



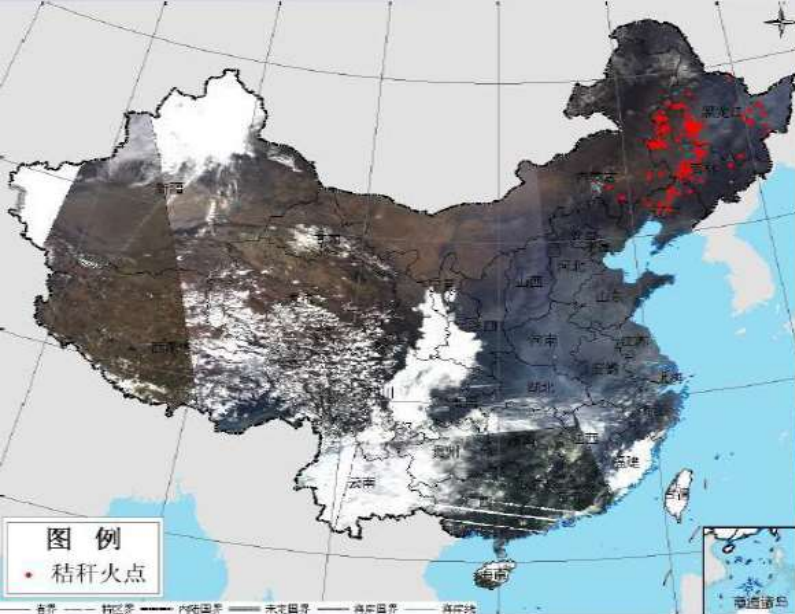
黑龙江省农业科学院农村能源研究所
Rural Energy Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences

东北地区秸秆综合利用 策略与技术

刘 杰 博士/研究员

黑龙江省农业科学院农村能源研究所

2018.08@哈尔滨



秸秆焚烧污染空气，雾霾严重，2017年，黑龙江因秸秆焚烧产生的火点及热敏感点总数就高达27714个。雾霾当天，PM2.5颗粒污染物浓度峰值最低最高如佳木斯，竟达到了1139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2017年11月5日秸秆燃烧火点图

2014-2016年11月2日-8日秸秆焚烧火情

	黑龙江	吉林	辽宁	合计
2014	413	86	70	569
2015	663	119	54	836
2016	580	43	6	629



2017年11月，环保部联合黑龙江省政府约谈省农委和哈尔滨、佳木斯、双鸭山、鹤岗4市主要负责人，

报告提纲

1

东北地区秸秆综合利用现状

2

秸秆综合利用的问题与对策

3

寒地秸秆五化综合利用技术

01
PART ONE

东北地区秸秆 综合利用现状

一、东北地区秸秆综合利用现状

1、资源特点——分布集中数量大

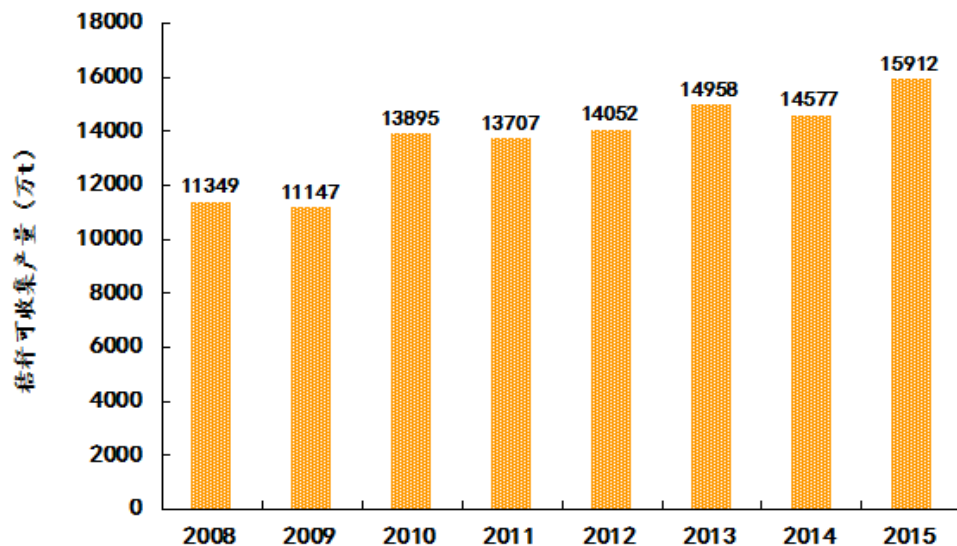


图1 2008-2015年东北三省主要作物秸秆可收集产量

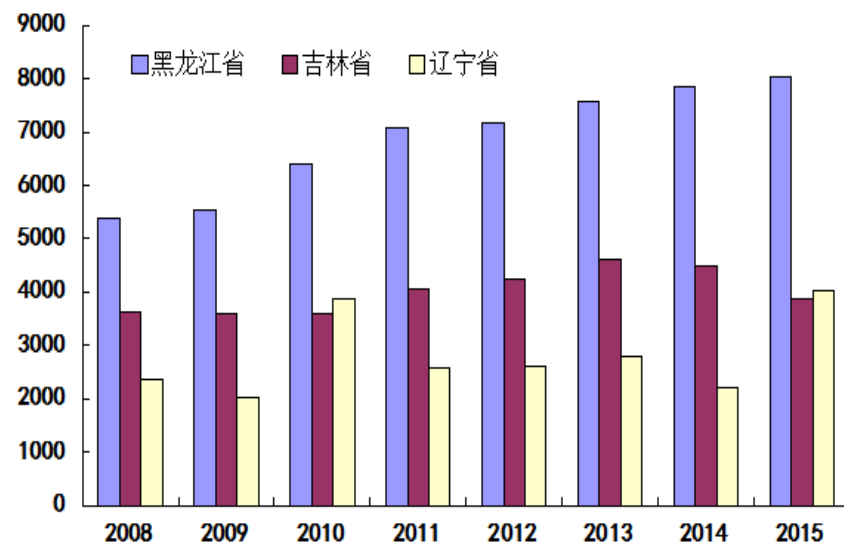


图2 东北各省份主要作物秸秆可收集产量

2015年，辽宁、吉林、黑龙江粮食总产分别为400.5、729.4和1400亿斤，东北三省可收集秸秆产量达到1.60亿t，其中黑龙江省占东北三省秸秆产量的50%以上。

秸秆资源分布

- 作物种植布局呈现出集中连片趋势，秸秆分布也从种类和数量上日趋集中。
- 集中的资源分布态势为秸秆的综合利用提供了有利条件。

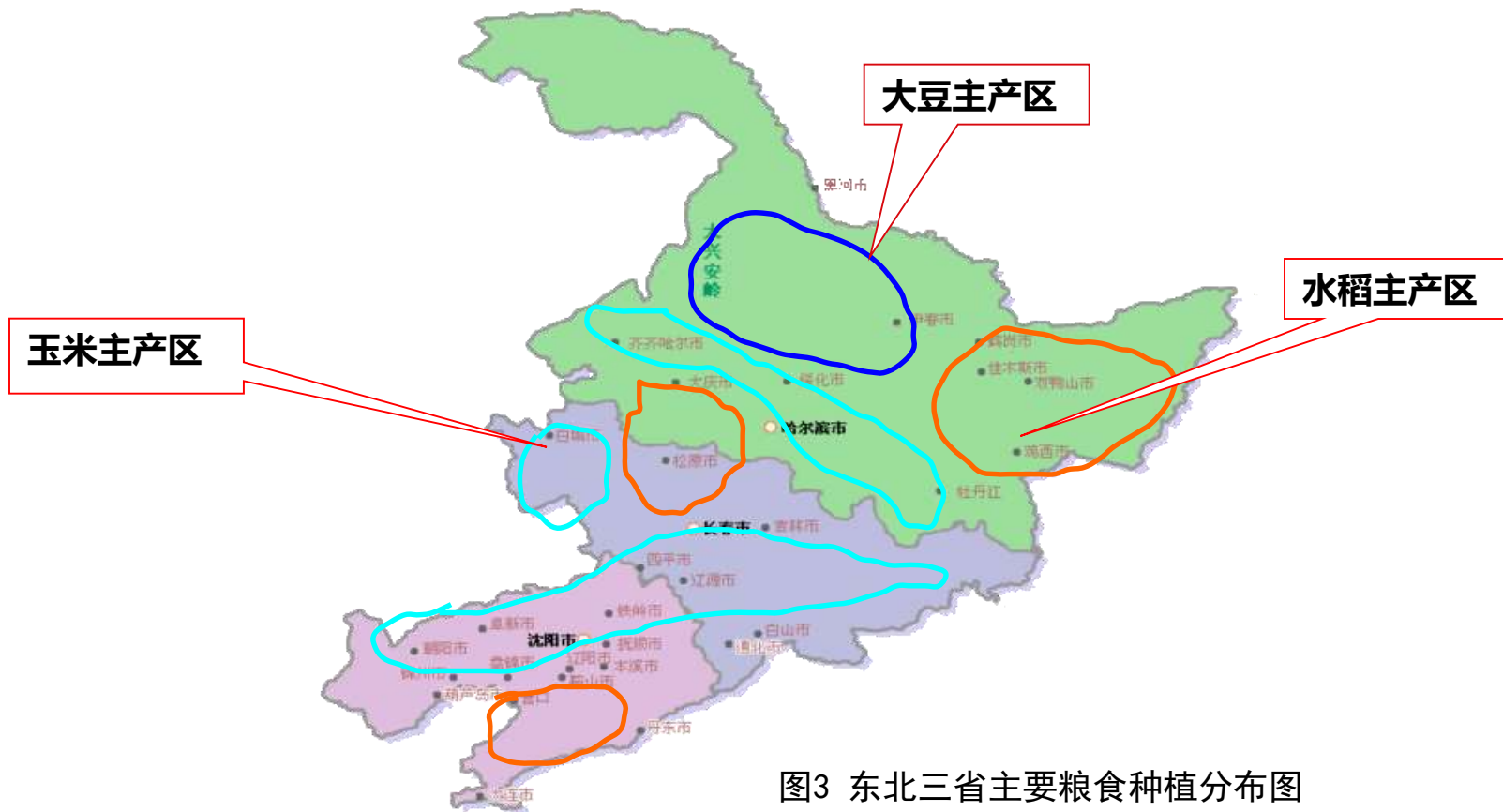


图3 东北三省主要粮食种植分布图

利用方式简单效率低

- 东北三省人均消费秸秆用量分别达到辽宁**522.4kg**、吉林**995.9kg**、黑龙江**858.5kg**。
- 秸秆综合利用率仅为**63%**。

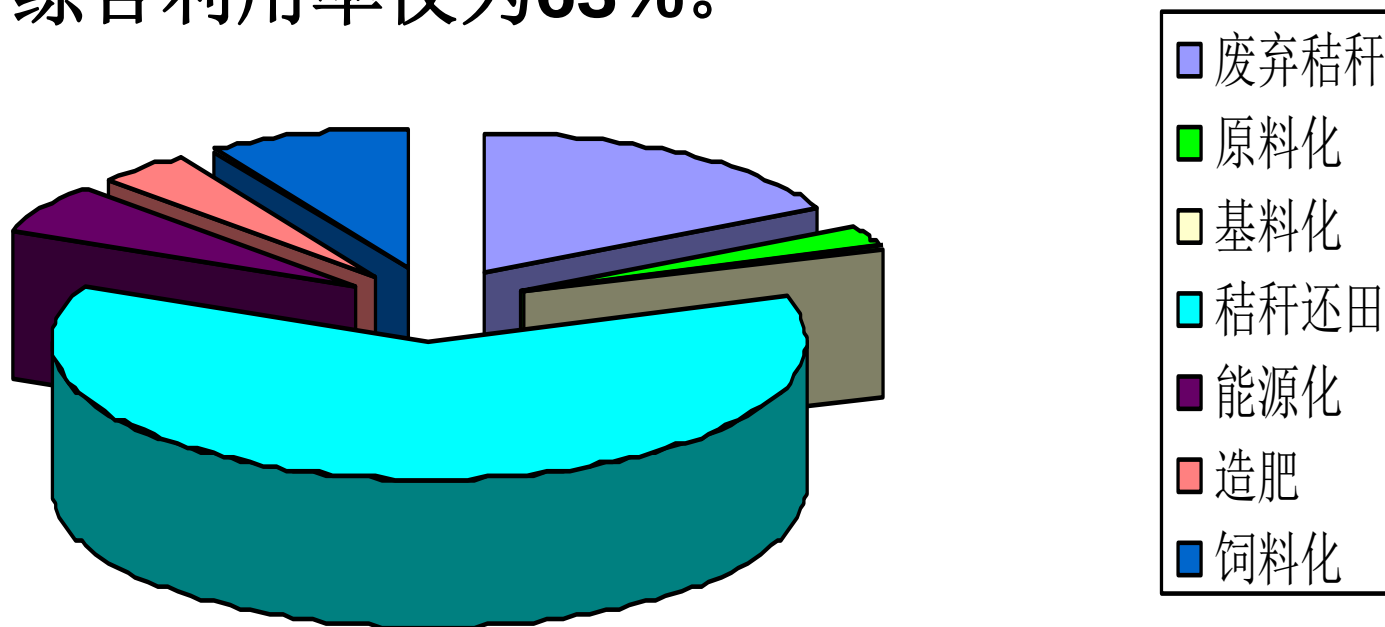


图4 2017年黑龙江省秸秆利用状况调查

利用方式简单粗放 $\Rightarrow$ 低效率/低效益 $\Rightarrow$ 污染严重

- 家庭直接燃用，能源利用率只有10-15%。
- 秸秆直接喂食，养分吸收率只有15%-18%。
- 秸秆简单直接还田，影响下茬作物生产。
- 秸秆焚烧污染空气。 **雾霾严重时，PM2.5浓度高达1200ppm。**





VS



土暖气单位燃料PM2.5排放量是大型锅炉10倍以上

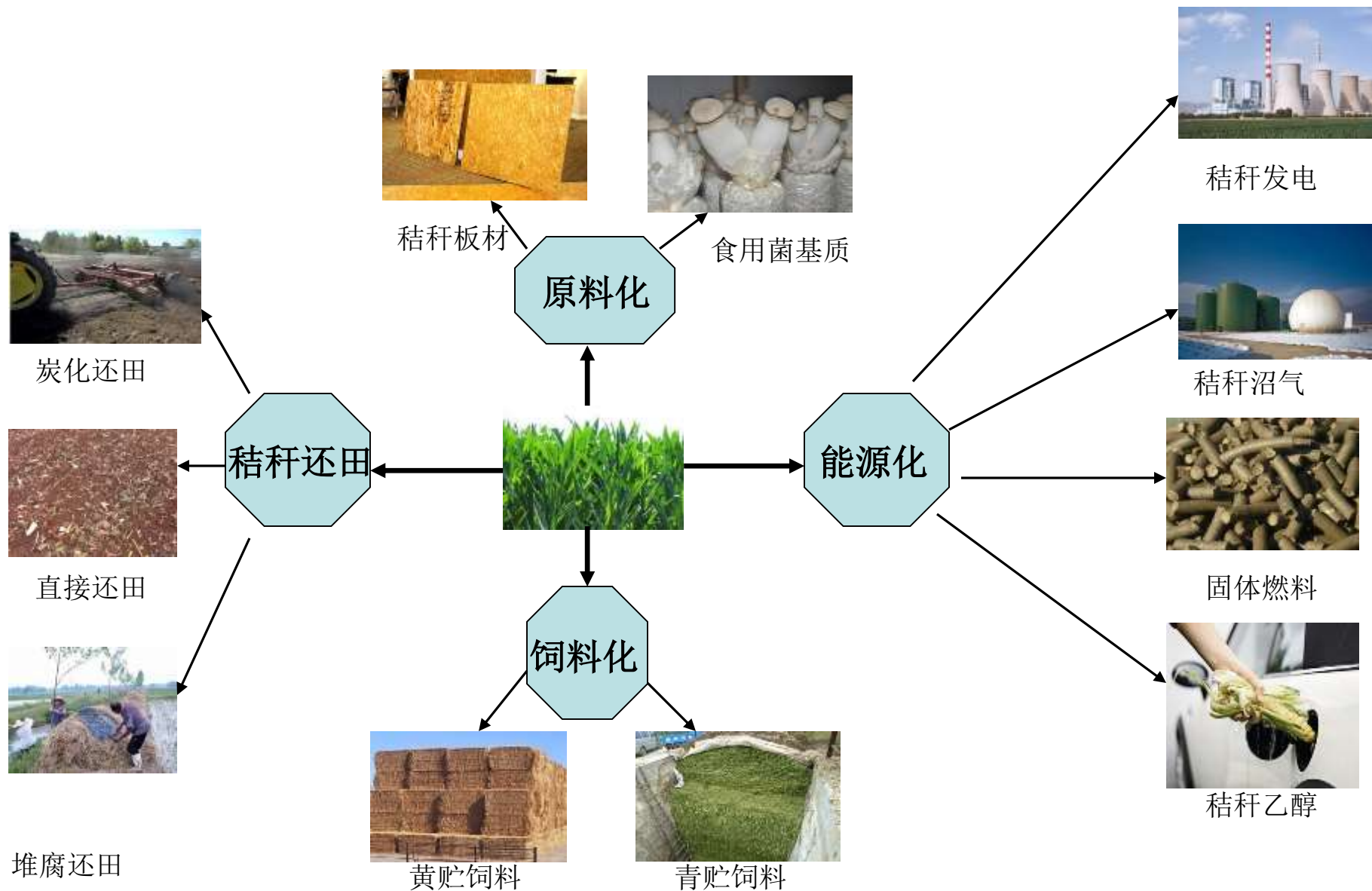


落后的生活用能方式造成严重的室内空气污染，对妇女儿童身体健康造成严重损害。

中国农村的室内空气污染，每年造成38万人的死亡，现在是解决这个问题的时候了。

美国科学院院士 Kirk Smith, Kicking the coal habit, Nature, Vol. 454, p391, 2008

利用途径多样潜力大



2、成因分析

1) 农业生产方式变革——种养分离

- 传统小农户的种养结合生产模式逐渐被规模化的现代农业所替代，农区秸秆过剩，牧区秸秆饲料匮乏。
- 尤其是新型农业主体出现更加剧了这种趋势。



2) 结构性因素主导的高产农业导致秸秆产量激增

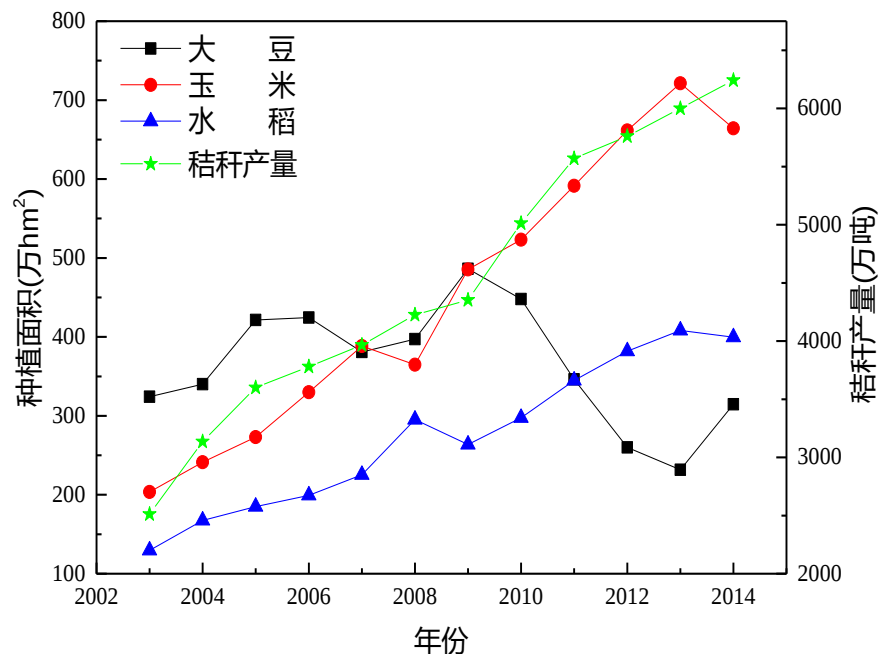


图5 黑龙江省三大作物种植面积变化

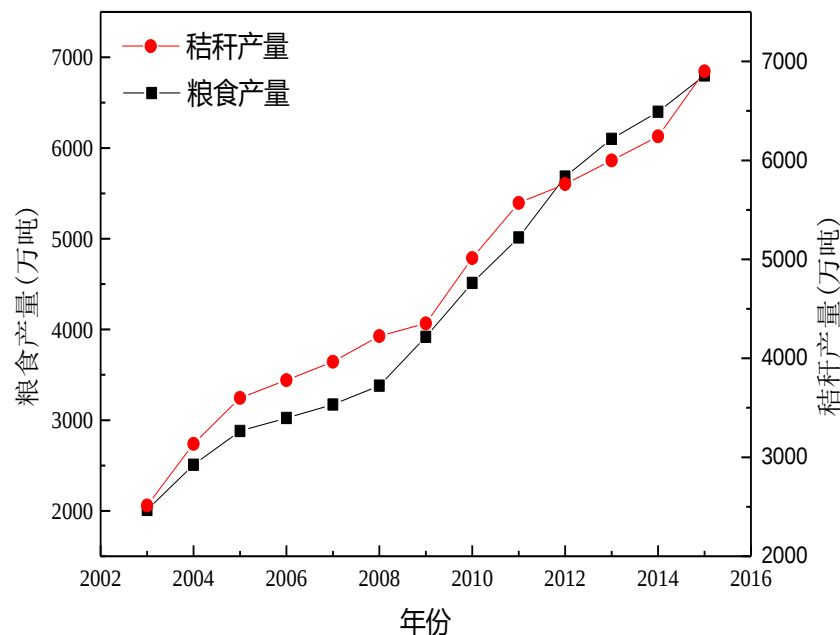


图6 黑龙江省粮食与秸秆产量状况

负面效应：

- 1) 农田生态系统长期高强度输出
- 2) 大量的农业废弃物导致资源浪费和环境污染

染

02
PART TWO

秸秆综合利用 的问题与对策

一、存在问题

1、技术装备问题

- 质地松散、体积大、易虫蚀，易燃
- 作物活秆成熟，水分超过35%，易霉变和腐烂
- 越区种植，晚熟品种在早熟区种植
- 一年一季，收获期集中、气温偏低



收储运问题

主要秸秆收储运模式

收储运模式	实施主体	优点	缺点
分散型	农户/经纪人	化整为零，机动灵活，投资小	质量参差不齐，组织松散不确定，缺乏系统管理
集中型	公司/合作社	专业化运作，管理系统化，质量有保障	一次性投资大，固定资产折旧成本高

纽荷兰BC5070打捆机



ROLALANT 340RC打捆机



中农4YF360打捆机



Jone Deer 568打捆机



国产机具：

- 1、应用性能、运行稳定和可靠性较低
- 2、打捆机关键部件制造仍需攻关，如打结器等
- 3、缺乏专业装载和运输机具

秸秆能源化问题

能源化技术	技术与装备
秸秆固化	耗能高，易损耗，成本高。
秸秆气化	焦油量大，有效成分仅40%左右，成本高，二次污染问题。
秸秆沼气	建设成本高、投资回收期长；寒地沼气能量平衡问题。
燃料乙醇	技术还不完善，缺乏自主知识产权酶。

结论：

- 1) 低成本、高效率的秸秆能源化技术和装备有待研发；
- 2) 离开政府补贴，企业利用当前技术难以获利，秸秆能源化需要政府投入。

秸秆饲料化问题

- 青贮饲料所需空间大，易污染
- 黄贮饲料适口性差
- 养分吸收率仅有15-18%

表2 四种粗饲料的营养成分（干基）

指标	NEL (MJ/KG)	CP (%)	NDF (%)
苜蓿干草	5.6	17.9	45.5
玉米青贮	3.8	10.4	66.0
羊草干草	3.4	6.7	69.9
玉米秸秆	2.1	6.4	84.3

表1 苜蓿NDF对奶牛采食量的影响

苜蓿质量	NDF含量 (%DM)	干物质采食量 (%BW)
好	38	3.16
	40	3.00
	42	2.86
	44	2.73
	46	2.61
	48	2.50
	50	2.40
	52	2.31
差	54	2.22

2、产业问题

- 秸秆生产企业一次性投资大
- 回报周期长和获得效益的不确定性
- 企业面对千家万户缺乏定价权

黑龙江省：

企业健康发展内生动力不足，年消耗秸秆20万吨，维持生存现状的

固化成型燃料：95处，年利用秸秆45万t

现状依旧没有规划

原料化：造纸、密度板、防寒材料，年利用秸秆234万t



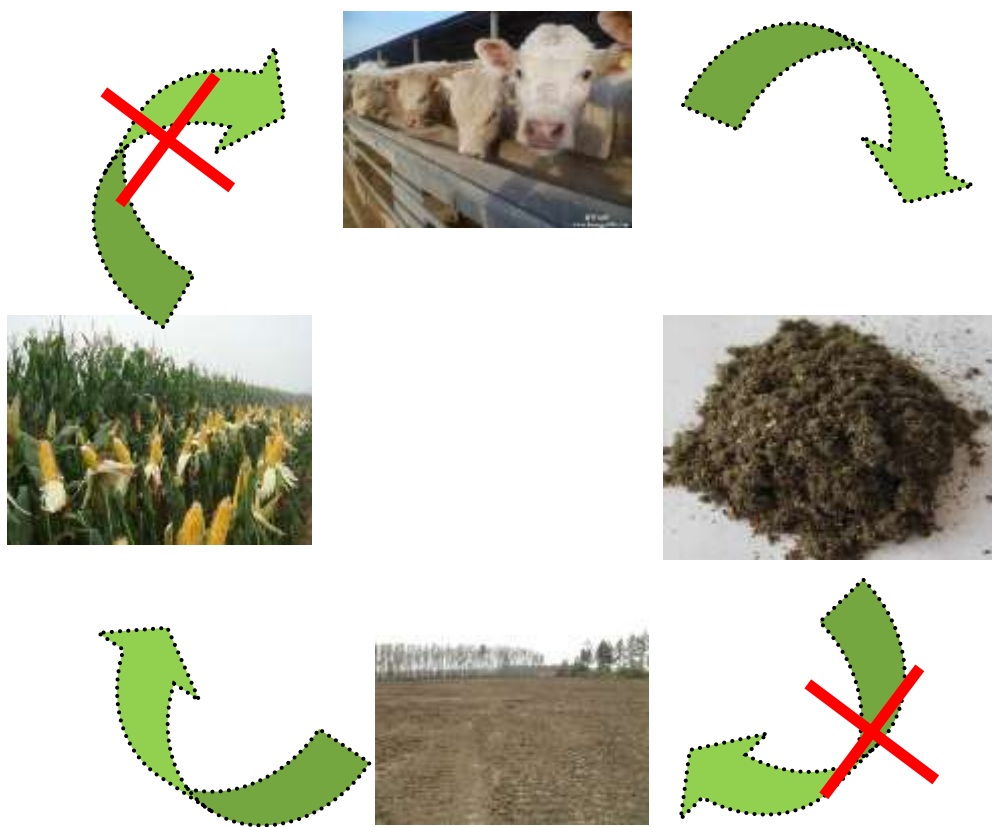
产业链上下游脱节

传统农业：

半亩地、一头牛、老婆孩子热炕头。蕴含了循环农业、生态农业的思想

现代农业：

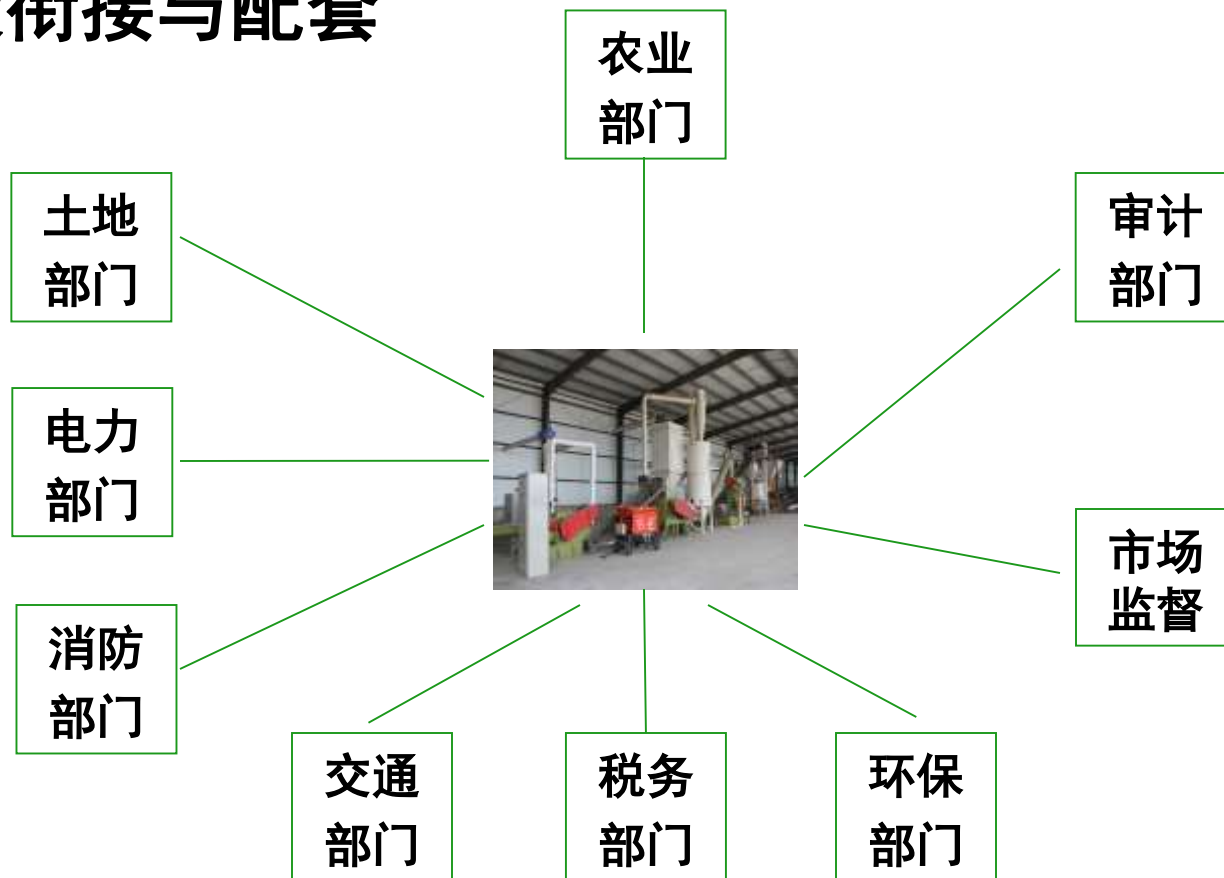
机械化、集约化、规模化
循环、生态变成了目标。



产业链条脱节
已经成为现代
农业之殇

3、公众认知和政策问题

- 小农意识：环境问题
- 秸秆焚烧对农业生产的利弊需要科学评价
- 政策衔接与配套



二、应对策略

1、总体思路

顶层设计：强调政策制定实施、技术装备推广及民众观念教育引导都应**以政府或者职能部门为主导**，逐层向下级展开，同时注重强调政策和技术的可操作性。

源头治理：从种植业出发，强调作物科学布局，合理轮作，采用先进生产技术，在保证粮食产量前提下，适当减少农田系统输出量，降低秸秆等农业废弃物产量。

系统谋划：结合乡村振兴战略和农业绿色发展，统筹兼顾粮食生产、畜禽养殖、能源供给和环境保护等领域发展需求，减少或者避免行业间冲突，强化协同效应。

2、发展建议

① 建立东北地区典型的轮作体系，实现秸秆源头减量

通过政府宏观政策、行政手段调控和市场规律（供求关系）引导，鼓励种植主体建立合理的轮作体系，养殖主体种养结合，从而达到秸秆减量，地力常新。

② 组建产学研协同创新体系，突破共性关键技术装备

建立以大专院校、科研院所、骨干企业共同参加的产业技术创新体系，开展联合公关，突破关键技术瓶颈，为政府制定政策和出台标准提供智力支持。

③ 构建秸秆利用技术体系，拓宽秸秆资源化利用途径

建立健全政府推动、企业主导的专业化秸秆收储运体系模式，推动秸秆原料商品化；以秸秆综合利用项目为载体，园区为示范基地，总结技术模式，建立“还田为主、种养循环、多元利用和产业带动”综合利用模式。

④ 创设政策和标准体系，引导秸秆利用向市场化发展

构建保障资金、绿色通道、用地支持、税收优惠为一体的政策体系；出台收储运、利用技术产品标准，规范企业生产及市场秩序；形成中央督导、省级主导、县乡政府实施的工作体系，建立秸秆利用和禁烧监管为核心的考评制度和奖惩机制。

03

PART THREE

寒地秸秆五化 综合利用技术

一、秸秆肥料化利用技术

1、秸秆机械翻埋还田技术

- 技术简介：将农作物秸秆就地粉碎，均匀抛撒地表，翻耕入土，秸秆在土壤中分解腐烂，培肥地力。
- 技术要点：配备大马力拖拉机，秸秆粉碎长度小于8cm，秸秆翻压深度不小于20cm，采用翻耕结合将土壤旋耕耙平。



2、秸秆覆盖免耕技术

- 技术简介：在农作物收获后，将秸秆粉碎或整秆直接均匀覆盖在地表，减少风蚀、土壤水分蒸发，增加土壤有机质含量。
- 技术要点：使用高性能免耕播种机作业，一次完成化肥深施、播种开沟、单粒播种、施入口肥、覆土、镇压等工序；选择高性能植保机械，利用化学药剂进行灭虫、除草。



3、秸秆原位堆腐还田技术

- 技术简介：在田间地头、林带沟渠等场所，采用人工或机械将秸秆收集堆垛，利用秋后短暂温光条件启动堆肥，次年春天就近就便还田。
- 技术要点：建成下宽3m、上宽2m、高1.8-2m、长度适中的梯形条垛，调整堆体含水率65%，碳氮比25-30:1，接种秸秆腐熟菌剂，覆盖塑料布。



秸秆腐熟菌剂



秸秆快速堆腐试验



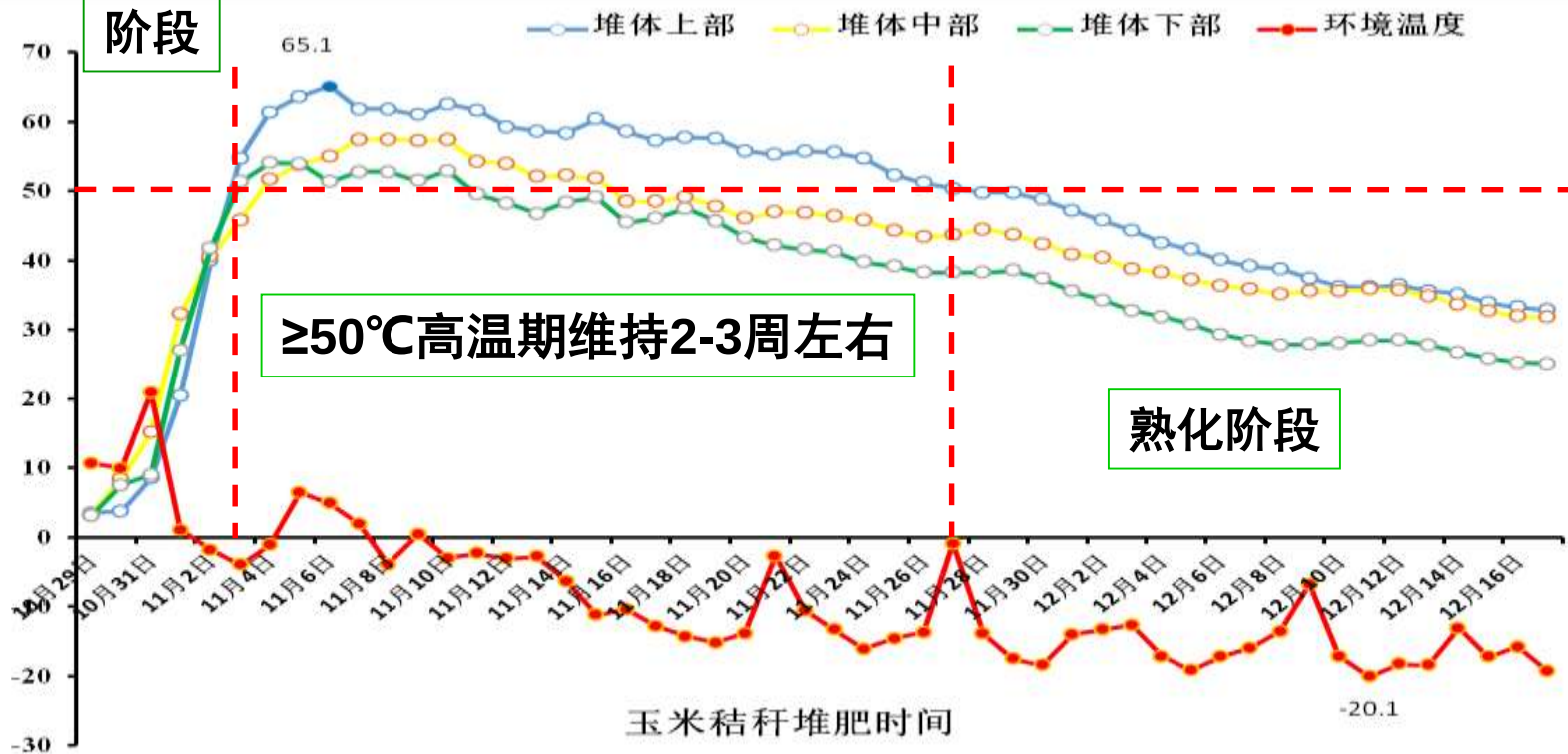
2018/8/10



兰西县玉米秸秆原位堆腐试验

启动阶段

玉米秸秆堆肥温度 / °C



2017年12月17日场景



4、秸秆炭化还田技术

- 利用轻度炭化法将秸秆制成生物炭，根据作物需肥规律和土壤特性，添加化学肥料，经混拌→造粒→烘干等工艺生产生物炭基肥料。生物炭基肥料的施用，能够改善土壤理化性状，提高土壤有机质含量，起到固碳减排作用，实现秸秆肥料化高效利用。



秸秆炭化设备



生物炭基肥料

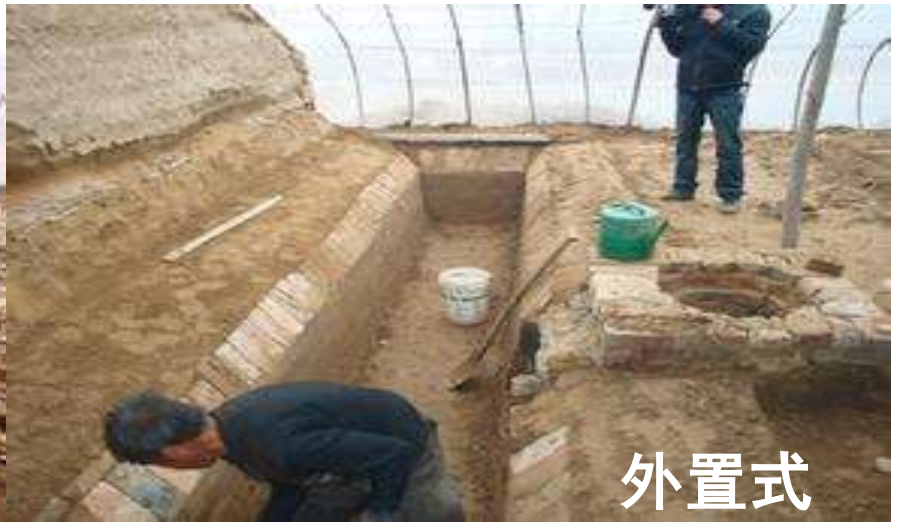
在兰西县和延寿县分别进行了玉米、水稻、马铃薯、甜瓜等作物的
试验示范，示范面积达到3000亩，平均增产10%以上，改土效果明显。



生物炭基肥料对马铃薯生长的影响
生物炭基肥料对玉米生长的影响

5、秸秆生物反应堆技术

- 内置式：在垄下开沟、铺秸秆、撒菌种、拍振、覆土、浇水、整垄、打孔和定植，一堆双垄。
- 外置式：挖沟、用水泥、砖和沙子建造储气池、通风道和交换机底座，用水泥杆、竹坯、纱网做隔离层。

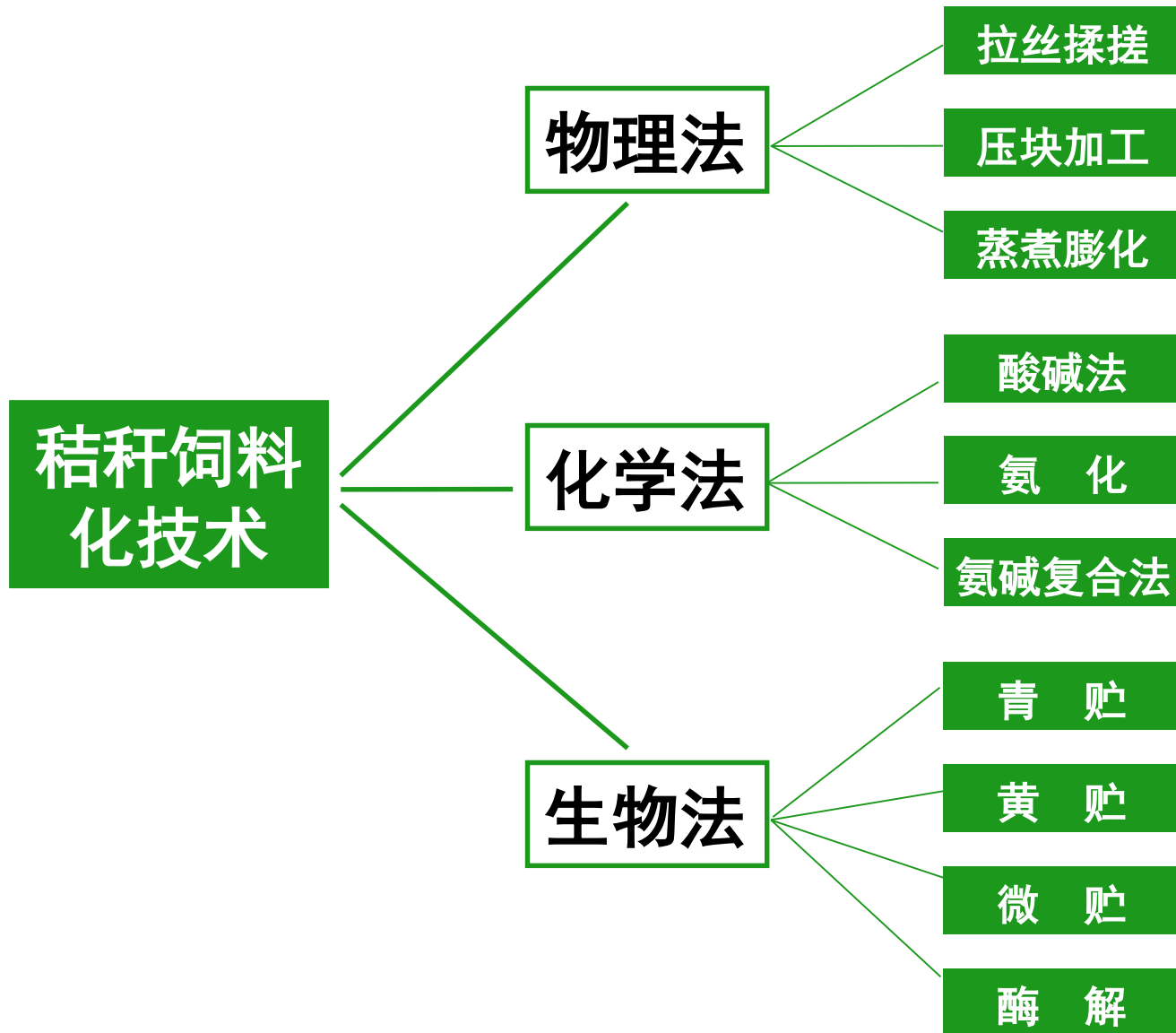


➤ 转化率

- 1公斤干秸秆可转化 CO_2 1.1公斤、热量3037千卡、生防有机肥0.13公斤和抗病微生物孢子0.003公斤。这些物质和能量用于果树蔬菜生产，可增产0.6–1.5公斤果菜，品种不同增幅有差异。



二、秸秆饲料化利用技术



二、秸秆饲料化利用技术

1、秸秆青（黄）贮技术

- 技术简介：将粉碎的玉米秸秆，通过微生物厌氧发酵和化学作用，在密闭无氧条件下制成的一种适口性好，消化率高和营养丰富的饲料。
- 技术要点：秸秆含水率为55%~65%，切碎的秸秆含水量低于此值应补充清水。秸秆入窖时用人力或机械压实，秸秆装满后上面覆盖一层塑料薄膜，防止空气和雨水渗入。



秸秆粉碎



窖藏压实

2、单体秸秆氨化/碱化/微贮技术

- 将秸秆饲料切成2-3cm长的小段，以密闭的塑料薄膜或氨化窖等为容器，以液氨、氨水、尿素、碳酸氢铵等为氮源，氨的使用量为风干秸秆重2-3%，秸秆含水量20-30%。
- 0-10℃条件下处理28-56天；10-20℃条件下处理14-28天；20-30℃条件下处理7-14天；30℃以上时处理5-7天，即可使用。



1t氨化秸秆，可节省精饲料300kg以上，每3.0-3.5kg氨化秸秆可节约1kg粮食。

3、秸秆膨化生物饲料技术

技术原理：

采用螺杆变径变距技术，通过高速旋转和摩擦生热，使膨化腔温度150℃以上，形成高温、高压状态，然后瞬间喷放，破坏了秸秆表面蜡质层，使纤维素细胞破壁，然后加入发酵菌剂，从而提升了秸秆饲料适口性和消化率。

工艺流程：

铡段/揉搓 → 除杂送料 → 高温膨化 → 补水接菌 → 打捆裹膜 → 堆放发酵



膨化机



膨化后的秸秆

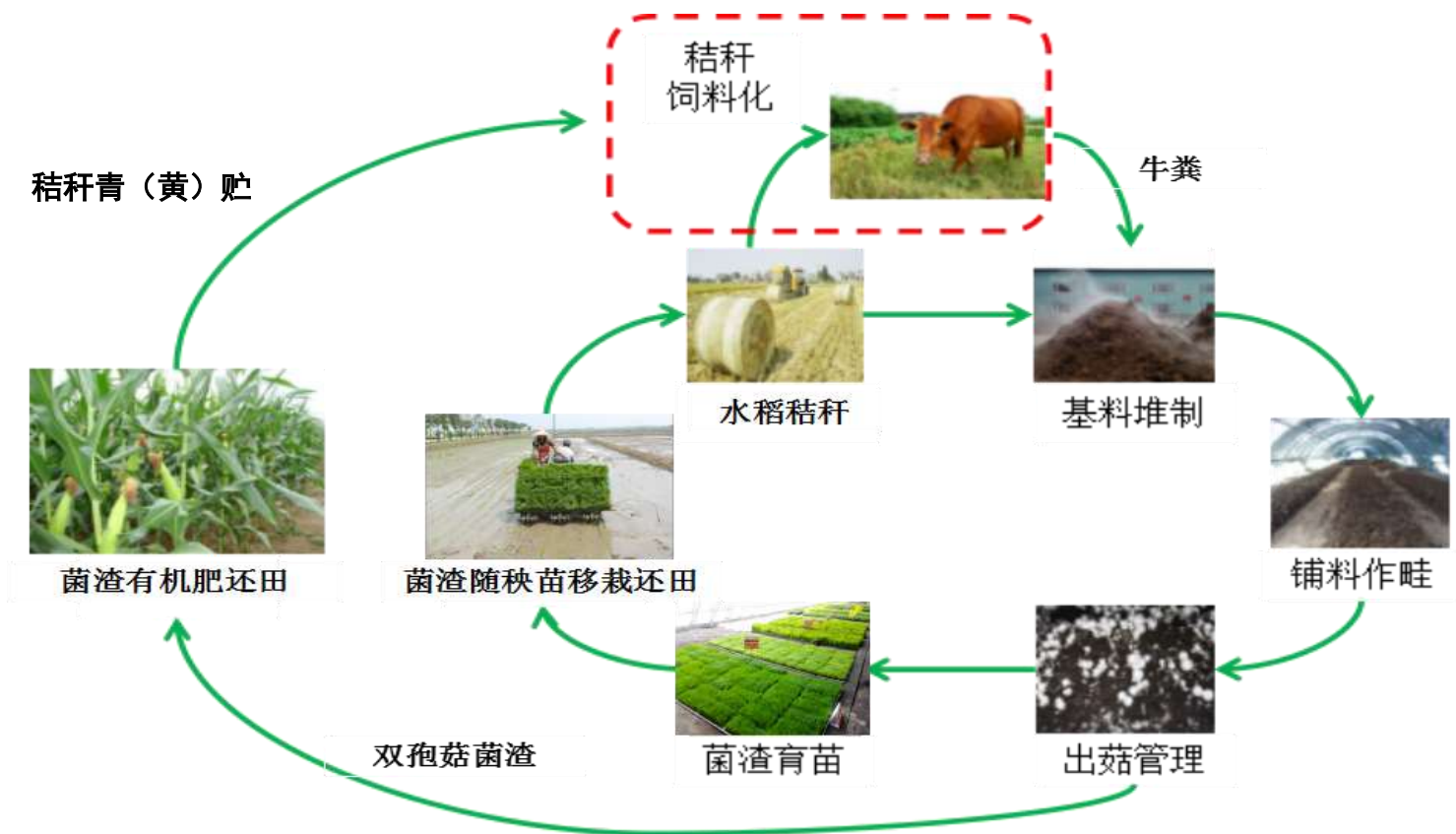


堆放发酵

三、秸秆基料化利用技术

1、寒地“秸秆-食用菌-基质”利用技术模式

- 充分利用闲置的水稻育秧大棚时间节点、温光条件，以秸秆为栽培基料种植草腐菌，并将栽培食用菌产生的菌渣进行水稻基质育秧。随着秧苗的移栽，将利用的秸秆归还土壤。



2、菇粮间作技术

- 菌菇与玉米间作，玉米的遮阴保湿与蘑菇喜阴喜湿相适应，间作使玉米通风透光性好，边际效应显著。玉米与蘑菇形成互补，达到粮菌双收目的。粮菌种植比例为4垄玉米2垄菌菇间作，播种35d后出菇，产菇3-4个月。



3、桔秆袋栽秀珍菇技术

- 技术简介：以水稻桔秆、玉米芯为主要原料，按照配方混匀装袋高温灭菌，冷却后在无菌条件下接菌，放置培养室内进行发菌、出菇管理。
- 技术要点：培养料含水量在65%-70%，菌丝适宜生长温度为24-27℃，出菇温度控制在10-36℃，湿度控制在80-90%，采收期3-10个月。



秀珍菇栽培管理

4、秸秆育苗基质技术

- 技术简介：以秸秆为主要原料，粉碎秸秆，调节C/N、含水量等，进行好氧高温堆肥。待秸秆完全腐熟后，复配水稻生长必需的氮、磷、钾等营养元素，以及杀菌剂、植物调节剂等制成水稻育苗基质。
- 技术要点：pH 5.8-7.0、空隙 15%-30%、持水孔隙 40%-75%、EC值 0.75-3.5mS/cm。



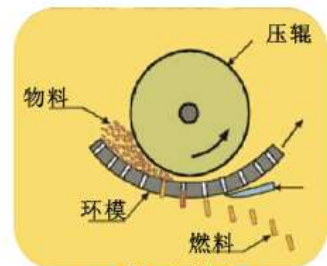
四、生物质固体燃料技术

1、生物质成型燃料

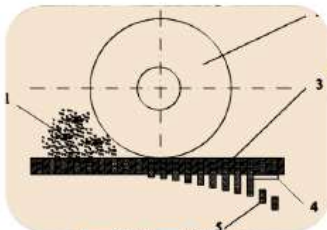
◆ 颗粒（棒状，直径5~12mm，长度为10~30mm）

压块（棒状或块状，横切面 $30 \times 30\text{mm}^2$ ，长度为30~80mm）

机制炭（一般为六边形截面，直径50~60mm，长度500mm，20mm中心孔）



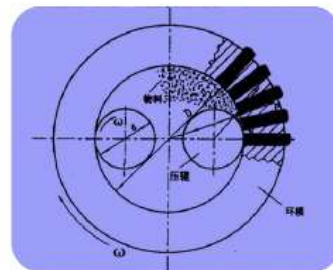
环模颗粒机



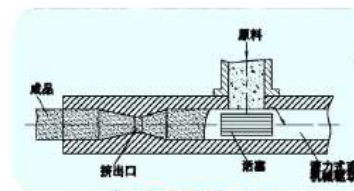
平模颗粒机



颗粒燃料



环模压块机



活塞冲压机



棒状压块



方状压块

生物质成型燃料特点

类别	产品特点	原料要求	生产工况	热值 (cal/g)
颗粒	流动性好 上料自动化	适应性一般 水分：15-20% 粉碎粒度小	能耗高 模具磨损严重	3700
压块	便于堆放 流动性差	适应性好 水分：15-30% 粉碎粒度大	能耗小 磨具磨损	3200



“一村一厂”模式



田间

购买

换购

自收



加工企业

农户用7吨的秸秆与企业换3.5吨颗粒燃料，农户与当地政府签订秸秆禁烧责任书。

企业为签约户提供燃料、炉具和技术服务，并提供颗粒燃料。其余燃料向工商业、企事业单位出售。

技术：平模冷成型技术，能耗115kWh/t，形成5万吨/年自动化生产线。

价格：木质颗粒燃料800元/t左右，秸秆颗粒燃料650元/t。

炉具
技术服务

购买

换购



购买

供热服务



政府、学校事业单位



农户

2、秸秆打捆直燃技术

特点:

- ◆ 直接燃烧，减少储藏加工成本
- ◆ 原料适应性好，水分无要求
- ◆ 收获期和供暖期同步
- ◆ 适于学校、浴池、养殖场和住宅集中取暖



不同燃料1吨锅炉成本分析

燃 料	Ⅱ类燃煤	秸秆固化燃料	秸秆捆状燃料 (含15个水)
kJ/kg (热值千克)	17573kj (4200千卡)	13389kj (3200千卡)	12552kj (3000千卡) (秸秆含水量不同，热值有所不同)
每公斤价格 (2015年价格)	0.45元	0.75元	0.24元
锅炉每小时燃料消耗量(kg/h)	195kg	253kg	270kg
每小时燃料成本（约）	87.75元	189.75元	64.80元
每年燃料使用费用（约） 供暖期为150天，每天平均供热8小时	10.26万元	19.8万元	约8.74万元
设备投入成本（约）	15万元	12万元	16.5万元
水电消耗成本	持平	持平	持平
燃烧后固体废弃物对比(约)	燃煤无法利用，造成二次污染	由于高温燃烧不便于还田，造成二次污染	灰烬可以还田，减少二次污染

打捆直燃技术成本优势

秸秆直燃集中采暖供热1万 m^2 ，按2吨/h秸秆供暖锅炉运行成本计算，供暖周期150天计，大约需要16万元成本，消耗秸秆560吨左右。供热成本15.75元/ m^2 相比于燃煤锅炉，供暖季运行成本可节省5万元左右。



秸秆直燃供热案例



铁岭一热力公司安装6t秸秆专用锅炉，供热给一小区和两所学校，供暖面积5万m²，供暖期消耗秸秆燃料3500t。

沈北华美养鸡场安装1台2t和1台4t秸秆专用锅炉，12栋鸡舍，供暖1.98万m²，宿舍500 m²，供暖期每月消耗秸秆400t。



4、秸秆产沼气技术

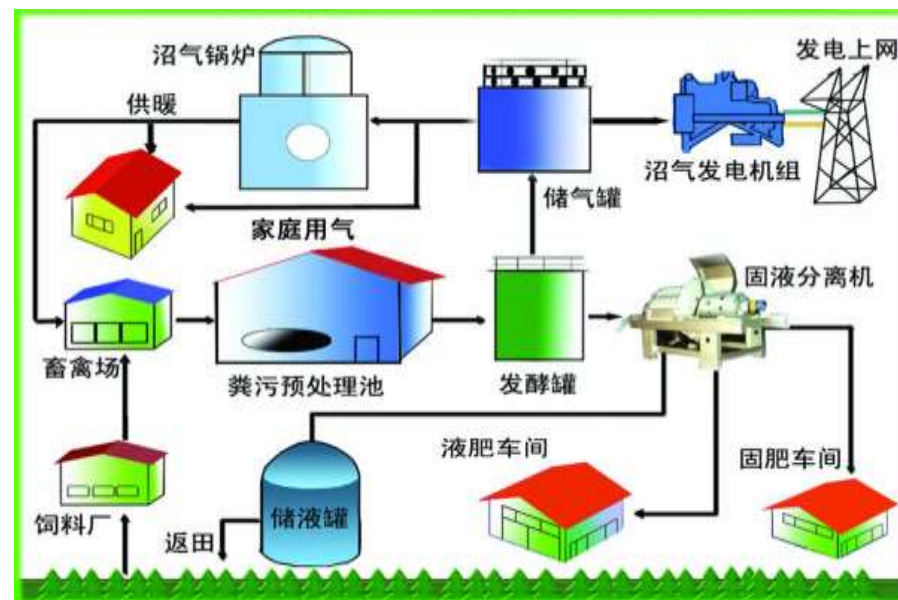
- ◆ 利用厌氧消化技术产沼气是对农业废弃物处理的有效途径之一，对经济的可持续发展和农村能源供给具有重要的意义。沼气是多种有机物质在一定水分、温度和酸碱度及厌氧条件下，经多种微生物联合，相互交替作用下，分解产生的一种可燃性混合气体。

1 提供清洁能源

2 改善农村的卫生条件

3 可实现农业废弃物的多途径利用

4 可促进养殖业和农业的发展



1m^3 沼气 $\approx 1\text{kg}$ 原煤 $\approx 0.7\text{kg}$ 标煤

秸秆沼气工程案例



甘南县蓝天能源沼气工程：采用秸秆卧式连续干发酵沼气装置，其工程投资为4000万左右，日处理玉米秸秆原料80t（收购成本250元/t），可日产1万m³天然气（3.5元/m³，加工成本1元），沼渣有机肥80t/天（出售价400元/t），**年预计收入约为1332万元[天然气和有机肥销售是个难题，有价无市]**。

五、秸秆原料化利用技术

1、秸秆造纸技术

- 秸秆是造纸工业的重要原料之一，其纤维组织结构强，可作为木材的替代品。我国以农作物秸秆为原料生产纸浆占总纸浆的比例约为30%，并有扩大的趋势。因此，大量应用稻麦秸秆造纸，可减少森林的砍伐，增加绿色覆盖面积，减少了水土流失，是秸秆综合利用的途径之一。



2、秸秆建筑板材加工利用技术

- 以秸秆为原料，以不含甲醛的异氰酸酯为胶粘剂，通过切草、粉碎、干燥、拌胶、铺装、预压、热压和后处理等工序，制成无甲醛释放的稻麦秸秆板，产品质量达到国家标准的要求，可用于家具制造和室内装修等。



3、秸秆作为建筑保温材料







4、秸秆生态化利用技术模式



Green Chemistry

Cutting-edge research for a greener sustainable future

www.rsc.org/greenchem

Volume 7 | Number 4 | April 2005 | Pages 169-240



ISSN 1463-9262

RSC | Advancing the
Chemical Sciences

Reddy and Yang
Natural cellulose fibres from
cornhusks

Alletti et al.
Immobilized gadolinium triflate as a
recyclable catalyst

Docherty and Kulpa
Toxicity and antimicrobial activity
of ionic liquids

Wang et al.
Recovery of amino acids using
biphasic systems



1463-9262(2005)7:4;1-C



<< AGRI-COUTURE

More than half of the 67 million tons of textile fibers produced annually are petroleum-based synthetics. But with rocketing oil prices, agricultural byproducts are gaining attention as natural fiber sources, scientists reported last week at the American Chemical Society meeting in San Francisco, California.

Textile scientist Yiqi Yang of the University of Nebraska, Lincoln, said he has gotten fibers from rice straw that are "long and fine enough for textiles but still very strong." Using alkali and enzymes, he and student Narendra Reddy extracted finger-length fibers that they say rival linen and cotton in flexibility and strength. Adding cotton, they spun a yarn and wove it into rice/cotton fabric. Yang estimates that 58 million tons of textile fiber could be produced from half of the 580 million tons of waste rice straw grown each year. Brian George, a textile engineer at Philadelphia University in Pennsylvania, says the relative stiffness of such fibers makes them hard to work with unless they are blended with cotton or flax, but that the idea seems economically viable if the fibers "can be processed on standard textile equipment."

Yang says rice-straw fibers are stronger than those from cornhusks, which he managed to make a sweater out of a few years ago. His next project is to get spinnable fibers from chicken feathers, whose honeycomb structure, he says, could potentially make for textiles lighter and warmer than wool.

结 语

- ◆ **集中连片，整体推进。** 优先支持秸秆资源量大、禁烧任务重和综合利用潜力大的区域，整县推进。
- ◆ **多元利用，农用优先。** 因地制宜，多元利用，突出肥料化、饲料化、能源化利用重点，科学确定秸秆综合利用的结构和方式。
- ◆ **市场运作，政府扶持。** 充分发挥企业主体作用，通过政府引导扶持，调动全社会参与积极性，打通利益链，形成产业链和价值链，实现多方共赢。
- ◆ **全民参与，营造氛围。** 充分调动和激发广大农业参与者积极性，打一场秸秆综合利用，防止焚烧污染空气的人民战争。



黑龙江省农业科学院农村能源研究所

Rural Energy Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences

**感谢聆听
敬请指正**

E-Mail: liujie1677@126.com

Tel: 13351681677