

用放射性磷(P^{32})測定土壤中可溶性磷酸盐 和易給态磷酸盐貯量的方法

A. B. 索科洛夫

(苏联科学院道庫恰耶夫土壤研究所, 薩莫依洛夫肥料及杀虫灭菌剂研究所)

土壤中可溶性磷酸盐貯量的測定。用不同溶剂(水提取液、酸提取液和其他提取液)由土壤中提取活性磷酸盐时,不仅使土壤磷酸盐溶解,还使土壤磷酸盐产生次生沉淀。提取液中所含的磷酸盐乃系磷酸盐溶解和沉淀两种同时进行的過程的結果,也即固相和液相間交換的結果。在溶剂中加入极少量对土壤磷酸盐沉淀和溶解反应不产生影响的示踪磷酸盐(P^{32}),就有可能測定参与液相和固相間交換的磷酸盐的数量。固相(τ)和液相(κ)中参与交換反应的同位素 P^{32} 和 P^{31} 的数量比应该相等,亦即:

$$\frac{P^{32}_{\tau}}{P^{31}_{\tau}} = \frac{P^{31}_{\kappa}}{P^{32}_{\kappa}} \quad (1)$$

因此,如果已知溶剂的最初放射性,又測定出提取液的放射性以及其中 P_2O_5 含量,就可計算出土壤中能够溶于該种試剂的磷酸盐总量。这个数值不同于提取液中所得的磷量,称为可溶性磷酸盐貯量,用每百克土壤中 P_2O_5 的毫克数表示。

土壤中可溶性磷酸盐的总貯量可能与提取液中所求得的磷酸盐量有很大的不同。在灰化土中特别是在紅壤中可溶性磷酸盐貯量轉入提取液的部分較在黑鈣土中为小,亦即在富含磷酸盐的土壤中轉入提取液的部分較在磷酸盐含量低的土壤中为大。因此,土壤磷酸盐狀況可用可溶性磷酸盐总貯量和磷酸盐固定系数 $K_{\phi} = \frac{P_{\tau}}{P_{\tau+\kappa}} \cdot 100$ 來說明。磷酸盐固定系数等于提取时保留在固相中的磷酸盐的百分数。

由此可見,不仅要用土壤中可溶性磷酸盐的含量來說明土壤,而且也要用固定磷酸盐的能力來說明土壤。

茲將土壤中可溶性磷酸盐貯量的測定方法介紹如下:在提取液中加入示踪磷酸盐。在所制取的示踪溶液中測定磷的含量(用每毫升溶液中 P_2O_5 的毫克数表示)和放射性比度(用每毫升中的毫居里数表示),必須記載 P^{32} 的数据,以便今后在工作中获得溶液放射性

的可靠讀数,以及以示踪溶液的形式加入提取液的磷量不致影响用化学法測定 P_2O_5 的精确度。为了确定在提取液中加入适宜数量的示踪磷,要大致了解土壤提取液中預期的磷量。最好所加入的示踪磷量提高提取液中 P_2O_5 的浓度不大于 5%。例如按 Б. П. 馬契巾法确定,灰鈣土用 $(NH_4)_2CO_3$ 溶解的磷酸盐的总貯量,約为每百克土壤 2 毫克 P_2O_5 。又根据 Б. П. 馬契巾法,取 100 毫升碳酸鈉溶液提取 5 克土壤,測出每百克土壤中 P_2O_5 的含量为 2 毫克,即 100 毫升提取液(相当于 5 克土壤)中含有 0.1 毫克 P_2O_5 。因此,在 100 毫升碳酸鈉溶液中可以加入的示踪磷量不能大于 0.005 毫克 P_2O_5 (0.1 毫克的 5%)。假定在 1 升示踪磷溶液中含 20 毫克 P_2O_5 ,則提取液中的总放射性应等于 2.0 毫居里。那末,在 100 毫升碳酸鈉溶液中則应加 0.25 毫升示踪性制剂,其中 P_2O_5 的含量为 0.005 毫克,其放射性为 0.5 微居里。在溶液的放射性等于每百毫升 0.5 微居里的条件下,利用 2—5 毫升提取液,即可得到相当精确的放射性讀数。同时測定 2—5 毫升含 P^{32} 的原始碳酸鈉溶液的放射性。

在用比色法測出提取液中的含磷量后,即可求得留存在溶液中的磷酸盐量。这一数量一般被看作是土壤中可溶性磷酸盐的含量,用每百克土壤中 P_2O_5 的毫克数表示。但是这一数值仅系土壤中可溶性磷酸盐总貯量的一部分,可溶性磷酸盐总貯量是由留存在溶液中的磷酸盐和再度沉淀的磷酸盐两者組成的。

可溶性磷酸盐总貯量可按下列公式計算,用每百克土壤中 P_2O_5 的毫克数表示:

$$P \text{ 貯量} = P_{\kappa} \cdot \frac{P^{32}_{\text{исх}}}{P^{32}_{\kappa}} \quad (2)$$

其中 P_{κ} ——提取液中的含磷量,用每百克土壤中 P_2O_5 的毫克数表示; $P^{32}_{\text{исх}}$ ——原始溶液的放射性和 P^{32}_{κ} ——土壤提取液的放射性,用相同的測量单位表示。

如 P^{32} 制剂的放射性不够大,可将所加示踪磷的

数量提高,达到提取液中磷的可能含量的10%,或者采用溶液放射性的长时间读数,但是这两种方法都将降低工作的精确性。因此,应该利用放射性尽可能大的示踪磷制剂。

土壤中可给态磷酸盐贮量的盆栽试验测定和田间试验测定。为了测定土壤中可溶性磷酸盐的总贮量而进行了通常的盆栽试验,在盆栽试验中除磷肥外施用了必要数量的其他各种肥料。施作基肥的氮、钾肥最好是 NH_4NO_3 和 KNO_3 ,这两种盐类实际上对土壤反应不发生影响,而且不含有附加成分。肥料的用量应该能保证植物的正常发育。在布置谷类作物(小麦、燕麦、大麦等)的试验时,在装有3—6公斤土壤的盆钵中,每盆加0.5克N和0.5克 K_2O ,而在装有1公斤土壤的盆钵中每盆加0.25克N和 K_2O 。

在布置谷类作物试验时,放射性同位素 P^{32} 是以示踪性制剂的形式施用的,每盆的放射性约为100微居里,含磷量不大于1毫克 P_2O_5 。制剂的放射性可依进行试验的条件而改变,但常要比供试作物的有毒剂量小得多。制剂中示踪磷的含量应该小到不足以明显地影响到植物的磷酸盐营养和土壤中可溶态磷酸盐的含量。示踪磷在此试验中仅仅是作为“放射性标记”来施用的。

在施用示踪磷酸盐制剂时应该保证它在土壤中的均匀分布及其与整个土体的相互作用。为此,示踪磷酸盐随同通常于装盆时加入的水量一起施入土壤样品中。如果基肥(NK)不含有能够影响磷酸盐溶解度的物质,则示踪磷酸盐也可与这些肥料一起施用。在施用示踪磷酸盐后,用戴有橡皮手套的手仔细掺和土壤,并将其移入空的盆栽试验用的盆钵中。将盆钵停放3天,并加盖以减少蒸发。然后将土壤倒出,重新仔细掺和,再放入用砂和玻璃配衡了的盆钵中,并在其中进行试验。

在试验结束后通常进行植物地上部分和植物根的計算。植物根要小心地使之与土壤分离并洗净。称量地上部分和根的重量,并分析其中磷的含量。此外,按一般规定测定植物干物质样品的放射性。

根据所获得的分析结果,计算出植物体中磷的总含量和收获物的总放射性。由植物体中磷的总含量减去过去存在于种子中的磷量,则可求得磷由土壤进入植物体的数量。而从全部收获物的总放射性同施入盆钵中的全量示踪磷的总放射性的对比中,即可确定 P^{32} 被利用的百分数或 P^{32} 的利用系数“K”。

土壤中可给态磷酸盐的总贮量可按下式计算:

$$\text{P 貯量} = \frac{\text{P} \cdot 100}{\text{K}} \quad (3)$$

其中P——磷由土壤进入植物体的数量,折算为每百克土壤中 P_2O_5 的毫克数;“K”—— P^{32} 的利用系数,用占所施 P^{32} 的百分数表示。这个公式是以植物自土壤中同等利用 P^{32} 和 P^{31} 这一假定为其依据。

如果在植物试验中地上部分的产量很高,而根系仅约为收获物重的10%,则分析和计算工作可仅局限于植物的地上部分。

在产量不高和植物体中含磷量较低的情况下,由种子进入植物体的磷量的不正确计算将会影响试验的精确性。因此,最好是不减去过去存在于植物种子中的全磷,而应根据纯砂培试验中种子态磷被利用的资料仅减去其一部分(50—80%)。但如播种植物的种子中含磷并不多,这样的考虑是没有意义的。

可给态磷酸盐的贮量可在施用示踪肥料(或者更正确些说是应用放射性标记)的田间试验中进行测定。假定土壤中可给态磷酸盐与示踪肥料态磷酸盐被同等地利用,则

$$\frac{\text{P 貯量}}{\text{P 肥}} = \frac{\text{植物 } \text{P}^{31}}{\text{植物 } \text{P}^{32}} \quad (4)$$

$$\text{或者 P 貯量} = \text{P 肥} \cdot \frac{\text{植物 } \text{P}^{31}}{\text{植物 } \text{P}^{32}} \quad (5)$$

其中P肥——示踪磷用量,植物 P^{31} ——非示踪磷进入植物体的数量,植物 P^{32} ——示踪磷进入植物体的数量。

我们要计算出总收获物或1克收获物中植物 P^{31} 和植物 P^{32} 的含量或其相对值。但是 $\frac{\text{植物 } \text{P}^{31}}{\text{植物 } \text{P}^{32}}$ 之间的

比值是不变的,因此,有可能仅根据收获物平均样品的分析来测定可给态磷酸盐的贮量(P贮量)。

为此,只要分析收获物平均样品中的全量磷和测定平均样品的放射性就够了。如果已知所施示踪磷酸盐的放射性比度,亦即每分钟内每1毫克示踪肥料态 P_2O_5 的脉冲数,则可确定有若干毫克 P_2O_5 由示踪肥料进入所分析的植物样品中,再根据差数确定有若干毫克 P_2O_5 由土壤进入植物体。

根据公式(5)进行计算。在这种情况下植物 P^{31} 和植物 P^{32} 不应了解为示踪磷和非示踪磷进入植物体的总量,而应了解为二者在1公斤样品中的含量或用百分数表示的相对含量。

例如,在燕麦田间试验中每公顷施用了含30公斤 P_2O_5 的示踪肥料。根据燕麦平均样品的分析,在10克干物质样品中含85毫克 P_2O_5 。根据收获物和肥料的放射性判断,其中17毫克为示踪磷酸盐,68毫克为土壤磷酸盐(85—17=68)。在这种情况下土壤中可给态磷酸盐的贮量为:

$$\frac{30 \times 68}{17} = 120 \text{ 公斤/公頃 } P_2O_5$$

在通常的盆栽試驗中，如取等于磷肥一般用量的示踪磷用量（每百克土壤中 P_2O_5 的毫克数），也可进行类似的計算。但在这种情况下总貯量数值的测定是不够精确的，因为磷肥的施用会影响到植物对土壤磷酸盐的利用。因此，为了求得较为可靠的数据必須利用放射性标记，或用量极低，但其放射性足够的示踪磷酸盐来精确测定 P^{32} 的利用系数。

只测定可給态磷酸盐的貯量大小，而不测定肥料磷的利用系数（“K”），不能闡明土壤磷酸盐的状况。土壤中可給态磷酸盐的貯量可能很大，而活性很小；也可能貯量很小，而活性很大。如紅壤中磷酸盐的总貯

量很大，但其活性很小。土壤磷酸盐的活性可借助于放射性标记的利用系数“K”（百分数）来鉴定。但是如果不知道总收获量及其总放射性，則“K”值便不可能确定。

磷酸盐的利用系数（“K”）与土壤化学分析中的固定系数相似。值得指出的是，“K”值在富含磷酸盐的土壤中較在缺乏磷酸盐的土壤中为大。

在土壤化学分析和盆栽試驗中，放射性标记的应用，不仅对土壤磷酸盐状况可获得较为正确的概念，还有助于有关土壤中磷酸盐的存量的了解以及可給态磷酸盐测定方法的适用性等实际问题的解决。

（璞玉譯自第七届国际土壤学会
苏联土壤学家报告集）

植物需肥的診斷

B. B. 蔡尔林格

（苏联科学院道庫恰耶夫土壤研究所）

及时地和充分地為植物供应营养物质是农业化学、土壤学和植物生理学的基本問題。因此，寻求确定植物对营养物质的精确需要量的方法是一项很重要的工作。

現在所广泛提倡的植物化学分析方法，即所謂植物診斷法，就是为这一目的服务的。

但是，要使营养診斷获得可靠的結論，只有使植物化学組成变化的研究与同时进行的植物器官特别是构成其产量的器官在生长和形成过程中的形态变化研究两者結合起来才有可能。

鉴于谷类作物所具有的特殊意义，我們从其分化期的最初阶段开始，詳細研究了这些作物的穗和圓錐花序的发育阶段。

用普通的大量分析方法分析茎頂生长点的分生組織，及由其分散花序原始体（穗或圓錐花序）的化学組成时，因为这些組織显得很小，因此，采用了植物各部分的切片微量分析方法。在植物各个部分的組織中，包括在植物叶、茎、根的組織中，根据二苯胺反应测定了硝酸盐浓度，在小密閉器中使氮挥发，用奈氏试剂悬滴显色法测定氮的浓度，用茚三酮测定了 α -氨基酸，根据硝普盐反应测定了含巯基的化合物，根据縮二脲反应测定了蛋白質，以及根据我們拟訂的获得鉍-联苯胺蓝的方法测定了无机态磷酸，根据双苦胺鏟反应测定了鉀。

此外，对这些植物的較大机体部分——叶、茎和成熟花序，則用普通采用的大量分析方法测定了其中各种形态的含氮物质，碳水化合物、磷和鉀。此外，为了进一步明确植物营养中的某些問題，尚应用了示踪原子方法，用同位素 P^{32} 和 N^{15} 进行了研究。

多年来的研究，为制訂簡易可行的植物营养診斷方法，以及为借助植物各部分的切片快速微量分析以闡明植物对肥料的需求量，提供了大量的資料。关于这方面的工作，我們曾經在 1956 年第六届国际土壤学会会议上有关植物分析和肥料問題的发言中，作过报导。

經過我們實驗室和其他許多科研机构，以及集体农庄和国营农場的农业工作者們的进一步验证，都証明这一方法适宜于診斷植物生长状况恶化的原因，和及时作出是否需要追施肥料的答案。

速测法提供的結果与目测的营养破坏特征也很吻合，并且能揭露营养遭到破坏的原因。这种方法使我們有可能不仅对由于施肥、而且由于其他因素所引起的植物营养状况的改变进行检查，如下雨、土壤的不同性质（可給态营养物质的貯量，沼泽化程度等）和某些农业技术措施等（种植多年生牧草等）。

借助这种方法，既可以从植物的各个部分，又可以从時間上对植物器官中营养物质的吸收、局部化、运行和轉化进行各种詳細的探索。

在我們的工作中，确定了物质在营养正常的植物