

土壤与作物 营养诊断技术

山西农学院土壤农业化学专业

NPK

前 言

在毛主席革命路线指引下，在学习无产阶级专政理论高潮中，党中央召开了全国“**农业学大寨**”会议，“**农业学大寨**”群众运动进入了新的阶段。全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗！革命、生产形势一派大好。由于形势的飞跃发展，随着产量的提高，复种指数的增加，在耕作、轮作、施肥等方面发生了一些变化，由此产生了土壤肥力的一些新矛盾。在此情况下，在农业生产中，营养诊断正如医学上的临床化验诊断一样为群众所迫切需要。通过播种前土壤养分的测定，可以大致摸清不同田块土壤速效养分的基本数量及供给养分的能力，作为作物布局、轮作倒茬、培肥土壤、肥料合理分配和有效使用的参考。在作物生长期间，通过作物组织与土壤养分的测定，结合观察作物的外部形态，可以及时了解作物体内的营养状况和土壤的供肥水平，以便作出是否需要追肥和怎样追肥的判断。采收期的植株诊断，可以及时指示某些作物（烟叶）什么时候采收最适宜。因此，土壤与作物营养诊断技术是提高单位面积产量，改善品质，科学种田的一个重要手段。

由于我们对此项工作刚刚摸索，经验不足，水平有限，内容上可能有不少缺点与错误，希望给予批评指出。

目 录

一、土壤与作物诊断依据	1
(一) 土壤氮的诊断依据.....	1
(二) 土壤磷的诊断依据.....	2
(三) 土壤钾的诊断依据.....	3
(四) 作物氮的诊断依据.....	3
(五) 作物磷的诊断依据.....	4
(六) 作物钾的诊断依据.....	5
二、采样方法技术	6
(一) 土样采集与处理.....	6
(二) 植株样本采集与处理.....	10
三、诊断化学原理	12
(一) 浸提原理.....	12
(二) 氮的反应原理.....	13
(三) 磷的反应原理.....	14
(四) 钾的反应原理.....	15
四、化验方法技术	16
(一) 基本技术操作要求.....	16
(二) 土壤水分诊断.....	25
(三) 土壤质地诊断.....	29

(四) 土壤中有效养分诊断.....	31
1、土壤浸出液的制备.....	31
2、土壤中硝态氮的测定.....	31
3、土壤中铵态氮的测定.....	31
4、土壤中有效磷的测定.....	32
5、土壤中有效钾的测定.....	32
(五) 作物体内无机养分诊断.....	33
1、作物浸提液的制备.....	33
2、作物无机氮诊断(硝态氮).....	34
3、作物无机磷诊断.....	34
4、作物无机钾诊断.....	34
(六) 测定注意事项及其说明.....	35
(七) 土壤作物诊断操作步骤表.....	38
五、药品配制.....	44
六、化验结果的判断.....	47
(一) 地力产量的判断.....	47
(二) 施肥效果的判断.....	53
(三) 经济用肥的判断.....	56
(四) 作物养分丰缺的判断.....	59
(五) 营养诊断实例.....	64
七、田块土壤养分普查诊断方法.....	69
(一) 田块登记.....	70
(二) 绘制田块示意图.....	71
(三) 土样采集.....	72

(四) 土样化验.....	76
(五) 判断与统计资料.....	79
(六) 田块土壤养分图的制作.....	84
(七) 社、县、省级土壤养分图的制作.....	86
(八) 编写土壤养分表(图)说明书.....	88
(九) 田块养分普查结果应用.....	89
八、检验诊断效果方法——田间试验.....	96
(一) 肥料田间试验方法步骤.....	96
(二) 肥料田间试验的步置.....	102
(三) 肥料田间试验管理与记载.....	103
(四) 肥料田间试验的收获及计算.....	109
(五) 检验诊断效果的试验方案实例.....	110
(六) 生产对比试验技术纲要.....	123
九、有关问题的计算.....	126
(一) 由某一浓度稀释为另一浓度的计算.....	126
(二) 测定PPM值折成每亩斤数的计算.....	127
(三) 肥料用量折成养分斤数的计算.....	127
(四) 养分斤数折成肥料用量的计算.....	128
(五) 以产定肥的计算.....	128
十、参考数据表.....	131
(一) 主要作物每百斤产量所需要养分斤数.....	131
(二) 主要作物施用化肥增产斤数.....	132
(三) 肥料主要成分、性质、施用方法的当季 利用率.....	132

(四) 有机肥料和无机肥料混合关系表·····	134
(五) 作物营养缺乏的症状和可能出现的条件···	135
(六) 土壤各种养分不足的指示作物·····	138
(七) 几种农作物缺肥症状·····	139
(八) 作物体内氮、磷、钾含量·····	142
(九) 作物不同生育期吸收氮、磷、钾比例·····	143
(十) 几种农作物对土壤酸碱度适应范围·····	145
(十一) 晋农74型土壤作物诊断箱·····	146
(十二) 山西土壤农业化学性状(山西农学院1964年)	
(十三) 常用元素名称、符号、重量及其化学价	
(十四) 常用液态试剂含量, 当量浓度	
(十五) 常用指示剂的配制与变色范围	
(十六) 通用酸碱指示剂的配制及其变色范围	
十一、土壤酸碱度和盐分含量的快速测定法·····	155

一、土壤与作物的诊断依据

(一) 土壤氮的诊断依据:

土壤中的氮可分下列种:

1、无机氮: 也叫矿物态氮。一般指铵盐和硝酸盐。无机氮是对作物有效的, 很容易直接吸收利用。试验和实践证明, $\text{NH}_4 - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 的含量高低, 基本上可以反映土壤供氮能力。特别是无机氮肥用量较高。有机肥少的情况下更是如此。因此在一定条件下测定土壤 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 是可以作为诊断依据的。无机氮在土壤中变化较大, 经常受温度、水分、微生物活动等影响。采样时应注意时间和部位, 诊断时应结合其它因子来考虑, 否则易发生误诊。一般土壤中无机氮含量 ($\text{NO}_3 - \text{N} + \text{NH}_4 - \text{N}$) 1—150 PPM, 但以 5—30 PPM 居多。

2、水解氮: 主要包括无机氮和简单有机氮化合物。如 $\text{NH}_4 - \text{N}$, $\text{NO}_3 - \text{N}$, 氨基酸, 酰胺以及易被稀酸或稀碱水解的简单蛋白质。其中有的可直接被作物吸收, 有的在短期内很易矿质化为无机氮, 供作物吸收利用。同时, 在土壤中的变化不如无机氮那么大。因此它是一种反

应土壤供氮水平，诊断土壤氮的很好的依据。但由于测定手续麻烦，人们往往不愿采用。土壤中水解氮一般含量5—400 P P M，仍然以20—80 P P M较多。

2、复杂有机氮：它是主要包括腐殖质，复杂蛋白质，叶绿素，有机残屑和某些复杂缩合物。这类化合物不易矿质化，对作物无效。因此，它不能作为诊断依据。一般土壤中含氮以0.03%~0.2%较多。

(二) 土壤磷的诊断依据：

土壤中的磷可分下列几种；

1、水溶性磷：主要指一价钾钠磷酸盐。水溶性磷是对作物很有效的。但含量很低，不能反映生物吸收量。因此往往也不做诊断依据。

2、弱酸弱碱溶性磷：它包括了水溶性磷和通过弱酸或弱碱溶解，代换下来的一价、二价磷酸盐。这类磷作物完全可以吸收利用，是有效的。土壤磷素营养诊断时，主要依据这类磷的高低来判断。磷在土壤中的动态变化是比较小的。受其它因子影响小，因此诊断结果往往出入不大。磷的有效性往往受 H^+ 和 Ca^{++} 离子影响大，因此选择有效磷的浸提剂时，应充分考虑 H^+ 和 Ca^{++} 离子对浸提剂浓度的影响。一般认为酸性土用酸浸提剂好，石灰性土用碱性浸提剂好。我们选用 $NaHCO_3$ 浸提剂，就根据这原则来定的。土壤中有效P的含量0.2—50 P P M，但以2—8 P P M最多。

3、难溶性磷：包括三价的矿物态磷和有机化合态的磷。这类磷难被水和弱酸碱溶解。作物不能吸收利用，是无效的因此利用这类磷来判断施用磷肥的必要性是很困难的。土壤中90%以上的磷属这类磷，其含量往往不低，以磷(p)计400—1200 PPM。

(三) 土壤钾的诊断依据：

土壤中钾基本上包括：

1、水溶性钾：直接溶于水的钾盐化合物，对作物有效性最高，但其含量极低，与生物实际吸收量相差很远，因此做为土壤钾素状况的诊断依据是很困难的。

2、代换性钾：包括水溶性、盐溶性以及代换性的钾，这类钾对作物是直接有效的。实践证明，土壤中这类钾含量高低，基本上可以代表土壤供钾能力，可做为土壤钾素状况诊断的依据。应用本方法测定结果土壤中钾含量在10—200 PPM，但以30—80 PPM最为集中。

3、无效钾：主要指含钾矿物，微生物活体和有机残体。这类钾既不溶解又难于代换出来，作物无法吸收利用，显然无法做为衡量钾素营养供应情况的有效依据。土壤中无效钾含量是相当高的，一般1—2%。

(四) 作物氮的诊断依据：

作物吸收的氮主要是 $\text{NH}_4\text{—N}$ 与 $\text{NO}_3\text{—N}$ ，同时也能吸收尿素和其它一些简单的含氮有机物。但 $\text{NH}_4\text{—N}$

不能在作物体内累积，吸收后即形成有机物，并以酰胺态累积，免除 NH_4^+ 的毒害。大部分作物对无机氮利用较快，氮素供应充足时，组织内有 NO_3-N 累积。故常用体内硝态氮含量作为判断氮素营养丰缺的依据。但也有一些作物如水稻，果树和一些豆科牧草绿肥，体内既无氨态氮，而硝态氮含量又很低，则不能以硝态氮判断氮素营养状况，可采用组织全氮测定，酰胺态氮测定，以及叶片淀粉（氮素营养好，淀粉含量低，氮不足淀粉含量高）测定来判断作物氮素营养状况。✓

作物体中 NO_3-N 的动态变化是很大的，随作物种类，生育期，品种，生产条件等变化而变动。因此不能按一个指标来作为判断所有作物，一切生育期的依据。应根据每种作物，每一生育期指标进行判断： NO_3-N 在体内的分布也因部位而异。一般规律是： NO_3-N 含量上面部位含量低，下面部位含量高。叶鞘、叶脉、叶柄含量高，茎秆含量低，茎节，分蘖期含量介于中间。因此采样时应注意时间和部位的稳定性，否则无法比较。 NO_3-N 在作物体内的含量20—1500 P P M， $\text{NO}_3-\text{N} < 40-80 \text{ P P M}$ 则缺。

（五）作物磷的诊断依据：

作物体内磷主要呈无机态和有机态存在。作物苗期和生育盛期茎、叶、根中含大量无机磷酸盐。磷供应充足时，无机磷占总磷量的一半以上。作物生育后期无机磷含

量逐渐降低，多转变为有机磷在生殖器官中贮藏。据我们盆栽大麦证明，苗期与盛期无机磷占总磷量的40—60%，成熟时种籽中无机磷占总磷量的15—25%。磷供应水平愈高无机磷累积愈多，但磷供应再过量并不相应的增加磷累积。由于在一定范围内，供磷水平与作物体无机磷累积有一定的相关性，因而通过作物组织无机磷的测定，就可以大致判断出土壤供磷能力和施用磷肥的必要性。实践证明，作物组织无机磷含量在一定条件下，可作为磷营养丰缺的依据。

作物体内无机磷的变化也是很大的，但上部位含磷高下面部位含磷低。也应根据作物种类，生育期，固定部位进行诊断。作物体内无机磷含量一般5—300 P P M，< 2—30 P P M者就显出缺乏。

（六）作物钾的诊断依据：

作物体内至今尚未发现含钾的有机物，它主要呈钾盐与钾离子态存在。并多集中在生命最活跃的幼嫩部位，如幼芽、嫩叶、根尖等，用水可以浸提出组织内大部分钾，所以组织测定的钾常比硝态氮高5—10倍，比无机磷高20—40倍。作物组织中水溶性钾含量高低与土壤供钾能力密切相关。通过组织诊断，结合其它养分的比例关系和环境条件，基本上可以判断出施用钾肥的必要性。钾在作物体内移动性大，吸收的钾集中在幼嫩部位，可以转移反复再利用。因此，施用钾肥要“宁早勿晚”，作物体内无机钾

含量很高,可达8000 P P M以上,最低也有300—500 P P M左右。

二、采样方法技术

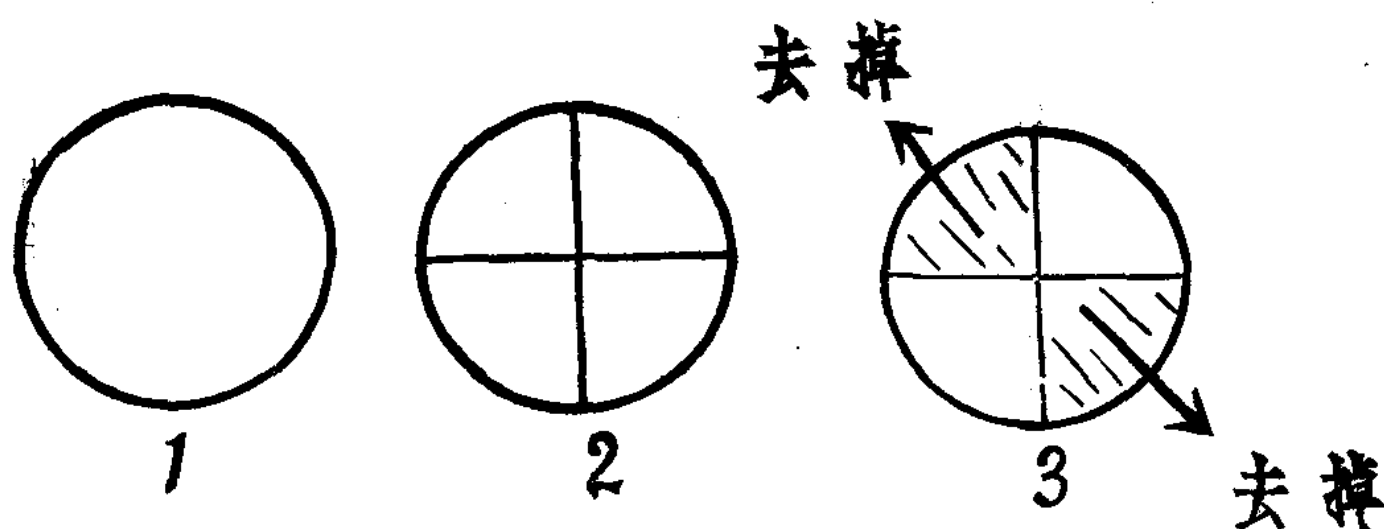
(一) 土样采集与处理:

1、采样的要求: 采土是化验诊断工作的第一步,也是化验结果能不能指导生产重要的一环。采样发生的误差往往大于化验误差的3—6倍。因此,采样时必须按照一定诊断目的所提出的采样方法和要求严格地进行。采样的要求一般是:

① 要有代表性: 通常化验的样品是少量的,而化验结果则要代表大块地,如果所采的样品没有代表性,即使化验技术很高明,准确再准确也是没有用的。因此一般采样方案的设计,都是围绕着以最少的工作量,获得最大的代表性而考虑的。

② 必须是混合样品,一般绝不能采用地块里的某一点土样,必须多点取样充分混合组成混合样品后进行化验,混合样品的点数: 局部土壤和小田试验,可考虑取3—5点混合,为制定大田合理施肥而诊断的采样时,地块面积小于10亩时取5点左右。面积10—20亩,取5—10点,面积30—50亩,取10—15点面积大于50亩则取15—20点混合构成混合样品。

③样品的数量：由于样品是多点混合成的，土的数量往往很大、而化验用土不需那么多，因此可反复按四分法去掉，最后缩减至‘0.5—1斤左右即可。四分法的意思是：将多点组成的混合样品，，全部摊成园形，中间划一十字线分成约四份，然后按对角线去掉两份（详见图一）。若样品数量仍然很多，可将剩余的两份充分混合，再四分法去掉，直至约0.5—1斤的土。



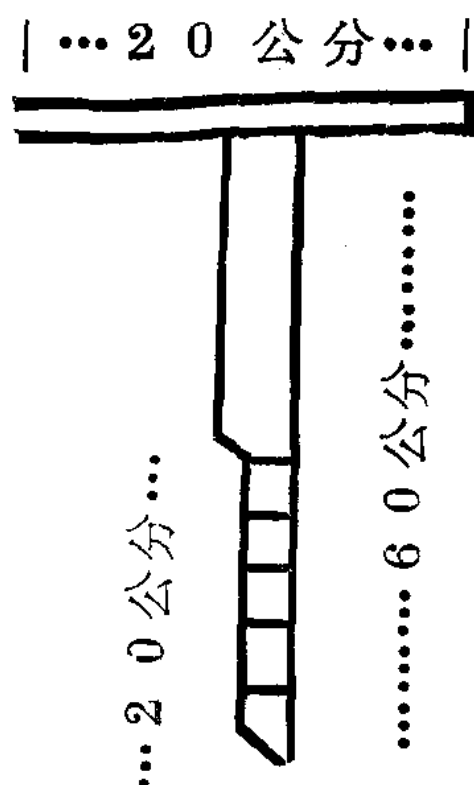
1、摊成园形； 2、划十字线； 3、对角去掉两份；
图一：四分法

④采样深度：根据诊断目的而异，为指导大田施肥取耕作层土，一般20公分左右即可。如有特殊目的诊断时，采样深度可根据需要可更深或更浅。

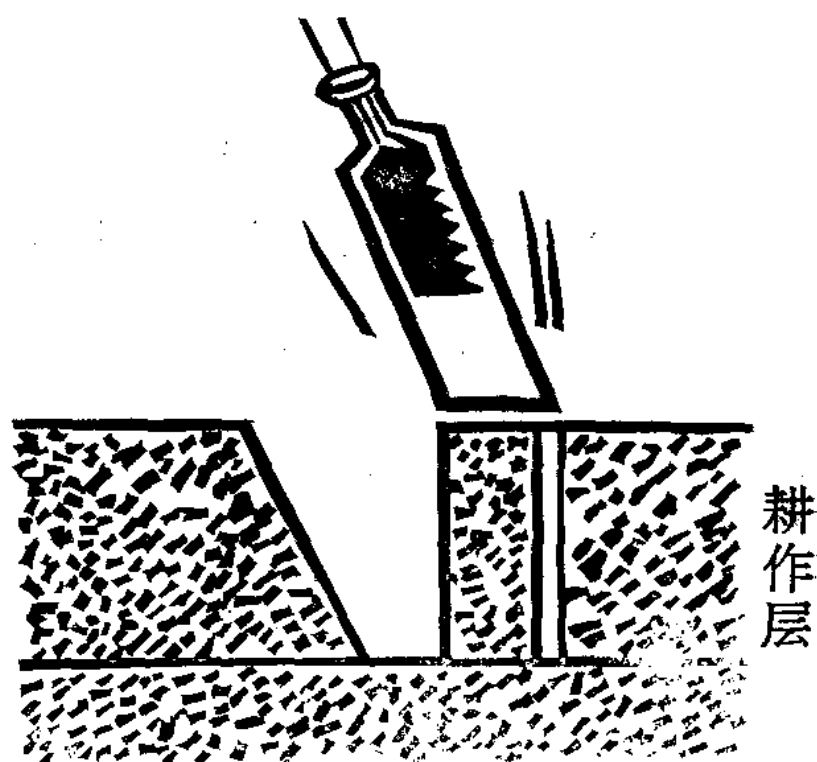
⑤采样时间：也是根据诊断的目的而定。诊断随时出现的问题则必须随时采样，诊断定期养分变化的规律，应定期取样。为制定全年产量计划，按地块投肥，合理分配肥料，制作地块农业化学诊断图时，采样时间必须在作物生育后期或在收获后未施肥前进行。决不能在生长的追肥期间

采样。

2、采土工具：采土时可用土钻或小铁铲进行，土钻最好采用内径2公分左右的钢管自制。其形状，规格如图二。



图二：土钻

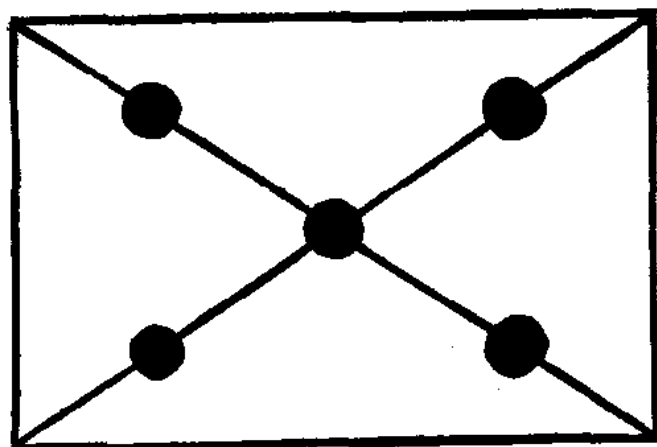


图三：用铁铲从耕作层取土示意

打土钻时一定要垂直插入土内，如干燥粘重土壤一次取不完，可分两次取。如用铁铲取土。首先用铲挖出一铲宽和一铲深（约20公分的剖面，一面修光，然后由光平的一面铲取约一公分厚的薄片土壤即可。详见图三。

3、采样方法：根据地形，地块大小，肥力均匀情况可采用下列几种：

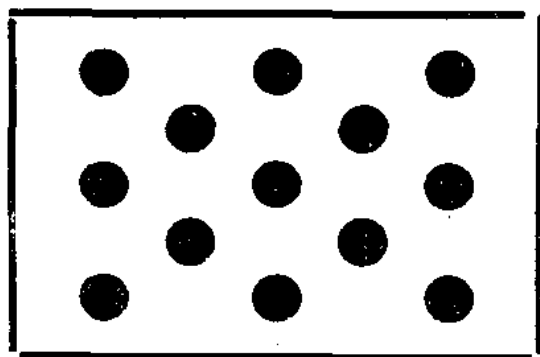
① 十字取样法（又叫对角线法）：适用于地块小混



图四：十字取样法

合样品点数较少，地势平坦，肥力均匀，地形端正的田块。具体作法如图四。

较多，地势平坦，地形端正，肥力不匀的田块。具体作法如图五。



图五：棋盘式取样法

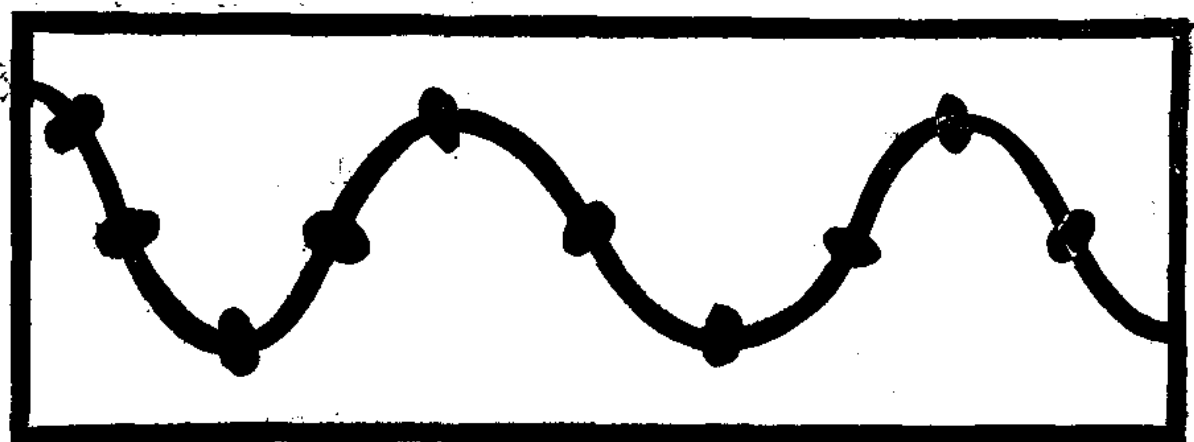
② 棋盘式取样法：适用于地块大小中等，混合样品点数

③ 蛇形取样法：适用于混合样品点较多、地块较大的任何地形，任何肥力不均匀的田块。此法比上述方法较好，适应性

广，工作效率高。具体作法如图六。

4、采样注意事项：① 不要在靠近路边、地头、沟边，局部特殊地形及堆放过肥料的地方采样。

② 取样时应事先将取样点表面上的植物残体等全部除去，用铁铲取土时应注意每点所取的土量大致相同。



图六：蛇形取样法

③取下的土样可装入布口袋，或纸袋中（不能用肥料袋），并注随意时写上两份标签放入袋里，记下样品采取的地名。公社、大队、田名、深度、口袋号码、日期等事项。

5、土壤样品的处理：样品处理可以使化验称取的土样更能够代表采回的样品，减少化验本身的并行误差；以及使样品可较长时间保存而不变质。

样品处理方法：采回的样品全部倒在干净的木板或塑料布上，及时捏碎，剔除根茬，枯枝落叶以及石块，煤渣等非土混杂物，凉干。最后用木棍研碎至通过一毫米筛孔，保存备用。

（二）植株样本采集与处理：

1、采样时间：

作物体内无机盐含量在一天之内变化很大，因此，采样时间很重要，一般以上午8点至11点采样为宜，一般采集代表性的典型样本10—20株，从苗期开始每隔几天或按生育期定期采样进行测定，如在室内测定应用塑料袋或蜡

纸包装，并注明采样时间、地点、试验项目、标签内外各一个。

2、采样部位：

①麦类、水稻：

在拔节前选取主茎分蘖节以上约一公分长度为样本，拔节后选取主茎全株各茎节部位（以茎节为中心0.5公分长度）为样本。

②玉米、高粱：

幼苗期（定苗前）选取主茎基部分蘖节处约1公分长度；7—9片真叶期，选取顶部展开的第一或第二片叶子的中脉茎基部一公分长度；玉米抽穗后选取第一果穗以下第二片叶子的中脉茎部一公分长度为样本。

③棉花：

打顶前选取主茎顶端展开第一或第二片真叶的叶柄为样本。打顶后取顶都第二果主茎上的大叶的叶柄为样本。

3、样本处理：

采回来的样本不能直接测定，必须将枯焦死亡的部分和沾染在植株上的土粒、灰尘等去除干净（必要时用水冲洗干净或湿布擦干净）。然后把所需要部位剪下来，并剪或切碎至1—2毫米长短，充分混匀，待测（应及时测定，如当天来不及测必须把样本放在阴冷处）。