

# 铵饱和沸石的增产效果 及对肥料利用率的影响\*

李 录 久

(安徽省农科院土肥所)

## 摘 要

通过多年盆栽和田间小区试验,研究了淮北平原砂姜黑土上铵饱和沸石对小麦和玉米产量的影响;讨论了铵饱和沸石对作物体内氮磷养分含量与分布的关系以及提高化肥利用率的作用。

天然沸石是一种含水的碱金属和碱土金属的架状铝硅酸盐矿物,具有较强的选择吸附性能、离子交换性能和较大的吸附容量,在改良土壤方面有独特的作用<sup>[1]</sup>。据报道,日本、前苏联施用斜发沸石矿粉使作物增产,施用量高达5000—10000千克/公顷<sup>[2]</sup>。目前,国内也有一些类似的研究<sup>[3—5]</sup>。然而,这些研究所用沸石未经吸附处理,施用效果较差。由于天然沸石氨化后制成铵饱和沸石(或称交换性 $\text{NH}_4$ -沸石)在施入土中后,能使土壤累积的难溶性磷重新释放,并作为植物有效氮、磷的供应源<sup>[6]</sup>。基于这一原理,我们从1990年开始,通过盆栽和田间小区试验,研究了铵饱和沸石对作物氮磷营养和肥料利用率的影响。现将结果整理如下。

## 一、试验材料和方法

### (一) 供试材料

天然沸石采自安徽省宣州市,沸石含量达75.3%,主要是斜发沸石。阳离子代换量(CEC)为115cmol/kg,吸 $\text{NH}_4^+$ 量159cmol/kg(包括游离态铵离子)。将天然沸石磨碎,过0.25mm筛,用去离子水浸泡24小时后再用1mol/L的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 反复处理,制成铵饱和沸石(以下用Z表示)。供试土壤为高、中、低三种肥力水平的普通砂姜黑土。

### (二) 研究方法

1. 盆栽试验 1990—1993年在蒙城和风台等地连续进行,盆栽土壤采自当地普通砂姜黑土的耕作层,每盆装土7.0千克。供试作物为玉米和小麦。土壤基本性状列于表1。所有试验在1.4克/盆纯N的等量基础上,设置以下5个处理:(1)对照 (2) $Z_{2.5}$ (施 $\text{NH}_4$ -沸石2.5克/盆,单位下同) (3) $Z_{5.0}$  (4) $Z_{10.0}$  (5) $P_{0.6}$ (克/盆,以 $\text{P}_2\text{O}_5$ 计,下同),重复6次。磷肥用普钙(有效磷含量为12%)。

2. 小区试验 1991—1993年在阜阳、宿州和淮南等地有代表性的普通砂姜黑土上进行(表1)。种植作物为小麦和玉米,小区面积13.3m<sup>2</sup>,5个处理重复3次:(1) $N_{180}$ (等量肥底,千克/公顷,

\* 本研究在“中国植物营养与肥料学会”顾问许厥民研究员和安徽省农科院朱新民研究员指导下完成。吴兰云等同志参加部分试验工作,谨表感谢。

表1 供试土壤的农化性状

时间	地点	试验作物	土壤有机质	全氮(N)	全磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	速效磷(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	速效钾(K <sub>2</sub> O)
1990	蒙城	玉米	13.5	0.96	1.02	25.8	156
1992—1993	凤台	小麦	10.6	0.78	0.86	19.0	128
1993—1994	宿州	小麦	15.1	0.93	1.40	13.9	207

注：土壤有机质、全磷、全氮单位为 g/kg，速效磷、钾单位为 mg/kg。

下同) (2)N<sub>180</sub>+Z<sub>375</sub>(3)N<sub>180</sub>+Z<sub>750</sub>(4)N<sub>180</sub>+Z<sub>1125</sub>(5)N<sub>180</sub>+P<sub>90</sub>(氮肥为淮南产尿素,含N46%;磷肥为铜陵产普通过磷酸钙,有效P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>为12%)。

### (三) 分析方法

土壤、肥料和植株的全量、速效养分的分析,均参照《土壤农业化学常规分析方法》一书进行。

## 二、结果和讨论

### (一) 铵饱和沸石的增产效果

表2结果表明,施用NH<sub>4</sub>-沸石后,玉米和小麦的产量都有较大程度的提高。其中盆栽玉米籽粒产量分别较对照增产9.67%、15.3%和11.5%,达到显著和极显著水平,并超过施磷肥的增产幅度。小麦的产量结果与玉米相似,但天然沸石增产不显著,而施用NH<sub>4</sub>-沸石的处理也比施用普通过磷酸钙的效果好。说明施用NH<sub>4</sub>-沸石有一定的增产效果,并能起到部分磷肥的作用。

### (二) 铵饱和沸石对作物氮、磷营养的影响

1. 对养分含量的影响 由于交换性NH<sub>4</sub>-沸石能有效溶解和释放土壤难溶性磷,提高土壤速效磷含量和氮素含量<sup>[1,6]①</sup>,土壤有效磷、氮发生了变化,引起植物磷、氮营养的改变(表3)。表3的结果说明,玉米体内氮、磷养分含量虽然从幼苗期到成熟期逐渐降低,但施用NH<sub>4</sub>-沸石的,氮、磷含量始终比对照有所提高:三叶期叶片含氮量升高4.35、65.2和13.8%,含磷量增高11.5%、4.61%和3.95%;收获期的增长率相应为12.7—21.6%和29.2—47.4%。

表2 铵饱和沸石对作物产量的影响

玉米(盆栽试验)			小麦(田间试验)		
处理	平均产量(g/盆)	差异显著性*	处理	平均产量(kg/亩)	差异显著性
CK	54.8	c B	CK	367.2	c B
TZ <sub>2.5</sub>	—	—	TZ <sub>375</sub>	377.5	c B
Z <sub>2.5</sub>	60.1	ab AB	Z <sub>375</sub>	383.3	bc B
Z <sub>5.0</sub>	63.2	a A	Z <sub>750</sub>	412.2	a A
Z <sub>10.0</sub>	61.1	ab A	Z <sub>1125</sub>	389.1	b AB
P <sub>0.6</sub>	59.6	b AB	P <sub>90</sub>	381.0	bc B

\* LSR法,小写字母表示P<0.05,大写字母表示P<0.01。

\*\* TZ表示天然沸石。

① 李录久,应用交换性NH<sub>4</sub>-沸石重新释放土壤中的磷,土壤肥料,1995年待刊。

由表3还可看出,  $\text{NH}_4$ -沸石除了能提高不同时期叶片氮、磷含量外, 也能提高同一时期其它地上部器官氮磷养分含量。例如三叶期茎秆, 施用  $\text{NH}_4$ -沸石比对照含氮量升高111.1%、7.41%和108.3%, 含磷量上升15.4、30.9%和24.2%。抽雄期穗部氮、磷含量的增加趋势与此相似, 增长幅度分别为27.8—60.0%和19.7—67.6%。因此,  $\text{NH}_4$ -沸石能有效提高作物各个时期地上各部位氮磷养分含量。

表3 铵饱和和沸石对玉米 N、P 养分含量(g/kg)的影响(盆栽试验)

处 理	三叶期叶		收获期叶		三叶期茎		抽雄期穗	
	N	P	N	P	N	P	N	P
$\text{N}_{1.4}$	25.3	6.07	13.4	1.71	10.8	5.21	20.5	4.66
$\text{N}_{1.4}+\text{Z}_{2.5}$	26.4	6.77	—	—	22.8	6.01	26.2	5.58
$\text{N}_{1.4}+\text{Z}_{5.0}$	41.8	6.35	15.1	2.52	11.6	6.82	31.1	7.08
$\text{N}_{1.4}+\text{Z}_{10.0}$	28.8	6.31	16.3	2.21	22.5	6.47	32.8	7.81

表4 铵饱和和沸石对小麦磷、氮累积量的影响(盆栽试验)

处 理	磷素( $\text{P}_2\text{O}_5$ )				氮素(N)			
	总量(mg/盆)		增长率(%)		总量(mg/盆)		增长率(%)	
	叶	茎	叶	茎	叶	茎	叶	茎
$\text{N}_{1.4}$	41.1	27.5	—	—	164	201	—	—
$\text{N}_{1.4}+\text{Z}_{2.5}$	47.4	29.8	15.3	8.36	276	224	70.1	11.4
$\text{N}_{1.4}+\text{Z}_{5.0}$	52.6	39.3	28.0	42.9	267	316	62.8	57.2
$\text{N}_{1.4}+\text{Z}_{10.0}$	55.1	36.0	34.1	30.9	293	327	78.7	62.7

进一步的研究表明,  $\text{NH}_4$ -沸石能提高植株地上部氮磷含量, 是由于它能促进作物体内氮磷养分从根部运输到地上部和叶片, 从而降低了根系氮磷养分含量, 这种运转在生理上对作物吸收矿物质有利<sup>[7]</sup>。小麦试验结果, 施用  $\text{NH}_4$ -沸石的处理, 叶片氮、磷含量分别比对照提高44.4—53.4%和3.45—17.4%, 而根系氮、磷含量则降低2.12—15.6%和35.2—57.0%。

2. 对养分累积量的影响 根据小麦不同部位的养分含量和生物产量, 计算了氮、磷养分的累积吸收量及比例。结果表明(表4),  $\text{NH}_4$ -沸石能促进作物对氮磷的吸收, 增加累积量。其中叶与茎磷素累积量分别比对照增加15.3—34.1和8.36—42.9%, 氮素累积量相应增长11.4—62.7%和62.8—78.7%。

表5的结果同样说明, 施用  $\text{NH}_4$ -沸石后, 茎、叶等地上部器官氮、磷养分累积吸收量占全株总吸收量的比例明显提高, 根系所占的份额相对下降: 叶片氮素累积吸收量占全株总吸收量的百分数较对照增加3.5—10.5个百分点, 增长9.0—27.1%, 根系所占的份额下降2.3—5.8个百分点, 降低16.9—42.6%; 根系磷素所占的份额下降幅度更大, 由6.9%减到2.3—4.7%, 相对减少31.8—66.7%。这是因为施  $\text{NH}_4$ -沸石使根系养分含量下降, 根重虽然有所增加, 但两者之积即养分累积量却增加不多, 因此与茎、叶等累积量的大幅度增加相比, 根所占的份额反而减少了。

### (三) 铵饱和和沸石对作物吸收利用土壤和肥料氮、磷养分的影响

1. 对小麦吸收利用土壤磷素的影响 根据小麦收获期籽粒产量、秸秆重量和养分含量, 计算了不施磷肥条件下小麦全生育期从土壤中吸收利用的磷素总量。结果表明, 不论是盆栽还是

表5 铵饱和沸石对小麦不同部位养分积累的影响(盆栽试验)

处 理	N(占总量的%)			P(占总量的%)		
	叶	茎	根	叶	茎	根
CK	38.7	47.7	13.6	55.8	37.3	6.9
Z <sub>2.5</sub>	49.2	39.5	11.3	58.5	36.8	4.7
Z <sub>5.0</sub>	42.2	50.1	7.8	55.9	41.8	2.3
Z <sub>10.0</sub>	44.0	47.5	8.5	56.2	41.2	2.6

表6 铵饱和沸石对化肥氮、磷利用率的影响(田间试验)

处 理	肥料氮 利用率(%)	增长率 (%)	处 理	肥料磷 利用率(%)	增长率 (%)
N+Z <sub>375</sub>	38.8	17.2	NP+Z <sub>375</sub>	20.8	2.97
N+Z <sub>750</sub>	42.9	29.6	NP+Z <sub>750</sub>	23.7	17.3
N+Z <sub>1125</sub>	42.4	27.9	NP+Z <sub>1125</sub>	22.9	13.4

田间小区试验,施入 NH<sub>4</sub>-沸石后,小麦吸收利用的土壤磷素总量均大幅度增加。其中盆栽试验比对照增加28.9、48.8和18.8mg/盆,增长率为13.9、23.3和9.06%;田间小区试验,较对照增长11.5%、26.6%和9.13%。

2. 对肥料氮、磷养分利用率的影响 为了解 NH<sub>4</sub>-沸石对化肥利用率的影响,在往年氮肥利用率试验的基础上,增加了磷肥利用率部分,结果见表6。可见,施用 NH<sub>4</sub>-沸石能有效提高小麦对氮磷化肥的利用率。按差减法计算,氮素利用率比对照提高5.7、9.8和9.3个百分点,增长率达17.2%、29.6%和28.1%;磷肥利用率提高0.6—3.5%,相对提高2.97%、17.3%和13.4%。

### 三、小 结

1. 铵饱和沸石具有显著的增产作用,盆栽玉米增产9.7—15.3%,大田小麦增产4.38—12.3%,达到或超过氮磷配施的常规施肥法产量与产率。

2. 铵饱和沸石能提高不同生育期作物地上部各器官的氮磷含量,促进氮磷养分从根部运转到地上部茎叶,增加养分积累量,降低根部养分的含量与积累。

3. 铵饱和沸石能促进作物吸收利用更多的土壤磷,提高氮肥和磷肥的利用率。

### 参 考 文 献

- [1] 李汉铭,天然沸石在农业上的应用,世界农业,2期,30—31,1989。
- [2] 晓民摘,新型土壤改良剂——沸石,农业科技通讯,1期,28页,1993。
- [3] 关连珠等,天然沸石增产效果及对氮磷养分和某些肥力性质调控机制的研究,土壤通报,23(5):205—208,1992。
- [4] 左建等,沸石肥料对玉米的增产作用,盐碱地利用,1期,26—29,1991。
- [5] 姜淳等,沸石改土保肥及增产效果的研究,河北农业大学学报,16(4):48—52,1993。
- [6] Tung Ming Lai 等(万强译),应用磷灰石和交换性 NH<sub>4</sub>-斜发沸石的混合物控制和重新释放土壤中的磷,土壤学进展,16(6):48—51,1988。
- [7] 姜成后编,植物生理学,189—200页,农业出版社,1980。