

下蜀黄土镁素状况及小麦对镁肥的反应

钱晓晴 朱清源 杨翠萍 居春霞 蒋建华

(江苏农学院)

摘 要

对下蜀层发育土壤进行镁的分析测定表明,该土壤上层水溶性镁含量不足,剖面其余各层或交换性镁饱和度过低,或钙/镁过大,或镁/钾过小造成作物缺镁;部分冲积的肥沃水稻土,尽管钙/镁不高,镁饱和度高达20%以上,镁/钾亦远超过临界值,但盆栽试验及田间小区试验结果显示:施镁增加小麦叶片叶绿素含量,促进植株氮、磷、钾的吸收,改善穗部性状,提高产量,试验结果还表明,在下蜀层发育的土壤上施用钙镁磷肥的肥效并不次于过磷酸钙。

自60年代起,我国开展了关于镁素的系列研究,尤其是对南方红壤地区土壤镁素状况及镁肥肥效方面有过不少报道^[1-3]。近年来,我国北方部分地区生产实践证明,钙镁磷肥在石灰性土壤上效果有所提高^[4],并与过磷酸钙的增产作用相当,这与传统的钙镁磷肥只宜在南方酸性土壤上施用的观念有悖,我们推测其中镁的因素不能低估。广泛分布于南方酸性土壤与北方石灰性土壤间,即江淮地区和长江河谷阶地的下蜀黄土发育的中性、微酸性土壤上镁肥是否有效,能否以钙镁磷肥代替过磷酸钙,缺少系统研究。如能以钙镁磷肥取代部分过磷酸钙,则可以减轻过磷酸钙中重金属的污染及烂种烧苗问题,减少硫酸等腐蚀性物质的生产,简化磷肥生产工艺,更好地利用我国低品位磷矿和蛇纹石等镁资源,从而降低粮食生产成本。以往的研究指出,下蜀层发育的土壤因沉积时代不同,各层次全镁含量差异很大^[5],90年代初马焕成对江苏下蜀层发育的黄棕壤的粘粒种类进行了研究^[6],明确了该类土壤的粘土矿物组成以水化云母、蛭石、高岭石为主,而富镁的蒙脱石含量甚少(3.1%),并指出该类土壤的镁含量与粘粒积累呈负相关,这就说明在形成粘粒的过程中镁一直处于被强烈淋洗状态,迅速摸清该类土壤的镁营养状况及作物镁肥效果已十分必要。

一、材料与方法

(一)土壤剖面采集

剖面1采自江苏省里下河地区农科所后一高出地面15米的高丘底部,离地面2米高的未经人为扰动的原生下蜀黄土粘盘层;剖面2采自邗江县杨寿乡建龙村河道堤坝外侧下蜀层发育水稻土。

土壤测定采用常规分析方法。CEC测定采用EDTA—铵盐快速法,同时测定交换性钾、钠、钙、镁。

(二)盆栽试验

以剖面2附近的冲田土壤作盆栽试验,基本理化性状如表1。试验设5个处理,3次重复。试验处理见表2。小麦品种:扬麦5号。

表1 盆栽土壤基本理化性质					
有机质 g/kg	CEC cmol(p ⁺)kg ⁻¹	水溶性镁 μg·g ⁻¹	交换性镁 cmol(1/2Mg)·kg ⁻¹	交换性钙 cmol(1/2Ca)·kg ⁻¹	交换性钾 cmolkg ⁻¹
14.0	27.35	35.8	6.48	19.44	0.562

表2 盆栽试验处理					
处理代号	尿素	磷酸二氢钾	氯化钾	硫酸镁	氯化镁
	克/盆				
0	0	0	0	0	0
CK	1.8	0.6	0.6	0	0
MgSO ₄	1.8	0.6	0.6	0.65	0
2·MgSO ₄	1.8	0.6	0.6	1.30	0
MgCl ₂	1.8	0.6	0.6	0	0.5

（三）田间试验

试验于盆栽取土的同一田块中进行，小区面积20米²。小麦品种：扬麦5号。7个处理3次重复。试验处理见表3。

表3 田 间 小 区 试 验 处 理						
	尿素	磷酸二氢钾	硫酸镁		过磷酸钙	钙镁磷肥
处理代号	公斤/公顷					
CK ₁	300	100	0	0	0	0
MgSO ₄	300	100	75	0	0	0
MgCl ₂	300	100	0	60	0	0
CK ₂	300	0	0	0	0	0
P ₁	300	0	0	0	375	0
P ₂	300	0	0	0	0	375
1/2P ₁ +1/2P ₂	300	0	0	0	187.5	187.5

在小麦生长期间，从盆栽和田间采集植株样品，测定氮、磷、镁及叶片叶绿素相对含量，并考种计产。

二、结果与分析

（一）土壤剖面镁的含量变化

剖面分析结果表明(表略)，原生下蜀层土壤交换性镁含量为199—612μgg⁻¹，从绝对数量上看并不低，已超出多数文献所报道的缺镁临界值，似应不会发生缺镁问题。

关于缺镁临界值问题，以往的研究结果很不一致。一般情况下，以1molL⁻¹ NH₄OAc浸提的交换性镁小于40μgg⁻¹，则可认为土壤有效镁水平低。英国农业咨询服务机构则规定：交换性镁低于25μgg⁻¹，所有作物需施用镁肥，低于50μgg⁻¹时对镁敏感的作物需施镁肥〔7〕。林克惠等人的试验则指出，有效镁缺乏的临界水平为120μgg⁻¹〔8〕。根据这些指标判断，下蜀层粘盘土壤并不缺镁。多数研究结果认为钙/镁大于5或镁/钾小于2会发生缺镁的问题。也有人认为镁饱和度低于10%—15%则可能缺镁。从这几个相对比值看，原生下蜀黄土除表层外其余各层的镁/钾均处于临界水平附近，镁饱和度低于临界水平，钙/镁超过临界水平，因此尽管土壤有效镁的绝对数量较多，但由于离子间的比例不协调和镁的饱和度不够，对深根作物来说生长中后期可能缺镁。

剖面 2 的理化性状分析结果表明(表略), 这类遭侵蚀的低产水稻土有机质含量低, 耕层土壤交换性镁明显低于中、下层。40cm 以上土层镁饱和度只有 9.0—9.9%, 底层突跃上升为 20.08%—31.51%, 这充分说明土壤表层、亚表层的镁被强烈淋洗, 由于耕层土壤交换性镁含量的降低, 造成钙的相对积累。剖面各层交换性钙自上而下逐渐降低, 这与镁的富集趋势相吻合。从元素迁移规律看, 尚未发现粘土矿物和有机质对镁有专性吸附, 由于镁的外层有较厚的水膜, 负电荷对它的吸引力较弱。它又不象钾、铵离子那样发生层间吸附, 也不如钙的絮凝能力强, 所有这些都是造成镁的强烈淋洗和钙的相对积累的可能原因。从离子关系看, 该剖面 0—40cm 土层中钙/镁增高到 8 以上, 明显地大于临界水平, 镁/钾在上层则降低到 3.88—4.43 的水平。钙/镁的提高和镁/钾的降低, 都有导致作物缺镁的可能。尤其是表层缺镁对作物苗期的生长极为不利。

(二)下蜀黄土上小麦对镁肥的反应

土壤镁素状况可以通过对土壤及植株的养分含量测定加以诊断, 对此前人已做了很大努力。但由于土壤性质及作物种类的复杂性, 使得各种诊断指标难以得到有效的应用, 进行施肥诊断则显得更加简便和实用。为了明确在下蜀黄土上小麦对镁肥的反应, 进行了小麦的盆栽试验和田间小区试验。供试土壤交换性镁含量达 $6.48\text{cmol}(1/2\text{Mg})\text{kg}^{-1}$, 相当于 $787\mu\text{g g}^{-1}$, 镁的饱和度亦达 23.69%, 钙/镁为 3, 镁/钾高达 11.5, 各种镁含量指标均优于上述原生下蜀层粘盘层和低产水稻土镁素水平, 尽管如此, 盆栽及大田试验中小麦对镁肥均有良好的反应。对抽穗期小麦地上部植株的叶绿素、氮、磷、镁、钙养分的测定结果(表 4)表明, 施用镁肥能提高植株的氮、磷、镁含量及叶片中叶绿素含量, 最终导致小麦籽粒产量的提高, 尤对千粒重的提高作用明显。大田植株的测定结果与盆栽结果完全一致。由此可以认为: 在下蜀层发育的水稻土上种植小麦, 施用镁肥主要是通过以镁促磷、增氮增叶绿素, 从而促进小麦生长, 增加光合产物积累, 提高产量。

表4 镁对小麦植株养分含量与产量的影响 (盆栽试验)

处理代号	叶绿素	全 氮		全 磷		全 镁	全 钙	产量结构			产量
	相对含量	含量	增加	含量	增加	(%)	(%)	穗/盆	穗/粒	千粒重	(g/盆)
		(%)	(%)	(P ₂ O ₅ %)	(%)			(g)			
0	100.0	1.085	—	0.158	—	0.15	0.38	15.67	37.33	24.72	14.46
CK	104.7	1.300	19.8	0.223	41.6	0.22	0.23	19.33	39.00	26.50	19.98
MgSO ₄	135.3	1.738	60.1	0.256	62.6	0.31	0.35	19.67	39.67	28.85	22.51
2MgSO ₄	158.2	1.743	60.6	0.315	99.8	0.38	0.31	20.00	39.33	30.09	23.67
MgCl ₂	118.7	1.432	32.1	0.246	56.1	0.30	0.42	18.67	41.67	28.23	21.96

三、讨 论

(一)钙镁磷肥肥效提高的机理探讨

盆栽小麦试验说明, 在下蜀黄土上施镁能改善作物生长, 其增产机理是通过以镁促磷、增氮增叶绿素来实现的。镁与磷的协同作用, 磷和氮的协同作用都是无可置疑的, 但一般认为 NH_4^+ 与 Mg^{2+} 有颉颃作用, 所以氮、磷、镁对植物的影响关系比较复杂。生产实践中, 一般只有在大量施用氮肥的情况下施镁增产才明显。对此可作如下解释: 由于 NH_4^+ 颉颃吸收 Mg^{2+} , 故大量施用 NH_4^+-N 肥会抑制 Mg^{2+} 的吸收, 因此应同时补充镁肥。作物镁营养改善后有利于叶绿素增加和磷酸激酶的活化, 以镁促磷增叶绿素增氮的作用可能超过了 Mg^{2+}

对NH⁺₄吸收的颀颀作用。

近年来有关植物矿质营养平衡对植物生长的重要性已越来越引起人们的关注^[8]。植物体内较多的钙能抑制已进入体内的镁的营养作用，环境中较多的钾并不影响根系对镁的吸收，却严重妨碍镁向地上部的运输，随着复合肥的发展，石灰性土壤中钙的富集和钾的补充都会在一定程度上影响着作物的镁营养状况。虽然石灰性土壤中未必有很高浓度的活性钙存在，但可补充活性钙的库容很大，对镁的生理功能的正常发挥存在较大的威胁，在这类土壤上，大量施用可给态钙较多的过磷酸钙显然没有施用低活性钙的钙镁磷肥稳妥。换言之，在磷素供应相对充分的条件下，钙镁磷肥的低活性钙特性可能有利于富钙土壤上小麦体内镁素营养功能的正常发挥。为此，进行了田间试验部分处理小麦植株的分析测定，结果见表5。

表5 镁对小麦植株的养分含量及产量的影响 (田间试验)

处理代号	叶 绿 素 相对含量	氮		磷		镁		钙		产 量 (公斤/公顷)
		含量 (%)	增加	含量 (%)	增加	含量 (%)	增加	含量 (%)	增加	
CK ₂	100	1.463	—	0.323	—	0.23	—	0.56	—	3430
P ₁	102.9	1.516	3.6	0.324	0.09	0.35	52.2	0.54	-3.5	5143
P ₂	106.3	1.803	23.3	0.161	-50.4	0.37	60.9	0.45	-19.6	5499
1/2P ₁ +1/2P ₂	103.2	1.598	9.2	0.214	-34.0	0.31	34.8	0.46	-17.9	5477

从表中数据不难看出，钙镁磷肥与过磷酸钙比较并未显著增加植株对镁的吸收，却明显地降低了体内的钙水平，从而有利于叶绿素的合成和植株氮素的吸收。试验中两种磷肥都未增加小麦植株的含磷水平，土壤磷素已基本满足了植株的需要。这就为钙镁磷肥逐步替代过磷酸钙提供了可能。因为在不强调当季利用率的情况下，为维持土壤一定的供磷水平而进行的施肥，选用钙镁磷肥是适宜的。从产量上看，等量的钙镁磷肥比过磷酸钙多增产10.5%，二者混用虽稍逊于钙镁磷肥，但优于过磷酸钙。因此在镁肥肥源不足的情况下，以钙镁磷肥代替部分过磷酸钙不仅提供了作物磷的营养也有助于改善作物的镁素营养，增产增收。

(二) 钙镁磷肥与过磷酸钙混用的作用

在生产实践中，经常遇到将钙镁磷肥与过磷酸钙混用增产的情况。经多次试验观察，混合比例为1:1时效果尤佳，此混合肥pH约为6.1，残留酸约为30cmolkg⁻¹。混合物陈放数月后有效磷稍有下降，但混合物的有效镁含量却大幅度提高。采用扬州磷肥厂生产的肥料所作的试验结果如下：

肥 料	水溶性镁 (μgg ⁻¹)	交换性镁 (μgg ⁻¹)	有效磷 (P ₂ O ₅ %)
过磷酸钙	3050	—	13.75
钙镁磷肥	293	383	12.75
1:1 混合物	—	980.1	12.37

在下蜀黄土上进行的油菜、薏苡作物的镁肥及钙镁磷肥的试验结果对本研究结果也作了很好的映证。

四、结 论

- 1. 下蜀黄土由于营养元素比例不协调而表现出缺镁；

2. 下蜀黄土上施用镁肥可以通过以镁促磷、增氮增叶绿素,而提高作物产量;
3. 下蜀黄土上施用钙镁磷肥可以通过降低体内钙浓度而提高作物体内镁的营养功效,提

参 考 文 献

- [1] 杜承林等, 缺铁土壤上镁肥对某些经济作物的效应, 土壤通报, 24(2):74-76, 1993。
- [2] 谢建昌等, 中国南方土壤镁素状况与需镁前景, 硫、铁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集, 成都科技大学出版社, 129-134, 1993。
- [3] 林齐民, 水稻镁肥肥效及镁素营养诊断指标研究, 硫、铁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集, 成都科技大学出版社, 171-176, 1993。
- [4] 王少仁等, 钙镁磷肥在石灰性土壤上的肥效变化及其原因的探讨, 土壤肥料, (6), 1991。
- [5] 中国土壤学会会志, 1卷2期, 1950。
- [6] 马焕成等, 江苏黄棕壤母质对粘粒形成的影响, 土壤地质, 农业出版社, 1991。
- [7] Stanley A.Barber (李映强译), 土壤中镁的生物有效性及其动力学性质, 农业科学情报, (3), 1991。
- [8] 林克惠等, 铁、锌、硼肥对烤烟几个生理生化指标、产量和品质影响, 硫、镁和微量元素在作物营养平衡中的作用国际学术讨论会论文集, 成都科技大学出版社, 159-161, 1993。
- [9] 王家玉, 植物营养元素交互作用研究, 土壤学进展, (2):1-10, 1992。

(上接第304页)

结合位较少, 钾离子的浓度梯度及质量作用定律等因素限制着铵离子对结合位上钾离子的置换, 因此铵离子争夺的结合位少, 固钾量差额不明显。

土壤对铵离子的固定作用强于对钾离子的固定作用, 所以向土壤中先施铵态氮肥, 使土壤中的粘土矿物的结合位大量被铵离子占据然后再施入钾肥, 由于钾离子不能大量进入结合体, 被土壤固定较少, 能被植物根系直接吸收利用的有效形态钾较多, 对植物生长有利。至于铵钾施用比例, 不能千篇一律, 要根据作物的需要, 及土壤本身的含铵量、含钾量来确定, 如果土壤缺钾, 而植物又需钾, 那么在施用钾肥时应注意提前施一些铵态氮肥, 如果在缺钾土壤上施用复混肥, 那么复混肥中 NH_4^+ 与 K^+ 的比例以大于1:1为宜。有利于作物对钾肥的利用吸收。(参考文献略)