

有机肥用量的确定

涂仕华

四川省农业科学院土壤肥料研究所

有机肥用量推荐举例

➤ <https://zhidao.baidu.com/question/303402705500330724.html> (2019)

有机肥用量：果树盛果期基肥5,000-10,000 kg/亩，即1kg果2kg肥；大田作物 1000-1500 kg/亩，贫瘠地 2000- 3000 kg/亩。

➤ <https://www.pig66.com/zhongzhi/xx/sucai/2018/0602/16844583.html> (2019)

叶类蔬菜：50-100 kg/亩；瓜类蔬菜 畜禽粪便有机肥300-500 kg/亩，秸秆有机肥 700-900 kg/亩；豆类蔬菜 畜禽粪便有机肥100-150 kg/亩，秸秆有机肥 200-400 kg/亩。

➤ 《四川省2018-2020年主要作物科学施肥技术指导方案》中推荐有机肥用量：

粮油作物(玉米、小麦、马铃薯、油菜)：1000~1500 kg/亩+秸秆还田量 200~300 kg/亩；水稻 100~200 kg/亩+秸秆直接还田量 200~400 kg/亩。

果树：柑橘 2-4方/亩；梨树、枇杷、葡萄 2000-3000kg/亩；猕猴桃 2500-4000kg/亩。

蔬菜：辣椒 1000-2000kg/亩；大白1000-3500kg/亩；萝卜1000-2500kg/亩。

为什么施用有机肥 — 潜在功能？

- **培肥**

- 提高土壤物理肥力: 改善土壤结构、消除板结、改善通透性: 促进作物根系生长和分布。
- 提高土壤化学肥力: 调节pH, 增加养分+CEC, 提高土壤肥、水保蓄/缓冲能力以及作物抗旱/寒能力。
- 提高土壤生物肥力: 改善土壤微生物群落结构, 丰富有益微生物种群, 促进土壤养分良性循环和作物高效利用。

- **营养(有机替代)**

- 直接营养: 提供多种养分(大中微量元素), 其中的N、P养分以缓效为主。
- 间接营养: 提高养分有效性, 能络合一些中、微量元素, 增加其生物有效性和作物吸收利用; 含生物刺激素和微量生长激素, 促进作物生长。

- **抗病**

- (含益生菌)抑制作物土传病害。
- 作物健壮, 抵抗病虫害及不良环境能力增强。

促进作生长, 提高抗性, 增加产量和改善品质

一、土壤培肥的有机肥用量

— 以碳(C)为核心, 提高土壤有机质为目的

新垦耕地生土熟化, 中低产改良培肥, 高标准农田建设土壤培肥。有人提出用量计算如下:

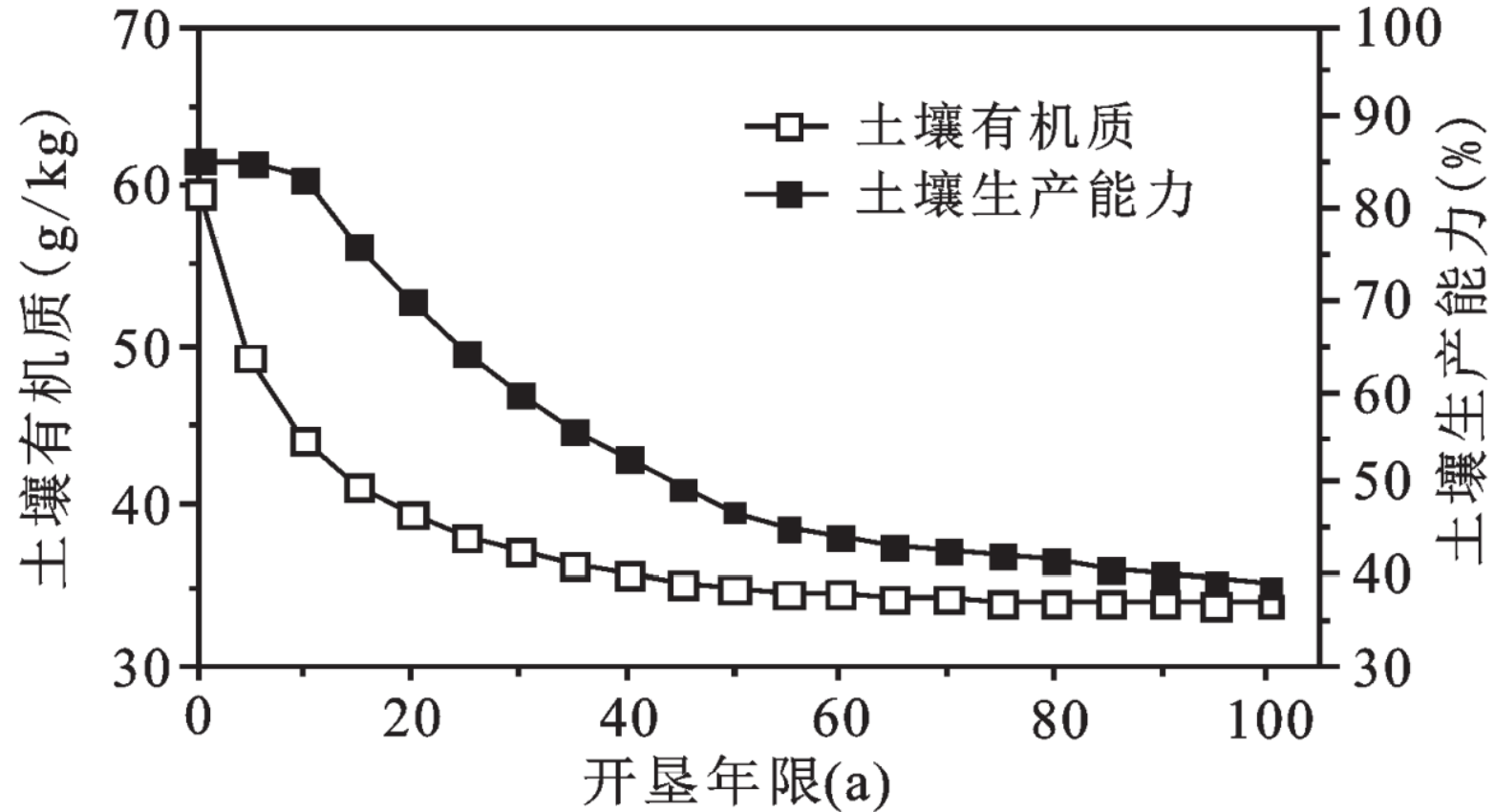
假定新增有机肥第一年矿化率约75%, 土壤有机质年矿化率5%, 耕层厚度20cm, 土壤容重 1.3g/cm^3 , 耕层土壤总中约173.4t/亩。假定初始土壤有机质1.5%(即15g/kg或2.6t/亩), 有机肥含有机质45%, 则维持或逐年递增土壤有机质达到以下含量指标所需要的有机肥用量(t/亩)为:

表1 土壤培肥有机肥用量(干基)计算

年份	土壤有机质含量指标 (%)			
	1.5	3.0	5.0	8.0
第1年有机肥用量 (t/年)	1.16	18.49	41.6	76.27
第2年有机肥用量 (t/年)	1.16	2.32	3.85	6.16

1.5%计算: 土壤有机质含量=173.4 t×1.5% = 2.6t; 第1年消耗量=2.6t×5% = 0.13t; 需补充有机肥量:0.13t ÷ 25% ÷ 45% = 1.16t

土壤有机质演化与可维持的稳定值:以东北黑土为例



中国东北黑土地研究进展与展望(韩晓增,李娜. 地理科学,2018)

计算土壤培肥有机肥/物料的方法存在问题

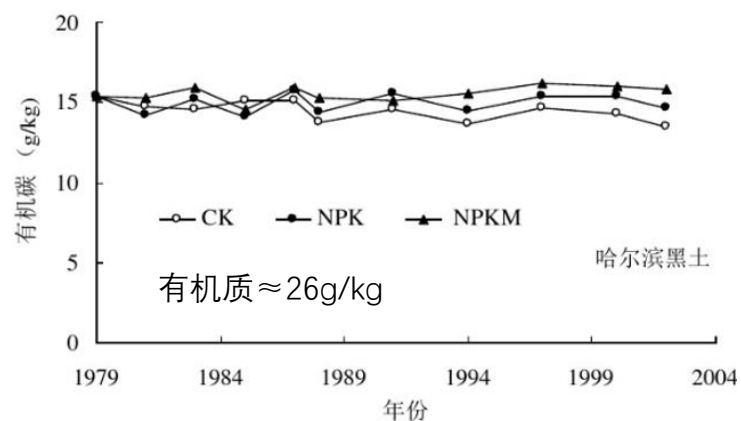
1. 有机肥含量指标由NY525-2012的45%降为NY 525-2021的30%，影响有机肥投入量的准确计算。
 2. 忽略了植物根系、残茬、落叶与根系分泌物的投入。
 - (1) 根系。主要作物根:冠比 水稻约为0.2-0.25,小麦0.13-0.17,玉米0.17-0.22(因品种、施肥、土壤、气候而变), 因此水稻亩产500kg的根系约200-250kg,玉米500kg根系约190-240kg,小麦400kg根系约110-140kg。
 - (2) 收获时留下的稻/麦/玉米桩等。水稻留桩约15cm,小麦约15cm,玉米约5-10cm; +落叶。
 - (3) 根系分泌物。约占光合作用总碳的17%。
- 作物(一年两熟)每年投入土壤的残留物估计约 500-800kg/亩或更多。

3. 影响土壤有机质累积和矿化的因素

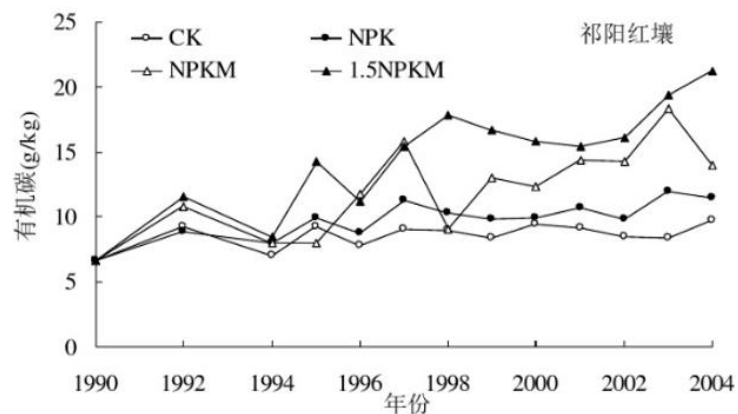
表2 影响土壤有机质累积的主要因素

因素	土壤有机质持续累积	土壤有机质持续分解
水分	水生 长淹水(冬水田)/沼泽>水旱轮作	旱作 灌溉/频繁干湿交替>雨养
温度(Q ₁₀)	低温: 温带、高寒地区 低温: 低纬度高海拔(适宜作物生长)	高温: 热带(非洲OM<1%)、亚热带 高温: 植物最佳生长高温地区
养分	有效N, P, S充足	有效N, P, S缺乏/不足
pH	酸性土壤 pH<6.0, 特别pH<5.5	碱性土壤 pH>7.0, 酸性土改良
扰动	免耕/保护性耕作	频繁翻耕
有无起爆作用	无: 添加完全腐熟含C高的有机肥, 或N肥 无: 长期保持高水分状态	有: 施用新鲜易分解有机物 有: 间歇性干湿交替

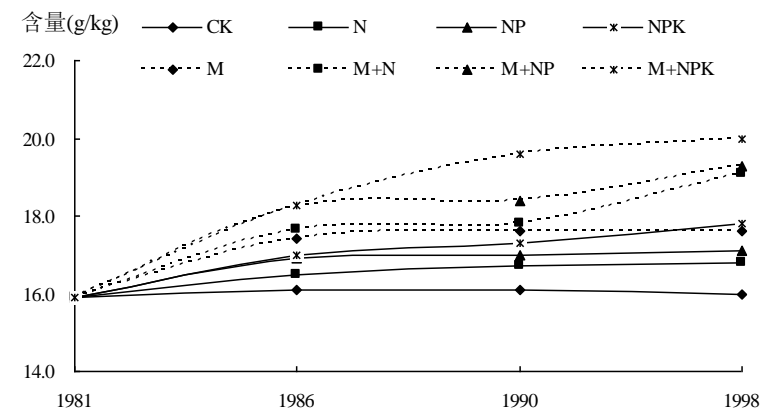
国内土壤有机质的变化趋势



东北黑土定位试验土壤有机C变化



湖南红壤稻麦轮作定位试验土壤有机C变化

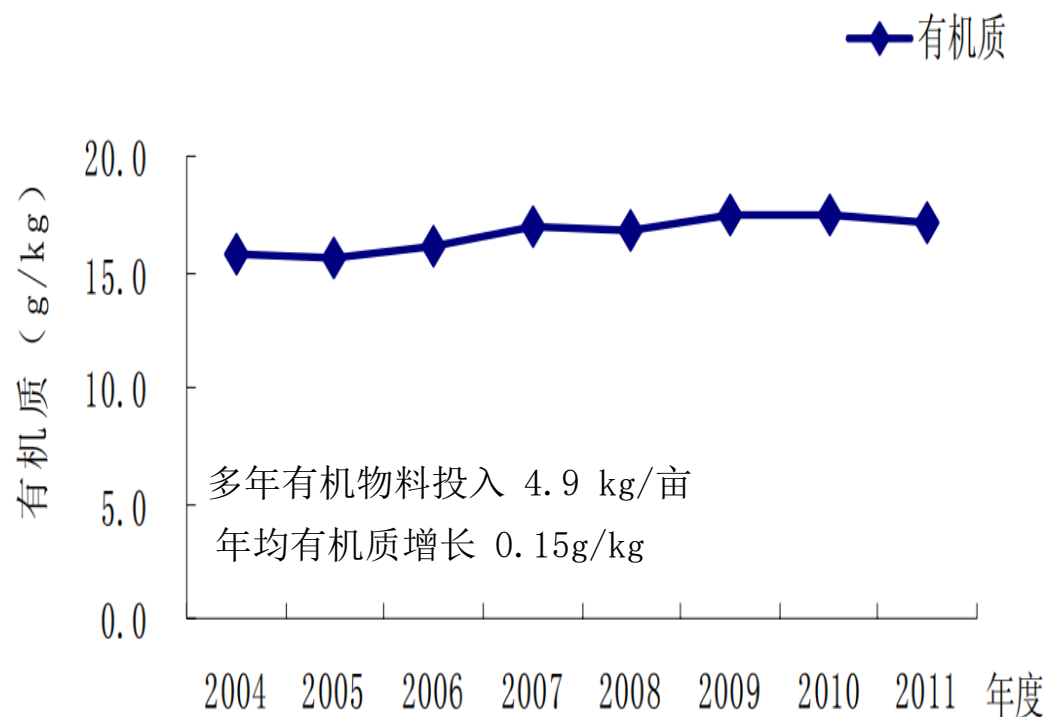


四川紫色土稻麦轮作定位试验土壤有机质变化

资料来源, 徐明岗(2017); 涂仕华(2012)

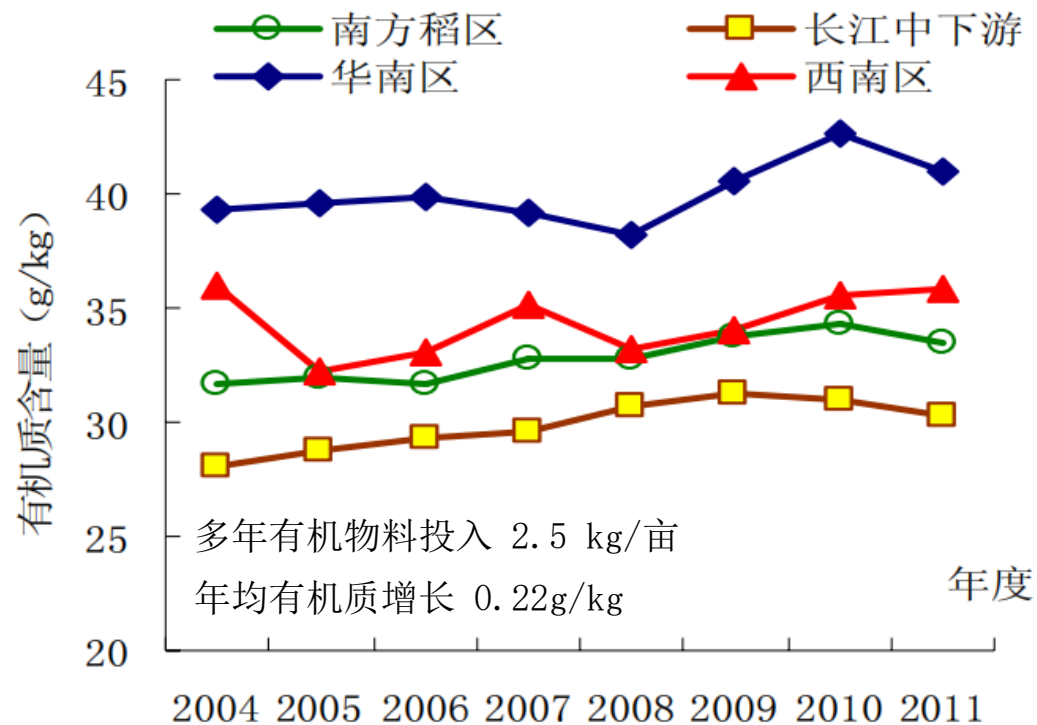
长期定位实验研究：旱地连续19年施用NPK未改变土壤有机碳含量, 而南方水旱轮作稻田连续32年和41年施用NPK土壤有机碳持续增加。说明平衡施用NPK可使旱地土壤有机质保持稳定, 稻田持续增加。

我国主要麦区和稻区土壤有机质和增长率变化



中国北方冬小麦区土壤有机质含量变化趋势

资料来源: 全国农业技术推广服务中心, 等 (2012)



中国南方稻区土壤有机质变化趋势

表 3 四川不同土壤和主要种植制度土壤有机质含量 (2006-1010)

种植制度	有机质 (g/kg)	排序	种植制度	有机质 (g/kg)	排序
冬水稻田	43.38	1	菜园	24.24	9
稻-烟	34.15	2	茶园	24.18	10
稻-菜	32.50	3	麦-玉/豆	17.65	11
稻-油/麦	27.36	4	果园	17.16	12
稻-再生稻	25.14	5	麦-玉/薯	14.04	13
菜-玉米	24.28	7	麦-薯	11.42	14

资料来源: 四川省农业厅土肥处, 等(2012)

表4 四川主要烟区土壤有机质与环境条件的关系

植烟区	有机质平均值 (g/kg)	环境条件
广元	15~18	碱性土(pH>7.5), 烟区海拔低大多500-900m, 年均温16~16.5 °C
攀枝花	22~24	土壤pH 6.5~7.5, 海拔1000~2000 m, 年均温16°C _{最低} ~ 29°C _{最高} 。
泸州	24.6	土壤pH >7.0, 海拔900-1100m
	28.6	土壤pH 6.5~7.0, 海拔900-1100m
	24.5	土壤pH 5.5~6.5, 海拔900-1100m
	25.1	土壤pH 5.0~5.5, 海拔900-1100m
	26.5	土壤pH <5.0, 海拔900-1100m
宜宾	33.24	海拔多位于 355~1350 m(土壤OM随着海拔的升高而升高)
凉山州	26	河谷区: 海拔<1200m@年均温>18°C
	30	低山平坝区: 海拔<1200~1800m @年均温14~18°C
	36	中山山地区: 海拔1800~2500m@年均温14~16°C

土壤培肥中有机肥用量确定

1. 有机质含量与容重的关系: $y = 3.32e^{-0.047x} + 5.67$, y为pH, x为土壤有机质g/kg
2. 耕作层厚度: 15cm, **≠20cm** (常规耕作≈15cm, 旋耕≈13cm (主要耕作方式), 深耕20~25cm)
3. 新增有机肥/有机物料第一年腐殖化率:
 - ✓ 旱地秸秆类≈ 0.20~0.3, 腐熟有机肥≈ 0.50;
 - ✓ 水旱轮作田 秸秆类≈ 0.30~0.40, 腐熟有机肥≈ 0.50-0.60。
4. 土壤腐殖质年矿化率:
 - ✓ 旱地非石灰性农田土壤 5%-7%, 石灰性农田土壤(pH>7.5) 6% - 9%, 热带潮湿土壤15%-20%;
 - ✓ 水旱轮作田: 4%-5%。
5. 作物每年投入土壤的残留物估计约 500-800kg/亩或更多。

土壤培肥中有机肥用量确定

1. 土壤有机质总量(kg/亩) = 耕层土壤质量(kg/亩) × 土壤有机质%

式中, 耕层土壤质量(kg/亩) = 土壤容重(g/cm³) × 耕层厚度(cm) × 667m² ÷ 1000

土壤容重(g/cm³) ∝ 土壤有机质(g/kg)

土壤有机质年矿化量(kg/亩) = 土壤有机质总量(kg/亩) × 年矿化率(%)

> 0, 盈余(增加)

2. 土壤有机质盈亏: 投入量(I) - 矿化量(M) = 0, 平衡

< 0, 亏损(降低)

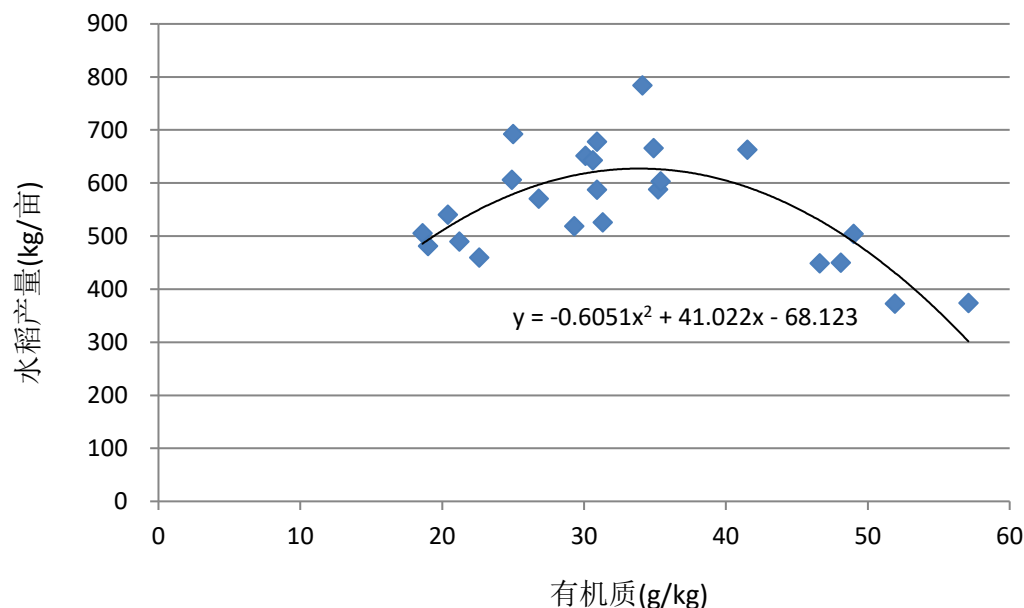
3. 维持平衡投入量, 即 I = M。[M(kg) ÷ 有机肥(物)腐殖化系数 ÷ 有机肥(物)中有机质含量(%)] - [(作物根、茬 + 分泌物) × 腐殖化系数]。作物产量 > 中高水平, 土壤有机质 < 2.5% 时处于平衡(盈余)状态。

4. 增加土壤有机质: I - M > 0 或 I > M, 即投入量 > 矿化量。假定土壤有机质处于平衡状态, 欲增加土壤有机质 1%, 则需投入有机肥(I) > 1500 ÷ 腐殖化系数 ÷ 有机质含量 ÷ 有机肥_(干重%) > 1500 ÷ 0.55_{腐殖化系数} ÷ 0.45_{有机质含量} ÷ 0.75_{25%水分} > 8000kg/亩

冬水稻田—中低产田, 能用有机肥培肥吗?

冬水田

冬水田有机肥—在我省川东南冬水田地区, 当土壤有机质>35g/kg, 施用有机肥不但增产, 还可能减产。



四川省丘陵区水稻土有机质含量与水稻产量的相关分析

资料来源: 四川省农科院土肥所(2017)

冬水田常见问题与养分管理

问题: 坐蔸、产量低

原因: 未/半解有机物多, Eh低, 还原性物质含量高(产生毒害), 栽秧后土水温低诱导缺素(P、K、Zn, 等), 抑制分蘖

措施: 避免施用未腐熟有机物, 特别是大量稻草还田, 或C/N比高的有机肥; 施用低C/N比完全腐熟有机肥(100-150kg/亩)和充足速效N、P、K、Zn肥(测土)—产生“起爆”作用, 增加土壤有机物腐解和养分释放。

二、有机肥作为养分施用-部分替代化肥

- 以氮(N)为核心, 作物高产优质为目的, 减少化肥用量

施用原则: 有机-无机肥配合施用。

用量确定: 根据土壤特点和作物需肥特性, 经过多年多点田间试验, 获得作物高产优质有机肥N用量或有机肥对化肥N的替代量/比例。

有机肥用量和施用时期应相对严格掌握, 因为有机肥N以缓效为主,

- (1) 整个作物生长过程都提供N, 过量会影响某些作物成熟、淀粉累积和果实甜度等;
- (2) 不具有化肥N的速效性和对作物的快速促长作用, 不能替代化肥作为分蘖肥、玉米攻苞肥、果实膨大肥等施用。

下面将与大家分享近年来一些作物有机肥N替代比例的研究结果(%):

1. 烟草有机肥N替代比例 <20%

表5 烟草有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
烟草(云南)	10	原政, 等(2022), 江西农业学报
烟草(云南)	20	农传江, 等(2020), 中国土壤与肥料
烟草(河南)	25	郝浩浩, 等(2021), 安徽农业科学
烟草(湖南)	10-30	刘魁, 等(2022), 湖南农业科学
烟草(广东)	15	卢钰升, 等(2020), 中国农学通报
烟草(安徽)	25	陈油鸿, 等(2020), 安徽农业科学

为了后期快速落黄,有机肥N占总施N量的20%左右,过高品质下降; 以高C有机肥(如腐殖酸)为佳。

2. 速生叶菜有机肥N替代比例<20%

表 6 短生育期叶菜有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
生菜(广西)	20(其次10%氨基酸有机肥替代)	谢育利, 等(2022), 西南大学学报
生菜(云南)	20(仅生物有机较好)	张勇, 等(2022), 中国农学通报
生菜(湖北)	20(40%无效果)	罗佳, 等(2018), 农业开发与装备
蕹菜(福建)	20(仅1个用量)	吴碧珠(2021), 福建农业科技

短生育期叶菜有机肥N占总施N量的比例较小。

3. 玉米、小麦、水稻有机肥N替代比例<30%

表7 主要粮食作物有机肥N占总施N量的%

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
玉米(贵州)	20	陈云梅, 等(2022), 西南农业学报
玉米(甘肃)	12.5-37.5	陈倩, 等(2021), 干旱地区农业研究
玉米(吉林)	25	黄志浩, 等(2019), 玉米科学
玉米(山东)	34(最大量)	田昌玉, 等(2019), 植物营养与肥料学报
小麦(陕西)	15-30	李永华(2020), 中国农业科学
小麦(江苏)	10-20	王祝余(2021), 现代农业科技
小麦(黑龙江)	25	丁维婷, 等(2021), 中国土壤与肥料
稻-麦(江苏)低肥力	施用有机肥水稻产量降低, 小麦影响不大	高飞(2021), 南京农业大学
玉-麦(江苏)低肥力	施用有机肥小麦产量降低, 玉米影响不大	高飞(2021), 南京农业大学
玉-麦(河北)	30	张世卿(2021), 河北农业大学
水稻(江苏)	10-30 (10%产量最高)	陈乃祥(2018), 农业开发与装备
水稻(安徽)	20	郑仁兵, 等(2017), 安徽农业科学
粳稻(江苏)	25	应晓成(2019), 安徽农学通报
水稻(江苏)	10-30 (20%最好)	陈尚宏(2017), 农业科技通讯
水稻(江苏)	20-30	毛伟, 等(2021), 农学学报
水稻(山东)	25-50(继续增加减产)	宋伟凤(2021), 山东农业大学
水稻(辽宁)	20	石鑫蕊, 等(2021), 应用生态学报

有机肥N一般占比控制在30%以内为好, 土壤肥力越低替代量越小, 反之较大。

4. 油料作物有机肥N替代比例<30%

表 8 主要油料作物有机肥N占总施N量的%

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
油菜(云南)	30	万辰, 等(2022), 农业环境科学学报
油菜(青海)	20-30(减轻菌核病发生)	王家宝, 等(2020), 安徽农业科学
花生(福建)	25	李娟, 等(2020), 福建农业学报

有机肥N一般占比控制在30%以内为好, 防控土传病害可适当增加。

5. 果树有机肥N替代量 <30%

表 9 水果有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
椪柑(重庆)	15-20	万连杰, 等(2022, 植物营养与肥料学报)
砂糖橘(广西)	20-40	陈国辉(2020), 广西农学报
柑橘(湖北)	15(饼肥0, 15, 30, 100%)	裴宇, 等(2021), 中国土壤与肥料
柑橘(湖南)	30(有机肥1个量), 8(稻草1个量)	侯海军, 等(2020), 湖南农业科学
梁平柚(重庆)	10-20	何运仲, 等(2021), 现代农业科技
梨(浙江)	35.8 (豆渣), 13(猪粪)	孙万春(2022), 果树学报
猕猴桃(贵州)	20	黄兴成(2020), 贵州农业科学
荔枝(海南, 广西)	10-30(过多减少成花率, 减产)	陈瑞州(2020), 海南大学; 安祥瑞, 等(2021), 土壤
香蕉(海南)	20-40(3个用量, 从防土传病害40%更好)	王一鸣, 等(2019), 土壤
香蕉(福建)	30(2个量1/3(最佳)和2/3有机氮)	李跃森(2020), 土壤
桃(江苏)	<10 (有机肥比例越大, 产量越低)	孙楠, 等(2022), 农业科技通讯
甜樱桃(山东)	20(2个用量20%, 40%)	桑卫民(2020), 落叶果树
草莓(甘肃)	30(4个用量10, 20, 30, 40%)	杨录良(2020), 农业与技术

6. 苹果有机肥N替代比例20%-25%

表 10 苹果有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
苹果(山东)	15-25	杨保国,等.上海蔬菜. 2022,(03)
苹果(山东)	20	张占田,等.现代农业科技. 2021,(16)
苹果(山东)	20(1500kg/亩)	武文旭,山东农业大学,2019
苹果(山西)	25	张鹏飞,等.山西农业科学. 2020,48(09)
苹果(甘肃)	25	李富平.农业科技与信息. 2020,(12)

7. 茎类蔬菜有机肥N替代比例 \approx 30%

表 11 茎菜类蔬菜有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
莴笋(甘肃)	20	张迎春(2020),甘肃农业大学
莴笋(湖北)	20	黄兴学(2017),中国园艺学会会议论文集
莴笋(湖北)	20	孟爱红,等(2019),蔬菜
大蒜(浙江)	30	齐振宇,等(2021),浙江农业科学
芹菜(安徽)	36	陈道群(2021),现代农业科技
油菜(云南)	30	万辰,等(2022),农业环境科学学报

茎菜类蔬菜有机肥N占总施N量的比例20-40%。

8. 结球叶菜和青菜有机肥N替代比例20%-60%

表 12 其它叶菜有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
大白菜(湖北)	10-100(有机肥替代率越高,产量越高)	张祖玉,等(2021),湖北植保
大白菜(江苏)	20	王天一,等(2021),农业工程技术
甘蓝(青海)	20-60(试验处理20-100%)	王圣泽,等(2022),中国瓜菜
甘蓝(湖南)	50(2个用量,20%和50%)	龚奕杰,等(2022),上海蔬菜
青花菜(湖南)	25	武星魁,等(2020),中国生态农业学报
青菜(上海)	30	闫佳会,等(2021),青海大学学报
小青菜,包菜(上海,山东)	25	梁曼恬,等(2021),热带作物学报

其它叶菜类：包心类(甘蓝、大白菜)有机肥N占总施N量的比例较大(不存在贪青晚熟),其它叶菜<30%。

9. 土豆、棉花、饲用玉米有机肥N替代比例20%-60%

表 13 棉花、马铃薯、饲用玉米有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
饲用玉米(甘肃)	50	方彦杰, 等(2020), 作物学报
马铃薯(内蒙)	30-60	秦永林(2019), 北方农业学报
马铃薯(甘肃)半干旱	50	张绪成, 等(2016), 中国农业科学
马铃薯(安徽)	30	李雅洁(2021), 安徽农学通报
棉花(新疆)	20-40	牛新湘(2021), 新疆农业科学
棉花(湖北)	20-50 (20%效益最高, 50%产量最高)	耿波(2018), 棉花科学

10. 瓜、果类蔬菜有机肥N替代比例 30%-60%

表 14 瓜、果类蔬菜有机肥N占总施N量的比例

作物	有机肥N替代比例 (%)	参考文献
辣椒(海南)	20	李晓亮(2021), 中国土壤与肥料
辣椒(贵州)	25	吴江(2022), 农技服务
辣椒(江苏)	30	庄迎春, 等(2022), 农业科技通讯
番茄(山东)	30	郑福丽, 等(2021), 植物营养与肥料学报
番茄(贵州)	100>50	蔡叶(2019), 农技服务
番茄(河南)	40(仅一个量)	骆晓声, 等(2021), 中国土壤与肥料
番茄(山东, 大棚)	40(10,20,30,40四个用量)	郑福丽, 等(2021), 植物营养与肥料学报
番茄(天津, 大棚)	60	张新建, 等(2020), 中国农学通报
番茄, 西葫芦(大棚)	40	杨岩, 等(2021), 山东农业科学
茄子(江苏)	40	袁奇, 等(2021), 中国农学通报
黄瓜(山东)	20-40(中等肥力)	刘玉婷, 等(2021), 中国农技推广
西瓜(大棚)	30-60	王祝余(2020), 蔬菜
甜瓜(新疆)	30	徐强(2017), 新疆农业科学
茄子, 甜瓜, 番茄(天津)	60	房恩翰(2020), 天津农学院

瓜、果类蔬菜营养生长和生殖生长共生期长, 有机肥N占总施N量的比例较大, 遇土传病害增加比例。

11. 绿茶有机肥用量

表 15 浙江绿茶生产有机肥N占总施N量的比例: 25%-30%

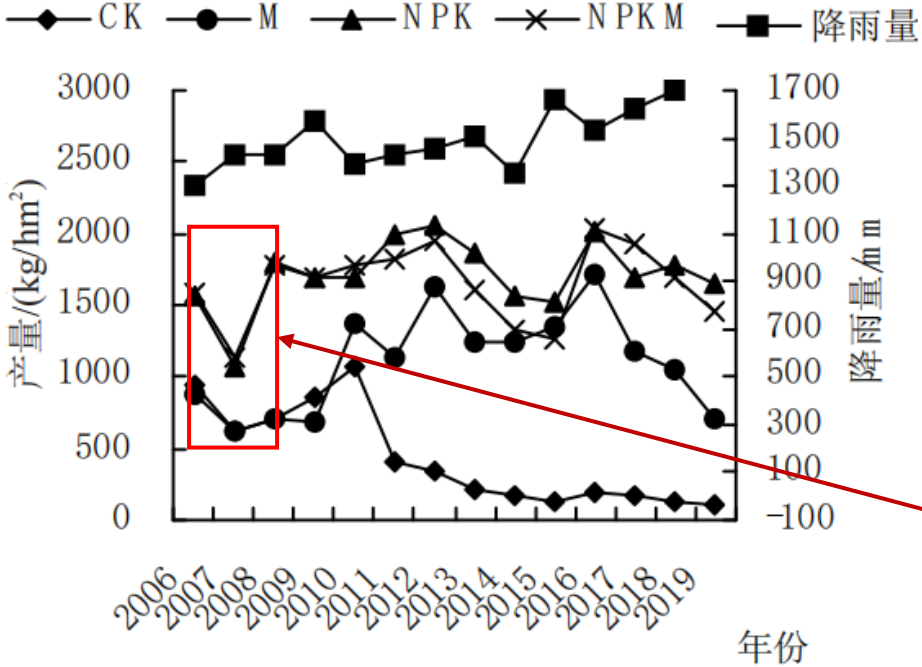
茶叶	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	有机肥比例
名优绿茶(1芽1叶-1芽2叶)	250-300	60-90	60-90	20-30	占总养分25-30%
大宗绿茶(1芽2叶-1芽5叶)	350-450	90-120	90-150	30-40	占总养分25-30%

中国农业科学院茶叶研究所:马立锋, 等.浙江省茶园化肥减施增效技术模式-“有机肥+茶树专用肥”高效施用技术模式. 中国茶叶, 2019,12:36-41

表 16 云南绿茶生产有机肥N的比例 16% – 长期定位试验 2006-2019

施肥处理	茶叶产量 (kg/亩)	比NPK±产量 (%)	品质	土壤pH (最适4.5-5.5)
CK(无肥)	28.81	-74.82	茶多酚与儿茶素较高	4.9最适
有机肥(1.3t/亩)	73.71	-35.58	茶多酚最高	6.1偏高
NPK(30-12.7-15kg/亩)	114.43	-	其次	4.3偏低
NPKM(25.3-8-7.3-400kg/亩) 有机肥N替代16%的化肥N	109.72	-4.12	儿茶酚,氨基酸, 茶碱最高	5.0最适

王金林,等. 长期不同施肥对茶园土壤pH、茶叶产量可持续性和品质的影响. 中国农学通报 2021,37(8):84-88



茶园土壤 pH 4.69, 有机质 20.8g/kg, 碱解氮 90 mg/kg, 有效磷36.1 mg/kg, 速效钾104 mg/kg, 肥力中等。

木本类作物开始3年肥料试验效果不明显, 若遇不良气候, 还需更长时间(本研究+3年)

有机肥实际用量计算

有机肥用量(kg/亩, 干基)=作物施N量(kg/亩) x 最佳有机肥N替代量(%)/有机肥含N量(%)

✓ 例如, 某水稻施N量为10kg/亩, 最佳有机N替代量为20%, 有机肥含N 为1.0%或1.5%或2.0%, 则

有机肥用量 (kg/亩)= $10 \times 0.20 / 0.01 = 200$ 或 $10 \times 0.20 / 0.015 = 133$ 或 $10 \times 0.20 / 0.02 = 100$ kg

✓ 四川某地高产柑橘园施N 1 kg/株, 最佳有机N替代量为20%, 有机肥含N 为1.0%或1.5%或2.0%, 则

有机肥用量 (kg/株)= $1 \times 0.20 / 0.01 = 20$ 或 $1 \times 0.20 / 0.015 = 13$ 或 $1 \times 0.20 / 0.02 = 10$ kg (约500-1500kg/亩)

✓ 其它作物依此类推。

三、生物有机肥—以功能微生物(菌剂)为核心, 抑菌效果为目的

生产：根据不同作物最佳有机肥用量确定、配备菌剂量(活菌数)

施用：参照有机肥用量, 根据土传病害严重程度, 调整菌剂添加量和菌肥用量。

主要常用功能微生物：

真菌类：哈茨木霉、绿色木霉、康宁/氏木霉、钩状木霉、淡紫拟青霉、厚垣/壁轮枝孢菌, 等。

芽孢杆菌类：枯草芽孢杆菌、贝莱斯芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、侧孢短芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、蜡质芽孢杆菌、多粘芽孢杆菌, 等。

其它：荧光假单胞菌、绿针假单胞菌, 等；放线菌类

生物菌剂的联合使用

四、过量施用有机肥用量的危害/风险

1. 可能导致农作物的倒伏、贪青、晚熟；某些水果甜度下降

禾本科中期倒伏；后期农作物贪青、晚熟。

水果在成熟期需要控氮，过量有机肥会影响果树的碳、氮代谢，延缓水果糖分累积和成熟。

表17 重庆潼南县2020年青贮玉米25%沼液替代化肥试验

处理	有效苗数	干物质产量	比对照增产	比对照增产	备注
	株/亩	kg/亩	kg/亩	%	
21kg N/亩	3500	1187	-	-	-
21kg N+7t沼液/亩	3500	1132	-55	-4.6	腰折倒伏*
21kg N+7t沼液/亩	4600	1458	271	22.3	轻微倒伏

资料来源：南方山地玉米化肥农药减施技术集成研究与示范项目2020年总结

2. 可能烧伤农作物的根系

完全腐熟的有机肥不会烧伤农作物的根系。特别是以禽类粪便和粕类为主要的原材料腐熟的农家肥和有机肥，由于其中的氮元素含量较为丰富，需要更长的成化时间。

3. 盐分

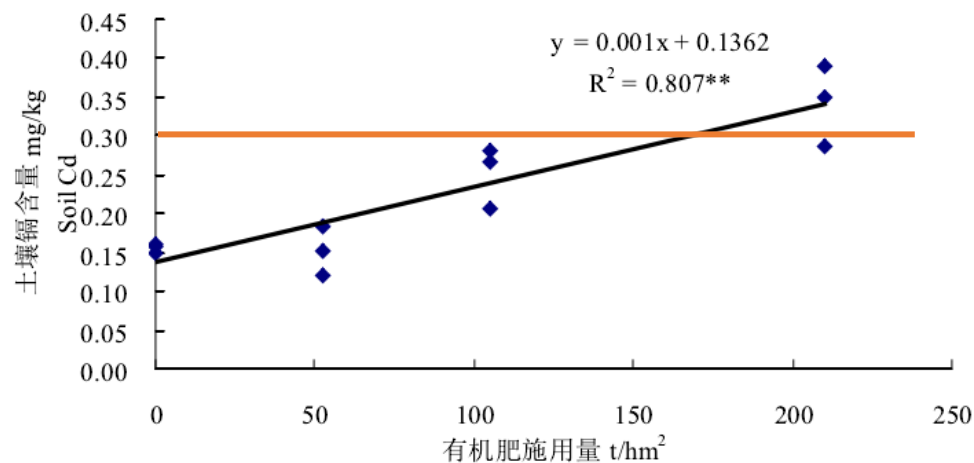
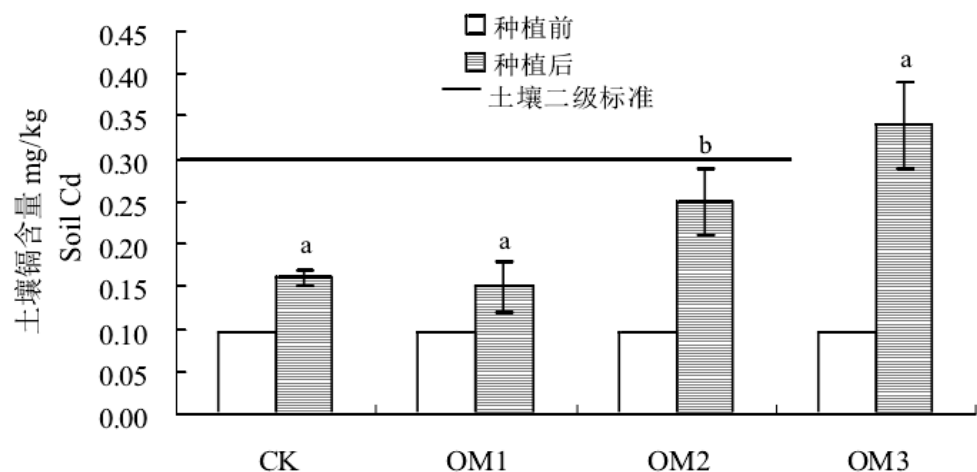
- 以畜禽粪便为原料的有机肥含有盐分 – 饲料必须加盐。
 - 饲料盐用量: 马、驴、骡 10-25g/头，牛20-50g/头，羊5-10g/头，猪2-5g/头；
 - 一般饲料含盐0.3%-0.4%，精料1.0%-1.5%。

在盐碱土地区和干旱地区要控制畜禽粪便有机肥用量。

- 以厨余垃圾为原料的有机肥含有很高盐分，NY525-2021规定需经评估后方能用于农田。

4. 土壤重金属累积

NY 525-2021: Cd $\leq 3\text{mg/kg}$, 有机肥是否造成土壤Cd超标取决其Cd含量, 用量和土壤Cd含量



高量有机肥对蔬菜吸收Cd和土壤累积Cd的影响(楼安,2013)

土壤初始含Cd 0.096mg/kg, 有机肥含Cd 0.48~0.71 mg/kg。处理CK: 无肥, OM1-OM3: 3.5, 7, 14t/亩·季, 连续4季用14t土壤Cd超标。

当土壤含Cd 0.136mg/kg, 只需1次施用165 t/ha (或11t/亩)即可使土壤Cd超标。

英国洛桑实验站长期定位试验发现长期施用垃圾 导致土壤重金属污染



在Rothamsted，施用农家肥和垃圾20年后，三叶草生长出现病态：垃圾处理不结瘤，发现是重金属中毒。

谢谢，欢迎提问！