- [20] Lee S I. Non-point source pollution [J]. *Fisheries*, 1979, (2): 50-52.
- [21] 肖厚军, 王正银, 何佳芳, 等. 磷石膏改良强酸性黄壤的效应研究 [J]. *水土保持学报*, 2008, 22 (6): 62-66.
- [22] 赵记军, 徐培智, 解开治, 等. 土壤改良剂研究现状及其在南方旱坡地的应用前景 [J]. *广东农业科学*, 2007, (10): 38-41.
- [23] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第3版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [24] 高俊凤. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [25] 秦瑞君, 陈福兴. 有机质对土壤高活性铝的影响 [J]. *土壤通报*, 1998, 29 (3): 111-112.
- [26] 黄昌勇, 沈冰. 硅对大麦铝毒的消除和缓解作用研究 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, (1): 98-101.
- [27] 张利, 张清东, 漆玉邦, 等. 作物秸秆降解中稀有有机酸的萃取回收 [J]. *化学研究与应用*, 2001, (4): 447-450.
- [28] Xu R K, Coventry D R. Soil pH changes associated with lupin and wheat plant materials incorporated in a red-brown earth soil [J]. *Plant & Soil*, 2003, 250 (1): 113-119.
- [29] 杨帆, 李荣, 崔勇, 等. 我国南方秸秆还田的培肥增产效应 [J]. *中国土壤与肥料*, 2011, (1): 10-14.
- [30] 武际, 郭熙盛, 王允青, 等. 不同水稻栽培模式和秸秆还田方式下的油菜、小麦秸秆腐解特征 [J]. *中国农业科学*, 2011, 16: 3351-3360.
- [31] Blanco-Canqui H, Lal R, Post W M, et al. Changes in long-term no-till corn growth and yield under different rates of stover mulch [J]. *Agronomy Journal*, 2006, 98: 1128-1136.
- [32] 劳秀荣, 孙伟红, 王真, 等. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响 [J]. *土壤学报*, 2003, 40 (4): 619-623.
- [33] 李继福, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 麦秆还田配施不同腐秆剂对水稻产量, 秸秆腐解和土壤养分的影响 [J]. *中国农学通报*, 2013, 29 (35): 270-276.
- [34] 李成保, 徐仁扣, 肖双成. 几种有机酸对土壤中磷活性的增强效应 [J]. *土壤学报*, 2005, (3): 508-512.

Effects of soil conditioner on acid reduction and the seeding growth of barley

HU Min¹, XIANG Yong-sheng², LU Jian-wei^{1*} [1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University/ Key Laboratory of Arable Land Conservation (Middle and Lower Reaches of Yangtse River), Ministry of Agriculture, Wuhan 430070; 2. Soil and Fertilizer Station of Agriculture Bureau of Enshi Prefecture, Enshi Hubei 445000]

Abstract: The soil incubation and pot experiments were carried out to study the effect of the five kinds of conditioners (lime, rape straw, organic fertilizer, potassium-silicon fertilizer and soil conditioner, dosage for 1.8 g/kg) on acid soil (pH 3.9) acidity index and barley growth. The soil incubation experiment results showed that application of lime, organic fertilizer and potassium-silicon fertilizer improved the soil pH obviously, while the content of exchangeable acidity, exchangeable H⁺ and exchangeable Al³⁺ were decreased significantly. The effect of lime was the largest, which increased pH by 0.66 unit, decreased the content of exchangeable Al³⁺ by 2.01 cmol/kg, respectively, compared with the control treatment; The effects of the organic fertilizer and potassium-silicon fertilizer ranked only second to the lime, which increased pH by 0.14 and 0.15 unit, respectively, and decreased the content of exchangeable Al³⁺ by 0.23 cmol/kg and 0.19 cmol/kg, respectively, compared with the control treatment. From the point of acidity index, there were no significant differences compared with rape straw, soil conditioner and control. The results by the pot experiment on barely seeding showed that compared with the control, the shoot dry weight were increased respectively by 71.5%, 24.1%, 27.6%, 28.2% and 24.7%, at those five conditioners, besides, the average height of barley, root length, root total surface area and root activity were significantly higher than those of the control, while, root mean diameter decreased, which is good for the absorption of nutrients and moisture. As a consequence, the effects of different types of conditioner on acid reduction were different, with lime working the best. The treatment of rape straw hadn't effectively reduced the acidity of soil, but obviously promoted the crop growth, which could be used as acidic soil improvement material. So in crop production, appropriate measures on application of various regulating substances should be adjusted to local conditions to promote crop growth.

Key words: soil conditioners; acidity index; barley seedling; root morphological index parameters