

在氮、磷、钾平衡施用基础上 硫对作物的增产效果

张 宽 吴 巍 王秀芳 胡和云 王晓村 胡会军

(吉林省农科院土肥所)

摘 要

通过对两个土壤养分的综合分析及温室高粱盆钵试验得出:在公主岭市刘房子乡中肥力黑土上,不施氮、磷、硫三个处理的盆钵高粱和南崴子乡冲积型水稻土不施氮、磷的高粱均出现严重减产现象;在上述两个土壤的盆钵试验中,不加钾的高粱均较施钾的对照盆钵减产;而在南崴子乡冲积型水稻土盆钵试验中,加硫处理的高粱较乏硫对照处理,呈现增产趋势。参照上述试验结果,通过布设在氮、磷、钾平衡施用基础上的硫肥田间试验得出:硫在刘房子乡黑土田间试验中,对玉米未表现出增产效果;而硫在南崴子乡冲积型水稻土田间试验中,对水稻则表现出极明显的增产效果,相对增产值高达28—36%。

随着农业生产的发展,高产喜肥作物新品种的不断涌现,有机肥远不能满足作物高产的需要。特别是在吉林省氮、磷化肥数量不断增加的情况下,土壤中各种元素的比例及农作物对营养元素的反映也在发生变化。很少有人注意的“硫”作为一个产量限制因素已经反映出来。为了探讨硫对作物的增产效果,我们于1989年对黑土和冲积型水稻土中的硫等十种营养元素进行了分析,同时还开展了吸附试验和高粱盆钵试验。在此基础上又于1990年进行了硫肥对水稻、玉米增产效果的田间试验。现将试验结果报道如下:

材料与方 法

(一)盆钵试验

为了查明供试土壤,公主岭市黑土和冲积型水稻土中硫等十种元素状况,以便在各种营养元素平衡条件下开展田间试验,于1989年在网室内进行了高粱盆钵试验。本项试验的处理见表1—2)是依据该种土壤的化验分析和温室吸附试验(具体方法与操作过程略)结果提出。

网室试验所采用的盆钵为高12.5cm,上口直径为7.0cm的白色塑料杯,每盆装土100mL。刘房子乡和南崴子乡的两种土壤,各设14个处理,均为4次重复,各土各处理加液量详见1—2。

上述营养液的制备,各种土壤各处理的加液方法,均按“土壤养分状况温室调查方法”中介绍的步骤进行。当供试土壤再次风干,经充分混匀后,分别装入各盆中,土面与盆的上缘距离2cm。浇两次水,第一次60mL,第二次20mL。放置1天,于8月30日将已催出芽的高粱籽(10粒/盆)插入土中(0.5cm)。9月1日将已出苗的盆钵放到长100cm、宽20cm、高11cm和长100cm、宽20cm、高11cm的两种木箱上。将对照和减氮处理小盆下的过滤嘴(已插入盆内土中0.5cm)插入小箱内蒸馏水中3cm深处,将其它处理小盆下的过滤嘴插入大箱内氮素营养液中3cm深处。9月6日定苗(每盆6株)。在生育期间浇灌相应的蒸馏水和氮素营养液。10月10日(共35天)收获,晾晒两天后,在80℃下烘干,称重。

土壤养分综合分析及温室盆钵试验处理推荐

(温室试验 1200mL 土壤加入的储备液 mL数)

(刘房子乡)

表 1

| 处理号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
|--|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 处理 | OPt | 1/4K | 1/2K | -N | -P | -K | -B | +Cu | +Fe | +Mn | +Mo | -S | 1/2P | CK | |
| Ca g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Mg g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 储备液 mL | N | 12 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 | |
| | P | 18 | 18 | 18 | 18 | 0 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 9 | 0 | |
| | K | 48 | 12 | 24 | 48 | 48 | 0 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 0 | |
| | B | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | |
| | Cu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Fe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Mn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | |
| | Mo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | |
| | S | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 0 | 15 | 0 |
| | Zn | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 0 |
| 追施 NH ₄ NO ₃ /5L | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0 | |

土壤养分综合分析及温室盆钵试验处理推荐

(温室试验 1200mL 土壤加入的储备液 mL数)

(南崴子乡)

表 2

| 处理号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|--|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 处理 | OPt | 1/4K | 1/2K | -N | -P | -K | -B | +Cu | +Fe | Mn | +Mo | +S | +Zn | CK |
| Ca g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mg g | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 储备液 mL | N | 12 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 |
| | P | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 |
| | K | 60 | 15 | 30 | 60 | 60 | 0 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 0 |
| | B | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 0 |
| | Cu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Fe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Mn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 |
| | Mo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| | S | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 |
| | Zn | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 |
| 追施 NH ₄ NO ₃ /5L | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 0 |

(二) 田间试验

1. 试验地点与土壤。本项试验在公主岭市刘房子乡黑土和南崴子乡冲积型水稻土上进行。供试土壤基本肥力见表 3。

表3 供试土壤基本肥力

| 试验地点 与土壤 | 速效S (ppm) | 有机质 (%) | 碱解N (mg/ 100g) | 速效P ₂ O ₅ (mg/ 100g土) | 速效K ₂ O (mg/ 100g土) | pH |
|---------------|--------------|------------|----------------------|---|--------------------------------------|-----|
| 南崴子乡 (水稻土) | 4.6 | 1.4857 | 6.1344 | 2.6701 | 8.972 | 6.8 |
| 刘房子乡 (黑土) | 3.0 | 2.2130 | 9.2640 | 2.3056 | 16.693 | 6.5 |

2. 供试作物品种。供试玉米为掖单4号，水稻选用秋光。

3. 试验处理。详见表4和表5。

表4 公主岭市刘房子乡玉米田间试验处理(kg/ha)

| 处理 编号 | 氮 肥 | | 磷 肥 | | 钾 肥 | |
|----------|-------|---------|-------------------------------|--------|------------------|------|
| | N | 折硫酸铵 | P ₂ O ₅ | 折重过磷酸钙 | K ₂ O | 折氯化钾 |
| 1 | 200 | 1000 | 100 | 217 | 0 | 0 |
| 2 | 200 | 1000 | 100 | 217 | 75 | 125 |
| 3 | 200 | 1000 | 100 | 217 | 150 | 250 |
| 4 | 200 | 1000 | 100 | 217 | 225 | 375 |
| 5 | 200-S | 435(尿素) | 100 | 217 | 150 | 250 |

注:用硫酸铵中的硫代替+S

表5 水稻田间试验处理 (kg/ha)

| 处理 编号 | 氮 肥 | | 磷 肥 | | 钾 肥 | |
|----------|-------|---------------|-------------------------------|--------|------------------|------|
| | N | 折硫酸铵 | P ₂ O ₅ | 折重过磷酸钙 | K ₂ O | 折氯化钾 |
| 1 | 160 | 800 | 80 | 174 | 0 | 0 |
| 2 | 160 | 800 | 80 | 174 | 120 | 200 |
| 3 | 160 | 800 | 0 | 0 | 120 | 200 |
| 4 | 160-S | 347.8 (尿素) | 80 | 174 | 120 | 200 |

注:用硫酸铵中的硫代替+S

4. 试验小区与重复。试验小区面积:玉米为40m²,水稻为20m²,玉米种植密度为6万株/公顷,水稻密度为26.7×13.3cm。试验设3次重复,试验小区为随机排列。

5. 供试肥料施用方法。玉米各处理所用的磷、钾肥和1/3氮肥,于播种时穴施于两堆玉米之间;2/3氮肥于6月下旬追施。水田各处理所用的磷、钾肥和1/3氮肥,于水耙田时施入,2/3氮肥分2次追施,在移植后7天追施1/3氮肥,将剩余的1/3氮肥于插秧后15—20天追施。

6. 气候条件。5—9月降雨504mm,积温2974℃,日照1060小时,初霜期9月25日,重霜期为10月8日。1990年是个丰年气候。

结果与分析

(一) 盆钵试验结果与分析

将在公主岭市刘房子乡黑土和南崴子乡冲积型水稻土上进行的高粱盆钵试验所获得的各盆高粱植株烘干量及其统计结果列入表6和表7。

从表6可见:在刘房子乡黑土上不施或减施氮(处理4)、磷(5,13)、钾(6,2,3)、硫(12)各处理高粱均出现不同程度减产现象。

从表7看出:在南崴子乡冲积型水稻土上,不施或减施氮(处理4)、磷(5)、钾(6,2,3)各处理高粱,也同样出现程度不同的减产现象,而加施硫肥的高粱则出现增产趋势。在上述两种土壤上,增减其它六种元素(B、Cu、Fe、Mn、Mo、Zn)对高粱干物量虽有一定影响,但影响程度均没有氮、磷、钾、硫大,更未达到差异显著水准。对上述两种土壤缺乏氮、磷,早有所知;至于缺钾现象,还是近些年反映出来的;对于“硫”作为一个产量限制因素,在吉林省还是新的发现。因此,我们于1990年依据上述吸附和盆钵试验结果,设计一个在氮、磷、钾等营养元素平衡的条件下,观察“硫”对玉米和水稻增产效果的田间试验。获得结果如下。

表6 温室养分鉴测试验中钵钵
高粱植株的干物重量(烘干) (刘房子乡)

| 编号 | 处理(+或-某元素) | 植株干重均值 (4次重复)(g) | 产量(%) |
|----|------------|---------------------|-------|
| 1 | optimum | 10.63 | 100 |
| 2 | (1/4)K | 8.59 | 81** |
| 3 | (1/2)K | 9.79 | 92 |
| 4 | -N | 1.33 | 13*** |
| 5 | -P | 3.41 | 32*** |
| 6 | -K | 9.05 | 85* |
| 7 | -B | 10.14 | 95 |
| 8 | +Cu | 9.95 | 94 |
| 9 | +Fe | 9.77 | 92 |
| 10 | +Mn | 9.71 | 91 |
| 11 | +Mo | 9.67 | 91 |
| 12 | -S | 4.49 | 42*** |
| 13 | (1/4)P | 7.17 | 68*** |
| 14 | Check | 1.31 | 12*** |

LSD_{0.01}=2.43 LSD_{0.05}=1.82 LSD_{0.10}=1.52

表7 温室养分鉴测试验中钵钵
高粱植株干物重量(烘干) (南崴子乡)

| 编号 | 处理(+或-某元素) | 植株干重均值 (4次重复)(g) | 产量(%) |
|----|------------|---------------------|-------|
| 1 | optimum | 3.82 | 100 |
| 2 | (1/4)K | 3.22 | 84 |
| 3 | (1/2)K | 3.22 | 84 |
| 4 | -N | 0.60 | 16*** |
| 5 | -P | 1.30 | 34*** |
| 6 | -K | 2.99 | 78* |
| 7 | -B | 3.77 | 99 |
| 8 | +Cu | 3.49 | 91 |
| 9 | +Fe | 3.63 | 95 |
| 10 | +Mn | 3.61 | 95 |
| 11 | +Mo | 3.81 | 101 |
| 12 | +S | 4.20 | 110 |
| 13 | -Zn | 3.46 | 91 |
| 14 | check | 0.80 | 21*** |

LSD_{0.01}=1.24 LSD_{0.05}=0.93 LSD_{0.10}=0.77

(二)田间试验结果与分析

将在公主岭刘房子乡黑土和南崴子乡冲积型水稻土上取得的玉米和水稻产量结果列入表8和表9。

表8 玉米田间试验产量结果 (kg/ha, 刘房子乡)

| 处 理 | 小区产量(kg/17.92m ²) | | | | 折公顷产量 (kg) | 增 产 | |
|--|-------------------------------|-------|-------|-------|---------------|---------|-------|
| | I | II | III | 平均 | | (kg/ha) | % |
| 1 N(200)P ₂ O ₅ (100)K ₂ O(0) | 16.08 | 15.25 | 14.98 | 15.44 | 8617.5 | 0.100 | 0.00 |
| 2 N(200)P ₂ O ₅ (100)K ₂ O(75) | 17.70 | 14.07 | 16.59 | 16.12 | 9000.0 | 382.5 | 4.44 |
| 3 N(200)P ₂ O ₅ (100)K ₂ O(150) | 17.46 | 17.77 | 19.86 | 18.37 | 10252.5 | 1635.0 | 18.97 |
| 4 N(200)P ₂ O ₅ (100)K ₂ O(225) | 15.49 | 18.33 | 19.19 | 17.67 | 9862.5 | 1245.0 | 14.45 |
| 5 N(200-S)P ₂ O ₅ (100)K ₂ O | 18.09 | 19.50 | 17.52 | 18.37 | 10252.5 | 1635.0 | 18.97 |

试验小区产量间差异显著水准 LSD_{0.05}=2.82 LSD_{0.01}=4.11

从表8刘房子黑土玉米田间试验产量结果可见:在氮、磷肥基础上,钾肥对玉米有明显的增产效果,其效果大小同钾肥用量有关,公顷施150公斤氧化钾区比无钾对照区增产玉米1635公斤,相对增产18.97%。而公顷施225公斤氧化钾区,其增产量下降到1245公斤,相对增产值降到14.45%,当氧化钾用量不足(75公斤/公顷)时,增产量更低,每公顷仅增产302.5公斤,相对增产值降到4.4%。这一结果同高粱钵钵试验所取得的结果趋势一致。从表8还看到,在氮、磷、钾肥基础上,硫对玉米尚未表现出增产效果。

表9 水稻硫肥田间试验产量结果表 (kg/ha, 南崴子乡)

| 处 理 | 小区产量(kg/9.2m ²) | | | | 折公顷产量 (kg) | 增 产 | |
|---|-----------------------------|------|------|------|---------------|---------|-------|
| | I | II | III | 平均 | | (kg/ha) | % |
| 1 N(160)P ₂ O ₅ (80)K ₂ O(0) | 6.89 | 7.42 | 7.25 | 7.19 | 7807.5 | 2062.5 | 35.90 |
| 2 N(160)P ₂ O ₅ (80)K ₂ O(120) | 6.78 | 7.26 | 7.16 | 7.07 | 7680.0 | 1935.0 | 33.68 |
| 3 N(160)P ₂ O ₅ (0)K ₂ O(120) | 6.45 | 7.19 | 6.68 | 6.77 | 7357.5 | 1612.5 | 28.07 |
| 4 N(160-S)P ₂ O ₅ (80)K ₂ O(120) | 4.99 | 5.63 | 5.25 | 5.29 | 5745.0 | 0.00 | 0.00 |

试验小区产量差异显著水准 LSD_{0.05}=0.19 LSD_{0.01}=0.28

从表9南崴子乡冲积型水稻土各田间试验结果可见:施磷肥的处理1和处理2玉米产量与无磷处理3的玉米产量间差异均大于LSD_{0.01}水准,说明磷肥对水稻的增产效果,达到

极显著程度。从处理 1 与处理 2 水稻产量间差异小于 $LSD_{0.05}$ 显著平准的结果看出,钾肥对水稻并未表现出增产效果。而硫在氮、磷、钾肥的基础上,对水稻则表现出极明显的增产效果,表 9 内施硫各处理(1—3)的水稻产量均极显著的好于无硫处理(4),绝对增产幅度为 1 612.5—2 062.5 公斤/公顷,相对增产幅度为 28.1—35.9%。

结 语

通过对公主岭市黑土和冲积型水稻土中十种营养元素的温网室调查看出,两种土壤均不同程度的缺乏氮、磷、钾和硫。硫在氮、磷、钾肥平衡施用基础上,丰年气候条件下,对黑土大田旱作玉米没表现出增产效果;而对砂质水田土上的水稻,则表现出极明显的增产效果。在公主岭市冲积型水稻土上,公顷施硫肥 192 公斤,增产水稻 1 612.5—2 062.5 公斤/公顷。“硫”对水稻的增产效果,在吉林省尚属首次发现。因此,拟定今后进行更加广泛与深入的试验研究。

(上接第 19 页)

1.0mg/g·鲜重左右,此时相应的叶 N 量在 4~4.5%,叶色为 4 级;在最高分蘖期功能叶片(10/0)的叶绿素含量在 0.8mg/g·鲜重左右,相应的叶 N 量在 3.6~3.8%,叶色为 3.5 级左右;孕穗期经追肥后功能叶片(12/0)的叶绿素含量应上升到 0.9~1.0mg/g·鲜重,含氮量在 3%至 3.5%以下,叶色为 4.5~5 级;齐穗期剑叶叶绿素含量应在 0.9mg/g·鲜重左右,叶 N 量在 2.5~3%,叶色为 4~4.5 级;到了乳熟期剑叶的叶绿素含量在经过追施粒肥后,仍保持在 1.0mg/g·鲜重左右,叶 N 量在 2.5%,叶色在 4 级左右。如果叶绿素含量、叶 N 量及叶色低于此值时应及时追施氮肥。

结论与讨论

(一)水稻干物质的生产与积累在孕穗期至齐穗期间最快,最高分蘖期至孕穗期次之,再次齐穗期至乳熟末期,呈“S”曲线。高产田(A区)的 LAI 和干物日增长量的升降很平稳,且始终高于一般田。不同产量田的叶片、叶鞘的 m^2 干重在最高分蘖期前差异较小,而孕穗期之后其差异越来越大,且产量越高,各器官的干重越重则齐穗期后向穗部的干物转移时也越多。

越是高肥区孕穗期及齐穗期的鞘叶比重(鞘与叶的干重之比)越低,且结实率、谷/草、千粒重也较低。

(二)在水稻生育期间叶片 N、C 率是随着生育的进展而逐渐下降;而 C/N 值则依次递增;叶绿素含量在最高分蘖期较低,孕穗期回升,齐穗期至乳熟期保持较高水平。C/N 值的大小主要取决于含 N 率。

(三)高产田各时期的叶片、叶鞘、茎和穗的含 N 和含 C 率始终高于一般田。水稻各器官的含 N 和含 C 率的高低均与光合产物分配中心的转向相一致。

(四)CGR、NAR 与 SLW 和含 N 率的变化趋势相一致。在光合生产过程中,叶 N 率是最活跃的因子,SLW 和比叶重次之。因此,欲想提高光合率首先应从 N 肥上下功夫。

提出了叶色,叶 N 量与叶绿素含量相配套的 N 素诊断指标。

参 考 文 献

- (1)中国农科院主编:《中国稻作学》,农业出版社, P656。
- (2)曹静明等:崔竹松水稻高产技术经验的初步分析, III.《作物学报》,1965,4(1)。
- (3)金润植、安东文等:水稻安全高产栽培技术研究(阶段总结),《延边农学院学报》,1989,2。