

硫、磷肥料对油菜产量及组成的影响*

陈 国 安

(中国科学院南京土壤研究所)

硫和磷都是油菜生长发育所必须的大量元素，而且是比较敏感的元素。据报导^[1]，欧洲一些国家冬油菜在成熟时吸硫总量可达到53—98公斤S/公顷(7.1—13.1斤S/亩)，不同生育期植株中硫(S)的含量为0.67—1.81%；在这同时吸收的总磷量可达25—51公斤P/公顷(3.3—6.8斤P/亩)，不同生育期含磷(P)为0.68—0.80%。油菜籽粒中的蛋白质、胱氨酸和半胱氨酸，以及硫代葡萄糖甙和芥油酸都含有硫，特别是硫代葡萄糖甙和芥油酸含硫较多。磷是核酸和核蛋白的组成部分。由此可见，油菜是需硫、磷较多的作物。而硫、磷又同是以阴离子形态被植物吸收，并参与有机代谢的元素，因此不论从施肥还是从植物营养的角度，同时研究这两个元素都是有意义的。

我国南方热带、亚热带地区，水稻施用硫肥已有较长的历史，且有一定的增产效果^[2]。作为对硫比较敏感，需硫较多的油菜，施硫反应如何？目前国内还没有报导。本研究的目的就是为了解华中地区一些土壤上油菜施用硫肥的效果，以及土壤和植物中硫的形态、含量与产量的关系。至于磷肥对油菜的增产效果，国内已有较多的报导^[3,4]，本文主要是比较硫、磷在油菜营养上的一些特点，以及它们在形态、含量之间的一些关系。

一、试验方法

试验于1983—1985年分别在湖北省红安县、江西省上高县、刘家站垦殖场和贵溪县良种场进行。试验小区设3个处理：(1)NPK，(2)NPKS，(3)NKS。N肥在1983—1984年为磷酸二铵30斤/亩和尿素28斤/亩，1984—1985年为尿素40斤/亩；P肥在1983—1984年为磷酸二铵30斤/亩，1984—1985年为钙镁磷肥80斤/亩；K肥为氯化钾20斤/亩；S肥为石膏30斤/亩。小区面积一般为0.05亩，重复3—4次，油菜大多是移栽(1984—1985年刘家站垦殖场一分场为直播)。

试验地土壤的一般农业化学特性列于表1。试验布置前采集土壤样品。油菜移栽后分别在开盘期(冬至前后)、抽苔现蕾期、盛花期和成熟期采集植株地上部样品，于75℃烘干、磨碎，作为分析样品。植株中水溶性硫与磷用30℃蒸馏水提取，全硫和全磷用硝酸—高氯酸—盐酸消化。土壤有效硫用500ppmP的Ca(H₂PO₄)₂溶液提取；有效磷用0.5MNaHCO₃(pH8.5)提取。上述土壤和植株的各提取液和消化液分别进行测定，硫用硫酸钡比浊法，磷用钼锑抗比色法；土壤全硫用燃烧碘量法。

*本工作得到江西上高县农业局、湖北红安县农业局、江西刘家站垦殖场、贵溪县良种场的大力支持。吴锡军、曹淑卿同志参加部分工作。在此一并致谢。

表 1

试验地土壤的农化特性

试验号	地 点	土 壤	有效硫ppm	有效磷ppm	全硫(S%)	有机质%
1	湖北红安县觅儿	砂泥田	27.9	5.1	0.0258	2.11
2	湖北红安县金沙	砂泥田	14.1	8.7	0.0135	1.27
3	湖北红安县二程	砂泥田	36.9	5.1	0.0281	1.94
4	湖北红安县二程	泥砂田	32.8	6.2	0.0302	2.00
5	湖北红安县农科所	泥砂田	15.0	11.9	0.0273	2.76
6	江西刘家站一分场(旱地)	黄泥土	42.2	16.2	0.0260	1.16
7	江西刘家站一分场(水田)	黄泥田	2.4	9.2	0.0350	2.38
8	江西刘家站二分场(旱地)	红泥土	6.6	18.9	0.0184	1.52
9	江西刘家站农科所(旱地)	红泥土	10.8	24.0	0.0182	1.28
10	江西刘家站四分场(水田)	红沙泥田	2.2	8.6	0.0220	1.53
11	江西贵溪县良种场	黄沙壤土	3.5	37.0	0.0265	1.96
12	江西上高县农科所	灰泥田	2.5	13.5	0.0252	2.49

二、硫、磷的增产效果

两年内不同地区的12个试验结果列于表2，在表2中，除了试验6和11，其它试验施磷都得到显著的增产效果，最大增产幅度为528%，有一半达到50%以上，个别地块不施磷无收。在12个试验中施硫的增产幅度只有4个大于10%，增产幅度最大的为38.2%。

值得指出的是，施磷增产幅度小于15.0%的几个试验，除5号为湖北红安县农科所肥力水平较高水田外，其它几个均为旱地。因为这些旱地多年种植花生、油菜、大豆等喜磷作物，施用磷肥较多，土壤有效磷都在15ppm—P以上。因此在生产上对旱地缺磷问题要作具体分析，不能一概而论。由施磷、硫肥料的增产数量计算，在油菜上施用磷、硫肥料的经济效益是明显的。如1983—1984年在湖北红安县的5个试验中，每亩施用30斤磷酸二铵，平均每亩增产油菜籽138斤，若以当时每斤磷酸二铵价格0.30元、每斤油菜籽价格0.35元计算，则磷铵施用在油菜上，磷肥的经济效益增加了4.4倍；1984—1985年，在江西的7个试验中，每亩施用80斤钙镁磷肥，平均每亩增产油菜籽65斤，每斤磷肥增产油菜籽0.81斤，按钙镁磷肥每斤价格0.09元计算，则钙镁磷肥用在油菜上经济效益增加了2.2倍。这说明在华中红壤地区冬作施用磷肥的效果是显著的，特别是水田种旱作时施磷的迫切性更强。

施磷油菜的增产百分数或不施磷的相对产量百分数，与土壤有效磷都有密切的相关关系，前者 $r = -0.776^*(n=10)$ ，后者 $r = 0.758^*(n=9)$ 。根据直线相关计算，如果土壤有效磷小于20ppm—P，施用磷肥油菜籽粒的产量可增加15%左右。

土壤有效硫与施硫对油菜籽粒的增产关系不明显。这可能就是有些作者认为硫的土壤诊断是比较困难的原因之一。

表 2 施用磷、硫肥料的增产效果

试验号	各处理产量(斤/亩)			增产(%)	
	NPK	NPKS	NKS	施磷	施硫
1	221	235	37.4	528**	6.3
2	190	231	88.1	162**	21.6**
3	187	211	37.5	463**	12.8
3	194	213	50.0	326**	9.8
5	155	161	147	9.5**	3.9
6	203	201	201	0	-1.0
7	183	190	50.0	280**	3.8
8	110	119	105	13.3	8.2**
9	132	143	96.5	48.2**	8.3*
10	170	235	0	缺P无收	38.2**
11	217	223	226	-1.3	2.8
12	154	174	147	18.4	13.0

注：**1%显著水平，*5%显著水平。

三、油菜植株中硫、磷含量及指标诊断

(一)、油菜植株中硫、磷含量 在油菜植株中硫与磷同时以无机和有机两种形态存在,无机形态在全量中占有一定的比例。在油菜的不同生育期,植株中水溶性硫与磷的含量是不一样的,不同处理之间差异也是明显的,这从图 1 可以看出,油菜在旺盛生长的苔蕾期和盛花期,水溶性硫的含量顺序是NKS>NPKS>NPK。这是因为在NKS处理中,由于缺磷,植株中磷的相对浓度降低,而硫的相对浓度就提高了。在开盘期由于原移栽苗的影响,所以差异不大。而在成熟期,茎秆中水溶性硫比较接近,因为硫主要在老叶中积累,在缺硫不十分严重的情况下,茎秆中的差异就不会太大(图 1)。植株中水溶性磷的含量与水溶性硫趋势是一致的,只是水溶性磷低于水溶性硫。

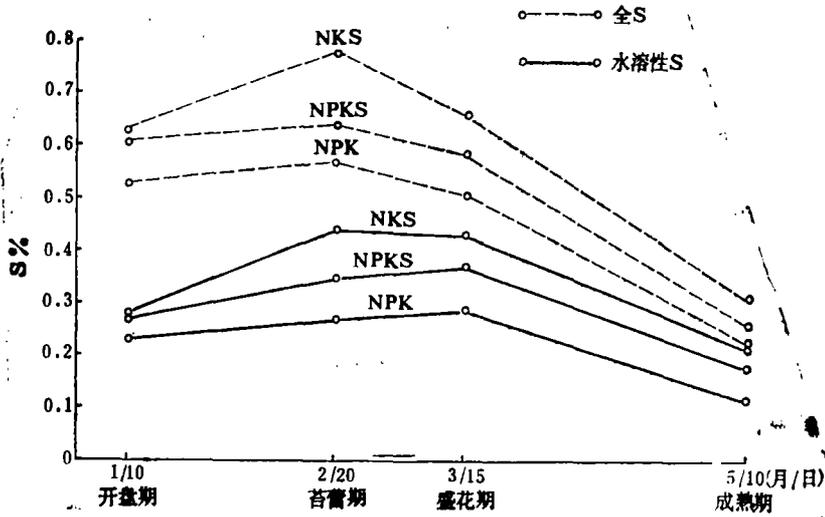


图 1 不同生育期油菜植株硫含量的变化

水溶性硫与磷在植株全硫与全磷中占有较大的比例,这个比例因土壤中该有效养分的水平和肥料的施用而变化。如植株水溶性磷与土壤有效磷的相关关系是密切的,在苔蕾期 $r = 0.848^{**}$ ($n = 11$)。植株中水溶性硫占全硫的比例,一般是前期较小,后期较大。这主要是水溶性硫在老的器官中积累(如叶子)所致。不同生育期水溶性硫、磷与全硫、全磷的比例列于表 3。

表 3 不同处理油菜植株水溶性硫、磷占全量的百分比(%)

处 理	开 盘 期		苔 蕾 期		盛 花 期	
	水溶硫/全硫	水溶磷/全磷	水溶硫/全硫	水溶磷/全磷	水溶硫/全硫	水溶磷/全磷
NPK	43.1	77.9	43.7	74.1	58.0	59.4
NPKS	43.4	80.0	59.3	74.5	61.8	69.8
KNS	46.2	77.5	59.5	67.1	65.9	62.0

植株中水溶性硫、磷在全量中占有较高的比例,又与土壤有效养分和植物生长有密切关系。这正是水溶性硫、磷可作为植物养分诊断指标的依据。

植株中水溶性硫、磷与有机硫、磷的和即为硫、磷的全量。油菜不同生育期硫、磷的全量列于表 4。由表可见,同样施硫、磷或不施硫、磷的情况下,油菜不同生育期全硫的量含

均高于全磷的含量。这主要因为土壤对磷的吸附和固定较高，它的利用率较低。而土壤对硫的吸附能力较磷弱，且又比磷易于交换，因此它的利用率较高。当然植物根系对两者的吸收机制不同，也是重要原因之一。

表 4 油菜不同生育期硫、磷全量比较 (%)

处 理	开 盘 期		苔 蕾 期		盛 花 期		成 熟 期 茎 干		籽 粒	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
NPK	0.529	0.433	0.581	0.443	0.505	0.448	0.216	0.108	0.796	0.707
NPKS	0.627	0.398	0.639	0.412	0.585	0.468	0.267	0.099	0.799	0.690
NKS	0.612	0.305	0.786	0.296	0.657	0.248	0.315	0.068	0.857	0.549
试验数	12	12	12	12	5	5	12	12	12	12

由表 4 可见，在不同生育期和不同处理中，植株中全硫是全磷的 1.1—4.6 倍，即使硫、磷肥料都施用的情况下，全硫仍为全磷的 1.2—2.7 倍。在种子中全硫与全磷含量接近，只有在缺磷的情况下，全硫高于全磷的含量。

(二)、油菜植株中硫、磷含量的关系 虽然关于油菜植株中硫、磷是否有一定的关系，还未见报导，但就本研究的一些结果来看，在油菜植株中全硫与全磷含量的和，有接近一个比较稳定的数值的趋势。这也许是由于供试土壤中有效硫、磷的含量差异不大(表 1)，而施用的硫、磷肥料用量又比较接近(磷用量为 4.4—6.3 斤 P/亩，硫用量为 5.4—6.3 斤 S/亩)的原因。从分析结果可以看出(表 4)，当缺磷时植株中硫的相对百分数明显上升，而当缺硫时植株中磷的含量又较施硫的为高(同是施磷)。这也可能是由于土壤溶液中的磷与硫和土壤胶体对磷、硫吸附与解吸特性之间的一些相互关系所引起的。至于植物吸收硫和磷时，它们在根系表面有无竞争作用，尚有待进一步探讨。

不同试验地块油菜苔蕾期植株中全硫与全磷之和的变异分析结果列于表 5。

由表 5 可以看出，不同处理的油菜苔蕾期植株中，全硫与全磷之和的变异系数比较小，有 6 个试验变异系数小于 5.0%，只有一个变异系数大于 10%。可见全硫与全磷之间可能存在着一定的制约关系。

(三)、产量反应与植株中磷、硫指标诊断 用植株中养分浓度和产量反应的相互关系，找出作物养分缺乏的临界指标，这是植物营养诊断的方法之一。用不施磷或硫时油菜籽粒产量占施磷或硫油菜籽粒产量的百分数作纵座标，用某同一生育期植株中磷或硫的含量作横座

表 5 油菜苔蕾期植株全硫、全磷之和的变异分析

试 验 号	NPK	NPKS	NKS	ΣX	\bar{X}	σX	C.V.%
1	1.11	1.14	1.10	3.35	1.12	0.0170	1.52
2	1.08	1.12	0.991	3.19	1.06	0.0539	5.08
3	1.10	0.840	1.00	2.94	0.980	0.107	10.9
4	1.02	1.00	1.04	3.06	1.02	0.0163	1.60
5	1.13	1.12	1.37	3.62	1.21	0.116	9.59
6	1.22	1.33	1.25	3.80	1.27	0.0464	3.65
7	0.991	1.02	0.902	2.91	0.971	0.0502	5.17
8	1.09	1.15	1.30	3.54	1.18	0.0883	7.48
9	1.03	0.933	1.01	2.97	0.991	0.0418	4.22
11	1.18	1.23	1.26	3.67	1.22	0.0330	2.70
12	0.856	0.856	0.787	2.50	0.833	0.0325	3.90

标,即可找出某一相对产量时的养分临界值。

由图 2 可以看出,在苔蕾期植株中水溶性磷小于 0.18% 时,油菜籽粒的相对产量小于 85%。从图 3 可以看出,在苔蕾期当植株全磷低于 0.32% 时,相对产量都较低。

在不施硫的油菜苔蕾期植株中,水溶性硫与籽粒相对产量的相关系数 $r = 0.835^{**}$ ($n = 12$),根据回归方程 $y = 74.48 + 47.68x$ 计算,要得到不小于 90% 的相对产量,植株水溶性硫应不小于 0.33%。而这时植株全硫与油菜籽粒相对产量的回归方程为 $y = 69.23 + 37.84x$ ($r = 0.804^{**}$, $n = 12$)。因此要使产量不小于 90%,全硫含量不能低于 0.55%。

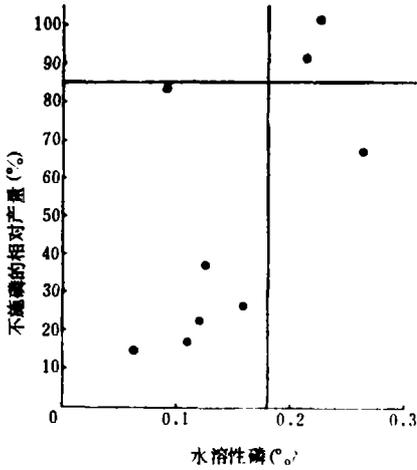


图 2 苔蕾期植株中水溶性磷与相对产量的关系

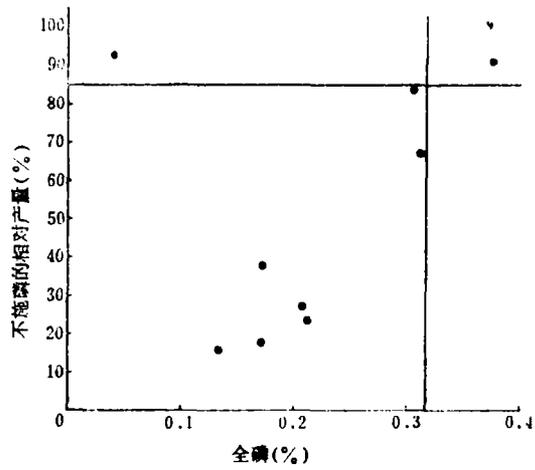


图 3 苔蕾期植株中全磷与相对产量的关系

四、结 语

1. 在我国华中地区的不同土壤上,油菜施用硫肥有一定的增产效果,特别是在花岗岩与红砂岩母质上发育的低硫土壤更为明显。但总的来看,增产幅度还不大,与土壤硫之间的规律性还不明显,因此有关硫肥在我国南方热带与亚热带地区,在油菜、花生等经济作物上的效果与有效施用问题还需进一步研究。

2. 油菜施用磷肥的效果极为显著,经济效益很高,特别是在水稻土上更为突出。因此要进一步强调在水稻土的冬作(包括绿肥)上施用磷肥。

3. 在土壤中硫、磷含量差异不是很大,硫、磷肥的施用量又比较接近的情况下,不同处理中油菜植株全硫与全磷的总和,稳定在一个比较接近的数值,处理之间的变异也不大,这说明植株中磷与硫的浓度之间可能存在着一一定的制约关系。

参 考 文 献

- [1] M·R·J·霍尔马斯著(沈惠聪译),油菜的营养与施肥,61—74、91—110,农业出版社,1984。
- [2] 刘崇群等,我国南方土壤硫素状况和硫肥施用。土壤学报,18(2):185—193,1981。
- [3] 华中农学院油菜磷肥研究小组,油菜磷素营养与磷肥有效施用技术: I、油菜磷肥有效施用技术。湖北农业科学,8:27—36,1973。
- [4] 程学达等,油菜施用矿质磷肥的增产效果及其施用条件。浙江农业科学,1:18—21,1965。