

高等农林学校教学参考書

农业化学实验指导

孙 羲 章子敏 編
刘嫩春 叶兆杰

高等教育出版社

高等农林学校教学参考書



农业化学实验指导

孙 羲 章子敏 編
刘嫩春 叶兆杰

高等教育出版社



本書系根据高教部 1955 年頒布的農業化学教学大綱編写而成。
全書內容共分三个部分：1. 土壤分析；2. 肥料分析；3. 植物分析。共分 19 个实验。其中部分內容是按照專業性質編写的，部分內容是按照地区性質編写的。

本書可供农学院农学系、园艺系和蚕桑系二年級学生参考之用。

农 業 化 学 实 驗 指 导

孙 義 章子敏 刘嫩春 叶兆杰編

高等教育出版社出版 北京琉璃廠 170 号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第 054 号)

上海奎記印刷廠印刷 新华書店总經售

統一書号 16010·114 开本 850×1168 1/32 印張 3 2/16 字數 73,000 印数 1—3,800
1957 年 12 月第 1 版 1957 年 12 月上海第 1 次印刷 定价(10) 洋 0.50

序

本書是按照 1955 年高教部頒布的農學專業農業化學教學大綱(實驗部分)和教學指導書中的要求編寫的。內容共分三部分：土壤分析、肥料分析和植物分析。為了和講課配合起見，故按照以上順序編寫。

由於考慮到各校所在地區不同，在編寫時就根據各地區的土壤性質，把實驗內容作了適當的安排。譬如土壤中有效磷的測定分別編寫了適于酸性土壤和石灰性土壤的兩種方法。石灰需要量的測定和石灰質肥料的分析可供在酸土地區的学校採用，土壤總碱度的測定可供鹽碱土地區的学校採用。為了避免實驗操作重複，部分實驗編寫了幾種方法，如土壤中有效氮和植物體中粗蛋白質測定法，在操作上有很多相同的地方，因此在編寫粗蛋白質測定時，除開氏法外還編寫了微量開氏法，可供各校根據設備條件選擇參考用。此外，在大多數實驗後，還寫了一個附註，內容包括實驗注意事項或問題討論，供學生學習時的參考。

本實驗內容約需 50 學時，如時間安排適當，可提前做完。因此另編寫了粗纖維、糖分和維生素丙測定三個實驗，供各校按各專業性質增補參考用。

本書內容主要取材于 A. B. 彼堅布爾斯基著：農業化學分析，但部分實驗在操作上作了適當的修改。我們認為，各個實驗方法如能作進一步的研究，還有不少的地方可以改進，希望農業化學的教師和有關方面的同志多多提供意見，給予指正，以便今後作進一步的修改。

本書曾經高教部聘請彭克明、姚歸耕、黃希素、裴保義、周正浩

和詹稷六位先生評閱，并提供很多意見；在修改过程中，我們还邀請了浙江师范学院化学系戚文彬先生給我們校閱，也提供了很多寶貴的意見，这些意見對我們帮助很大，我們表示衷心的感謝。

由于時間和業務水平的限制，錯誤在所难免，我們熱誠地歡迎來自各方面的批評和指正。

孙 羲，章子敏，刘嫩春，叶兆杰

1957 年六月于杭州

目 錄

序

土壤分析	1
实验 1 土壤样本的采取	1
实验 2 土壤中有效氮的测定	2
实验 3 土壤中有效磷的测定	7
实验 4 土壤中有效钾的测定	13
实验 5 土壤酸度和石灰需用量的测定	17
实验 6 土壤总碱度的测定	25
肥料分析	28
实验 7 磷质肥料的定性鉴定	28
实验 8 氨态氮肥中氮的测定	34
实验 9 磷质磷肥中磷酸的测定	36
实验 10 化学钾肥中钾的测定	43
实验 11 石灰质肥料中氧化钙的测定	49
植物分析	53
实验 12 植物样本中干物质和水分的测定	53
实验 13 植物灰分的测定	55
实验 14 粗蛋白质的测定	59
实验 15 粗脂肪的测定	65
实验 16 淀粉的测定	68
实验 17 粗纤维的测定	76
实验 18 还原糖和蔗糖的测定	79
实验 19 维生素丙的测定	85
附录	90
参考文献	94

土 壤 分 析

实验 1 土壤样本的采取

为了研究各農場土壤的農業化学性質,采取土壤样本,就必須有代表性和一致性。为此在一試驗区或在更大的耕地面積上,先要了解該地土壤的种类。如屬於同一土壤变种,可根据土地面積的大小,均等地采取 5—10 个样本。否則,可按照不同的土壤变种分別采取。此外,还須考慮最近 2—3 年內前作情况和施肥情况。假使前作和施肥情况是不一致的,那末即使在同一变种上也得按前作与施肥不同,划分小区,分別取样。在大面積土地上取样时,則在 15 畝以下的田塊可以不予單獨考慮,而可按其相似程度合併在隣近的一区。某些特殊因子如土壤坡度,積水窪地以及土中有較多的卵石等,取样时都得另行考慮。取样步驟是:先鏟去地面上植物殘体,繼而开以淺溝,选定一方向与地面成直角切下,深度約为 20 厘米左右(通常为耕作層深度,如有特殊需要,也可采取底層心土)。各处取土量要尽可能相似,上下土層厚度大致相同。土壤取畢后,如总土量过多,則可于当地分別將各土样于干淨的木板或紙上混合均匀,以对角取样法,一次或数次取出 0.3—0.6 公斤,裝入布袋內,同时將農場名称,采取地点,土壤种类(土类,亞类,土种及变种),取样深度,田間起伏情形,輪作制度,过去肥料用量,以及采取年月日等一一記載。

將采取的土壤帶回实验室內,先倒在干淨的木板上或干淨的紙上,將土塊捏碎,用鐮子除去夾雜物,如石塊、植物根、昆虫等。如有新生体(如鉄錳結核,石灰結核等)也要除去。然后充分混合,

稍晾干后輕微研細，以直徑 1 毫米篩子篩过(有时須用 0.5 毫米篩子)。所得样本可放在干淨的木板或紙板上，听其風干，数日后取出，儲存于具有磨光玻塞的玻璃瓶中，并編好号碼，以供檢定土壤的農業化学性質用。

如果是測定土壤溶液中氨态氮、硝态氮、有效磷、有效鉀、活性鋁和总碱度，最好直接用原湿润态的土壤(風干前土壤)分析。因風干时，由于大气中氧的氧化和土中微生物的活动，引起土中养料或多或少的损失，或轉变为其他形态。其他土壤的農業化学性質的分析，則可用風干样本。所有分析結果，不問湿润态或風干态，一律都要改算成烘干土重。

实验 2 土壤中有效氮的測定(裘林氏 水解性氮的測定)

目的 土壤有机質中的氨基酸、胺类等化合物很易被微生物水解为有效氮，而为植物利用。因此在短時間內可以礦質化的有机氮化物和氨态氮以及硝态氮都是植物可利用的形态。土壤中有氮的多寡是決定氮肥施用效果和氮肥施用数量的依据。我國大多数土壤缺少有效氮，所以施用氮肥对提高農業生產有很大的作用。为此，在施氮肥前，必須測定土壤中植物可利用的氮化物的含量，以做施肥的參考。

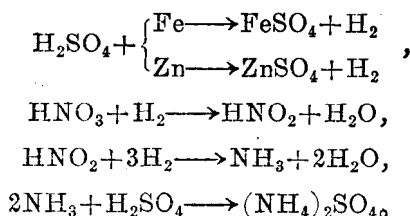
方法原理 土壤中有机質的分解，在最初階段是進行水解作用。裘林教授基于此原則，建議用 0.5N 冷 H_2SO_4 溶液來水解土壤中易于水解的有机态氮，使其变为氨基酸和氨化物，同时土壤中銨态氮和硝态氮也被提取出來。这些形态的氮經過还原、氧化处理后，都可轉变为氨态氮。以后加碱液蒸餾，并以标准酸吸收蒸出的氨，再以标准碱液滴定多余的酸。根据所用酸、碱液的量，就可

求出土壤中有氮的含量。此法于苏联黑钙土和灰化土中测定有效氮素并与田间试验结果比较,证明有 80% 相符合,它能正确地指出作物需氮情况。所以在黑钙土、草甸土及灰化土等土类上,此法颇有采用价值。

分析步骤

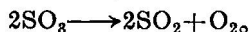
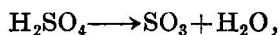
1. 水解:用普通天平称取 20 克风干土壤,置于 250—300 毫升三角瓶中,用移液管注入 0.5N H_2SO_4 溶液 100 毫升,摇动三分钟,静置过夜,经 16—18 小时后过滤。这时易水解的有机氮化物已水解为氨基态氮($-\text{NH}_2$),同时水溶性氮态氮和硝态氮也被提取出来。

2. 还原:精确地吸取滤液 50 毫升,放入 500 毫升的开氏烧瓶中,加 0.5 克锌铁混合剂(锌和铁的比例 9:1),煮沸至锌铁几乎用尽,以还原硝态氮为氨基态氮。其反应如下:



3. 氧化:稍冷却后,加入 5 毫升浓硫酸(比重 1.84),然后隔铁丝网在电炉上加热至有白烟(SO_2)逸出,液体变为淡棕色为止。如此处理的目的是促使含氮有机化合物进行氧化分解。为了加强这个作用,待稍冷却后,再加 2 毫升 20% 重铬酸钾溶液,重新煮沸约 5—10 分钟,待溶液现深绿色为止(三价铬离子的颜色)。这一步骤的主要作用是利用硫酸分解时所产生的 SO_2 ,促使水解后所形成的氨基态氮转变为氮态氮。氮态氮再与硫酸接合形成硫酸铵。所放出的氧则分别氧化有机质中的碳与氢,形成二氧化碳和水。到此,土壤中各种形态的有效氮化物统统变为氮态氮。主要反应

如下:



4. 蒸餾: 先把蒸餾裝置安好(圖 1)。在安裝以前, 先洗淨蒸餾器、安全球和連接球等。取洗淨的 250 毫升三角瓶一只, 用移液管放入 0.05N H_2SO_4 10 毫升, 同時加入甲基紅指示劑 2—3 滴, 蒸餾

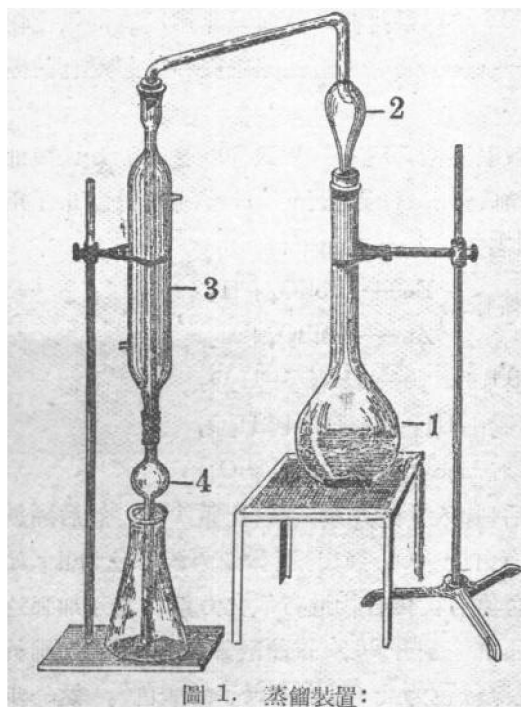


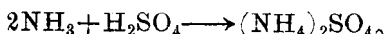
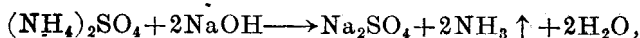
圖 1. 蒸餾裝置:

1. 開氏瓶; 2. 連接球; 3. 冷凝管; 4. 安全球。

水 20—30 毫升, 隨即與安全球相接, 使安全球下的玻璃管浸入三角瓶的液面下。處理妥當, 待開氏燒瓶冷卻後, 加蒸餾水 150—200 毫升, 紅色石蕊試紙一張, 搖勻, 然後用玻璃棒沿瓶壁徐徐加入 45% NaOH 溶液 25—30 毫升, 立即與連接球相接。為了避免蒸餾時跳動, 在加入鹼液前可加入稍許鋅粒。因鋅粒在 NaOH 溶液中能產生氫氣, 利用此氣來攪動溶液, 以免液體內各處溫度不均而發生跳動。蒸餾時先把冷凝管接在水龍頭上, 放入冷水, 然後輕輕搖動開氏瓶, 使鹼液混合均勻, 這樣可以提高蒸餾效率。若鹼量已加足, 石蕊試紙則顯藍色,

瓶内溶液大都呈现棕褐色(这是由于铁、锰等氢氧化物的胶状物浮于液面所致)。不然,必须再加碱液,直达溶液呈碱性,石蕊试纸变蓝色为止。接着加热蒸馏,蒸馏一段时间后,液体逐渐减少,胶状物逐渐下沉。当液体减少至原体积约 $1/3$ 到 $1/2$, 接受氮的三角瓶已不见有气泡逸出时,蒸馏可认为即将完成。这时可把安全球取下,用红色石蕊试纸检查蒸出的液体,若试纸不变色,蒸馏即可结束。用蒸馏水洗涤安全球内外壁,使管内外附着的酸统统洗入三角瓶中,以便以后滴定。

整个蒸馏过程约需 40—60 分钟。通常绝大部分的氮都在蒸馏开始时几分钟内被蒸出,以后数十分钟蒸出的氮极少。因此在开始蒸馏时不使氮在蒸出过程中有所损失,极为重要。蒸馏完毕,立即把整套装置拆掉,洗净。蒸馏时所起的反应如下:



5. 滴定:用 0.05N NaOH 溶液滴定剩余的酸至金黄色。滴定时要小心,力求避免超过终点。如超过则须用标准酸回滴。

结果计算 根据定量分析的酸碱滴定的基本原理,可知:

H_2SO_4 的毫克当量数 = NaOH 的毫克当量数 + NH_3 的毫克当量数;

NH_3 的毫克当量数 = N 的毫克当量数

$$= N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{H}_2\text{SO}_4} - N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}};$$

$$N \text{ 的毫克数} = (N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times V_{\text{H}_2\text{SO}_4} - N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}}) \times \frac{14}{1000}.$$

每 100 克干土中氮的毫克含量

$$= N \text{ 的毫克数} \times 5 \times \frac{100}{100 - \text{百克土中水分含量}}.$$

另取土壤 3—5 克,在 100—105°C 时烘至恒重,测定水分含量。

根据土壤中水解性氮的含量,参考下表数值定出土中有效氮量的分级规格:

表(1) 植物对氮肥的反应

水解性氮量 毫克/100 克土壤	植物对氮肥的反应情况
<4.0—4.5	强
4.0—4.5—6.0	中
>6.0	弱

试剂配制

1. $0.5N$ H_2SO_4 ——取浓 H_2SO_4 (比重 1.84) 14 毫升,溶于 1 升水中。

2. 锌铁混合剂(锌铁 9:1)。

3. 化学纯粹浓 H_2SO_4 (比重 1.84)。

4. 20% $K_2Cr_2O_7$ 溶液——20 克纯粹 $K_2Cr_2O_7$ 溶于蒸馏水中,加水至 100 毫升刻度,使用前加热至 $40^\circ C$ 左右。

5. $0.05N$ 标准 H_2SO_4 溶液——用 $0.5N$ H_2SO_4 稀释 10 倍,然后用标准 $NaOH$ 校正之。

6. 甲基红指示剂——称 0.1 克甲基红,放在玛瑙研钵中加少量 95% 乙醇研磨后,加 95% 乙醇 50 毫升溶解,最后用蒸馏水稀释至 100 毫升。

7. $0.05N$ $NaOH$ 溶液——取化学纯粹干燥的氢氧化钠 2 克,溶于煮沸过而冷却的蒸馏水中,稀释成 1 升,摇匀后,用苯二甲酸氢钾校正其浓度。

称取 2—3 克化学纯粹的苯二甲酸氢钾 ($KHC_8H_4O_4$) 在净洁干燥的称面皿上,铺成薄层,放入烘箱中于 $110—120^\circ C$ 干燥 2—3 小时,然后放入干燥器内冷却后,在分析天平上精确称取 0.3—0.4 克(标定 $0.1N$ $NaOH$ 溶液时需用 0.4—0.6 克苯二甲酸氢钾),放

入 250 毫升三角瓶中,加蒸馏水 25 毫升溶解,以甲基红作指示剂,用上述氢氧化钠溶液滴定至金黄色,根据当量关系,氢氧化钠溶液的毫克当量数应等于滴定用的苯二甲酸氢钾的毫克当量。即是:

NaOH 的毫克当量 = NaOH 的当量浓度 × 毫升数 =

$$= \frac{\text{苯二甲酸氢钾纯重}(W \text{ 克})}{\text{苯二甲酸氢钾的克分子量}} = \frac{W}{\frac{204.216}{1000}} = \frac{W}{0.2042}$$

$$\text{氢氧化钠溶液的当量浓度} = \frac{W}{0.2042 \times \text{NaOH 溶液毫升数}}$$

8. 45% 氢氧化钠——称取普通的氢氧化钠 450 克,加蒸馏水溶解之,然后稀释至 1 升。溶解时发生高热,须用玻棒不时搅动,并需在硬质玻璃器皿中配制。

需用设备

普通天平…………… 1 架	开氏烧瓶 (500 毫升) …… 1 只
三角瓶 (250 毫升) …… 1 只	连接球及安全球 …… 各 1 只
量筒 (100 毫升) …… 1 只	冷凝管 …………… 1 套
移液管 (50 毫升) …… 1 只	小电炉 …………… 1 只
滴定管 (50 毫升) (碱用) …… 1 只	

附註

1. 在 NaOH 溶液中加锌粒能产生氢气,搅动瓶内溶液,使温度均匀,可免瓶身跳动,化学反应为: $\text{Zn} + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{H}_2 \uparrow + (\text{NaO})_2\text{Zn}$ 。

2. 消化完畢,蒸馏之前,消化液务必加水稀释,否则酸碱中和,发生高温,易使烧瓶爆裂。

3. 蒸馏时如遇有酸溶液倒流时,应增高烧瓶内液体的温度,或把安全球下的导管暂时离开液面。蒸馏完畢后,须先开启瓶塞,不可先去火焰。

实验 3 土壤中有有效磷的测定

1. 吉尔散諾夫法 (适于酸性土及微酸性土;中性土亦可采用)

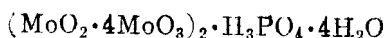
目的 磷是植物生長發育不可少的营养元素，是植物体内的組成成分之一。合理的供給磷肥，可增加谷类作物的有效分蘖，提早成熟；又能防止棉花落花落鈴，加强纖維强度；同时对于植物呼吸、根的生長都有促進之效。此外，它还能加强根瘤菌、自生固氮菌的活动，提高土壤肥力。但是由于各种土壤中磷的含量不一，因此施用磷肥的效果往往不一致。为了合理的供給植物磷的营养，使其發生最大的效果，測定土壤中有有效磷酸含量，就極为必要。在这一基础上，按照作物各發育階段对磷的需要，可以訂出合理的施肥措施。

方法原理 提取有效磷酸的任何化学方法都应当以植物吸收磷的能力为标准。吉尔散諾夫建議用 0.2N HCl 溶液提取土中有有效磷酸，这相当于植物根分泌物的溶解力。以此法提取的磷酸含量和植物在田間条件下所能利用的大致相当。提取出來的磷酸先与鉬酸鉍的鹽酸溶液相互作用，然后用錫棒还原以使顯出藍色，并于比色計中比色，通过計算，求出含量。

根据全苏的肥料、農業技術及農業土壤科学研究所列寧格勒試驗材料証明，在灰化土中此法所得結果和田間試驗的約有 90% 左右完全符合。此法在酸性土中颇有应用的价值。

分析步驟

1. 提取：用普通天平称風干土壤 5 克，置于 100 毫升三角瓶中，然后用移液管加入 0.2N HCl 溶液 25 毫升，搖动 1 分鐘，過濾，濾液盛在預先准备好的三角瓶中。用移液管精确地吸取濾液 5 毫升，加鉬酸鉍溶液 5 毫升，以錫棒攪动（約 20—30 秒）至呈固定的藍色为止。这种藍色是由于磷酸与鉬酸鉍所形成的化合物中的鉬被錫还原而生成有色的磷酸和氧化鉬的复雜化合物所致。它的組成大致是：



在試驗的同时，吸取标准溶液 5 毫升，加 5 毫升鉬酸鉍溶液，同时以錫棒攪动至藍色不再增加为止。操作順序与条件必須完全与上述一样。然后把标准磷溶液和土壤磷溶液放在比色計中進行比色。

2. 比色：比色計主要部分由稜鏡、鏡柱、反光鏡等所組成（圖 2）。光綫由反光鏡（圖 2, 1）反射，或由燈光直接透射，經過有色溶液杯子（圖 2, 2）而達鏡柱（圖 2, 3），從而進入二个相交的稜鏡（圖 2, 4），再到达接目鏡（圖 2, 5）。由左杯進入者，射在視野中的右半；由右杯進入者，射在左半，因此比色計的視野被分成兩半。測定時，只要調節兩杯中有色溶液的高度，使視野中的兩個半圓上呈現出同樣強度的顏色，就可進行計算。

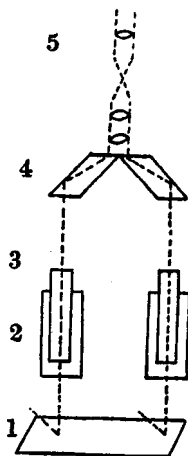


圖 2. 比色計構造圖。

比色測定的計算是根据貝尔定律 (Beer 定律)，即光綫經過有色溶液被溶液吸收之量（光能）与有色溶液厚度（ l ）成正比，又与其濃度（ c ）成正比。当視野中二半顏色一致時，則表示透過的光量相等，亦即表示被吸收的光量相等。根据定律可知，左边 lc 之乘積必等于右边 $l'c'$ 的乘積，也即 $lc = l'c'$ ，这是一反比关系。假如一边放的是已知濃度的标准溶液，那么，未知液杯中的液柱厚度从比色計上一經讀出，則未知溶液濃度就可求得。

結果計算

一般配制的标准溶液濃度用毫克/毫升为單位。今用 25 毫升 0.2 N 鹽酸溶液提取，故須乘 25。換算成 100 克干土中的毫克数应再乘以 $\frac{100}{5} \times \frac{100}{100 - \text{百克土中水分含量}}$ 。

另取土壤 3—5 克測定水分含量。

根据化学分析和田间試驗結果的比較，可以得出关于植物需要磷肥的情况。下面是土壤中有有效磷酸含量和植物需磷情况：

表(2) 土壤中有有效磷酸含量和植物对磷肥的反应

土壤中有有效磷酸含量 (毫克/100 克土壤)	植物需磷的程度	附 註
<10	强 烈	根据具体的土壤及其他情况，并按 照田间試驗数值，上述分級可有稍許 改变。
10—20	中 等	
>20	微 弱	

試剂和标准溶液的配制

1. 0.2N HCl 溶液——將 1N HCl 溶液稀釋 5 倍，或用比重 1.19 的 HCl 16.4 毫升加蒸餾水至 1 升。

2. 鉬酸鉍鹽酸溶液——于燒杯中將 100 毫升蒸餾水加熱至近沸騰，加入 10 克化學純粹鉬酸鉍 $[(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4]$ ，待溶解后，過濾，冷卻，再加入 200 毫升濃鹽酸（比重 1.19）及 100 毫升蒸餾水，裝于有色玻璃瓶中，保藏于暗處。測定磷酸前，取此液一分，加蒸餾水 4 分，混合后即可应用。

3. 标准磷溶液——在分析天平上精確地称取 0.2423 克純磷酸二鈣 $(\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ ，溶于 1 升 0.2N HCl 溶液中。此液每毫升含 P_2O_5 0.1 毫克，即 10 毫升水中含 P_2O_5 1 毫克。

以移液管分別吸取 2.5、5、10、20、40 毫升以上标准溶液，各傾入 100 毫升量瓶中，加 0.1N HCl 至刻度，混合均匀。以上各种溶液每 100 毫升含有 P_2O_5 为 0.25、0.5、1.0、2.0 及 4.0 毫克。

需用設備

普通天平……………	1 架	移液管(25毫升)……	1 只
杜氏比色計……………	1 架	移液管(5 毫升)……	1 只
三角瓶(100 毫升)…	2 只		

II. 馬气金法(此法适于石灰性土壤)

方法原理 在石灰性土壤中,如用低濃度的鹽酸处理土壤,則鹽酸首先和土壤中碳酸鹽化合,因此減弱了提取磷酸的能力,故吉尔散諾夫法就不适用于石灰性土壤中。

根据試驗結果,建議用 1% K_2CO_3 溶液提取土壤。因为碳酸鉀不溶解土壤中碳酸鹽,而却能从土壤中提取可溶于 1% K_2CO_3 溶液中的鉄、鋁的磷酸鹽和含磷的有机化合物。

馬气金根据这个原理,在苏联中亞細亞灰鈣土進行試驗証明,此法所得結果和田間試驗結果很符合。以后,又以 1% $(NH_4)_2CO_3$ 溶液提取,并和 1% K_2CO_3 溶液提取液比較,結果頗为一致。由于碳酸鉍鹼性較弱,提取液中所含的有机質量較少,以后分析操作都比較方便,故改用 1% $(NH_4)_2CO_3$ 溶液提取,提取以后測定如前。

分析步骤

1. 提取:用普通天平称取 5 克風干土壤,放于 250 毫升三角瓶中,加 100 毫升 1% $(NH_4)_2CO_3$ 溶液,搖动 5 分鐘,靜置过夜,經過 18—20 小时后,再搖动 5 分鐘過濾。根据磷的含量多寡,用移液管吸取濾液 5—20 毫升,注入 100 毫升三角瓶中,加 2 毫升 10% H_2SO_4 及 1 毫升 0.5N $KMnO_4$ 溶液,煮沸 2 分鐘(开始沸騰时算起),以氧化有机質。其后在热溶液中加入 1—2 毫升 10% 葡萄糖以除去过量的 $KMnO_4$ 溶液。待溶液清晰后冷却之,多余的硫酸則用 10% Na_2CO_3 溶液中和,用 3 滴間-二硝基酚作指示剂,至呈淡黄色为度。

2. 比色:取以上提取液,注入 50 毫升量瓶中,加鉍試剂 2 毫升,然后加水稀釋至將近刻度。

在試驗的同时,取 5—15 毫升标准磷溶液,注入 50 毫升量瓶中,加 3 滴間-二硝基酚,然后注入 2 毫升鉍試剂,加水至將近刻度。