

田面尚不够平整,应继续挑高垫低,进一步平整达到灌溉水层均匀,防止发生盐斑,促进水稻高产。旱地应大力扩大平整面积,发展灌溉。灌溉试验证明,三麦等旱作灌溉有成倍的增产效果,过去认为夜潮土不要灌溉的看法是不对的。

第二,狠抓种养,增辟肥源;种植绿肥已有基础,今后应在已有基础上,大力发展稻茬轮作与旱地套种绿肥,现已种紫穗槐 380 亩。紫穗槐是优质肥料,也是副业原料,今后应利用十边隙地扩大种植。随着生产发展,为大力发展养猪创造了条件,走猪多肥多、肥多粮多的路子。

第三,合理布局,达到水旱双丰收:孟庄大队有三种土地类型,对水旱合理布局十分有利。下湖地以发展水稻为主,既有利于改良盐碱地,又有利于防涝。上岗地以发展水浇旱作为主,提高旱作单产水平,确保稳收高产。唯二坡地,必须挖掘截渗沟,防止盐分爬岗,保护果树不受盐害与旱作增产(图 3)。

## 早稻苗期缺磷发僵的化学诊断

浙江农业大学土壤教研组

1971年,我们在丽水地区调查早稻苗期缺磷发僵问题,发现发僵原因归纳起来不外下面几种:(1)土壤中有效磷的供应不足;(2)受山泉或冷水影响,水温土温过低;(3)土壤中硫化物对根系的毒害,使根部发黑,严重的甚至霉烂发臭;(4)有机质(如绿肥等)在其分解过程中,在土壤里所产生的某些有机酸浓度过高,影响根系发育和吸收作用;(5)一般的缺肥(特别是氮肥),表现为稻苗普遍黄瘦矮小,坐苗不发;(6)耕作粗放,例如没有把绿肥或厩肥等肥散摊匀,翻入土中,致使插秧时秧根就直接插在未腐熟的肥料堆里;也有的由于田糊泥浮,或插秧技术上存在问题,致使插秧过深,阻碍了稻株的发棵和根系的发育。

在调查中,为了查明发僵原因,我们除对僵苗作了一般的形态观察,以及对成土条件、土壤类型、耕作制度、栽培施肥和僵苗发展过程等进行了考查分析外,还试用了一些简单易行的化学手段,来进行田间诊断。诊断结果,发现上述各种原因中,缺磷发僵是相当普遍的。

早稻苗期发僵是我省生产上早已存在的问题,磷肥对早稻生长的重要性在不少地区的群众和科技人员中也早有所认识,但由于对缺磷与早稻苗期发僵病象的具体关系,在我省过去还很少报导,特别是由于对缺磷僵苗的诊断还缺乏一套简单易行的可靠办法,所以不少地区在对僵苗采取措施时,往往对缺磷的因素考虑得很少,以致所用办法缺乏针对性,收效往往不大。为此,我们在71年调查的基础上,72年又到金华等地对早稻苗期缺磷发僵问题作进一步调查,其主要的目的是想通过调查试验,明确一些有关缺磷发僵的问题,并在此基础上提出僵苗缺磷及发僵田土壤速效磷供应状况的诊断方法和诊断标准。现将主要结果总结于下。

## 早稻苗期缺磷发僵的形态特征

缺磷发僵的稻苗在返青阶段往往没有突出的反常现象,但返青后稻苗生长显著缓慢。其突出表现为不分蘖或分蘖迟缓以致有效分蘖显著减少。缺磷僵苗的叶片较一般略细,瘦健,直立向上,不披散。严重缺磷的,其叶片还可能沿纵脉稍稍呈环状卷曲。整个植株的叶色暗绿,有些绿中带蓝的样子,严重的则带一些紫蓝色。这种色调远看起来更易于觉察。发僵的稻丛呈簇状,其挺立叶片间的夹角很小,株高比正常稻苗要短一些,叶簇顶端相当齐整。根部在形态上无特殊的表现,只是在根长及根量上均比正常的要短少一些。

缺磷僵苗和因其他原因所造成的僵苗虽然在生长表现上有共同点,即生长缓慢,发棵严重受阻,但在形态特征上彼此还是有所区别的。例如:因硫化物的毒害而发僵的,其根系发黑,如用稀酸滴在黑根上,便马上可以闻到一股硫化氢臭气。因有机酸的毒害而发僵的,其叶尖及下部老叶往往发黄,严重的则下部叶子枯死。因插秧过深而不发棵的,则叶色叶幅一般均比较正常,对这种僵苗只要检查一下插秧深度就不难发现问题。至于因冷浸低温而造成的僵苗,只往往叶色较淡,根系细而稀,冷僵严重的,其下部叶子和上部叶尖还可能枯死或黄焦。有的冷浸稻田的僵苗,由于土壤中速效氮供应丰富,叶色也可能没有黄化,但长得特别短小,从僵苗形态上来看,它们不容易和缺磷僵苗分别开来,事实上,经我们用化学诊断法加以检查,也确实发现这种冷浸田僵苗往往也是严重缺磷的。根据研究报导<sup>[1]</sup>低温对水稻吸收养料的抑制影响,在各种养料中以磷为最大,因此在冷浸条件下,并发缺磷的僵态,在生产实践中是常见的事。

应该强调指出:上述缺磷僵苗的形态特征以及它和其他类型僵苗的区别,虽然具有重要的诊断意义,但在生产上,缺磷僵苗的典型特征往往受到其他生长因素的干扰,因而其长相长势及表现程度有时就可能有所不同,甚至完全为其他的并发症状所隐蔽。这说明单凭表现形态的目视鉴定来诊断缺磷发僵与否,有时就不可靠。为此,我们试用了化学方法,分别对僵苗及土壤进行了缺磷的诊断。

## 僵苗缺磷的化学诊断依据

用化学方法检查植株组织内的磷素营养状况来诊断缺磷与否,显然要比目视的形态鉴定更为直接而可靠。不仅如此,由于稻株内的磷在营养上有可以被反复利用的特性,即当稻苗的磷源供应不足时,存在于体内老组织中的磷可以通过反复的代谢向新生组织输送,在那里参与新组织的形成,所以当稻苗开始缺磷时,其长相长势一般未必有明显的异常表现,这在植物营养诊断学上称为潜伏症状期。在这缺磷的典型形态症状尚未完全表现出来的潜伏症状期中,目视鉴定法显然是无法发挥其诊断作用的,这就必须依靠化学方法来进行直接的营养诊断。由此可见,僵苗的化学诊断不仅能验证目视诊断的结果,而且还能把病象肯定在症状充分表现之前,以便及早采取防治措施。稻苗内的无机磷贮库主要是在输导组织内,而叶鞘则是输导组织最发达的部位。因此,如何运用简单易行的方法来测定叶鞘组织内的无机磷,就成为我们对僵苗试用化学诊断方法的出发点。可以设想,在清查贮库后,如果没有无机磷的贮存,则发棵就必然会受到严重的影响。

为了测定叶鞘组织内的无机磷,我们选用了3.5当量浓度的盐酸溶液(内含钼酸铵1.5%)来进行浸提。选用酸浸法的依据,是因为它比较满意地排除了以磷脂为主的脂溶性

磷化合物及非酸溶性的核酸和核蛋白含磷化合物的干扰。至于选用 3.5 当量浓度,则一方面是因为在室内的初步试验中,发现用过浓的酸所得的浸提液混浊而呈色,对以后磷的钼蓝比色不利,而过稀则无机磷的测定值有时不稳定(这可能是浸提时稻株内某些有机磷的水解度发生变化的结果)。另一方面也因为这样浓度的钼酸铵盐酸溶液也正是一般磷比色测定所用的试剂浓度,它可以通用于作土壤速效磷比色测定试剂。浸提剂中加入了 1.5% 钼酸铵也是为了同一理由,同时还为了可以省去另配钼酸铵试剂,使野外测定手续更为简便。应该指出:用这样浸提剂所浸提出来的磷,除无机磷以外,还包括一部分代谢中间产物,如糖的磷酸酯等,但根据报导<sup>[2]</sup>幼苗期稻株中这种磷化合物浓度和无机磷浓度一样,都是随着生长环境中磷素营养的增加而增加的;因此在苗期稻株的缺磷诊断上,它们纵然和无机磷同时存在也不会产生干扰,相反,还可能增加诊断的灵敏度。

磷的比色测定采用了一般的氯钼酸试剂法(即用钼酸铵的盐酸溶液做试剂)。这一方法要求显色时盐酸浓度为 0.7 当量,也就是说在显色时要求把上述浸提剂(3.5 当量浓度的盐酸)用四倍容积的水来加以稀释。显色所用氯化亚锡还原剂,改用甘油配制,目的是为了防止它在空气中迅速氧化变质。经试用,氯化亚锡溶液改变配方后,在南方条件下,无需特殊的去氧装置或低温设备,就可以在平常的棕色试剂瓶中越冬保存半年以上,这就大大方便了这一方法在野外的应用。

## 僵苗缺磷的化学诊断方法

### (水稻苗期叶鞘无机磷的组织速测)

#### 试 剂:

(1) 钼酸铵盐酸溶液——称取纯净钼酸铵结晶 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  15克,研碎,溶于大约 300 毫升的温水中。如溶液混浊,应过滤。冷却后,缓缓加入纯浓盐酸 292 毫升(浓盐酸比重 1.19),边加边搅。最后用蒸馏水稀释至 1000 毫升,使试剂中盐酸的最后浓度为 3.5N,而钼酸铵浓度为 1.5%,其最后盐酸浓度最好加以标定。在这一方法里,钼酸铵盐酸溶液既作为溶提叶鞘无机磷的浸提剂,同时也作为导致磷钼杂多酸反应的主要试剂。此溶液保存时间过长时,可能失灵,每隔二三个月应用标准磷液检查一次。

(2) 氯化亚锡的甘油溶液——选用淡黄色的新鲜干燥氯化亚锡结晶 $(\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$  细粒。称取 2.5 克,加浓盐酸(比重 1.19) 10 毫升,加热促其溶解。等全部形成透明溶液后(如混浊,应过滤),再加化学纯试剂甘油 90 毫升。混匀,贮于棕色瓶中,用塞塞紧,置阴暗处。氯化亚锡的甘油溶液远比其水溶液稳定得多,可贮存半年以上。但每隔一相当时间(例如一个月左右),仍应用标准磷液检查一下,看其是否已失去了原有的还原力。配制成的氯化亚锡溶液中,氯化亚锡浓度应为 0.1M,盐酸浓度为 1.2N,测定时,每 10 毫升比色溶液应加此氯化亚锡溶液一滴(即 0.05 毫升)。

从田间采取有代表性的待诊断幼苗 5—10 株,用清水洗净,将根剪去,剔除枯叶焦叶,再在其中选代表样株 3—5 株,用剪刀从基部向上剪取其叶鞘组织(注一),使成碎屑,混匀后,取碎屑体积约 1 毫升左右放在容量约为 15 毫升的试管中。倒入钼酸铵盐酸溶液约 2 毫升至 3 毫升(注二)以淹没组织碎屑而略有盈余。用橡皮塞塞紧,猛烈摇动,上下 300 次(约两分钟)。打开塞子,用四倍容积的纯水(注三)把管内浸提液稀释成原来容积的 5 倍,摇匀。加氯化亚锡溶液一滴(必要时也可用一细粒的氯化亚锡结晶代替),再摇匀。五分

(注一):为了使叶鞘碎屑剪切得大小更为一致些以达到对磷的浸提更有互比基础的效果,可以把所选取的叶鞘样品放在干净小玻板上(如用平整的硬橡皮板则更好),上面复一透明的塑料小梳子作为切割时的导尺,然后用剃须的单面刀片沿着梳缝逐一切割,这样就可以得到碎屑度较为一致的叶鞘组织碎片了。

钟内如出现蓝色即表示叶鞘组织中含有无机磷。蓝色愈深,含磷愈多(注四),而缺磷发僵稻苗则无蓝色或蓝色极浅。另外,仔细观察试管中组织碎片切口,也可发现有同样的呈色反应,蓝色者表示输导组织中含无机磷,缺磷发僵者则不现蓝色。由于溶液中的呈色反应更为灵敏,所以诊断时宜以溶液的蓝色有无及其深浅为准。测定时最好选取僵苗作为对照和正常苗同时平行进行,以资比较。

表1 磷的永久色阶的配制及其诊断意义

溶液含磷浓度 (ppm)	配 制 方 法	叶鞘无机磷浓度 (ppm)	发 僵 诊 断 等 级	
0	钼酸铵盐酸溶液 2 毫升加纯水 8 毫升, 氯化亚锡一滴。	0	Ⅲ级	叶鞘无机磷含量在30ppm以下, 僵态明显, 严重缺磷。
0.5	1% Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O 溶液10毫升, 加pH试纸半张, 1小时后取出。	15		
1	1% Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O 溶液10毫升, 加pH试纸一张, 1小时后取出。	30	Ⅱ级	叶鞘无机磷含量在30—60ppm之间, 有僵态症状, 缺磷。
2	1% Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O 溶液10毫升, 加pH试纸二张, 1小时后取出。	60	Ⅰ级	
4	1% Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O 溶液10毫升, 加pH试纸五张, 1小时后取出。	120	零级	发棵良好的正常苗。
6	1% Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O 溶液10毫升, 加pH试纸七张, 1小时后取出。	180		

## 僵苗缺磷的诊断标准

为了求得缺磷发僵的诊断标准,我们在71、72两年内,先后在丽水、龙泉、金华等地对发棵良好的正常苗和有不同程度僵态表现的稻苗作了数以百计的组织含磷浓度测定,测定项目主要为叶鞘组织中的无机磷,其中也有一部分兼及整个稻株的全磷及全氮。测定结果可以归纳为如下几点:

(注二): 我们在这里所建议的样品用量是以叶鞘碎屑的体积为标准。但这样所获得的结果,只能作为定性诊断(缺磷与否的依据),也正因为是以定性诊断为主要目的,所以对浸提液(钼酸铵盐酸溶液)的用量规定不严,这里所建议的样品和浸提剂的容积比为1:2至1:3,如有所上下,问题也不大。重要的是浸提液用量必须为已知,以便在以后加水稀释时有所依据。如果要求作出半定量的诊断,那末我们建议取样应以重量为准。在以下的半定量工作中,所用样品重量都规定为0.25克,浸提剂用量为1.5毫升,浸提后再加水6毫升以稀释之,而在最后用标准色阶求得溶液中磷的浓度后再乘以30,即得叶鞘样品中的含磷浓度。

(注三): 在野外,稀释所用的水可就近用灌溉渠道里的洁净水。由于自然界里存在的磷化合物溶解度都很小,所以自然水里一般不含磷。当然刚施过磷肥的田间水或排水是例外,不能用。在用自然水稀释时,如有疑问,可以做一空白测定,以检查其是否含磷(即把钼酸铵盐酸溶液用自然水稀释成五倍,加氯化亚锡还原剂,摇匀,观察其有无蓝色)。

(注四): 在作半定量测定时,可对照磷的标准色阶来进行比色,以求得叶鞘组织含磷浓度的数据,当然这时取样应如(注二)所述以重量为标准。由于磷钼杂多酸(钼兰)在空气中要逐渐退色,所以用不同浓度的标准磷液来配制标准色阶显然是行不通的。为此,建议用下述方法配成较为永久的人为色阶来代替磷的自然色阶,以作为野外诊断叶鞘无机磷含量的比色定级的标准。上表中配制方法一栏中所列试纸系指上海文华化工工业社所出的万用pH试纸(pH 1—14),其他同类试纸,如上海试剂三厂所出的广范试纸(pH 1—14)也可用,但因它颜色较深,故用量应酌减。用后者配制时还有两个缺点,即由于试纸质地较松,有些纸纤维会分散在溶液中,因此使溶液混浊,更重要的是在浓度较高的色阶中会呈现出紫兰色和磷的呈色有所不同。表中叶鞘无机磷浓度一栏系根据样品用量为0.25克、浸提液用量为1.5毫升,最后比色液体积为7.5毫升换算成的(见上述注二的说明)。

(1) 凡稻苗严重缺磷,在其长相长势上表现出严重的缺磷僵态特征者,其化学诊断结果,叶鞘中无机磷的浓度一般都在 30ppm 以下。为了方便起见,在诊断等级上,我们把它定为 III 级,其次,有些僵苗,形态上有一般缺磷发僵症状,但表现不很严重。这类僵苗,经分析结果,其叶鞘无机磷浓度一般在 30—60ppm 之间,我们把它的诊断等级定为 II 级。再有一种,从整片田丘稻苗的群体表现上来看,缺磷的形态特征往往不很显著,但分散在田丘中的有些稻株有可疑的甚至有明显的缺磷症状。这种大部处于磷素营养潜伏症状期中的稻苗,如不及时采取措施,其进一步的发展,就将迅速表现为明显的僵态。化学分析表明这类稻苗的叶鞘无机磷浓度一般在 60—90ppm 之间,它的诊断等级定为 I 级。最后,那些发棵良好,生长正常的稻苗,大量的化学诊断数据表明其叶鞘无机磷浓度都在 90 ppm 以上,有的甚至高达 360ppm 以上。

为了具体说明以上所定标准的诊断意义,我们把对金华七一农场所作的部分考苗记录和分析数据列于表 2,以作为诊断各级僵苗的例证。另外,作为对比,表中还并列了采自邻近不发僵田丘上正常苗(同一品种,相同生育期)的有关数据。从这些实例资料中可以看出:上面所介绍的化学诊断方法和诊断标准,在生产上一般尚能说明僵苗缺磷的问题。事实上,在实际应用时,如没有特殊必要,一般是无需对僵苗正确地定出缺磷等级的,这样,也就无需配制磷的标准色阶,在诊断手续上就要方便多了。

(2) 僵苗缺磷不仅反映在其叶鞘无机磷贮库中磷的浓度上,而且也反映在整个植株的全磷浓度上。为了说明它们之间的具体关系,我们选择了部分有明显对比意义的正常苗和严重缺磷苗样品,进行了叶鞘无机磷浓度及植株全磷浓度的分析(植株全磷浓度的分析采用一般所用的过氯酸、硫酸、硝酸混合液消煮灰化,然后用比色法定磷)。分析结果绘成图 1。图中平行于横轴的  $Y \approx 1650$  直线,和平行于纵轴的  $X \approx 50$  直线把缺磷僵苗的点和正常苗的点分为两部分,分别集中于第四和第一两个象限内。以  $Y \approx 1650$  线为准来看,凡植株的全磷浓度大于 1650ppm 的苗都为正常苗,而小于 1650ppm 的都为僵苗。另一方面,以  $X \approx 50$  ppm 线为准来看,则所有正常苗的叶鞘无机磷浓度都在线的右方,严重缺磷僵苗的叶鞘无机磷浓度都在线的左方,而在它的  $\pm 35$  的范围内(即图中由  $X \approx 15$  和  $X \approx 85$  两线所夹成的打有斜线的那个范围)没有点的分布,这是因为我们所选用的缺磷僵苗都是比较典型的,在发僵诊断等级上属于 III 级,可以设想,如果分析样品也包括 I 级和 II 级僵苗的话,那末它们叶鞘无机磷浓度很可能就落在这一范围内。事实上,表 2 中那些不属于严重发僵的叶鞘无机磷浓度也确是在这一范围内。在这里由于分析数据的限制,我们暂时只能以这一范围内的中间线即  $X \approx 50$  作为代表,而实际上分界线必然比这为高,很可能是这一范围的上限,而接近于  $X \approx 85$  的线,这也就接近于上述发僵诊断等级中 I 级苗的上限了( $X \approx 90$ ),从图中还可以看出,以叶鞘无机磷浓度作为缺磷发僵的诊断标准要比植株全磷浓度更为可靠,这是因为不论僵苗或正常苗(而特别是僵苗),它们全

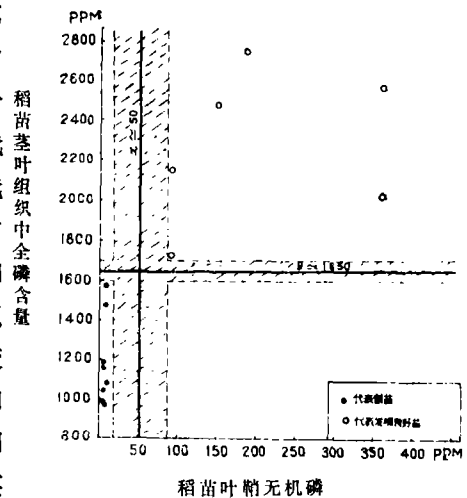


图 1 早稻幼苗茎叶组织全磷含量和叶鞘组织无机磷含量对僵苗的诊断关系

表2 僵苗缺磷的诊断例证

(金华七一农场的部分调查实例, 72.5.17—21)

对比 编号	稻苗生长状况	品 种	每株分 蘖数	株高 (厘米)	根长 (厘米)	10株苗 重(克)	叶鞘无机磷 诊断级别 (ppm)	采样地点及情况说明(土壤 母质都是低丘红壤)
1 A	缺磷僵态特别严重	意大利B	无	17	11	4.2	Ⅲ(0)	六队三排小山垄, 新改田, 挖方新表土。 六队三排小山垄, 新改田, 老表土。
1 B	发棵良好生长正常	B	0.6	33	14	13.6	0(>180)	
2 A	缺磷僵态严重	/	无	27	8	2.1	Ⅲ(<15)	洗米塘水库坡下, 填方新表土。 洗米塘水库坡下, 老表土。
2 B	无僵态生长良好	/	0.2	28	11	4.4	0(120—180)	
3 A	缺磷僵态严重	/	无	23	9	4.8	Ⅲ(<15)	三队二排
3 B	无僵态生长正常	/	0.6	29	13	10.7	0(90')	
4 A	缺磷僵态严重	辐育一号	无	20	9	5.1	Ⅲ(<15)	三队二排
4 B	缺磷僵态严重		无	21	6	4.1	Ⅲ(<15)	
4 C	发育良好生长正常		0.5	30	14	11.0	0(>120)	三队二排
5 A	有缺磷僵态	京引56	无	25	8	4.0	Ⅱ(60)	六队三排, 原来僵态严重, 施磷肥二天后测定, 当时僵态正在消失中。
5 B	原无僵态生长良好		1.3	30	10	11.6	0(>180)	
6 A	缺磷僵态严重	先锋一号	无	21	9	—	Ⅲ(<15)	六队三排
6 B	略现僵态有缺磷可疑		0.5	31	12	—	I(60—90)	
7 A	缺磷僵态严重	二九南	无	18	7	—	Ⅲ(<15)	十一队, 除头年绿肥拌种, 用少量磷肥外, 未施过磷肥。 十一队, 熟化老水田, 深插3.9厘米。
7 B	一般僵态		无	21	5	—	Ⅱ(30)	

注: 分蘖数, 根长, 株高均为十株以上的平均数。其中分蘖数不计主茎。

磷浓度的相对变幅都分别要比叶鞘无机磷浓度来得大。

### 发僵田土壤缺磷的诊断

通过叶鞘无机磷浓度的测定, 结合对稻株形态特征的观察, 一般已可作出稻苗缺磷与否的诊断。但造成稻株缺磷的可能原因至少有二。一是土壤中速效磷供应不足; 二是土壤中虽不缺乏速效磷, 但由于土壤中有其他不利因素的存在, 抑制了稻株对磷的吸收, 例如低温及一些有毒物质如硫化物、某些有机酸等。为此, 对僵苗本身进行缺磷诊断之后, 还必须对土壤中的速效磷含量加以诊断, 以便在治僵措施上, 可以对症下药。

根据浙江农科院的报告及我们早先的系统试验, 测定水田土壤速效磷的方法, 以0.03N NH<sub>4</sub>F—0.025N HCl (或0.03N NH<sub>4</sub>F—0.03N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 浸提法所得结果, 和磷肥效应最为一致。但这方法所需试剂和测定手续对野外工作来说还是不够方便, 因此我们就试用了测叶鞘无机磷的同一试剂, 稀释不同倍数, 进行室内试验。试验结果表明以相当于0.1N HCl浓度的钼酸铵盐酸试剂来直接浸提土壤, 其所得结果最为满意。

在野外工作中, 必须解决的一个重要问题, 就是如何估测土样含水百分数, 以便将分析结果换算成统一的干土标准。对于这一问题, 可以参考有关的土壤水分测定文献。

## 发僵田土壤中速效磷的野外诊断法(发僵诊断用)

试剂：同叶鞘无机磷的野外测定法。

磷的标准色阶——见表1配制法(实际上只用到0.5ppm一个色阶,甚至可以不用。)

测定步骤：取湿土,使所称土样尽可能接近于干土2克,放在15毫升的试管中。根据土样本身含水量的多少补加水分,使土水比为1:5,加盐酸钼酸铵试剂6滴,使浸提液中HCl的浓度大约为0.1N。加塞后猛烈摇动3分钟,静置之,使溶液澄清或过滤。取清亮滤液6毫升,加盐酸钼酸铵溶液1.5毫升,摇匀后加氯化亚锡甘油溶液一滴,再混匀。过三四分钟观察颜色,如无蓝色,可确诊为僵苗之所以缺磷是由于土壤中速效磷供应严重不足所引起,如有极轻微的蓝色,但其蓝色深度还不到0.5ppm浓度者,可视为土壤轻度缺磷,而超过0.5ppm者,则土壤根本不缺磷,需另找发僵的原因。

诊断例证：根据上述方法,我们在对僵苗作形态和叶鞘无机磷诊断的基础上,又对发僵田土壤进行了速效磷供应状况的诊断。和前面所说明的一样,这些诊断也都是用对比方式进行的。表3是在金华七一农场所进行的部分诊断实例。从这些例证可以看出：照上法对土壤供磷状况所作出的诊断结论和按形态诊断及叶鞘无机磷诊断的结论是很相一致的。特别是叶鞘无机磷的浓度级别和土壤中速效磷的浓度级别两者间存在着明显的平行关系,这在某种意义上可以看做是诊断方法可靠性的一种证明。还应该指出的是有关8A和8B这一对比诊断实例,它从反面检验了所介绍诊断方法的实际意义。因为尽管8A从形态特征来看好象是属于发僵的类型,但根据土壤方面的诊断,其速效磷的供应是丰富的,而叶鞘无机磷的诊断也同样说明了其体内无机磷的贮量也是很丰富的。它和发棵良好的8B一样,从磷的营养角度来看都足以满足分蘖的需要。这样,通过这两方面的诊断,都否定了8A僵苗的磷素营养障碍,事实上,8A僵苗的稻根绝大部分为深黑色,滴加稀盐酸后又立刻散发出浓烈臭气。当时测定土壤的氧化还原势(Eh),8A为195毫伏,8B为222毫伏,根表硫化物浓度,8A高达根重的10ppm左右。这些线索启示我们,发僵的原因可能是由于8A土壤中硫化物,特别是硫化氢的浓度过高所引起的毒害(由于8A土壤不仅Eh比8B低,因此其产生硫化物的条件比8B更为有利,而且其pH只有5.9,又比8B的6.6低得多。这样,在较酸的8A土壤中的硫化物以硫化氢形态存在的百分比又必然要比8B高,而根据报导硫化氢对水稻的毒害影响是远大于一般硫化物的)。

此外,在另外一些场合,我们也还发现另一种由于硫化物毒害而并发缺磷发僵的现象,例如在金华多湖公社新丰大队的三队和相邻的八队,各有二丘同苗龄的水稻,种的都是九广矮,一丘稻苗发僵较重,黑根也多,检查其土壤速效磷浓度,达到20ppm左右,表示土壤中的速效磷的供应量是很充足的。另一方面僵苗的叶鞘无机磷浓度却只有15ppm,属III级缺磷发僵的等级。再检查其根膜中硫化物浓度,约相当于根重的110ppm,同时土壤中硫化物浓度也有5.4ppm。这说明这丘稻苗受硫化物的毒害是很严重的,其叶鞘无机磷之所以不足不是由于土壤缺磷,而很可能是由于根表硫化物毒质浓度太大,从生理上抑制了根系对磷的吸收。与此相对比的另一丘,稻苗生长基本正常,黑根也很少,其土壤中速效磷浓度同样是很充足的,约达到15ppm,但由于土壤的硫化物浓度只有1.6ppm根系硫化物浓度也只有27ppm,所以其吸磷量还是比较多,叶鞘无机磷浓度达到90ppm左右,使它接近于不缺磷的标准(以上所举硫化物浓度由于是在现场速测的,条件控制较差,

表 3 发僵田土壤速效磷供应状况的诊断例证

(在金华七一农场的部分调查实例。72.5.17日—21日)

对比编号	稻 苗 生长状况	叶鞘无机磷 诊断级别 (ppm)	土壤速效磷(0.1N HCl— 0.05% 钼酸铵浸提法)			表土性质		说 明
			比色液 等级 (ppm)	土壤中 浓度 (ppm)	诊 断	pH	Eh (毫伏)	
1 A	缺磷僵态特别严重	Ⅲ(0)	0	0	严重缺磷	5.3	337	见表 1
1 B	发棵良好, 生长正常	0(»180)	1	7.5	含磷丰富	6.6	329	见表 1
2 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	0	0	严重缺磷	6.1	319	见表 1
2 B	无僵态, 生长良好	0(120—180)	0.5	3±	不缺磷	6.3	292	见表 1
3 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	0	0	严重缺磷	6.4	354	见表 1
3 B	无僵态, 生长正常	0(90+)	0.5	3±	不缺磷	6.6	343	见表 1
4 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	0	0	严重缺磷	6.4	367	见表 1
4 B	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	0	0	严重缺磷	6.5	332	见表 1
4 C	发棵良好, 生长正常	0(>120)	0.5	3.8	不缺磷	6.6	322	见表 1
5 A	有缺磷僵态	Ⅱ(60)	0	0	严重缺磷	6.5	365	见表 1 原来僵态严重, 土壤速效磷是在未施磷肥前测定的。
5 B	原无僵态, 生长良好	0(>180)	0.5	3±	不缺磷	6.8	327	
6 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	0	0	严重缺磷	6.8	347	见表 1
6 B	略现僵态, 有缺磷可疑	I(60—90)	微量	微量	缺 磷	6.8	345	见表 1
7 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	0	0	严重缺磷	6.7	347	见表 1
7 B	一般僵态	Ⅱ(30)	微量	微量	缺 磷	6.6	352	见表 1
8 A	有僵态, 黑根很多	0(>180)	2	15	土壤含磷丰富	5.9	195	采自四队, 平均每株分蘖数 0.1, 株高 23 厘米。同上。平均每株分蘖数 1.1, 株高 32 厘米。
8 B	无僵态, 黑根很少	0(>180)	3±	20±	土壤含磷丰富	6.6	222	
9	发棵特别好, 生长旺盛	0(>360)	>6	>100	含磷丰富	6.7	357	洗米塘垄底, 老水田。
10	发棵较好, 生长良好	0(>180)	2	15	含磷丰富	6.8	342	采自车站河谷冲积田

所以存在着一定的测定误差。但在同一批对比样品中是具有相对意义的, 可以作为现场对比诊断的参考)。

在调查中, 我们还碰到另一种情况, 即有的受冷水影响而发僵的稻苗, 其叶鞘无机磷和土壤速效磷浓度也都可能很低, 从诊断标准上来看, 似应归之于缺磷发僵的类型, 但在同一田丘中的某些部分, 由于受冷水影响较小, 土温较正常, 土壤中的速效磷的浓度就显著增加, 那里生长着的稻苗其叶鞘无机磷浓度也因而大大提高, 僵态也就基本消失。例如金华琅琊公社琅琊滕三队有一丘有泉眼的田。在泉眼四周, 因受冷泉影响, 表层土温为 17°C。那里稻苗严重发僵, 其僵苗的长相长势, 虽然和缺磷的特征不完全相同, 但检查



其叶鞘无机磷及土壤速效磷浓度都低(分别为 15 及 0ppm),都表现为严重缺磷。另一方面,在同一田丘里,在那不受泉眼冷水影响的地方,其表层土温为 20°C,土壤速效磷的浓度就增为 3.8ppm,稻苗的叶鞘无机磷浓度也达到了 180ppm,从而使稻苗的生长显著转好。类此实例,在金华七一农场等地也有。

以上这些例证一方面说明了土壤速效磷诊断对弄清稻苗发僵原因的重要意义,同时也说明了对僵苗进行综合诊断的必要性。

## 土壤中各种形态的磷化合物作为磷素营养的诊断意义

在调查过程中,我们发现因土壤缺磷而引起的早稻苗期发僵,在各种类型的土壤上都有,包括河谷畈田,坡腰梯田,低丘垄田,甚至于有些平原冲积田也有,但以低丘红壤性母质(黄筋泥类型)的稻田较严重,特别是那些含有有机质较少的新开垄田。这是因为这种土壤原来含磷就很贫乏,同时又因为这种土壤酸性较强,磷的有效率低,有时即使施用了少量磷肥,由于其固磷能力强,所以土壤中速效磷的浓度仍不能有显著的提高。表 4 就是我们对上述低丘红壤性母质的水田土壤各种形态磷化合物含量的分析结果。从这些结果来看:

① 发僵田土壤中的无机磷总量都在 700ppm 以下,而不发僵的则都在 700ppm 以上。

② 在无机磷总量中,以闭蓄性的磷酸铝(Al-P)类化合物所占的百分比为最高,都在 60% 以上,而发僵的则都在 75% 以上。从它的绝对含量来看,其浓度大小和缺磷发僵与否又无一定的规律。这说明这种闭蓄性磷酸铝化合物虽然在水田中含量较多,却不是分蘖期土壤中速效磷的主要来源。国内其他单位的研究报告<sup>[3]</sup>对此也有相似的看法。

③ 在各种无机磷化合物中,数量上仅次于闭蓄性磷酸铝的是磷酸铁(Fe-P)类化合物。它的浓度变化规律和土壤中速效磷等级以及稻苗缺磷发僵的诊断结论很相一致。从表 4 中可以看出,如果以土壤速效磷的诊断为标准,则土壤中严重缺磷的磷酸铁类化合物含量水平约在 90ppm 和 97ppm 之间。含量高于此水平的不缺磷发僵,低于此水平的表现为不同程度的缺磷发僵状态。磷酸铁类化合物之所以在水田中能发挥其有效磷的作用,主要是因为在水田的淹水及微生物的嫌气活动情况下,磷酸高铁被还原成低铁化合物,从而增加了磷的溶解度所致。

④ 土壤中的有机磷从数量上来看,也有相当大的重要性,甚至比磷酸铁类化合物更占优势。但它在早稻分蘖期中作为磷素营养的主要给源是值得怀疑的。这不但从表 4 中的具体数字及其和发僵的关系可以看出,而且从我们调查所得其他材料中也可获得许多旁证。举例来说,71 年我们在丽水石牛公社石牛四队的河谷畈田上发现有紧邻的两丘稻苗,品种都是珍汕,一丘明显发僵,叶蓝绿直立无分蘖;另一丘生长旺盛有分蘖二三个。经检查僵苗叶鞘不含无机磷,处于严重的缺磷发僵状态,而其邻丘正常的稻苗则叶鞘含无机磷很丰富。另一方面,两者根系都正常,无病态,也无黑根,而土壤中的还原态铁的含量,正常稻田反高于僵苗田。在耕作栽培上,两者也基本相同,但发僵田施用了大量绿肥(约 4000 斤)而稻苗生长正常的则未施。这里我们分析僵苗田缺乏有效磷的原因可能就是由于有机磷在分蘖期中暂时还不能作为有效磷源之故。不仅如此,在绿肥分解过程中,在它还没完全矿质化之前,由于微生物的急剧繁育,不仅不能使绿肥中的有机磷释放出来,甚至还有可能从土壤中同化一部分原来的有效磷。这样一来,施用了大量绿肥的那丘土壤,如不适当配施一些有效磷肥,在某一段时期里就反而有导致缺磷发僵的可能。类此例子,

表4 土壤中各种形态磷化合物对发僵的关系

对比编号	稻苗生长状况	叶鞘无机磷诊断级别(ppm)	土壤速效磷诊断(ppm)	土壤有机磷(ppm)	土壤中各种无机磷形态										总量(ppm)
					Al-P		Fe-P		Ca-P		闭蓄性Al-P		闭蓄性Fe-P		
					ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	%	
3 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	严重缺磷(0)	81	3.9	0.7	51	9.5	20.5	3.8	447	83.5	13	2.4	535
3 B	无磷僵态生长正常	0(90 <sup>+</sup> )	不缺磷(3±)	88	23.2	2.5	263	28.2	61.7	6.6	561	60.1	24	2.6	933
4 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	严重缺磷(0.8)	122	6.2	1.0	91	14.6	25.3	4.1	484	77.9	15	2.4	621
4 B	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	严重缺磷(0)	164	5.1	1.1	79	17.2	16.1	2.2	356	77.4	10	2.2	460
4 C	发棵良好生长正常	0(>120)	不缺磷(3.8)	122	14.0	1.9	207	28.3	49.4	6.8	440	60.2	21	2.8	730
5 A	有缺磷僵态(见表3说明)	Ⅱ(60)	严重缺磷(0)	186	8.1	1.6	40	8.1	75.3	5.1	416	83.9	6	1.3	496
5 B	原无僵态生长良好	0(>180)	不缺磷(3±)	195	18.1	2.6	97	13.7	76.2	10.8	505	71.7	9	1.3	705
6 A	缺磷僵态严重	Ⅲ(<15)	严重缺磷(0)	190	8.1	1.5	38	7.2	22.8	4.4	449	85.6	7	1.2	525
6 B	略现僵态有缺磷可疑	Ⅰ(60-90)	缺磷(微量)	209	6.7	1.2	80	14.5	20.6	3.7	437	79.1	9	1.5	552
9	发棵特别好,生长旺盛	0(>360)	含磷丰富(>100)	153	53.4	6.8	183	23.2	64.6	8.2	478	60.5	12	1.5	791

在别的地方,也有所发现。应该指出的是施用多量草子当然也并不一定会导致发僵,有的发僵也不一定是由于缺磷所引起,这是和土壤本身的性质,温度(气温、水温、土温),草子质量(含磷多少)及一系列分解条件等有关的。

### 参 考 文 献

- (1) 卢刘义次等(余友浩译),作物生理讲座②营养生理,10页,1965。
- (2) 水稻植株中磷化合物的转化,水稻译丛,2,44-46,1966。
- (3) 蒋柏藩、鲁如坤等,土壤学报,11,361-369,1963。

## 钙镁磷肥细度试验初报

段平楣 李阿荣 蒋柏藩

(中国科学院南京土壤研究所)

在南方大面积的酸性土壤上,钙镁磷肥具有良好的肥效<sup>[1,2]</sup>,但为了进一步发挥钙镁磷肥的增产作用,在施用技术方面还有些问题需要进一步探讨。例如,粒径的大小(细度)不同,就会大大地影响其肥效的发挥。粒径不宜过粗,但也不能认为愈细愈好,否则在工业生产上,不仅会使成本提高,而且会降低生产能力。根据试验,从80.7%通过80目磨细到85.9%通过100目,用电量增加一倍,球磨能力减少一半。因此,为了提高生产率,降低成本,更好地满足农业需要,有必要阐明不同细度对肥效的影响。

细度不同,效果究竟有什么不同?国内有关这方面的试验有了一些结果<sup>[2,3]</sup>。根据



左：正常稻苗

右：缺磷发僵稻苗

(1) 田间生长状况 (2) 稻株形态 (3) 叶片 (4) 叶鞘组织测定结果