

2016中国农业展望大会

农业资源与食物消费 ——主论食物浪费

报告人： 成升魁

中国科学院地理科学与资源研究所

2016年4月23日 北京

汇报提纲

一、耕地与水资源的时空演变

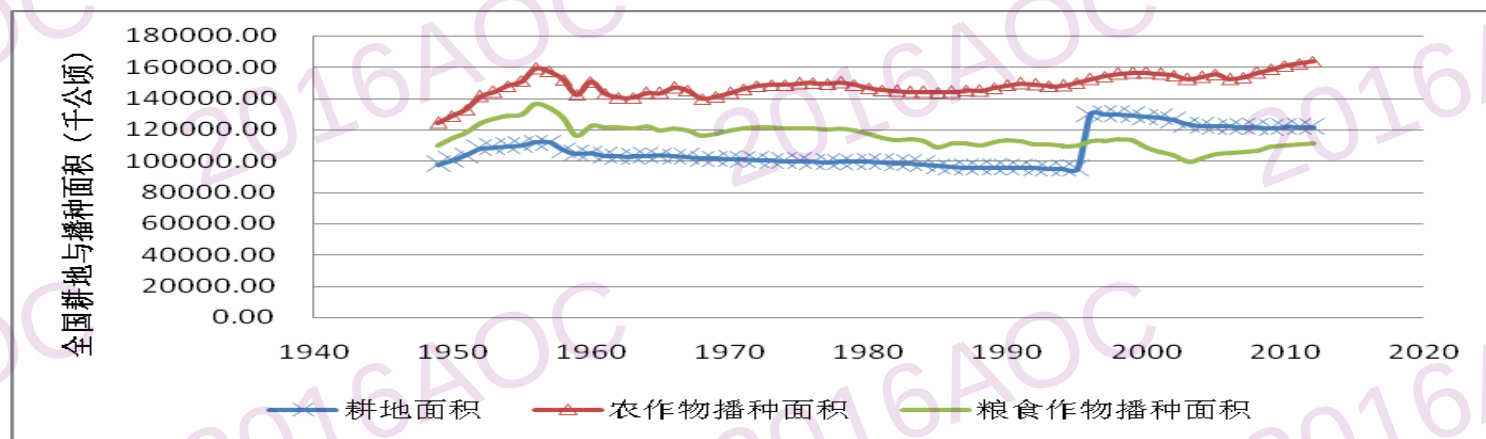
二、食物安全与农业资源持续利用

三、食物浪费及资源环境效应

四、未来展望

一、耕地与水资源的时空演变

1949年以来耕地资源总量交替增减，近30年来**耕地和粮食播种面积以减为主**

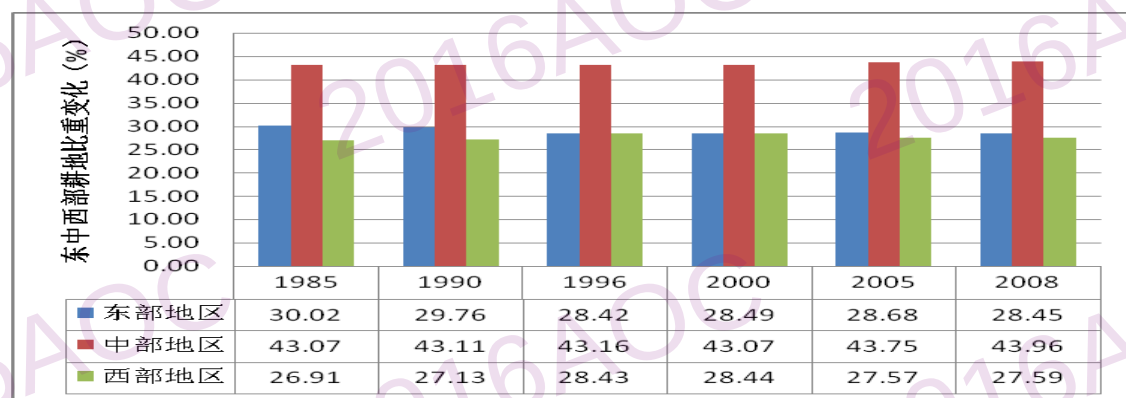


- 1949-1957年（增长期）： 14.7亿亩，至16.8亿亩
- 1958-1995年（波动中趋于减少时）： 16.03亿亩，下降至14.25亿亩
- 1996-2012年（减少期）. 319.5亿亩，下降至18.25亿亩。

城镇化快速推进，轮番出现的开发区热，使建设用地以**300-500万亩/年**的速度增长，对优质耕地数量产生显著影响

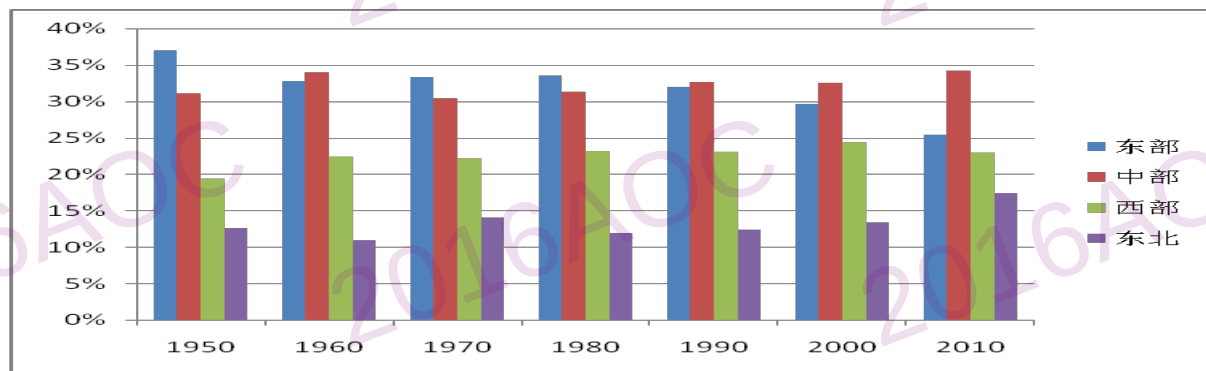
一、耕地与水资源的时空演变

耕地资源北多南少，中部多东西部少；近年来粮食播种面积东部明显减少，东北、中部和西部均有不同程度增加



我国东中西部耕地面积所占比重变化

- ✓ 北方比南方高15%左右
- ✓ 中西部70%的耕地资源



我国不同地区粮食播种面积所占比重变化

- ✓ 中部和东北已成为支撑粮食安全的主要区域。

一、耕地与水资源的时空演变

70年代中期之前的南粮北运符合自然规律；与之后的**北粮南运是区域社会经济发展的必然结果**，是我国耕地资源时空演变的客观现实

- 南方地区快速的城市化和工业化发展导致耕地资源和粮食生产的萎缩；
- 改革开放以来，人口向南方和东部的流动，增加了这一地区的粮食消费需求；

一、耕地与水资源的时空演变

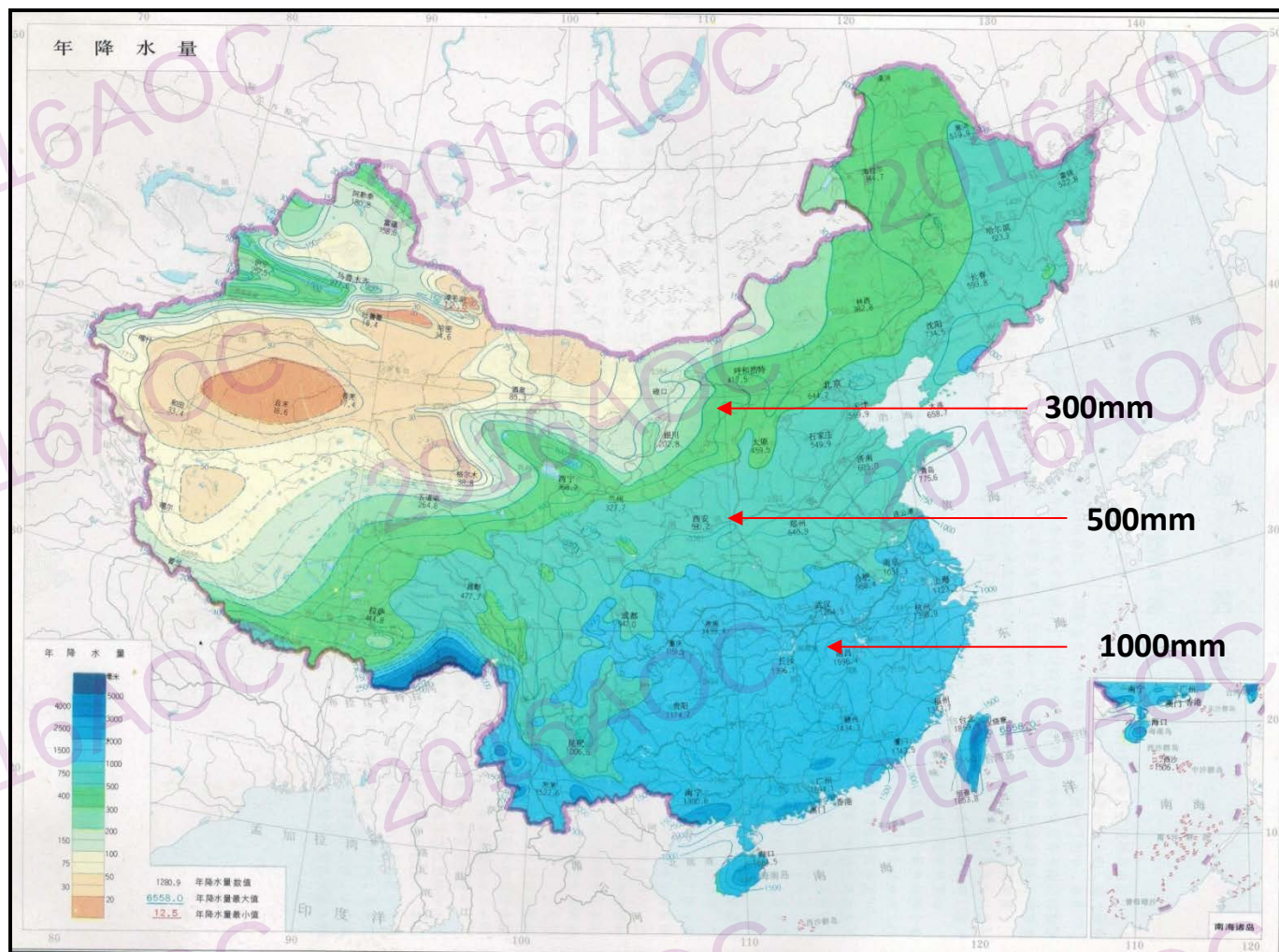
耕地占补平衡制度重数量平衡、轻质量平衡，导致 优质耕地资源锐减

- ◆ 全国建设用地面积为3667万公顷（54022万亩），比1996年增加了713万公顷（9712万亩）。建设用地占用的大多是灌溉条件、基础设施等较好的耕地，补充的耕地质量和产能普遍较差。
- ◆ 开垦0.2公顷以上的耕地才能弥补占用现有耕地0.06公顷的生产能力（李彦芳等，2014）
- ◆ 耕地中有25° 以上坡耕地 431.4万公顷(6471万亩)；生态用地的面积为564.9万公顷(8474万亩)

一、耕地与水资源的时空演变

水资源总量多、人均少，**南多北少**，分布严重不均

- ◆ 我国水资源总量
28124.4亿m³，人均
水资源占有量不足
2100m³，约为世界
平均水平的1/4。
- ◆ 我国南方区拥有的
水资源量占全国的
81%，而北方区则仅
占19%。



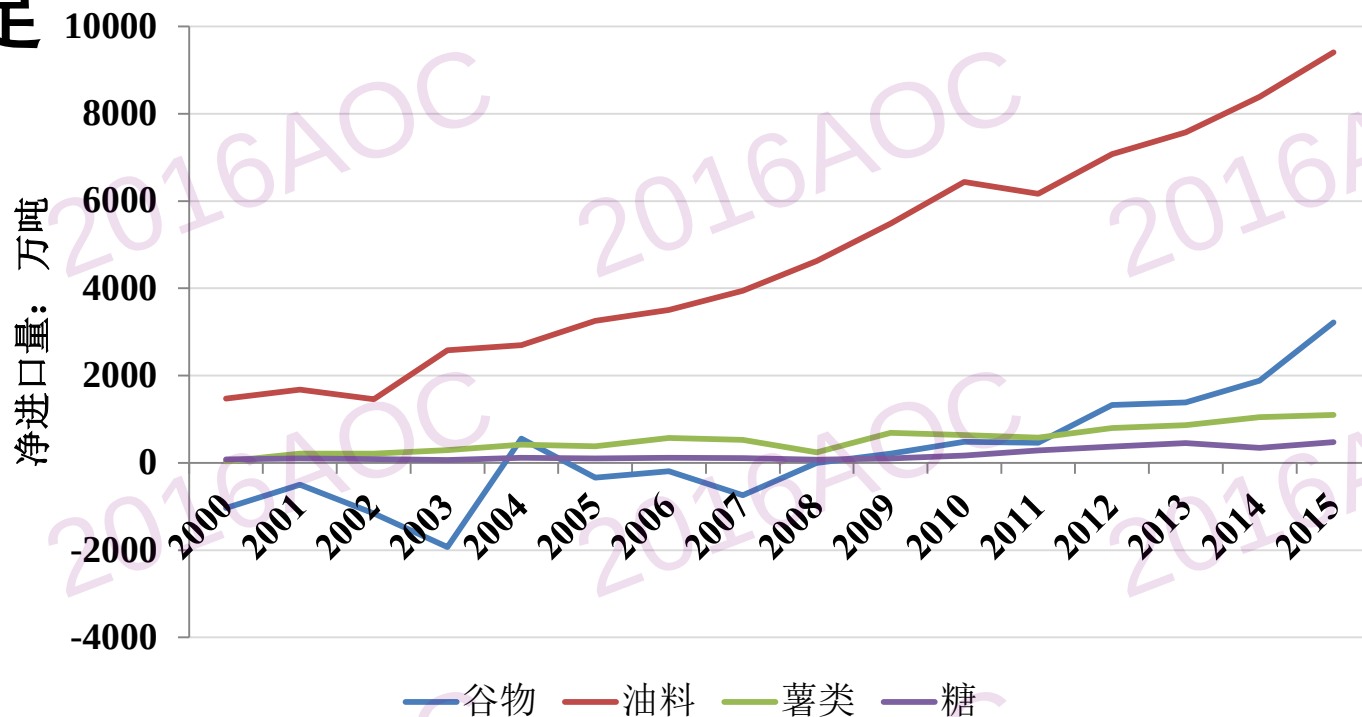
一、耕地与水资源的时空演变

不同区域水资源的开发利用**率差异大**，部分地区开发程度过高

- ◆ 我国的水资源开发利用程度较高。根据《2011年中国水资源公报》，我国水资源开发利用率为26.3%，**北方地区已超过50%**，其中松花江区42.1%、西北诸河区45.1%、辽河区50.6%、黄河片区54.7%、淮河片区73.8%、海河片区123.9%（中华人民共和国水利部，2011）。
- ◆ 我国北方一些区域的水资源开发已超过合理利用的程度，致使河流断流、湖泊湿地萎缩甚至消失、地下水水位下降、海水入侵，造成严重后果。

二、食物安全与农业资源持续利用

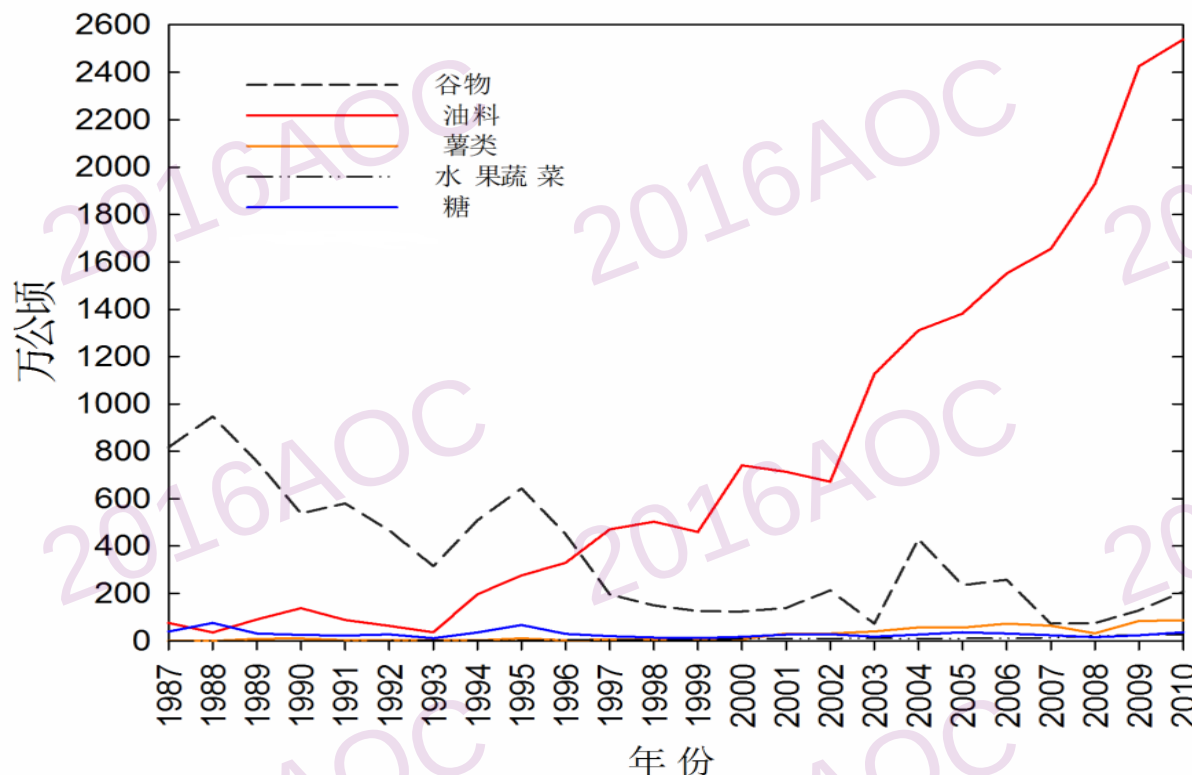
食物供给体系整体对外依存度增大，耕地资源支撑能力不足



- ◆ 近年来我国农产品进口总量呈逐渐增加趋势，进口品种的结构变化较大
- ◆ 谷物净进口量逐渐增加，油料净进口大幅度增加（由1469.17万吨增加为9404.50万吨），且进口量远高于其他作物；薯类和糖进口也呈增加趋势

二、食物安全与农业资源持续利用

虚拟土地资源进口量增大, 整个食物供给体系的现实耕地资源支撑能力不足

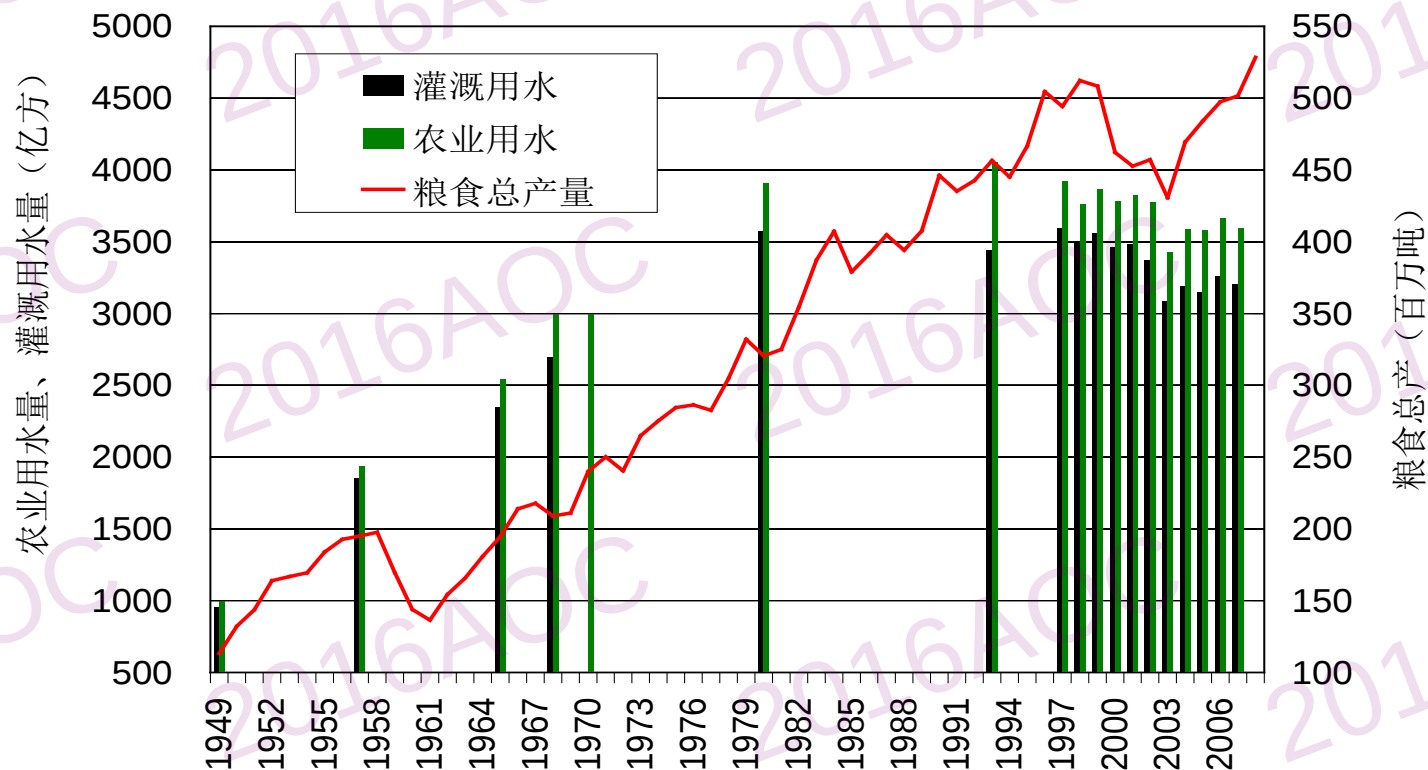


◆ 随着我国农产品进口量的增加, 进口隐含的耕地资源量也呈逐渐增加趋势。显著特征是油料进口隐含的耕地资源量迅速增加, 谷物进口隐含的耕地资源量则减少

二、食物安全与农业资源持续利用

水减粮增矛盾突出

◆ 根据中国水资源公报数据，1999—2008年的10年间，我国农业用水已从3900亿m³左右下降到3600亿m³左右，灌溉用水减少超过300亿m³。水减粮增矛盾比较突出

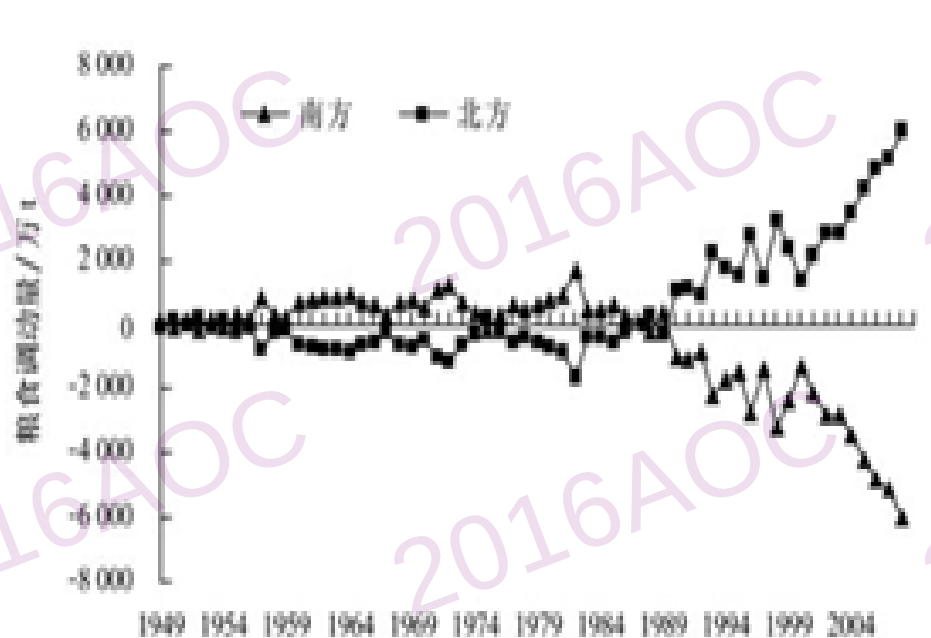


中国粮食总产量与农田灌溉用水量变化 (1949~2007)

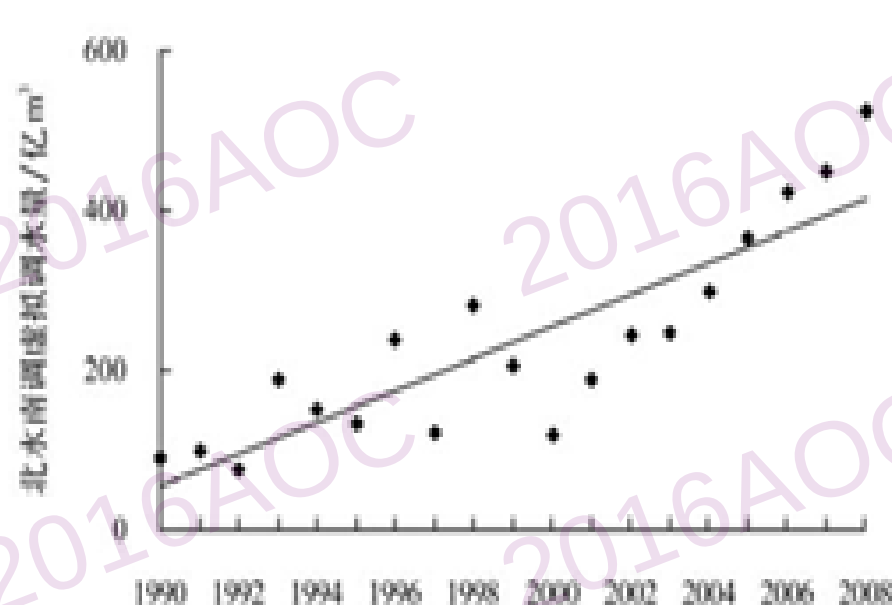
二、食物安全与农业资源持续利用

农业生产与水资源分布错位，“北粮南运”难以为继

◆ 南方区拥有的水资源量占全国的**81%**，而北方区则仅占**19%**（水利电力部水文局，**1987**）。耕地资源则相反，南方区占**35.2%**，而北方区占**64.8%**（张基尧，**2001**）。水土资源分布不匹配。



我国南方和北方区粮食调动量变化（吴普特等，2010）



“北粮南运”水资源调出量及趋势（吴普特等，2010）

二、食物安全与农业资源持续利用

未来粮食需求增加，但农业生产技术投入已近极限，种粮效益低下，粮食增产难度越来越大。

2010年：

粮食作物播种面积：1.1亿公顷

粮食作物产量：5.5亿吨

化肥：5562万吨

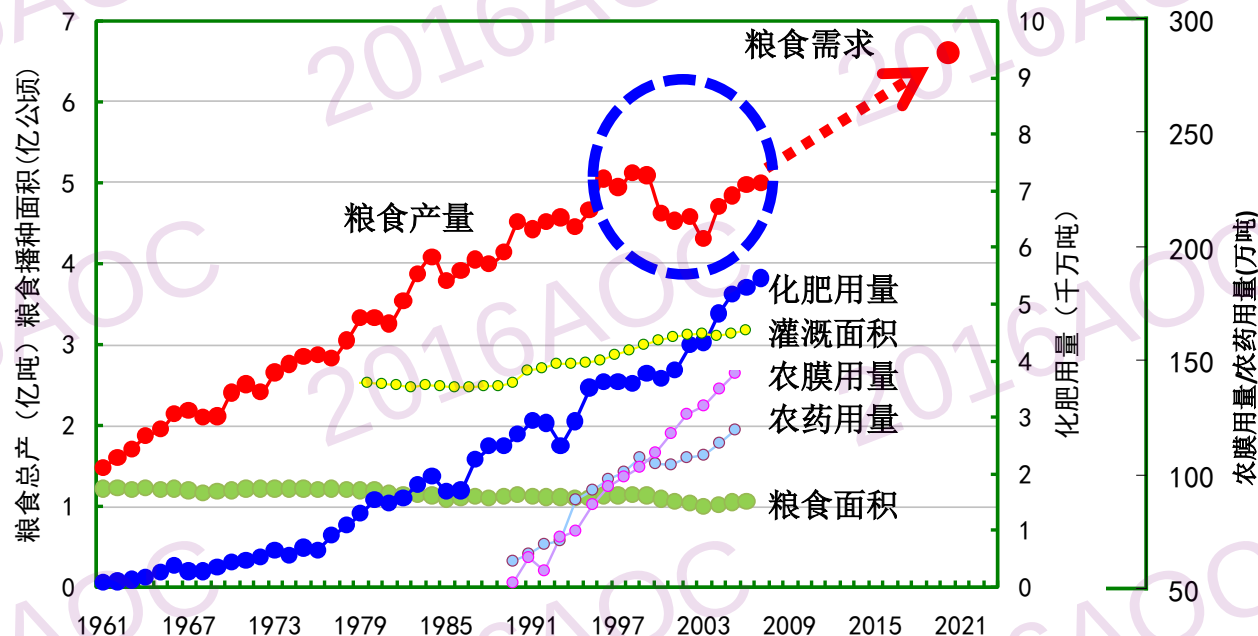
灌溉水：3707亿立方米

农业用电：966亿千瓦

农膜：140万吨

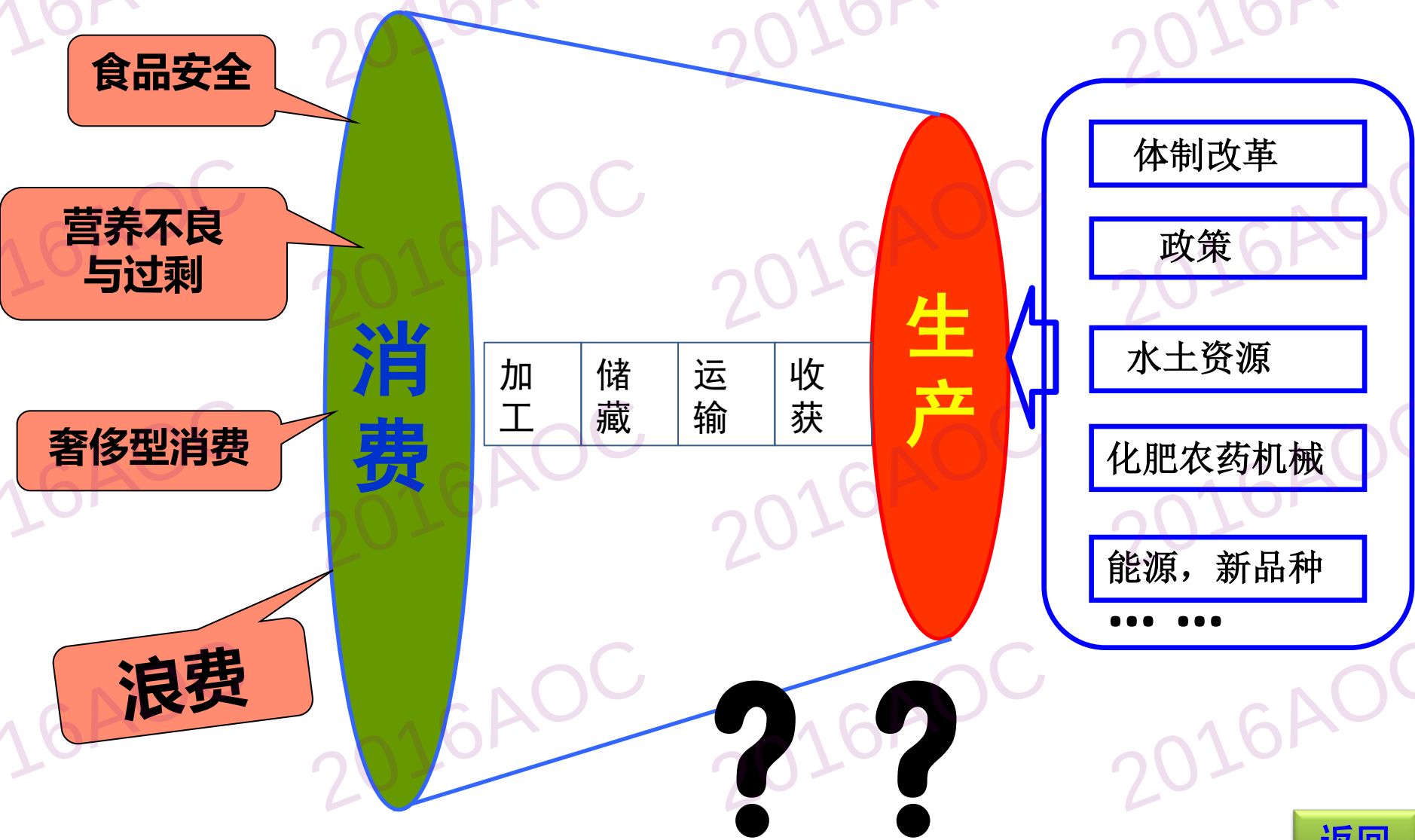
农药：125万吨

农业机械总动力：9.3亿千瓦

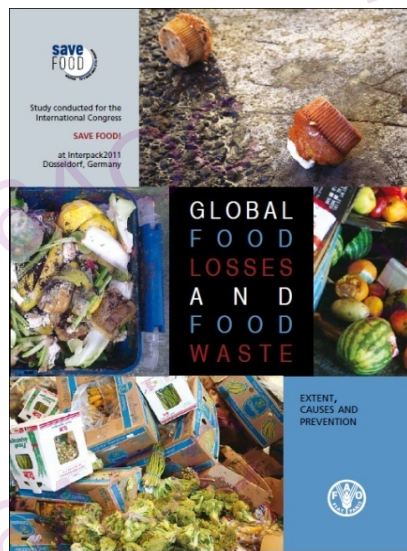


(根据新中国60年统计资料汇编以及FAO数据整理得到)

三、食物生产与消费



食物浪费已经成为世界性问题



◆据联合国粮农组织统计:全球每年制造食物的**三分之一（相当于13亿吨）**被浪费和损失掉，其中发达国家每年大约为6.7亿吨食物，发展中国家为6.3亿吨，总量不相上下。

■资源环境代价:全球**23%-30%耕地**面积，**23%的肥料**消费以及**33亿t GHG**.
■经济代价:每年高达**7500亿美元**.



我国供应链上的损失和浪费数量惊人



250亿斤



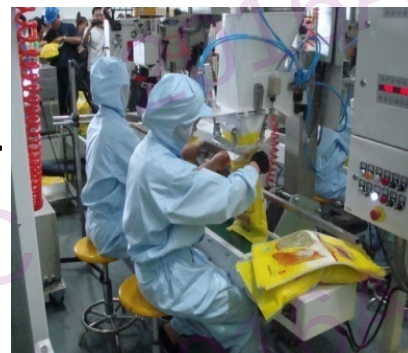
400亿斤



150亿斤



150亿斤



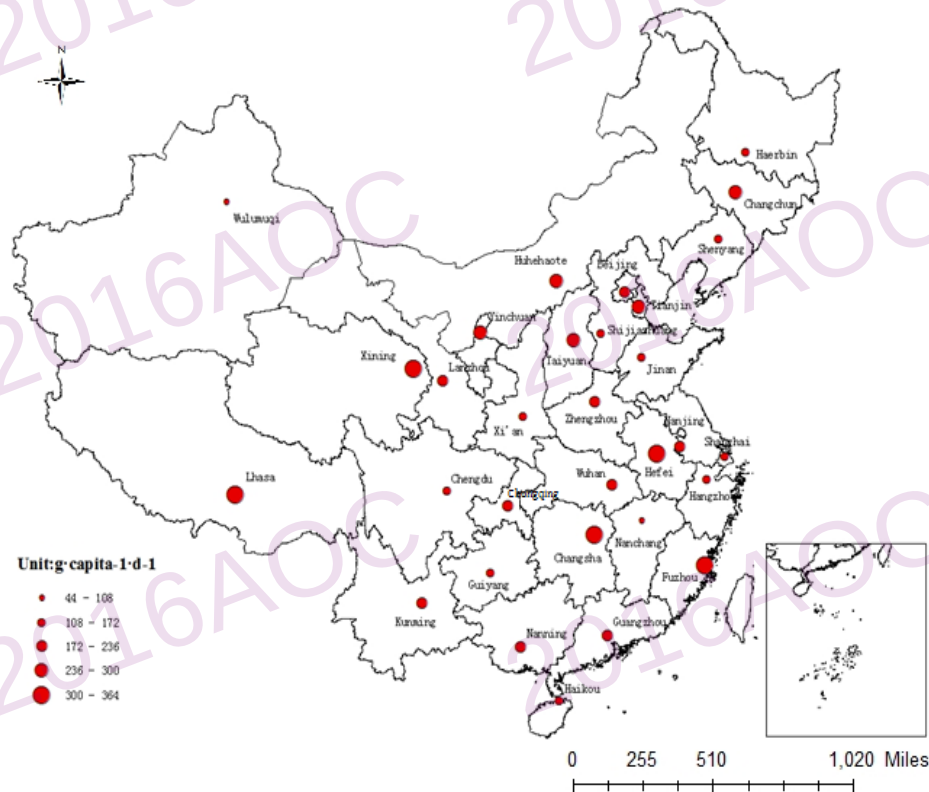
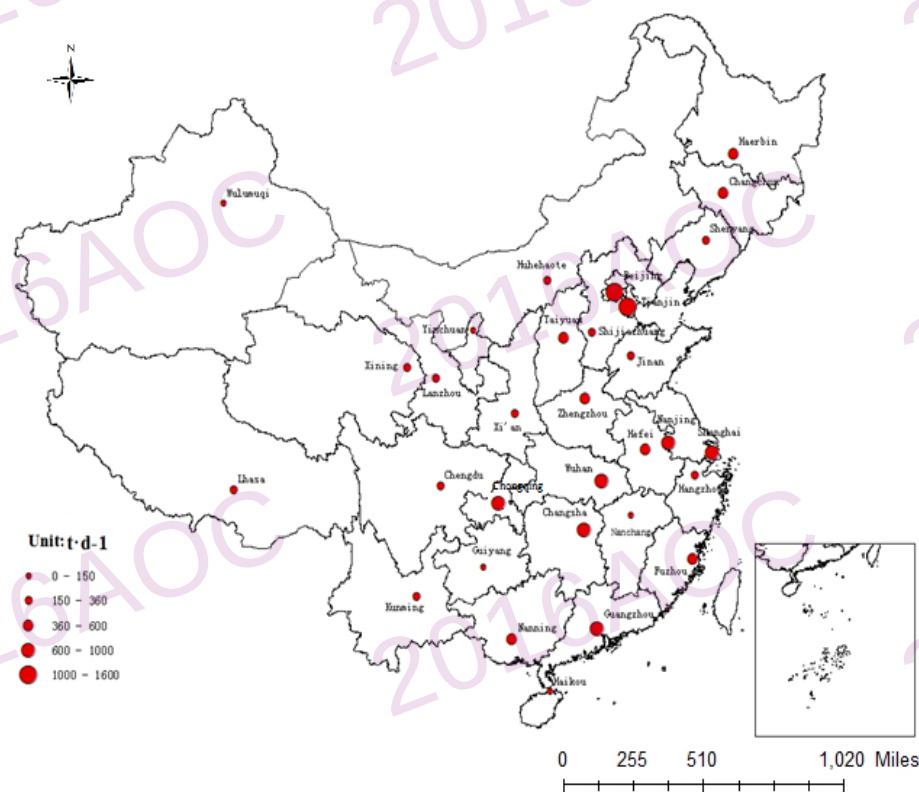
从田间到餐桌我国每年粮食损失约达**1350亿斤**，损失数量约占粮食总产量的**11%**。相当于**1255万公顷**耕地白白投入。

400亿斤



数据来源：2014年国家粮食局公布数据

食物浪费成为中国餐饮业中普遍现象

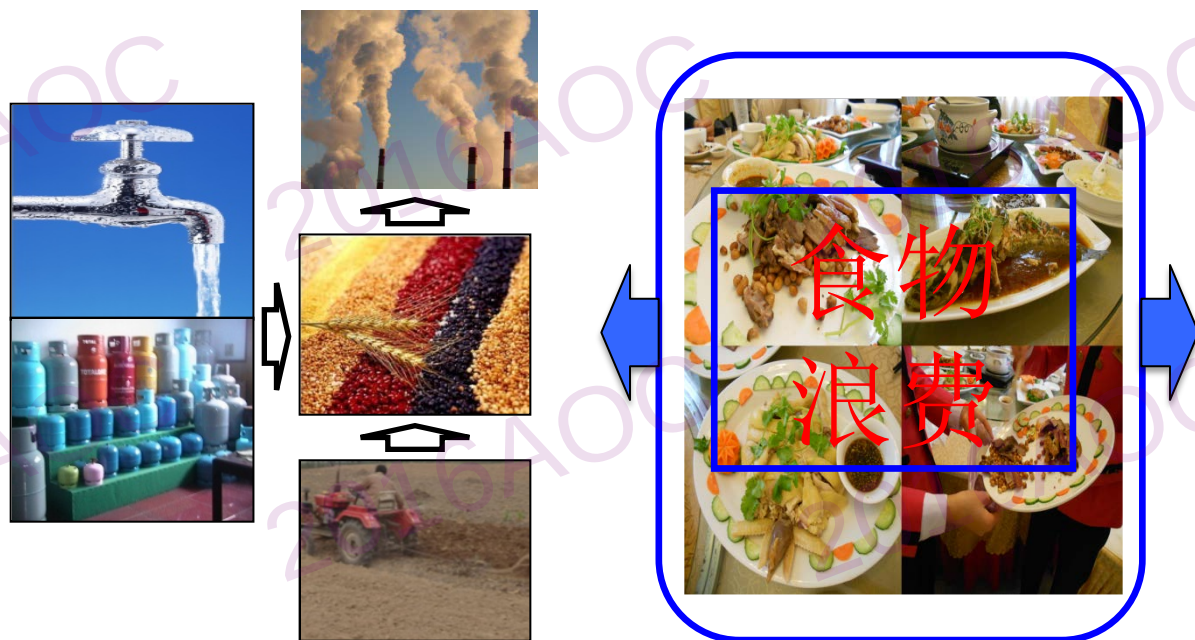


中国省会城市餐饮业食物浪费数量（左）以及人均浪费数量（右）

注：省会城市餐饮业食物浪费数量根据新闻报道整理；人均食物浪费数量=省会城市餐饮业食物浪费数量/省会城市人口（北京、西藏等旅游城市加入旅游人口）

（成升魁等，2012）

- 除了食物安全问题，食物浪费还意味着巨大的资源浪费（生产资源投入）与严重的环境问题（浪费处理）



城市固体垃圾（MSW）

食物残余物是MSW的主要组成成分

地区	食物残余物%	其他%
北京	66.2	33.8
上海	71.1	28.9
广州	52.0	48.0
深圳	51.1	48.9
杭州	53.0	47.0
南京	70.6	29.4
厦门	74.6	25.4
桂林	61.3	38.7

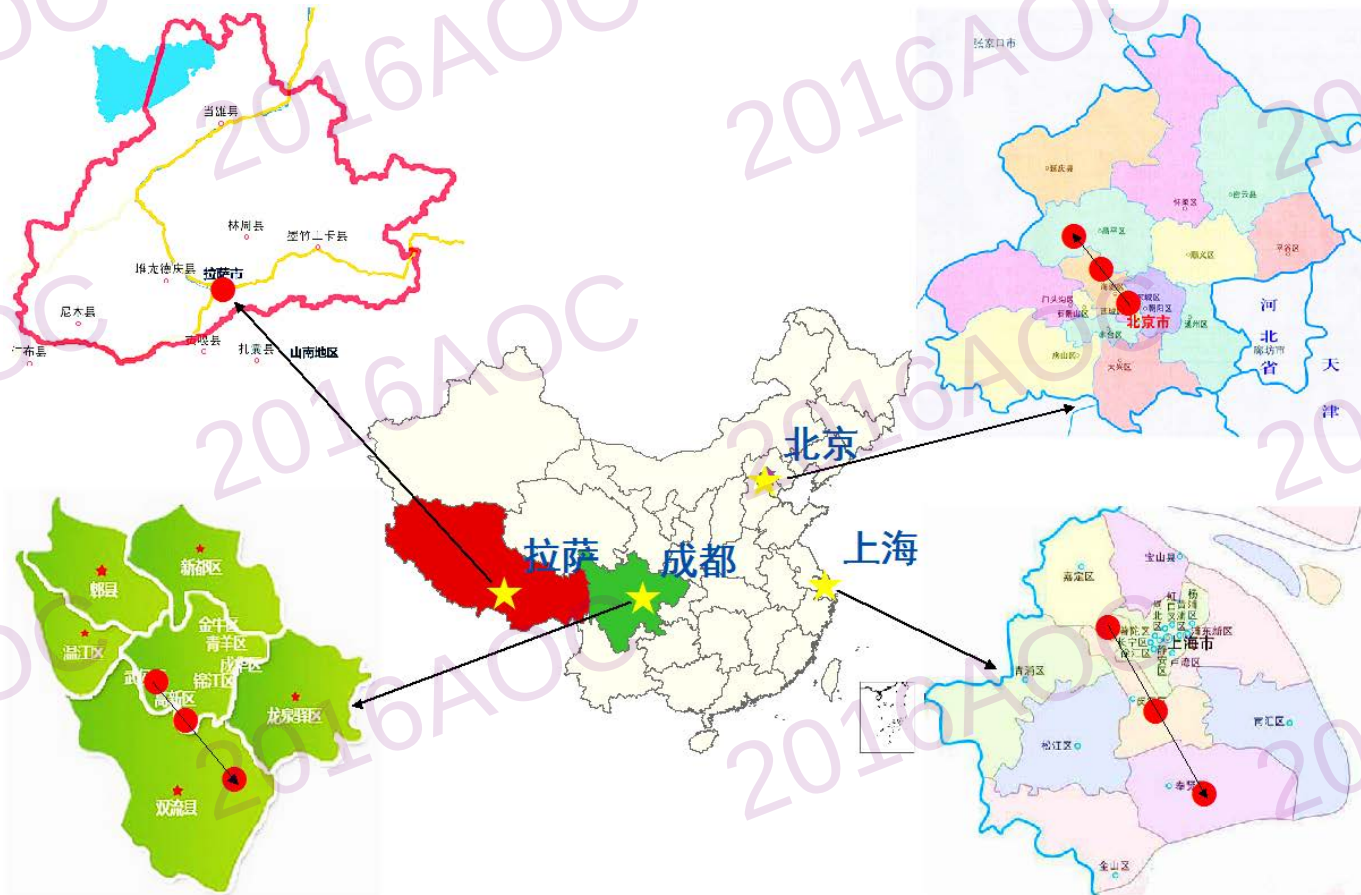
(Jun Tai et al., 2011)

- 减少食物浪费意味着可以节省大量的资源投入，产生巨大的环境效益

调研区域

2013年：北京，拉萨

2015年：北京，拉萨，上海，成都



2次大规模调研

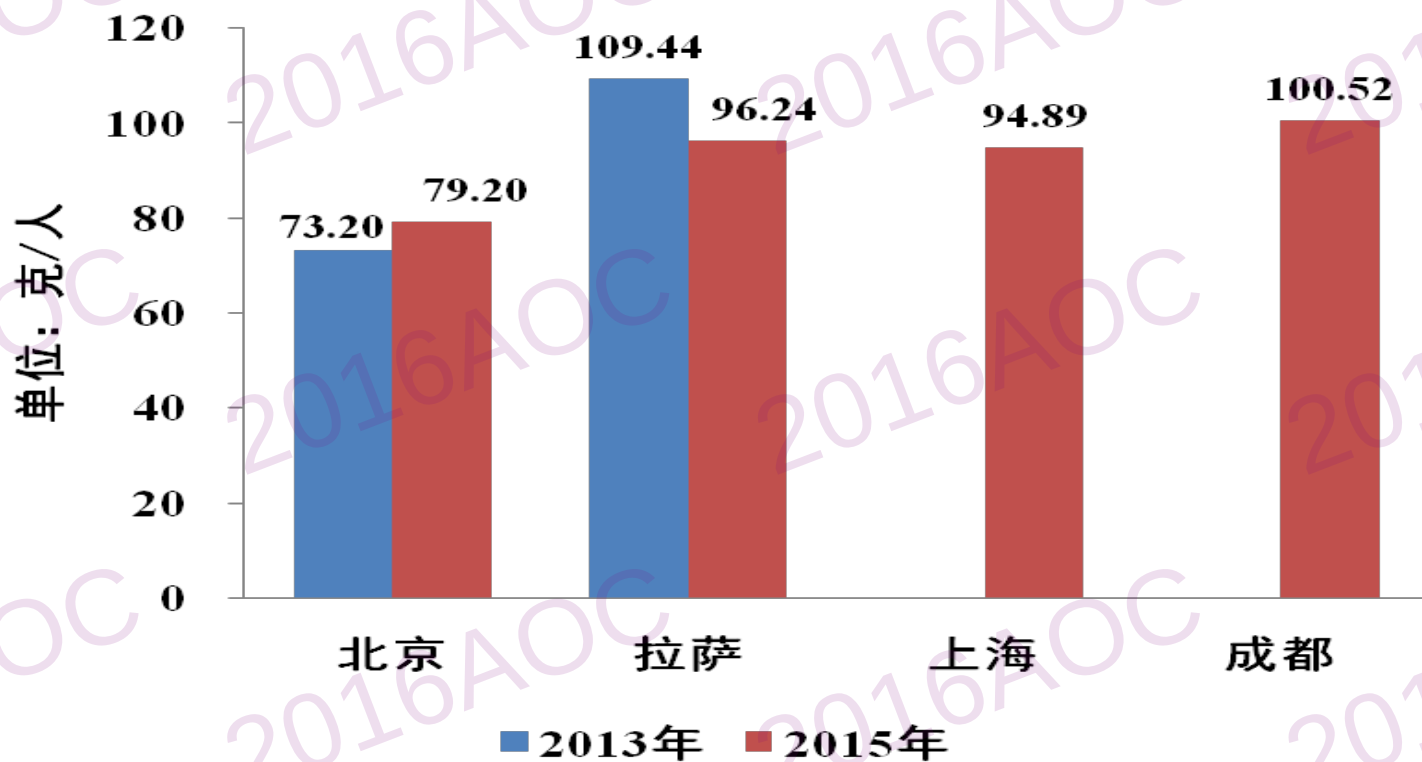
2013和2015年组织实施了2次大规模调研，共计历时**100**余天，先后共有**300**余人次参与，在北京/上海/成都/拉萨共调研餐馆**366**家，餐桌样本**6983**个，共完成餐馆经理和厨师访谈**750**余人次，消费者调查问卷**7482**份，称量**3.2**万余道菜品，累计称重**10**万余次。

时间	地点	调研天数	志愿者	餐馆数量	餐桌数量
2013	北京	30	50	124	2564
	拉萨	12	32	47	862
	合计	42	82	171	3426
2015	北京	18	35	63	1258
	上海	18	32	51	826
	成都	18	39	54	1001
	拉萨	12	35	27	472
	合计	66	141	195	3557
	总计	108	223	366	6983

城市人均食物浪费量

北京/上海/成都/拉萨--调研数据分析：

餐饮业人均食物浪费量为92.74克/人/餐，浪费率为11.7%

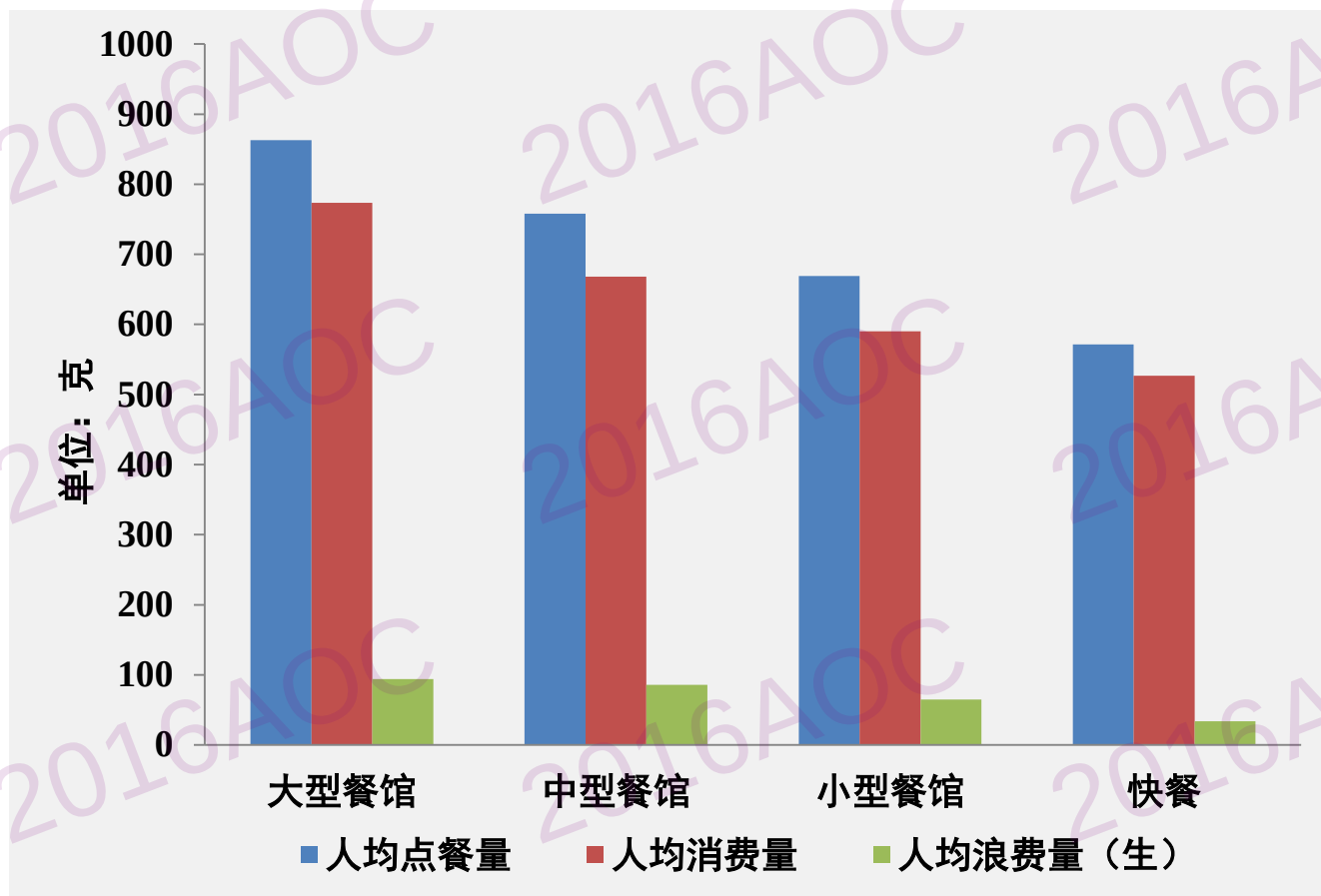


四城市人均食物浪费量

各类型餐馆人均浪费量

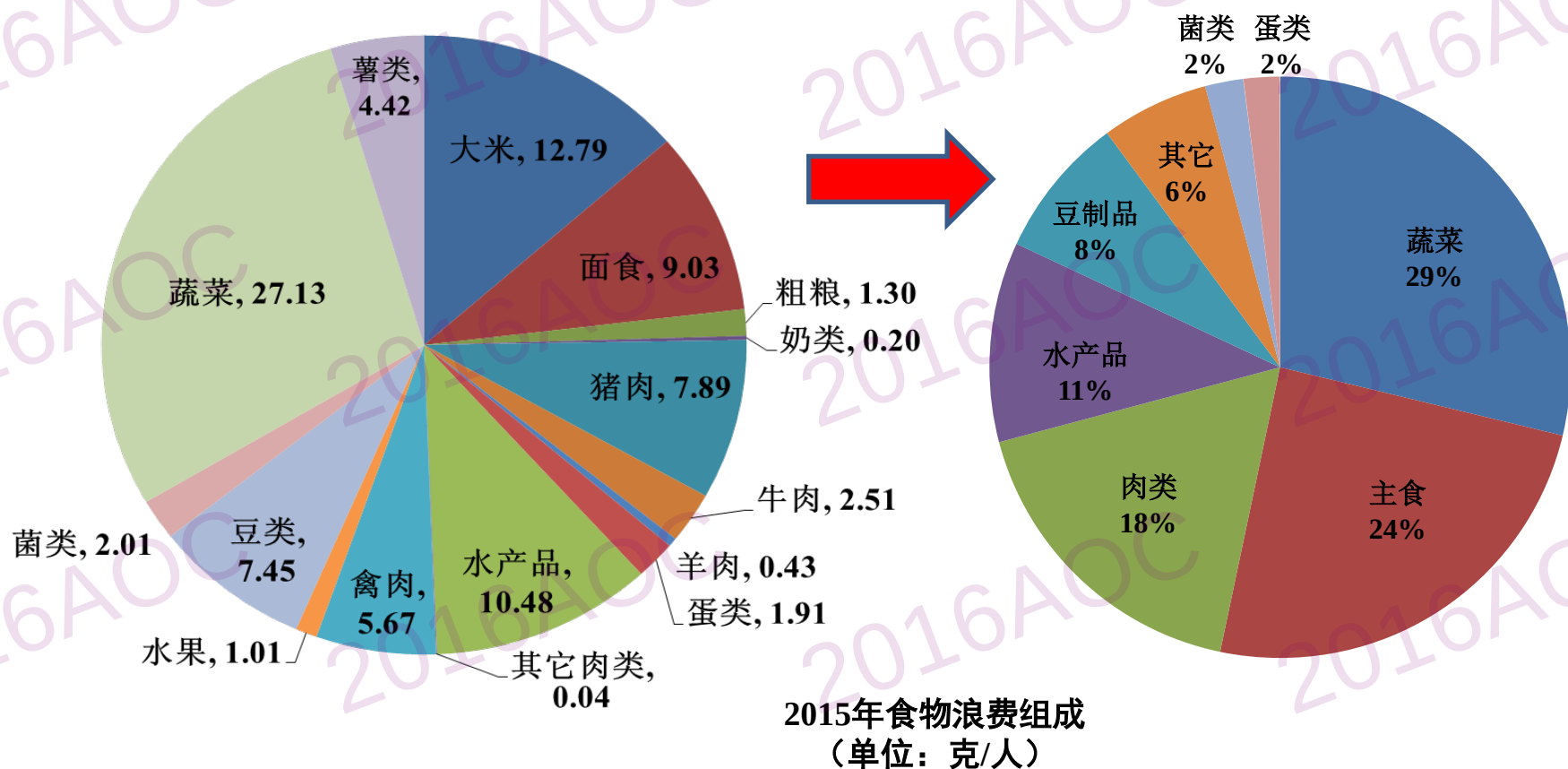
不同类型餐饮机构食物浪费量差异显著；人均浪费量整体上随规模上升而不断加大；大型餐馆浪费量远居前列，快餐浪费量最低。

大型餐馆
中点餐多，
浪费多。



食物浪费组成（2015年）

蔬菜(29%), 主食(24%), 肉类(18%), 水产品(11%), 累计占总量的82%; 其中, 肉类主要剩余为猪肉(8%)和禽肉(6%)。



不同就餐场所人均食物浪费差异

基于2013年北京市餐饮业食物浪费调研数据发现：中学生校园就餐的人均食物浪费量高于餐饮业平均水平，达到 **89.94g/人**。

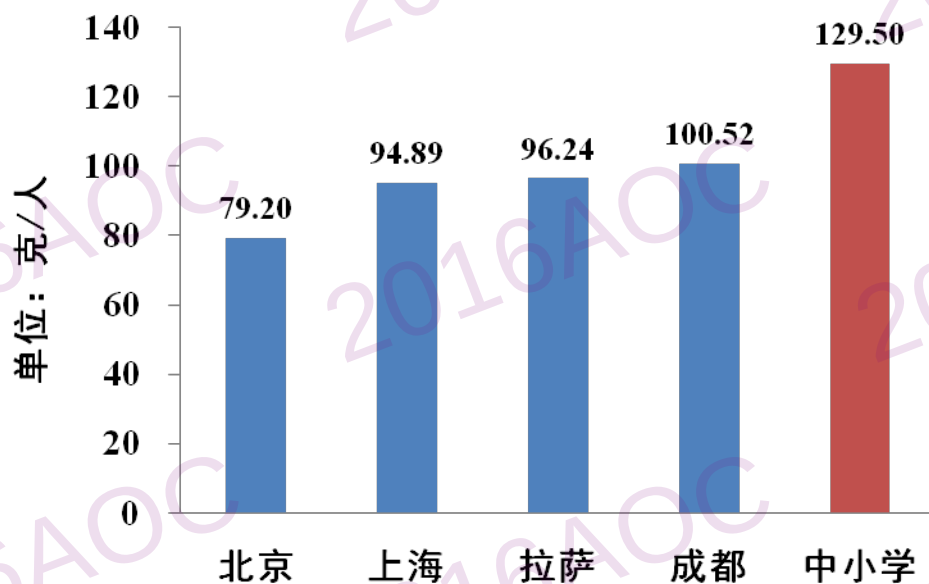
**中小學生食物浪费应
高度关注！！**



不同类型餐饮人均食物浪费量比较

北京市中小学食堂浪费量评估

人均浪费量为**129.5克/人·餐**，**浪费率22%**，远高于其他城市人均量；主食和蔬菜为主要剩余，占浪费总量的85%。



中小学与各城市浪费情况对比



**中小学生学习浪费问题
尤为突出，不容忽视！**

城市食物浪费总量核算（2015年）

	北京	上海	成都	拉萨
常住人口数（万人）	2170.5	2425.68	1442.8	60
城镇人口数（万人）	1877.7	1429.26	1210.7	30
人均浪费量（克/人·餐）	79.2	94.89	100.52	96.24
城市浪费总量（万吨）	31.21	28.46	25.54	0.61

每年城市浪费总量=城镇人口数*人均浪费量*每日餐数*在外就餐率*365

其中，每日餐数按2.3顿，在外就餐频率按25%计算。

课题组推算：中国城市餐饮业食物浪费总量

■ **算法一**：基于此次调查结果，不考虑**旅游消费**→约1400-1500万吨/年

■ **算法二**：考虑旅游消费→ 约为1700-1800万吨/年

■ **算法三**：全国省会城市厨余产生量(媒体报道)→每年中国城市餐饮业浪费掉的食物约**2500万吨**/年

目前流行说法**仅城市餐桌食物浪费掉2亿人一年口粮**，似有夸大，并无**严格科学依据**；**3000-5000万人一年食物比较可靠**

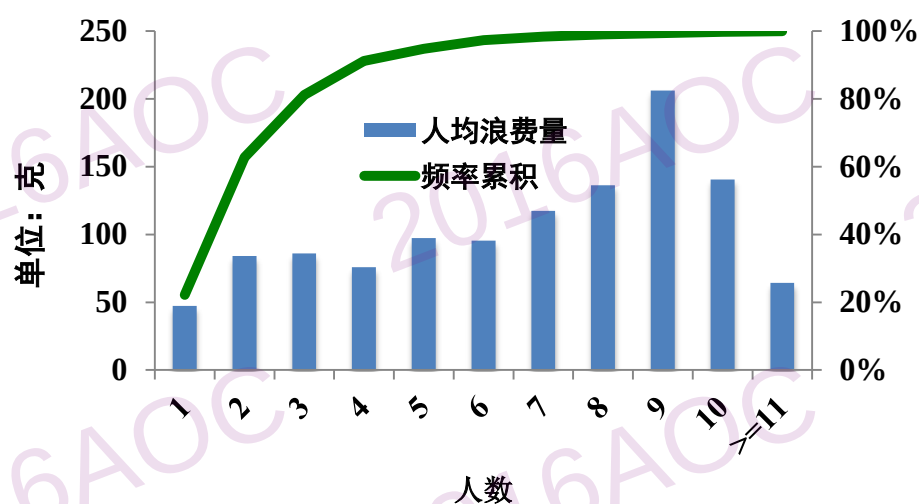
。

食物浪费原因

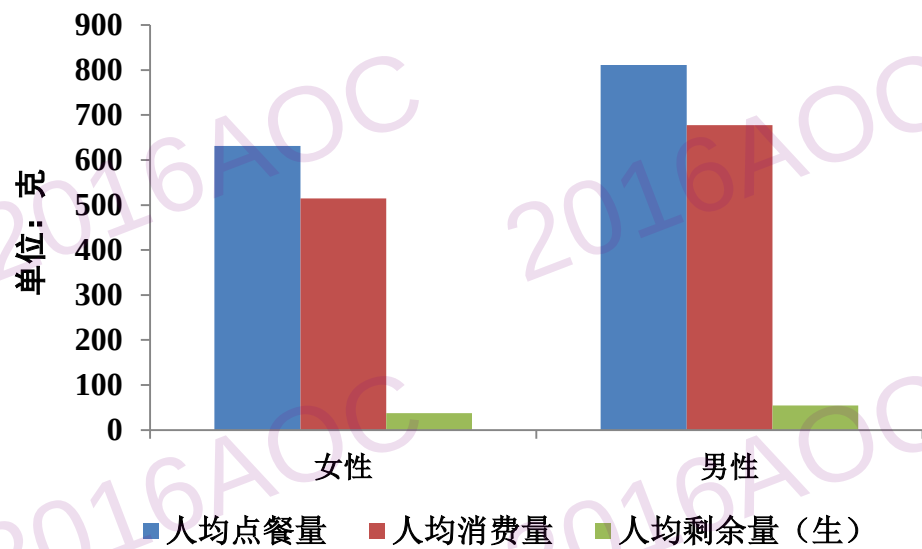
■ 人数与性别

随着每桌就餐**人数增加**，食物浪费整体呈现**先增加后略有降低**的趋势：**份餐可能会减少食物浪费！**

男性浪费量明显**多于女性**，但食物剩余率**男性**低于**女性**：
男性点餐、消费及剩余都较多。



不同人数人均浪费量及频率累积



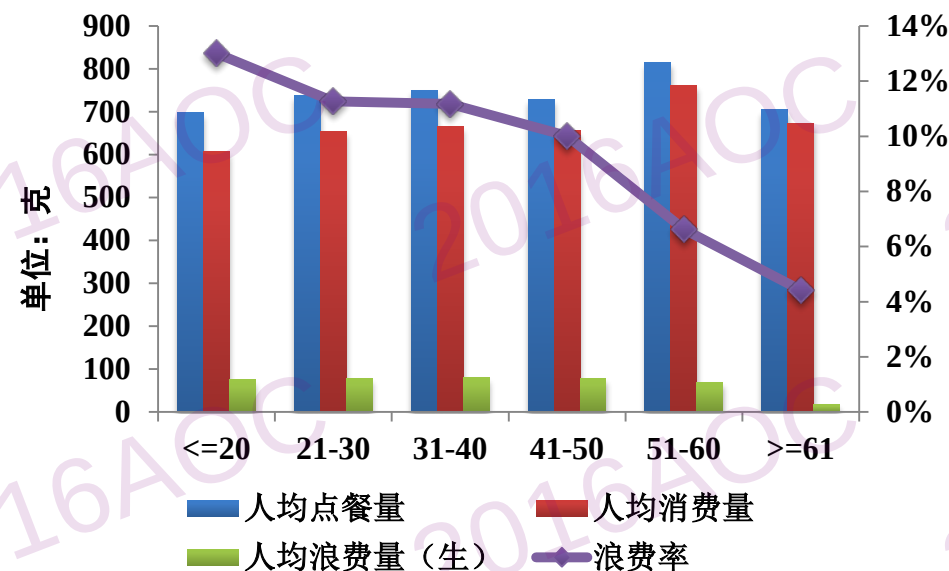
单人就餐中男女性别的人均食物浪费量

食物浪费原因

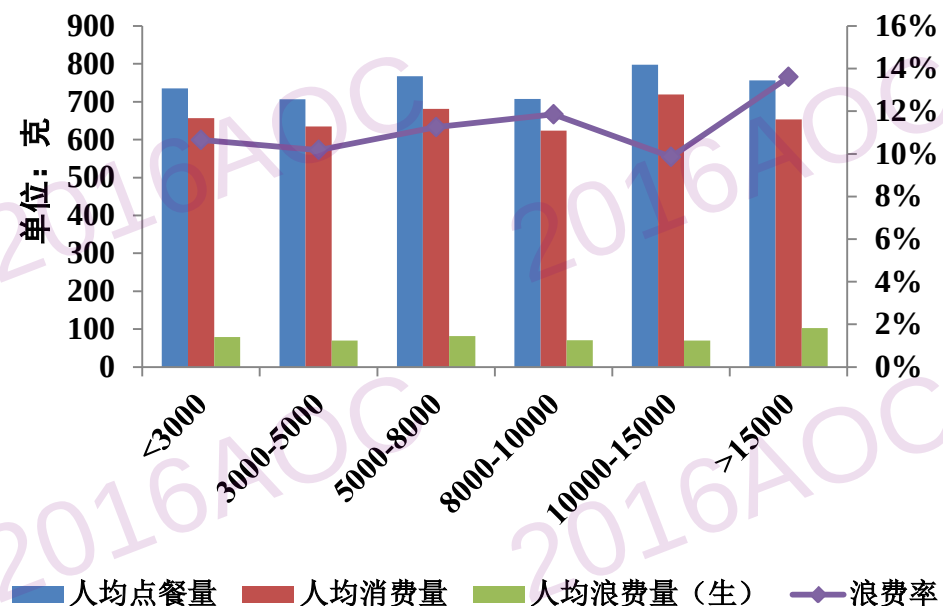
■ 年龄

50岁以下消费者食物浪费量明显高于50岁以上消费者。食物浪费率随着年龄增加而降低：随着年龄增加，对消费的控制力增加。

随着收入增加，食物浪费量和浪费率呈增加趋势。



不同年龄消费者食物浪费量和剩余率

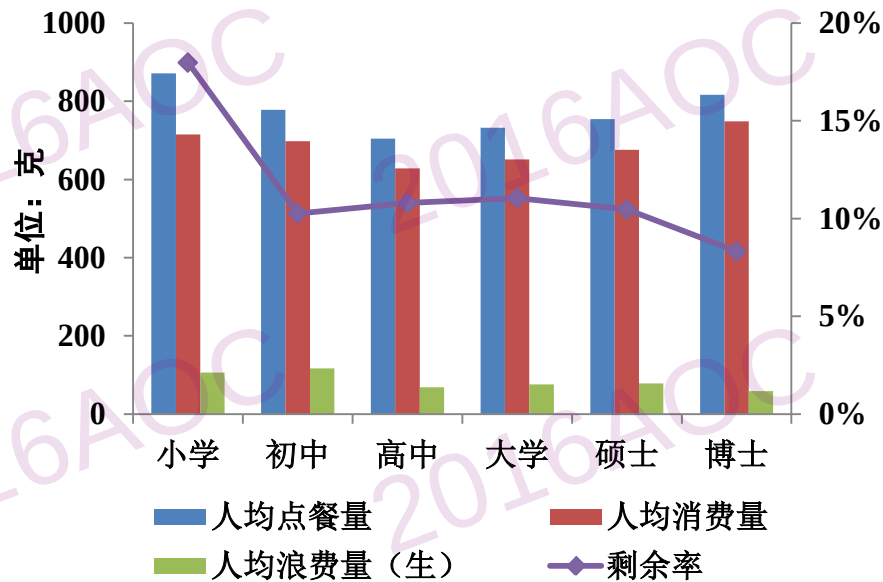


不同收入消费者食物浪费量和剩余率

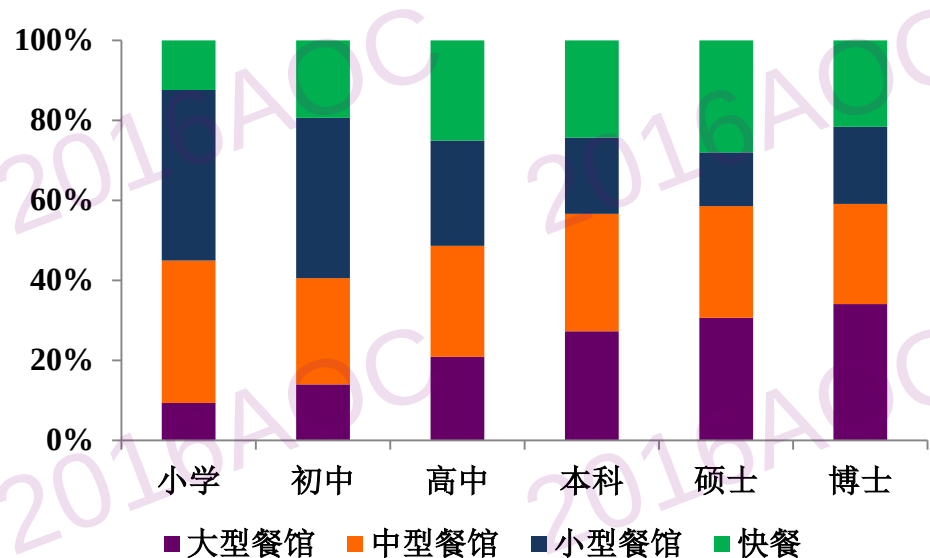
食物浪费原因

■ 教育水平

- 随着**教育**水平的提高，食物浪费量有所**降低**：**高中以下**教育食物浪费较为严重。
- 资源环境意识及就餐场所的选择。高教育水平人群更多的去大型和高档餐馆就餐，低教育的人群更多去中小型餐馆就餐。



不同教育水平人群食物浪费量和剩余率



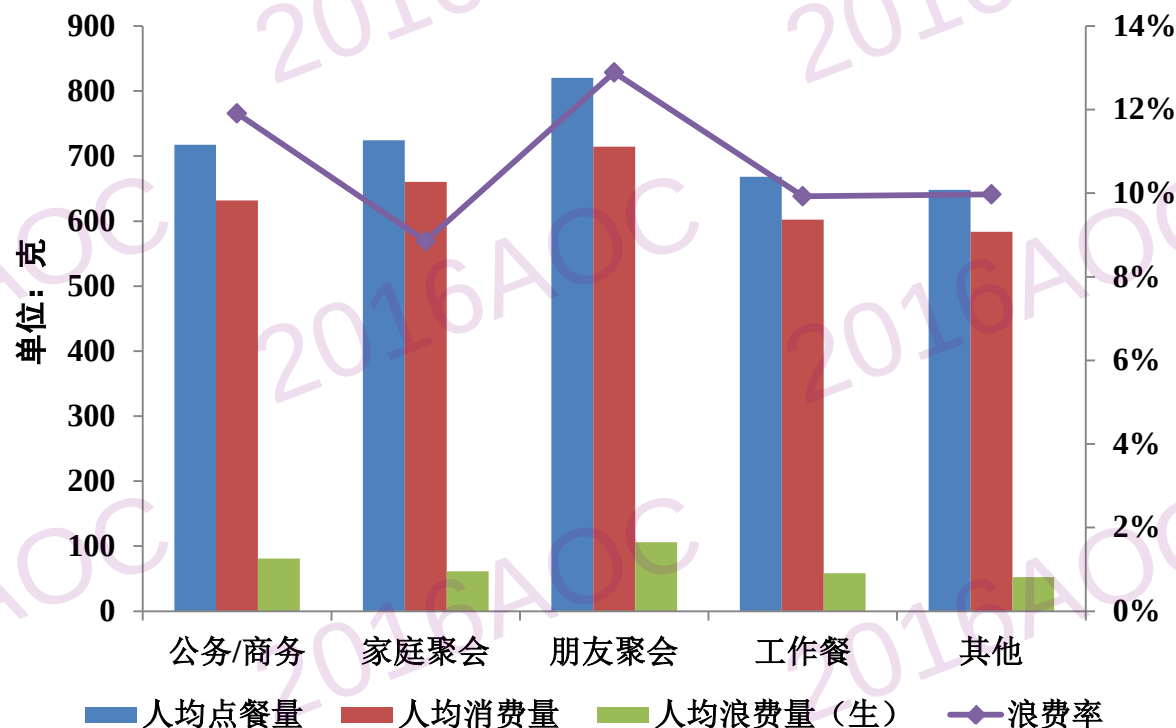
不同教育水平人群在外就餐场所分布

食物浪费原因

■ 就餐目的

朋友聚会和公务/商务消费食物**浪费量**和食物**剩余率**都明显高于家庭聚会和工作餐。

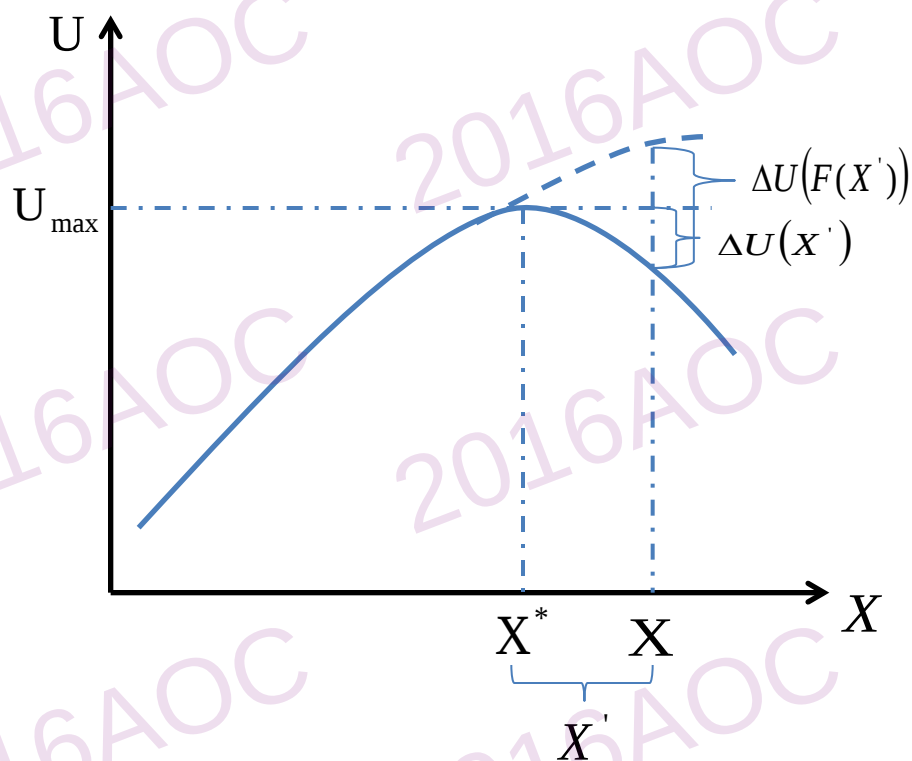
朋友聚会中要表示自己的“面子”，公务/商务消费中要达成自己饭局背后的目的。



不同就餐目的人群食物浪费量和剩余率

“面子”的代价与食物浪费

- 理论与实证相结合，研究“面子”文化对食物浪费的影响，把请客人“要面子”与客人“给面子”两方面因素同时纳入分析，首次把餐桌浪费从显性浪费拓展到隐性浪费。



$$\text{Max} U(X^*, X', F(X', D, Z))$$

$$\text{s.t. } pX + qZ \leq E$$

$$\frac{\partial U}{\partial X'} \leq 0, \quad \frac{\partial U}{\partial F} \cdot \frac{\partial F}{\partial X'} \geq 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial F} \cdot \frac{\partial F}{\partial X'} + \frac{\partial U}{\partial X'} \geq 0$$

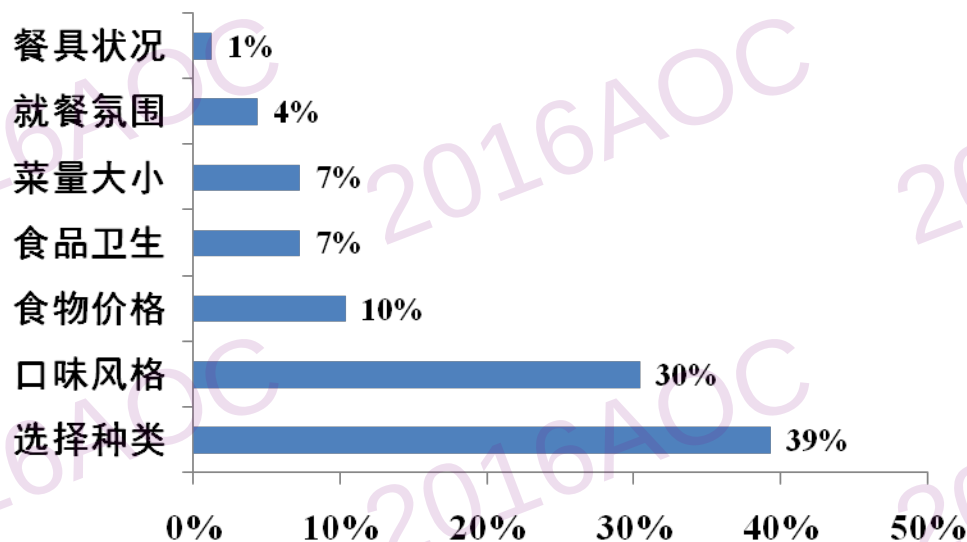
结果：仅“面子”一项导致：

- 人均在外消费时多产生**显性浪费28克/餐**，约相当于全国每年因此浪费掉280万人一年的口粮。
- 同时，为照顾请客人的“面子”，客人会比平时需求消费的多，**造成约80克/餐的隐性浪费**（waste to waist）。

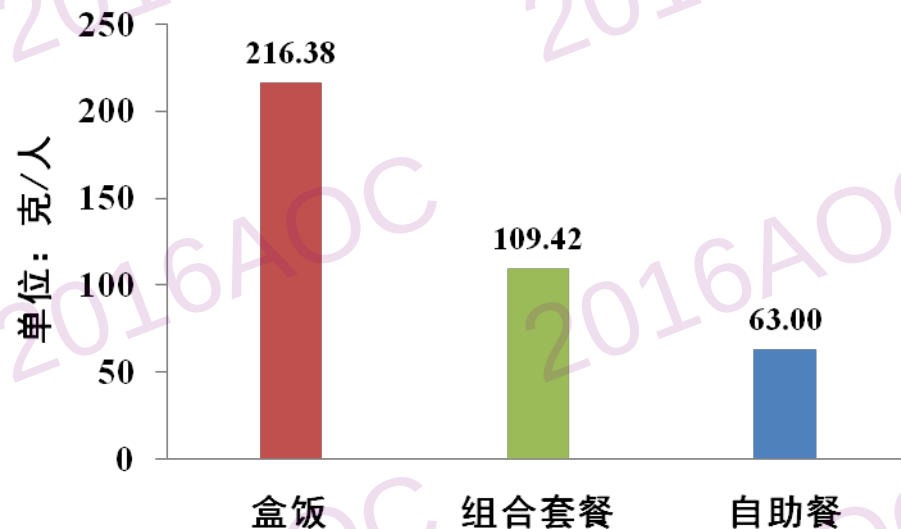
❖ 《“面子”的代价》获“周诚农业经济学奖”，2014年北京青年农经学者论坛。

北京市中小学食堂浪费原因

1. 与盒餐相比，自助性餐饮更加有助于学生节约食物



食堂管理存在的主要问题

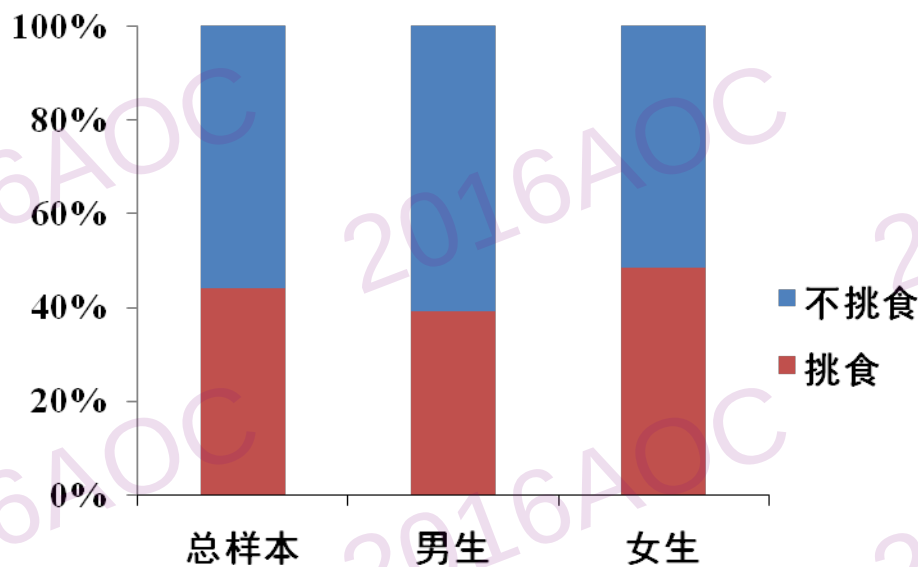


不同供餐方式的对比（单位：克/人）

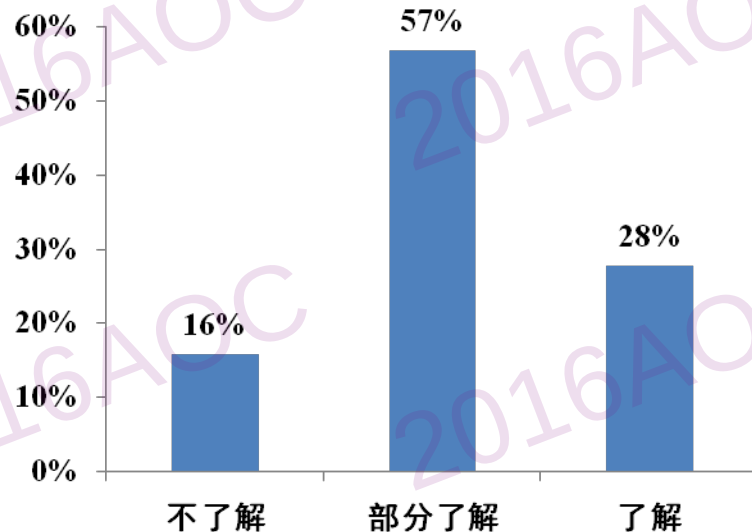
2. 食物选择种类过少，口味风格欠佳是造成学生食物浪费的客观原因

北京市中小学食堂浪费原因

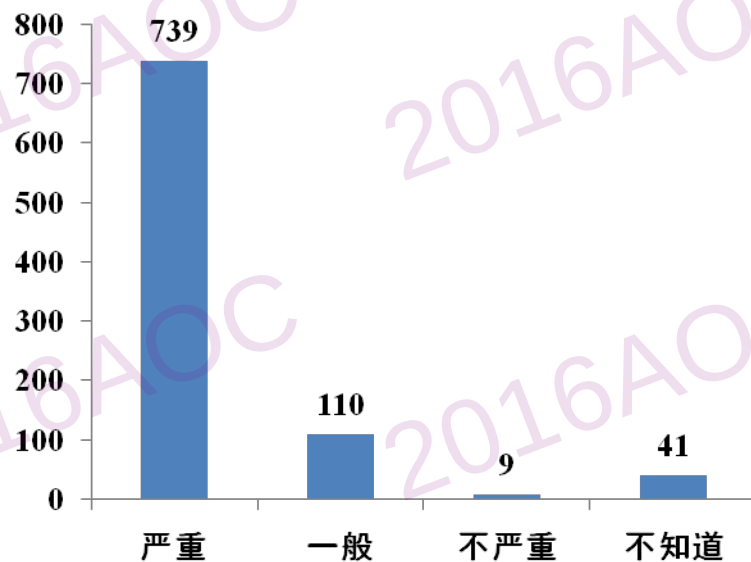
3.食物知识的匮乏、不良的饮食行为等，加剧了学生的食物浪费现象。



挑食行为



对粮食生产过程的了解程度

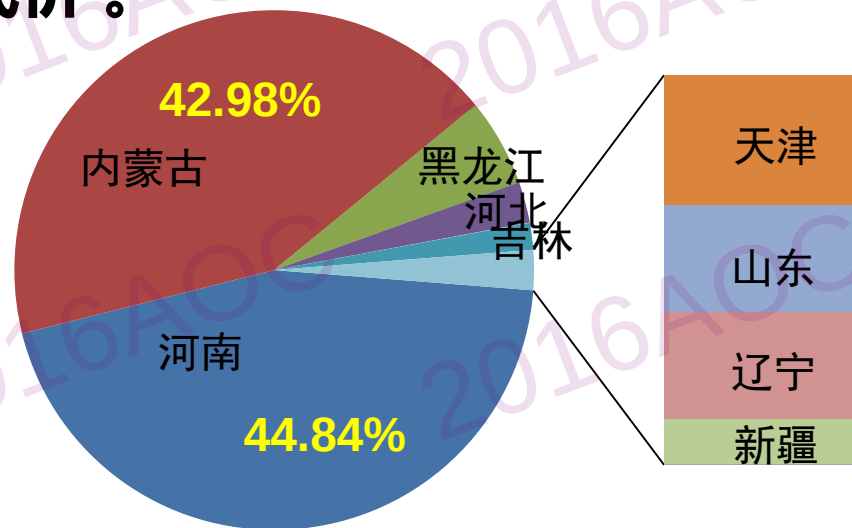


对食物浪费严重程度的认识

北京市餐饮食物浪费的土地代价

利用**成分法生态足迹模型**，根据北京市食物来源地现状，
重新核算均衡因子等模型的**关键参数**，“**自下而上**”地评
估北京市餐饮业食物浪费的土地代价。

研究表明：2013年，北京市餐饮业食物浪费的土地代价为29.47万
nhm²，约等于**北京耕地面积的**
1.32倍。



北京市餐饮食物浪费所消耗的生物生产性土地地理构成
张丹，等，2016a

食物浪费资源效应-还原法

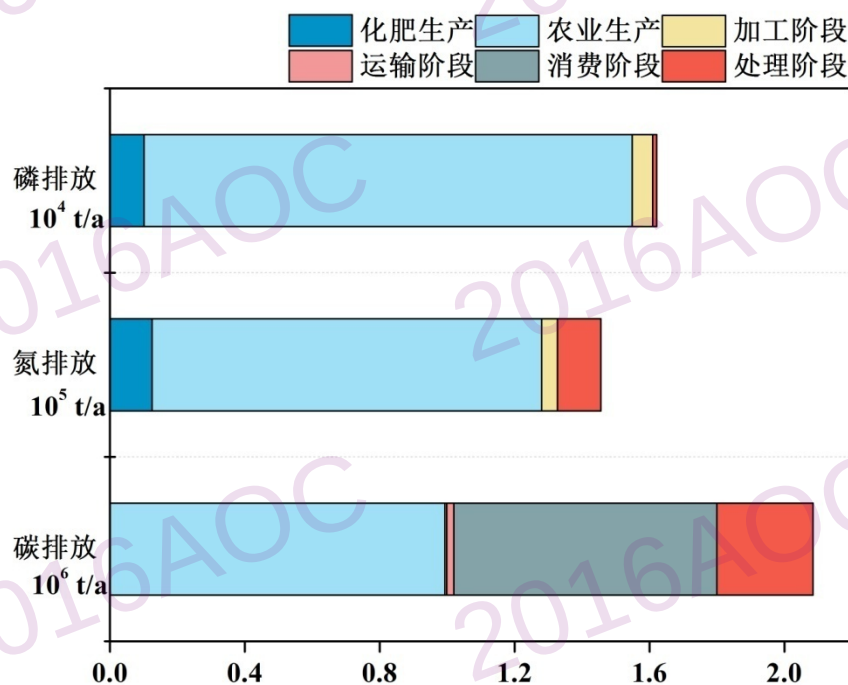
北京市每年餐饮业餐桌食物浪费约**75.34万吨粮食**，相当于北京市**粮食总产量的78.40%**，**粮食总消耗量的12.94%**。这相当于北京**16.35万公顷耕地**的生产量，占北京市**耕地总面积的74.02%**。

北京餐饮业食物浪费农业资源代价

	耕地 (万公顷)	粮食 (万吨)	农业机械总动力 (万千瓦)	农村用电量 (万千瓦小时)	化肥施用量 (万吨)
食物浪费代价	16.35	75.34	153.74	359233.86	9.47

北京市餐饮食物浪费的环境影响评估

基于生态足迹理论和碳足迹评估模型，建立食物浪费的氮足迹和磷足迹评价模型；利用多足迹评价方法，评估食物浪费造成的环境压力



北京市餐饮食物浪费过程引起的环境排放

北京市餐饮食物浪费的环境影响评估

食物浪费的碳足迹核算

- 每浪费1kg食物，相当于5.22kgCO₂ eq

- 从食物种类看：

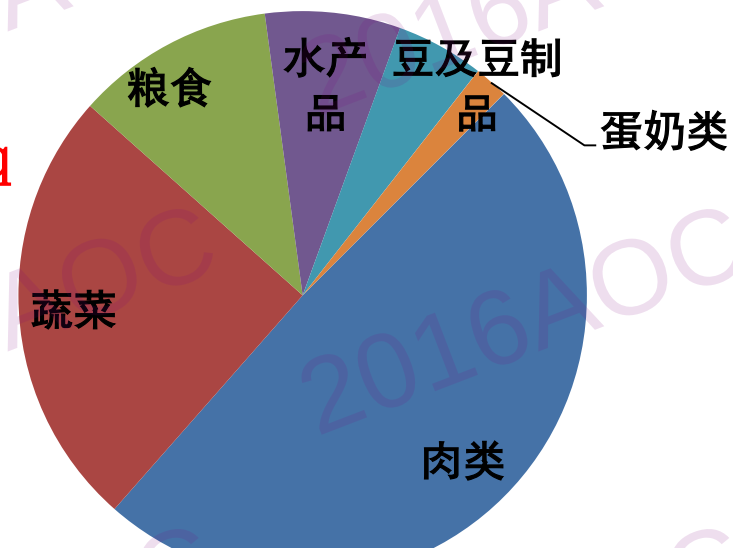
肉（60%）,蔬菜（25%）,粮食(10%)

- 从供应链看：

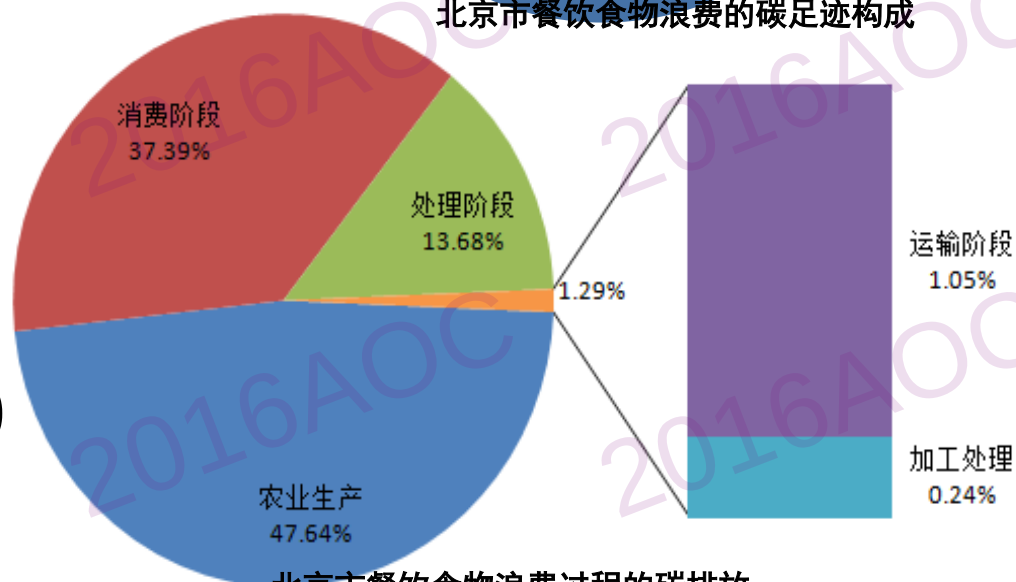
- ✓ 农业生产阶段 (47.64%)

- ✓ 消费阶段(38%)

- ✓ 餐厨垃圾处理阶段(14%)



北京市餐饮食物浪费的碳足迹构成



北京市餐饮食物浪费过程的碳排放

北京市餐饮食物浪费的环境影响评估

单位浪费食物的碳足迹核算

北京餐饮食物浪费碳足迹

Carbon footprint of catering food waste in Beijing

项目 Item,	农业生产阶段碳足迹, CF of agricultural production, 10 ⁴ CO ₂ eq,	加工处理阶段碳足迹, CF of processing, 10 ⁴ CO ₂ eq,	运输阶段碳足迹, 10 ⁴ CO ₂ eq, CF of distribution,	餐厅消费阶段碳足迹, 10 ⁴ CO ₂ eq, CF of catering consumption,	终端处理阶段碳足迹, 10 ⁴ CO ₂ eq, CF of management,	小计, subtotal,	单位质量碳足迹, Per kg CF, kgCO ₂ eq/kg,
大米 rice,	2.92,	0.02,	0.11/0.24,	4.75,	0.84/1.74,	8.64/9.68,	3.56/3.98,
面粉 Wheat Flour,	1.52,	0.02,	0.13/0.29,	5.73,	1.01/2.1,	8.42/9.67,	2.87/3.30,
其他粮食 Other grains,	0.67,	0.01,	0.06/0.13,	2.50,	0.44/0.91,	3.67/4.22,	2.88/3.30,
黄豆及豆制品 Bean & bean products,	2.05,	0.45,	0.13/0.28,	5.61,	0.99/2.05,	9.22/10.44,	3.22/3.64,
蔬菜净菜 vegetables,	5.64,	-,	0.33/0.72,	33.65,	5.92/12.32,	45.54/52.33,	2.65/3.04,
生鲜猪肉 pork,	17.43,	-,	0.08/0.19,	6.85,	1.21/2.51,	25.57/26.97,	7.30/7.70,
鲜牛肉 beef,	16.20,	-,	0.02/0.04,	1.33,	0.23/0.49,	17.78/18.05,	26.22/26.62,
鲜羊肉 mutton,	23.10,	-,	0.02/0.04,	1.52,	0.27/0.56,	24.90/25.21,	32.12/32.52,
禽肉 poultry,	11.66,	-,	0.07/0.15,	5.40,	0.95/1.98,	18.08/19.18,	6.55/6.95,
其他肉类 other meat,	11.39,	-,	0.01/0.03,	0.96,	0.17/0.35,	12.53/12.73,	25.62/26.03,
水产品 Aquatic products,	4.79,	-,	0.02/0.05,	8.19,	1.44/3.00,	14.45/16.03,	3.45/3.83,
蛋类 eggs,	1.94,	-,	0.02/0.05,	1.43,	0.25/0.52,	3.64/3.94,	4.97/5.38,
奶类 milk,	0.03,	-,	0.00/0.00,	0.04,	0.01/0.02,	0.08/0.09,	3.57/3.97,
小计 subtotal,	99.34,	0.50,	0.99/2.20,	77.96,	13.72/28.54,	192.51/208.52,	,

■ 羊肉最大，为32.52
kgCO₂ eq/kg,

■ 蔬菜的最小，仅为3.04
kgCO₂ eq/kg

前者是后者的10.70倍

北京市餐饮业食物浪费总的碳足迹：**208万吨co₂eq**

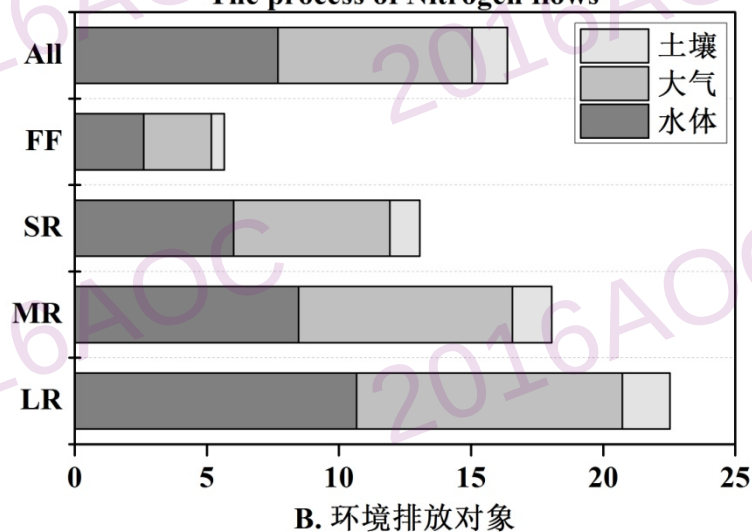
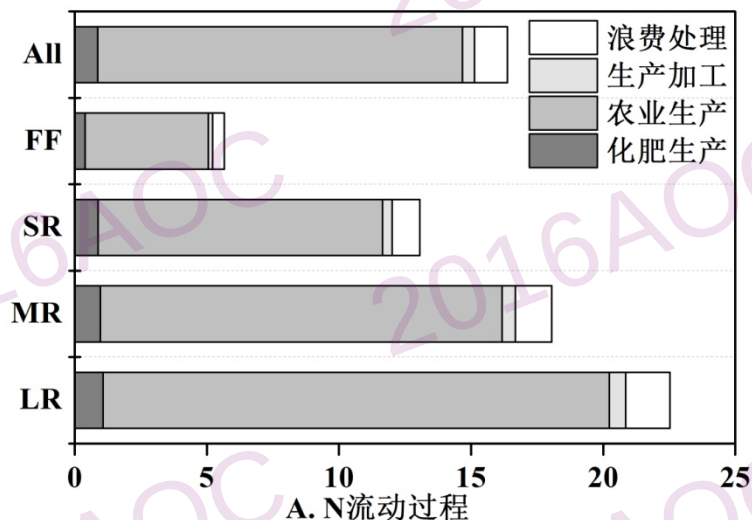
北京市餐饮食物浪费的环境影响评估

食物浪费的氮足迹核算

每浪费1kg食物，有220g的N排放到环境中。

●从N流动过程看：农业生产过程最大（85%），其次是餐厨垃圾处理（8%）

●从环境排放对象看：每浪费1kg食物，向水体、大气和土壤中排放110 g N、100gN和20gN。



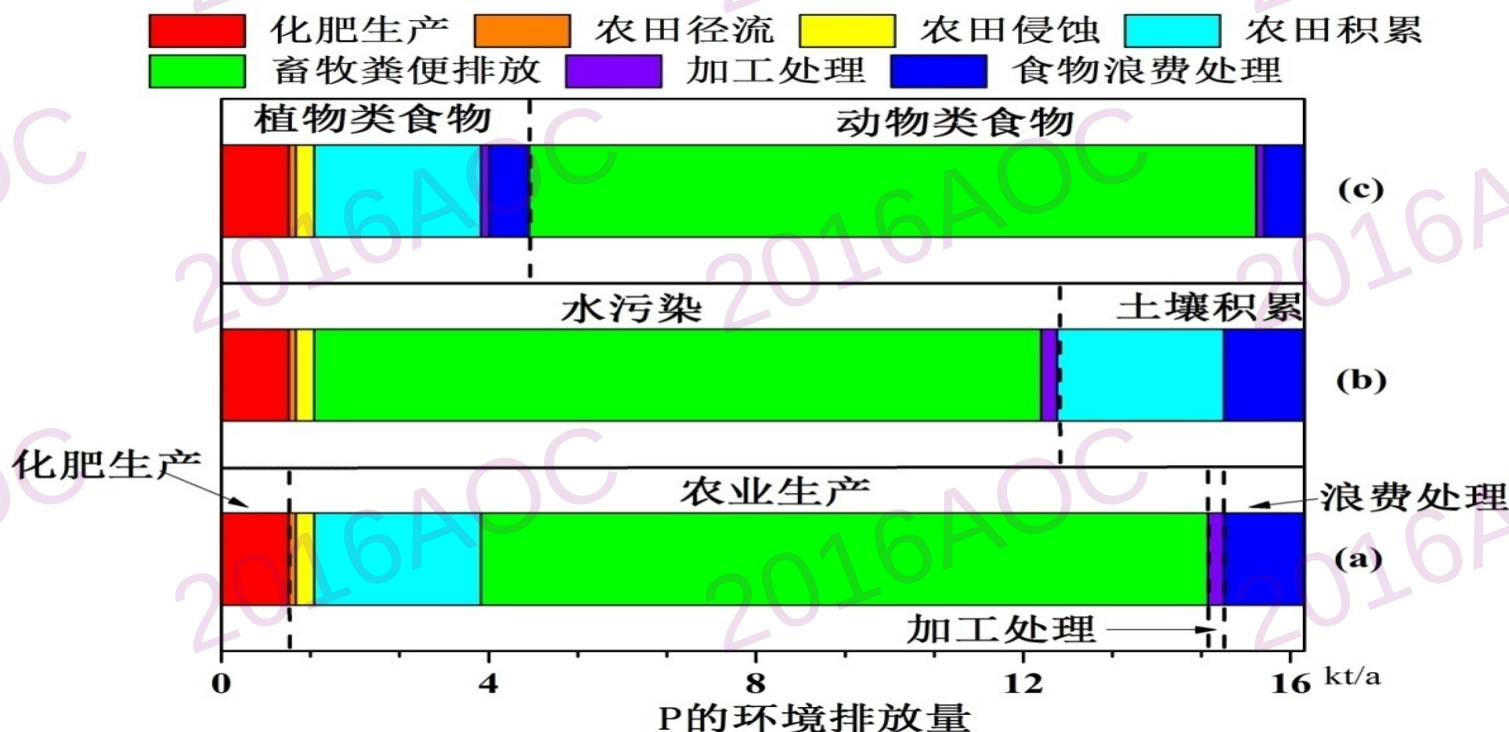
B. 环境排放对象
Nitrogen discharge to the atmosphere, air and water

北京市餐饮食物浪费的环境影响评估

食物浪费的磷足迹核算

每浪费1kg食物，会有40.56 g 磷排放到环境中。

- 从P流动过程看：农业生产过程最大(85%)，其次化肥生产过程(7%)
- 从环境排放对象看：浪费1kg食物，向水体排放31.29 gP，土壤积累9.27 gP



不同角度分析北京市餐饮食物浪费各环节磷排放情况

中小學生食堂浪費資源環境效應

根據推算，北京市每年校園午餐的浪費量約為**7780噸**

◆ 造成直接經濟損失**1.6億元**

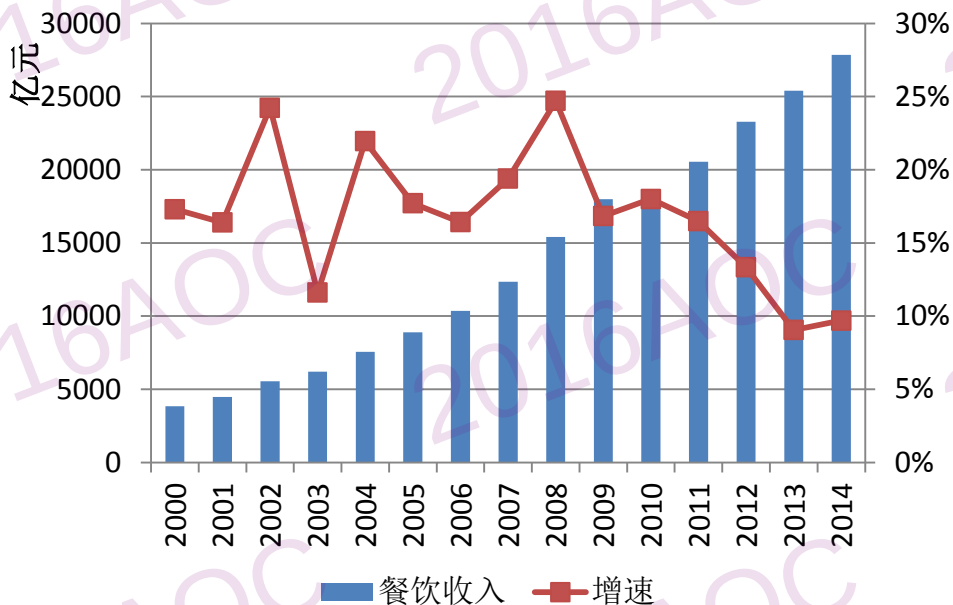
◆ 生產這些浪費掉的食物占
用土地面積約為**27649 hm²**

◆ 消耗虛擬水 **$1160 \times 10^4 \text{m}^3$**



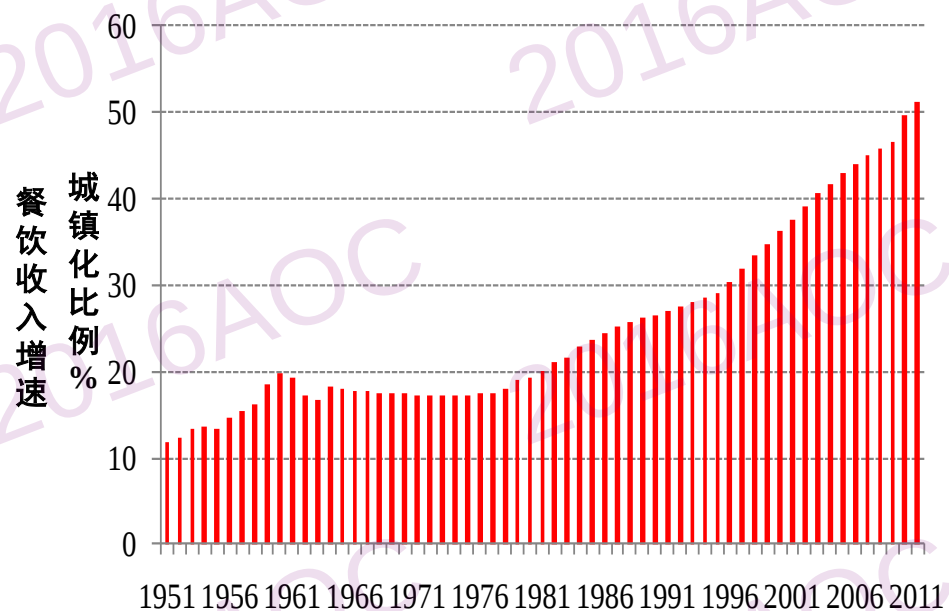
四、未来展望

- 展望一、城市化进程不断推进，餐饮业继续增长，人口持续增加，食物需求和消费将持续增加。



餐饮业将继续保持高速增长

(中国统计年鉴, 2011-2014; 2010中国餐饮业调查报告, 2010-2014)



城市化将继续快速推进

(方创琳等, 2009; 国家统计局, 2011)

四、未来展望

■ 展望二：中国农业资源环境和生态硬约束将越来越成为中国农业发展的瓶颈。



污染

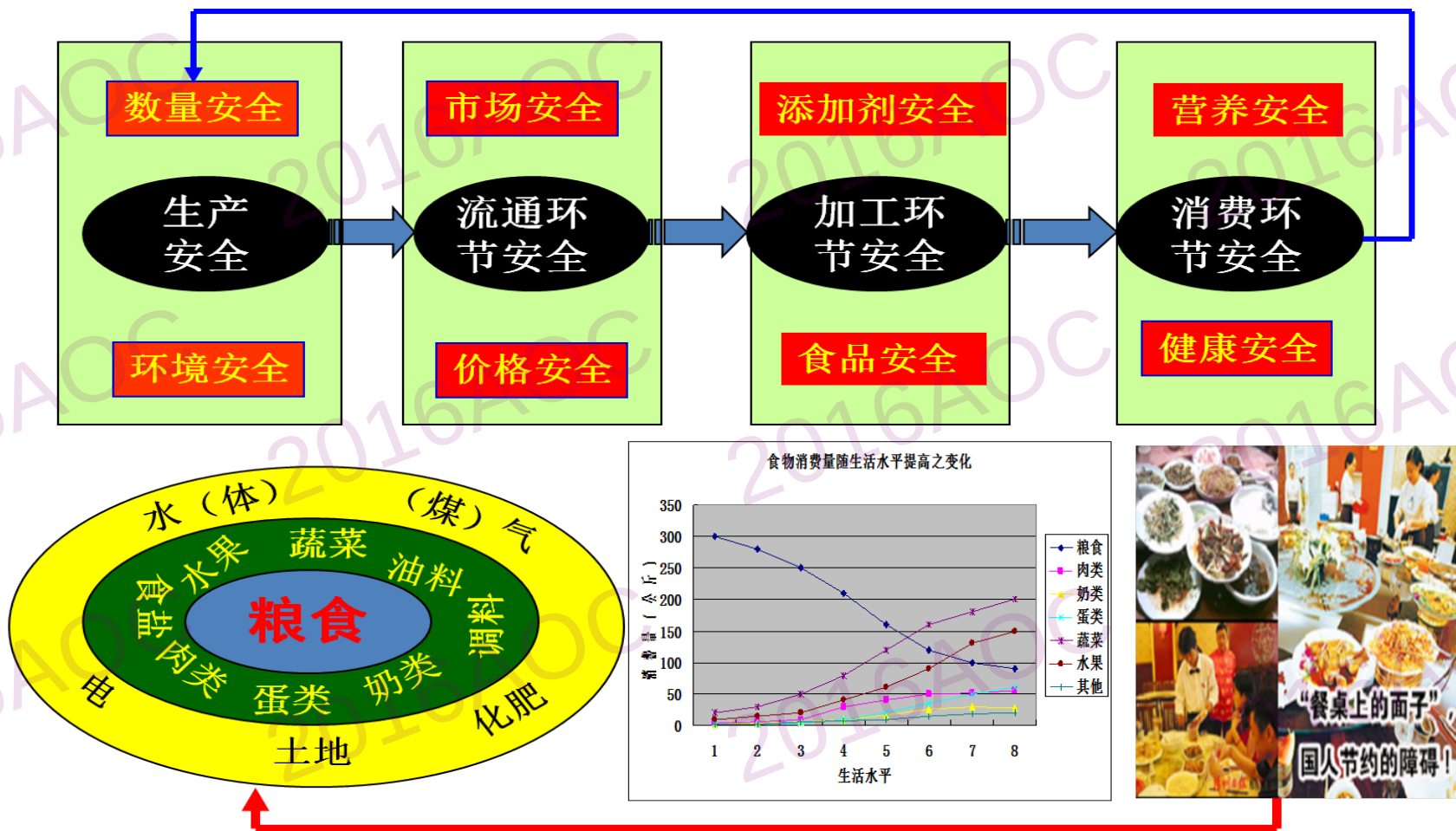


退化



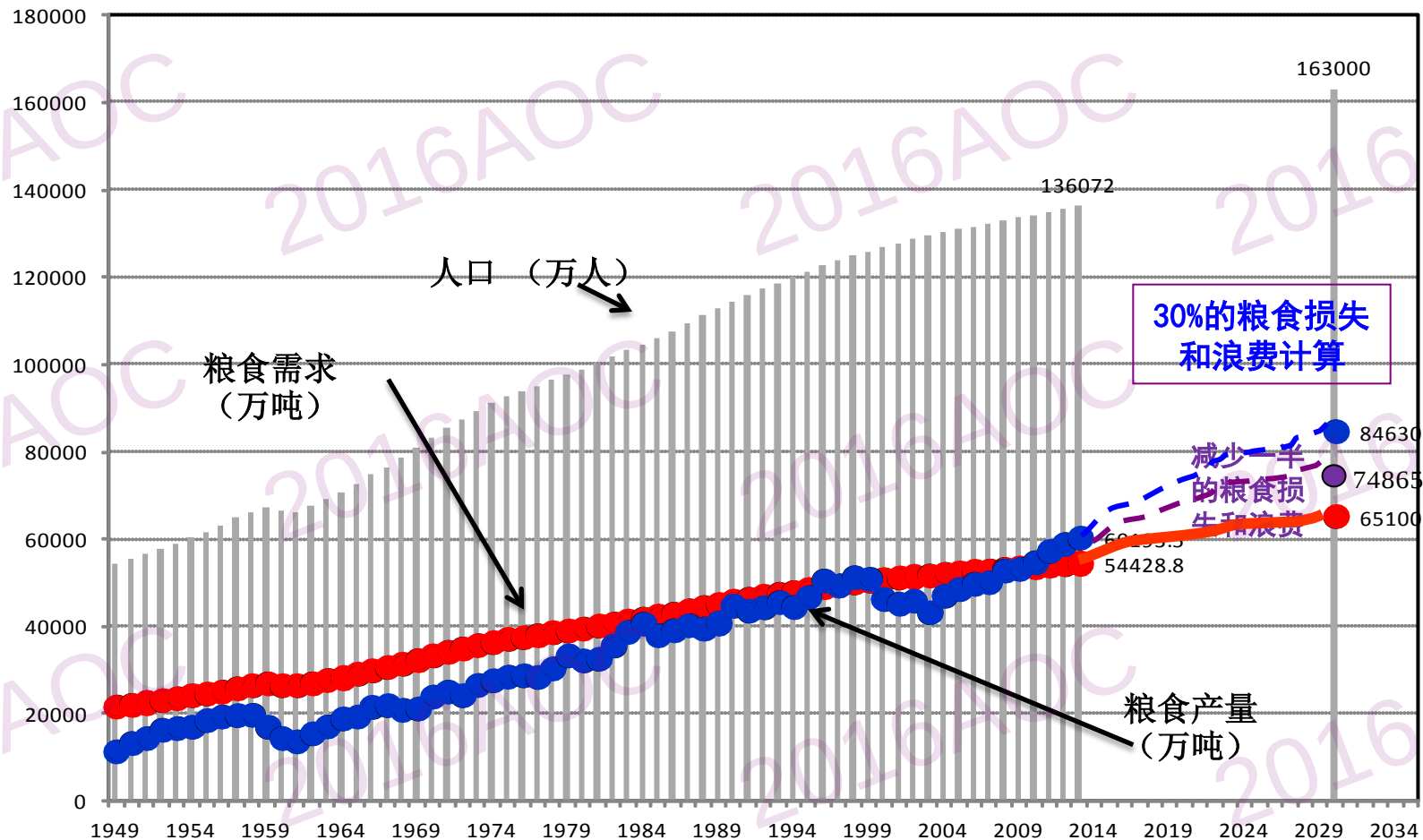
四、未来展望

■ 展望三：中国食物安全体系将进一步拓展。



四、未来展望

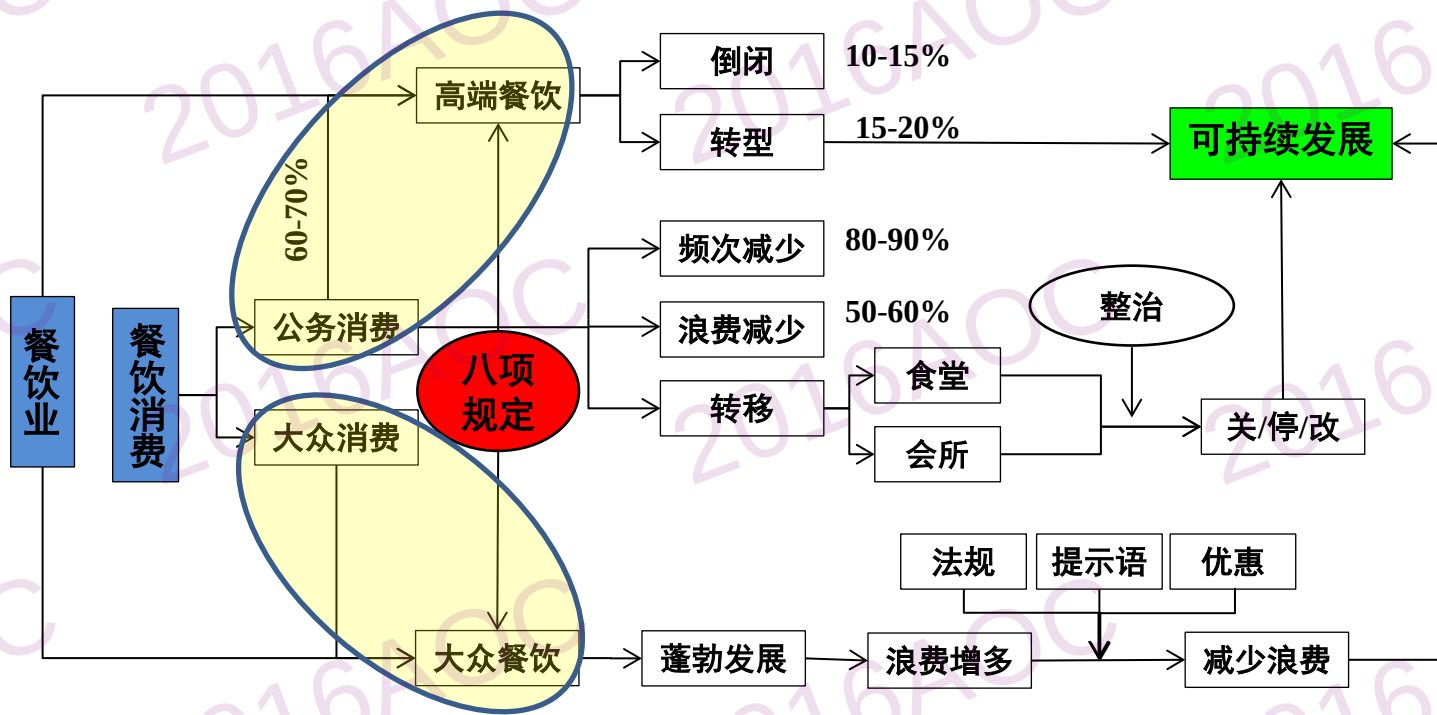
■ 展望四：全社会共识：遏制食物浪费将成为中国粮食安全的重要途径。



注：2013年以前粮食需求按照人口400kg计算，2030年粮食需求参考布朗的研究结果。

四、未来展望

■ 展望五：中央政策效果明显，有望继续强化。



2012年以后政策对我国餐饮业的影响

四、未来展望

■ 展望六：食物浪费量将继续增加，浪费及浪费产生的问题将得到持续关注，全社会倡导“资源节约、环境友好、有益健康”的绿色消费模式。

资源

环境

健康





Fresh fruit and vegetables 24 pounds Processed fruit and vegetables 10.5 pounds



谢谢!