

# 我国有机肥资源与利用

刘晓永<sup>1</sup> 李书田<sup>1, 2</sup>

(1 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 中关村南大街 12 号, 北京, 100081;

2 国际植物营养研究所北京办事处, 北京, 100081, E-mail: sli@ipni.net)

**摘要:** 弄清我国有机肥养分资源现状对其在农业生产中合理分配和有效利用至关重要。本研究是在省级水平上估算我国不同有机肥资源的养分供应潜力和有效还田数量。中国有机肥资源丰富, 其氮磷钾养分量超过 2013 年我国化肥的消费量。然而, 在不同地区间合理收集处理、运输和有效利用仍面临巨大挑战。这些有机肥养分资源是我国 2020 年化肥消费量零增长下的宝贵资源, 对减少化肥施用, 提高养分利用率具有重要影响。今后的重点应尽一切努力回收和有效利用目前未能利用的 50% 甚至以上的有机肥资源。

**关键词:** 有机肥资源; 畜禽粪便; 秸秆; 潜力; 回田率

随着我国粮食产量的增加和畜牧业的发展, 农作物秸秆和畜禽粪尿等有机废弃物增加, 加上绿肥和人粪尿资源, 有机肥资源量巨大。2020 年中国政府要求化学肥料消费不再增加, 而粮食和其他农作物产量需要稳定增长以满足人口增长的需求, 因此, 有机肥资源就是理想的养分资源, 既能替代部分化肥, 提高肥料养分的利用效率, 还能培肥地力, 提高农产品品质, 消除有机废弃物对环境的不良影响。弄清我国有机肥养分资源潜力和利用现状对其合理分配和有效利用以及估算我国农业系统中养分投入/产出平衡都具有重要意义。

经估算, 我国畜禽粪尿资源量达 31 亿吨, 理论上可提供 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 养分 1510、880、1620 万吨, 有 18 个省/市氮磷钾总量超过 100 万吨, 其中四川、河南、山东最高, 分别为 422、298、255 万吨。全国畜禽粪尿氮磷钾养分总量是 2013 年全国化肥消费量 (5912 万吨) 的 67.7%。然而, 考虑有效还田率和收集、储存、处理中的养分损失, 真正返还农田的氮磷钾养分分别为 483 万吨 N, 495 万吨 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 833 万吨 K<sub>2</sub>O, 分别占其资源量的 32.0%、56.3% 和 51.4%, 氮磷钾共计回田 1811 万吨, 占 2013 年全国化肥消费量的 30.6%。

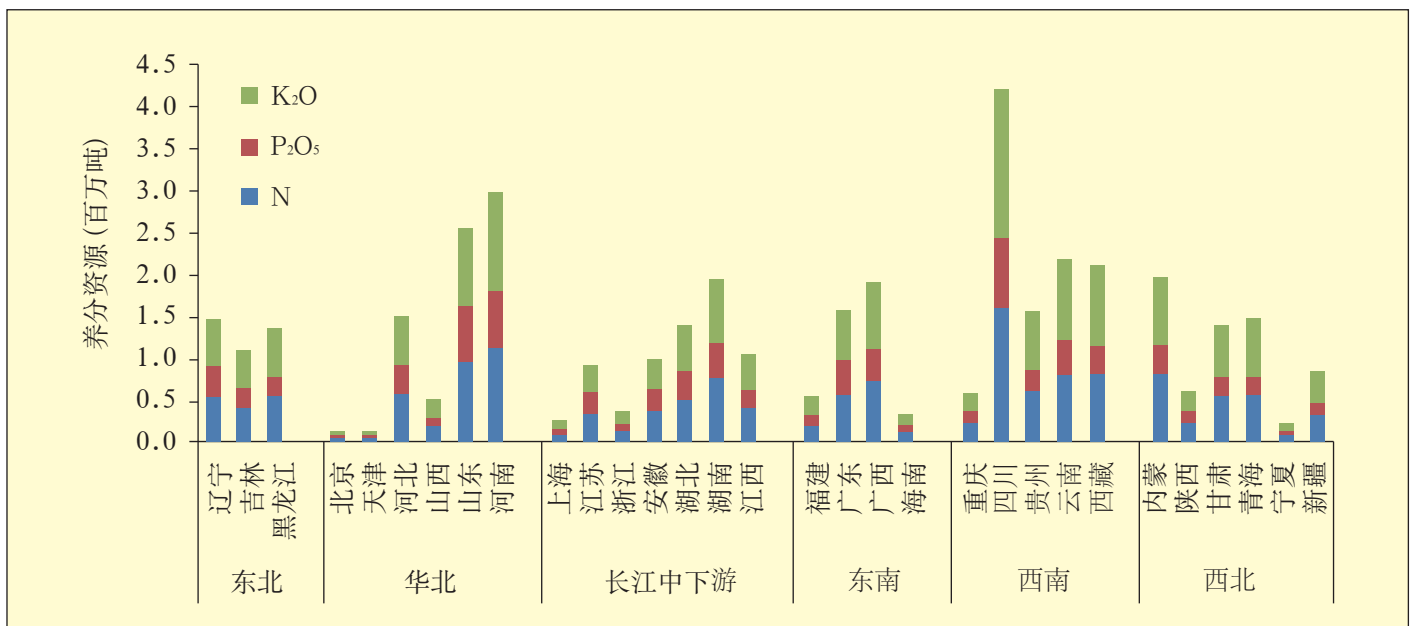


图 1 畜禽粪尿养分资源分布

人粪尿资源与人口有关，经估算全国人粪尿约 11 亿吨，可提供 707、267 和 248 万吨 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O，共计 1221 万吨。然而，有效回田的养分只有 131、75 和 39 万吨 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O，分别占资源量的 18.5%、28% 和 15.7%。人粪尿养分多的省份主要集中在华北和长江中下游地区的人口大省，以广东、河南、山东、四川和江苏 5 省较多。

全国农作物秸秆资源 9.25 亿吨，主要分布在华北和长江中下游地区，可提供氮磷钾养分 2645 万吨，其中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别为 916、281、1448 万吨，以钾为主。有 13 个省市秸秆氮磷钾养分超过 100 万吨，主要分布在东北、华北和长江中下游粮食主产区。如今秸秆还田数量不

断增加，特别在华北地区和南方省分，而在东北和西北地区优于温度和水分的限制，不利于秸秆腐解，秸秆还田受限。秸秆还田可以有效补充移走的钾，节省钾肥投入，降低生产成本，提高效益。然而目前没有秸秆还田率的官方数据，依据参考资料估算各省的秸秆还田情况表明，大约有 311、137 和 724 万吨秸秆 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 通过直接或焚烧后还田形式返还农田，分别占秸秆氮磷钾资源量的 34.0%、48.8% 和 50.0%。需要强调的是，通过秸秆还田返还农田的 K<sub>2</sub>O 数量相当于 2013 年化肥钾消费量的 77%。全国有 12 个省 / 市秸秆氮磷钾养分还田量超过 50%，主要在华北和南方省份。

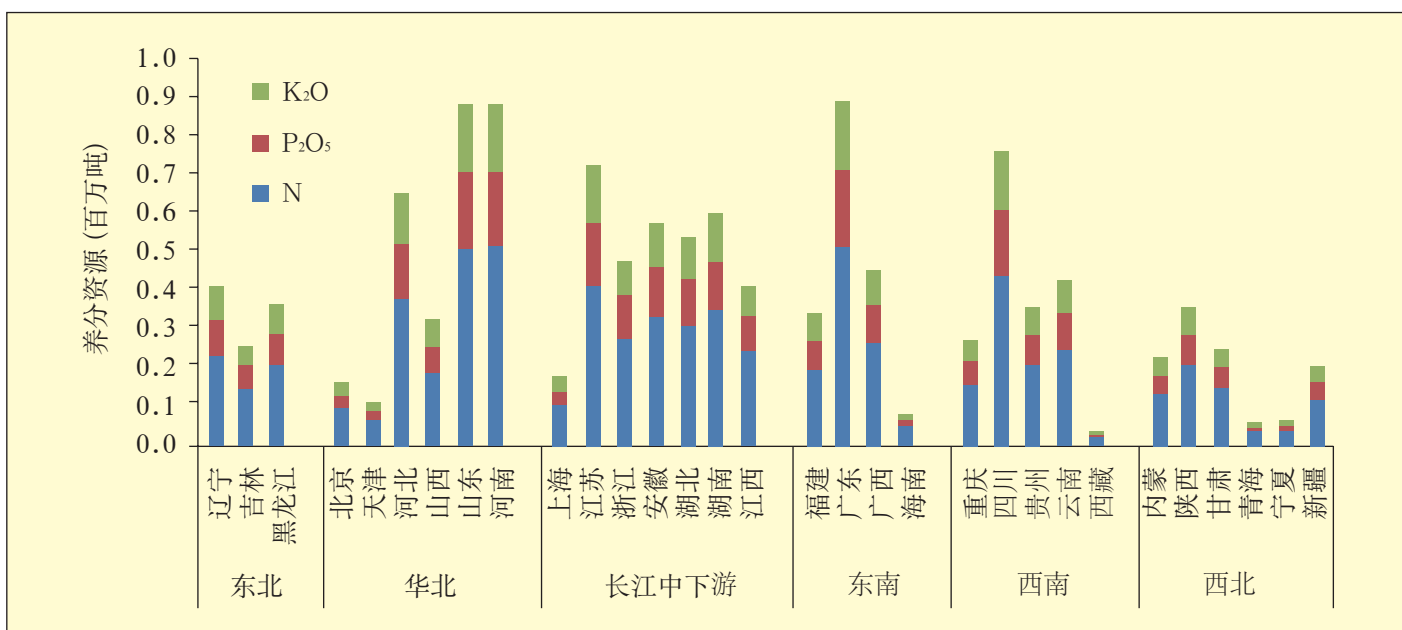


图2 人粪尿养分资源分布

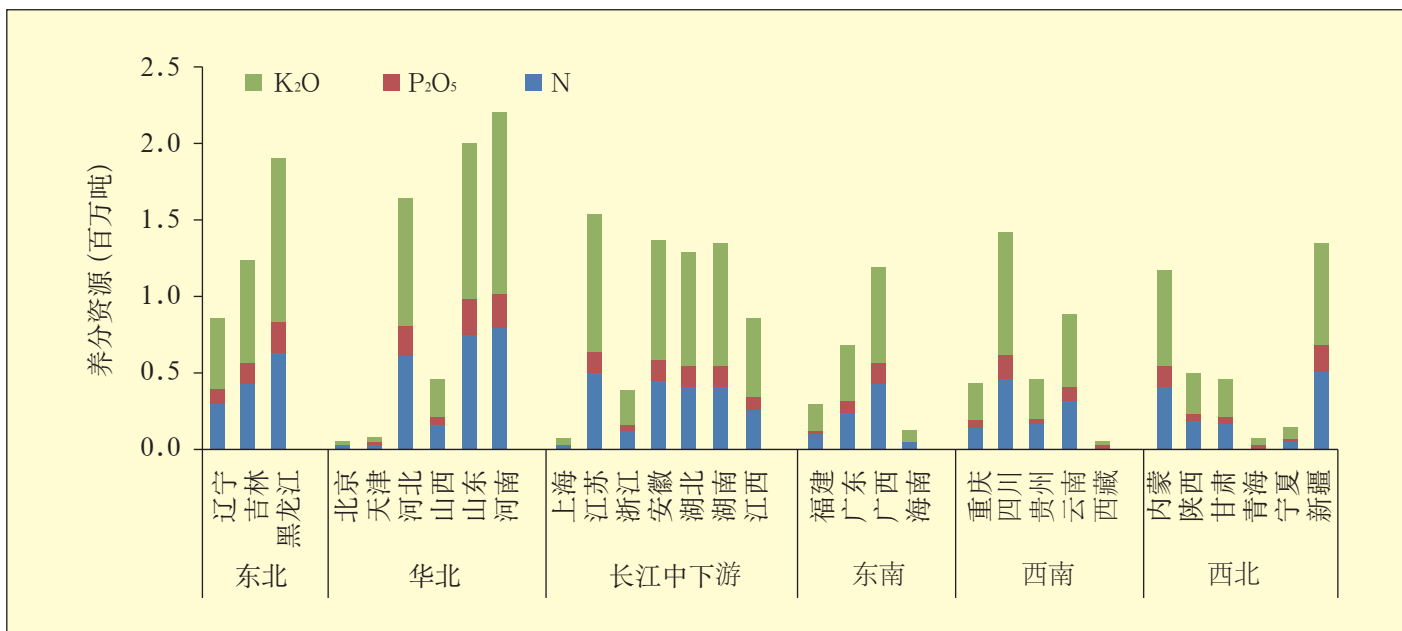


图3 农作物秸秆养分资源分布

全国豆科绿肥资源达 93.4 万吨（鲜重），按照其养分 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 养分含量 0.50%、0.126% 和 0.504%（CNATES, 1999）计，绿肥氮磷钾养分资源为 106 万，其中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 养分分别为 47、12、47 万吨，显著低于畜禽粪尿和秸秆养分资源。按照杨帆等（2010）对绿肥回田率的估计，大约有 49% 的绿肥直接回田。

不同地区间有机肥氮素资源差异很大，东北地区有机肥氮素资源主要来源于畜禽粪尿（42.2%）和作物秸秆（39.4%），而在西北和西南地区有机肥氮主要来源于畜禽粪尿，平均分别占 54.9% 和 64.0%。在华北、长江中下游以及东南地区除畜禽粪尿外，秸秆和人粪尿氮素平均占有机肥氮素总量的 58.4%、61.2% 和 52.7%。

对有机肥磷素来说，所有省份有机肥磷素主要来源于畜禽粪尿，在东北、华北、长江中下游、东南、西南和西北地区平均分别有 56.6%、58.4%、54.9%、62.3%、72.2% 和 62.3% 的有机肥磷来源于畜禽粪尿。

有机肥中钾素最多，主要来源于畜禽粪尿和作物秸秆。东北、华北和长江中下游地区各省秸秆钾平均占有机肥钾总量的 54.4%、48.4% 和 54.0%，高于畜禽粪尿的贡献。而在东南、西南和西北地区各省畜禽粪尿是有机肥钾的主要来源，平均分别占 50.7%、66.9% 和 55.0%。

总之，我国年有机肥资源量超过 50 亿吨（鲜重），可提供 7970 万吨氮磷钾养分，包括 3170、1440 和 3360 万吨 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O。其中氮和磷的量于 2013 年的化肥消费量相当，而钾量是 2013 年钾肥消费量的 4 倍左右。有机肥养分资源前三的省份是四川、河南和山东，其有机肥氮磷钾养分总量分别超过 500 万吨，各省不同有机肥源

对有机肥养分的贡献具有很大差异，畜禽粪尿的贡献率为 28.1%–96.5%，平均 49.6%，秸秆为 2.3%–55.6%，平均 30.8%，人粪尿占 1.2%–48.0%，平均 18.1%，绿肥小于 5%，平均 1.52%。这些有机肥养分资源通过合理利用可以替代部分化肥，尤其钾肥的施用，但如果施用不当或废弃会对环境和水体构成威胁。

有机肥养分的有效回田数量与其资源量一样各省间差异较大，各省有机肥养分 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 K<sub>2</sub>O 回田量为 4–92，3–66，5–141 万吨，回田率分别为资源量的 17.8–38.5%、39.1–64.1% 和 37.1–61.7%，全国总计回田量 948、713 和 1619 万吨，平均回田率为 29.5%、49.2% 和 47.9%。表明还有一半以上的有机养分资源没有还田利用，需要增加还田率，与化肥配合合理施用，需要科研和政策支持。

还田的有机肥养分中各种有机肥来源的贡献率不同地区差异很大，畜禽粪尿的贡献率为 27.9%–99.1%，平均 56.3%，秸秆 0.4%–59.6%，平均 32.7%，人粪尿 0.5%–23.0%，平均 9.0%，绿肥 10% 以下，平均 2.0%。

有机肥料的施用并非越多越好，需要考虑其养分尤其氮素的当季有效性，替代化肥时要考虑替代率和替代当量以及有机无机肥料的最佳配比。此外，有机肥中的有毒有害物质也会对土壤和农产品构成环境风险。因此有机肥料的用量应该依据土壤性质、作物种类和有机肥重金属含量综合考虑而确定。实践证明，有机肥可以替代部分化肥，减少化肥用量，提高经济效益和环境效益。

### 参考文献（略）

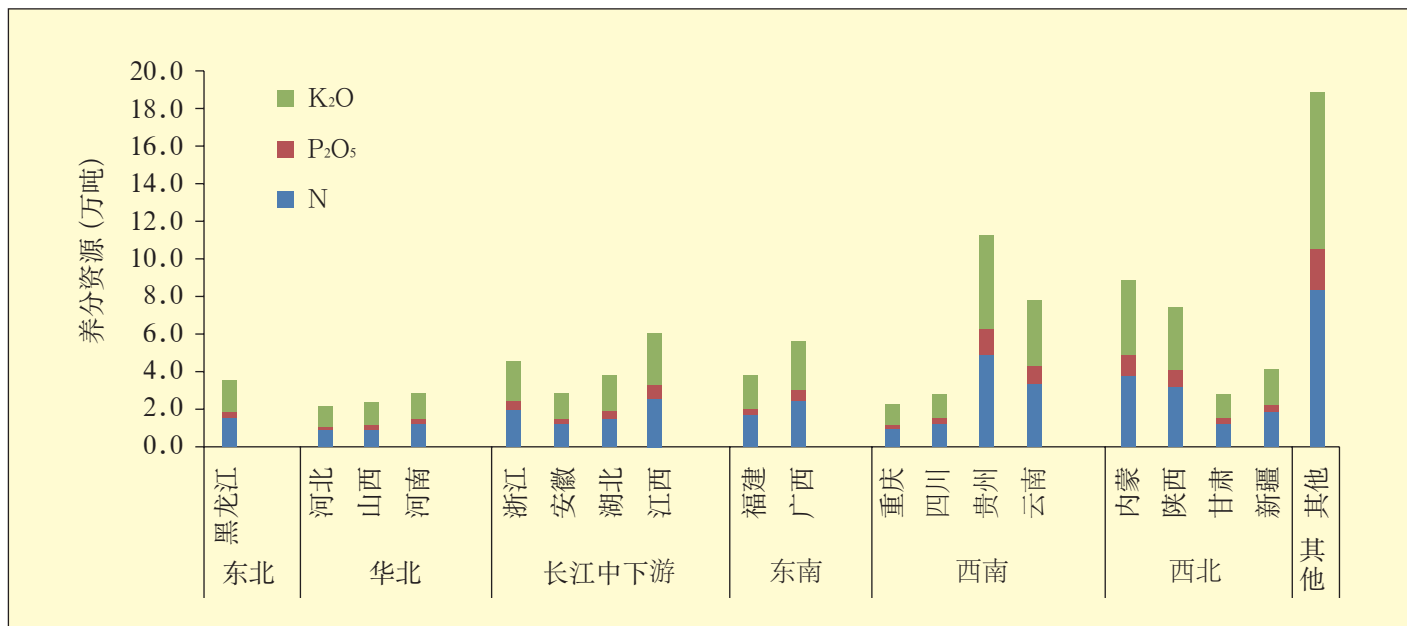


图 4 豆科绿肥养分资源分布