

酸化土壤调理剂在油菜上的应用效果

李岚涛 鲁剑巍 任 涛 李小坤 丛日环

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,武汉 430070

摘要 采用土壤盆栽试验,研究酸化土壤施用调理剂对油菜生长发育、产量构成及土壤 pH 值的影响。结果表明,施用调理剂能明显改善油菜生长发育,增加油菜单株角果数、成角率和每角粒数,进而提高油菜籽粒产量。与对照相比,施用调理剂后油菜苗期、蕾薹期、初花期、角果期株高与叶片 SPAD 值分别增加 19.6%、12.5%、12.2%、11.6% 和 0.5%、6.3%、9.3%、10.2%;油菜一级分枝数、单株角果数、成角率、每角粒数和籽粒产量分别提高 41.7%、42.7%、10.5%、20.9% 和 25.4%。酸性土壤施用调理剂能明显提高土壤 pH 值,与对照相比,苗期、花期、角果期和成熟期土壤 pH 值分别提高了 0.13、0.03、0.11 和 0.38。酸化土壤施用调理剂能明显促进油菜生长发育,提高籽粒产量和土壤 pH 值。

关键词 油菜; 土壤调理剂; 株高; SPAD 值; 土壤 pH

中图分类号 S 156.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)05-0057-04

土壤酸化是中国集约化农业生产中面临的一个重要问题,严重影响我国农业的可持续发展^[1-3]。土壤酸化不仅造成土壤中 Ca、Mg、P 等营养元素的流失,而且使得土壤中重金属化合物和金属元素 Al 的有效性提高,而酸性土壤中 Al 的毒害是抑制作物生长和导致作物减产的主要原因^[4-6]。近年来,中国土壤酸化在酸度和酸化面积上均呈加速扩大趋势^[7]。张福锁等^[1]研究表明,我国农田土壤 pH 值在过去 20 年间平均下降了约 0.5 个单位,相当于土壤酸量(H^+)在原有基础上增加了 2.2 倍。土壤酸化不仅加剧土壤营养元素的淋溶和固定,促进有毒元素的释放和活化,而且还抑制土壤中有益微生物的生长与活动,造成作物产量与品质下降^[8],增加环境压力^[9]。谢思琴等^[10]研究表明,在模拟酸雨条件下,土壤中铜、镉的含量随淋溶液 pH 值降低,淋出液中铜、镉含量明显增加,且 pH 4.0 以下升高更明显。许信玲等^[11]研究指出,土壤酸化条件下交换性 K、Na、Ca、Mg 含量分别平均下降了 0.05、0.04、0.23 和 0.05 cmol/kg,而活性 Al 含量则增加了 30.6%。对酸性土壤施用土壤调理剂则是改良土壤酸化的一种行之有效的方法。土壤调理剂可以改良土壤结构^[12]、增强作物抗病抗旱能力^[13]、改善作物

品质和产量^[14],具有效果好、成本低、无毒副作用等优点^[15],近年来在辣椒^[16]、甘蓝^[17]和大蒜^[18]等多种作物上得到广泛应用。魏岚等^[4]研究表明,碱渣和菇渣在调节土壤酸性、改善土壤肥力方面表现出很好的互补性。杨旭等^[14]研究表明,施用土壤调理剂使大棚西葫芦抗逆性增强、产量和品质显著提高。油菜作为湖北省重要的油料作物,其常年种植面积 113 万 hm^2 ,总产量 200 万 t,在我国油料生产中占有重要的地位,而湖北省除江汉平原和长江汉水两岸的石灰性土壤外,广泛分布着酸性土壤,并且近年来由于长期使用生理酸性肥料导致土壤酸化严重,个别地区甚至出现油菜锰毒的现象^[19-20]。因此,酸化土壤的研究和治理显得尤为重要。本试验以湖北省武穴市典型酸性土壤进行油菜盆栽试验,探索调理剂在酸化土壤油菜栽培上的施用效果,以期为其大面积推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2012 年 10 月至 2013 年 5 月在湖北省武汉市华中农业大学盆栽试验场进行。供试土壤采自湖北省花岗片麻岩母质发育的水稻土,属酸性土,

收稿日期: 2013-11-14

基金项目: 国家油菜产业体系建设专项(CARS-13)和中央高校基本科研业务费专项(2013QC045)

李岚涛,硕士研究生。研究方向:作物营养与现代施肥技术。E-mail: lilantao@webmail.hzau.edu.cn

通信作者: 任 涛,博士,讲师。研究方向:土壤肥力。E-mail: rentao@mail.hzau.edu.cn

其基本理化性质为 pH 5.21, 有机质 2.49%, 全氮 0.13%, 有效磷 6.5 mg/kg, 速效钾 39.4 mg/kg。油菜品种为华油杂 62, 由国家油菜工程技术研究中心提供。供试调理剂为成都华宏生态农业科技有限公司提供的施地佳酸化土壤调理剂, 成分含量: 有机质 ≥ 200 g/L, 氨基酸 ≥ 110 g/L, 游离酸 ≥ 18 g/L, pH(稀释 500 倍) 为 6.0~6.5, 水不溶物 ≤ 50 g/L。

1.2 试验设计

试验共设 3 个处理, 分别为 CK, 对照处理; SDJ-2, 施用 2 次施地佳调理剂, 分别于移栽当天(2012 年 11 月 24 日)、营养生长中期(2013 年 1 月 16 日)将施地佳按 1 000 倍稀释浇于苗根部, 2 次的用量分别为每千克土 5、10 mL; SDJ-3, 施用 3 次施地佳调理剂, 分别在移栽当天(2012 年 11 月 24 日)、移栽后 20 d(2012 年 12 月 14 日)、营养生长中后期(2013 年 2 月 22 日), 将施地佳按 1 000 倍稀释浇于苗根部, 3 次的用量分别为每千克土 5、8、10 mL。每个处理 5 次重复, 完全随机排列。

各处理氮、磷、钾及硼用量相等, 分别为每千克土 N 0.02 g, P₂O₅ 0.01 g, K₂O 0.015 g 和 B 0.013 g, 氮、磷、钾和硼肥品种分别为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)、硫酸钾(含 K₂O 50%)和十水硼砂(含 B 10.7%)。所有肥料均一次性基施。每盆装土 10 kg, 将土壤和肥料混匀后装盆、播种, 每盆播种 25 粒, 出苗后(播种后 20 d)间苗, 每盆暂留苗 6 株, 待油菜长势稳定且良好时, 再间苗 4 株, 并测试所间苗氮、磷、钾养分含量。试验期间平均每隔 3~4 d 浇蒸馏水 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

土壤样品分别在油菜播种前、苗期、花期、角果期和成熟期采集, 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 6 个, 实验室风干、磨细过筛, 播种前土样测其基本理化性质, 其他时期仅测土壤 pH 值。土壤基本理化性质按常规法测定^[21], pH 按水土质量比 2.5:1.0, pH 计测

定; 有机质用重铬酸钾容量法; 全氮用半微量开氏法—标准酸滴定; 有效磷用 0.03 mol/L NH₄F-0.025 mol/LHCl 浸提, 钼锑抗比色法; 速效钾用 1 mol/L NH₄OAc 浸提, 火焰光度法。

1.4 油菜生长发育性状调查

分别于油菜苗期、蕾薹期、初花期、盛花期和角果期调查各处理株高、主茎顶部第 2 片完全展开叶 SPAD 值。成熟期调查其一级分枝数、单株有效角果数、阴角数、每角粒数(角果中籽粒的个数, 每株随机选取 25 个角果计平均值)和千粒重。

1.5 数据统计

试验数据用 Excel 软件进行计算处理, 采用 DPS 数据处理软件进行数据的统计分析, 结果则采用 LSD 法在 $P < 0.05$ 水平上进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 施用酸性调理剂对油菜生长的影响

施用酸性调理剂能明显提高油菜株高(表 1)。与对照相比, 苗期、蕾薹期、初花期和角果期施用酸性调理剂后油菜株高分别增加 19.6%、12.5%、12.2%、11.6%。施用 2 次酸性调理剂和施用 3 次酸性调理剂对油菜各生育时期株高影响不显著。苗期时, 施用 3 次酸性调理剂处理油菜株高最大(47.0 cm), 较未施酸性调理剂处理增加 8.4 cm。蕾薹期、初花期和角果期时施用 2 次酸性调理剂处理油菜株高最大, 分别为 92.3、107.6、115.4 cm, 增幅分别为 14.5%、14.7%、13.0%。

对不同生育时期油菜顶第 2 叶 SPAD 值进行测试发现, 施用酸性调理剂能明显提高油菜叶片 SPAD 值(表 1)。苗期、蕾薹期和角果期时均以施用 2 次酸性调理剂处理的叶片 SPAD 值最高, 较不施酸性调理剂相比, 其叶片 SPAD 值分别提高 1.8、4.3、6.4 个 SPAD 单位, 增幅分别为 3.5%、7.4%、10.2%。初花期以施用 3 次酸性调理剂油菜叶片 SPAD 值最高, 较不施酸性调理剂相比增加 7.4 个 SPAD 单位, 增幅为 11.4%。

表 1 施用酸性调理剂对油菜株高和叶片 SPAD 值的影响¹⁾

Table 1 Effects of acid soil conditioner on plant height and SPAD value of rapeseed

处理 Treatment	苗期 Seeding stage		蕾薹期 Bolting stage		初花期 Early flowering stage		角果期 Podding stage	
	株高/cm Height	SPAD	株高/cm Height	SPAD	株高/cm Height	SPAD	株高/cm Height	SPAD
CK	38.6 \pm 1.4 b	51.8 \pm 0.7 ab	80.6 \pm 2.6 b	58.3 \pm 2.4 b	93.8 \pm 3.1 b	64.8 \pm 3.9 b	102.1 \pm 3.8 b	62.6 \pm 4.5 b
SDJ-2	45.3 \pm 3.8 a	53.6 \pm 2.7 a	92.3 \pm 2.2 a	62.6 \pm 1.5 a	107.6 \pm 1.9 a	69.4 \pm 1.4 a	115.4 \pm 2.8 a	69.0 \pm 1.6 a
SDJ-3	47.0 \pm 3.3 a	50.5 \pm 1.6 b	89.1 \pm 5.0 a	61.3 \pm 2.9 ab	102.8 \pm 5.9 a	72.2 \pm 0.9 a	112.4 \pm 3.7 a	69.0 \pm 2.5 a

1) 同一列不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$), 下同。Different letters for same item indicate significant differences at $P < 0.05$

level. The same as below.

2.2 施用酸性调理剂对油菜产量及其构成因子的影响

施用酸性调理剂有效促进了油菜成熟期的生长发育,利于产量构成因素的形成。与不施酸性调理剂处理相比,施用酸性调理剂处理油菜一级分枝数、

单株有效角果数、每角粒数、千粒重和籽粒产量分别增加 41.7%、42.7%、20.9%、6.7%、25.4%;此外还可明显降低油菜阴角数,提高成角率。与不施酸性调理剂相比,施用 2 次和施用 3 次酸性调理剂处理油菜成角率分别提高 7.9% 和 13.1%。

表 2 施用酸性调理剂对油菜产量及其构成因子的影响

Table 2 Effects of acid soil conditioner on yield and yield composition of rapeseed

处理 Treatment	一级分枝数 No. of 1st branch	单株有效角果数 Pods per plant	单株阴角数 Infertility pods per plant	成角率/% Pods setting percentage	每角粒数 Seeds per pod	千粒重/g Weight of 1 000-seeds	籽粒产量/(g/盆) Seed yield
CK	6.0±0.4 b	144.0±16.1 b	84.0±7.6 a	63.2	24.0±3.7 b	3.0±0.2 a	22.1±1.4 b
SDJ-2	8.0±1.0 a	192.0±10.4 a	78.0±7.3 a	71.1	30.0±1.0 a	3.1±0.3 a	27.0±1.9 a
SDJ-3	9.0±0.8 a	219.0±23.6 a	68.0±7.1 b	76.3	28.0±1.6 ab	3.3±0.1 a	28.4±1.3 a

2.3 施用酸性调理剂对油菜生育期土壤 pH 值的影响

盆栽试验条件下油菜生育期内施用酸化调理剂对土壤 pH 值的变化结果(表 3)表明,与不施酸性调理剂相比,施用 2 次与施用 3 次处理时土壤 pH 随着酸性调理剂施用次数增加呈上升趋势,角果期

和成熟期施用酸性调理剂处理土壤 pH 值明显高于对照处理,苗期和花期酸性调理剂施用后土壤 pH 值虽呈增高趋势,但未达到显著性水平。与对照相比,苗期、花期、角果期和成熟期施用酸性调理剂后土壤 pH 值分别增加 0.13、0.03、0.11 和 0.38 个 pH 单位。

表 3 施用酸性调理剂对土壤 pH 值的影响

Table 3 Effects of acid soil conditioner on pH of soils

处理 Treatment	播种前 Before sowing	苗期 Seeding stage	花期 Flowering stage	角果期 Podding stage	成熟期 Mature stage
CK	5.2	5.60±0.02 a	5.63±0.12 a	5.49±0.06 b	5.32±0.20 b
SDJ-2	5.2	5.72±0.13 a	5.65±0.09 a	5.57±0.11 ab	5.64±0.10 ab
SDJ-3	5.2	5.74±0.17 a	5.67±0.07 a	5.63±0.09 a	5.75±0.40 a

3 讨 论

试验结果表明,“施地佳”酸化土壤调理剂的施用能显著增加油菜生育期株高及叶片 SPAD 值,利于产量因素的形成并改良酸化土壤,使土壤 pH 值增加。传统的酸性土壤调理剂主要是通过加入能有效调节土壤酸度的天然或人工合成物质来达到改良酸化土壤的效果^[9]。本试验所用酸化土壤调理剂采用营养性有机酸(氨基酸、柠檬酸)络合原理施入土壤中,氨基酸给土壤以及土壤微生物提供营养源,通过土壤微生物的代谢活动合成植物生长调节剂,使微生物活力加强,继而促进其新陈代谢和大量繁殖,提高土壤有机质含量,增强土壤酸化缓冲能力,使 pH 值升高,达到了生物调理土壤酸化的作用^[22-23]。徐仁扣等^[22]认为,在低 pH 条件下,有机酸与土壤通过形成土壤-有机酸-铝三元表面络合物和增加表面的负电荷 2 种机制从而显著增加土壤对铝离子的吸附量。李仰锐^[24]研究指出,在镉污染土壤上施加外源有机酸提高了水稻株高,增加了镉污染土壤上水稻有效穗数、成穗率、谷草比和产量。本试验结果

表明,与对照相比,调理剂施用后苗期、花期、角果期和成熟期土壤 pH 值分别提高 0.13、0.03、0.11 和 0.38 个 pH 单位。成熟期油菜一级分枝数、单株角果数、成角率、每角粒数和籽粒产量分别增加 41.7%、42.7%、10.5%、20.9% 和 25.4%。但上述结果只是在盆栽条件下得出的,田间条件由于存在各种复杂的因素会影响着土壤酸化的进度和程度^[25-26],因此,大田试验效果尚需进一步验证。

参 考 文 献

- GUO J H, LIU X J, ZHANG F S, et al. Significant acidification in major Chinese croplands[J]. Science, 2010, 327: 1008-1009.
- 陈德西,何忠全,郭云建,等.不同土壤调理剂对韭菜酸性土壤的改良效果[J].西南农业学报,2012,25(5):1751-1755.
- 易杰祥,吕亮雪,刘国道.土壤酸化和酸性土壤改良研究[J].华南热带农业大学学报,2006,12(1):23-27.
- 魏岚,杨少海,邹献中,等.不同土壤调理剂对酸性土壤的改良效果[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2010,36(1):77-81.
- MA J F, RYAN P R, DELHAIZE E. Aluminum tolerance in plants and the complexing role of organic acids[J]. Trends in Plant Science, 2001, 6: 273-278.
- 何龙飞,王爱勤,刘友良,等.植物耐铝性机制的研究进展[J].

- 广西农业生物科学,2003,22(1):58-62.
- [7] 陈廷钦. 土壤调理剂及应用进展[J]. 云南大学学报,2011,33(S1):338-342.
- [8] 赵玲,欧阳立明,陆小辰. 不同基质配方的有机肥对连作辣椒的生长及根际土壤微生物多样性的影响[J]. 华中农业大学学报,2013,32(2):72-77.
- [9] 陈绍荣,余根德,白云飞,等. 土壤酸化及酸性土壤调理剂应用概述[J]. 化肥工业,2013,40(2):66-68.
- [10] 谢思琴,周德智,顾宗连,等. 模拟酸雨下土壤中铜、镉行为及急性毒性效应[J]. 环境科学,1991,12(2):24-28.
- [11] 许信玲,肖祥希,谢一青,等. 果园土壤酸化剂铝毒矫治的研究[J]. 土壤,2005,37(5):541-544.
- [12] 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.
- [13] 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,2003,9(4):462-466.
- [14] 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.
- [15] 曹晓燕,张宝成,张虹. 一种蔬菜保护地土壤调理剂的应用初报[J]. 中国生态农业学报,2001,10(2):115-116.
- [16] 黄庆,林小明,柯玉诗,等. 多远酸性土壤调理剂在辣椒上的施用效果研究[J]. 广东农业科学,2007(1):42-44.
- [17] 陈之群,孙治强. 土壤调理剂对土壤理化性质及甘蓝生理特性的影响[J]. 农业工程学报,2005,21(S2):53-56.
- [18] 周红梅,孙蓟峰,段成鼎,等. 5中土壤调理剂对大蒜田土壤理化性质和大蒜产量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2013(3):26-30.
- [19] 徐华丽,鲁剑巍,李小坤,等. 湖北省油菜施肥现状调查[J]. 中国油料作物学报,2010,32(3):418-423.
- [20] 朱端卫,成瑞喜,刘景福,等. 土壤酸化与油菜锰毒关系的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(3):317-323.
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,1999.
- [22] 徐仁扣,姜军. 低分子量有机酸对可变电荷土壤吸附铝的影响机制[J]. 生态环境,2005,14(2):253-256.
- [23] 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,2005,42(3):508-512.
- [24] 李仰锐. 有机酸、EDTA对Cd污染土壤上水稻产量、品质的影响[D]. 重庆:西南大学图书馆,2006.
- [25] 戎秋涛,杨春茂,徐文彬. 土壤酸化研究进展[J]. 地球科学进展,1996,11(4):396-401.
- [26] 潘根兴. 土壤酸化过程的土壤化学分析[J]. 生态学杂志,1990,9(6):48-52.

Application effects of acid soil conditioner on winter oilseed rape

LI Lan-tao LU Jian-wei REN Tao LI Xiao-kun CONG Ri-huan

College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University /

Key Laboratory of Arable Land Conservation (Middle and Lower Reaches of Yangtze River),
Ministry of Agriculture, Wuhan 430070, China

Abstract A pot experiment was conducted to study the application effects of acid soil conditioner on the growth, seed yield of winter oilseed rape and soil pH. The results showed that acid soil conditioner could enhance the growth and improve seed yield of winter oilseed rape by increasing pod numbers per plant, ratio of effective seed setting and seed numbers per pod. Compared with the control, the average height of plant treated with acid soil conditioner at seedling stage, stem-elongation stage, early-flowering stage and pod stage increased 19.6%, 12.5%, 12.2% and 11.6%, respectively. The SPAD values of leaf were increased with the average of 0.5%, 6.3%, 9.3% and 10.2% at those four stages. At mature stage, the primary branches numbers, pod number per plant, ratio of effective seed setting, seed number per pod were increased with the average of 41.7%, 42.7%, 10.5% and 20.9%, respectively. The average increase rate of yield was 25.4%. The soil conditioner could enhance soil pH. Compared with the control, the soil pH values were increased on average with 0.13, 0.03, 0.11 and 0.38 unit at seedling stage, stem-elongation stage, early-flowering stage and pod stage, respectively. It is indicated that the acid soil conditioner can be applied to improve the growth of oilseed rape and soil pH under acid soils.

Key words rapeseed; soil conditioner; plant height; SPAD value; soil pH

(责任编辑:陆文昌)