



中国小麦的生产及平衡 施肥效果和技术

国际植物营养研究所 (IPNI) 中国项目

北京办事处

联系人: 何萍 李书田

电话: 010-82108000

地址: 北京市中关村南大街12号旧主楼628室109信箱

邮编: 100081

成都办事处

联系人: 涂仕华

电话: 028-84549289

地址: 成都市静居寺路20号科源大厦714-715室

邮编: 610066

武汉办事处

联系人: 陈防

电话: 027-87510433

地址: 中国科学院武汉植物园实验楼223室

邮编: 430074

陈防 汪霄

国际植物营养研究所 (IPNI) 武汉办事处



中国小麦的生产及平衡施肥效果和技术

一、世界和中国的小麦生产简况

小麦 (Wheat), 禾本科小麦属 (Triticum), 一年生或越年生草本植物。小麦是新石器时代人类对其野生祖先进行驯化的产物, 栽培历史已有一万年以上, 一般认为起源于里海的西南部。小麦适应性强, 分布广, 用途多, 是世界上最重要的粮食作物, 其总面积、总产量及总贸易额均居粮食作物的第一位, 有 1/3 以上的世界人口以小麦为主要食粮。在中国, 小麦的地位仅次于水稻。



小麦属中有 20 多个种, 栽培最广泛的是普通小麦, 约占小麦总面积的 90%, 其次是硬粒小麦, 约占小麦总面积的 10%, 其他栽培种仅有零星种植。全世界自 67°N 至 45°S 的地域, 从低于海平面 150 米的盆地到海拔 4100 米的青藏高原都有小麦种植。主产区在北半球的 30-60°N 之间的温带地区, 南半球的 25-40°S 之间的温带也有一定面积。欧亚大陆和北美洲的小麦面积约占世界总面积的 90%, 冬小麦面积约占 3/4, 春小麦多分布在高纬度地区, 约占 1/4。二十世纪 50 年代以来, 世界小麦生产发展很快。1986 年达到 34.56 亿亩, 总产量 51944 万吨, 占谷物总产量的 1/4 以上。中国各地都有小麦种植, 其中冬小麦面积约占小麦总面积的 85%, 主要分布在长城以南的黄河、淮河和长江流域; 春小麦约占 15%, 主要分布在长城以北。2010 年我国小麦播种面积约达 3.64 亿亩, 总产量 1151.81 万吨, 平均单产 316.53 公斤/亩。

二、小麦的生长习性

冬小麦为越年生作物, 一般冬前生长营养器官, 越冬后形成生殖器官。冬

小麦全生育期较长, 但不同地区和品种的全生育期相差较大。冬、春小麦都会经历出苗、分蘖、拔节、抽穗、开花、灌浆到成熟等一系列明显的生育时期。中国南方冬麦区全生育期短的只有 120 天, 北方冬麦区全生育期长的达 270 天, 西南部高海拔地区可长达 330 天。春小麦一般全生育期为 80-120 天。冬小麦适宜的播种温度为 15-18℃, 在适宜范围内应争取早播, 播种深度 3-5 厘米, 每亩基本苗 20 万左右。春小麦经常是顶凌播种 (即在冻土融化以前播种), 播种深度 2-3 厘米, 基本苗一般高于冬小麦。冬小麦一生中总耗水量 400-600 毫米, 春小麦略低。小麦是浅根系作物, 80% 的根系分布在 0-30 厘米深度的土层内, 因此适宜种植在耕层较深厚、排水良好、富含有机质的壤土、黏壤土上。要注意整地与播种质量, 保证全苗、培育壮苗。

三、我国冬小麦栽培与养分管理中的主要问题

我国冬小麦种植中的养分管理问题主要有:

- 1、氮肥和磷肥的施用比例偏高, 而钾肥、微量元素肥料 (如锌肥)、有机肥用量偏少。
- 2、种植模式多年不变, 易受连作障碍影响。
- 3、小麦新型肥料及其配套施用技术应用较少。目前小麦种植中虽然已普遍推广施用专用复混肥、配方肥, 但是一些新型商品肥料如缓控释肥、水溶性肥和生物肥等应用面积还很小。

四、小麦的需肥规律与施肥原则和技术

一般每生产 100 公斤小麦需从土壤中吸收 N 3-3.5 公斤, P_2O_5 1-1.5 公斤, K_2O 2-4 公斤, 吸收量的比例大约是 3:1.25:3。另外, 每生产 100 公斤小麦约需吸收 Zn 9 克。小麦对养分的吸收量从苗期、分蘖期至拔节期逐渐增多, 于孕穗期达到高峰。小麦对氮肥的吸收高峰在分蘖期和拔节到孕穗期, 对磷钾肥的吸收高峰在孕穗至开花期。冬小麦营养生长阶段 (出苗、分蘖、越冬、返青、起身、拔节) 主要是保证基本苗、促蘖、增穗; 在生殖生长阶段 (孕穗、抽穗、开花、灌浆、成熟) 主要是增加粒数和粒重。因此, 在施肥上应施足基肥, 及时追肥。根据不同条件基肥用量一般占总施肥量的 70-80%, 追肥占

20-30%。一般可以把 60-70% 的氮肥和全部的磷肥、钾肥、有机肥作为基肥，其余氮肥作为追肥。对于土壤肥力较高的高产麦田可以将 50% 的氮肥作基肥，同时将春季施肥的时间后移至拔节期。中微量元素肥料可以作为基肥，也可用来拌种。例如用锌、锰肥拌种时每公斤种子可用硫酸锌 2-6 克，硫酸锰 0.5-1 克，拌种后随即播种。小麦后期营养不足时可采用根外喷肥的办法补救，一般抽穗期可以用 1-2% 的尿素或硫酸铵溶液 50 公斤 / 亩，对叶色浓绿有贪青晚熟趋势的麦田可用 0.2% 的磷酸二氢钾溶液 50 公斤 / 亩喷施 1-2 次。微量元素肥料（如锌、锰、硼肥）可在苗期和抽穗期后进行喷施 1-2 次，用量为 0.1% 浓度 50 公斤 / 亩。

小麦的施肥量要根据产量目标、肥料种类、土壤肥力、前茬作物、品种特性和气候条件等因素综合考虑（见表 1、表 2、表 3）。长江流域冬小麦区产量在 250-350 公斤 / 亩的情况下，一般各种肥料推荐用量为 N 10-15 公斤 / 亩，P₂O₅ 4-8 公斤 / 亩，K₂O 6-12 公斤 / 亩，硫酸锌 1 公斤 / 亩，钼酸铵 20 克 / 亩，水田小麦可施用硼砂 200-250 克 / 亩。在经常施磷肥的区域，磷肥比例和用量可适当降低；在南方缺钾地区和土壤上，钾肥的比例和用量可适当提高。当施用缓控释氮肥时，氮肥用量可适当减少 10-20%。

表 1 麦田土壤供氮能力与小麦推荐施氮量

土壤氮素肥力等级	土壤速效氮含量 (N 毫克 / 公斤)	小麦相对产量 (%)	推荐施氮量 (N 公斤 / 亩)
极低	< 50	< 50	> 16
低	50-80	50-65	14-16
较低	80-100	65-80	12-14
中	100-120	80-95	10-12
高	> 120	> 95	10



表 2 麦田土壤供磷能力与小麦推荐施磷量

土壤磷素肥力等级	土壤有效磷含量 (P 毫克 / 公斤)	小麦相对产量 (%)	推荐施磷量 (P ₂ O ₅ 公斤 / 亩)
极低	< 2	< 60	> 9
低	2-5	60-75	7-9
较低	5-10	75-85	5-7
中	10-15	85-95	3-5
高	> 15	> 95	3

表 3 麦田土壤供钾能力与小麦推荐施钾量

土壤钾素肥力等级	土壤速效钾含量 (K 毫克 / 公斤)	小麦相对产量 (%)	推荐施钾量 (K ₂ O 公斤 / 亩)
极低	< 40	< 40	> 10
低	40-60	40-60	8-10
较低	60-80	60-80	6-8
中	80-120	80-95	4-6
高	> 120	> 95	4

五、小麦平衡施肥效果与 4R 养分管理

2001-2010 年，国际植物营养研究所（IPNI）中国项目部在我国长江流域开展了 68 个冬小麦平衡施肥田间试验，较全面地研究了平衡施肥对冬小麦的影响和效果，建立了小麦试验数据库，并通过田间示范田、技术培训和新闻媒体等不同形式进行了大面积的技术示范和推广。这些前期的研究结果为进一步实施 IPNI 的 4R 养分管理策略和应用开发小麦养分管理专家系统（Nutrient Expert[®]）打下了良好基础。

长江流域安徽、江苏、湖北等省小麦不同养分肥效试验的统计结果表明，该地区冬小麦的平均推荐施肥量为 N-P₂O₅-K₂O = 12-7-10 公斤 / 亩，从平衡施肥处理与不同养分缺素处理的产量结果比较来看，小麦施氮平均增产 32.5%，氮肥农学效率为 9.4 公斤 / 公斤；小麦施磷平均增产 11.1%，磷肥农学效率为 8.7 公斤 / 公斤；小麦施钾平均增产 11.9%，钾肥农学效率为 6.7 公

斤/公斤。该结果说明长江流域冬小麦氮肥施用效果最好，农学效率最高，磷钾肥的效果相差不大。

目前国际植物营养研究所中国项目正在全国范围内研究开发小麦养分管理专家系统 (Nutrient Expert[®])，该系统是在遵循 4R 养分管理策略的前提下，以经过实际验证的数学模型和计算机程序为手段，以大量的自然环境背景资料和当地作物种植的关键数据为基础，充分考虑和利用土壤本身的肥力条件和养分资源、作物类型、轮作制度及肥料的种类，在作物需要时给予施肥推荐的一种作物养分管理专家系统，具有与作物反应的相关性好、操作简便、及时，价格低廉、可利用网络进行推荐施肥等优点，已在世界的许多国家和我国许多地区进行推广。

六、小麦常见缺素症状图谱

以下图文选自《小麦常见缺素症状图谱及矫正技术》

缺氮症状：

缺氮植株瘦小、直立，幼苗细弱。叶片短而窄且稍硬，叶片变淡，呈浅绿或黄绿，色泽均一，叶片由下向上变黄，尖端干枯致死，且黄叶脱落提早。



小麦缺氮植株

成熟期小麦缺氮景观

缺磷症状：

缺磷植株矮瘦，生长迟缓。苗期叶色暗绿，叶尖发焦呈紫红色，叶鞘发紫，下部叶片暗无光泽，不分蘖或少分蘖，穗小，穗上部小花不孕或空粒，千粒重低，抽穗成熟延迟。



小麦缺磷叶片典型症状

小麦缺磷植株典型症状

缺钾症状：

缺钾植株呈蓝绿色，茎秆矮小易倒伏，叶软弱下垂，叶片叶尖及边缘枯黄，叶片无斑点，症状首先出现在老叶，老叶衰弱色暗绿，而后逐渐变褐，叶脉仍呈绿色，火烧状。严重缺钾时整叶干枯。分蘖不规则，成穗少，籽粒不饱满。



小麦严重缺钾典型症状

分蘖期小麦严重缺钾景观

缺钙症状：

缺钙植株叶片呈灰色，心叶变白，幼叶往往不能展开，植株变矮或呈簇生状；严重缺钙时拔节期心叶枯萎；根短，分支根增多，根尖死亡，根毛发育不良。



小麦缺钙植株

缺钙叶（左及中）与正常叶

小麦缺钙症状

缺镁症状:

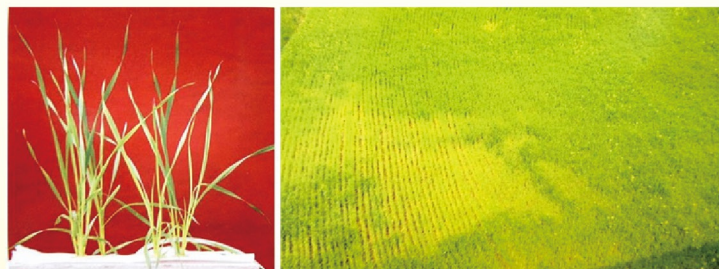
缺镁植株中下部叶脉间失绿，残留绿斑点相连成串呈念珠状。缺镁症状由老叶逐渐发展到新叶，叶片变狭变薄，严重时叶缘卷曲，叶片下坡，有时也发生坏死或枯萎；灌浆受阻，导致减产。



小麦缺镁叶片典型症状 抽穗期严重缺镁叶片症状 小麦缺镁症状

缺硫症状:

小麦缺硫全株黄化，与缺氮症状相似，但缺硫症状首先出现在新叶上，新叶比老叶症状重且不易枯干，发育延迟，严重缺硫时叶片出现褐色斑点，年幼分蘖趋向于直立。



小麦缺硫症状 拔节期小麦缺硫大田景观

缺铁症状:

小麦长期缺铁，新叶黄化，老叶仍保持绿色，叶脉间失绿，叶脉保持绿色，呈条纹花叶，越近心叶越重。严重时心叶不出，植株生长不良，矮缩，生育延迟，有的甚至不能抽穗。



小麦缺铁症状 苗期小麦缺铁症状

缺锰症状:

小麦缺锰病斑发生在叶片中部，病叶干枯后叶片卷曲或折断下垂，叶前部基本完整。缺锰早期叶片出现灰白浸润斑，新叶脉间褪绿黄化，随后变褐坏死，形成与叶脉平行的长短不一的短线状褐色斑点，叶片变薄变阔，柔软萎垂，称“褐线萎黄症”。



小麦缺锰叶片症状 缺锰叶片典型症状 缺锰植株（左）与正常植株

缺铜症状:

小麦缺铜上位叶剑叶黄化、变薄、扭曲，批垂成顶端黄化病。老叶弯曲，叶尖枯萎呈螺旋或纸捻状曲枯死。叶鞘下部现白灰斑，有时扩展成条纹，并易感染霉菌性病害，人称“白瘟病”。轻度缺铜，穗而不实称“直穗病”，严重缺铜，穗发育畸形，芒退化，麦穗大小不一或不抽穗。

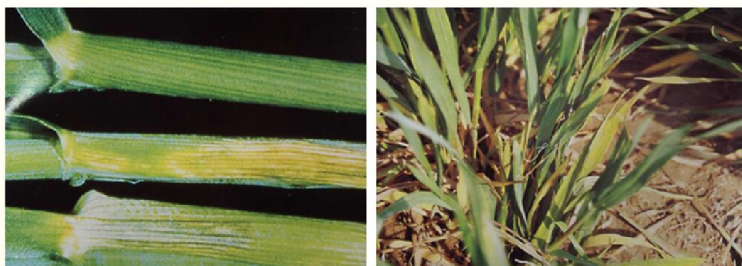


拔节期小麦严重缺铜症状

成熟期小麦严重缺铜症状

缺锌症状:

小麦缺锌苗期叶片失绿，心叶白化，中后期节间变短，植株矮小，出现小叶病，麦叶叶缘呈皱缩或扭曲状，叶脉两侧由绿变黄、发白，但边缘仍呈绿色，呈黄、白、绿三色相间的条纹带。



小麦缺锌叶鞘症状

抽穗期小麦严重缺锌症状

缺硼症状:

小麦缺硼时植株矮小，上部心叶叶色暗绿或呈紫色，叶片变小，稍硬，顶芽枯死，叶鞘会成紫褐色。分蘖不正常，有时边抽穗边分蘖，有时不抽穗或者只开花不结实。



小麦缺硼植株

小麦严重缺硼顶端症状

小麦缺硼(右)与施硼比较

缺钼症状:

小麦缺钼首先发生在叶片前部，叶色褪绿，接着在心叶下部的全展叶上，沿叶脉平行出现细小的、黄白色的斑点，并逐渐地连成线状、片状，最后使叶片的前部干枯，严重的整叶干枯。



小麦缺钼叶片症状

小麦严重缺钼症状

缺氮症状:

小麦缺氮生长不良，叶片失绿发黄，叶形变小，叶缘萎蔫，出现生理性叶斑病。根伸长强烈受阻，根细而短，侧根少，尖端凋萎。严重缺氮时导致根和茎部病害，全株萎蔫。



小麦缺氮叶片症状

小麦严重缺氮症状

