

有机肥产业融入成渝现代高效特色农业 路径研究

西南大学长江经济带农业绿色发展研究中心

汇报人：陈新平、肖然

2023年4月14日



报告内容

- 1、**有机肥产业融入川渝现代高效特色农业机遇与挑战**
- 2、**有机肥行业融入川渝现代高效特色农业问题与路径**
- 3、**有机肥行业融入川渝现代高效特色农业思考与建议**

有机肥产业是我国农业绿色发展的重要支撑

农业部文件

农农发〔2015〕2号

农业部关于印发《到2020年化肥使用量零增长行动方案》和《到2020年农药使用量零增长行动方案》的通知



农业部关于实施农业绿色发展五大行动的通知

日期: 2017-04-26 14:54 作者: 来源: 农业部办公厅 【字体: 大 中 小】 打印本页

农办发〔2017〕6号

各省、自治区、直辖市及计划单列市农业（农牧、农村经济）、畜牧、渔业（水利）厅（局、委、办），新疆生产建设兵团农业局：

为贯彻落实党中央、国务院决策部署，落实新发展理念，加快推进农业供给侧结构性改革，增强农业可持续发展能力，提高农业发展的质量效益，现就实施农业绿色发展五大行动通知如下。



农业部关于印发《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》的通知

日期: 2017-02-20 09:13 作者: 来源: 【字号: 大 中 小】 打印本页

有关省、自治区、直辖市农业（农牧、农村经济）厅（委、局）：

为贯彻落实中央农村工作会议、中央1号文件 and 全国农业工作会议精神，按照“一控两减三基本”的要求，深入开展化肥使用量零增长行动，加快推进农业绿色发展，农业部制定了《开展果菜茶有机肥替代化肥行动方案》，现印发给你们。请结合本地实际，细化实施方案，强化责任落实，有力有序推进，确保取得实效。


- 2015年来，众多利好政策的发布极大促进了我国有机肥产业的发展，有机肥企业登记数、企业规模和有机肥产量均有显著的提升；
- 截止2019年，我国登记有机肥企业数目达到**3564家**，设计产能**8948万吨**，其中年产量大于2万吨的企业占比从**2013年的<20%**增加到**2019年的33%**。

有机肥产业在我国农业绿色高质量发展中迎来良机，未来可期


农业农村部《到2025年化肥减量化行动方案》

“持续推进科学施肥、促进化肥减量增效，

为保障粮食安全和绿色高质量发展提供更加有力支撑”



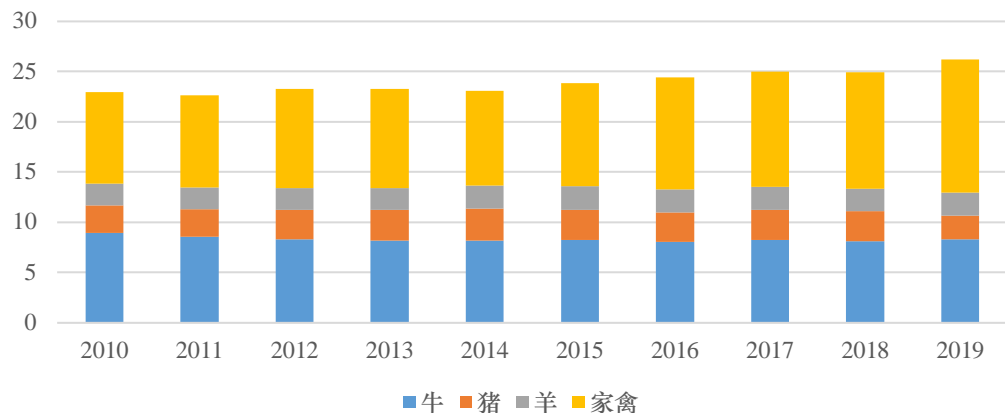
到2025年，氮、磷、钾和中微量元素等养分结构更加合理，**全国农用化肥施用量实现稳中有降。**



大力推进绿色种养循环农业试点，有机肥资源得到有效合理还田利用，到2025年**有机肥施用面积占比增加5个百分点以上。**

我国农业源废弃物蕴含丰富的有机质和养分资源

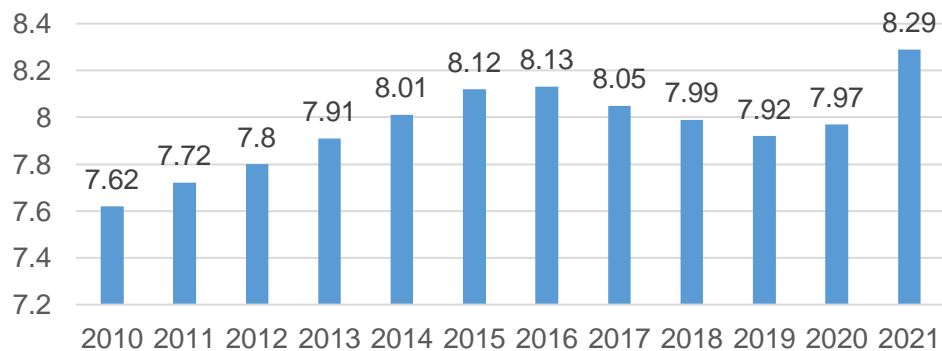
2010-2019 畜禽粪便的产生量 (亿吨)



2019年我国畜禽养殖和粪污产生量

项目	牛羊类 (亿头当量猪)	猪 (出栏, 亿头)	蛋鸡 (存栏, 亿羽)	肉鸡 (出栏, 亿羽)	纯养分 (万吨)
数量	7.5	10.0	14.5	105	6000

2010-2021年中国农作物秸秆产生量 (亿吨)



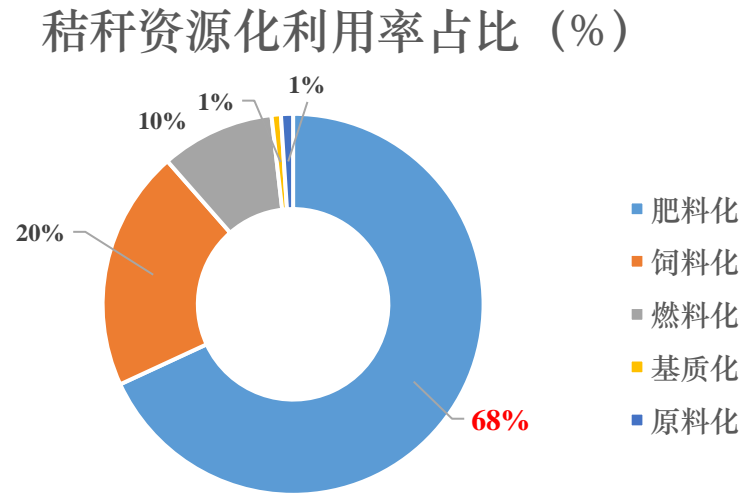
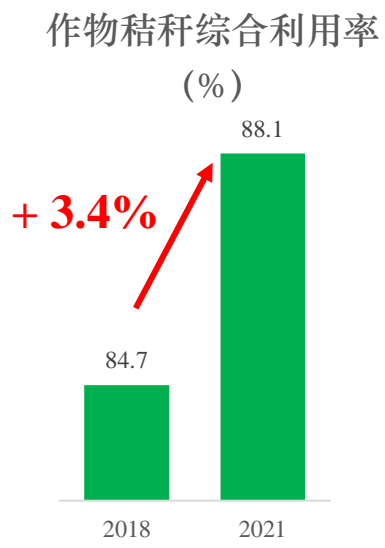
2019年我国作物秸秆大量营养元素量

项目	作物秸秆 (亿吨)	纯氮 (万吨)	纯磷 (万吨)	纯钾 (万吨)	纯养分 (万吨)
数量	7.90	748	180	1029	2379

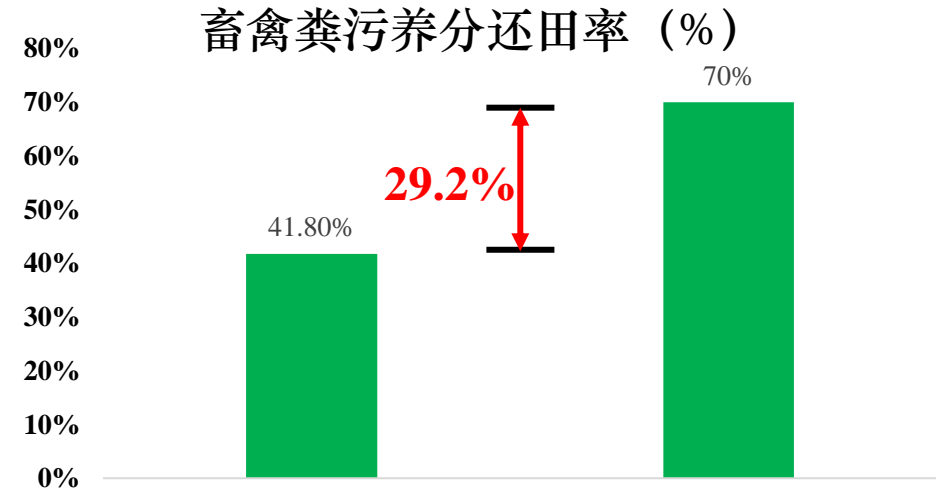
(数据来源: 国家统计年鉴)

- 2021年, 我国农业有机废弃物总产生量约34亿吨 (干基), 其中畜禽粪便约25亿吨、秸秆约8亿吨。
- 农业有机废弃物蕴含养分含量约为8000万吨 (折纯), 如果全部还田, 能够节约超过40%的化肥。

尽管秸秆和畜禽粪污的综合利用率逐年增加，但养分还田率依旧偏低



《全国农作物秸秆综合利用情况报告，2022》

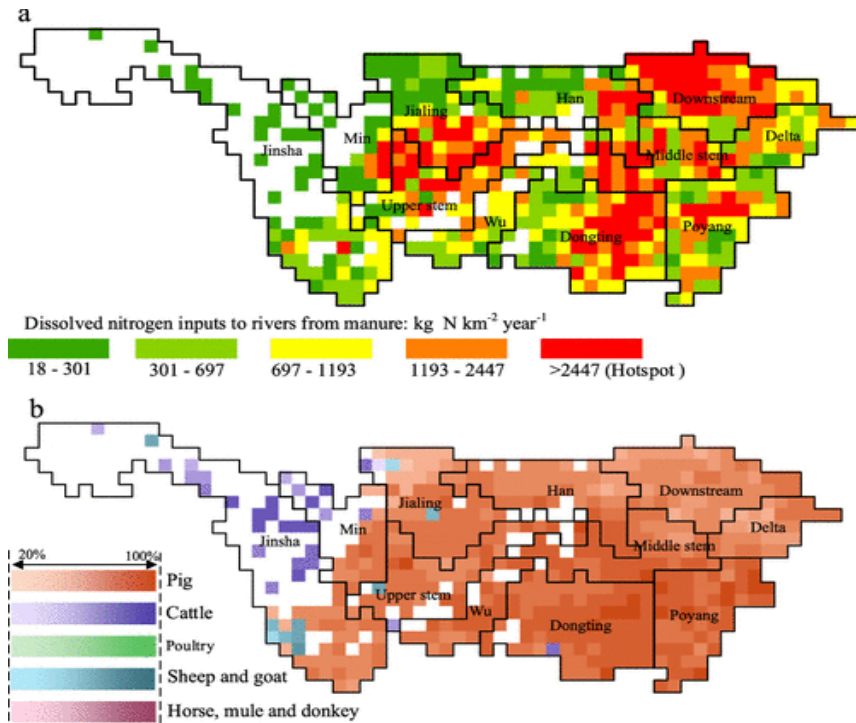


(Bai et al., 2016; 刘晓永 等 2018; Jia et al., 2018; Chadwick et al., 2015)

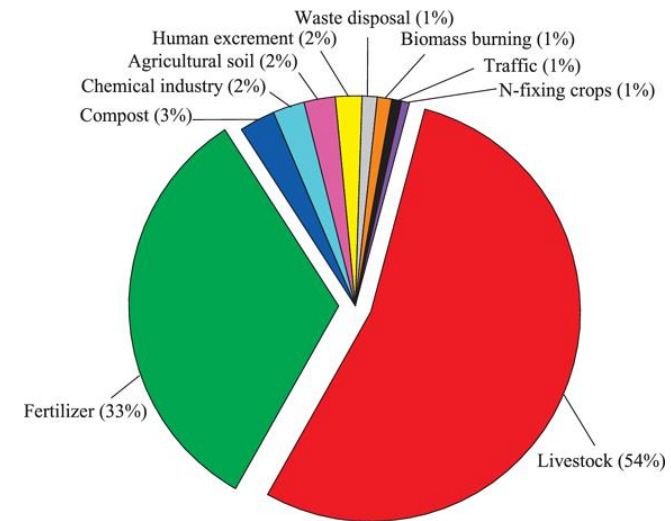
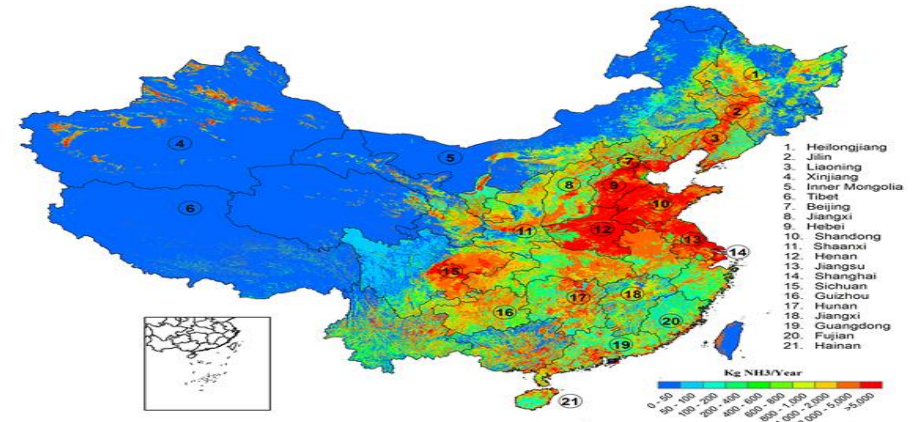
秸秆还田量达4亿吨/年，氮磷钾养分还田量分别为286.3、95.9、568.0万吨/年，**分别占秸秆中养分总量的38.8%、23.3%、46.2%**

我国当前粪污还田回收氮磷钾分别为1048、260和1178万吨/年，**养分还田率约40%，相比欧洲约有高达30%的提升空间**

农业源废弃物不合理利用会引发诸多严重环境问题



(Chen et al., 2022; EST)



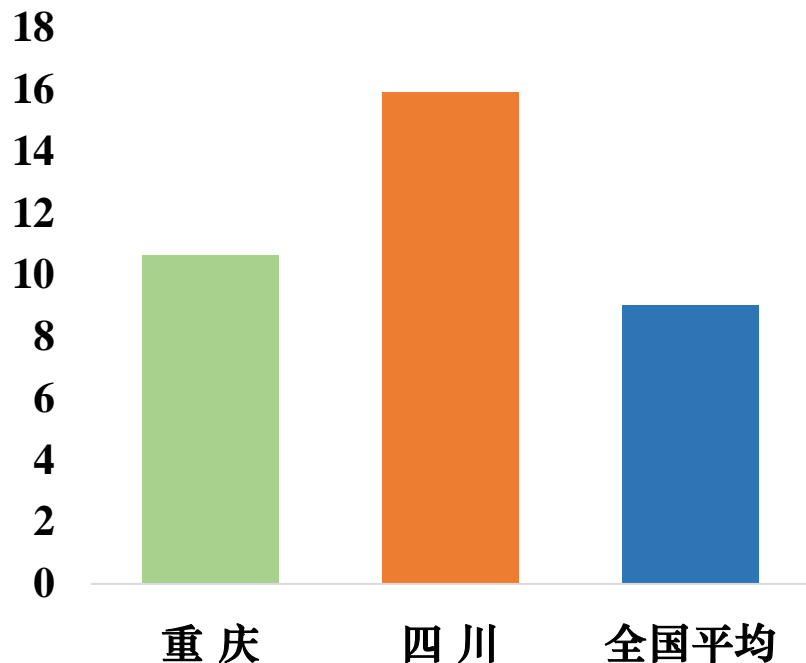
(Huang et al., 2012; GBC)

《第二次全国污染源普查公报》指出：
农业源，特别是畜禽养殖业，成为了水体中
氨氮 (7.78%)、**总氮 (12.1%)** 和**总磷 (39.2%)** 的重要来源

四川盆地是 NH_3 排放的热点
养殖业及其粪污处理环境是大气氨挥发的重要来源

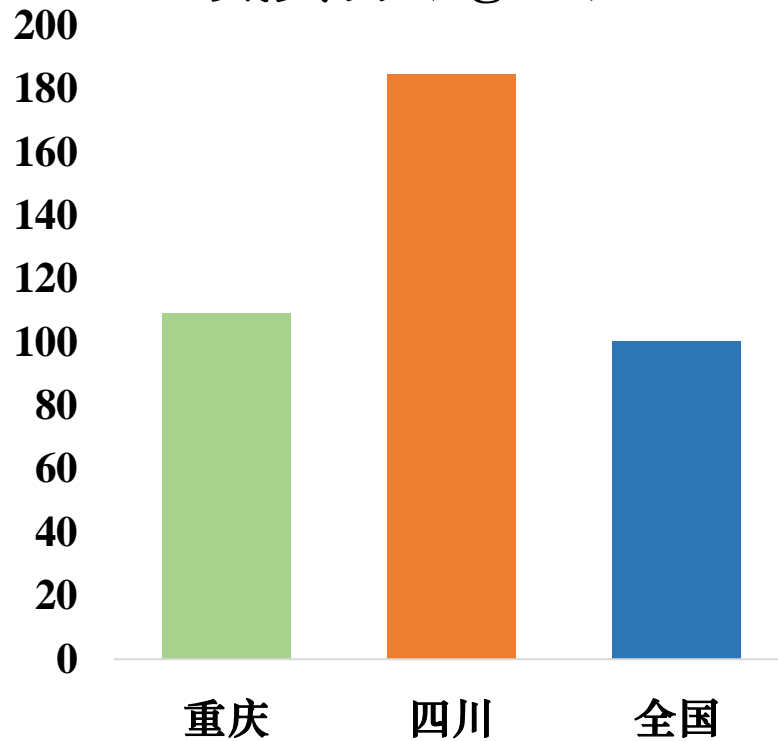
川渝地区畜禽养殖发达，畜禽粪便氮磷负荷高

单位耕地面积动物负荷 (当量猪/公顷)



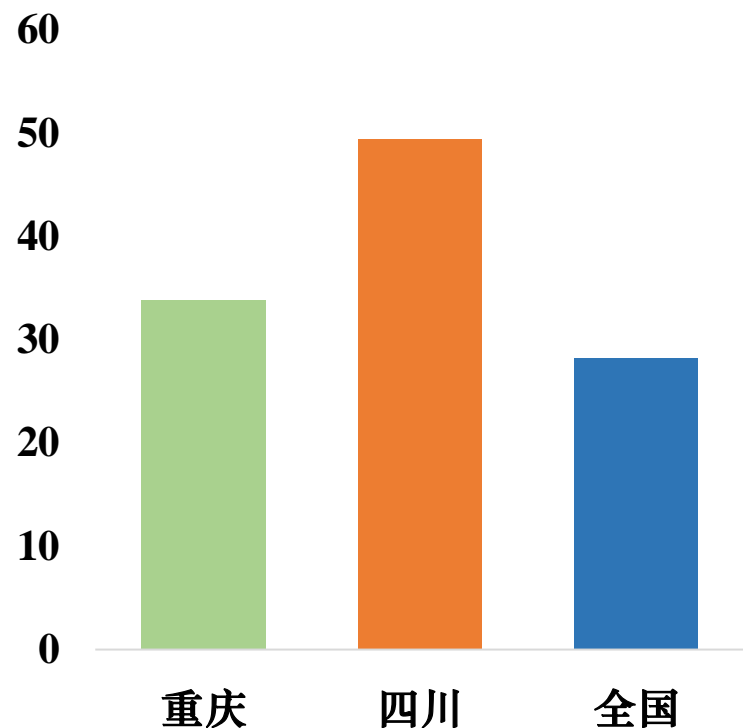
单位耕地面积动物负荷超过全国平均76.8% (四川) 和18.4% (重庆)

氮负荷 (kg/ha)

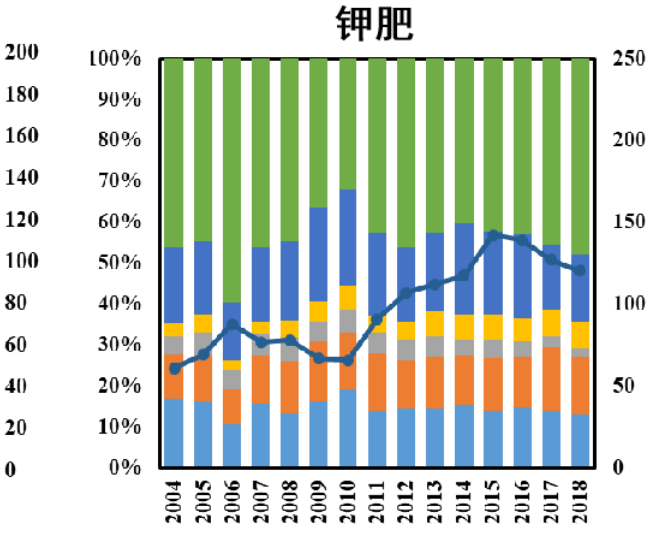
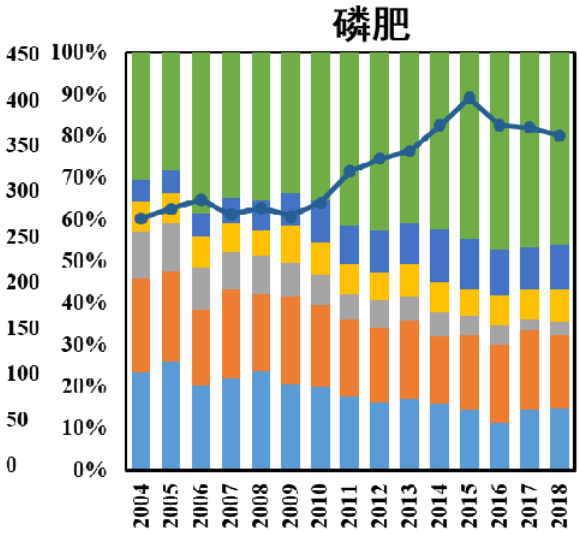
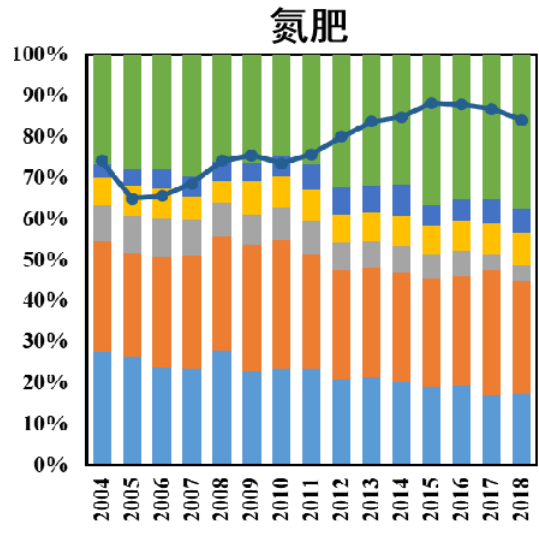
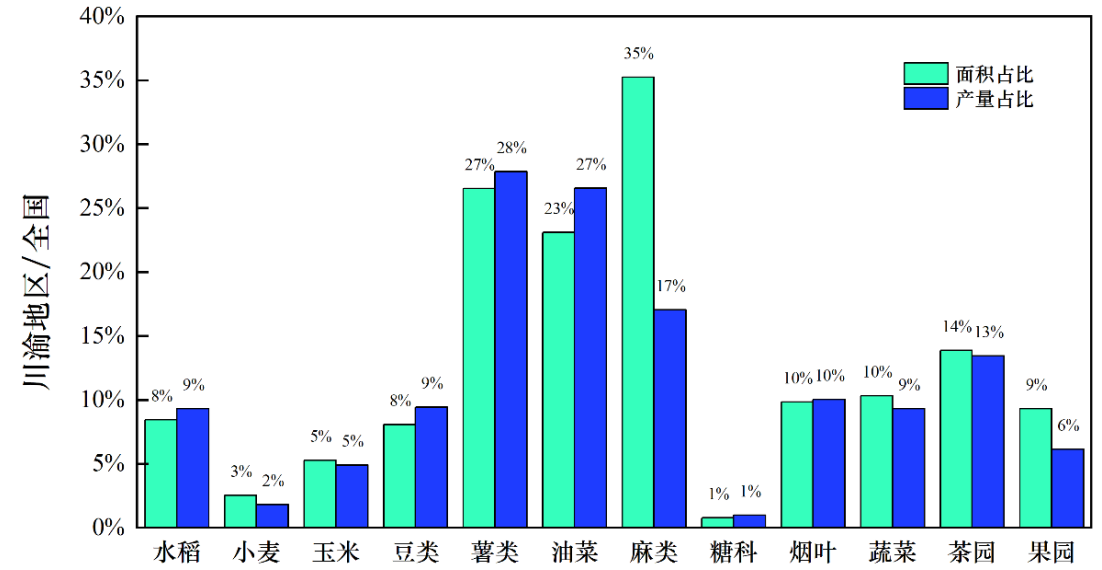


单位面积耕地氮磷负荷超全国平均
84.2% N和75.2%P (四川)
8.9%N和19.7%P (重庆)

磷负荷 (kg/ha)



川渝地区是我国重要农业主产区，经作占比高、化肥用量大



水稻 玉米 小麦 油菜 柑橘 蔬菜

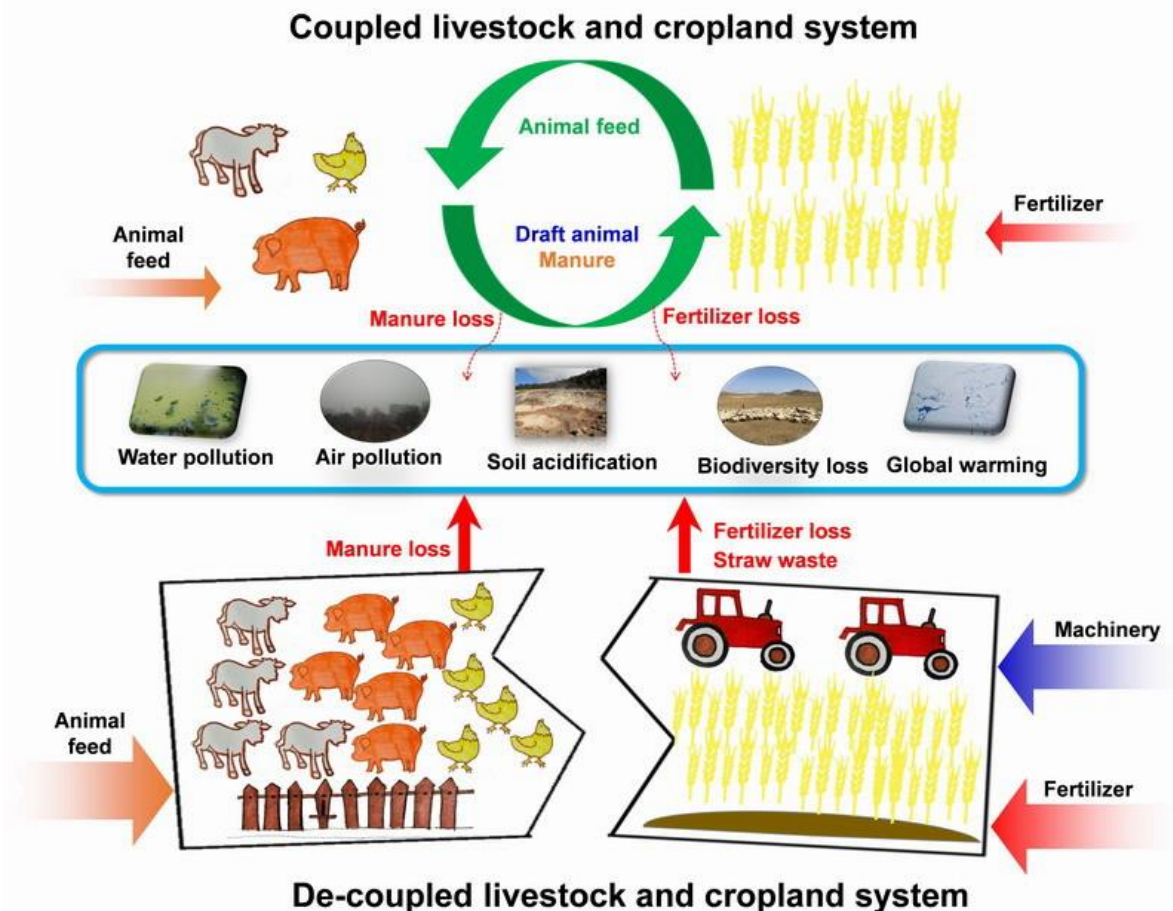
2018年，蔬菜和柑橘园占川渝地区六种主要作物播种面积的27%，消耗了约38%的氮肥、58%的磷肥。

(数据来源：国家统计局)

报告内容

- 1、有机肥产业融入川渝现代高效特色农业机遇与挑战
- 2、有机肥行业融入川渝现代高效特色农业问题与路径
- 3、有机肥行业融入川渝现代高效特色农业思考与建议

缺乏顶层设计问题：粪污还田最后一公里问题难解决

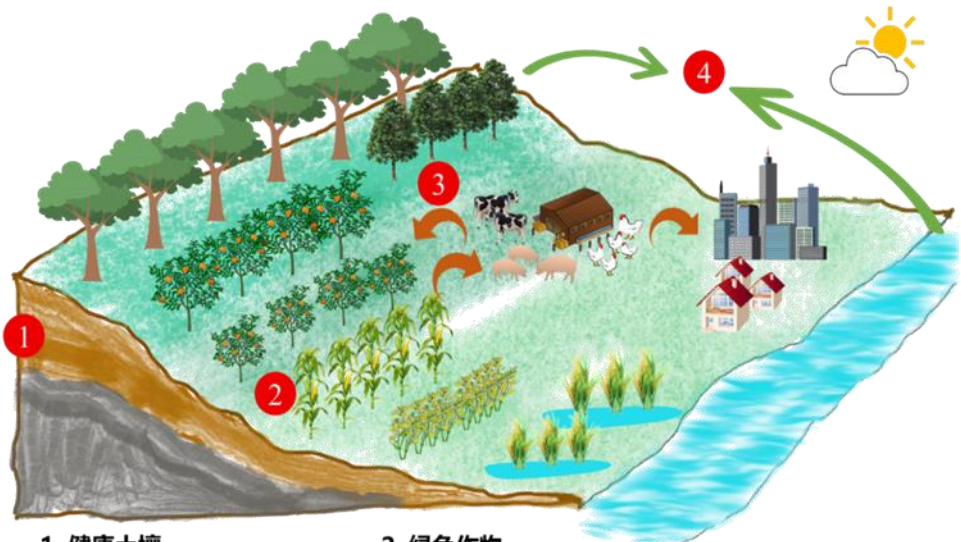


(Jin et al., 2020. Nature Sustainability)

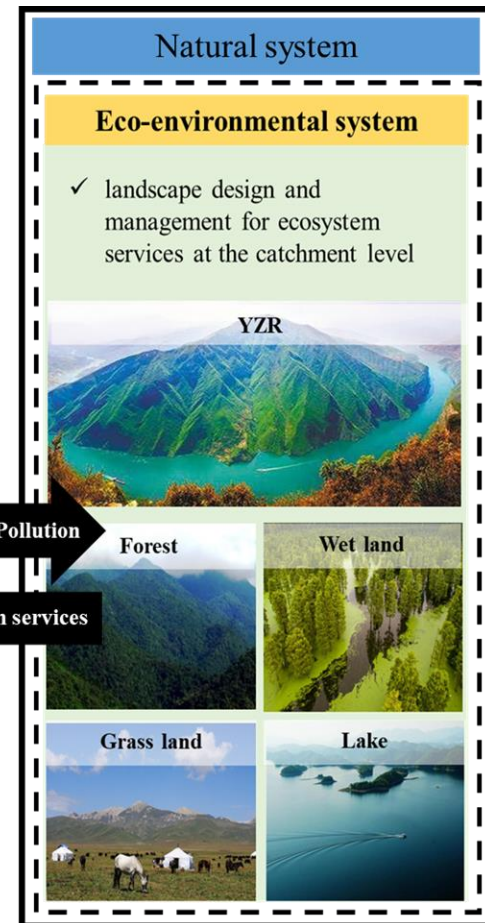
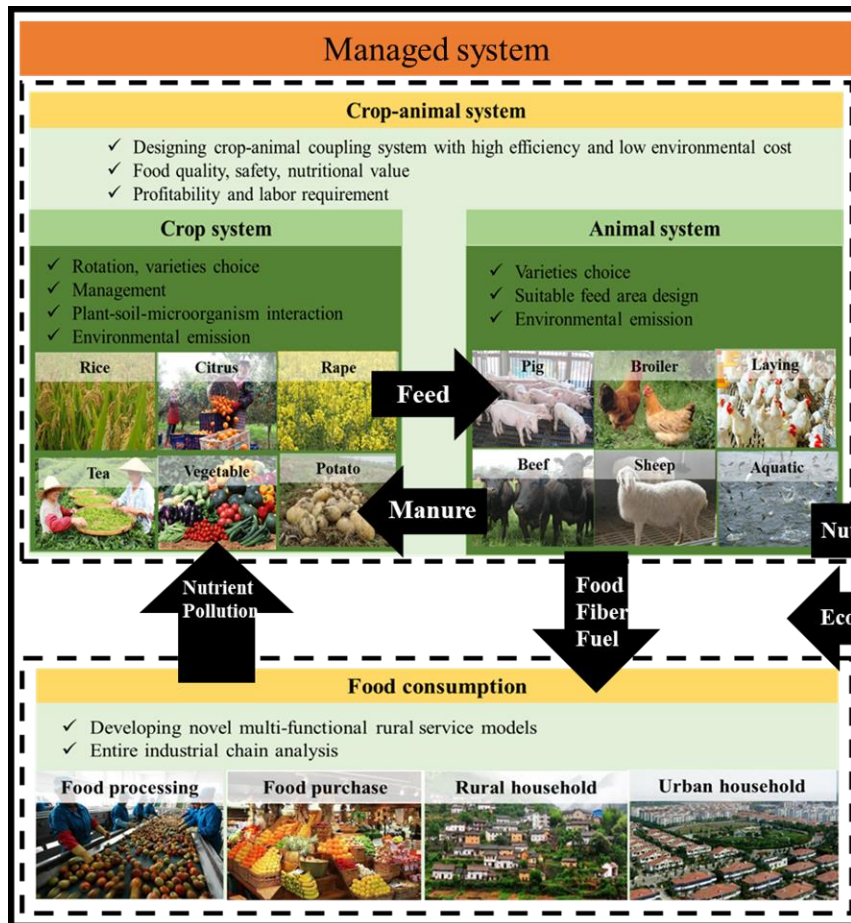


□ 集约化养殖业的快速发展与种养分离割裂了养分的循环，诱发生态环境问题、造成养分资源的浪费与农业生产成本的增加。

优化顶层设计：以养分循环利用为核心的区域绿色发展



- 1. 健康土壤**
 - 土壤退化多尺度过程
 - 水土保持与水源涵养
 - 土壤酸化过程与阻控
 - 土壤复合污染机制与调控
 - 碳氮过程与耕地质量保育
- 2. 绿色作物**
 - 典型作物抵御大气界面非生物逆境的理论与技术
 - 典型作物抵御根-土界面逆境的理论与技术
 - 典型作物病虫害绿色防控的生物学基础
 - 典型作物绿色高效新种质创制
 - 绿色投入品与全程绿色生产
- 3. 循环农业**
 - 物质多界面迁移与调控研究
 - 污染物暴露与生态系统健康风险评估
 - 山地农林复合生态系统的物质流与调控
 - 种植-养殖系统资源高效利用匹配机制
 - 农业面源污染阻控机制
- 4. 智慧生态**
 - 空天地立体化生态观测
 - 生态大数据挖掘与模拟
 - 农业绿色发展与生态系统响应
 - 生态保育和绿色农业的权衡与优化
 - 长江上游农业绿色发展模式构建



□ **边界**：人为系统、自然系统耦合

□ **目标**：农业高生产力、清洁的生态环境和健康经济

□ **方法**：自上而下的空间设计和农业结构设计，自下而上的土壤-作物、种植-养殖管理

传统开放式堆肥问题1：生产周期长、效率偏低

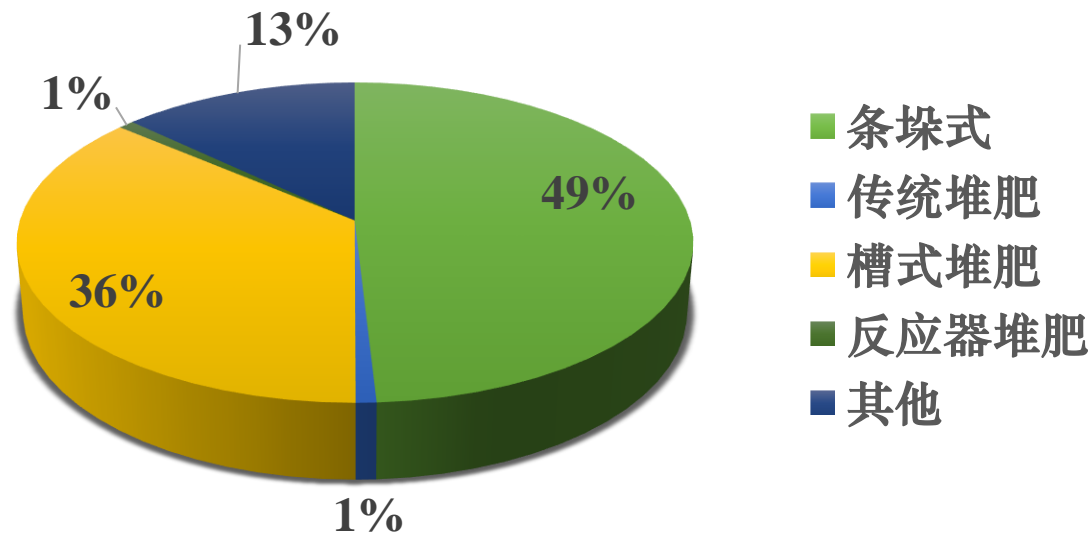
主流堆肥工艺占比 (%)



条垛式堆肥



槽式堆肥



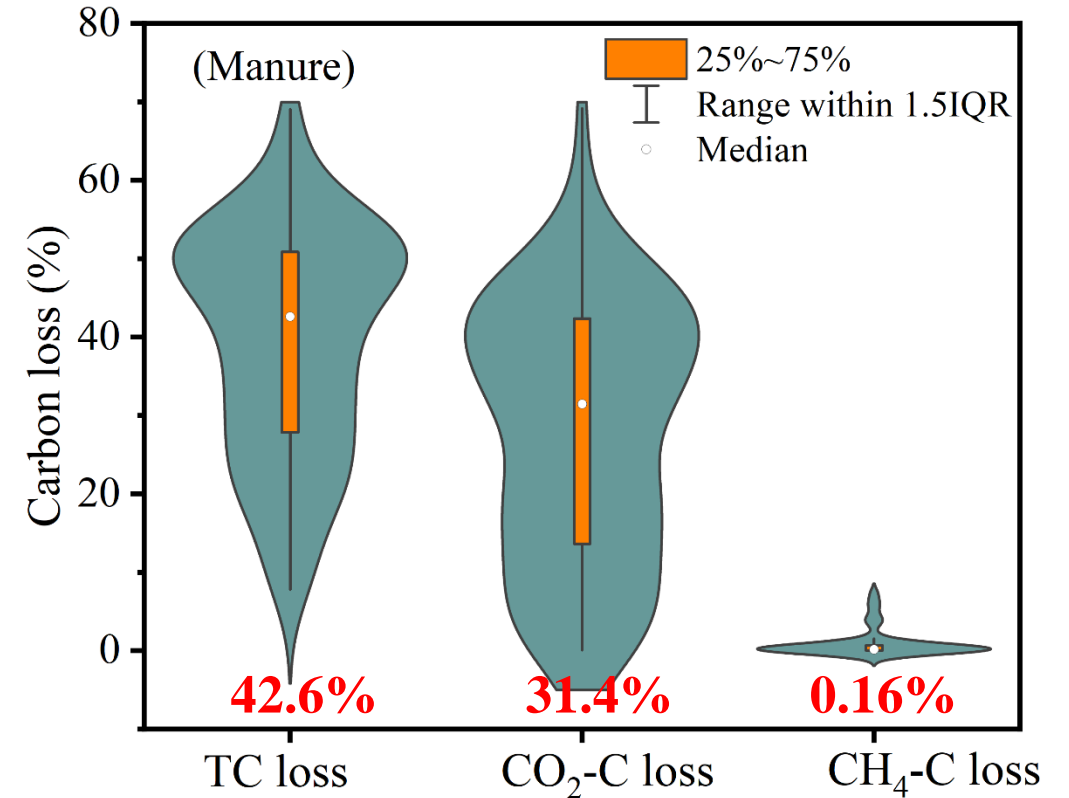
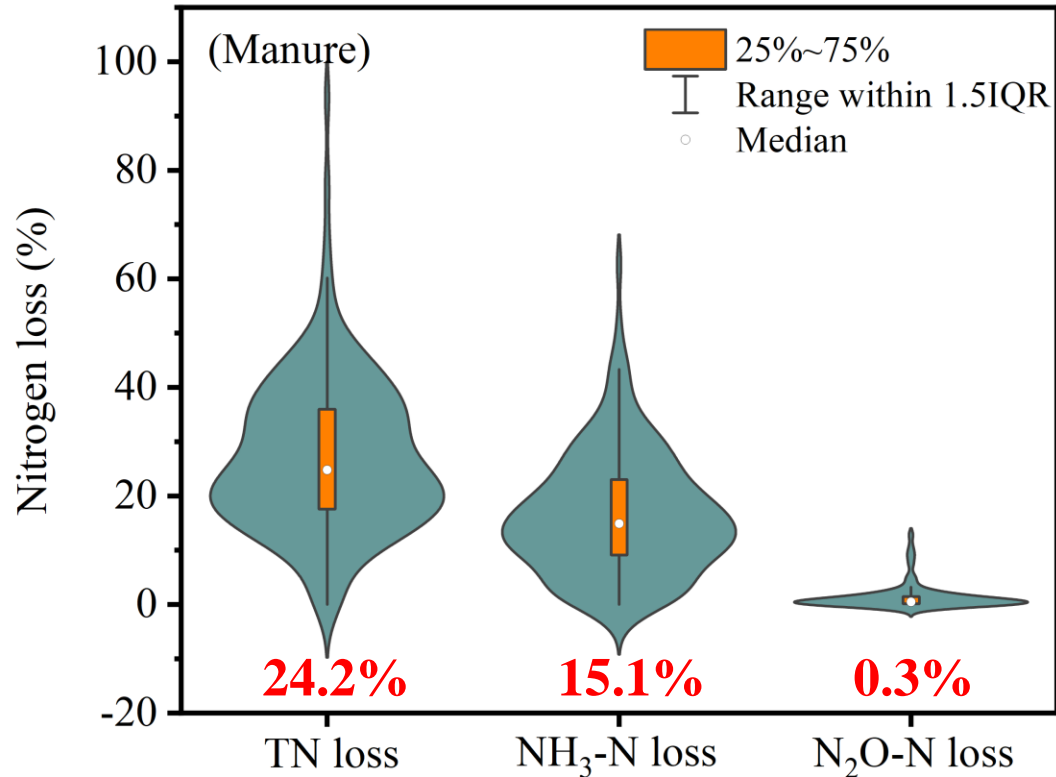
(李国学报告, 2019)

□ **条垛式**和**槽式**为主流工艺类型，技术与装备的智能化和自动化水平偏低；

□ 堆肥周期偏长（7-45天）；槽式堆肥工艺中，**发酵时长 < 15天的只有不到20%**。

传统开放式堆肥问题2：资源利用效率低

氨挥发较高、总氮损失大、有机碳资源大量损失

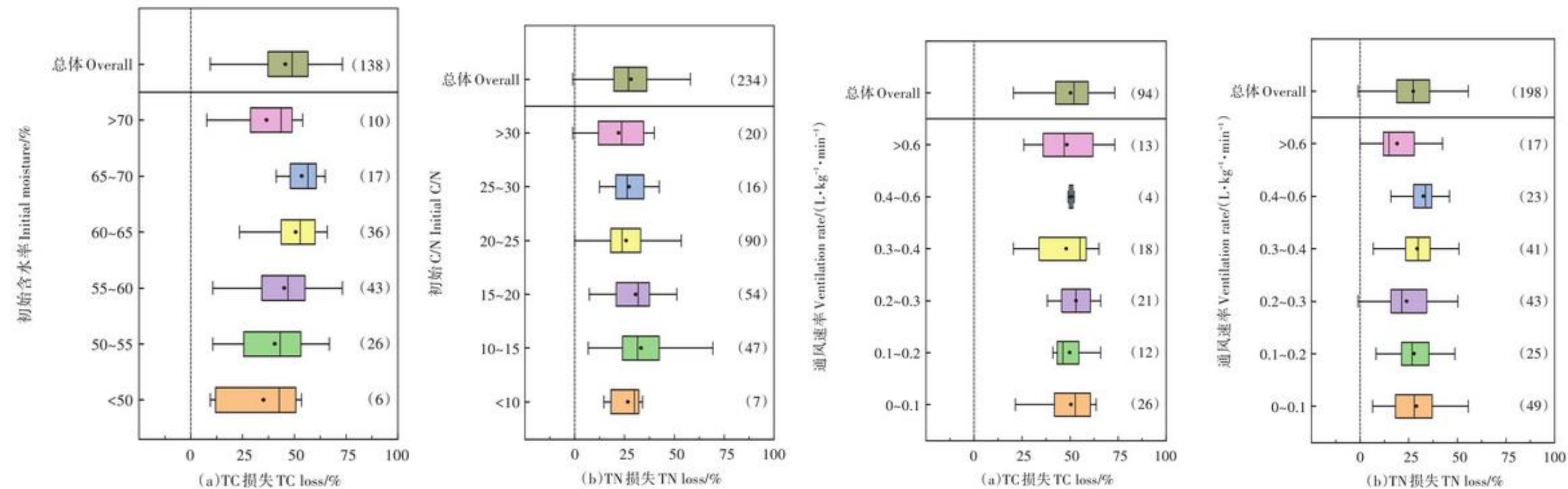


畜禽粪污好氧堆肥过程中，TN的损失在24.2%（最高93.4%），其中NH₃-N的损失占到TN损失的62%，N₂O-N的损失占到TN损失的1%

TC的损失在42.6%（最高69.1%），其中CO₂-C的损失占到TC损失的73.7%，CH₄-C的损失占到TC损失的< 0.1%

传统开放式堆肥问题2：资源利用效率低

现有工艺下氮碳保留的作用效果有限



(袁京等, 2022)

□ 适宜碳氮比 (20-25) 和通风速率 (0.1-0.3 L kg⁻¹ min⁻¹) 有利于减少堆肥过程氮/碳损失

传统开放式堆肥问题3：氨和硫化氢气体排放等环境问题突出



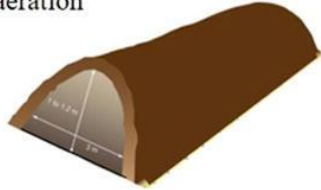
Kunming:
Air relative humidity: 65%



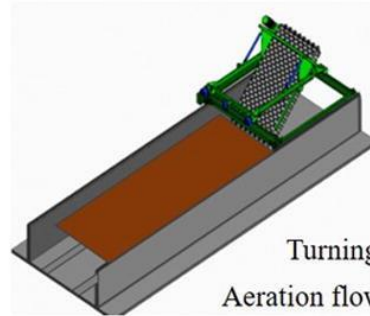
Xishuangbanna:
Air relative humidity: 95%

Treatments

Turning once per day
No aeration



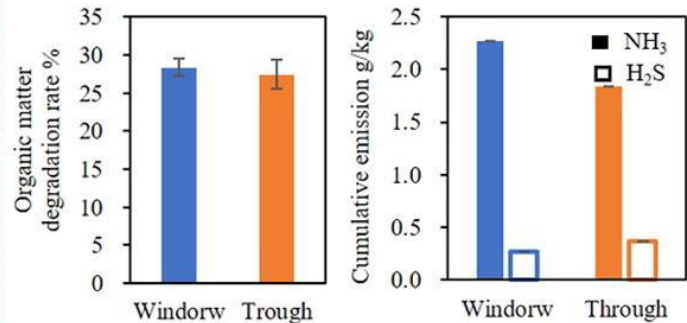
Windrow composting



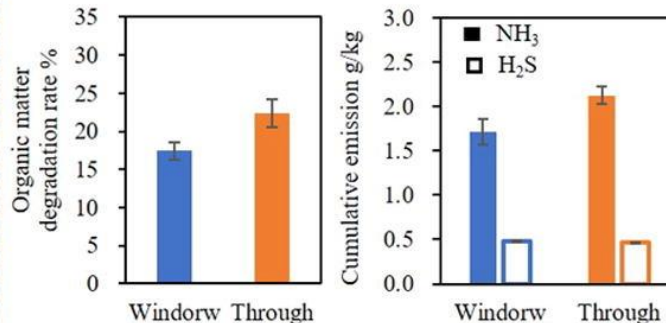
Turning once per day
Aeration flow: $0.1 \text{ m}^3/\text{min}/\text{m}^3$

Trough composting

Kunming



Xishuangbanna



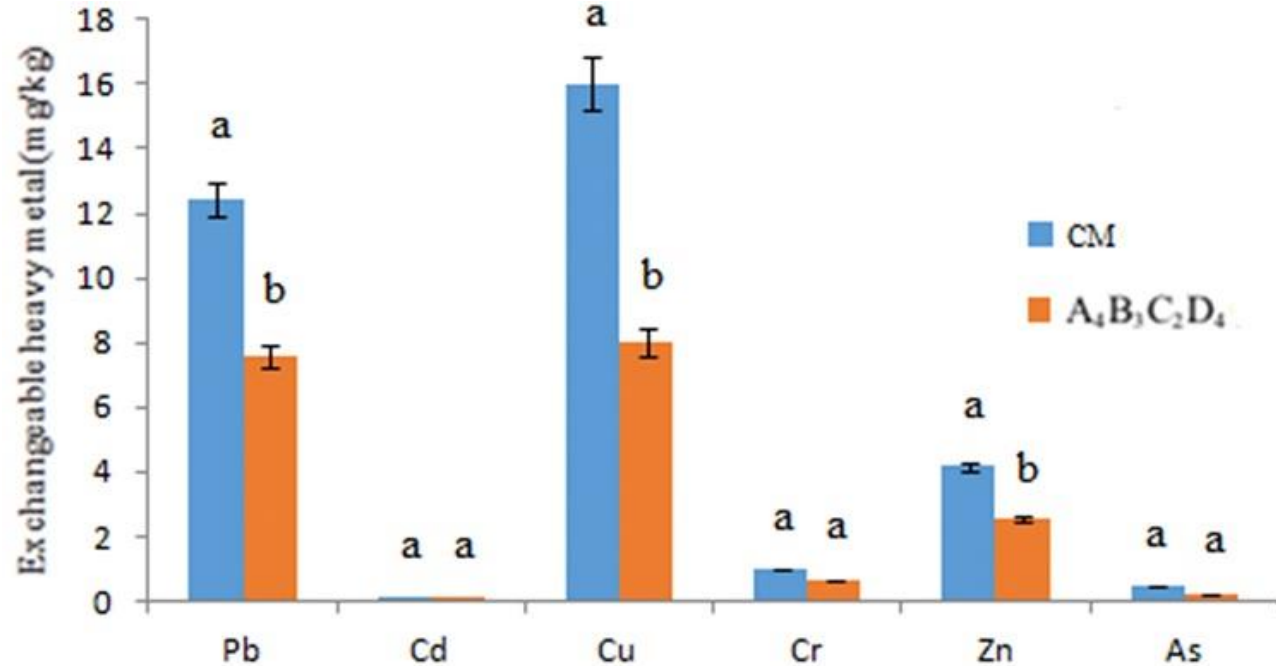
(Xu et al., 2020; Bioresource Technol. 297)

- 氨挥发的浓度最高为 $0.26 \text{ g kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (条垛式) 和 $0.22 \text{ g kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (槽式)；
- 硫化氢气体释放的浓度为 $0.12 \text{ g kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (条垛式) 和 $0.13 \text{ g kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ (槽式)；
- 堆肥过程中氨挥发和硫化氢气体排放浓度将会远远超过《恶臭污染物排放标准》(三级标准: $5 \text{ mg m}^{-3} \text{ NH}_3$, $0.6 \text{ mg m}^{-3} \text{ H}_2\text{S}$)。

传统开放式堆肥问题4：对有害物质的去除/稳定化作用有限

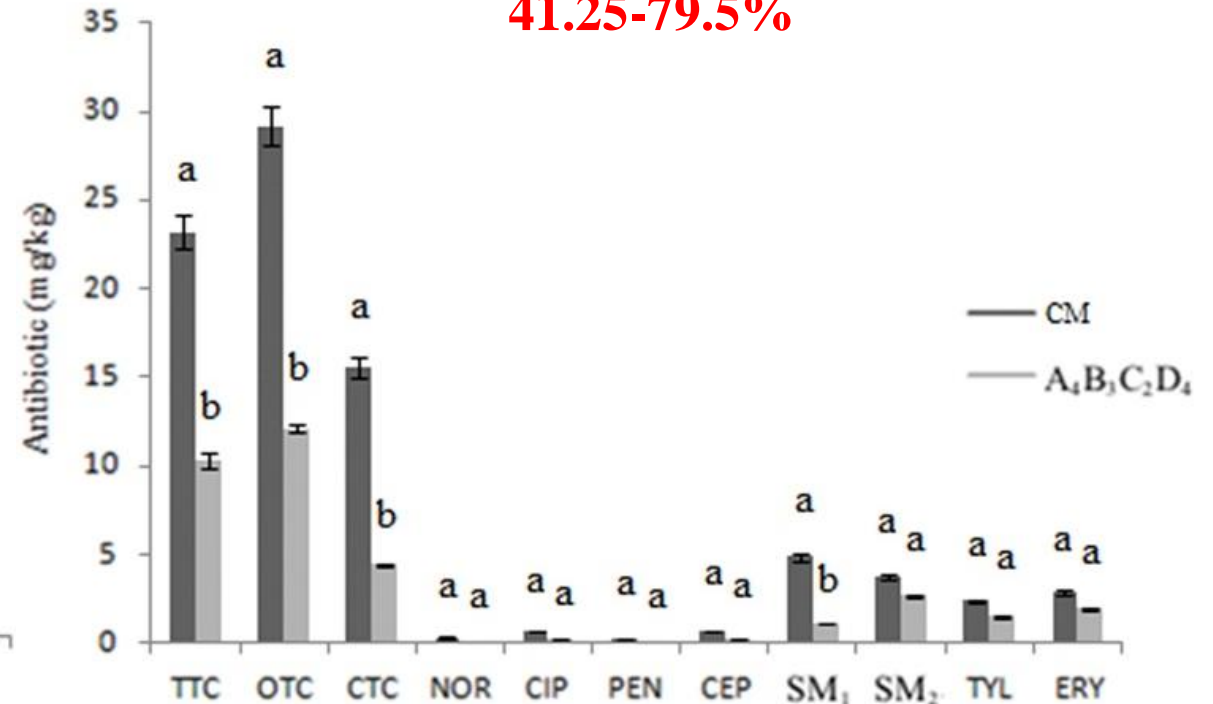
可交换态重金属含量的降低

幅度:10.1-44.1%



抗生素的残留率:

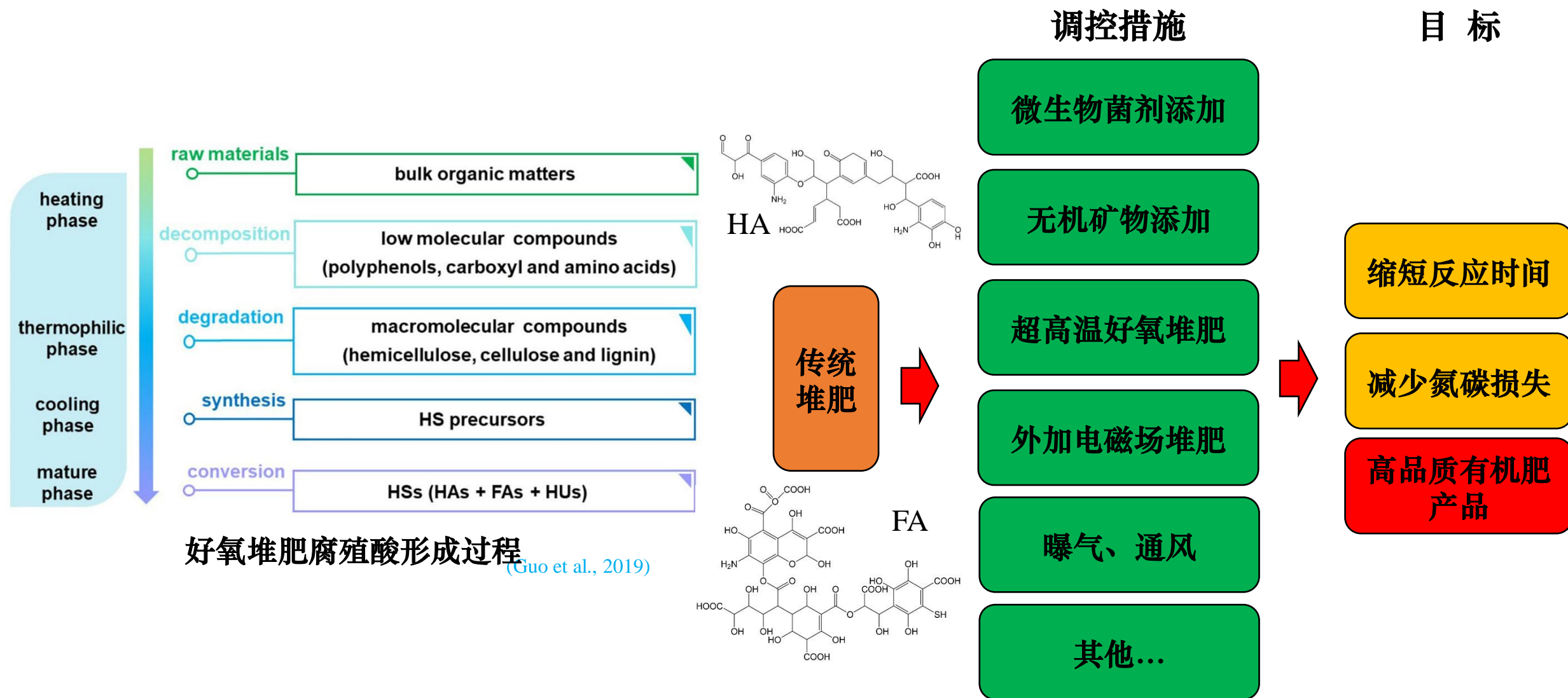
41.25-79.5%



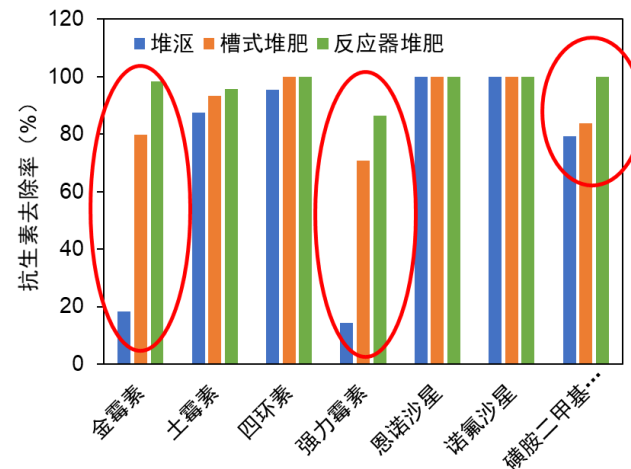
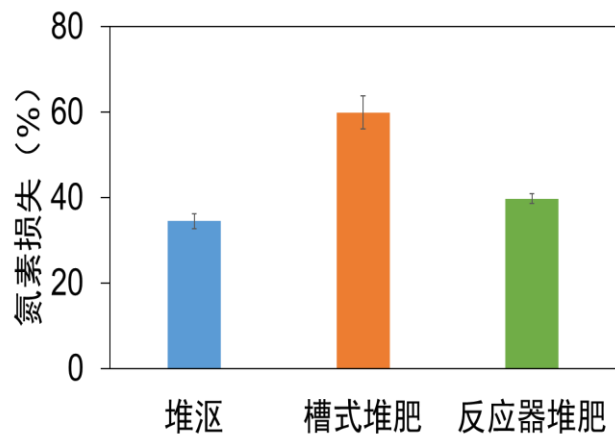
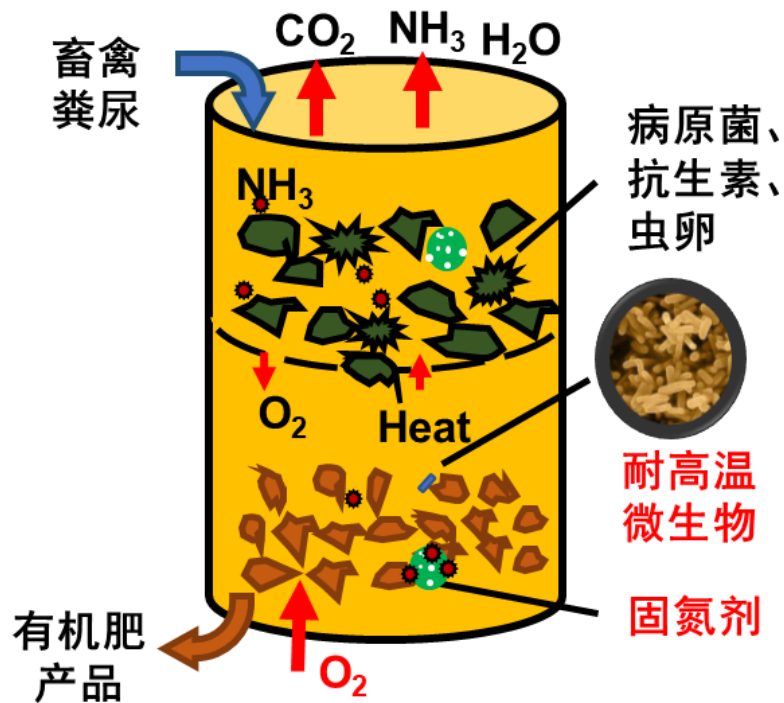
(Lu et al., 2019; Environmental Pollution)

- 全国212种商品有机粪中，重金属的含量分别为：435 mg kg⁻¹ (Zn)、103 mg kg⁻¹ (Cu)、9.28 mg kg⁻¹ (As)、0.67 mg kg⁻¹ (Cd)、11.2 mg kg⁻¹ (Pb)、0.21 mg kg⁻¹ (Ni) (Yang et al., 2017)。
- 浙江省219种商品有机肥中，抗生素的检出率超过63.9%；10%的产品施用可能会导致严重的环境污染 (Qi et al., 2016)。

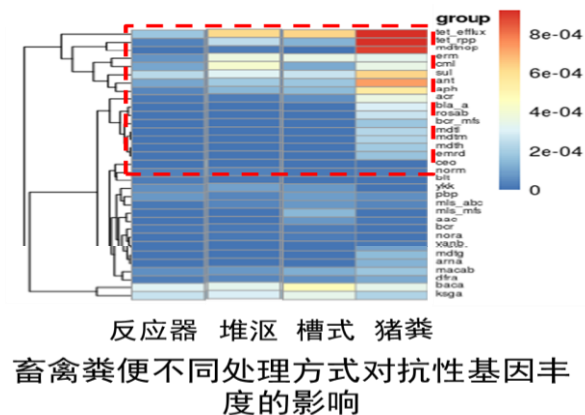
未来绿色、智能低碳的发酵技术与工艺将是主流



新型封闭式堆肥：立式密闭反应器智能堆肥技术

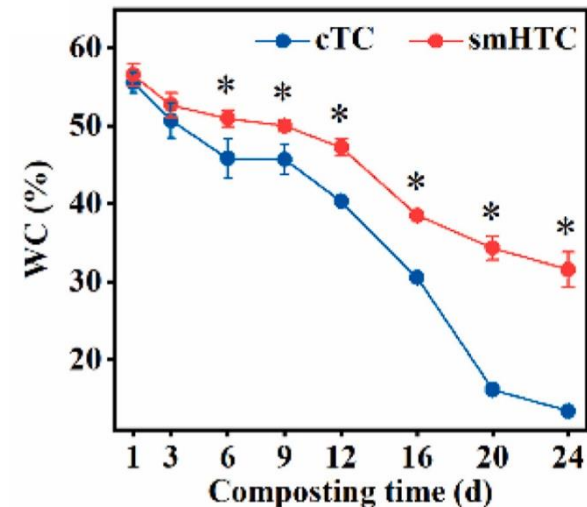
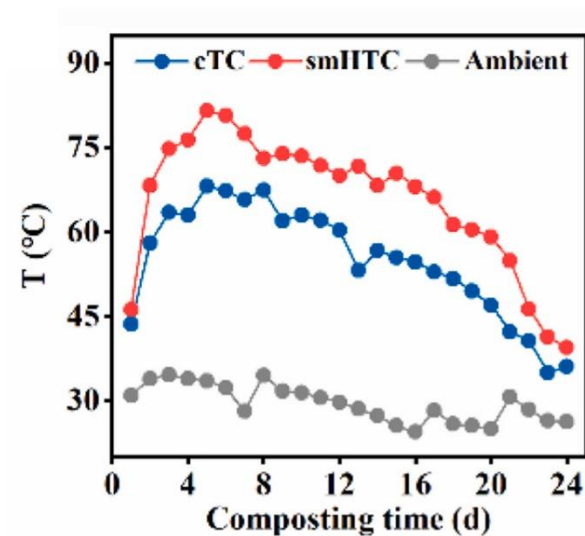


项目	商品有机肥指标 (NY525-2012)	反应器堆肥产品	槽式堆肥产品	堆沤产品
有机质 (%)	≥ 45	68.5	63.4	60.3
水分 (%)	≤ 30	22.5	45.8	59.7
酸碱度 (pH)	5.5~8.5	8.4	7.7	6.8
TN (%)		2.11	2.02	1.74

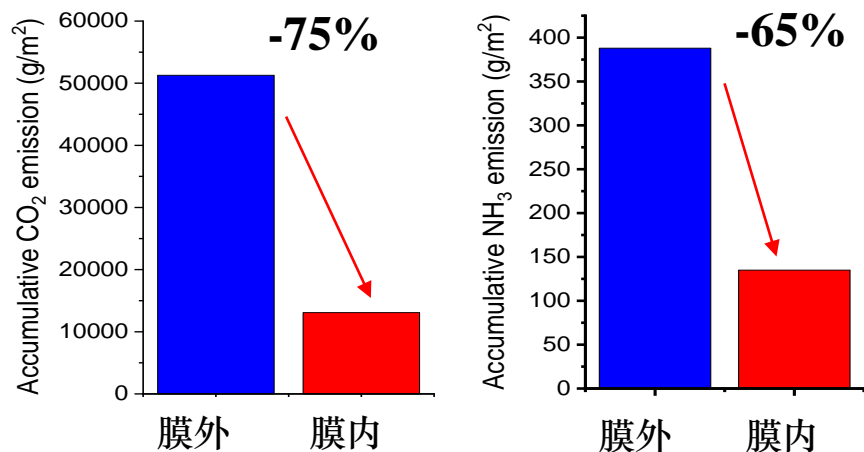


将储存和处理过程合二为一，通过调氧控温、理化固氮和微生物降解，实现粪尿处理时间缩短70%，氨气挥发减少34%，氮素养分含量提高15%-20%，抗生素及抗性基因降解率超过90%

新型封闭式堆肥：气流膜强化好氧堆肥技术



(Sun et al., 2022; JCLP)



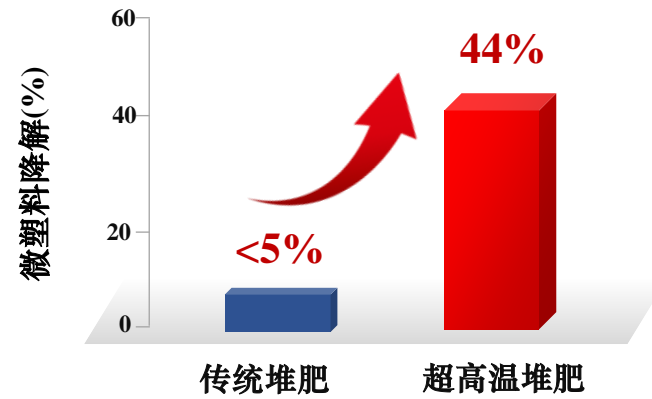
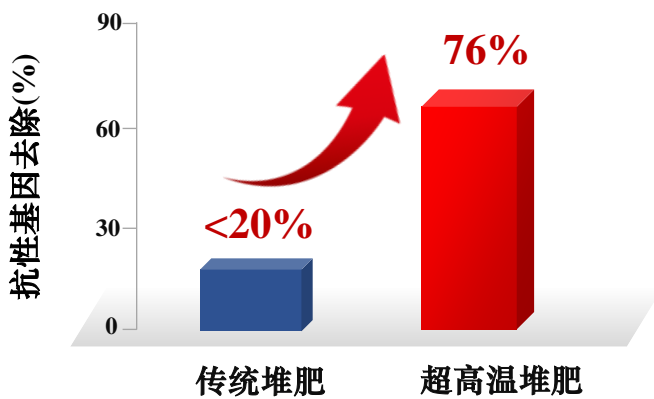
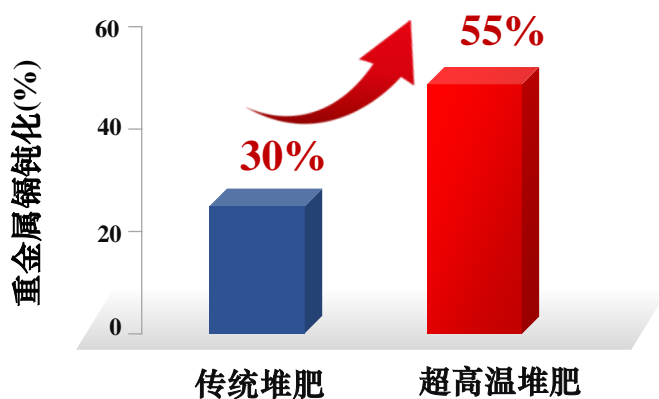
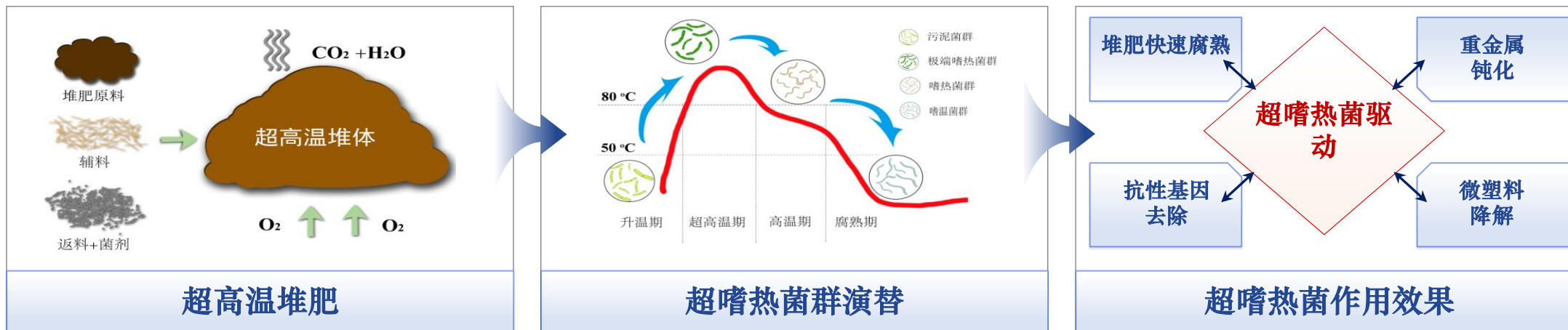
(Sun et al., 2018; JCLP)

□ 基于气流膜的强化好氧堆肥技术能够在显著缩短堆肥时间（16-20天即可腐熟）的同时减少NH₃和CO₂的释放。

不同好氧堆肥工艺有机肥生产成本比较

工艺	槽式发酵	罐式发酵	膜反应器系统
所需设备数量 (套)	1	40 m ³ / 1套	200 m ³ / 1套
设备成本 (万元)	24	118	20
发酵周期 (天)	40	7	20
基建成本 (万元)	13	0.08	1.4
基建折旧费 (元/天)	35.6	0.2	3.9
平均每天处理量 (m ³)	10	6	10
每天用电量 (度)	60	202	20
每天用电成本 (元)	30	101	10
每天所需人数 (人)	1	1	0.2
每天人工费 (元)	200	200	40
可使用寿命	10	10	8
设备折旧费用每天 (元)	72.7	357.6	75.7
菌剂每天费用 (元)	36	0	75
运行成本 (元/天)	374.3	658.8	205.6
平均每天产生有机肥成品 (吨)	5	3	5
有机肥生产成本 (元/吨)	74.9	219.6	41.1

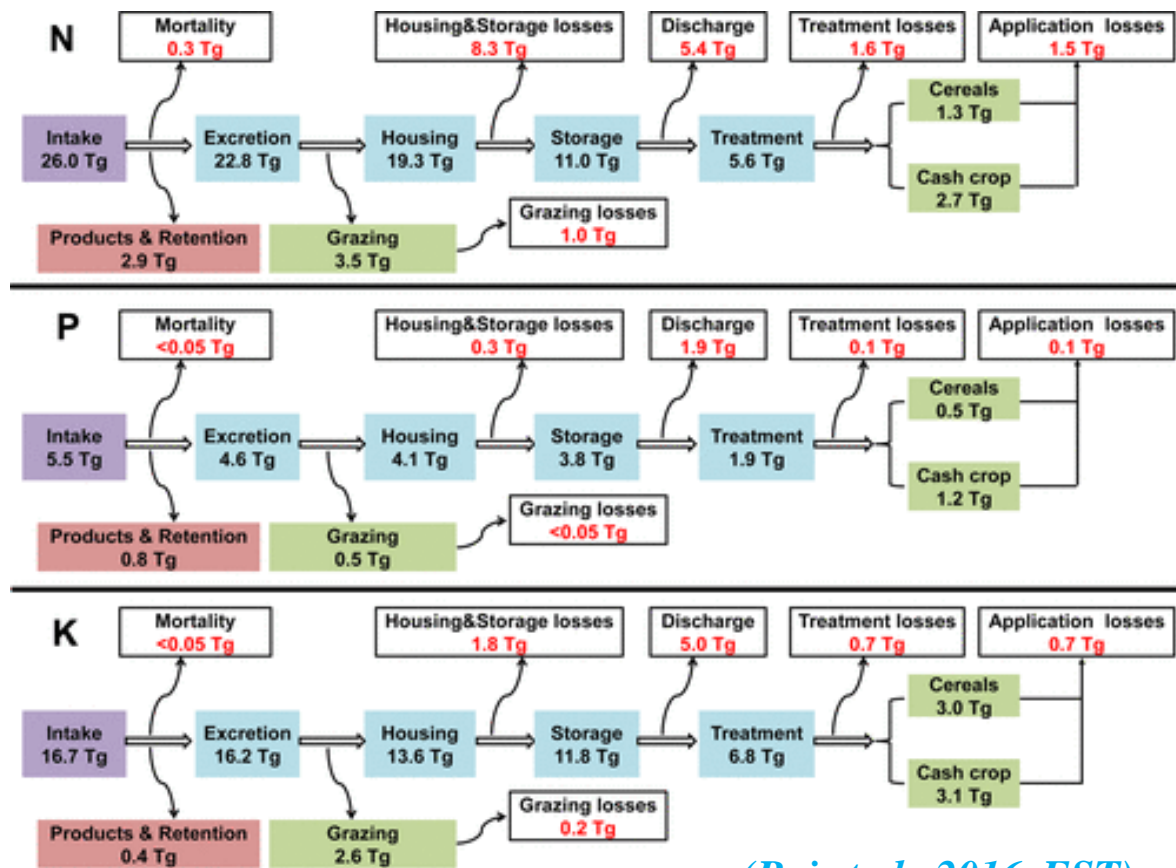
超高温好氧发酵技术相比传统堆肥技术优势明显



(周顺桂老师团队报告)

- 堆肥周期 ↓ 30-40%，辅料添加量 ↓ 75%，运行成本 ↓ 45%以上；
- 氮损失 ↓ 40%，重金属活性 ↓ 10-30%，抗生素 ↓ 95%，强化了腐殖质的合成。

运行模式问题：现有“收运-储存-处理-施用”模式养分损失大

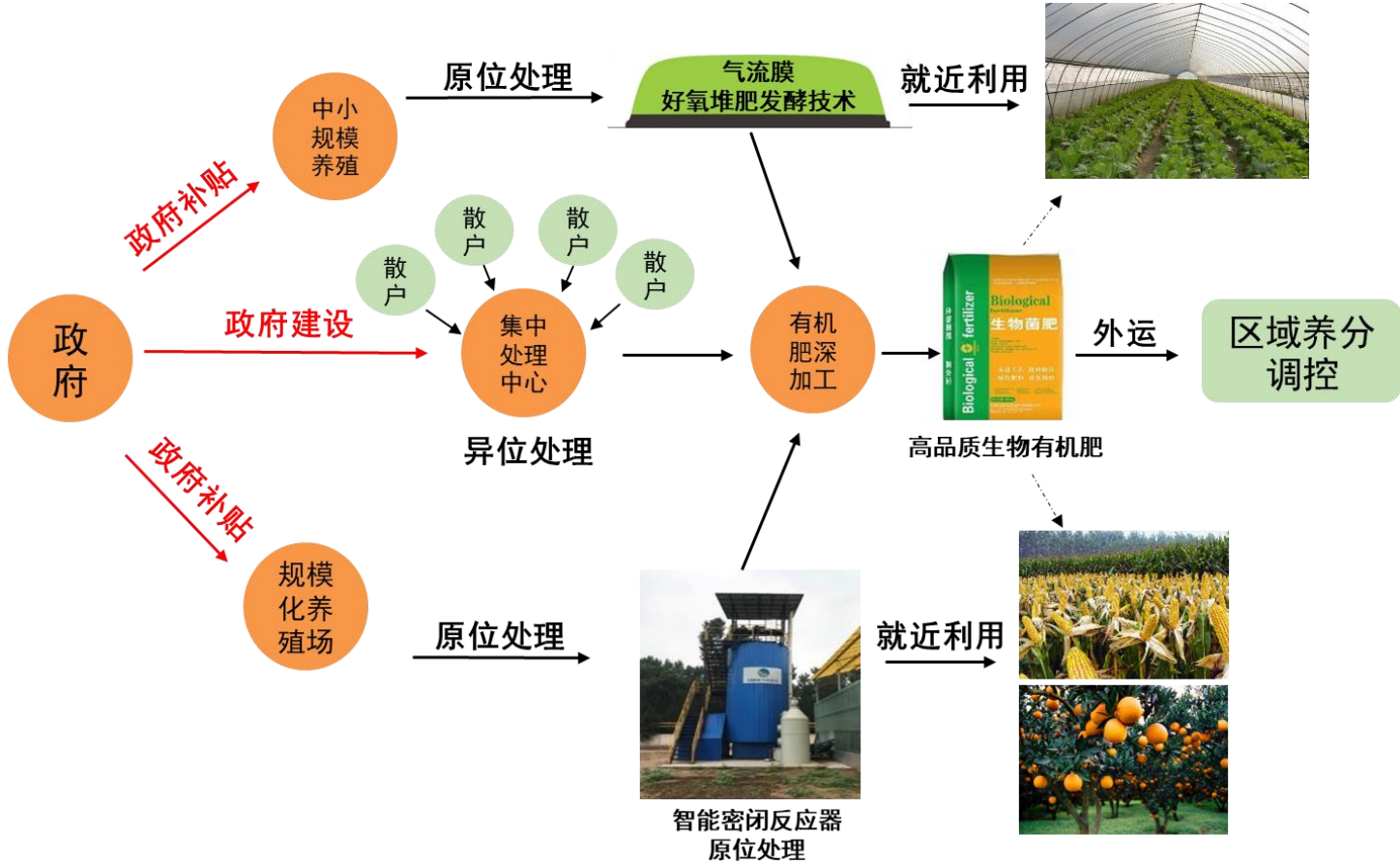
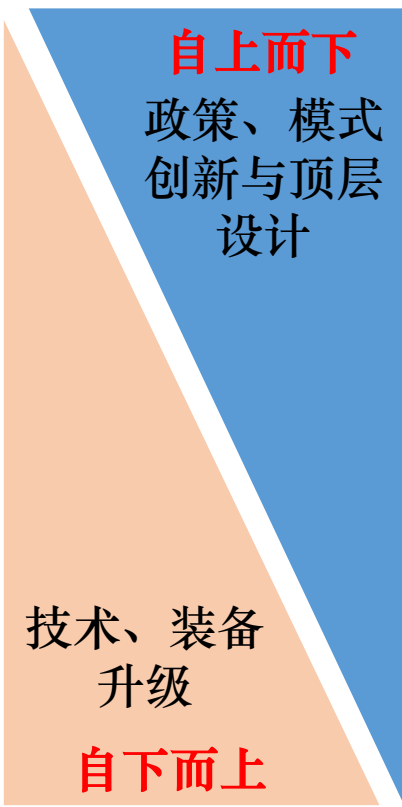


(Bai et al., 2016, EST)



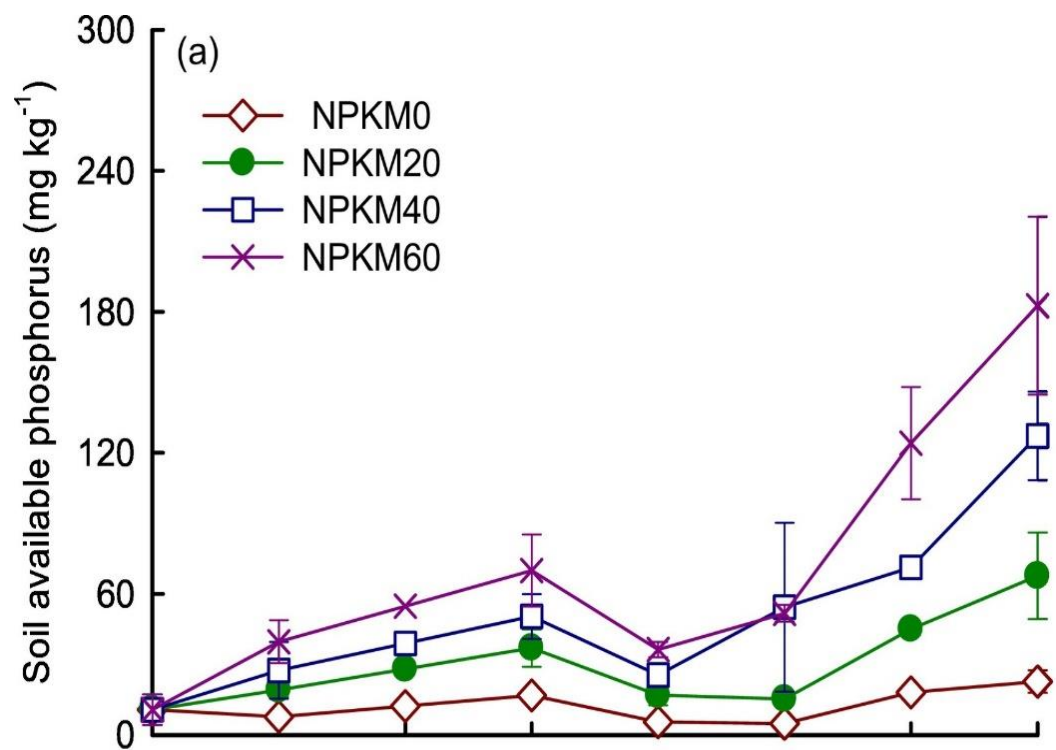
- 畜禽粪便中80%的氮、60%的磷、55%的钾在“收集-储存-处理-田间施用”环节损失；
- 其中“收-储-处”环节的损失量占全部损失量的90%以上。

升级运行模式：“就近（预）处理与利用、分散与集中结合”模式

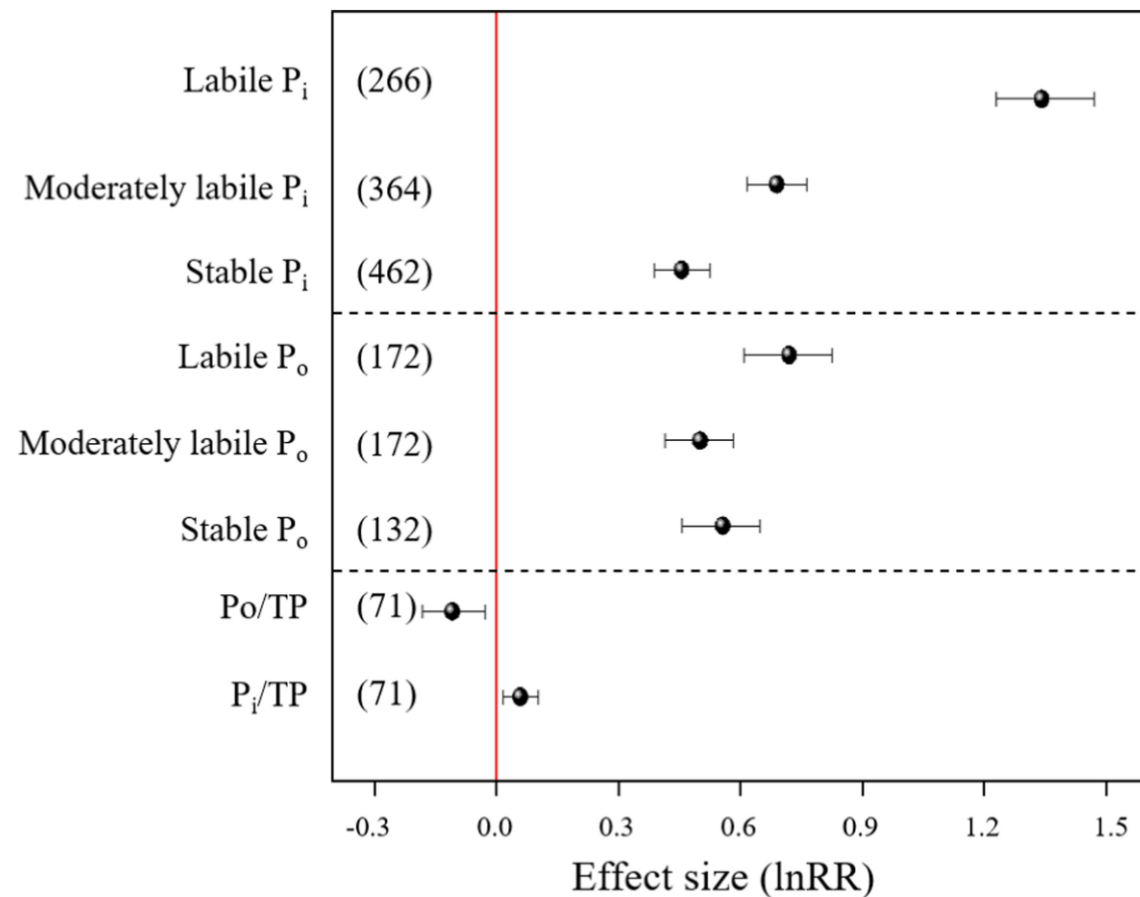


- 考虑到原料来源、农业生产应用等因素，有机肥厂实现盈利的辐射范围在50-100km；
- 因地制宜的选用分散式、分散+集中以及集中处理的模式可有效增加收益；
- 有机肥销售和农业生产社会化服务相结合是有机肥产业高质量发展的趋势。

有机肥施用环节存在的问题1：有机肥养分失衡，土壤磷累积



(Cai et al., 2021; Science of the Total Environment)



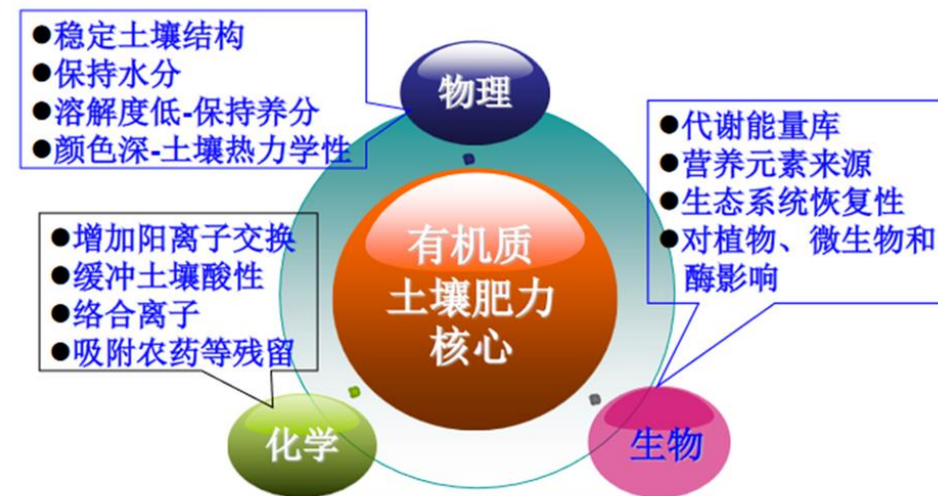
(Wei et al., 2022; Journal of Environmental Management)

□ 有机肥中N:P比一般为2-5:1，低于作物N:P的吸收效率，导致磷在土壤中的累积并提高了土壤中有效磷的含量，增加农业面源污染风险，同时影响作物品质，导致缺素的发生；

□ 解决有机肥产品的科学性问题，科学优选原料以实现作物养分的平衡供应。

有机肥施用环节存在的问题2：产品缺乏靶向性，功能性不强

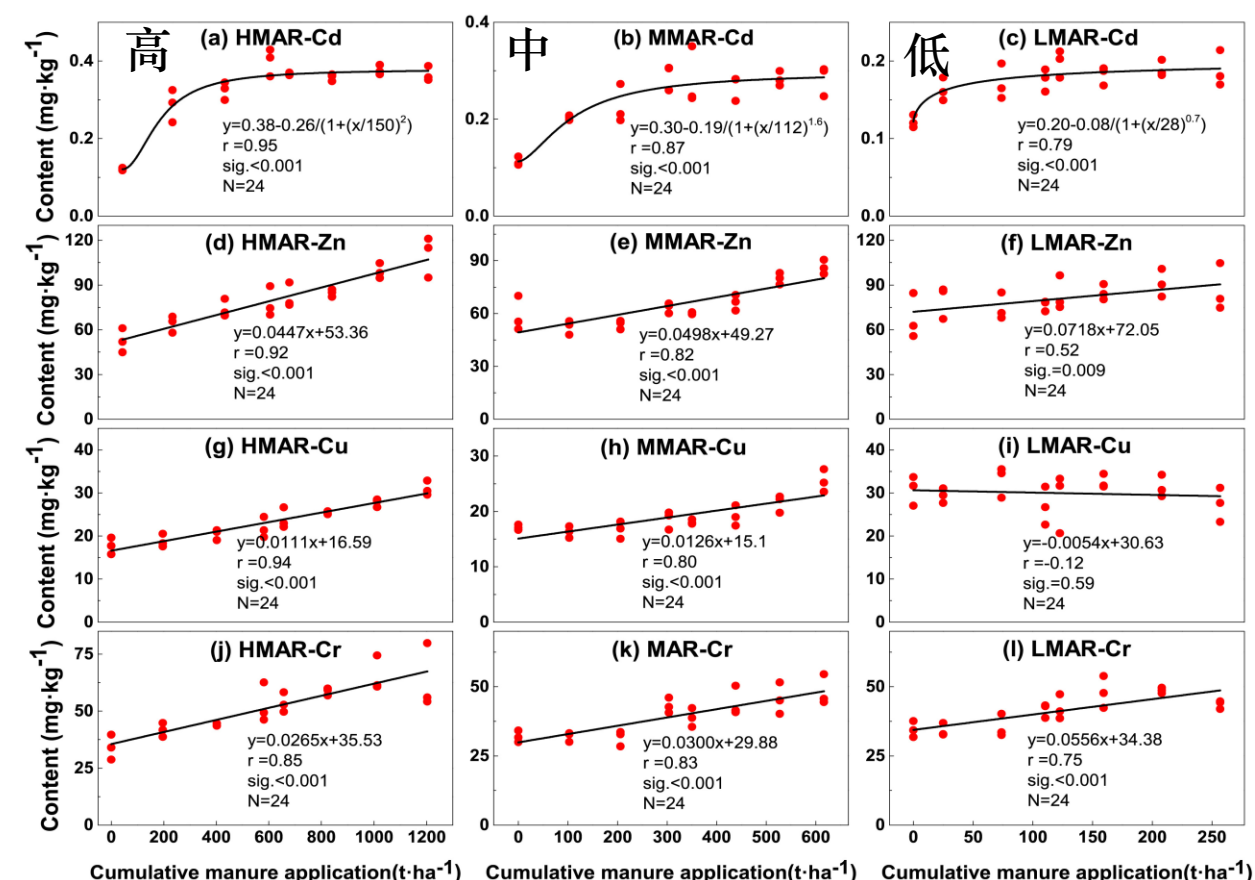
绿色智能肥料-5大内涵



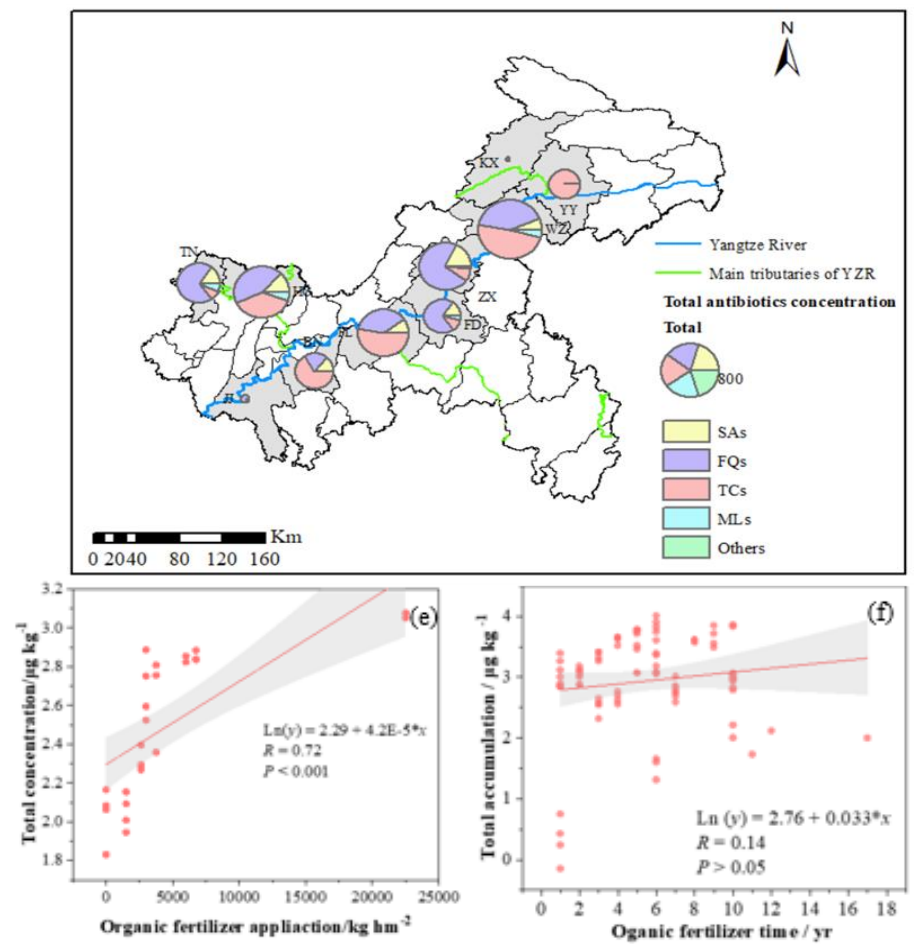
(徐明岗报告, 2020)

□ 缺乏针对特定作物和特定土壤的有机类肥料产品设计，有机肥施用的作用效果机理不清，产品功能性不强，是亟待解决的问题。

有机肥施用环节存在的问题3： 污染物累积导致农田土壤污染



(Zhen et al., 2020; Environmental Pollution)



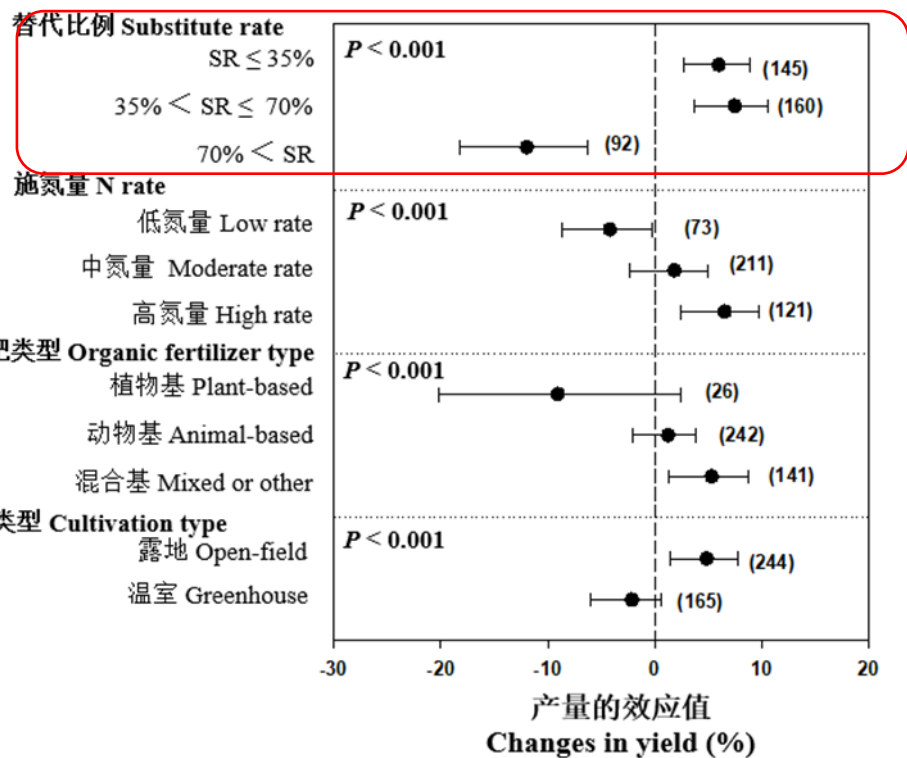
(Fang et al., 2023; Environment Research)

高的有机肥施用更容易导致土壤中重金属的累积，施肥量的增加导致更多的重金属和抗生素等污染物的累积；

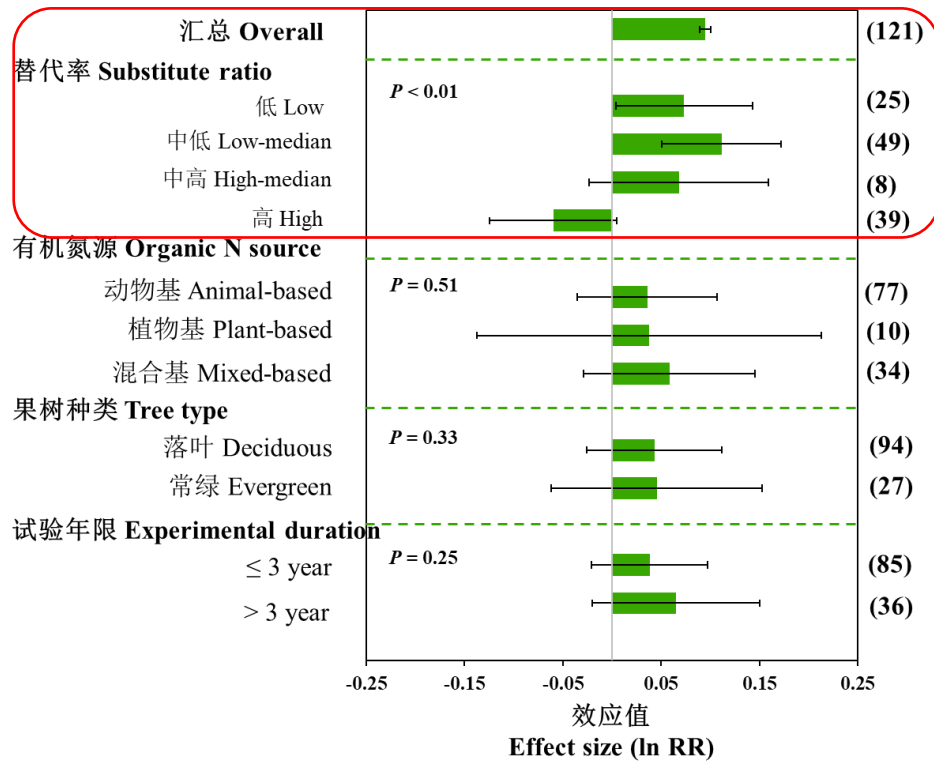
提高污染物去除效率，提高有机肥施用的安全性（安全性）。

有机肥施用环节存在的问题4：经济作物有机肥替代比例不清

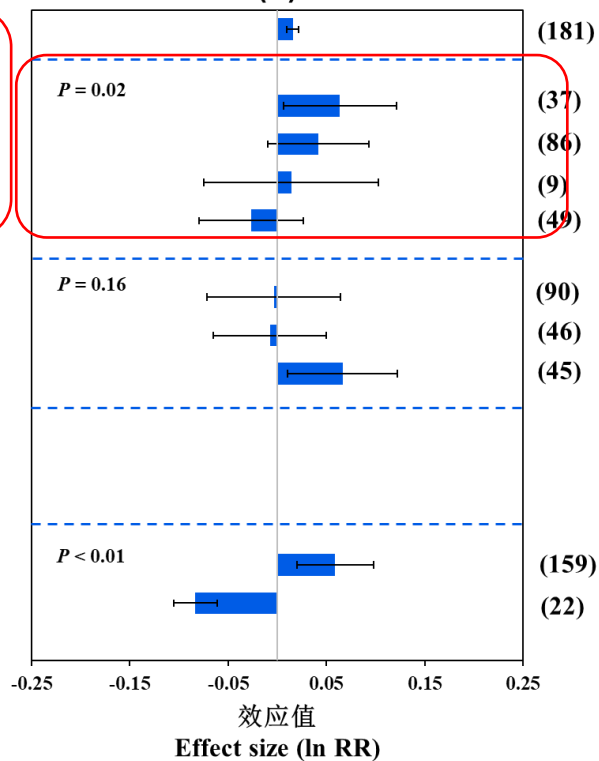
蔬菜



果园



茶园



有机肥替代比例 (SR) ≤ 70%

蔬菜产量较单施化肥提高了5.5-5.6%

中、低 (25-50%) 替代率下

果园增产最高 (12%)

在低 (≤ 25%) 替代率下

茶园实现增产 (6%)

有机肥施用环节存在的问题5： 农户有机肥施用意愿不强



有机肥的施用费工、费时、废力
有机肥投入产出比较差



□ 不愿用——成本过高、不会用——知识缺乏、不敢用——假冒伪劣，是农户有机肥施用意愿不强的主要原因；

□ 在解决有机肥安全性、功能性和靶向性的同时，设计便于施用的有机肥产品、研发有机肥配套施用装备，提高农户有机肥施用意愿。

有机肥施用环节问题解决对策

开发安全性/有效性/独特性高增值产品

开展有机肥经济、农学、生态效益评估

研究主要经济作物科学施用有机肥技术

研究有机肥与施肥器具配套设备及技术

政产学研用一体化形成合力推广有机肥

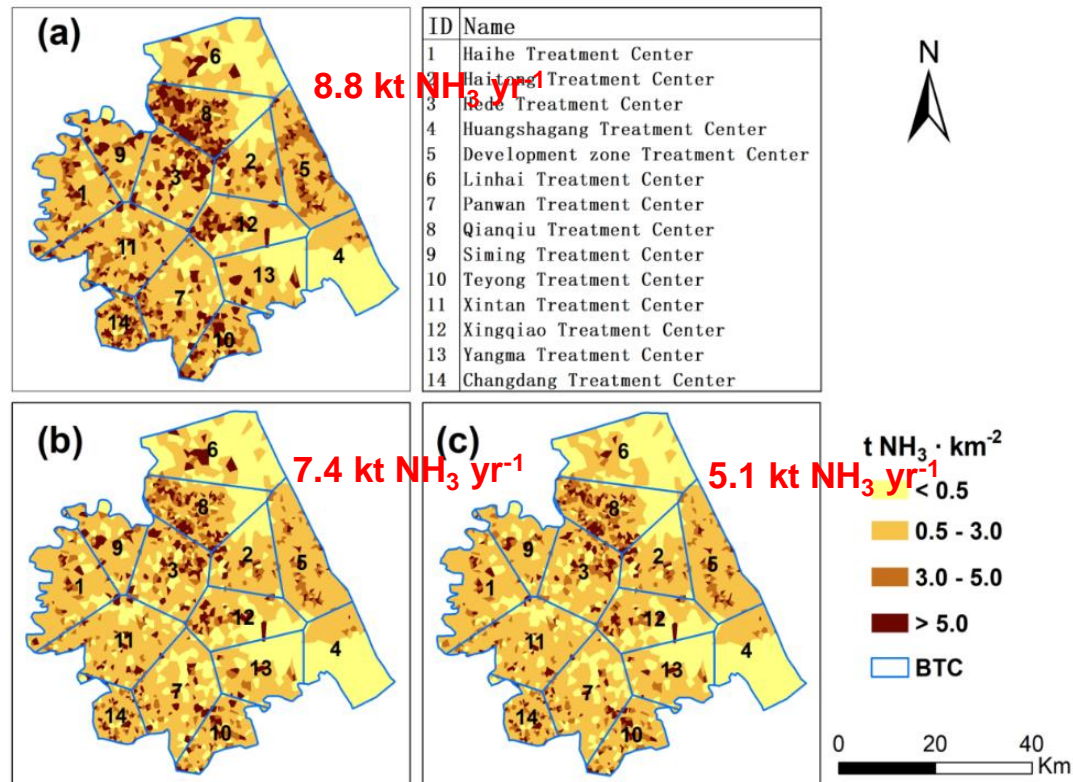
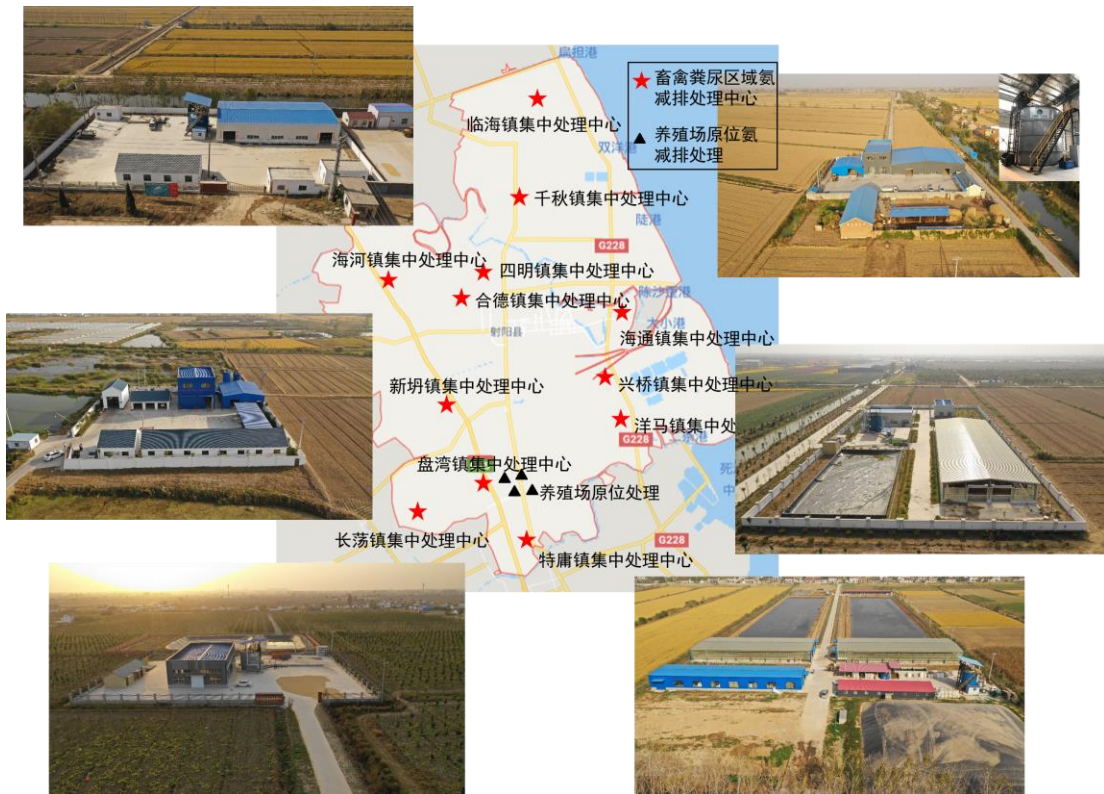
报告内容

- 1、有机肥产业融入川渝现代高效特色农业机遇与挑战
- 2、有机肥行业融入川渝现代高效特色农业问题与路径
- 3、有机肥行业融入川渝现代高效特色农业思考与建议



**有机肥产业融入川渝现代高效特色农业是系统工程
需要研究并借鉴已有典型模式，因地制宜创新模式**

畜禽粪尿资源化全县推进 “射阳模式” (政府主导)



(Wang et al., 2021, EP)

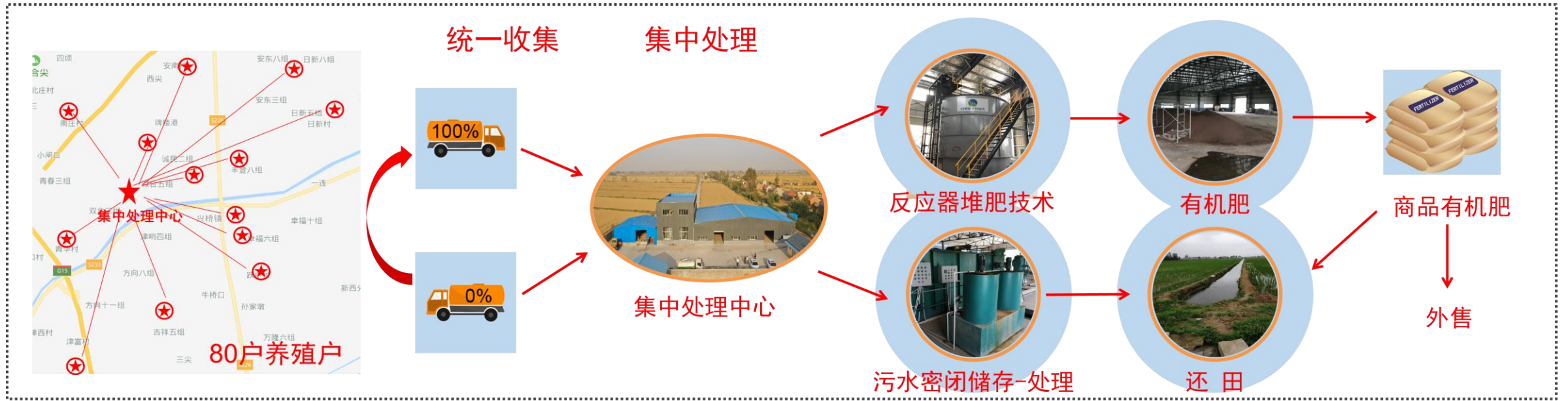
- 以密闭反应器堆肥技术为核心，政府投资建成养殖户原位处理20多个、14个集中处理中心；
- “一场一罐+原位处理”和“统一收集+集中处理”相结合整县推进养殖粪污资源化利用技术，可实现全县氨减排42%

集约化养殖场 “一场一罐+原位处理” 模式



项目所在地：射阳县盘湾镇裕丰村一家蛋鸡养殖场
养殖规模：存栏3万羽蛋鸡，固体粪便2-3吨/天

养殖户密集区 “统一收集+集中处理” 模式



射阳县兴桥镇养殖及处理中心概况

兴桥镇共有养殖场/户103户，处理中心占地约3300 m²，总投资600万元

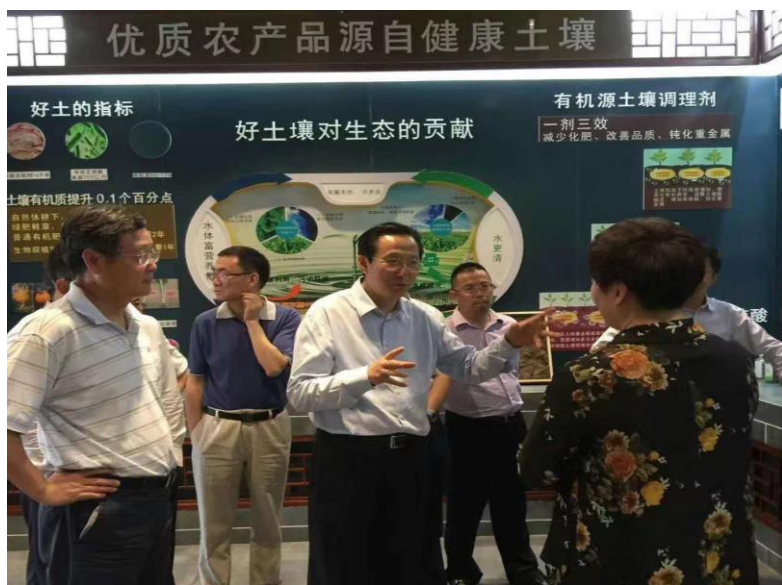
具备有机肥原料生产能力具备2000吨/年，由政府建设-公司运行-农户配合运营

现已与80户养殖户签订协议，日处理粪污40-50吨，达全镇粪污总量的65-80%，年产有机肥1500吨采用地下密闭储存+反应器堆肥处理技术模式，处理中心粪污处理成本56元/吨，有机肥生产成本150元/吨

耕地质量提升“5+1”综合服务“蒲江模式” (有机肥企业与商业结合)



耕地质量提升 “5+1” 综合服务 “蒲江模式”



农业农村部部长韩长赋到访点赞点赞



助力成都荣获第四届保尔森可持续发展城市奖

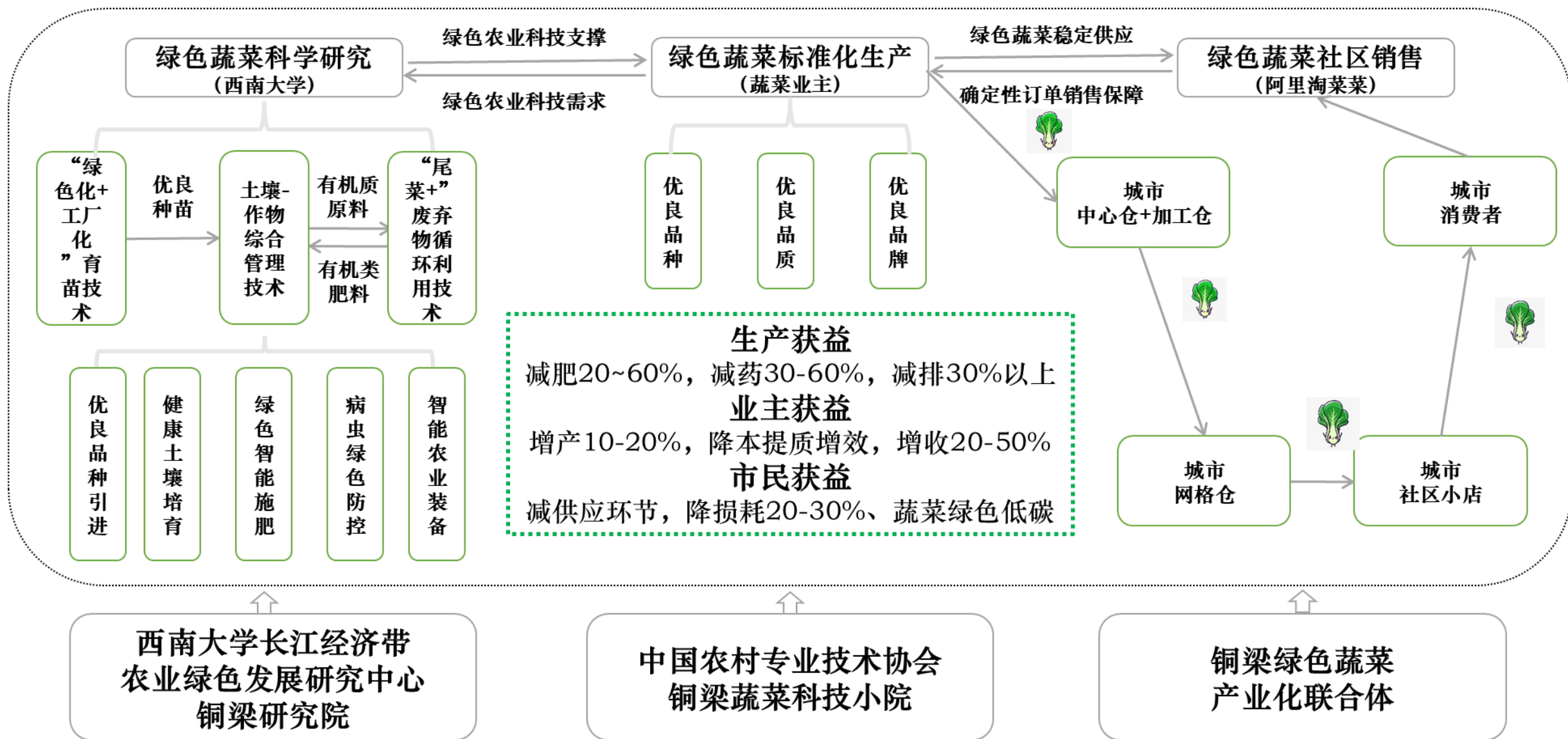
耕地质量提升 “5+1” 综合服务 “蒲江模式”

四川蒲江国家级有机农业示范县



□ 随着土地改革政策推行，农田规模化加速，农业服务逐渐成为新商业，未来的有机肥将不再是一个产品存在，或许会成为农资供应链中一个连接器，提升农业服务的价值。

研产销一体化蔬菜全产业链绿色发展“铜梁模式” (校企地融合)



研产销一体化蔬菜全产业链绿色发展“铜梁模式”

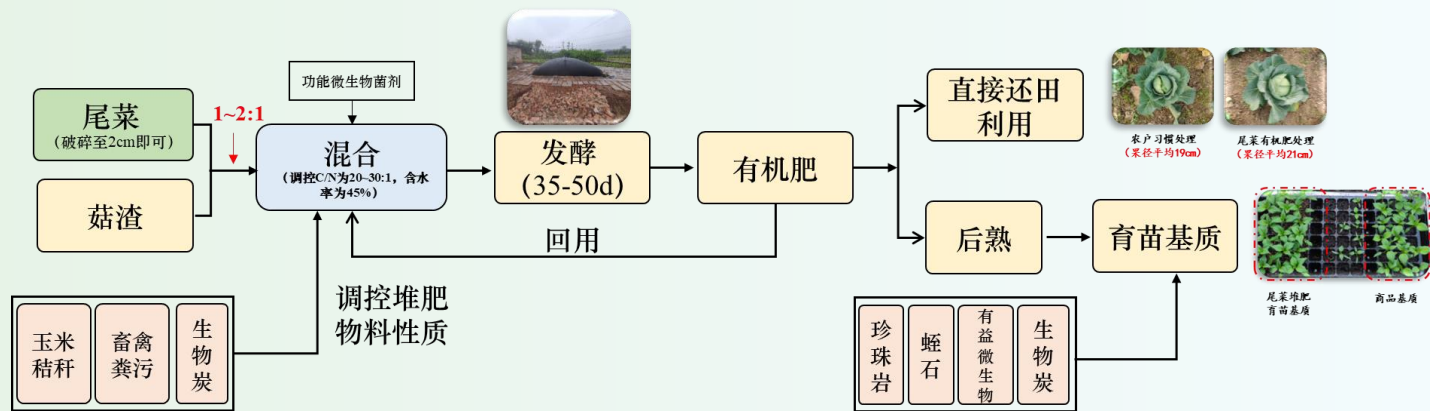
“尾菜+”资源化循环利用示范工程

铜梁尾菜处理现状



铜梁区：
尾菜量 37万吨/年
尾菜扔弃（高降水→环境污染大）
直接还田→加剧病虫害发生

“尾菜+”资源化循环利用技术模式



- ◆ 环境友好：氨减排超过30%，堆肥全程无明显恶臭产生；
- ◆ 养分利用率高：尾菜养分高效利用，碳、氮、磷和钾的利用率可达65%、65%、95%和90%；
- ◆ 产品品质好，适用性广：尾菜资源化产品发芽指数高，可以用于土壤改良和育苗基质，促进菜地可持续生产。

研产销一体化蔬菜全产业链绿色发展“铜梁模式”

扎根生产一线的铜梁科技小院，从全国224个小院中脱颖而出 作为唯一的蔬菜小院，荣获中国农技协“十佳科技小院”称号

23万+

常驻小院，日积月累
撰写工作日志432篇、字数



23个

科学研究，成果转化
标志性科研成果再创新，开展科学实验数



10万+

深入调研，数据说话
累计铜梁绿色农业数据条数



10000+亩

产业服务，顶天立地
参观接待245次，服务绿色蔬菜面积



3个

平台建设，夯实基础
研究院、科技小院、产业化联合体平台数



8人

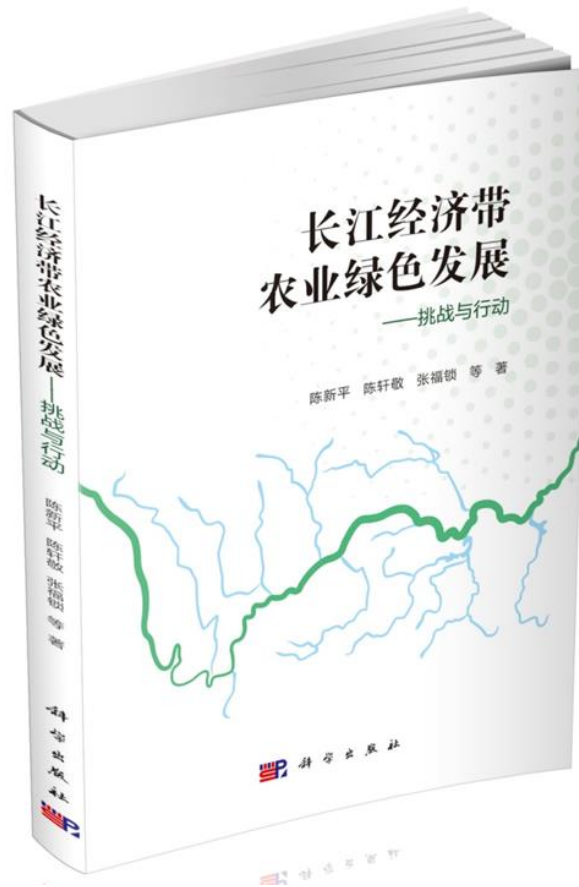
人才培养，理实兼备
联合培养基地培养“一懂两爱”新农人

研产销一体化蔬菜全产业链绿色发展“铜梁模式” 被作为经典案例写入科学出版社《长江经济带农业绿色发展——挑战与行动》专著向全国推广

携手“淘菜菜”护送低碳蔬菜“走出”田间“直达”餐桌



校企地合作创新研产销一体化
蔬菜全产业链绿色发展“铜梁模式”

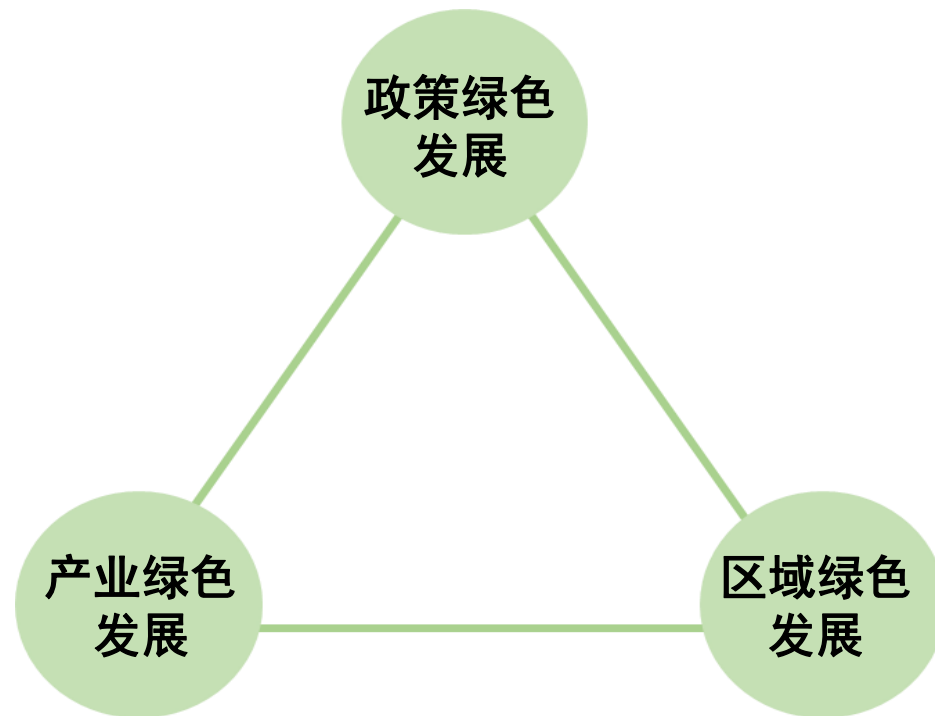


被新华社、人民日报、重庆日报
等30余家权威媒体报道60余次

建议：校企地合作创新成渝现代高效特色农业发展模式

团队建成11个科技小院，推动政策、产业、区域绿色发展
并一直在探索西南山地农业绿色低碳发展与乡村全面振兴道路

序号	小院名称
1	中国农技协重庆铜梁蔬菜科技小院
2	中国农技协重庆忠县柑橘科技小院
3	中国农技协四川丹棱桔橙科技小院
4	四川美丰南部柑橘科技小院
5	四川美丰射洪酒粮科技小院
6	云天化云南勐海香米科技小院
7	云南褚橙科技小院
8	云南洱海蔬菜科技小院
9	贵州湄潭茶叶科技小院
10	中国农技协重庆永川梨科技小院
11	重庆铜梁桑枝高值利用科技小院



新华社、人民日报、重庆日报、重庆卫视等30余家媒体报道80余次
全国农业专业学位研究生实践教学成果一等奖1项，教育部A级赛事特等奖1项、一等奖1项
中国农技协全国十佳科技小院1项、最美科技工作者1人

期待合作，谢谢！

