



# 肥料施用与农产品营养品质形成

徐阳春 教授

[ycxu@njau.edu.cn](mailto:ycxu@njau.edu.cn)

南京农业大学资源与环境学院





# 央视新闻：被化肥喂瘦的耕地



**瓜不甜、菜不香、果无味**

**朱兆良院士：我国化肥用量是40年前的55倍**

**韩长斌部长：园艺作物占40%；粮棉油40%；绿化及其它20%**

**2015年，中国成为全球化肥用量最高的国家，是全球平均用量的3.4倍、非洲的27倍**



**化肥：养分浓度高；省力、见效**



**适量：产量和品质提高；瓜更甜、果更香**

**过量：作物倒伏、病虫害增加，农药增加，品质下降**



**感受：**“增加化肥用量不增加产量”甚至“化肥用得越多，产量越低”

**乱象：**农产品重金属严重超标、品质恶化、卖难、效益低；

不愿栽-不愿管-不愿卖-不愿买

**警钟：**粮食安全、食品安全、国民经济可持续发展

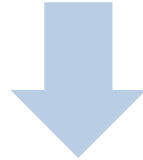
**化肥：农民用之成瘾，耕地也会成瘾，但耕地退化后，难以维持其高生产力**







**住在城里的人：买虫眼多的菜、个头小的果**



**想当然地认为：这是没有用过化肥和农药；**

**只有吃“有机食品”才是安全的**

**化肥被妖魔化**

**新冠疫情后，联合国发现全球近6.9亿人（占8.9%）处于饥饿（2020.7）**

**除此之外，还可能有8300万~1.32亿人营养不良**

**粮食安全（供应量和品质）与肥料息息相关**

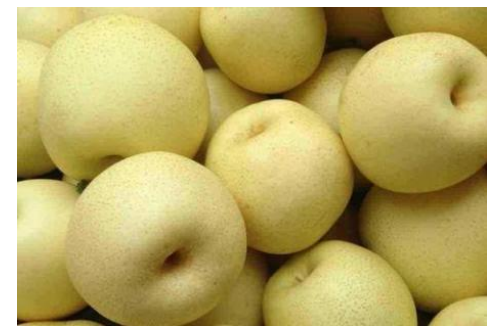
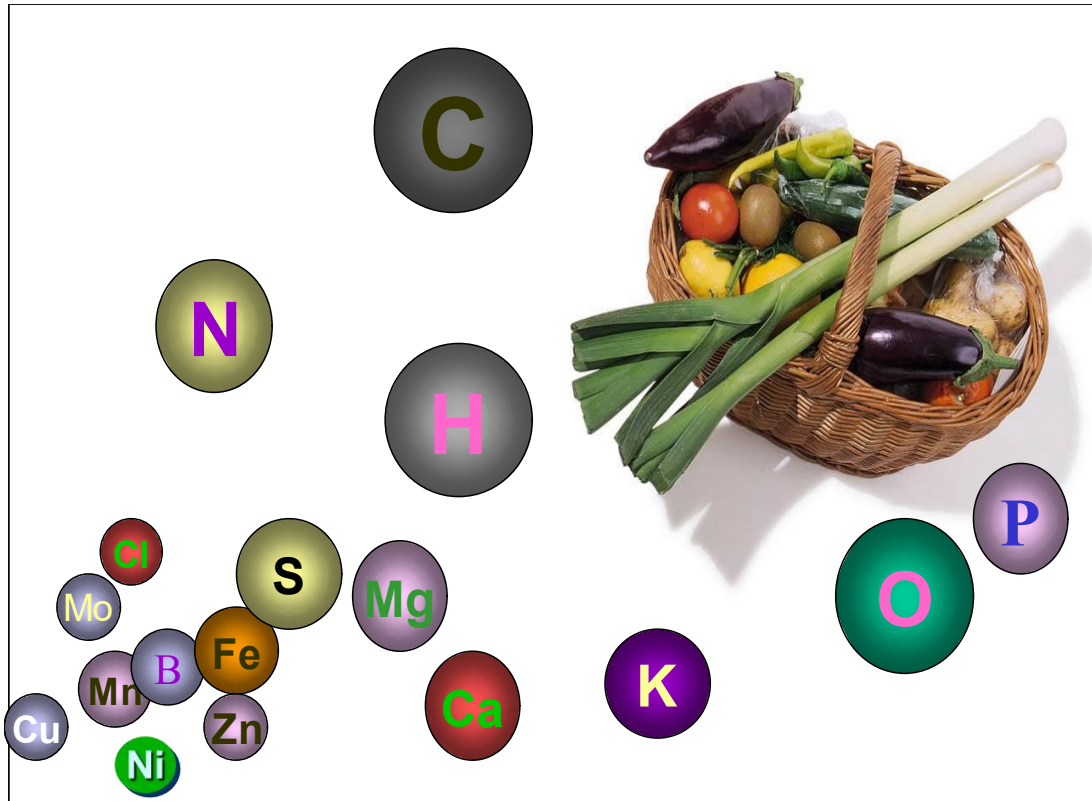




# 提 纲

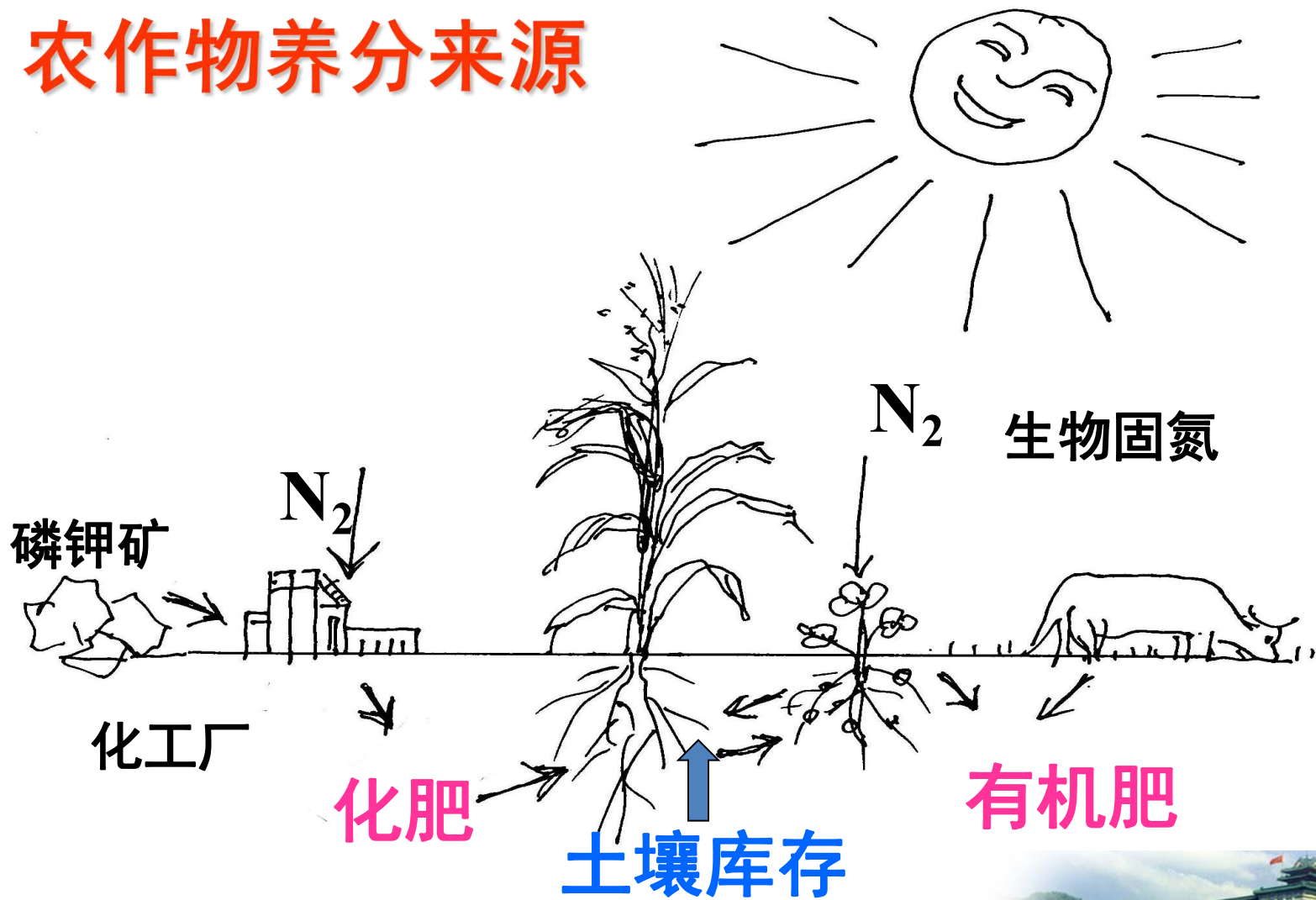
- 一 农作物需要哪些矿质营养?
- 二 矿质营养如何影响农作物的品质?
- 三 施用有机肥与化肥的注意事项有哪些?







# 农作物养分来源



肥料是作物的  
粮食！



庄稼一枝花，  
全靠粪当家



# 每个元素有其独有的功能，不可相互替代

- 氮-生命元素（蛋白质）
- 磷-能量元素（DNA、ATP,长根、种子）
- 钾-品质元素（抗逆元素，长果、肉）
- 钙-骨骼元素（细胞壁，长皮、根）
- 镁-叶绿素元素（抗逆元素，长叶）

## 全面供应营养 平衡施肥

- 硼-生殖元素（开花、授粉、授精，长花）
- 锌-生长元素（根尖等，长头）
- 铁-叶绿元素（长绿）
- 硅-抗逆元素（抗病虫、抗旱、抗盐等）

# 植物缺这些元素就会生病

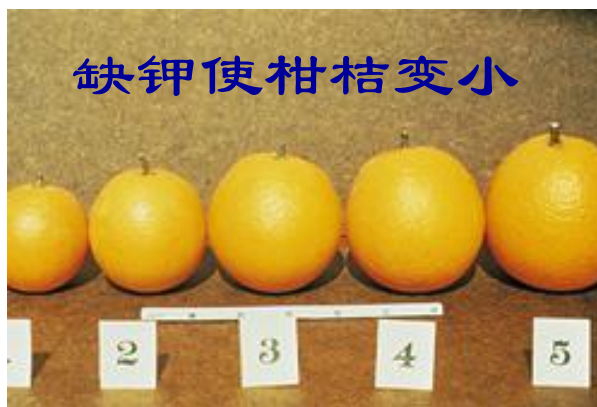
快打农药!



玉米缺铁症状



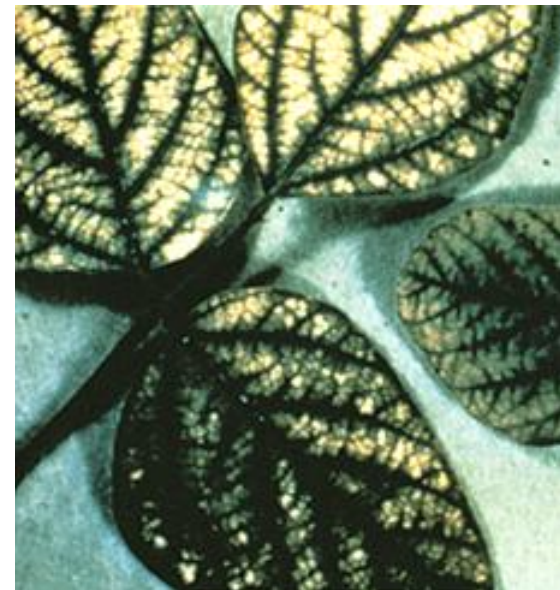
葡萄缺镁症状



缺钾使柑桔变小



水稻缺硅症状



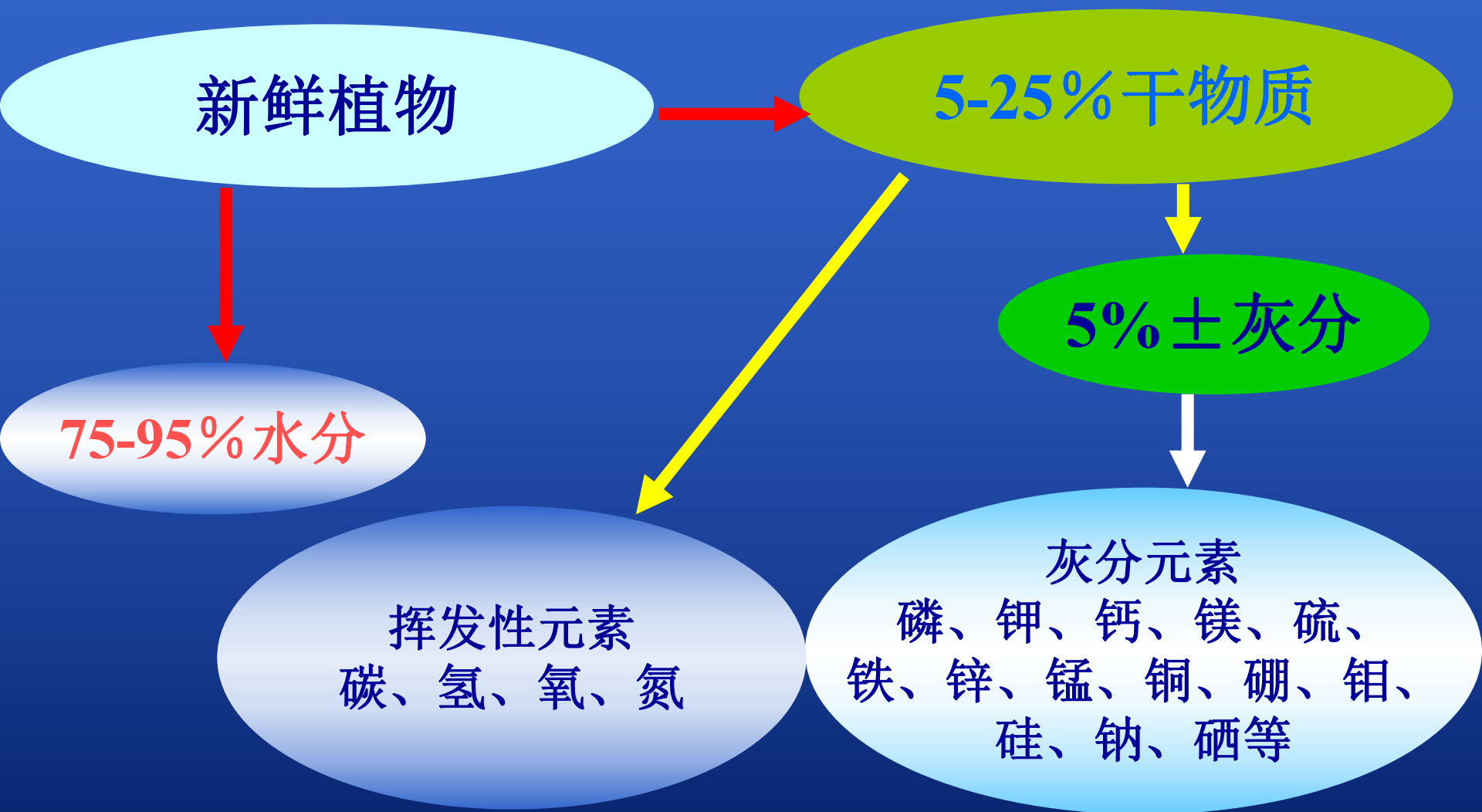
大豆缺锰导致叶脉间坏死



苹果缺钙引起的苦痘病

“生理缺素症”

# 植物的组成



# 植物的组成成分:

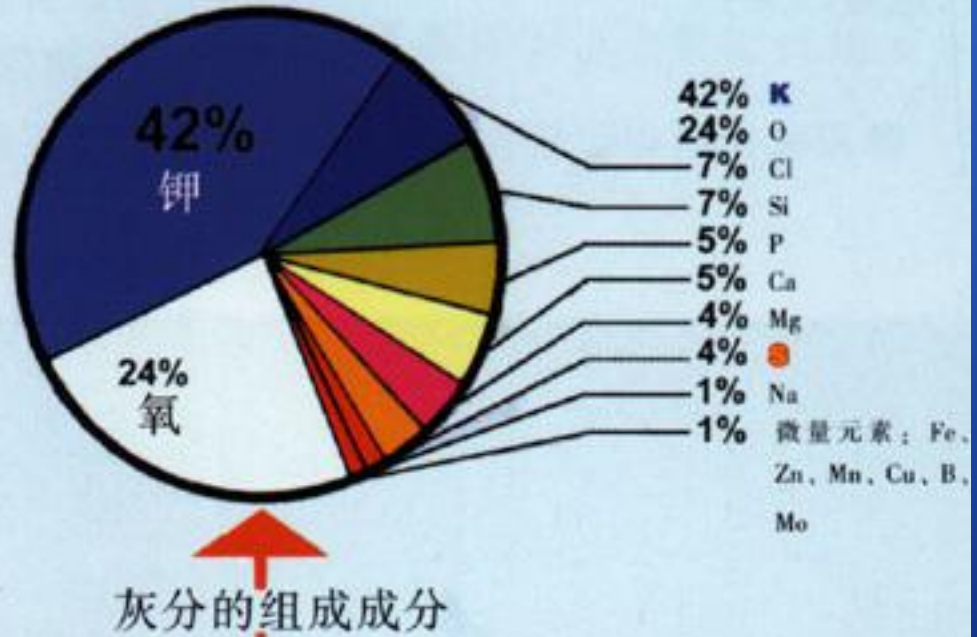
必需营养元素  
非必需营养元素  
有益元素  
其它元素



## 干物质组成成分:

- 30% 粗纤维
- 12% 蛋白质
- 48% 无氮浸出物
- 4% 脂肪

6% 灰分



# 农业八字宪法：土肥水种密保管工

## 必需营养元素的来源

碳和氧来自空气中的二氧化碳  
氢和氧来自水

其它营养元素几乎全部是来自土壤。  
由此可见，  
土壤不仅是植物生长的介质，  
也是植物所需矿质养分的主要储库。





# 提 纲

- 一 农作物需要哪些矿质营养?
- 二 矿质营养如何影响农作物的品质?
- 三 施用有机肥与化肥的注意事项有哪些?

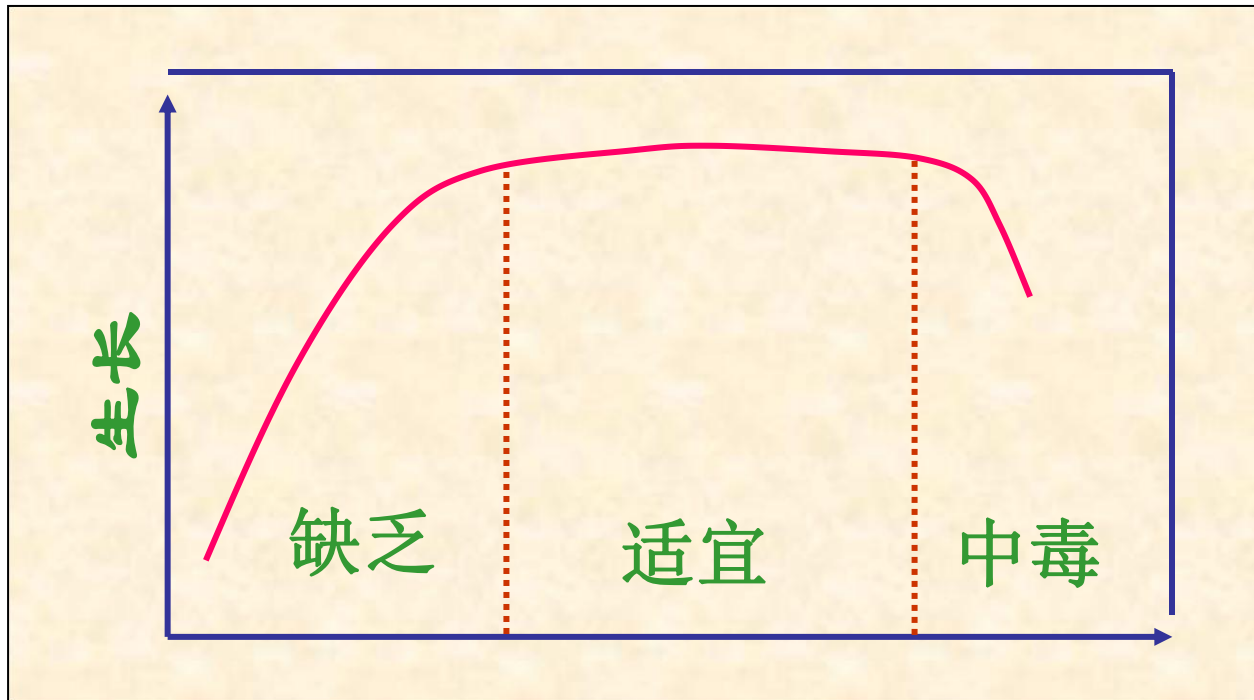


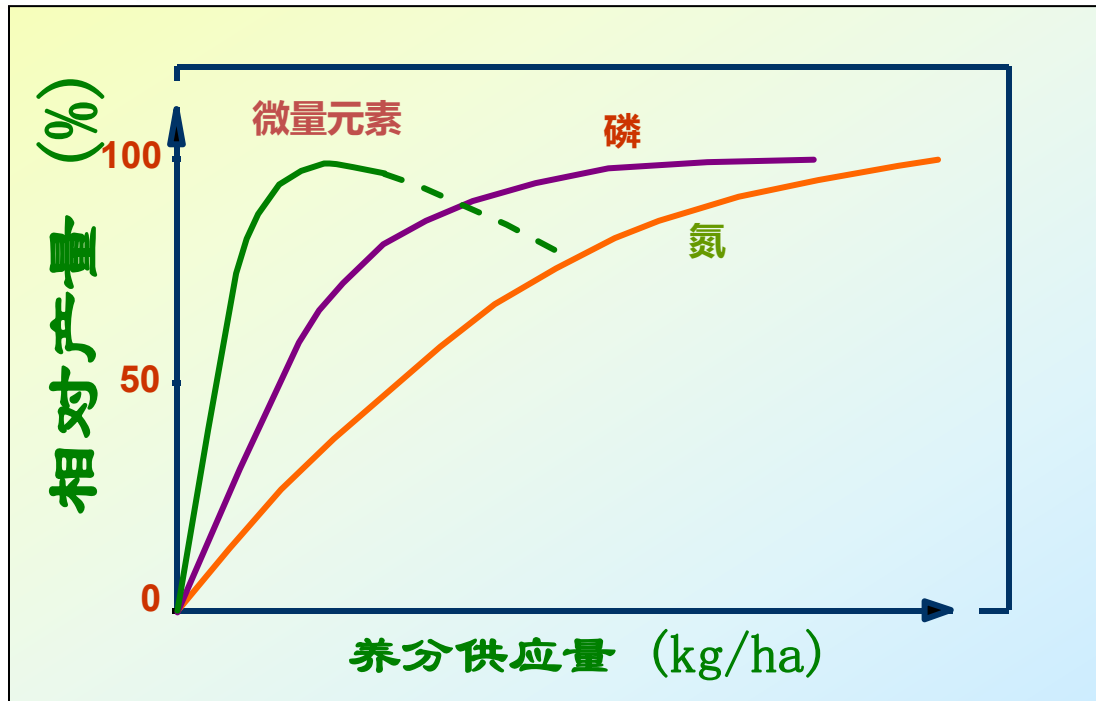




## 二、矿质营养与农作物生长的关系

### (一) 养分供应与农作物生长的关系





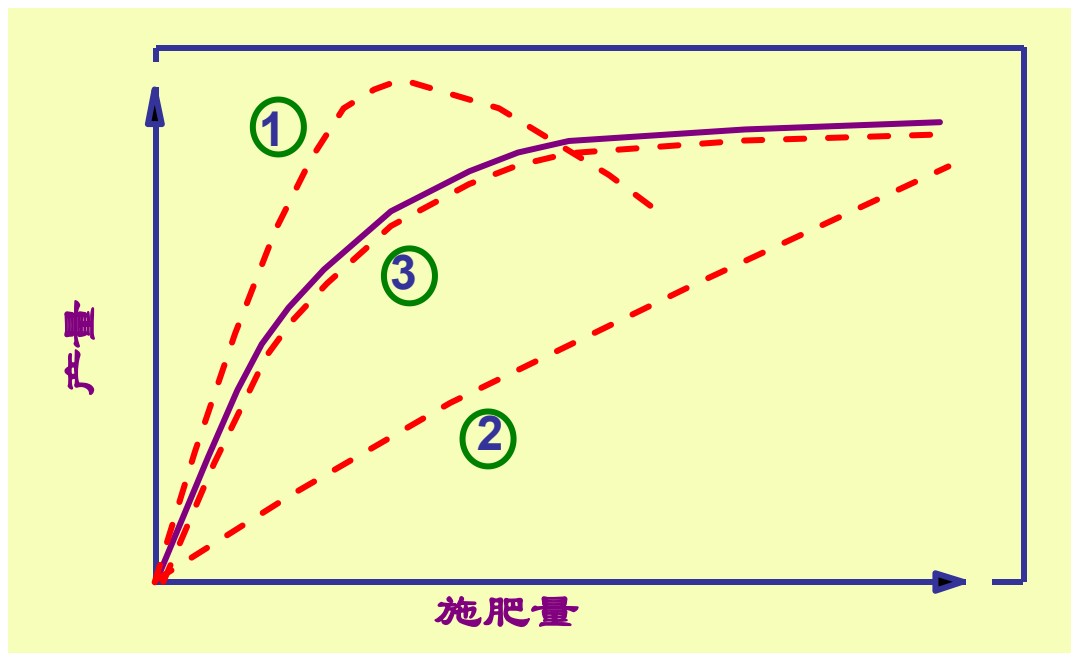
氮、磷和微量元素的产量效应曲线

1. 在达到最高产量之前，随矿质养分供应量增加，作物生长率和产量以报酬递减的形式增加。
2. 根据Mitscherlich学说，单一矿质养分的效应曲线为渐近线，当一种矿质养分的供应量增加到超过植物生长的最大需要量时，其它的养分就可能变成限制因子了。



## (二) 产量与品质的要求

- **最好的品质和最高的产量不一定同步，通常最好的品质是在达到最高产量之前获得的。**



收获物产量和品质效应曲线示意图

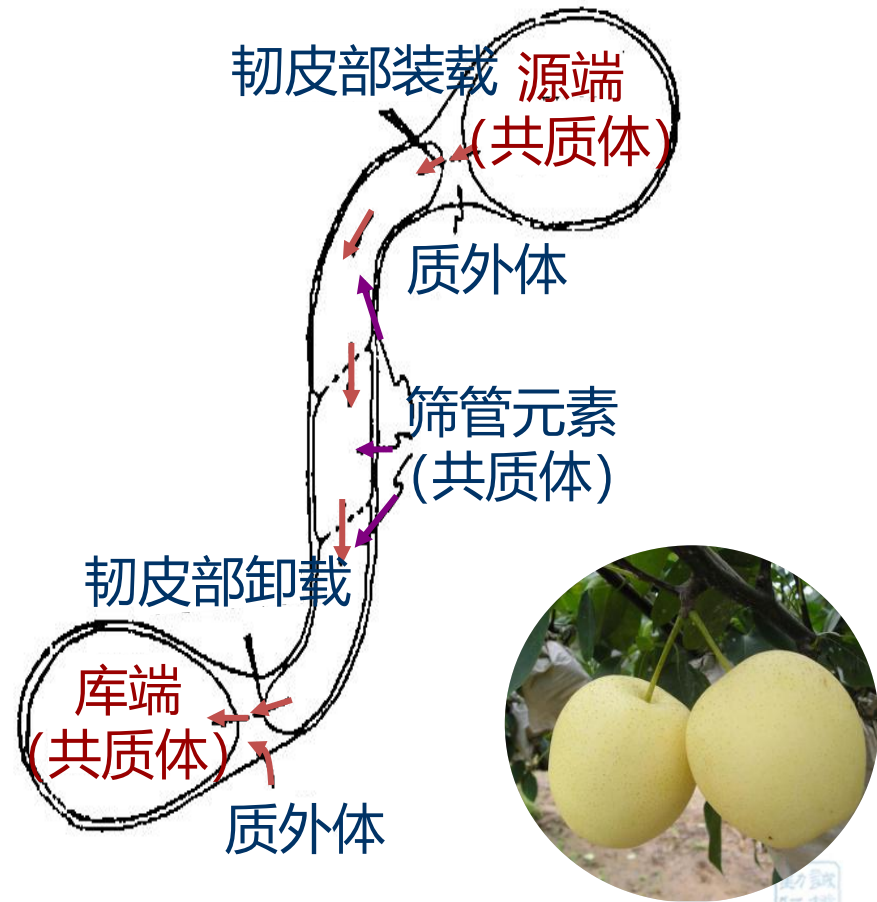
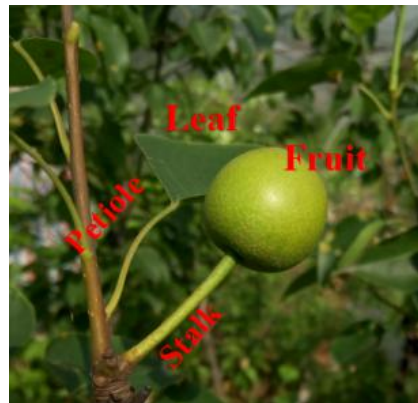
产量 (干物质重量) —————

品质 (糖、蛋白质和矿物质含量) ······



### (三) 库-源关系与产量

- ✓ 植物体内进行光合作用或能合成有机物质为其它器官提供营养的部位称之为**源**（如成熟的绿色叶片），而把消耗或储存部位称之为**库**（如根、茎、生长顶端和果实等）。
- ✓ 植物体内，同化产物和其它物质常常进行着**从源到库**的运输。



物质从源到库运输的图示



# 氮肥与品质的关系

- 供应充足的氮是获得甜菜高产的保证，但后期供氮过多则会导致叶片徒长。
- 产品中的 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{NO}_2^-$ 含量是近年来引人注意的主要品质指标。氮肥施用量过大是造成叶菜类植物体硝酸盐含量大幅度增加的主要原因。





## 氮肥用量对油菜籽含油量的影响

施氮量 ( g/ 盆)	籽粒产量 ( g/ 盆)	粒重 ( mg )	含油量 ( % )
0.2	6.6	1.8	21.2
0.4	7.7	2.2	21.5
0.8	5.6	3.3	41.8





## 苹果供应不同量的氮素 (Cheng Lailiang, Cornell University)



8.8

26.4

52.7

105.4 g/tree

- 外观品质 (着色均匀、果个均匀、不过大亦不过小)、表面光洁
- 内在品质 (含糖量高、风味浓、耐藏性优)
- 过量施氮、过少施氮均对外观品质和内在品质有较大的影响
- 适宜施氮不仅可以减少化肥使用量, 而且可以提高品质





## (二) 磷肥与品质的关系

与植物产品品质有关的含磷化合物有无机磷酸盐、磷酸脂、植酸、磷蛋白和核蛋白等。

增施磷肥对作物品质有如下作用：

- 1、提高产品中总磷量；
- 2、增加作物绿色部分的粗蛋白质含量；
- 3、促进蔗糖、淀粉和脂肪的合成；
- 4、使蔬菜上市表观，果实大小，耐贮运，味道特性等都有所改善。





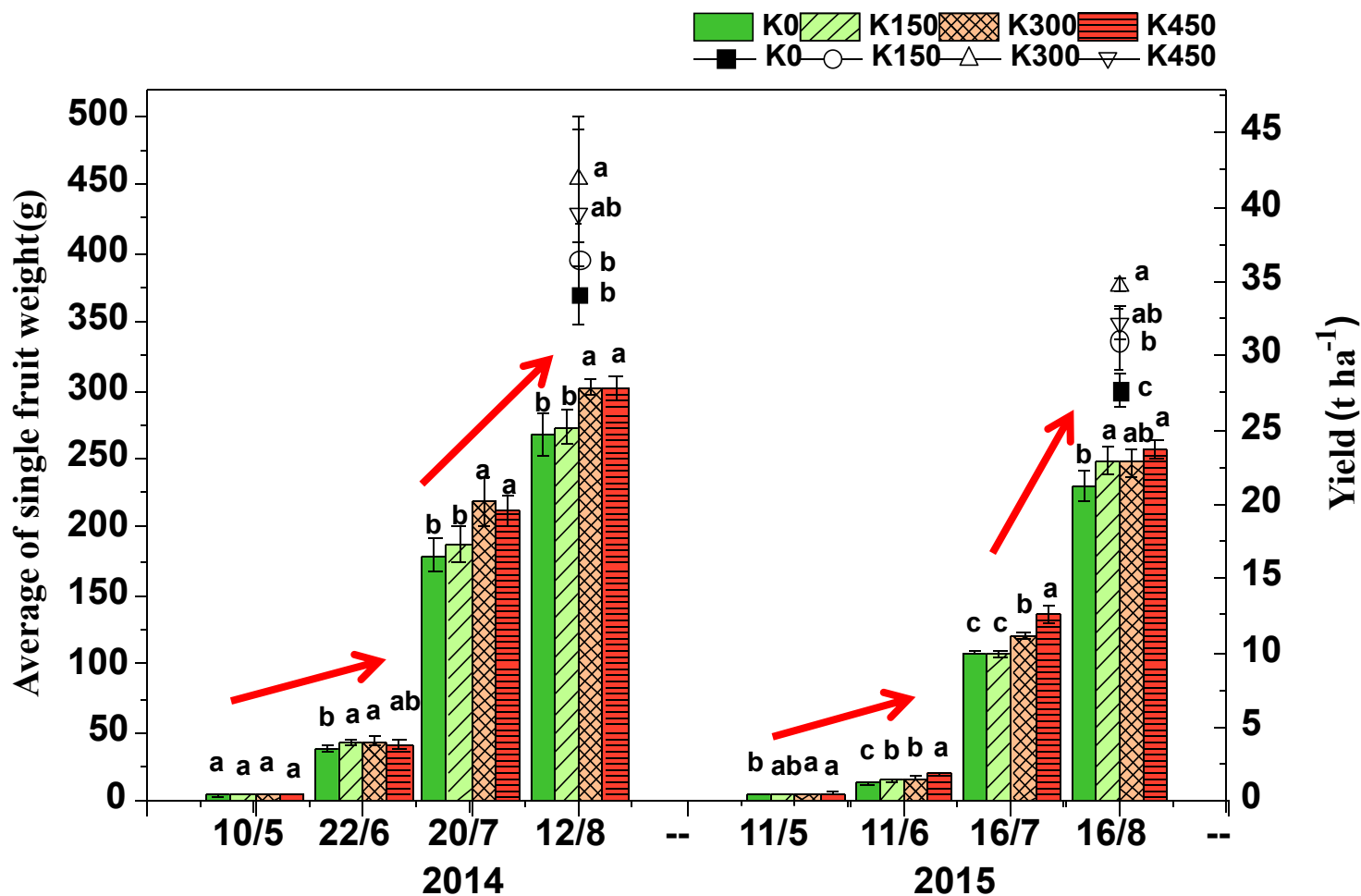


## **(三) 钾肥与品质的关系 (钾—品质元素)**

- 1、增加禾谷类作物籽粒中蛋白质和必需氨基酸的含量；**
- 2、促进豆科作物根系生长，使根瘤数增多，固氮作用增强；**
- 3、有利于蔗糖、淀粉和脂肪的积累；**
- 4、提高棉花产量，促进棉绒成熟，增加纤维长度，还能提高棉籽含油量；**
- 5、改善烟叶的颜色、光洁度、弹性、味道和燃烧性能，减少烟草尼古丁的含量和烟叶中草酸的含量。**

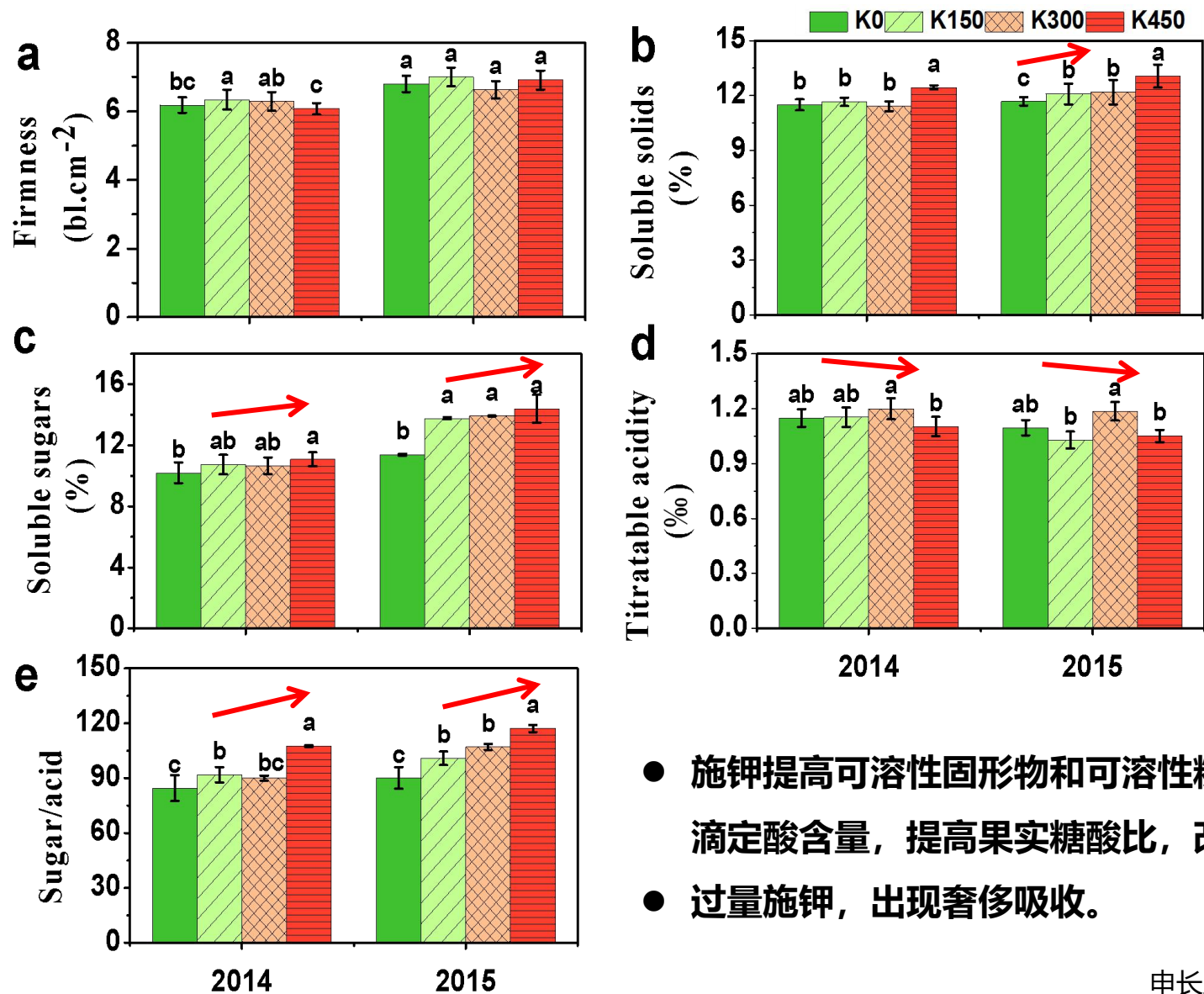


# 施钾对黄冠梨果实单果重及产量的影响



- 施钾提高了果实的单果重，增加了产量，300kgK<sub>2</sub>O/ha处理下产量最高；过量施钾，产量不增加。

# 施钾对果实品质指标的影响

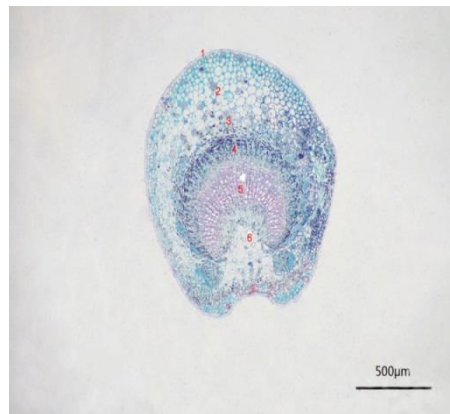


- 施钾提高可溶性固形物和可溶性糖含量，降低可滴定酸含量，提高果实糖酸比，改善果实品质。
- 过量施钾，出现奢侈吸收。

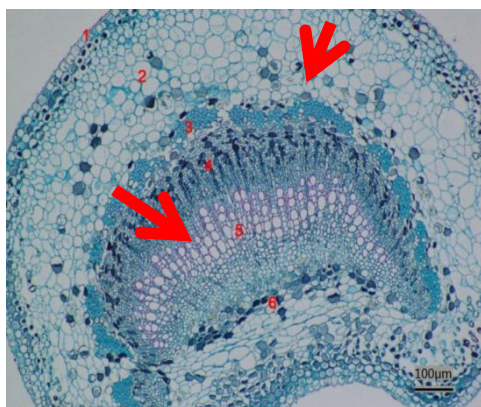
# 叶柄显微结构



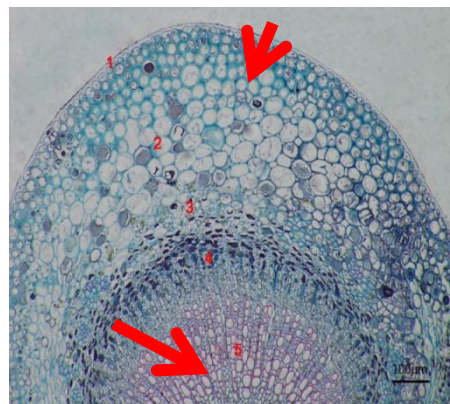
低K 叶柄全部结构 ×40



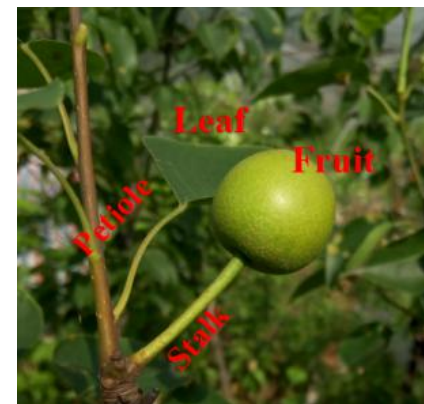
高K 叶柄全部结构 ×40



低K 叶柄部分结构 ×100



高K 叶柄部分结构 ×100

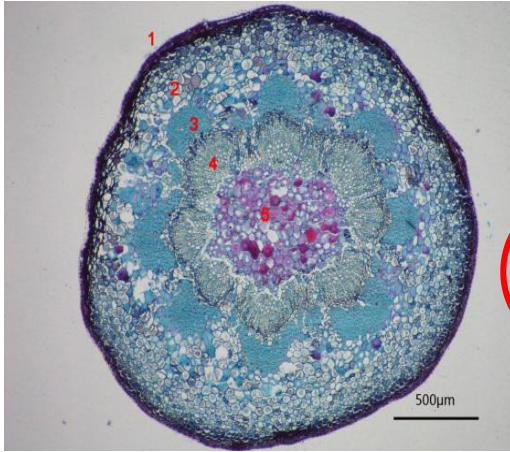


注:

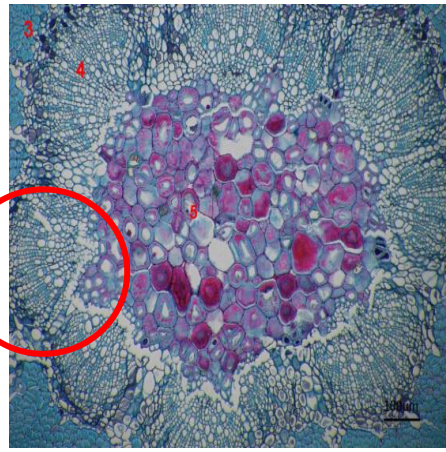
- 1: 表皮细胞;
- 2: 皮层细胞 (薄壁细胞);
- 3: 韧皮纤维;
- 4: 韧皮部;
- 5: 木质部;
- 6: 髓

- 施钾促进叶柄直径的增粗，促进导管的发育，增加皮层细胞的厚度，有利于光合产物从源（叶片）到库（果实）的运输与卸载。

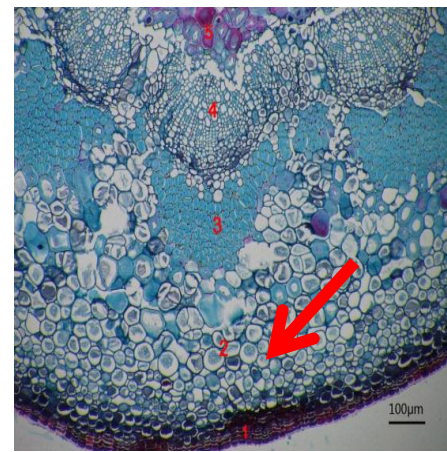
# 果柄显微结构



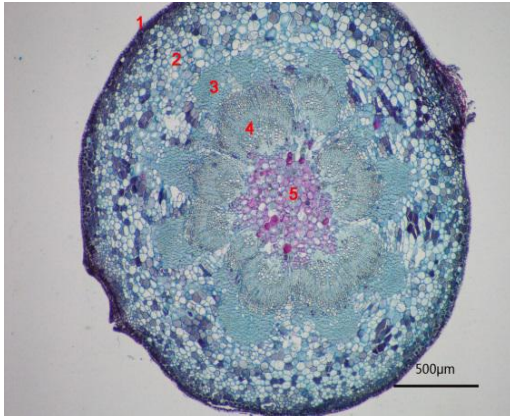
低K 果柄全部结构 ×40



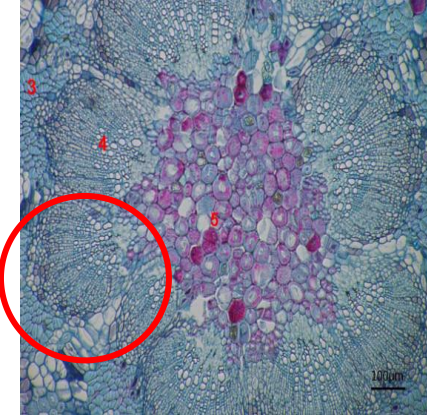
低K 果柄部分结构 ×100



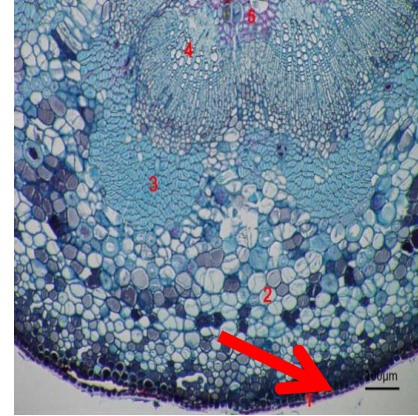
低K 果柄部分结构 ×100



高K 果柄全部结构 ×40



高K 果柄部分结构 ×100

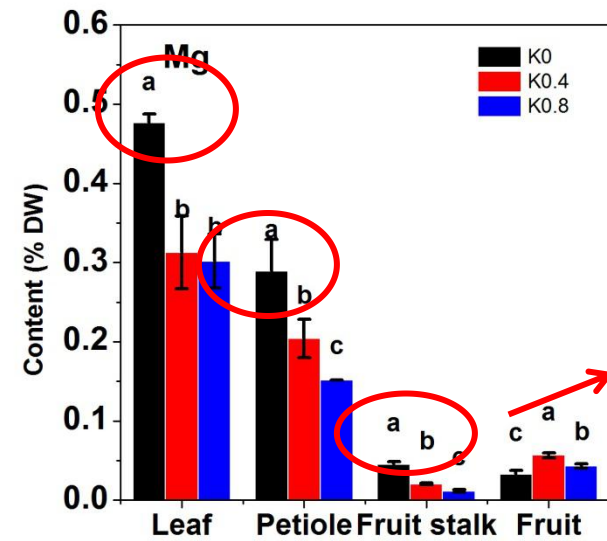
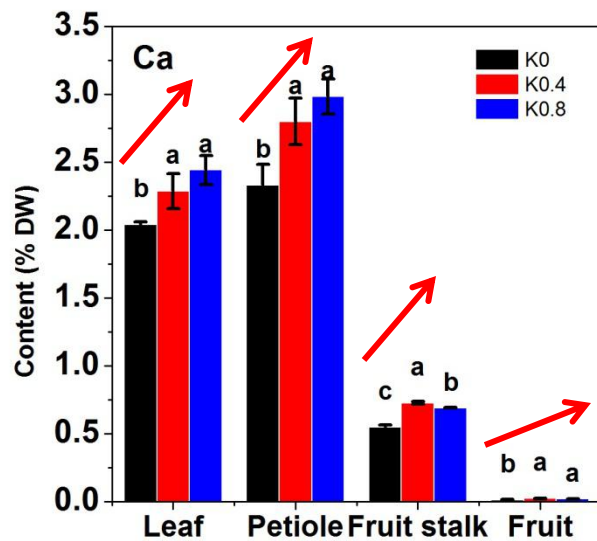
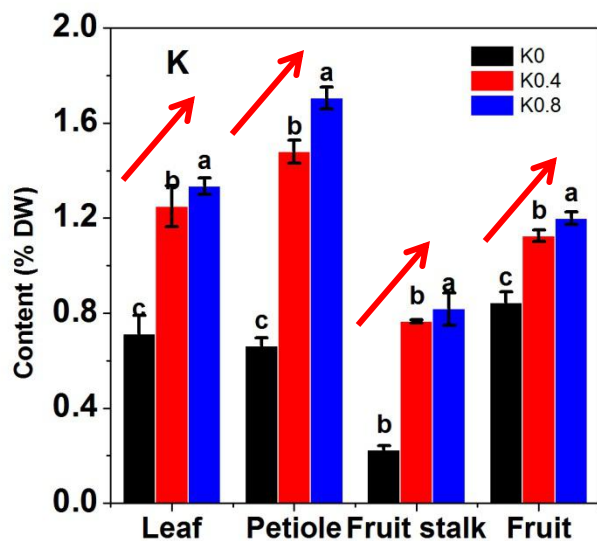


高K 果柄部分结构 ×100

- 注：  
1: 周皮；  
2: 基本组织  
(薄壁细胞)；  
3: 韧皮纤维；  
4: 维管束；  
5: 髓

- 施钾促进果柄直径的增粗，增加维管束和基本组织的厚度，降低周皮的厚度，有利于有利于光合产物从源（叶片）到库（果实）的运输与卸载。

# 施钾对叶片、叶柄、果柄和果实矿质养分变化的影响

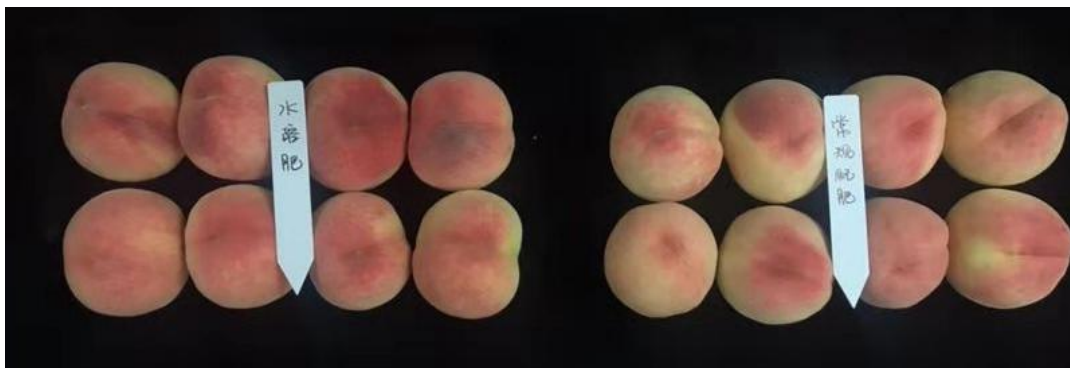


- 施钾 (K) 提高了叶片、叶柄、果实和果柄的K和Ca含量
- 施钾 (K) 抑制了叶片中Mg含量的提高, 但促进果实Mg含量的增加
- K, Ca, Mg之间存在明显的拮抗作用, 施肥时务必注意。



- 调节不同时期肥料中**氮磷钾**比例，加施一次含腐植酸的液体肥，桃外观、品质都有极大改善。

2019年



2020年



- 外观品质：果形好；着色好
- 内在品质：可固提高

江苏 新沂





- 氮磷钾肥料配合得当，苹果外观品质、内在品质都得到显著提升



习惯施肥



平衡施肥







## (四) 钙、镁、硫与品质的关系

**钙：**钙既是细胞膜的组分，又是果胶质的组分。缺钙不仅会增加细胞膜透性，也会是细胞壁交联解体。番茄、辣椒、西瓜等出现脐腐病，苹果出现苦痘病和水心病等。施钙可增加牧草含钙量，提高其对牲畜的营养价值；提高植物食品的含钙量可以促进人体健康。





**镁：**施用镁肥提高植物产品含镁量，能够提高叶绿素、胡萝卜素和碳水化合物的含量，同时防治人畜缺镁症（如动物痉挛症）。

**硫：**硫是合成含硫氨基酸如胱氨酸、半胱氨酸和甲硫氨酸必不可少的。缺硫会降低蛋白质的生物学价值和食用价值。



福建农林科技大学 郭九信 提供（蜜柚缺镁）





## (五) 微量元素与品质的关系

**铁：**绿色叶片（如菠菜）和粮食中的铁是人体中铁的重要来源。缺铁可引起贫血、脑神经系统疾病等。



- ✓ 禾丰铁
- ✓ 康朴液铁
- ✓ 糖醇铁
- ✓ 硫酸亚铁

- 施铁肥种类及方式均影响铁的吸收





## (五) 微量元素与品质的关系

**锰：**施用锰肥能够提高维生素（如胡萝卜素、维生素C）含量，防止裂籽、提高种子含油量。

**铜：**铜对于提高植物产品蛋白质及有关物质的含量有积极的作用。

**锌：**缺锌使植物成熟期推迟；偏食或食物中含锌量低常引起儿童食欲不振、生长发育受阻。

**硼：**硼对植物体内碳水化合物运输有重要影响，适量施硼可提高蔗糖产量。

**钼：**钼能促进固氮作用，施钼可增加豆科作物含氮量，提高蛋白质含量。





# 西洋梨



凹陷皮下果肉及果心木栓化



西洋梨果肉维管组织木栓化



# 秋月梨



# 钙硼问题





## 黄冠梨“鸡爪病”发病原因探讨

- (1) **土壤有效钙含量**：果面褐斑病和顶腐病等均发生在石灰性土壤梨园，有效钙含量均较高，一般不是导致发病的直接原因。
- (2) **钙运输受限**：果实顶部钙含量低于果实底部——**直接因素（内因）**

王文辉等 (2010)

香梨**果顶**Ca含量最低，N/Ca和K/Ca比值最高

关军峰等 (2006)

黄冠梨发病果Ca含量低，**果皮**中钙含量低、钾含量高；大果发病重，小果轻，中等果居中

王迎涛等 (2011)

**果皮**钙形态与发病关系密切



## 间接因素（外因）：

(1) **气候因素**：近成熟期气温突然降低（如降水引起）时，黄冠梨果面褐斑病发生严重（有时从采摘到发病仅几个小时）——河北辛集

(2) **膨大剂使用**：近成熟期发病——抹膨大剂黄冠梨比不抹膨大剂梨果面褐斑病发生率高——甘肃兰州

(3) **套袋**：套袋果与未套袋果钙含量相近（关军锋等，2006）；水溶性钙、果胶钙、磷酸钙含量与褐斑病发生负相关，草酸钙呈正相关（王迎涛等，2011）

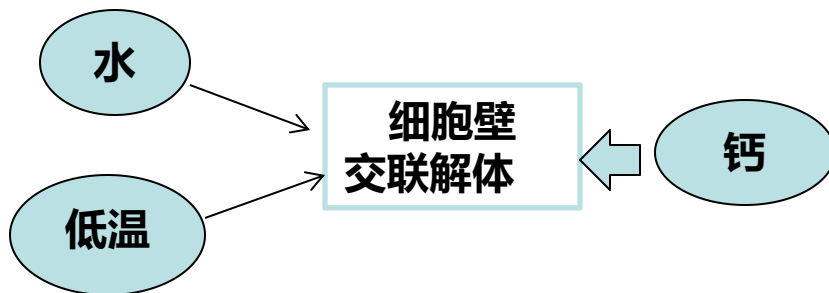
(4) **施肥**





## 来自生产实践的例子：

1. 河北：7月下旬、8月上旬黄冠梨采收之前，如果超过35℃的气温持续2-3天或更多，之后连续降雨2-3天、降温，则一定会出现鸡爪病；降温幅度越大，发病率越高；果实个头越大，发病率越高；
2. 一般从降温日开始，3天内开始发病；生草栽培、秸秆覆盖田块发病低；



三者都可以引起细胞壁破裂，  
细胞内容物外流，导致细胞死亡  
钙的作用：稳定细胞膜；增强抗逆性；  
稳固细胞壁；延长果蔬货架期等

**思考：有利于钙向果实、果实顶端运输的因素？**







## 影响钙向果实、果实顶端运输的因素：

1. 与无机钙相比，螯合钙效果比较好（王迎涛；李红旭）
2. 在幼果期和膨大期补钙效果比单次效果好；
3. 膨大剂（主要成分是GA）的使用；
4. 矮壮素（控制枝条生长，有利于钙向果实运输）；
5. 土壤因素：增加土壤有机质含量，增强土壤缓冲能力；
6. 施肥：氮钙、钾钙之间存在拮抗作用，适量补充，不可过量

**关注：钙源及有关生产措施如膨大剂的使用**





	果肉 Flesh		果皮 Peel	
	肩部	顶部	肩部	顶部
	The stalk-end	The calyx-end	The stalk-end	The calyx-end
可溶性糖	-0.583*		—	
可滴定酸	0.329		—	
糖/酸	-0.415		—	
Ca	-0.555*	-0.458	-0.641**	-0.634*
K	0.473	0.46	0.445	0.640*
Mg	-0.474	-0.386	-0.482	-0.477
P	0.500	0.392	0.559*	0.412
B	-0.268	-0.443	-0.414	-0.400

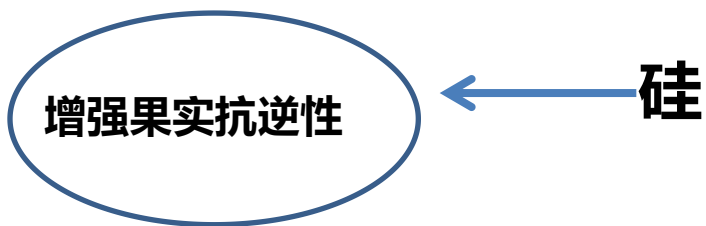
- 提高果皮钙含量、降低钾与磷含量或对果面褐斑病的发生有较好的防治
- 钾钙拮抗作用，降低钾肥施用





## 补钙的效果明显

喷施糖醇钙和康朴液钙可有效改善黄冠梨果实品质。喷施4次钙肥可有效降低黄冠梨果面褐斑病，其中喷施糖醇钙对降低褐斑病的效果最显著，提高果实品质和果皮钙含量、降低钾与磷含量或对果面褐斑病有较好的防治。





## (六) 矿质营养与种子活力和品质的关系

- 籽粒中**养分的缺乏**会降低种子活力和后代生存的潜力。
- **氮**能提高母体生殖细胞数量，从而提高产量，但氮过多又会延迟成熟，降低种子活力。
- 含**钾**量低的种子不仅发芽率低，而且种子寿命短。
- 缺**锌**延迟种子成熟。
- 缺**硼**使种子出现“空心病”和“腐心病”。
- 缺**锰**出现“裂籽病”。
- 缺**氮**、缺**硫**改变了豆科作物种子中氨基酸的组成和蛋白质的合成，从而降低动物及人类食物的营养价值。





# 提 纲

- 一 农作物需要哪些矿质营养?
- 二 矿质营养如何影响农作物的品质?
- 三 施用有机肥与化肥的注意事项有哪些?





## 肥料 (Fertilizer)

以提供作物养分为主要功用和部分兼有改善土壤性质的物料。  
分为化学（无机）肥料和有机肥料两大类。





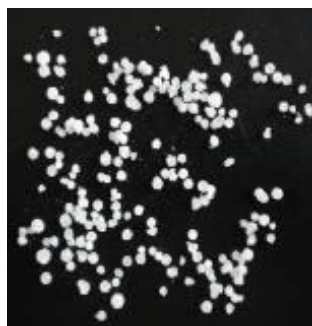
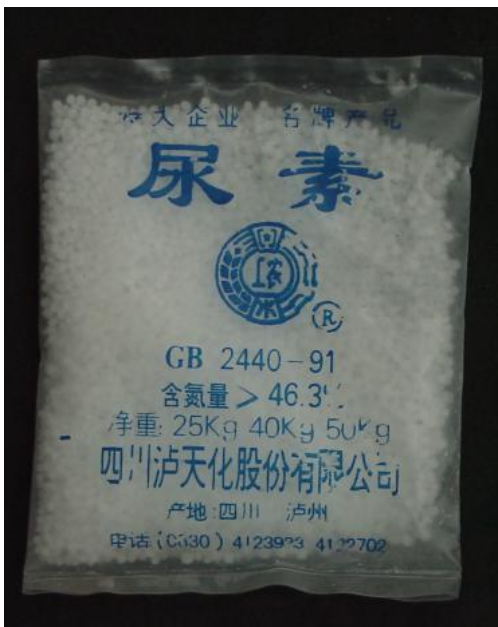
## 各自特点:

**有机肥料:** 养分释放速度**慢**, 肥效**长**, 提高土壤肥力

—— “**中药**”

**无机肥料:** **化学肥料**; 养分释放速度**快**, 肥效**短**, 直接吸收

—— “**西药**”





# 化学肥料分类

根据

肥料中营养元素种类

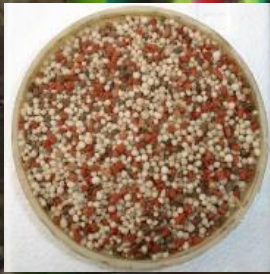
肥料水溶液pH值

肥料对土壤pH值影响

肥效快慢









## **(一) 常用有机肥的种类有哪些?**

- I. 农家肥 (动物粪便)**
- II. 商品有机肥 (粪肥、秸秆)**
- III. 生物有机肥 (核心: 功能微生物)**
- IV. 全元生物有机肥 (功能微生物+养分)**

注意: 市场上关于 (生物) 有机肥的宣传五花八门





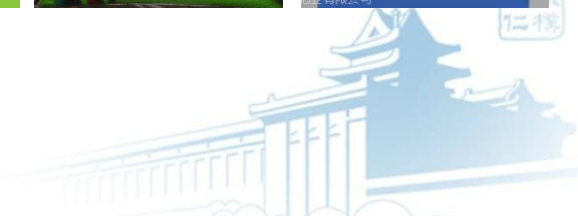
1. 农家肥，就是常说的猪粪、牛粪、鸡粪等粪肥；其特点是有机质含量低、重金属（如镉、砷）含量高、抗生素残留，使用增加了安全隐患；
2. 商品有机肥，经工厂化生产的、有微生物参与发酵的过程
3. 猪粪、鸡粪等商品有机肥：仍然存在上述重金属（如镉、砷）含量高、抗生素残留的安全隐患。
4. 秸秆生产的有机肥是用作物的秸秆生产的，与各种粪肥有机肥的制作原料不同。
5. 全元生物有机肥：功能微生物+养分





## (二) 有机肥和化肥的特点是什么？

- (1) 化肥中氮磷钾含量高，肥效快，但持续时间短
- (2) 有机肥正好相反，养分种类多，含量低，肥效长
- (3) 有机肥是土壤微生物生活的能源，有机肥与化肥混用能提高微生物的活性





## **(三) 施肥对土壤的影响，简单说来，包括：**

### **化肥：**

- (1) 土壤酸化、板结，结构破坏
- (2) 有机质分解加速，生物肥力降低
- (3) 有的养分元素有效性降低

### **有机肥：**

- (1) 培肥土壤，增加土壤有机质，改善土壤结构
- (2) 提高土壤生物肥力
- (3) 增加中微量元素含量





## **(四) 农业生产中的化肥和有机肥的正确做法是：**

- 1. 不能不靠化肥**，因为化肥是作物的粮食，不用化肥就不能保证我国的粮食安全
- 2. 不能全靠化肥**
  - 养分含量高，释放快，缺乏后劲
  - 化肥过量施用，会造成养分不平衡
  - 过多氮肥会引起病虫害增加、大量农药使用，土壤综合生产力下降
- 3. 不能全靠有机肥**：养分含量低，其主要功能是培肥地力
- 4. 有机无机肥料配合施用，长短相济，弥补各自缺点**





## (五) 有机肥的施用量和注意事项

### 施用方法

1. 主要用作底肥
2. 结合当地土壤情况和施肥习惯，可撒施、穴施、条施、沟施
3. 应均匀地拌于土壤中，做到与土壤融为一体

### 推进施肥机械化

## (六) 提倡有机-无机复混肥





谢谢

