

熟石灰施用对土壤 pH 及附子生长发育的影响

陈鑫, 黄晶*, 任品安, 余马, 侯大斌 (西南科技大学生命科学与工程学院, 四川绵阳 621010)

摘要 [目的]明确熟石灰对附子地酸性土壤的改良作用以及对附子生长发育的影响。[方法]开展盆栽试验研究熟石灰不同施用量对土壤 pH、附子生长发育及产量的影响。[结果]不同熟石灰处理(1 350、1 800、2 250 kg/hm²)均可显著提高土壤 pH($P < 0.05$),且不同程度地促进附子出苗、抽茎;中、低用量熟石灰(1 350、1 800 kg/hm²)能促进附子株高,而高用量(2 250 kg/hm²)则抑制植株生长;所有处理对附子苗期展叶数均无显著影响;熟石灰用量为 1 800 kg/hm²能提高单株附子产量,而用量为 2 250 kg/hm²能提高附子成活率,促进附子总产量提高。[结论]一定用量的熟石灰能有效调节酸性土壤 pH,促进附子生长发育并提高产量。

关键词 酸性土壤;熟石灰;附子;生长发育;产量;影响

中图分类号 S567 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)19-0110-03

Effects of Slaked Lime Application on Soil pH and Growth of *Aconitum carmichaeli* Debx.

CHEN Xin, HUANG Jing*, REN Pin-an et al (School of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010)

Abstract [Objective] The research aimed to clarify the effects of slaked lime on the improvement of acid soil and the growth of *Aconitum carmichaeli* Debx. . [Method] A pot experiment was conducted to study the effects of different amounts of slaked lime application on soil pH and growth and yield of *Aconitum carmichaeli* Debx. . [Result] All slaked lime application dosage (1 350, 1 800, 2 250 kg/hm²) significantly improved soil pH ($P < 0.05$) and promoted the seedling emergence and elongation of *Aconitum carmichaeli* Debx. to different degrees. Slaked lime addition at moderate and low application dosage (1 350, 1 800 kg/hm²) increased plant height of *Aconitum carmichaeli* Debx. , whereas the high application dosage (2 250 kg/hm²) inhibited plant growth. All treatments had no significant impact on leaf numbers during the seedling stage. A slaked lime application dosage of 1 800 kg/hm² improved the *Aconitum carmichaeli* Debx. yield per plant, whereas that of 2 250 kg/hm² improved the survival rate and promoted total yield of *Aconitum carmichaeli* Debx. . [Conclusion] A certain amount of slaked lime can effectively regulate the acidic soil pH, and promote the growth and development of aconite and increase the yield.

Key words Acid soil; Slaked lime; *Aconitum carmichaeli* Debx. ; Growth and development; Yield; Effect

附子是我国传统名贵中药材,为毛茛科植物乌头(*Aconitum carmichaeli* Debx.)的子根加工品,具有抗炎、镇痛、强心、抗心律失常、降血糖等功效^[1]。四川江油自古就是附子道地产区,栽培历史达 1 300 多年,其辖区内的太平、彰明、青莲、三合、九岭、西屏 6 个乡镇是江油附子主要产区^[2],于 2009 年正式列入国家地理标志产品保护范围^[3]。

附子是典型的忌连作植物,江油附子在长期的栽培过程中出现了严重的连作障碍问题。土壤酸化是影响附子连作的重要限制因子^[4]。研究表明,江油附子主产区土壤普遍酸化严重,平均 pH 远低于国家标准规定的附子适宜生长的土壤 pH^[5]。众多研究表明,石灰类土壤改良剂能提高土壤 pH,缓解土壤酸害,减轻土壤铝毒和其他重金属毒害作用,改善土壤各有效养分状况,促进作物营养吸收,提高作物产量^[6-8]。石灰类土壤改良剂已在丹参^[9]、苍术^[10]、川穹^[11]等中药材的栽培上得到研究与应用,但有关石灰类土壤改良剂对江油附子地酸性土壤改良及附子生长发育与产量影响的相关研究鲜见报道。该研究以熟石灰为原料,通过盆栽试验探索不同用量熟石灰对江油附子地土壤 pH 及附子生长发育与产量的影响,以期对附子高产高效栽培提供理论依据与技术途径。

1 材料与与方法

1.1 试验设计 在江油太平镇桥楼村选取连续种植附子 3

基金项目 四川省科技厅科技支撑计划(2015NZ0083);四川省中医药管理局中医药科学技术研究专项(2016Q070)。

作者简介 陈鑫(1995—),女,四川南充人,本科生,专业:药用植物高产高效栽培。*通讯作者,副教授,博士,硕士生导师,从事作物高产高效栽培与农田生态健康研究。

收稿日期 2017-04-28

年以上的典型田块,取耕层土壤进行盆栽试验。试验前测定土壤基础性状:容重 1.3 g/cm³、有机质 3.5 g/kg、有效氮 237.1 mg/kg、有效磷 239.2 mg/kg、有效钾 133.1 mg/kg、pH 4.3。盆栽试验地点位于西南科技大学校内农场(104.7 °E, 31.5 °N;海拔 582 m),该地区气候属于亚热带季风性湿润气候,年平均气温为 16.3 °C,年降水量为 963.2 mm,年日照时数约 1 298.1 h,年无霜期约 272 d。

盆栽试验采取单因素完全随机设计,试验以不施熟石灰为对照,施不同量的熟石灰为处理,设置 6 个重复,随机区组排列。盆高 20 cm,盆口直径 25 cm,一盆即为一个重复,共 24 盆,每盆栽种 1 株。播种前,将熟石灰施于对应盆钵混匀,熟石灰施用量按照大田 1 350、1 800、2 250 kg/hm² 3 个梯度进行折算(表 1),再将折算后的基肥油枯(14.7 g/盆)、生物菌肥(2.58 g/盆)翻埋入土,搅拌均匀。播种选用大小、性状较为一致的青川南瓜叶型品种,播种后的田间管理按照农户常规管理进行。

表 1 不同处理施用量

Table 1 Slaked lime application dosage of different treatment

处理 Treatment	熟石灰用量 Application dosage of slaked lime//kg/hm ²	折合后熟石灰用量 Application dosage of slaked lime//g/盆
CK	0	0
①	1 350	6.6
②	1 800	8.8
③	2 250	11.0

1.2 测定指标 试验前测定土壤基础性状。在土壤取样地测定土壤容重;将采集的土壤带回实验室自然风干后进行土壤性状测定,主要指标包括土壤 pH、有机质、有效氮、有效

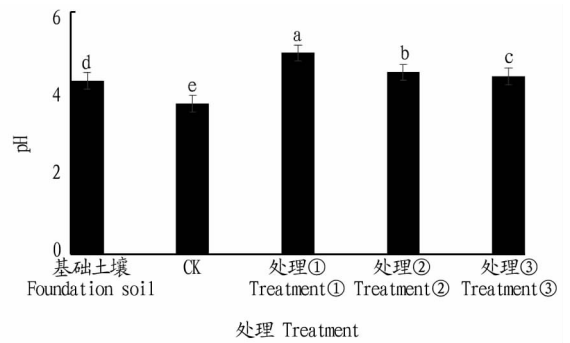
磷、有效钾。分别采用电位法测 pH、重铬酸钾容量法测有机质、碱解扩散法测有效氮、浸提钼锑抗比色法测有效磷、火焰光度法测有效钾^[12]。附子收获后再次测定土壤 pH。

从附子出苗开始,测定附子的生长发育动态指标,主要包括:①出苗率,附子苗高于地面 1 cm 的植株株数占全部株数的百分比,每 5 d 统计 1 次;②苗期叶片数,苗期叶片完全展开的数目,每 7 d 统计 1 次;③抽茎率,附子茎从基部叶片中抽出大于 1 cm 的植株株数占全部株数的百分比,每 7 d 统计 1 次;④株高,附子茎尖到附子基部地面的距离,每 7 d 统计 1 次;⑤产量,统计成活率、单株附子个数、鲜重、干重(烘干后的重量)及每个处理所有盆钵收获的附子总干重。

1.3 数据分析 采用 SPSS 22.0 软件对试验数据进行统计分析,各指标不同处理间的统计差异采用 Duncan 法进行,使用 Excel 表格制图。

2 结果与分析

2.1 熟石灰施用对土壤 pH 的影响 施用熟石灰能中和土壤酸性,提高土壤 pH(图 1)。种植一季附子后,与播种前基础土壤 pH 相比,未施熟石灰的对照土壤 pH 显著低于播种前($P < 0.05$),表明附子连作会降低土壤 pH;施用熟石灰的 3 个处理与播种前基础土壤相比,土壤 pH 均有不同程度的提高,且均存在显著性差异($P < 0.05$)。



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

图 1 不同处理对土壤 pH 的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on soil pH

2.2 熟石灰施用对附子生长发育的影响

2.2.1 对出苗的影响。由表 2 可知,处理与对照相比,施用熟石灰总体上能够促进附子出苗。熟石灰施用量最大的处理③能促进附子早出苗,其开始出苗时间(1 月 21 日)比对照及其他 2 个处理至少提前约 7 d;处理②与处理①出苗速度较快,2 月 15 日已达到 83.3%;2 月 20 日所有施用熟石灰的处理及对照均全部出苗。

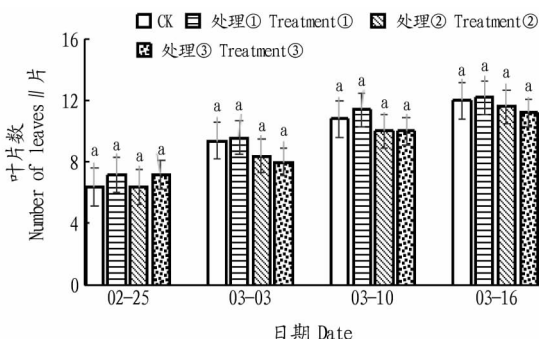
表 2 不同处理对出苗率的影响

Table 2 Effects of different treatments on seedling emergence rate %

处理 Treatment	01 - 21	01 - 26	01 - 31	02 - 05	02 - 10	02 - 15	02 - 20
CK	0	0	33.3	33.3	50.0	66.7	100.0
①	0	0	16.7	16.7	50.0	83.3	100.0
②	0	0	0	16.7	33.3	83.3	100.0
③	16.7	16.7	33.3	33.3	50.0	66.7	100.0

2.2.2 对展叶的影响。由图 2 可知,施用熟石灰的附子展叶趋势与对照大体一致,没有显著性差异,均在 2 月 25 日—3 月 16 日迅速增长到最多叶片数;熟石灰不同处理之间差异亦不明显。

3),且用量最大的处理③促进作用最为明显,3 月 16 日全部植株均已完成抽茎;处理①和处理②与处理③相比,全部植株抽茎时间推迟 7 d,到 3 月 23 日全部抽茎时,对照抽茎率仅为 83.3%。



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

图 2 不同处理对叶数的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on leaf numbers

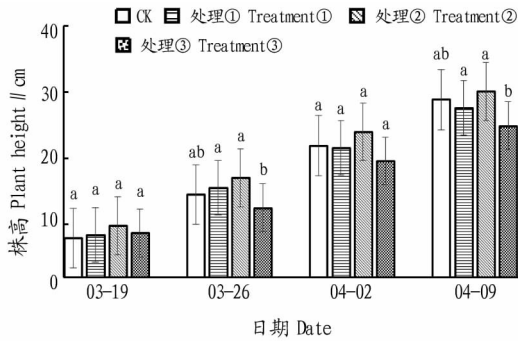
2.2.3 对抽茎的影响。施用熟石灰能够促进附子抽茎(表

表 3 不同处理对抽茎率的影响

Table 3 Effects of different treatments on smoking rate of stem %

处理 Treatment	03 - 10	03 - 16	03 - 23
CK	83.3	83.3	83.3
①	83.3	83.3	100.0
②	50.0	83.3	100.0
③	83.3	100.0	100.0

2.2.4 对株高的影响。由图 3 可知,各处理附子的生长趋势基本一致,3 月 19 日—4 月 9 日由于气温增高,附子生长速度加快,4 月 10 日去顶后,附子生长速度减慢,最后趋于稳定。处理②与处理①总体上对附子生长有促进作用,不同程度增加了株高,但与对照相比,株高增加不显著;熟石灰施用量最大的处理③总体上延缓了附子生长,不同观测时期(除 3 月 19 日外)株高均比对照低,但差异亦不显著。



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

图3 不同处理对株高的影响

Fig. 3 Effects of different treatments on plant height

表4 不同处理对产量的影响

Table 4 Effects of different treatments on yield

处理 Treatments	成活率 Survival rate/%	附子个数 Number of <i>A. Carmichaeli</i> //个	附子鲜重 Fresh weight of <i>A. Carmichaeli</i> //g	附子干重 Dry weight of <i>A. Carmichaeli</i> //g	附子总产量(干重) Total yield of <i>A. Carmichaeli</i> (dry weight)//g
CK	50.0	2 b	13.73 c	3.32 b	7.32
①	50.0	3 b	24.46 b	5.39 b	16.16
②	83.3	4 a	32.26 a	8.65 a	29.88
③	100.0	3 b	27.59 b	5.92 b	33.20

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$)

性铝浓度提高,酸性土壤铝毒害是抑制作物生长和导致作物减产的主要原因^[13-14],这也可能是酸性土壤环境中附子的生长发育受阻的重要原因。施用石灰类土壤改良剂是改良酸性土壤的常用措施^[15],该试验以熟石灰为原料,通过盆栽试验研究不同用量的熟石灰施用对土壤pH的影响,结果发现,熟石灰不同施用量(1 350、1 800和2 250 kg/hm²)土壤pH均有显著提高,这与胡德春等^[16]的结论较为一致。该研究中,施用熟石灰可以显著提高土壤pH,但随着熟石灰用量的增加,pH增加值减小,与前人研究的土壤pH随熟石灰用量增加而不断增加的结论不一致^[16]。可能是由于该试验年限较短,取样及测定过程造成误差;亦可能是因为石灰类改良剂施用量过大,造成表层土壤板结,破坏土壤结构,引起土壤营养元素平衡失调,加剧了土壤复酸化的程度^[17-19]。

土壤酸性不同,所需的熟石灰用量不同,对附子生长发育以及产量的影响不同,因此,针对土壤酸化程度,施用适量的熟石灰对附子的生长发育及产量至关重要。该研究中,施用熟石灰可以不同程度地促进附子的出苗及抽茎,且随着熟石灰用量的增加,附子成活率增加,不同用量的熟石灰均在一定程度上增加了附子产量,这些结论与于树增等^[20]、鲁珩声^[21]的研究结论基本一致。从附子生长发育来看,中、低用量熟石灰(1 350、1 800 kg/hm²)能促进附子株高,而高用量(2 250 kg/hm²)则抑制植株生长,所有处理对附子苗期展叶数均无显著影响;从单株产量来看,熟石灰施用量以1 800 kg/hm²最优,该用量下附子植株长势较好,单株附子个数及产量均最高;但从每个处理所有重复的总产量来看,熟石灰

2.3 熟石灰施用对附子产量的影响 熟石灰施用能提高附子产量(表4)。处理②与处理③均提高了附子的成活率,且随着熟石灰用量增加,附子的成活率提高。熟石灰不同施用量的3个处理均提高了附子的单株产量,尤其以处理②提高效果最为明显,在附子个数、鲜重与干重上均显著高于对照($P < 0.05$);处理①与处理③亦在不同程度上增加了附子个数、鲜重及干重,但除鲜重外,均未达到显著水平。同一处理所有重复的附子总干重受成活率、单株干重的影响。熟石灰3个处理的总干重均高于对照,其中以处理③最高,主要原因是处理③的成活率最高。

3 讨论

由于化肥的大量施用,江油附子土壤普遍酸化^[5]。酸性土壤中淋溶作用非常强烈,导致土壤中的Ca、Mg、P等营养元素大量淋失,可溶盐基离子和交换性盐基离子减少,可溶

施用量为2 250 kg/hm²最佳,该用量下附子成活率最高,以致最终产量高于其他处理及对照。生产上使用熟石灰改良附子地酸性土壤时,应根据实际情况,综合考虑附子栽培中的个体效应与群体效应,以达到最优的生产效益。

参考文献

- [1] 肖培根. 新编中药志:第1卷[M]. 北京:化学工业出版社,2002:536-541.
- [2] 贺勋. 地道中药材附子的高产栽培技术[J]. 四川农业科技,2008(1):40-41.
- [3] 孙志国,程东来,刘成武,等. 四川省道地药材类国家地理标志产品的保护分析[J]. 西南农业学报,2010,23(2):532-537.
- [4] 张欢强,慕小倩,梁宗锁,等. 附子连作障碍效应初步研究[J]. 西北植物学报,2007,27(10):2112-2115.
- [5] 黄晶,任品安,邹强,等. 四川江油市附子地土壤pH研究[J]. 园艺与种苗,2016(8):31-32,35.
- [6] 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.
- [7] 敖俊华,黄振瑞,江永,等. 石灰施用对酸性土壤养分状况和甘蔗生长的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(15):266-269.
- [8] 杨静,谭永锋,肖志强,等. 不同剂量石灰对酸化稻田土壤养分含量及水稻产量的影响[J]. 安徽农业科学,2015,43(36):175-176,179.
- [9] 张燕,李晓明,任振丽,等. 不同石灰处理对丹参生长、生物量和活性成分的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(7):75-79.
- [10] 张燕,櫻井美希,陈美兰,等. 不同石灰处理对苍术生长、产量和挥发性成分影响的研究[J]. 中药材,2015,38(3):429-432.
- [11] 李青苗,李彬,郭俊霞,等. 生石灰、硫磺对土壤pH、川芎生长发育及药材中镉含量的影响[J]. 中药材,2016,39(1):16-20.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [13] 蔡东,肖文芳,李国怀. 施用石灰改良酸性土壤的研究进展[J]. 中国农学通报,2010,26(9):206-213.
- [14] 赵天龙,解光宇,张晓霞,等. 酸性土壤上植物应对铝胁迫的过程与机制[J]. 应用生态学报,2013,24(10):3003-3011.

(下转第115页)

材中齐墩果酸和熊果酸含量的超高效液相色谱-三级四极杆质谱(UPLC-TQMS)方法;选用 Waters Acquity UPLC BEH C18 柱,乙腈-5 mmol/L 乙酸铵水溶液(氨水调至 pH 9.24)为流动相,梯度洗脱,负离子模式下检测;齐墩果酸和熊果酸的回收率分别为 101.1% 和 100.8% (RSD 分别为 1.80% 和 0.04%);使用该法对 10 种不同中药材中齐墩果酸和熊果酸含量进行检测,与已报道方法相比,该方法具有有机溶剂用量少、干扰小、准确度高且超高效分离的特点。李成等^[36]开发了测定枣中 OA 和 UA 含量的 HPLC-MS 定性定量分析方法,OA 和 UA 的加标回收率分别为 80.17% (RSD 为 9.54%)、95.93% (RSD 为 2.87%)。

3 总结

天然产物中齐墩果酸和熊果酸的提取纯化方法众多,一般分为液相萃取和固相萃取两大类,液相萃取方法简便、价廉,缺点是耗时长、反应条件不温和,不符合当今“绿色化学”的主题;固相萃取优点包括耗时短、有机溶剂使用量少,由于特定的固相吸附剂,得到的富集倍数更高,但对于大范围内药有效成分的富集提取不太适合。总而言之,2 种方法各有所长。

而对于天然产物中齐墩果酸和熊果酸的分析方法而言,运用最为广泛的是 HPLC,色谱条件也较为成熟,不同检测器得到的结果有些许差别,超高效液相色谱-三级四极杆质谱法得到的结果最佳。

近年来,对于 OA 和 UA 药效方面的研究层出不穷,而如何从各种天然产物中将这 2 种目标化合物提取分离出来,对于进一步的药理学研究意义重大,该研究为含有 OA 和 UA 的天然产物的药效研究提供试验基础及科学依据。

参考文献

- [1] 王立新,韩广轩,刘文庸,等. 齐墩果酸的化学及药理研究[J]. 药学实践杂志,2001,19(2):104-107.
- [2] 李开泉,陈武,熊筱娟,等. 乌索酸的化学、药理及临床应用进展[J]. 中成药,2002,24(9):709-711.
- [3] 牛波,邱海霞,田景振,等. 超声强化提取技术[J]. 山东中医杂志,2000,19(10):629-630.
- [4] 李坤平,潘天玲,贾永光,等. 超声波强化溶剂提取姜味草中熊果酸和齐墩果酸[J]. 林产化学与工业,2009,29(3):111-114.
- [5] 霍玉兰,范小芹,赵天聪. 超声法提取山楂果中熊果酸和齐墩果酸的工艺研究[J]. 应用化工,2013,42(10):1832-1835.
- [6] 卢彦芳,张福成,安静,等. 微波辅助萃取应用研究进展[J]. 分析科学学报,2011,27(2):246-252.
- [7] 黄建林,张展霞. 微波萃取-高效液相色谱法测定番石榴叶中的齐墩果酸和熊果酸[J]. 化学与生物工程,2005,22(4):52-54.
- [8] 汪文浩,郑美瑜,陆胜民. 微波辅助提取枇杷花中齐墩果酸和熊果酸的工艺优化[J]. 食品工业科技,2013,34(22):227-231.
- [9] RICHTER B E, JONES B A, EZZELL J L, et al. Accelerated solvent extraction: A technique for sample preparation[J]. Analytical chemistry, 1996, 68(6):1033-1039.
- [10] 王文俊,白玮玮,李军超,等. 一种测定女贞子中齐墩果酸和熊果酸的新方法[J]. 西北植物学报,2011,31(9):1894-1899.

- [11] BERIJANI S, ASSADI Y, ANBIA M, et al. Dispersive liquid-liquid micro-extraction combined with gas chromatography-flame photometric detection; Very simple, rapid and sensitive method for the determination of organophosphorus pesticides in water [J]. Journal of chromatography A, 2006, 1123(1):1-9.
- [12] LEONG M I, CHANG C C, FUH M R, et al. Low toxic dispersive liquid-liquid microextraction using halosolvents for extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples [J]. Journal of chromatography A, 2010, 1217(34):5455-5461.
- [13] 郝耀梅. 液相微萃取在中药齐墩果酸和熊果酸分析及其与蛋白结合中的应用研究[D]. 太原:山西医科大学,2013.
- [14] 贾小燕,李念兵,罗红群. 基于离子液体的分散液相微萃取高效液相色谱法同时测定蓝花楹中的熊果酸和齐墩果酸[J]. 分析化学,2009,37(S1):208.
- [15] 傅若农. 近年国内固相萃取-色谱分析的进展[J]. 分析试验室,2007,26(2):100-122.
- [16] 盛灵慧,高运华,王晶,等. 固相萃取-高效液相色谱法测定枣中熊果酸和齐墩果酸[J]. 化学分析计量,2008,17(4):18-20.
- [17] 江铁军. SPE- RP- HPLC 法测定女贞子药材中齐墩果酸、熊果酸的含量[J]. 广东药学院学报,2007,23(5):513-515.
- [18] HILAL N, KOCHKODAN V. Surface modified microfiltration membranes with molecularly recognising properties [J]. Journal of membrane science, 2003, 213(1/2):97-113.
- [19] KIM T H, KI C D, CHO H, et al. Facile preparation of core-shell type molecularly imprinted particles; Molecular imprinting into aromatic polyimide coated on silica spheres [J]. Macromolecules, 2005, 38(15):6423-6428.
- [20] YANG H H, ZHANG S Q, TAN F, et al. Surface molecularly imprinted nanowires for biorecognition [J]. Journal of the American chemical society, 2005, 127(5):1378-1379.
- [21] 徐伟箭,项伟中,周晓,等. 基于硅胶表面修饰的分子印迹技术研究进展[J]. 应用化学,2003,20(10):919-923.
- [22] 杨律文,刘含茂,屈贺磊,等. 硅胶表面熊果酸分子印迹聚合物的制备和分子识别特性 [J]. 应用化学,2008,25(2):137-141.
- [23] 张朝晖,杨潇,张华斌,等. 多壁碳纳米管表面熊果酸印迹聚合物的制备及固相萃取[J]. 高分子学报,2011,40(12):1470-1476.
- [24] 严华,王宝葵,鲁静. 薄层色谱法分离齐墩果酸和熊果酸[J]. 药物分析杂志,2009,29(12):2168-2170.
- [25] 都述虎,饶金华,耿武松. 薄层扫描法测定木瓜中齐墩果酸的含量[J]. 中草药,2003,34(1):35-37.
- [26] 肖美添,叶静,黄雅燕,等. 胶束毛细管电泳测定枇杷叶中熊果酸和齐墩果酸的含量[J]. 药物分析杂志,2007,27(5):724-727.
- [27] 王瑞,王淑美,梁生旺,等. 胶束电动毛细管色谱法分离分析山茶黄中齐墩果酸和熊果酸[J]. 中药材,2007,30(8):946-950.
- [28] 闫花丽,赵陆华,朱丹妮,等. 衍生化气相色谱法测定夏枯草中齐墩果酸和熊果酸的含量[J]. 中国中药杂志,1999,24(12):744-745.
- [29] 黄建林,张展霞. GC-MS 同时测定番石榴叶中的齐墩果酸和熊果酸[J]. 分析测试技术与仪器,2005,11(3):178-181.
- [30] 王雨梅,杜瑞芳,刘卫东,等. HPLC 法同时测定毛建草中齐墩果酸和熊果酸的含量[J]. 西北药学杂志,2008,23(2):84-85.
- [31] 罗智敏,ELISA LINARES NAVARRO,陶燕铎,等. HPLC-DAD 法测定血满草中熊果酸和齐墩果酸的含量[J]. 天然产物研究与开发,2011,23(6):1095-1098.
- [32] 王欢,吴莹,黄嫣,等. HPLC-DAD 同时测定白花蛇舌草中齐墩果酸和熊果酸的含量[J]. 中药与临床,2016,7(1):20-22.
- [33] 赵韶华,刘敏彦,王玉峰,等. HPLC-ELSD 法同时测定连翘叶中齐墩果酸和熊果酸[J]. 食品科学,2012,33(2):224-226.
- [34] 廖彦. HPLC-ELSD 法测定泽兰中齐墩果酸和熊果酸的含量[J]. 西部中医药,2015,28(6):29-31.
- [35] 杨晓静,陈丽娜,秦瑶,等. UPLC-MS/MS 法测定中药材中齐墩果酸与熊果酸的含量[J]. 分析测试学报,2016,35(6):753-757.
- [36] 李成,何义,陈灿,等. HPLC-MS 法测定枣中的齐墩果酸和熊果酸[J]. 食品研究与开发,2013,34(15):75-77.

(上接第 112 页)

- [15] 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,2009,25(20):160-165.
- [16] 胡德春,李贤胜,尚健,等. 不同改良剂对棕红壤酸性的改良效果[J]. 土壤,2006,38(2):206-209.
- [17] 孟赐福,傅庆林,水建国,等. 浙江中部红壤施用石灰对土壤交换性钙、镁及土壤酸度的影响[J]. 植物营养与肥料学报,1999,5(2):129-136.

- [18] 王宁,李九玉,徐仁扣. 土壤酸化及酸性土壤的改良和管理[J]. 安徽农学通报,2007,13(23):48-51.
- [19] 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.
- [20] 于树增,隋春青,林秀渠. 熟石灰在西洋生产上的应用试验[J]. 人参研究,2005(2):24-26.
- [21] 鲁衍声. 石灰改良酸性红壤研究现状及展望[J]. 贵州农业科学,1987(5):46-52.