



全国高等农业院校教材



作物营养施肥 与诊断实验

● 秦遂初 主编

● 土壤农化专业用



农业出版社

全国高等农业院校教材

作物营养施肥与诊断实验

秦遂初 主编

(京)新登字060号

全国高等农业院校教材
作物营养施肥与诊断实验

秦遂初 主编

* * *

责任编辑 罗梅健

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32开本 4.5印张 88千字

1991年10月第1版 1992年10月北京第2次印刷

印数 3,701—5,700册 定价1.20元

ISBN 7-109-01977-2/S·1303



主 编 秦遂初 (浙江农业大学)

编 者 马国瑞 (浙江农业大学)

石伟勇 (浙江农业大学)

秦遂初 (浙江农业大学)

主审人 孙 羲 (浙江农业大学)

审稿人 郭鹏程 (沈阳农业大学)

编写说明

一、《作物营养施肥与诊断实验》是农业部教材指导委员会“七五”规划教材之一。与孙羲同志主编的《作物营养与施肥》教材配套。考虑各地气候、土壤、作物差别较大，我们安排了18个项目，在有些项目下还列出几种不同方法，其意在于使各院校可根据条件选择运用。

二、全书由秦遂初、马国瑞、石伟勇三同志合写。其中实验一、四由马国瑞同志编写；实验十一、十二、十三、十七、十八由秦遂初同志编写；其余由石伟勇同志编写，最后由秦遂初同志汇总。

三、本书的编写得到了农业部教宣司及浙江农业大学资助，对此表示感谢。

四、限于水平和经验，不足之处热忱希望同行特别是教授实验的同志在实验中发现问题的，及时指出，以便再版时修订。

编 者

1989年12月

目 录

一、施肥与作物生长反应（以氮为例）	1
二、施肥对果实糖酸比的影响	14
三、施肥与蔬菜品质	25
四、作物营养元素缺乏症的砂基培养	38
五、不同施肥方式对作物的效应	41
六、油菜籽或饼粕品质的测定	46
七、灌溉水养分含量的分析	52
八、作物根系活力的诊断	67
九、铁肥对缺铁植物复绿效果的观察和分析	79
十、植物中过氧化物酶活性的测定	84
十一、作物缺氮的简易诊断	88
十二、作物缺磷的简易诊断	96
十三、作物缺钾的简易诊断	100
十四、作物缺钙简易诊断	107
十五、作物缺镁简易诊断（钛黄比色法）	110
十六、作物缺硼简易诊断	113
十七、水稻缺硅的简易诊断法	115
十八、水田土壤中有害物质的速测诊断	117

附表 1	作物缺素症症状表现	120
附表 2	不同作物缺素症出现难易一览表	130
附表 3	各种作物的耐酸性	131
附表 4	各种作物的耐盐性	132
附表 5	几种重金属对作物的有害含量	133
附表 6	蔬菜类叶片中元素含量的缺乏、适量、 过剩判断标准	134
附表 7	主要果树叶片中元素含量的缺乏、适量、 过剩判断标准	135

一、施肥与作物生长反应（以氮为例）

（一）实验意义 氮是支配作物生育、产量的主要营养元素，是施肥活动的中心内容。通过氮肥不同用量的试验，可以加深理解氮对作物生长状况以及产量和品质的影响。

（二）实验方法

（1）供试作物：水稻、大小麦或其他作物。

（2）试验设计：为获取从缺氮到氮过量的各级含氮量的实验材料，设如下处理：

① $P + K + N_0$ （不施化学氮肥）；

② $P + K + N_5$ （5.0 kg N/亩）；

③ $P + K + N_{10}$ （10.0 kg N/亩）；

④ $P + K + N_{15}$ （15.0 kg N/亩）。

磷肥用过磷酸钙20 kg/亩，钾肥用氯化钾10 kg/亩，均作基肥。氮肥按上述处理的用量，其基、追肥比例为：基肥占60—80%，追肥占40—20%（基追肥比例可根据作物和土壤作适当调整）。微区面积2.2—6.6 m²（相当于1/300—1/100亩），重复3—4次，随机排列。以上试验也可用盆栽进行。

（3）管理和观察记载：各处理除氮肥用量不同外，其他管理措施均应相同。在生长过程中，对生育情况如叶色、株高、分蘖、经济性状作必要观察记载。收获产品作有

关品质的测定。

(三) 粗蛋白质和淀粉含量的测定

1. 粗蛋白质的测定

〔原理〕 样品用硫酸和加速剂消煮分解, 使有机氮转变成氨, 与硫酸结合形成硫酸铵。加浓碱蒸馏, 使氨逸出, 用硼酸吸收逸出的氨, 以标准酸滴定之。根据酸的消耗量, 计算出样品中有机氮, 乘以换算系数, 即为粗蛋白质。

〔试剂〕

(1) H_2SO_4 ① 比重 1.84。

(2) 40% NaOH 溶液: 称取 400g NaOH, 加水 ② 溶解后稀释至 1000ml。

(3) 甲基红-溴甲酚绿混合指示剂: 称取 0.099g 溴甲酚绿和 0.066g 甲基红置于玛瑙研钵中, 加少量 95% 酒精, 研磨至指示剂完全溶解, 最后加 95% 酒精至 100ml。

(4) 2% H_3BO_3 -指示剂溶液: 称 20g H_3BO_3 溶于 1L 水中。每升 H_3BO_3 溶液加入甲基红-溴甲酚绿混合指示剂 20ml, 并用稀酸或稀碱调节至紫红色, 此时溶液 pH 为 4.5。

(5) 混合加速剂: 称取 100g K_2SO_4 (或无水 Na_2SO_4) 与 10g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 在研钵中研磨, 仔细混匀, 过 0.5mm 筛孔 (35号筛)。

(6) 0.02N 标准硫酸溶液: 取浓硫酸 14ml, 用水稀释

① 未注明试剂规格的药品均为化学纯 (C.P.), 下同。

② 测定过程中所用的水, 均为蒸馏水, 下同。

至1000ml，该溶液浓度约为0.5N。再将此液稀释25倍，浓度约为0.02N。然后用标准硼砂溶液标定。

（7）蔗糖（AR）。

〔测定〕 精确称取通过0.5mm筛孔的干样0.3000—0.5000g，放入100ml开氏瓶中，加3—5g混合加速剂和5—8ml浓硫酸，混匀放置过夜。将开氏瓶（瓶口加小漏斗）倾斜置于电炉上，开始用小火，待泡沫停止后加大火力，保持瓶中液体连续沸腾。待溶液呈透明的浅绿色后，继续消煮30分钟。冷至温热时，将消煮液无损地移入100ml容量瓶中，用水多次洗涤，冷却后定容，即为待测液。

用移液管吸取待测液10ml，放入半微量定氮蒸馏装置中。另备100ml三角瓶，内加2% H_3BO_3 -指示剂溶液5ml，将三角瓶置于冷凝器的承接管下，管口插入离硼酸液面2—3cm处，然后向蒸馏器中加入40%NaOH 20ml，立即关闭蒸馏器。以每分钟约8ml速度进行蒸气蒸馏，待蒸馏液达50ml时，停止蒸馏。用少量水冲洗冷凝管，取下三角瓶，用标准硫酸溶液滴定至紫红色为止。

在每批样品测定的同时，用0.3—0.5g蔗糖代替试样做空白试验。

〔结果计算〕

$$\text{粗蛋白质}\% = \frac{(V - V_0) \times N \times 0.014}{\times \text{分取倍数} \times K} \times 100$$

W

式中：V——滴定样品时消耗标准酸的体积（ml），

V_0 ——滴定空白时消耗标准酸的体积（ml），

N ——标准硫酸溶液的当量浓度;

0.014——氮的毫当量 (g);

分取倍数——本操作步骤中为 $100/10 = 10$;

W ——样品干重 (g);

100——换算为百分数;

K ——换算成蛋白质的系数 (表1-1)。

表 1-1 氮换算成蛋白质的系数*

种 子	换 算 系 数
花生、向日葵、芝麻	5.50
油菜	5.53
小麦、大麦、黑麦、燕麦、元麦	5.70
菜豆、豌豆、蚕豆	5.70
高粱	5.83
水稻	5.95
玉米	6.25
大豆	6.25

* 中华人民共和国农业部标准。

2. 淀粉的测定

A. HClO_4 浸提-铜还原-碘量法

〔原理〕 用 HClO_4 溶液浸提淀粉, 淀粉在 $0.7N$ HCl 和加温下进行水解, 使淀粉转化为葡萄糖。葡萄糖是含有醛基的还原糖, 能还原夏费-索姆吉 (Shaffer-Somogyi) 试剂而生成 Cu_2O 沉淀。用 H_2SO_4 酸化时 Cu_2O 即溶解成 Cu^+ 。试剂中的 KIO_3 与 KI 在酸化同时生成 I_2 。因为试剂中的 KIO_3 是定量加入的, 所以生成的 I_2 量也是一定的。此 I_2 与 Ca^{+} 发

生氧化还原反应, 消耗一部分 I_2 , 溶液中剩余的 I_2 以淀粉为指示剂, 用 $Na_2S_2O_3$ 标准溶液滴定。在测定同时做空白标定 (以水代替糖试液)。由空白标定消耗的 $Na_2S_2O_3$ 毫升数减去实测糖液消耗的 $Na_2S_2O_3$ 毫升数, 查表1—2即得所测糖液中还原糖的毫克数, 计算出还原糖含量, 最后乘以系数0.9, 即为淀粉含量。

〔试剂〕

(1) 60% $HClO_4$ 溶液 (AR)。

(2) 5% 醋酸铀酰溶液。

(3) 0.7N HCl 溶液。

(4) 0.1N $H_2C_2O_4$ 溶液。

(5) I_2 — KI 溶液: 称 7.5g I_2 和 7.5g KI 与 150ml 水一起研磨, 用水稀释至 250ml, 贮于棕色瓶中。

(6) $NaCl$ 酒精溶液: 350ml 95% 酒精、80ml 水和 50ml 20% $NaCl$ 溶液混合后, 用水稀释至 500ml。

(7) 0.25N $NaOH$ 酒精溶液: 350ml 95% 酒精, 100ml 水和 25ml 5N $NaOH$ 混匀后, 用水稀释至 500ml。

(8) 0.04% 酚红指示剂: 称 0.1g 酚红, 用 28.2ml 0.01N $NaOH$ 使之溶解, 用水稀释至 250ml。此指示剂的变色范围为 pH6.8 (黄) — 8.4 (紫红)。

(9) 夏费-索姆吉试剂: 称 25.0g 无水 Na_2CO_3 (AR) 和 25.0g 酒石酸钾钠 ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$), 放入 2L 烧杯中, 加水约 500ml 使其溶解。将一漏斗的颈端插入液面以下, 在不断搅拌下, 通过漏斗加入 75ml 10% $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 溶液。再加入 20g $NaHCO_3$ (AR), 溶解后再加入 5g KI , 转移到

1L容量瓶中, 加250ml 0.100N KIO_3 溶液(3.568g KIO_3 /L), 用水定容。用砂芯坩埚过滤, 放置过夜备用。

(10) KI-草酸盐溶液: 称2.5g KI和2.5g $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶于100ml水中, 每周现用现配。

(11) 0.005N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液: 先配制0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液, 称25.0g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 溶于1L煮沸后已冷却的水中, 加入0.1g Na_2CO_3 , 保存于棕色瓶中, 贮放在低温暗处。此为0.1N贮备液, 一天后进行标定。0.005N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液不稳定, 须在使用当天用煮沸后的冷却水准确稀释, 贮备溶液配至0.0050N。

0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液的标定, 称取在100℃下烘干2小时的 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (AR) 0.2000g, 放在250ml三角瓶中。将它溶于含有2g KI的80ml水中, 边搅边加入20ml 1N HCl, 在暗处放置5分钟后, 用0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定。当溶液由橙红色变为浅黄绿色时, 加入10滴淀粉指示剂, 继续滴定至溶液由蓝色突变为亮绿色(Cr^{3+} 的颜色)为止。计算 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 贮备溶液的准确浓度。

(12) 1%淀粉指示剂: 称1.0g可溶性淀粉和2mg HgI_2 (防腐剂), 用少量水调研, 溶于100ml沸水, 冷却后使用。

(13) 2N H_2SO_4 。

[测定]

(1) 淀粉的提取: 称取0.1000—1.000g烘干的样品(含淀粉20mg), 放入25×150mm硬质试管中, 加约0.2g细石英砂和5ml水, 混匀, 置沸水浴中加热15分钟, 使淀粉

糊化。冷却后放入 20—25℃ 水浴中，加 5ml 60% HClO_4 ，迅速用铲形玻璃棒在试管下部内壁上研磨样品约 1 分钟。如此经常反复研磨搅拌约 15 分钟，使其充分混匀。离心分离，把上部清液移入 100ml 容量瓶中。再向原试管中加 5ml 水和 5ml 60% HClO_4 ，同上进行第二次研磨浸提。然后用水将内容物全部洗入同一容量瓶，加入 3ml 5% 醋酸铀酰沉淀蛋白质，用水定容。取约 50ml 定容后的淀粉浸出液，离心分离。

吸取 10ml 离心清液注入 25 × 150mm 试管中，加入 5ml 20% NaCl 及 2ml I_2 — KI 试剂，混匀，静置过夜，离心分离，倾弃上层清液。再加 5ml NaCl 酒精溶液，洗涤淀粉-碘沉淀，离心后弃去上层清液。

在上述试管的淀粉-碘沉淀物中加入 2ml NaOH 酒精溶液，轻轻摇动，直到沉淀物不再呈现蓝色为止。用 5ml NaCl 酒精溶液洗涤管壁，离心分离，取得游离出来的淀粉，弃去清液。再用 5ml NaCl 酒精溶液如前操作洗涤 1 次。

（2）滴定：于盛有淀粉沉淀的试管中加入 2ml 0.7N HCl ，用玻璃球冷凝器盖上，在沸水浴中加热 2.5 小时。冷却后，用水将全部内容物转入 25ml 容量瓶中，加 2 滴 0.04% 酚红指示剂，用 0.5N NaOH 中和至紫红色，再用 0.1N $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液使之褪色，然后用水定容。

吸取 5ml 定容的淀粉水解液，放入 25 × 200mm 试管中，加入夏费-索姆吉试剂 5ml，摇匀。试管口盖以玻璃球冷凝器或小漏斗，置沸水浴中加热 15 分钟。取出后立即小心平稳地置于冷水浴中 4 分钟，此时溶液温度应为 25—30℃。沿管壁加入 2ml $\text{KI-K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 溶液（溶液为碱性时不要摇动），然后

再加 $2N$ H_2SO_4 3ml, 快速摇动, 使沉淀 Cu_2O 完全溶解, 再放入冷水中冷却 5 分钟, 摇匀。用 $0.005N$ $Na_2S_2O_3$ 标准溶液滴定至浅黄色时, 加入淀粉指示剂 5—10 滴, 继续滴定至蓝色消失为终点。

另取水 5ml (代替糖的待测液) 按同样操作进行空白标定。由空白标定和样品测定所消耗 $0.005N$ $Na_2S_2O_3$ 标准溶液的毫升数之差, 从表中查出还原糖的毫克数, 计算出还原糖的百分含量。

〔结果计算〕

$$\text{淀粉}\% = \text{还原糖}\% \times 0.9$$

式中, 0.9——葡萄糖换算为淀粉的因素, 即 $C_6H_{12}O_6 / C_6H_{12}O_5$ 。

$$\text{还原糖}\% = \frac{\text{查表得到的还原糖毫克数} \times \text{分取倍数}}{\text{干样重 (mg)}} \times 100$$

$$\text{式中: 分取倍数为 } \frac{100}{10} \times \frac{25}{5} = 50$$

〔注意事项〕

(1) 为使浸出液中的淀粉与 I_2 络合沉淀完全, 加入 I_2 -KI 试剂后, 须静置过夜再离心分离。倾出上层清液时亦须小心, 防止沉淀物的损失。

(2) 在淀粉-碘络合物分解过程中, 不要使用玻棒, 因为胶状沉淀物会粘附在棒上。另外要保证有足够的水解时间。

表 1-2 铜还原-碘量法还原糖- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 当量表
(Shaffer-Somogyi 表)

0.005N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ml 数	5ml 糖液中还原糖的毫克数									
	0.005N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 1/10ml 数									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
3	0.378	0.389	0.400	0.411	0.422	0.433	0.444	0.455	0.466	0.477
4	0.488	0.499	0.510	0.521	0.532	0.543	0.554	0.565	0.576	0.587
5	0.598	0.608	0.619	0.630	0.641	0.652	0.663	0.674	0.685	0.696
6	0.707	0.718	0.729	0.740	0.751	0.762	0.773	0.784	0.795	0.806
7	0.817	0.828	0.839	0.850	0.861	0.872	0.883	0.894	0.905	0.916
8	0.927	0.938	0.949	0.960	0.971	0.982	0.993	1.004	1.015	1.026
9	1.037	1.048	1.059	1.070	1.081	1.092	1.103	1.114	1.125	1.136
10	1.147	1.158	1.169	1.180	1.191	1.202	1.213	1.224	1.235	1.246
11	1.257	1.268	1.279	1.290	1.301	1.312	1.323	1.334	1.345	1.356
12	1.367	1.378	1.389	1.400	1.411	1.422	1.433	1.444	1.455	1.466
13	1.477	1.488	1.499	1.510	1.521	1.532	1.543	1.554	1.565	1.576
14	1.587	1.596	1.609	1.620	1.631	1.642	1.653	1.664	1.675	1.686
15	1.697	1.707	1.718	1.729	1.740	1.751	1.762	1.773	1.784	1.795
16	1.806	1.817	1.828	1.839	1.850	1.861	1.872	1.883	1.894	1.905
17	1.916	1.927	1.938	1.949	1.960	1.971	1.982	1.993	2.004	2.015
18	2.026	2.037	2.048	2.059	2.070	2.081	2.092	2.103	2.114	2.125
19	2.136	2.147	2.158	2.169	2.180	2.191	2.202	2.213	2.224	2.235
20	2.246	2.257	2.268	2.279	2.290	2.301	2.312	2.323	2.334	2.345
21	2.356	2.367	2.378	2.389	2.400	2.411	2.422	2.433	2.444	2.455
22	2.466	2.477	2.488	2.499	2.510	2.521	2.532	2.543	2.554	2.565

(3) 酸水解淀粉时, 要确保加热时间。加热温度须达 100°C , 水浴锅盖不要经常开, 应始终保持沸腾。

(4) 溶液滴定至极淡黄色时才可加入淀粉指示剂。加入过早易引起淀粉溶液凝聚, 而且吸附在淀粉分子中的 I_2 不易释出, 蓝色不易消退, 以致延长了滴定终点。

B. $\text{CaCl}_2\text{-HOAc}$ -旋光法

〔原理〕 淀粉是多糖聚合物，可用 $\text{CaCl}_2\text{-HOAc}$ 为分散和液化剂，在一定的酸度和加热条件下，使淀粉溶解并部分酸解，生成一定的水解产物，具有一定的旋光性，可用旋光仪定量。旋光仪的构造如图1-1所示：其主要部分是两端

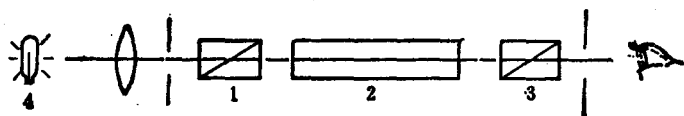


图1-1 旋光仪构造示意图

1.起偏器 2.盛试样的管子 3.检偏器 4.钠光灯

各装一个棱镜的长管子，一端固定，叫起偏器，另一端可以旋转，叫检偏器。检偏器和刻有360度的圆盘相连，起偏器外端为光源。当两棱镜的轴平行时，圆盘刻度正指0度，光可通过两个棱镜。如在两棱镜间放置旋光物质，它使通过第一棱镜的平面偏光旋转若干度后与第二棱镜的轴不再平行，而不能通过第二棱镜。必须使第二棱镜旋转相同的角度才可以使光通过。第二棱镜旋转的角度和方向就表示该物质的旋光度。向左旋的叫左旋，用“-”号表示，向右旋的叫右旋，用“+”号表示。用此法测定时，各种淀粉的水解产物的比旋指定为+203。

〔试剂〕

(1) $\text{CaCl}_2\text{-HOAc}$ 溶液：溶解5份重的 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 于6份水中，调节其比重（20℃时）为1.3。此溶液约含33% CaCl_2 。再向此溶液中加入冰 HOAc （每1000ml约加1.3ml冰醋酸），用pH计测试调节至pH2.3，过滤至清澈为