

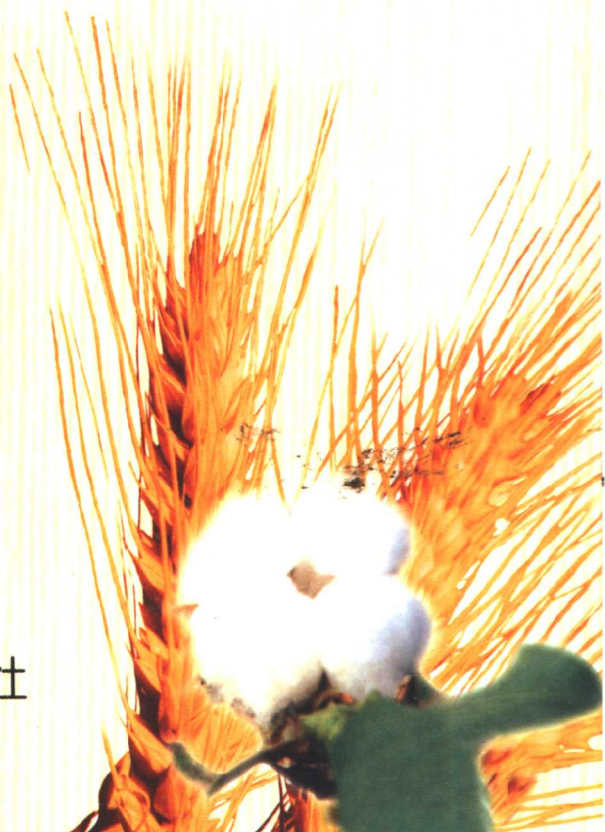
农作物营养失调症

原色图谱

马国瑞 石伟勇 主编

64

中国农业出版社



SNO



S435-64
7761

Q IANG SHI TI
YUAN CE TU PU

农作物营养失调症

原色图谱

马国瑞 石伟勇 主编

S435-64
7761

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农作物营养失调症原色图谱 / 马国瑞, 石伟勇主编.
北京: 中国农业出版社, 2001.10
ISBN 7-109-07070-0

I. 农 ... II. ①马 ... ②石 ... III. 作物 - 植物营养
缺乏症 - 图谱 IV. S435-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 00741 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100026)
出版人: 沈镇昭
责任编辑 贺志清

北京日邦印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行
2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm × 1168mm 1/32 印张: 4.125
字数: 60 千字 印数: 1~5 000 册
定价: 20.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



编写人员

主 编	马国瑞	石伟勇		
副主编	倪吾钟	何 延		
编 者	谢锦良	黄锦法	陈忠华	蒋玉根
顾 问	秦遂初	杨玉爱		



内容简介

本书收集了农作物氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、锌、铜、钼、氯等13种元素营养失调症彩色照片200余张，直观地再现了不同作物营养失调症的主要特征。同时，还对各种营养元素失调症的发生条件、诊断技术及防治措施作了扼要介绍，是一本操作性较强的诊断施肥指南。它既可供农技人员和广大农户阅读，又可供农业院校师生参考。



前 言

近年，随着农作物复种指数的提高，高产品种的种植，农作物产量得到明显地增加。然而，在获得高额产量的同时，土壤养分被加速消耗，加上较长时期以来，有机肥施用锐减和化肥氮、磷、钾施用比例失调，使土壤养分平衡状况恶化，以致农作物营养失调障碍日趋普遍，这是当前导致作物产量降低和品质变差的重要原因之一。

作物产生营养失调障碍时，会从外形上表现出特有症状。人们可以通过对这些特异症状的了解，迅速地提出各种营养失调症的矫治措施。为便于读者操作，全书收集了200余张常见的作物营养失调症彩色图片，以供具体应用时对照。

本书在编写中，着重强调实用性和可操作性，介绍了一般情况下的营养失调症的诊断指标和矫治措施，在具体应用时，可以根据当地情况作适当调整。

作者多年从事作物营养诊断与施肥的教学和科研工作，深感广大工作在第一线的农技人员及农户迫切需要有关作物营养障碍的发生、诊断及防治方面的知识。为此，我们尽力收集了这一领域近期研究的最新成果，并结合自己的实践撰写成此书，以期对读者有所助益。本书在撰写过程中，得到了秦遂初、杨玉爱教授的大力支持，并提供了不少素材，在此谨表衷心感谢。

编 者

2001年2月



目 录

前言

一、农作物营养失调诊断的基本知识	1
二、农作物氮素失调症	9
三、农作物磷素失调症	16
四、农作物钾素失调症	22
五、农作物钙素失调症	32
六、农作物镁素失调症	37
七、农作物硫素失调症	46
八、农作物硼素失调症	52
九、农作物锰素失调症	68
十、农作物铜素失调症	76
十一、农作物锌素失调症	83
十二、农作物铁素失调症	89
十三、农作物钼素失调症	97
十四、农作物氯素失调症	100
十五、农作物硅素失调症	103
十六、农作物酸害	108
附录 农作物营养诊断的化学速测方法	113
主要参考文献	125



一、农作物营养失调诊断的基本知识

(一) 农作物必需的营养元素

农作物的组成十分复杂,迄今为止,已发现含有70余种化学元素,自然界里存在的元素在农作物体内几乎都有它的踪迹。然而,这几十种元素并不都是农作物必需的。人们通过反复研究发现,有16种元素是必需的。其中,碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)9种元素含量大,可占干重的千分之几到百分之几,称为大量元素;铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、钼(Mo)、氯(Cl)7种元素含量少,只占干重的千分之几到十万分之几,称为微量元素。这些必需的营养元素虽然在体内含量有多有少,但各有其独特作用,彼此不能替代。

大量的研究表明,农作物所需的氢和氧主要来自水(H_2O),碳来自空气中的二氧化碳(CO_2)。氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、锌、铜、钼、氯等元素可由土壤供给。然而,农作物对氮、磷、钾需要量大,而土壤的供应量往往不能满足需要,要增施氮、磷、钾肥补充。

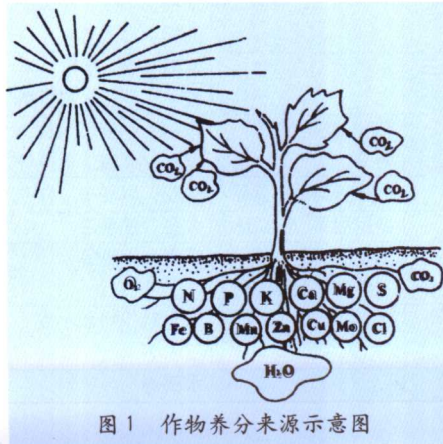


图1 作物养分来源示意图

所以,人们把氮、磷、钾称为“肥料三要素”。钙、镁、硫虽然也属大量元素,但这三种元素在一般土壤中含量较多,可以满足农作物生长的需要。当然,在缺少时也应施用。至于微量元素,由于农作物对它们的需要量少,一般土壤中的含量已能满足要求。不过,随着复种指数和产量的提高,氮、磷、钾肥料用量的增加,农作物微量元素缺乏症也日益增



多, 如水稻“倒缩稻”(缺锌)、棉花“蕾而不花、花而不铃”(缺硼)、油菜“花而不实”(缺硼)、小麦叶尖干卷及穗不实(缺铜)、小麦“褐浅黄萎”(缺锰)、玉米新叶失绿发白(缺铁)等, 都是由于缺少微量元素引起的。现将农作物所需养分的来源归纳于图1。

(二) 农作物发生营养失调症的原因

作物营养失调症的发生, 既受到作物本身营养特点的左右, 同时也受到土壤、天气等环境的影响。

1. 作物营养特性 不同作物或同种作物不同品种, 因遗传基因不同, 它们对养分需求差异很大。主要农作物对养分的需求状况列于表1中, 以供应用时参考。

此外, 农作物体内某一元素过量存在, 也会抑制其它元素的吸收

表1 主要农作物对养分的需求状况*

元素	需要较多	需要中等	需要较少
N	甘蔗、水稻、小麦、玉米、高粱、棉花、茶、桑		花生、大豆、羽扇豆等
P	豆科作物和豆科绿肥、油菜、甘蔗、甜菜、棉花等	玉米、芝麻等	水稻等
K	油菜、大豆、芝麻、马铃薯、甘薯、棉花、麻、烟草、茶、桑等	玉米等	水稻、小麦、甘蔗等
Ca	花生、红三叶草、苜蓿、饲用甜菜等		大麦、小麦、水稻、燕麦、玉米、谷子等
Mg	花生、芝麻、谷子、棉花、甜菜、烟草等		水稻、小麦、玉米、高粱、荞麦等
S	油菜、大豆、花生、苜蓿、红三叶草、饲用甜菜、烟草等		水稻、小麦、玉米、高粱、谷子、荞麦、甘蔗等
B	向日葵、甜菜、油菜、苜蓿等	棉花、花生、烟草、甘薯等	水稻、小麦、大麦、玉米、燕麦、荞麦等
Mn	小麦、甜菜、烟草、大豆等	大麦、玉米、高粱等	棉花、黑麦等
Cu	小麦、高粱、苜蓿等	糖用甜菜、玉米等	大豆、油菜等
Zn	玉米、高粱、大豆、蚕豆等	棉花、水稻、甜菜、三叶草、紫苜蓿等	小麦、大麦等
Mo	十字花科作物、豆科作物和豆科绿肥作物		禾本科作物如小麦、玉米等
Fe	高粱、玉米、花生、黑豆等		水稻等

* 综合资料。

和利用,如磷与锌、铁,钾与镁、铵,氮与钙、硼,钙与硼之间均存在拮抗作用,也常导致营养失调症的发生。

2. 土壤状况 土壤是农作物生长的基础,与农作物生长和营养状况关系十分密切。其中,又以养分含量和酸碱度的影响更大。

(1) 土壤养分 土壤养分不足或施肥比例不当是作物产生营养失调症的主要原因。在当前作物施肥中存在着三个突出问题:一是偏施氮肥,造成氮、磷、钾比例失调。据报道,近年我国施用化肥的N、P₂O₅、K₂O比例为1:0.45:0.14,与要求的N、P₂O₅、K₂O比例1:0.40:0.35相比较,表现出钾的比例明显偏低,使土壤—作物系统中的钾素处于严重亏缺状态;二是不够重视微量元素肥料的施用,导致作物缺硼、缺锌、缺锰的情况较为普遍;三是有机肥料用量明显减少。据调查,有机肥提供养分的比重已由20世纪70年代的70%下降到近年来的30%左右,在一些地区,每666.7m²耕地的有机肥投入量不足1000kg,土壤有机质难以达到平衡。

(2) 土壤酸碱度 不同作物对土壤酸碱度的要求各异。大多数农作物适宜在微酸性和中性环境中生长,如水稻、小麦、玉米等;茶树适宜在酸性条件下生长,但甜菜则适宜生长在偏碱的环境中。现将主要作物要求的适宜pH范围列于表2。

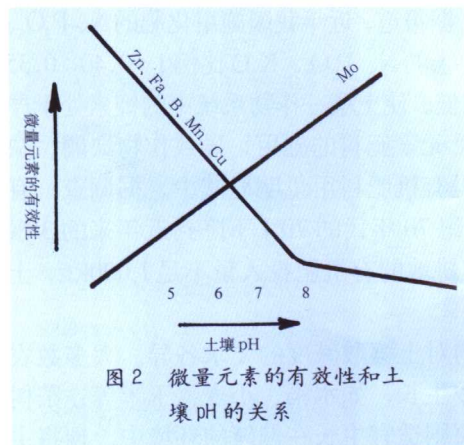
土壤酸度还影响土壤中的有效养分。一般来讲,有效氮在中性附

表2 主要农作物适宜pH范围

作物名称	pH	作物名称	pH
水稻	6.0~7.5	油菜	6.0~7.5
小麦	6.0~7.5	花生	5.5~7.0
大麦	6.5~7.8	芝麻	6.0~7.0
玉米	6.0~7.5	大豆	6.5~7.0
谷子	6.0~7.0	蚕豆	6.0~8.0
荞麦	5.0~7.5	向日葵	6.0~7.5
甘薯	5.5~6.0	甜菜	7.0~8.0
马铃薯	5.5~6.0	甘蔗	6.0~7.5
棉花	6.0~8.0	烟草	5.5~7.0
黄红麻	6.5~7.5	茶	5.0~5.5
亚麻	6.0~7.0	桑	6.0~7.5
苕子	6.0~7.0	啤酒花	6.0~8.0
紫云英	6.0~7.5	黄花苜蓿	6.0~8.0



近最多；有效磷在pH5.5~6.5时含量高，高于7.0或低于5.5时，磷就会和土壤中钙或铁、铝离子结合，形成磷酸钙或磷酸铁、铝的沉淀，使磷的有效性降低；钾、钙、镁的含量在pH > 6时增高；硫在酸性条件下常感不足；微量元素铁、锰、锌、铜、硼则以酸性土壤居多，但钼是例外，在酸性条件下有效性低（图2）。所以，在酸性土壤作物容易发生磷、钾、钙、镁、钼等元素的缺乏，而生长在碱性土壤或石灰性土壤的作物，常发生锌、铁、锰等元素的缺乏。



此外，不良的耕层，如土体僵硬坚实，下层有硬盘、漂白层等障碍层次，以及地下水位过高，均能限制根系伸长，减少农作物对养分的吸收，自然也会促使农作物营养失调症的发生。

3. 天气条件 天气条件与农作物营养失调症关系密切，

其中主要是光照、温度和水分。

农作物对养分的吸收受到光照的影响，光照不足将明显影响磷、钾、氮的吸收，但对钙、镁影响小，其吸收降低的顺序是：



所以，光照不足作物容易出现缺磷和缺钾。

温度不仅影响土壤中养分的释放，而且也左右作物对养分的吸收。以水稻而言，其适宜水温为30~32℃，温度过高过低，均会影响养分吸收，其中，影响显著的有Si、K、P和NH₄⁺-N，对Ca、Mn影响较少。大麦根际土温以18℃为好，如温度过低，将明显影响K、P、NO₃⁻-N的吸收，对Ca、Mg影响较少。其他作物的最适根际的土温是：棉花为28~30℃，马铃薯为20℃，玉米为25~30℃，烟草为22℃。在最适根际土温，吸收养分多。

水分过多或过少，均左右土壤中营养元素的释放、固定和淋失。在干旱年份，油菜容易出现缺硼症，应注意硼肥的使用；在多雨季节，容

易造成土壤中镁的流失和降低铁的有效性，常促使农作物缺镁、缺铁。

(三) 农作物营养失调诊断内容

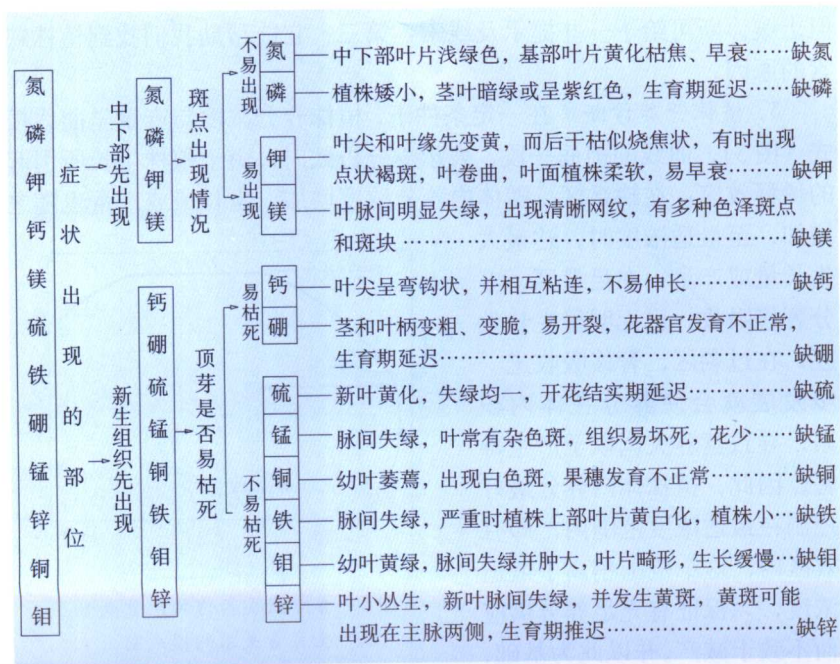
营养失调诊断是通过外形、土壤分析、植株分析或其它生理生化指标的测定，对植株营养状况进行客观判断，用以指导施肥，或改进其它管理措施。

1. 外形诊断 外形诊断（症状诊断及长势、长相诊断）对了解植株短时间内的营养状况是一个良好指标。

不同元素其生理功能及其在植物体内移动性各异，因此，出现的症状及部位也有一定的规律性。人们根据这些规律制成了分析判断某种养分缺乏的检索表（表3）。

然而，外形诊断通常只在植株仅缺一种营养元素情况下有效，如同时缺乏两种或两种以上营养元素，或出现非营养因素（如病虫害或药害）而引起的症状时，则易于混淆，造成误诊。再则，植株出现某

表3 农作物营养元素缺乏症检索表



些营养失调症时，表明植株营养失调已相当严重，若此时采取措施，常为时过晚。尽管如此，由于该法简单易行，无需仪器测试，至今仍是野外诊断的常用方法。

2. 土壤分析诊断 土壤分析诊断的目的，在于了解土壤中某一时期易被作物吸收的可给态养分的动态变化及供肥水平，并以此为基础，提出不同作物的土壤养分含量的丰缺指标。

然而，土壤中养分能否被作物吸收，还受到土壤供应养分的因子（如土壤种类、土壤中养分总量、阳离子代换量等）及作物利用土壤养分的因子（如作物种类、品种等）影响。土壤温度、土壤水分、土壤通气状况、土壤pH及元素间的相互作用等因素，既影响土壤中养分的供应，又影响作物对养分的吸收，这些微妙的关系使得单方面的土壤分析标准难以直接准确地反映农作物吸收利用养分的状况。尽管如此，这也不能说土壤诊断不重要。首先，它可印证植株营养诊断的结果；其次，植株的外形诊断及植株分析，只能显示植株测定时的营养状况，而不能预报当调整了现实营养失调后，可能再发生的限制因子是什么，但土壤诊断可给予一些提示及线索；第三，它能帮助我们找到植株缺素的原因。

3. 植株营养诊断 在一定条件下，植株养分浓度与产量呈曲线模式（图3）。曲线的前面一段，表示养分极缺时，由于植株生长所引起的稀释效应；在缺乏区，随体内养分浓度增加，生长量或产量也随之增加，至最适浓度时，达最大生长量或产量；在足量区，养分奢侈吸收，已无明显生长效应；在过剩区，奢侈吸收进一步发展就会使养分在体内积累，导致营养失调以至产生毒害。因此，植株体内养分最好控制在最适浓度范围内，即有效区内，这个范围稍高于最适浓度，以保证有充足养分供应而不致于减产。并以此为基础，

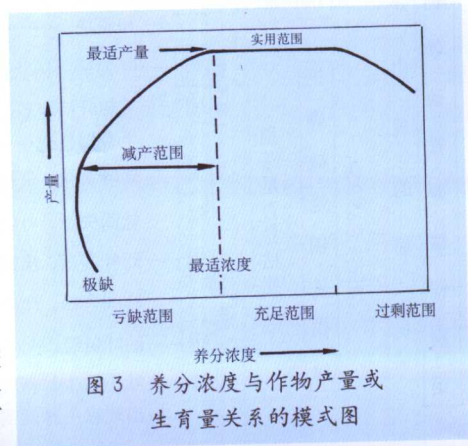


图3 养分浓度与作物产量或生育量关系的模式图

提出不同作物植株养分的诊断指标。

由于植株分析方法比较复杂，而且又费时费事，至今还难以为广大农户所接受。最近采用便携式叶绿素仪（SPAD），可以在无损植株的情况下，在田间诊断作物的氮素营养水平，并以此作为氮肥推荐的依据，具有简单、快速的特点。已在小麦、玉米、水稻、烟草、棉花等作物的施肥研究中得到应用。

4. 生理生化诊断 当作物某些营养元素失调时，将影响体内一些生化过程的速度和方向，引起体内酶活性的变化。即随着养分亏缺，不同酶活性有增有减。缺铁时过氧化物酶，缺锌时碳酸酐酶，缺氮、缺钼时硝酸还原酶活性降低，缺磷时则酸性磷酸酯酶活性增加。

酶学诊断较之外形症状能更早地察觉植株营养状况，是一个很有应用价值的诊断方法。但目前测试技术还不够完善，实用的事例还不多。

总之，在进行营养诊断时，最好同时采用多种方法，以保证诊断的准确性。

（四）农作物营养诊断的研究动向

1. 从单一元素的临界值诊断发展到综合诊断 目前作物营养诊断采用的标准是单一元素的临界范围法。然而，在应用临界范围法来指导施肥，仍有许多实际困难，其原因在于叶片（或叶柄）中元素含量受许多因素的影响而波动，如作物品种、叶龄和叶片着生部位、土壤水分状况及农业措施等，而由皮费尔（Beaufils）和沙恩奈（Sumner）创立的养分平衡诊断法（DRIS），能诊断作物对营养元素的需要顺序，且诊断结果受作物品种、种类及叶片部位等因子的影响小，诊断的准确性也比临界范围法高。尽管这种综合诊断方法还不能根据诊断结果确定施肥量，但它可以告诉人们需要增施什么肥料，再结合临界值法、肥料效应方程，就可确定施肥量。自DRIS法问世以来，已在甘蔗、马铃薯等多种作物上得到应用，并积累了大量资料。因此，有必要对DRIS法所需数据提出规范化处理和指数计算的计算机语言，以便更好地作出判断。

2. 拓宽营养诊断内容，完善诊断技术和方法 目前营养诊断大多侧重于植株养分分析，但鉴于作物对土壤养分的依赖性在一定程度上高于对当季肥料依赖性这一事实，近年在提高作物对土壤养分利用效

率方面的研究十分活跃。开展了土壤中缓效性和难溶性养分，土壤—根系界面养分及环境动态的研究；植物养分吸收效率的理想根构型、根系对养分最大亲和性及其在吸收养分上的作用，不同土壤溶液中最低吸收浓度极限值等内容的研究，以期为合理施肥提供一些重要参数。

在测试手段方面，在进行有关田间速测仪器的引进和研制的同时，还必须采用先进的测定仪器和应用同位素进行研究，这对阐明元素吸收、运转和分配具有特殊的效果。原子吸收分光光度计、等离子发射光谱，已被广泛应用于作物矿质营养，特别是微量元素营养的分析中。随着时代的进步，更为先进的测试装置，如电子探针以及灵敏度高、并能进行非破坏性分析的质子 \times -荧光分析仪及中子衍射活化分析装置，在营养诊断研究中被广泛应用也为期不远。



二、农作物氮素失调症

(一) 症状

1. 缺氮症 作物供氮不足，植株就会出现缺氮症状，一般表现为：植株生长缓慢，个体矮小，分枝、分蘖少；叶绿素含量降低，叶色褪淡，老叶黄化早衰且易脱落；茎叶常带有红色或紫红色；根系细长，总根量减少；花和果实均少，果实籽粒不饱满，成熟提早，产量和品质下降。各种作物所表现的缺氮症状不尽相同，现分述如下。

水稻和大小麦：植株生长缓慢，个体矮小，分蘖减少；叶绿素合成受阻，叶色褪淡，老叶黄化，早衰枯落；茎叶常带有红色或紫红色；根系细长，总根量减少；幼穗分化不完全，穗形较小。缺氮不十分严重时，结实虽然良好，籽粒与秸秆的比值也有所提高，但成熟提早，产量和品质下降。由于缺氮时细胞壁相对较厚，抗病、抗倒伏能力有所增强。

玉米：植株生长缓慢，株型矮小；叶色褪淡，下部老叶从叶尖开始呈现“V”字形黄化；中下部茎秆常带有红色或紫红色；果穗变小，缺粒严重，成熟提早，产量和品质下降。

棉花：植株生长缓慢，分枝少，叶片小，叶色褪淡；蕾、花、铃减少，单铃重减轻，籽棉产量、衣分及纤维质量均下降。

油菜：植株生长缓慢，茎秆细弱，分枝少；叶片小，叶色褪淡；茎叶呈现红色或紫红色；角果少而形短，产量和品质下降。

2. 氮素过剩症 作物氮素过多，光合作用产物——碳水化合物大量用于合成蛋白质、叶绿素及其它含氮有机化合物，而构成细胞壁所需的纤维素、木质素、果胶酸等的合成减少，以致细胞大而壁薄，组织柔软，抗病、抗倒伏能力减弱；植株贪青迟熟，籽粒不充实，导致减产和品质下降。不同作物对氮的耐性不同，所表现的症状各异，现分述如下。

水稻：植株体内含氮有机化合物合成猛增，碳水化合物消耗过多，细胞大而壁薄，含水量增加，长势过旺，引起徒长；叶面积增大，叶色加深，造成郁蔽；机械组织不发达，易倒伏，易感病虫害；结实率和千粒重下降，谷草比减小，产量降低。

麦类作物：氮过剩症状与水稻氮过剩症相似，但更易倒伏，减产尤为严重，品质变劣。

玉米：植株生长过旺，引起徒长；叶色深浓，叶面积过大，田间郁蔽严重；茎秆肥大脆嫩，易倒伏和易感病虫害；结实不良，减产明显。

棉花：植株生长过旺，分枝增加，叶面积过大，叶色加深，田间郁蔽严重；蕾铃期氮过剩，营养生长与生殖生长比例失调，结果枝节位提高，并导致严重的蕾、铃脱落；成熟期延迟，霜前花减少，籽棉衣分和棉纤维质量下降。

油菜：植株生长过旺，分枝过多，叶色加深，茎秆嫩弱，易倒伏；成熟期延迟，籽粒成熟度不整齐，含油量降低。

(二) 发生条件

1. 缺氮症的发生条件

(1) 砂质土壤、有机质贫乏的土壤及新垦滩涂等熟化程度低的土壤，易发生缺氮。

(2) 土壤肥力不匀，易发生斑块状缺氮。

(3) 不施基肥。

(4) 大量施用高碳氮比的有机肥料，如秸秆等。

2. 氮过剩症的发生条件

(1) 前茬作物施氮过多，土壤中残留大量的可溶性氮。

(2) 追肥施氮过多、过晚。

(3) 偏施氮肥，且磷钾肥配施不足。

(三) 诊断

1. 形态诊断 根据前述作物氮营养缺乏和过剩的症状可作出初步的判断。但需注意与缺硫症状的区别，作物缺硫时新叶先失绿黄化，而缺氮症状从老叶开始。

2. 土壤分析诊断 土壤中的硝态氮、铵态氮和水解性氮(1.0mol/LNaOH水解)是目前较为公认的土壤有效氮的诊断指标。对于旱地作

物，一般以硝态氮为诊断指标，对于水稻，以铵态氮为诊断指标，水解性氮对于常见的作物均可作为诊断指标。一些作物土壤有效氮的诊断指标如下：

水稻：分蘖期土壤铵态氮（以N计）的诊断指标为：低于10mg/kg为缺乏；10~20mg/kg为潜在性缺乏；20~30mg/kg为充足；高于30mg/kg为偏高或过量。同期土壤水解氮（以N计）的诊断指标为：低于100mg/kg为缺乏；100~150mg/kg为潜在性缺乏；150~200mg/kg为充足；高于200mg/kg为偏高或过量。

小麦：分蘖期至拔节期土壤速效氮（以N计）的诊断指标为：低于20mg/kg为缺乏；20~30mg/kg为潜在性缺乏；30~40mg/kg为正常；高于40mg/kg为偏高或过量。

3. 植株营养诊断 作物组织全氮含量与氮营养失调症的发生有明显的相关关系。但是，正常生长条件下不同作物、同一作物不同生育期、同一作物不同品种的含氮量均有较大的差异。因此，其氮营养失调的临界指标也有明显的不同。现将主要作物含氮量的临界指标分述如下：

水稻：分蘖期功能叶全氮量（N）低于16.0mg/g（干重，下同）为严重缺乏；16~25mg/g为缺乏；25~35mg/g为正常；35~45mg/g为偏高；高于45mg/g为过量。

小麦：拔节期功能叶全氮量（N）低于35mg/g（干重，下同）为缺乏；35~45mg/g为正常；高于45mg/g为过量。

棉花：现蕾期功能叶全氮量（N）低于35mg/g（干重，下同）为缺乏；35~45mg/g为正常；高于45mg/g为过量。初花期功能叶全氮量（N）低于25mg/g为缺乏；25~40mg/g为正常；高于40mg/g为过量。花铃期功能叶全氮量（N）低于25mg/g为缺乏；25~35mg/g为正常；高于35mg/g为过量。

油菜：抽薹期功能叶全氮量（N）低于35mg/g（干重，下同）为缺乏；36~39mg/g为正常；高于42mg/g为过量。

4. 生理生化诊断 植物叶片的叶绿素含量与其氮营养状况密切相关。作物氮营养敏感时期的叶片叶绿素含量测定可作为氮营养丰缺状况的诊断指标。据此原理，日本MINOLTA公司在20世纪80年代末