

锌素营养与作物丰收

天津科技翻译出版公司

高梁 夏荣基 等编著



锌 素 营 养 与 作 物 丰 收

高 梁 夏荣基
高 佳 王丽群 编著
王丽玉 马忠林

天津科技翻译出版公司

津新登字 (90) 010号

责任编辑 张毓青

锌素营养与作物丰收

高 梁 夏荣基 等编著

天津科技翻译出版公司出版

编辑组 300192

新华书店天津发行所发行

河北省三河县印刷一分厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张3.5625 字数74千

1993年3月第一版 1993年8月第一次印刷

印数 1—6400册

ISBN 7-5433-0453-8/S·6

定价: 2.00元

前 言

你也许是联产承包责任田的负责人，国营农场的负责人，或许是县农业技术推广中心的工作人员，乡农科站的负责人，你也许是农业科学技术人员或农业其它部门与有关专业的同志，当你在从事作物种植的过程中，在搜集资料或下乡蹲点，调查田间作物生长情况等工作时，是否发现作物由于缺乏微量元素锌而患有缺锌失绿病，叶片失绿，植株矮化，枝叶变小，根系生长不良，作物减产，甚至造成植株死亡等情况？为防患于未然，或及时治疗于作物患病的初始期，我们有必要掌握作物缺锌的症状、特点及防治方法。

国务院《关于依靠科技进步振兴农业，加强农业科技成果推广工作的决定》（1989年11月27日）中指出：“我国人多地少，要解决11亿人口的吃饭问题，必须在提高农业劳动生产率、增加农作物单位面积产量和有效利用资源上下功夫。只有紧紧依靠科技进步，才能实现农业技术改造的深刻变革，我国农业现代化才有希望。”我们一定要把依靠科技进步振兴农业，作为一项重大战略措施，坚持不懈地抓下去，因地制宜地努力推广行之有效的农业科学技术措施，结合我国土壤含锌量特别是有效锌含量常偏低的情况，抓好作物缺锌病的防治工作，以增产粮食和其它农产品，提高农产品的质量。

十多年来，我们在我国南方与北方一些省、市研究考察了作物缺锌情况并进行田间科技试验及化验分析等工作，取得了一系列的实践资料。根据各地同志提出的对这方面科技知识和实用技术的需要，现汇集我们的研究结果，编著成册，供同志们在工作中参考。本书可帮助大家学会识别作物缺锌的症状，掌握作物缺锌失绿病的“来龙去脉”，及时防治作物的缺锌失绿病，保护农业环境，防治环境污染，采用农业新技术、新方法，为增产更多、更好的粮食和其它农产品做出成绩。

本书在酝酿与写作过程中，得到了学者王静淑老先生的鼓励与大力支持，王静淑老先生现已与世长辞，在本书出版之际，谨致深切的悼念。我们将更加努力工作，为我国农业丰收奉献毕生精力。

高 梁

1992年9月

目 录

一、锌在植物体中的生理功用及有关锌肥的知识.....	(1)
1. 锌在植物体中的生理功用	(1)
2. 作物缺乏锌素的常用诊断方法	(4)
3. 土壤中的锌及有关锌肥的知识	(11)
二、作物的缺锌失绿病.....	(21)
三、怎样防治作物的缺锌失绿病.....	(27)
1. 种植绿肥“光叶苕”等，是防治作物缺锌失绿病的重要措施	(28)
2. 合理施用锌肥防治作物缺锌失绿病	(35)
(1) 施用锌肥防治玉米缺锌失绿病	(35)
(2) 施用锌肥对小麦的效果	(62)
(3) 锌肥在水稻及其它一些作物上的施用效果	(66)
四、合理解决一些地区的作物缺锌问题，促进我国农业丰收.....	(70)
五、结语.....	(79)
六、附录.....	(81)
附录1 农田化验工作中一些常用的符号	
附录2 农田灌溉水质标准中关于锌及其化合物的规定	
附录3 生活饮用水卫生标准中关于锌的规定	
附录4 地面水环境质量标准中关于锌的规定	
附录5 渔业水质标准中关于锌的规定	
附录6 农用污泥中污染物控制标准里关于锌的规定	
附录7 污水综合排放标准中关于锌的规定	
附录8 锌元素在地壳中的平均含量	

附录9 我国一些土壤微量元素锌的含量

附录10 植物叶片中微量元素锌的含量范围和判断标准

参考资料	(85)
英文摘要 (Abstract)	(87)
附：科普作品“农用微量元素的故事”	(88)

一、锌在植物体中的生理功用

及有关锌肥的知识

1. 锌在植物体中的生理功用

植物生育过程中，需要多种化学元素构成躯体，这些化学元素称作营养元素，其中，碳、氧、氢、氮四种元素约占植物体干重的95%；另外还有占5%左右的其它种类的元素（也叫灰分元素，就是将植物有机体燃烧后所余留的灰分物质成分）数十种，主要包括磷、钾、钙、镁、铁、硫、锌、锰、铜、钼、硼等，这些元素在植物生育过程中同样具有重要的作用。一般把含量占植物体干重千分之几以上的营养元素叫大量元素，含量在万分之几到十万分之几的叫微量元素，含量再低的叫超微量元素。碳、氧、氢、氮、磷、硫、钾、钙、镁一般属于大量元素；铁在植物体内的含量约占干物重的千分之几，其数量常介于大量元素和微量元素之间，虽然在微量元素中，铁属于含量较高的一种，但与大量元素相比，其含量又是属于偏低的，所以铁通常列入微量元素之中。而锌、锰、铜、钼、硼等属于微量元素的范围。根据已有的试验研究结果，目前已确定为植物所必需的营养元素有碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、钼(Mo)、氯(Cl)等16种^[1]。锌在植物体中属于微量营养元素。

虽然植物对锌的需要量不大，但是缺少了锌，植物就不能正常生长发育。在植物有机体中，锌起着重要的生物化学

作用，已知在许多酶和酶体系的活化作用中都有锌参与，按目前所知，含锌的酶约有80余种^[2]，其中在人体内已鉴定的含锌酶约有70余种。很早以前，微生物学家就已发现锌对黑霉菌菌丝的生长有促进作用；据资料记载^[3]^[4]，1869年人们已认识到锌对第状菌的生长是必需的；1926年确认高等植物生命活动需要锌素；1939年发现碳酸酐酶中含有锌并相继发现其它的含锌酶；1940年斯科格发现缺锌的水培番茄在出现症状（茎的生长减弱等）以前，吲哚乙酸（生长素）的含量已下降了一半，供给锌数日后，吲哚乙酸含量提高，植株生育恢复正常，但是他尚没有提出锌与生长素之间直接的密切关系。我国植物生理学家崔激（1948年）研究证实锌和生长素的生成有着密切关系，他发现番茄植株在缺锌时色氨酸含量降低，在向植株供给色氨酸时生长素则能正常形成，因此提出缺锌使生长素含量减少的原因系由于生长素的前身——色氨酸的形成受到了抑制^[16]。后来有人用玉米幼苗以及链孢霉试验，验证并支持了上述的研究成果。但也有人曾发现植物缺锌时的游离色氨酸并未减少，甚至有所增加，提出缺锌并不影响色氨酸的形成，而是与其后由色胺形成生长素的过程有关，因此，在生长素形成过程中，锌在怎样的位置上发生作用，还有待进一步研究。尽管存在着上述情况，但是毕竟已经充分说明锌与生长素有着密切的关系。崔激、吴兆明（1960年）用真空渗入法研究了番茄中的锌对从吲哚和丝氨酸合成色氨酸的作用，证明缺锌时不能将吲哚和丝氨酸合成色氨酸^[16]。在强光照或短波光照下，生长素受到一定破坏，这时植物对锌的需要尤为突出，如果缺乏锌素，则植物的缺锌症状更为严重。植物缺锌能使蛋白质的合成受到

障碍；缺锌的植物光合作用显著降低，这不仅由于缺锌后植物的叶绿素含量减少，而且与碳酸酐酶的活性降低有关。碳酸酐酶属于含锌的酶，如果植物体内缺乏锌素，碳酸酐酶的活性降低，并使光合作用的正常进行受到影响。

在植物有机体中，锌起着重要的生物化学作用，已经知道有许多酶和酶体系的活化作用中都有锌参与，锌与植物的呼吸作用和光合作用中释放与吸收二氧化碳的过程有关，锌对植物的生长素和叶绿素的形成也有关，缺锌时，植物体内生长刺激素和叶绿素的形成受到抑制或破坏，植物生长缓慢或停滞，株型变小，叶片变小，叶片失去绿色，呈白色或淡黄色失绿病斑。锌与植物的氮素代谢、有机酸代谢、酶促反应等也都有非常密切的关系。作物缺锌，新陈代谢就不能正常进行，产生缺绿现象，植株萎缩甚至死亡。锌除能促进植物生长素的先驱化合物——色氨酸、丝氨酸的合成外，锌还是金属蛋白酶的组成部分，已经发现的含锌金属蛋白酶有碳酸酐酶、酵母乙醇脱氢酶、羧基肽酶、谷氨酸脱氢酶等。锌还参与酶的催化作用，缺锌时，植物体中许多酶的活性降低或酶本身遭到破坏，氮素代谢、有机酸代谢也随之明显破坏，植物缺锌时，氮的可溶性化合物和碳水化合物中的可溶性糖，不能很好地转化而在植物体内积存起来，蛋白质、淀粉的合成受到严重的影响，因而使植物的蛋白质、淀粉含量减低。

锌是植物营养中最重要微量元素之一，缺乏锌素，就会引起植物特殊的病害——缺锌失绿病，这种病害属于植物缺乏营养的生理性病害。作物缺锌表现的一般症状，初期是“花白叶”，叶型变小，逐渐发展到叶部失绿和坏死，植株

矮小，节间缩短。果树作物缺锌发生小叶病和簇生病；水稻缺锌症状，最初在植株下部较老的叶片上，沿中肋出现失绿条纹，继而出现褐斑，病斑逐渐扩大，在严重的情况下，基部叶片全部呈褐色，叶尖干枯焦裂，远望稻丛为成片赤褐色^[5]，新叶变小，叶枕间距缩短，植株矮缩，根系³细弱，病情极严重时，可使植株死亡；玉米缺锌症状在小苗期便可出现，此后，玉米叶片上的缺锌症状继续发展，节间缩短，植株矮小，玉米植株的底叶和中部叶呈现黄白色失绿条纹是常见的缺锌症状。锌在植物体内可以转移，在土壤贫锌的情况下，植株新生组织得不到充分的锌素供给，这时植株体内的锌尽量转移到生长点附近，以维持其生长点的正常生长，老叶中的锌素向植株新生部分转移，这样，锌素在植物体内就能被再度利用。因此，作物的缺锌症状，老叶常比新叶更为严重，植株下部叶的病征比上部叶明显，以玉米来说，缺锌失绿病征（例如由于缺锌导致的叶片上的黄白色束状条纹斑）在玉米植株的下部及中部叶，常比上部叶明显，就玉米一个叶片来说，其基部和中部病征常较叶尖端更为显著。

2. 作物缺乏锌素的常用诊断方法

当作物在外形上已经产生缺乏锌素的症状时，锌素一般已是相当缺乏，作物的生长发育已经受到了一定的影响，这时如不采取相应的有效措施，作物就不能正常生育，产量就会减低，若作物极度缺乏锌素，甚至将造成整株死亡，颗粒无收。因此，必须及时进行锌素的营养诊断，尽量减少和避免作物因缺乏锌素而导致的产量和质量的下降，保证对作物有适量的营养元素，其中包括锌素的供给，为夺取作物的高产优质创造条件。

随着营养诊断与分析技术的不断改进和提高，例如光电比色计、极谱仪、原子吸收分光光度计的普及，有机螯合试剂和放射性同位素的广泛应用等，方便和加速了微量元素的研究工作，并在很大程度上提高了分析微量元素的准确性。下面主要结合实际应用，着重介绍几种常用的诊断缺锌失绿病的方法。

(1) 外形诊断：外形诊断就是根据作物因缺乏某种或某几种微量元素而呈现的各种外形症状进行的诊断，查明所缺乏的微量元素。外形诊断对解决农业生产的实际问题，具有重要的意义。

在农业生产上最初应用微量元素，是由于植物生长不正常，在外形上发生各种病态症状，引起叶缘、叶内失绿或死亡，根据外形观察和诊断，试喷微量元素溶液，获得了治疗的效果，从而证实了微量元素的作用。所以，外形诊断是相当重要的一种诊断方法。作物缺乏锌素呈现的特征一般为植株矮小，叶型变小，形成叶簇，老叶呈现明显的失绿条纹及花白叶等症状，新叶缺绿呈灰绿或黄白色的斑点及条纹，根系生长不良。1973年我们在云南省红壤、黄壤地区对玉米、烤烟等作物进行调查研究，发现有些地方的玉米上有缺锌症状，玉米叶部失绿，呈现明显的黄白色束状条纹斑，植株矮缩，节间缩短等，特别是在云南省江川县后卫乡山区生产基地黄草坝（地名）玉米缺锌症状格外明显，那里的土壤属于发育在紫色砂页岩上的砂壤至壤质的山地黄壤，呈酸性反应。1973年7月，我们在黄草坝连续观察了玉米和烤烟的生长情况。田间作物的生长情况是相当复杂的，受多种环境因素的综合影响和主要因素的制约。要找出制约玉米生长的主

要因素，即玉米发生的症状属于何种病害，必须经过一系列的诊断和调查研究，因为玉米缺乏各种不同的微量元素的症状有时与其它病症，例如与属于真菌性和细菌性的病害等造成的症状交织在一起。我们通过试用不同农用药剂的综合田间调查试验，采集玉米植株样本和显微镜镜检观察，证实了玉米致病部位的症状中，没有出现细菌性病斑特征以及真菌菌丝体或分生孢子梗、分生孢子等，经过植株培养和致病部位详查等多项研究及调查工作，确定不是真菌或细菌性的病害。根据玉米的发病症状，节间缩短，植株矮缩，叶部失绿呈现黄白色条纹斑等外形特征，反复诊断对照，并进行了微量元素喷施试验，确定玉米的病症是属于缺乏微量元素锌而发生的缺锌失绿病。当地其它作物上也表现有缺锌症状，例如江川县黄草坝黄壤上栽培的烤烟，表现为叶边呈现黄白色失绿病斑，叶面出现枯黄斑，叶子变小，烟株节间缩短等缺锌症状。但是，表现缺锌症状特别明显的是玉米和果树中的桃树等，江川县黄草坝一带生长的桃树，树枝短缩，桃叶变得很小而簇生在枝端，叶色失绿，缺锌症状很明显。玉米和桃树都是属于对锌相当敏感的作物，可以作为土壤中锌素供给情况的指示作物。在我们诊断作物缺锌的工作中，玉米以及桃树这两种作物的外形特征，对我们查明作物缺锌失绿病的分布区有重要的参考意义。

在外形诊断中，需要注意作物缺锌症状有时与缺锰、缺镁、缺铁症状相似而造成混淆，但是缺锰、镁、铁时，作物叶片大小一般正常，无小叶现象。缺锰时虽然也出现叶脉间失绿，但是叶脉间的失绿部分和叶脉及叶脉附近绿色部分的色差小，即颜色相差不够明显；而缺锌时，二者间的色差则

很大。缺镁时，虽然色差也很大，但是在叶尖和叶基部仍然保持绿色，与缺锌显然不同。缺铁时一般只有叶脉本身保持绿色，其余部分完全失绿，叶脉与叶肉部分的色差也很强。水稻秧苗缺锌症状是心叶变白，心叶以下的叶片中部出现褐斑，并逐渐向两端扩展，叶枕距离缩短，植株缩缩不长，此后，水稻植株缺锌症状进一步发展，上部新叶中肋黄白化，叶身呈褐色，下部叶片的褐斑连接成片，呈褐色而干枯，以至整株叶片变为黄褐色，基部老叶干枯而死。据资料，柑桔树的缺锌症，在发现之前尚没有分析土壤或植株的含锌量，那时的分析方法也不够精密和准确，而且关于植物体内微量元素的应有含量和土壤有效性微量元素的知识也很贫乏，就是到了近期，许多已经较大面积使用微量元素肥料的地区，也往往是在发现缺锌（通过外形诊断等方法）后，在研究防治方法中，发现增施微量元素的有效效果而施用的，可见外形诊断的重要性。上述的例证再次表明，外形诊断的确是作物锌素营养失调的重要的诊断方法之一。

但是，过量的锌素会对作物产生危害，表现在外形上，可使作物的根系正常生长受到明显的影响，小麦受害后，叶尖出现褐条斑，并向叶缘发展，影响小麦的生长发育；水稻受害后，根系生长受到阻碍，根系变短而稀少，植株的地上部分逐渐黄萎、矮小、分蘖减少等。所以，施用锌肥应注意适量合理施用。

（2）根外喷施诊断：根外喷施微量元素诊断，就是将含有微量元素的盐类配成一定浓度的溶液，喷施或者涂抹在罹病的叶片和茎秆上，隔一定时间观察病叶和茎秆转变的情况。这种方法不但能确定作物缺乏何种微量元素，而且还可

测定喷施微量元素盐类溶液的适宜浓度。在叶片上涂抹微量元素可采用半叶涂抹法，这种方法比较适用于具有中脉或中脉较发达的叶片。将微量元素盐类溶液涂抹在中脉一侧的半个叶片上，隔一定时间观察效果。1973年7月，我们在云南省玉溪县研和街，采用根外喷施诊断的方法，用0.15%的硫酸锌溶液喷施烤烟和玉米，同时从云南省江川县采集的活体玉米植株进行培植，并向整个叶片喷施0.15%硫酸锌溶液，又用半叶法在30株玉米的100片罹病的活体叶片上涂抹0.15%硫酸锌溶液（涂抹玉米叶中筋一侧的半边叶片）。

有了上述外形诊断做基础，进行根外喷施锌肥（硫酸锌）的诊断方法，对我们确定玉米缺锌失绿病有重要的作用。喷施锌肥后，患缺锌失绿病的玉米植株，6至7天左右叶色逐渐转绿；用半叶涂抹锌肥处理的100片患缺锌失绿病的玉米叶，涂抹锌肥的半边叶片，7至8天左右逐渐转绿，而未涂抹锌肥的半边叶片没有什么明显的变化。此外据资料，浙江省黄岩柑桔存在微量元素问题，其分布在山地黄壤和“平原湿土”上的桔园，均发生有缺绿病，用硫酸锌和硫酸锰分别进行根外喷施（都采用0.1%的溶液），过3个月后检查，分布在山地黄壤的桔园喷施0.1%硫酸锌溶液的叶色恢复正常，而分布在“平原湿土”上的桔园，锌锰混合液（0.1%的硫酸锌溶液加0.1%的硫酸锰溶液）效果最好，这是与山地黄壤缺锌，“平原湿土”缺锌、缺锰有关。根外喷施诊断方法简便易行，在诊断工作中可以广为采用。

（3）化学分析诊断：就是通过化验土壤和作物植株中的微量元素含量，来诊断微量元素丰缺程度的方法。土壤含锌量大致的范围是10~300ppm，平均含量是50~100ppm。

但是土壤的全锌含量不适于作为判断锌素供给情况的指标，而是要用对植物有效态锌来做为土壤供给锌素情况的指标。作物正常含锌量一般约为25~150ppm，缺锌时则约少于20~25ppm，不同种类的植物以及同一种植物的不同生育时期，含锌量是有差别的，植物体含锌量超过400ppm时，一般认为已经过量，可出现锌中毒的症状。经过在云南省发生玉米缺锌失绿病地区采土分析化验，耕层土壤有效态锌含量是比较低的，一般仅为0.12~0.66ppm，患缺锌失绿病玉米叶含锌量仅约为19ppm。

土壤和植物中锌素的含量，可用比色计、极谱仪或原子吸收分光光度计进行测定。用作土壤有效态锌的提取剂，常为稀酸、螯合剂，以及缓冲溶液（醋酸-醋酸铵溶液）或中性盐溶液（1MKCl，1MMgSO₄）等。对植物有效态锌常用稀酸或螯合剂（螯合剂提取出的还包括部分有机态锌，常用的螯合剂是EDTA或DTPA）来提取。经常采用的提取方法是用0.1摩尔浓度的盐酸提取有效态锌，此方法适用于酸性土壤，也有用于中性土壤的（用此法测定的土壤有效态锌的临界值为1~1.5ppm）。在石灰性土壤以及中性土壤，采用螯合剂DTPA浸提，即0.005M二乙三胺五醋酸（DTPA）溶液+0.01M氯化钙+0.1M三乙醇胺，作为土壤有效态锌的浸提液（用此法测定的土壤有效态锌临界值为0.5ppm）。化学分析诊断对确定供给作物正常生育需要的锌素以及其它营养元素的丰缺情况有一定的作用。然而，由于各种作物对微量元素的需要情况不同，就是同一种作物，也因生育期和外界环境条件的不同，而对微量元素需要情况有所差别，所以，虽然土壤和植株中锌素含量的临界值并不是固定不变

的，但是化验结果和数据限量指标都可做为重要的参考依据。

除了以上介绍的外形诊断、根外喷施诊断、化学分析诊断三种常用的方法外，还有第四种方法即注射诊断。此法有时也被采用。注射诊断就是将适当浓度的某种微量元素盐类的溶液（采用0.1%~0.2%的硫酸锌溶液），注射到作物体内，隔一定时间观察作物缺乏微量元素等症状的变化情况，从而为确定作物是否缺乏锌素提供一定的依据。注射诊断中包括的具体方法较多，如叶脉注射、茎部及枝部注射等，较简便易行。下面简介叶脉注射和茎部注射。

叶脉注射（以玉米植株为例），将生长着的存在缺乏微量元素症状的玉米植株，选其生长位置适宜的一片叶片，将中脉（中肋）两边的叶片切去，只留中脉和一些残余的少量叶肉，立即浸入0.1%~0.2%的硫酸锌溶液中。玉米叶片中肋较长，可在盛硫酸锌溶液的容器中适当弯曲放置好，容器要选用大些的钵，下面用架子支持固定好。根据植株缺乏微量元素罹病的程度，浸泡中肋的时间可为数小时或1至2天左右，叶脉注射手续即完毕。数日后，观察邻近病叶颜色是否恢复正常。

茎部注射：将脱脂棉或滤纸做成捻子，一头放在玉米茎的切口（以纵切口较好）处，另一头放在盛有硫酸锌溶液（浓度为0.15%）的试管或小三角瓶中，硫酸锌溶液液面的位置最好保持略高于茎部纵切口放捻子的位置，并注意补充硫酸锌溶液于试管或小三角瓶中。经常观察玉米植株生长变化的情况，特别是罹病叶片的变化，一般约9~10天左右就可看出较明显的差别，罹病叶片开始变绿。