

常规浸提剂与联合浸提剂测定我国北方石灰性土壤有效磷钾的比较^①

刘婷娜, 苏永中, 范桂萍, 张珂

(中国科学院西北生态环境资源研究院, 中国科学院内陆河流域生态水文重点实验室, 兰州 730000)

摘要: 使用常规浸提剂与两种联合浸提剂 Mehlich 3(M3)、ASI 分别测定了中国 8 个地区 10 种土壤样品的有效磷、速效钾含量, 分析比较了常规浸提剂与两种联合浸提剂测定土壤有效磷速效钾的差异性及相关性。统计分析表明, 对于有效磷, M3、ASI 两种联合浸提剂的浸提结果均大于常规浸提剂的浸提结果, 且 M3 浸提剂浸提结果的变幅较常规浸提剂浸提结果相对较小, 而精确度较高。相关分析表明, 常规浸提结果与 M3 浸提结果呈极显著正相关($P < 0.01$), 相关系数为 0.680。对于速效钾, M3 浸提剂的浸提量较常规浸提剂相近, 常规浸提量与 M3 浸提量呈极显著正相关($P < 0.01$), 相关系数为 0.996。综合而言, M3 这种联合浸提剂是测定土壤有效磷、速效钾的理想浸提方法。

关键词: 常规浸提剂; M3 联合浸提剂; ASI 联合浸提剂; 土壤有效磷; 土壤速效钾

中图分类号: S151.9+5 **文献标识码:** A

土壤有效养分的测试主要包括土壤有效磷、速效钾浸提与测定, 它是监控土壤肥力水平与土壤污染程度的有效手段, 随着现代分析技术和自动化精密分析仪器的快速发展, 影响样品有效磷、速效钾测定的关键因素是有效磷、速效钾的浸提。测定土壤有效磷的常规浸提剂主要是 0.5 mol/L NaHCO₃(Olsen-P), 浸出液中的磷可以通过钼锑抗比色法测定; 测定土壤速效钾的常规浸提剂是 1 mol/L NH₄OAc, 浸提液用火焰光度计测定^[1]。在土壤养分常规测定中, 针对不同的土壤类型采用不同的浸提剂, 这种方法浸提时间长, 操作复杂, 费工、费时, 效率低、成本高, 从而不利于大批量和快速测定。

因此, 为了提高测试工作效率, 探索最佳的土壤联合浸提剂已非常必要。国内外许多土壤专家一直在研究、寻找能浸提多种土壤有效养分的通用浸提剂或联合浸提剂、多元素浸提剂等, 主要包括 AB-DTPA 和 0.01 mol/L CaCl₂ 等试剂。当前对土壤联合浸提剂的研究已经取得了一些显著效果的有: Morgan 试剂、Mehlich 3 试剂(M3)、Mehlich 1 试剂(M1)、Soltanpour-Swab 试剂(AB-DTPA)和 ASI 浸提剂^[2-5], 其中 M3、ASI 这两种联合浸提剂适用于各种土壤。

为此, 本研究采集 10 种土壤类型分别用常规浸提剂和联合浸提剂 M3、ASI 分析其土壤有效磷、速

效钾的含量, 并对常规浸提剂与联合浸提剂的测定值进行比较, 研究其差异性和相关性, 评价其适用性, 以期弄清两者的差异性和适用性。

1 材料与方法

1.1 供试土样

从中国 8 个地区采集了 10 种土壤样品, 采样地点及供试土壤的基本性质见表 1。本试验统一采用 0.25 mm 风干过筛的土样进行测定。

1.2 仪器

紫外分光光度计和火焰光度计。

1.3 测定方法

1.3.1 常规法浸提剂 土壤有效磷: 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提(Olsen-P), 土壤速效钾: 1 mol/L 中性 NH₄OAc 浸提(NH₄OAc-K)。

1.3.2 联合浸提剂 M3 法浸提液^[6]: 0.001 mol/L EDTA + 0.015 mol/L NH₄F + 0.25 mol/L NH₄NO₃ + 0.2 mol/L HOAc + 0.013 mol/L HNO₃, pH 2.5。ASI 法浸提液^[6]: 0.25 mol/L NaHCO₃ + 0.01 mol/L EDTA + 0.01 mol/L NH₄F。

1.4 操作步骤

常规法测定有效磷称土 2.5 g, 加 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提液 50 ml, 液土比是 20:1。测定速效钾

基金项目: 国家重点研发计划项目(10Y710F71)和青年科学基金项目(1107Y511261)资助。

作者简介: 刘婷娜(1987—), 女, 甘肃西峰人, 硕士, 工程师, 主要从事土壤理化性状研究。E-mail: 632711516@qq.com

称土 5 g, 加入 1 mol/L 中性 NH_4OAc 浸提液 50 ml。联合浸提剂测定时 M3 法的液土比是 10:1, ASI 法的液土比是 20:1。浸提后有效磷使用钼锑抗比色法测定, 速效钾使用火焰光度法测定。

1.5 统计方法

使用 SPSS 10.0 对测定结果进行统计分析, 其中不同方法测定结果的比较使用单因素方差分析 (One-Way ANOVA)。

表 1 供试土壤的基本化学性质
Table 1 Chemical properties of tested soils

土样编号	采样点	土壤类型	深度(cm)	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	pH
A	西藏那曲	褐土	0~20	8.9	0.68	8.07
B	西藏阿里	暗棕壤	0~20	71.7	4.55	8.38
C	西藏阿里	潮砂土	0~20	3	0.25	8.44
D	甘肃甘南	草甸土	0~20	148.9	8.25	8.39
E	宁夏沙坡头	栗钙土	0~20	9.89	0.65	8.61
F	甘肃临泽	浊棕土	0~20	7.3	0.52	8.33
G	甘肃临泽	风沙土	0~20	8.57	0.67	8.65
H	甘肃张掖	漠钙土	0~20	4.7	0.49	8.39
I	甘肃陇东	黄绵土	0~20	12.4	0.73	8.64
K	祁连山	麻灰黑土	0~20	1.89	0.81	7.49

2 结果与讨论

2.1 测定均值的比较

2.1.1 土壤有效磷 由表 2 可知, M3-P、ASI-P 的测定值较大, 平均值分别为 17.64、24.03 mg/kg, 而 Olsen-P 的测定值较小, 平均值为 7.18 mg/kg。M3-P、ASI-P 平均值分别是 Olsen-P 的 2.46 倍和 3.35 倍。可见, M3-P、ASI-P 两种联合浸提剂的浸提结果均大于常规浸提结果, 沈仁芳和蒋柏藩^[8]在研究中同样发现 M3-P 的测定值比 Olsen-P 大, 大约是后者的 2.3 倍。可见联合浸提剂对土壤中不同形态的磷皆有浸提作用, 这与成瑞喜和刘景福^[9]、李贵华^[10]研究结果一致。本试验中 ASI-P 测定时采用与 Olsen-P 相同的水土比(20:1), 结果发现除漠钙土(H)、黄绵土(I)、麻灰黑土(K) 3 种土壤以外, 其他供试土壤的标准差均小于 Olsen-P 的标准差; 而 M3-P 法的水土比为 10:1, 其测定 10 种土壤的标准差也均小于 Olsen-P, 这与以前的研究中常规法 Olsen-P 的精确度高的结论不一致^[11]。这可能是由于常规法采用的液土比是 20:1, 因此, 针对常规方法可在测定时适当降低水土比。从浸提土壤有效磷的测定结果、操作时间、方法来看, 由于 M3 试剂不但本身稳定, 便于实验室人员大批测定配制和长期储存, 而且 M3 法震荡时间短、操作方便、结果稳定。因此, 3 种浸提方法中 M3 浸提方法最好。

2.1.2 土壤速效钾 由表 3 可知, M3-K 的平均值

211 mg/kg, $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ 的平均值为 216.67 mg/kg, M3-K 的浸提量较 $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ 浸提量相近, ASI 浸提结果普遍小于 M3 的浸提结果。即 M3 的测定值一般较高, 便于养分水平的分级。M3-K 浸提结果与 $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ 提取的钾之间结果相近, 与其他研究结果一致^[12-13]。因为 M3 法尚缺系统的丰缺指标, 因此可依靠 M3-K 与 $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ 的相关性换算出试用的丰缺指标。 $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ 用 1 mol/L 乙酸铵浸提剂能提取土壤中有有效性钾, 而且振荡时间 30 min; M3 浸提剂能同时提取土壤中有有效性的钾及其他元素, 仅需振荡 5 min, 并可同时进行其他项目的分析。由此可见, M3 这种联合浸提剂是测定土壤速效钾的理想浸提方法。

2.2 测定结果的准确度和变异

从试验结果中还可以看到, M3-P、ASI-P 测定结果变幅较大, 最大值分别是最小值的 11.13 倍、26.49 倍, 而 Olsen-P 的变幅相对较小, 其最大值仅为最小值的 5.44 倍, 这与前人研究中 Olsen 法测定有效磷变幅较小的结果相同^[15]。这是因为常规法 Olsen-P 的测定值受温度影响较大, 在温差大时需要采取补救措施, 这一问题已有相关研究并提出经验校正^[16-17]。对于速效钾, M3-K 测定的土壤速效钾的数值范围为 66~913 mg/kg, 平均值 211 mg/kg, 1 mol/L $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ 测定的土壤速效钾的数值范围为 56~1 020 mg/kg, 平均为 216.67 mg/kg。可见 M3 法提取的土壤速效钾量与 NH_4OAc 法结果相近, 这与以往国内外大量的研究结果相一致^[12-13]。从试验结果的标准差来看, 对

表 2 三种分析方法土壤有效磷含量测定值的比较
Table 2 Available-P contents determined by three methods

方法	土样编号				
	A	B	C	D	E
Olsen-P	4.62 ± 4.85 Ab	18.29 ± 15.46 Ba	12.02 ± 10.92 Bab	7.40 ± 1.16 Cab	4.46 ± 3.89 Ab
M3-P	10.54 ± 2.70 Aef	46.74 ± 7.88 Aa	29.67 ± 0.69 Ac	20.43 ± 0.35 Ad	5.80 ± 0.54 Afg
ASI-P	8.24 ± 1.73 Ade	37.80 ± 1.80 ABb	19.97 ± 1.49 ABc	15.31 ± 0.53 Bcd	4.65 ± 0.95 Ae
方法	土样编号				
	F	G	H	I	K
Olsen-P	4.46 ± 2.62 Ab	4.12 ± 1.9 Ab	3.36 ± 0.59 Ab	4.77 ± 1.06 Cb	8.21 ± 4.33 Cab
M3-P	5.11 ± 0.48 Ag	4.81 ± 0.50 Ag	4.20 ± 0.63 Ag	14.43 ± 0.41 Ae	34.67 ± 2.93 Bb
ASI-P	7.75 ± 1.37 Ade	6.45 ± 0.65 Ae	7.98 ± 3.67 Ade	8.93 ± 1.71 Bde	123.19 ± 12.08 Aa

注：同列数据大写字母不同表示同一土样不同测定方法间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，同行数据小写字母不同表示同一测定方法不同土样间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平，下表同。

表 3 三种分析方法土壤速效钾含量测定值的比较(K_2O , mg/kg)
Table 3 Available-K contents determined by three methods

方法	土样编号				
	A	B	C	D	E
NH ₄ OAc-K	173 ± 5.77 ABc	206 ± 5.77 Ab	113 ± 11.55 Ae	153 ± 5.77 Bd	56 ± 5.77 Bg
M3-K	186 ± 49.33 Ab	176 ± 5.77 Bb	120 ± 0.00 Ac	173 ± 5.77 Ab	66 ± 5.77 ABd
ASI-K	120 ± 10.00 Bb	73 ± 5.77 Cde	73 ± 5.77 Bde	100 ± 0.00 Cc	80 ± 10.00 Ad
方法	土样编号				
	F	G	H	I	K
NH ₄ OAc-K	76 ± 5.77 Bf	103 ± 5.77 Be	146 ± 5.77 Ad	116 ± 5.77 Ae	1020 ± 20.00 Aa
M3-K	86 ± 5.77 Ad	136 ± 5.77 Ac	130 ± 0.00 Bc	120 ± 0.00 Ac	913 ± 11.55 Ba
ASI-K	60 ± 0.00 Cf	66 ± 5.77 Cef	73 ± 5.77 Cde	76 ± 5.77 Bde	193 ± 5.77 Ca

于有效磷,除后 3 种土壤外,常规浸提剂的结果最差,这可能是由于常规法中水土比为 20:1,取样量少,导致每次测定间的差异增大。M3 浸提剂、ASI 浸提剂测定有效磷的精确度较常规 Olsen 法高,且除土壤钾外,两种联合浸提剂的测定方法较常规方法的结果有显著差异,但有机质含量对测定结果的干扰在 3 种浸提测定方法的差异性比较上并不一致,如阿里潮砂土(C)有机质含量较低,而甘南草甸土(D)有机质含量较高,但 3 种浸提方法未出现显著性差异,而其余土壤的测定结果表现出常规浸提剂与其中一种联合浸提剂有显著差异 ($P < 0.05$)。对于速效钾,ASI 浸提剂多次重复测定的结果重现性好,精密度高。

2.3 测定结果的相关性分析

2.3.1 土壤有效磷 由表 4 可知,常规浸提剂与 M3 浸提剂测定结果呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为 0.680; M3 浸提剂与 ASI 浸提剂测定结果呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为 0.616; 而 ASI 浸提剂与常规浸提剂之间无显著相关,这与熊桂云等^[18]研究发现 ASI-P 与 Olsen-P 呈极显著正相关的结果不一致。

2.3.2 土壤速效钾 由表 5 可知,常规浸提剂与 M3 浸提剂测定结果呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为 0.996,这与国内外大量研究结果一致^[3, 12]。常规浸提剂与 ASI 浸提剂测定结果呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为 0.910,这与熊桂云^[18]的研究结果 ASI-K 与 NH₄HOAc-K 呈极显著正相关的结果一致; 与丁英等^[19],袁家富等^[20]研究 ASI 浸提剂和常规浸提剂测定土壤有效磷和速效钾的结果相近,认为两种浸提剂测定的土壤养分有较好的相关性。同时本研究也发现 M3 浸提剂与 ASI 浸提剂测定结果呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为 0.920。

表 4 不同测定方法所测土壤有效磷结果之间的相关性
Table 4 Correlation coefficients among available-P contents determined by different methods

	Olsen-P	M3-P	ASI-P
Olsen-P	-	0.680**	0.233
M3-P	0.680**	-	0.616**
ASI-P	0.233	0.616**	-

注：* 表示相关性达到 $P < 0.05$ 显著水平，** 表示相关性达到 $P < 0.01$ 显著水平，下表同。

表 5 不同测定方法所测土壤速效钾结果之间的相关性
Table 5 Correlation coefficients among available-K contents determined by different methods

	NH ₄ HOAc-K	M3-K	ASI-K
NH ₄ HOAc-K	—	0.996**	0.910**
M3-K	0.996**	—	0.920**
ASI-K	0.910**	0.920**	—

2.4 M3 法、ASI 法测定值与植物吸收的相关性

从本试验的结果来看,对于土壤有效磷 M3 法与常规法呈极显著正相关,对于土壤速效钾 M3 法、ASI 法均与常规法呈极显著正相关,但是,无论是 ASI 法还是 M3 法在不同土壤类型上浸提的有效磷含量都有较大的变异,要想推广 ASI 法和 M3 法还需要结合 Olsen 法的分级指标并根据田间栽培试验建立相应的养分丰缺指标。因此,探讨两种联合浸提剂测定有效磷、速效钾与作物养分的吸收性十分必要。

目前,常规土壤速效养分的测定方法都是经过大量的研究证明了其土壤测定值与植物吸收具有较好的相关性,即浸提出的速效养分含量可以代表植物吸收速效性的水平,常规法已被广泛应用于农业生产中。杨俐苹等^[21]的研究表明 ASI 法测定的土壤磷、钾与作物吸收有良好的相关性。席家军等^[22]研究甘肃河西走廊灌漠土、陇中黄绵土、陇东黑垆土和陇南褐土的结果显示 ASI 法和 M3 法的测定值与植物生物量的相关系数都大于 Olsen 法,说明两种方法的测定值与植物吸收的相关性较好。甄清香等^[23]的研究结果也显示 M3 提取的磷与作物的产量有很好的相关性。成瑞喜等^[9]测定中,酸性土壤有效磷含量的试验表明,ASI 法测定值与高粱幼苗生物产量、植物吸磷量均呈极显著相关。金继运^[24]的报道显示了 ASI 法已在我国 13 个省 104 个土壤中进行了盆栽试验,且绝大部分的试验是成功的,依据化学分析和吸附试验所确定的最佳处理都获取了最大的或接近于最大的干物质生物量。在山东、河北、吉林和黑龙江的十几个土壤上,依据盆栽时研究结果,选择 1~4 个元素进行了田间试验研究,结果表明,盆栽试验中发现的严重影响干物质产量的主要养分限制因子,在田间试验中也都得到了验证。杨佩珍等^[25]应用 ASI 法施肥推荐,研究了上海松江区佘山镇将凤农场的耕地土壤养分,结果表明,麦子产量与土壤速效养分含量密切相关。但是,吴志鹏和张家侠^[26]与胡德春等^[27]的研究显示在分析有效磷含量较低的土壤时,联合浸提剂与常规方法没有达到极显著的相关性或无相关性,因此在诊断土壤缺磷状况时可能存在一定的问题,这有

待于进一步研究解决,这就需要我们进行进一步的田间试验来研究其与植物吸收的相关性,确立 ASI 法和 M3 法在不同土壤类型上的养分丰缺指标和施肥推荐模型,最终来指导农业生产。

3 结论

采用常规浸提剂与两种联合浸提剂测定土壤有效磷,就 10 种土壤整体而言,M3 浸提剂测定土壤有效磷的结果最好,且 M3 浸提剂与常规浸提剂呈极显著正相关。3 种浸提剂测定土壤速效钾的结果来看,M3 浸提剂提取的土壤速效钾量与常规浸提剂提取的钾量结果相近,且 3 种浸提剂之间两两呈极显著正相关,说明 M3、ASI 浸提剂均适合速效钾的测定,而且与常规浸提剂呈极好的相关性。可见,M3 这种联合浸提剂是测定土壤有效磷、速效钾的理想浸提剂。

参考文献:

- [1] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005
- [2] Benton J J. Soil test methods: Past, present and future use of soil extractants[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1998, 29(11/12/13/14): 1543-1552
- [3] Elrashidi M A, Mays M D, Lee C W. Assessment of Mehlich 3 and ammonium bicarbonate-DT PA extraction for simultaneous measurement of fifteen elements in soils[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2003, 34(19/20): 2817-2838
- [4] Wang J J, Harrell D L, Henderson R E, et al. Comparisons of soil test extractants for phosphorus, potassium, magnesium, sodium, zinc, copper, manganese, and iron in Louisiana soils[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2004, 35(1/2): 145-160
- [5] Zbral J, Nmec P. Comparison of Mehlich2, Mehlich3, CAL, Schachtschabel, 0.01M CaCl₂ and aquaregia extractants for determination of potassium in soils[J]. Communications in Soils Science and Plant Analysis, 2005, 36: 95-803
- [6] 周建强, 伍海兵, 方海兰, 等. AB-DTPA 浸提法研究上海中心城区绿地土壤有效态养分特征[J]. 土壤, 2016, 48(5): 910-917
- [7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000
- [8] 沈仁芳, 蒋柏藩. Mehlich 3 浸提磷与石灰性土壤有效磷的关系[J]. 土壤通报, 1994, 25(3): 141-144
- [9] 成瑞喜, 刘景福. 用 ASI 法测定中、酸性土壤有效磷结果比较[J]. 华中农业大学学报, 1993, 12(4): 343-346
- [10] 李贵华. 漠境土壤的有效磷测定方法[J]. 中国农业科学, 1991, 24(6): 58-65
- [11] 韩琅丰, 李酉开. 石灰性土壤有效磷测定方法(GB/T 12297-1990)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1990

- [12] 喻华, 熊正辉, 王帅, 等. Mehlich 3 与常规方法测定重庆土壤的对比研究[C]. 首届全国测土配方施肥技术研讨会, 2006
- [13] 冯艳红, 孙彭寿, 李伟, 等. 紫色土壤有效养分快速测定方法选择研究[C]. 首届全国测土配方施肥技术研讨会, 2006
- [14] 王新民, 侯彦林, 杨信廷, 等. 农学与环境学上磷素测定方法在石灰性潮土中的应用比较[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(5): 1030-1033
- [15] 王永欢, 陈洪斌, 王丽, 等. Mehlich3 方法与常规方法测定土壤养分相关性初步研究[J]. 土壤通报, 2008, 39(4): 917-920
- [16] 彭千涛, 钦绳武. 温度对 Olsen 法提取土壤有效磷量的影响[J]. 土壤, 1980, 12(10): 28-30
- [17] 张鹤, 石军. 温度对 Olsen 法测定潮土有效磷的影响和校正方法的探讨[J]. 华北农学报, 1995, 10(3): 109-114
- [18] 熊桂云, 刘冬碧, 陈防, 等. ASI 法测定土壤有效磷、有效钾和铵态氮与我国常规分析方法的相关性[J]. 中国土壤与肥料, 2007(3): 73-76
- [19] 丁英, 刘德江, 张炎. ASI 法和常规分析法在新疆土壤测试中的应用[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(6): 820-823
- [20] 袁家富, 赵书军, 张继铭. ASI 法与常规法测定湖北旱地土壤有效养分的相关性研究[J]. 湖北农业科学, 2007, 46(3): 374-376
- [21] 杨俐苹, 金继运, 梁鸣早. ASI 法测定土壤有效 P, K, Zn, Cu, Mn 与我国常规化学方法的相关性研究[J]. 土壤通报, 2000, 31(6): 277-279
- [22] 席家军, 聂凯华. M3 法对土壤有效磷钾锰铜锌铁的联合测定结果[J]. 甘肃农业科技, 2007(7): 15-17
- [23] 甄清香, 邵煜庭, 李增风. 四种测定有效磷方法在灌漠土上相关性的研究[J]. 土壤, 1988, 20(5): 247-250
- [24] 金继运. 土壤养分状况系统研究法及其应用初报[J]. 土壤学报, 1995, 32(1): 84-90
- [25] 杨佩珍, 王国忠, 干春娟, 等. 松江土壤养分精准管理试验研究[J]. 土壤, 2005, 37(3): 312-316
- [26] 吴志鹏, 张家侠. ASI 法测定土壤有效磷、有效钾与我国常规方法的相关性研究[J]. 河北农业科学, 2008, 12(5): 151-152
- [27] 胡德春, 李贤胜, 杨平, 等. ASI 与常规方法测定土壤养分速效 P, K, Cu, Zn 的相关性研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(2): 477-478

Comparison Between General Extracting Agent and Combined Extracting Agent in Determining Available-P and Available-K Contents in Calcareous Soil

LIU Tingna, SU Yongzhong, FAN Guiping, ZHANG Ke

(Northwest Institute of Ecological Environment Resources, Chinese Academy of Sciences; Key Laboratory of Eco-Hydrology in Inland River Basin, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Soil available-P and available-K contents were measured and compared by two combined extracting agents and general extracting agent for 10 soil samples collected from different regions of China. The results showed that available-P determined by two combined extracting agents of M3 and ASI are greater than that by general extracting agent, and M3 method has a smaller variation but a higher accuracy. Significant correlation was found between M3 method and general method ($P < 0.01$) with a correlation coefficient of 0.680. Available-K contents determined by M3 method was similar to that by general method, and significant correlation was existed between the two methods ($P < 0.01$) with a correlation coefficient of 0.996. In a word, M3 combined extracting agent is an ideal digestion method in measuring soil available-P and available-K for calcareous soil.

Key words: General extracting agent; M3 combined extracting agent; ASI combined extracting agent; Soil available-P; Soil available-K