



畜牧粪污

一种宝贵的资源

本手册由荷兰农业、自然和食品质量部委托编写



Government of the Netherlands

引言

几千年前，人类放弃游牧生活，择一处定居。人们开始饲养牲畜、耕种土地、种植作物。从那时起，我们就接触到了有机肥料，也就是我们在作物种植过程中用到的动物粪污。由此便在农业中形成了对源源不断的自然残余进行再利用的做法。

二战后，（实际上距今为止并不久远）荷兰农民开始使用人造肥料（化肥）。这一重大变化与同一时期的农业机械化都带来了重要影响，因为农民和园艺工作者付出的努力获得了更高的回报。正因如此，荷兰能够为许多人提供优质、健康的食物。很快，荷兰便开始大量出口蔬菜、水果、肉类和奶制品。如今，荷兰是全球范围内农产品和农业知识输出领域的佼佼者。然而，在人造肥料与农业机械化的变革中，我们也忽略了一些我们现在想要重新了解的东西。

如今，我们意识到了保持土壤健康和水质的的重要性。要实现这一目标，我们必须避免过度使用牲畜粪便，这当然是一种可行的做法。我们对畜牧粪污中的养分所发挥的农业和生态用途有了越来越深入的了解。凭借我们的知识和技术，我们可以对畜牧粪污进行再利用或处理其中的成分，减少使用畜牧粪污带来的不良影响。

多使用经过加工的牲畜肥料，减少化肥的使用，这既是我们现在土壤管理的目标，也是我们对2030年农业发展的愿景。这又将是一次伟大的变革，我们现在的目标就是要围绕大自然和食物打造封闭式循环。方法之一就是利用自然资源或创新技术，例如，精确施肥的应用。还有一种方法在于更巧妙地安排流程：一个农场的任何剩余物都可以被该地区或区域的其他农场用来给牧场和田地施肥。

通过这个封闭式循环，我们可以更容易、更高效地防止有害物质扩散到自然界中的水体或空气中。农业将减少对磷、钾、天然气以及其他化石能源等稀缺或有限资源的依赖。

这本小册子介绍了荷兰多年来关于畜牧粪污的政策。内容描述了一些法律框架，入畜牧粪污法、《土壤保护法》、与畜牧粪污的运输以及处理措施等事项相关的条例等。还解释了采用畜禽粪污制成的肥料产品的好处，包括其作为化肥替代产品的优势。

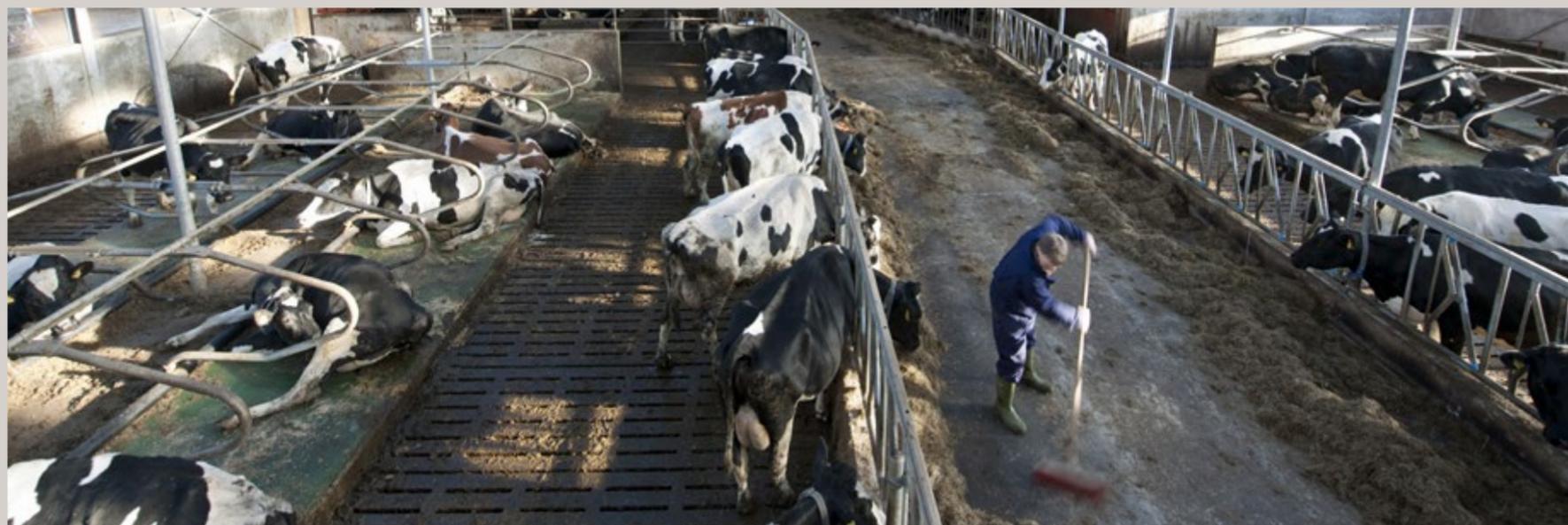
我希望阅读这本小册子之后，你能够有所启发，做出合适的抉择、在今后尽可能多地使用可持续产品，因为这些产品既能帮助作物生长，同时也有利于自然环境。

M. Sonnema
农业总干事
荷兰农业、自然和食品质量部



目录

简介	6
粪污资源的多重价值	8
全球范围内的粪污资源	10
荷兰的粪污资源	12
荷兰的粪污和化肥相关政策	14
荷兰粪污相关政策的执行结果	18
荷兰粪污政策的未来走向	20



粪污及营养物质循环利用的原则	22
尽量减少营养物质的损失	23
实现种植农场与畜牧农场之间的对接	24
粪污及粪肥产品	26
可选择的粪污资源	27
粪污加工处理	28
展望未来：生物基社会	34
鸣谢	35





简介

粪污是人类食品供应的重要资源，几个世纪以来，粪污资源一直在荷兰农业生产中发挥着基础作用。鉴于粪污对环境产生的负面影响，粪污资源近几十年来也饱受诟病。然而，粪污资源的农业效益与粪污对环境造成的风险之间存在着明显关系，正因如此，为了最大限度地减少粪污对环境的负面影响，荷兰制定了广泛的粪污立法框架体系。

荷兰致力于让粪污再次成为有价值的产品。循环农业是荷兰的发展战略，而粪污便是其中的一个关键因素。通过最大限度地减少养分损失、满足土壤、作物和农民的需求，可以优化牲畜养殖和种植农业之间的联系。

现状

在荷兰的某些地区，集约化畜牧业导致当地动物粪便过剩。有些地区生产的粪污肥料超过了当地种植农业的肥料需求。而过度使用化肥对环境和自然是有害的。

因此，荷兰接受这一挑战，基于“粪污是一种有价值的产品”这一循环方法对粪污进行优化管理。

粪污管理

最大程度地减少养分损失、控制进入环境的粪污，从而实现粪污资源的最优利用。广泛的知识基础架构（研究、教育和行政支持）促使荷兰农民将粪污视为一种有价值的资源。为了能够随时随地利用粪污资源满足作物生长需求，我们可能需要对粪污进行运输处理。

通过降低粪污中的水分、对粪污进行加工增加其有机质和营养成分，粪污肥料的体积得到缩减，从而让粪污运输更加高效。

粪污相关政策

荷兰政府明确鼓励和支持粪污资源的合理开发利用。随着政府、业界、非政府组织和科研机构之间的合作日益普遍，得到广泛支持、具有长期前景、且实际可行的解决方案应运而生。

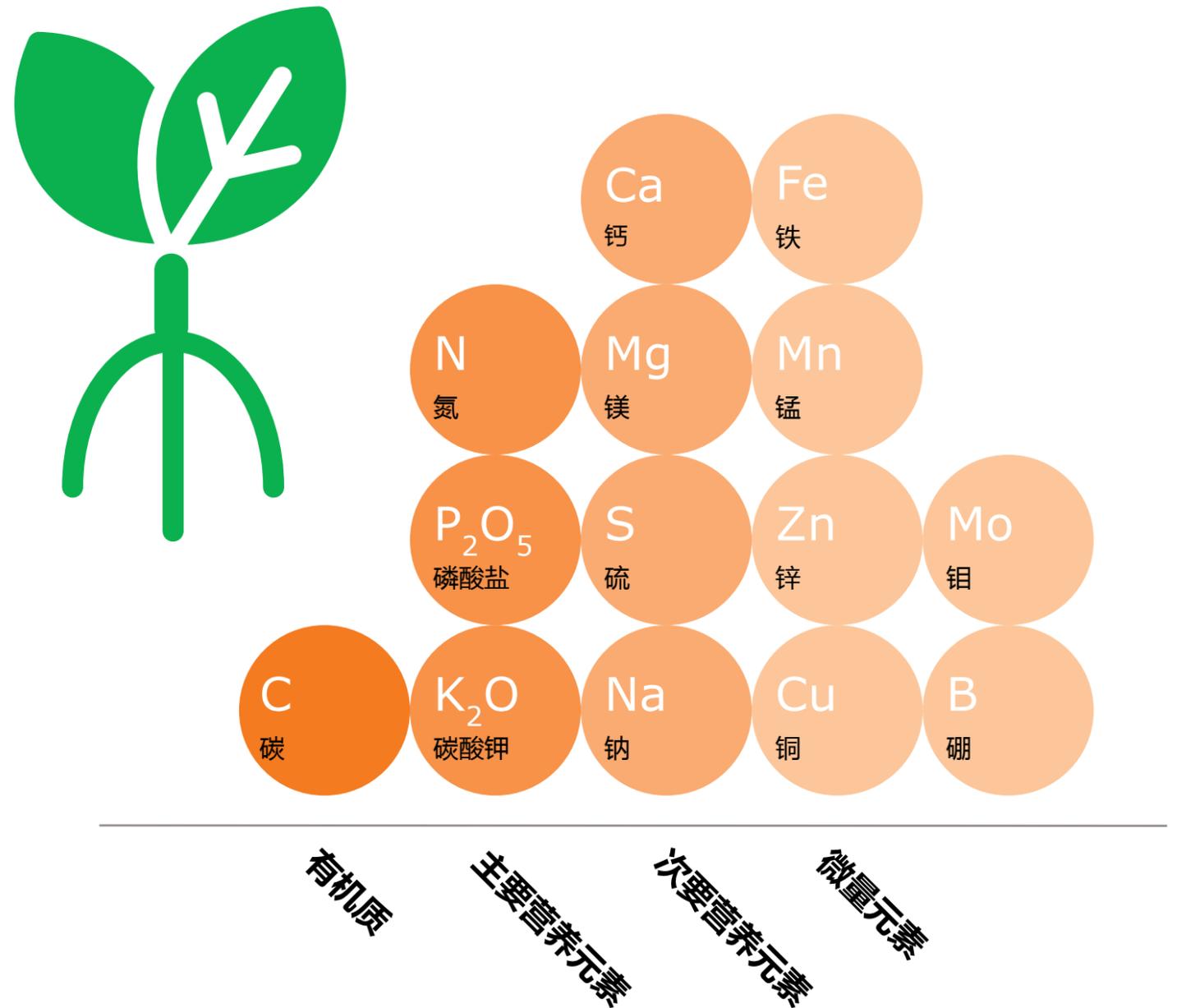
我们采用的策略是着眼最终用户（种植业农民）的需求，围绕如何满足他们的需求来调整粪污肥料的生产链。

本手册介绍了荷兰在粪污处理方面的部分经验，如怎样避免养分的流失、优化粪污资源的利用率等。其他国家也可以借鉴荷兰的粪污相关政策，制定出符合本国国情的粪污管理模式。

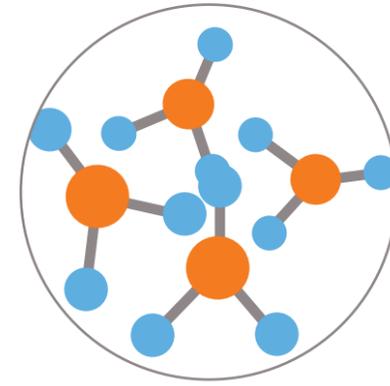
粪污不是废弃物。它不仅可以为植物生长和土壤提供养分，而且是能源和其它物质的原料资源

粪污资源的多重价值

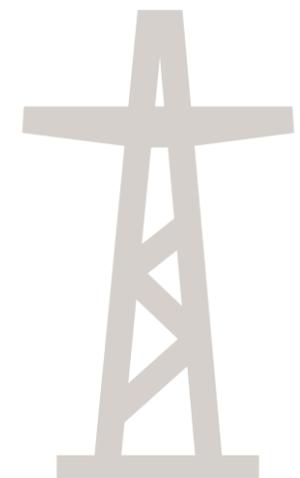
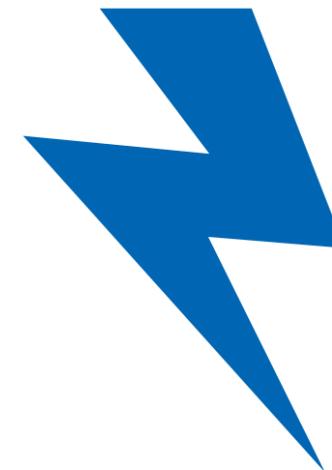
几个世纪以来，动物粪污持续不断地为植物生长提供宝贵的养分，而且是形成健康土壤的先决条件。粪污也是一种能源资源，其中包含着许多有价值的原料成分。很长一段时间内，粪污与城市垃圾是农业种植的唯一养料来源。之后化肥替代了部分粪污肥料的使用。如今，鉴于有机质及其微量元素所带来的好处，粪污再次受到了重视。作为资源使用的粪污可用于生产适应土壤和植物需求的有机肥料或化肥替代品，产生能源，甚至提取用于工业用途的化学物质。



原材料资源



能量资源



全球范围内的粪污资源

虽然粪污是一种有价值的资源，但由于某些地区产出的粪污超出了周边地区的农业需求，由此产生的粪污过剩会威胁周边环境，污染地表水和地下水。为解决这个问题，可以对畜牧养殖的空间分布进行合理规划；并且将过剩的粪污直接或加工后运送到市场短缺的地区，提高粪污资源的利用率。

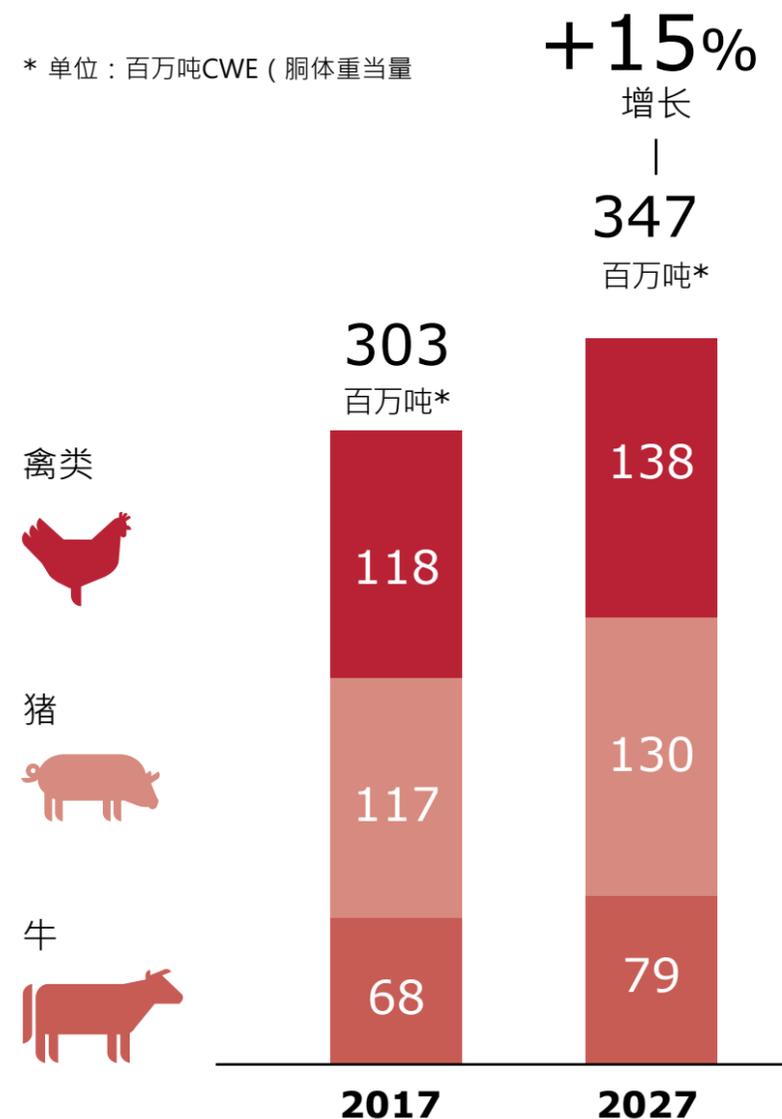
粪污资源的区域性过剩，一方面是畜牧养殖规模不断扩大的结果，另一方面与种植业和畜牧业在地理分布上各自聚集成片的趋势有关。

这种两级分化造成了农业种植用地出现养分短缺的状况。由于缺少粪肥，种植用地的肥力提升只能越来越依靠化肥，或者从其他来源获取的有机肥。

施用化肥非常简单，购买也十分便捷，加上世界部分地区的政府还出台了化肥补贴政策，因此化肥取代粪肥的结果就是营养物质的自然循环被打断，导致畜牧养殖为主导产业的区域出现养分过剩；同时也导致土壤中磷酸盐的区域分布不平衡，如下图中所示。

全球肉类生产

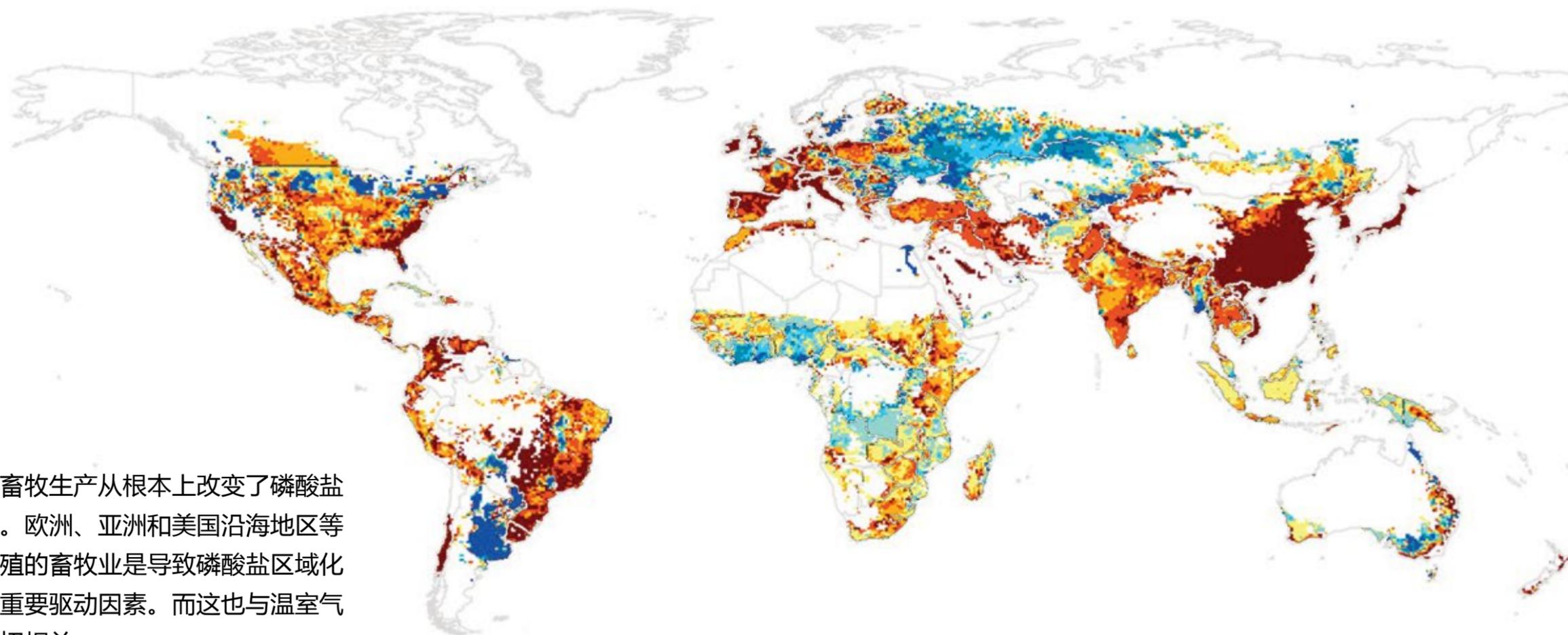
* 单位：百万吨CWE（胴体重当量）



数据来源：OECD-FAO Agricultural Outlook 2016

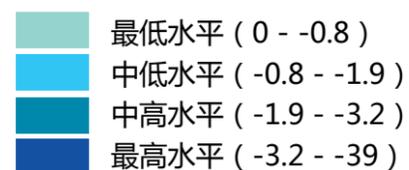
我们面临的挑战是如何结束养分循环、并最大程度地降低温室气体的排放。

增施磷肥和畜牧生产从根本上改变了磷酸盐的全球循环。欧洲、亚洲和美国沿海地区等地高密度养殖的畜牧业是导致磷酸盐区域化过剩的一个重要驱动因素。而这也与温室气体的排放密切相关。



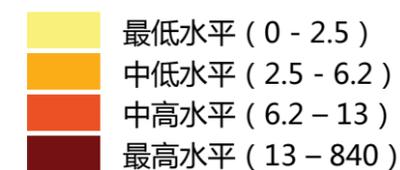
磷酸盐短缺

单位：千克/公顷/年



磷酸盐过剩

单位：千克/公顷/年



数据来源: MacDonald G K et al. PNAS 2011;108:3086-3091 (www.pnas.org)

荷兰的粪污资源

荷兰是欧盟的一个很小的成员国，畜牧养殖数量却很庞大。进口畜牧饲料和过度使用化肥导致荷兰也出现了水体富营养化的状况。只有通过更有效的饲养模式以及出口过剩营养物质（动物粪污），重新恢复营养物质循环的平衡状态，才能继续维持大规模的牲畜饲养。

荷兰



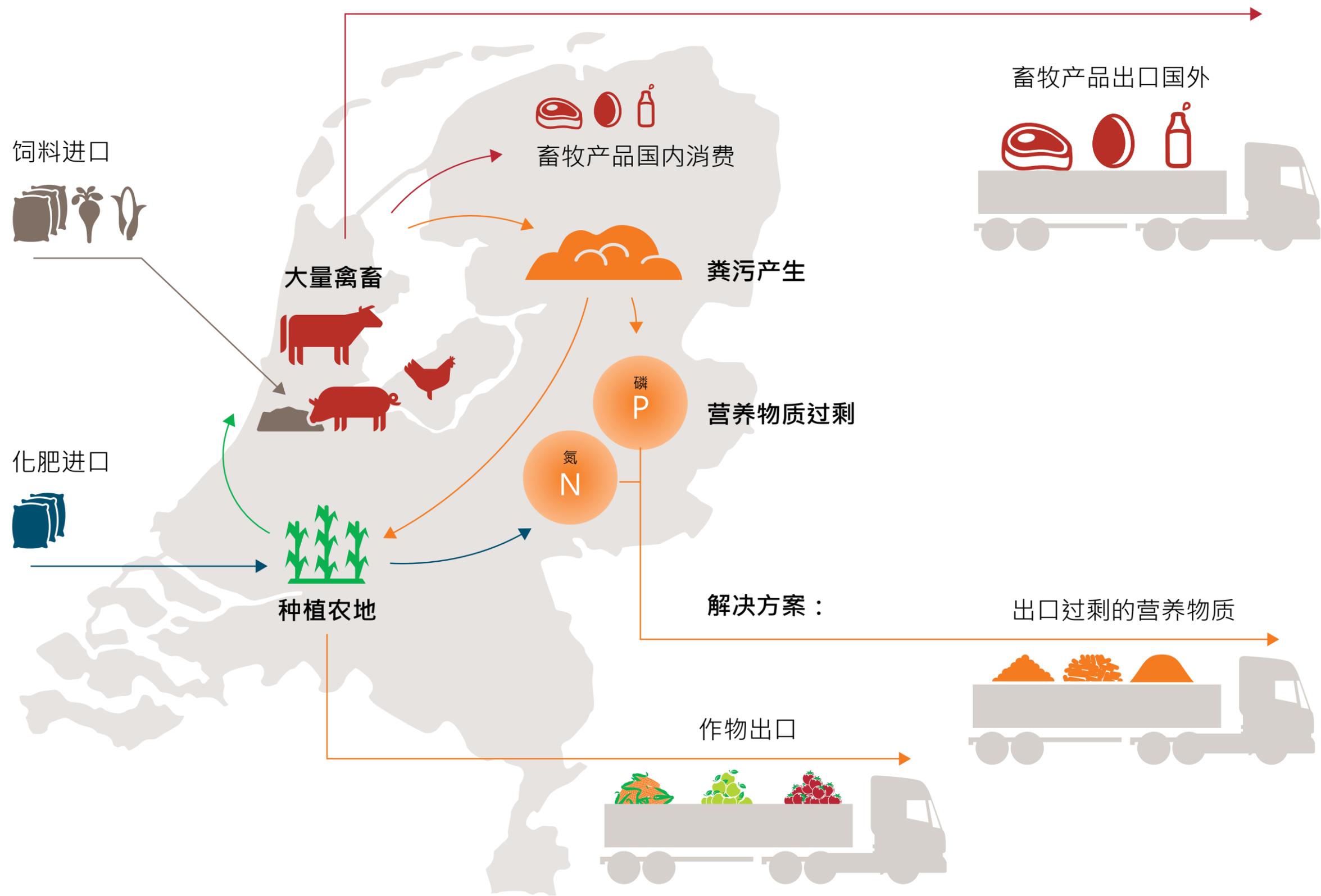
	人口	1700万
	国土面积	4万平方公里
	农业用地面积	1.5万平方公里
	粪污生产量	7620万吨/年
P_2O_5	磷酸盐过剩	8千克/公顷/年
N	氮元素过剩	131千克/公顷/年

荷兰的粪污生产途径 (CBS Statline 2018)

	牛	猪	禽类
饲养的动物数量	390万	1240万	8720万
每年产生的粪污量	6220 万吨	1000 万吨	140 万吨



荷兰的粪污资源养分循环



荷兰的粪污相关政策

荷兰的粪污相关政策不仅关注粪污的产生，而且很注重怎样更好地利用粪污资源；政策目标在于通过规范化粪污资源的利用，防止或者限制营养物质过量地渗透到周围环境中去。为了提高粪污利用标准，政府也对粪污的产生进行有系统的管理，包括引入畜牧生产权等。无法用于作物生产的粪污剩余必须作加工处理。畜牧粪污的运输受到严格监管。所有这些都得到了有效控制和法律支持，从而保障畜牧粪污的质量。

荷兰现行的粪污相关政策以欧盟指南为框架，根据本国的畜牧业实际情况而制定；为了遵守这些规定，荷兰制定了符合本国国情的法规和激励措施。

第六份《硝酸盐行动纲领》介绍了荷兰政府的粪污相关政策，其中包括一套用于减少营养物质渗透到地下水和地表水额外法规。

例如：

- 可堆叠畜牧粪污的应用期限
- 沙地和黄土地玉米种植的轻施肥要求
- 有效利用短期作物，避免硝酸盐浸出
- 修垄防止侵蚀

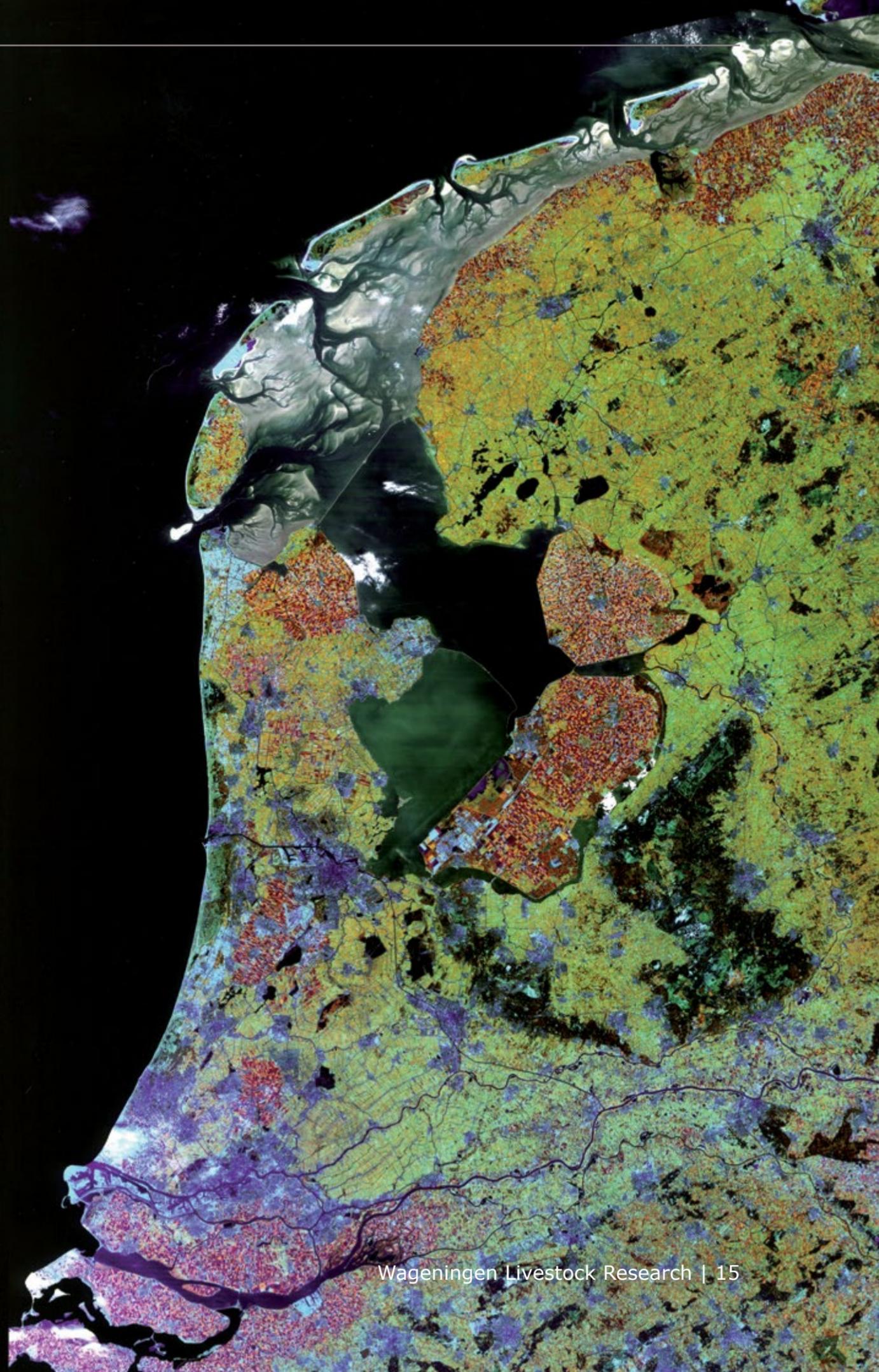
循环型农业要求所有行业实现优化发展。

循环型农业

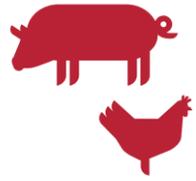
荷兰的愿景是向循环型农业转型。重点是要在尽可能低的范围内高效、循环利用养分和资源，综合利用剩余物质。最重要的是，循环型农业还应该有利于环境、气候(减少温室气体排放)、生物多样性、动物保护和竞争优势。

总体而言，粮食生产系统将变得更加可持续，因为进入土壤、水和大气中的排放变得更少，废物也得到了有效减少。就粪污而言，由于粪污是畜牧业和种植业之间的联系点，且粪污量十分丰富，这也是粪污的发展机会。问题在于如何尽可能高效地使用粪污，并开发出具有技术优势、满足社会和经济效益的解决方案。

右图为荷兰国土的卫星综合照片。图中不同的颜色表示不同的土地使用类型，比如：红色为农业种植区域，浅绿色为草地区域，浅蓝色为裸露地表土区域，黑色为水域。



Policy



1984

生产权

- 限制生猪和禽类的养殖数量



1984

牛奶配额

- 限制牛奶产量



1987

《化肥法案》
(粪污生产权)



1987

每年的封闭期禁止施用粪肥



1990

《土壤保护法案》
• 制定化肥使用的法令



1991

《欧盟硝酸盐指令》
(地下水监测网)



- 硝酸类化肥的最大施用量为170千克/公顷/年



1993–2006

在农场采用矿物质核算体系

- 如果发生植物营养损失，将被处以罚款



2000

《欧盟水框架指令》
• 关注地表水水质



2006

矿物质应用标准体系



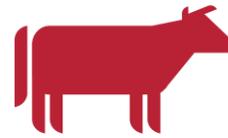
2007

新建动物圈舍必须符合低排放标准



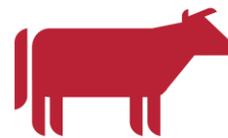
2014

粪污处理强制化



2015

欧洲牛奶配额政策取消



2015

执行《欧盟水框架指令》的前提下，
本国乳业的发展国情

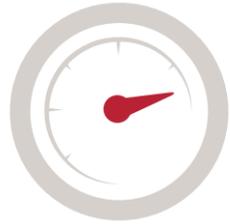


2018

奶农磷酸盐使用权
限制奶牛数量增长



关于氮磷的现行法规



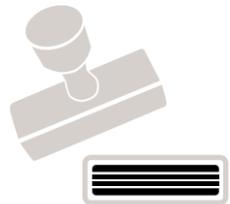
粪污肥料和化肥的施用标准

- 最大施用量（氮和磷）
- 施用量取决于土壤类型和作物种类（氮）
- 施用量取决于土地利用和土壤状况（磷）
- 在生长季施肥
- 施用粪污肥料时使用低排放技术
- 本标准对粪肥和化肥都适用



减少营养物质流失的其他义务

- 建造低排放的动物圈舍
- 粪污加工的强制性要求
- 畜牧业者生产权



强制要求

- 生产注册（畜牧、粪污和作物种植）
- 粪污运输的分析与注册
- 机构之间的数据交换
- 信息通讯技术（ICT）架构

政府支持



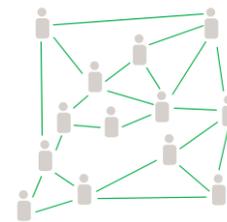
创新

- 通过直接拨款与联合融资为粪污加工与管理的研发创新提供经费支持
- 鼓励协作研究和相关公司



补贴与财政措施

- 鼓励投资新技术
- 鼓励投资气候和环保措施



提升农民技术与管理水平

- 建立试点
- 咨询服务
- 农民组织



愿景

- 循环型农业
- 协助并推动立法和监管
- 鼓励创新者

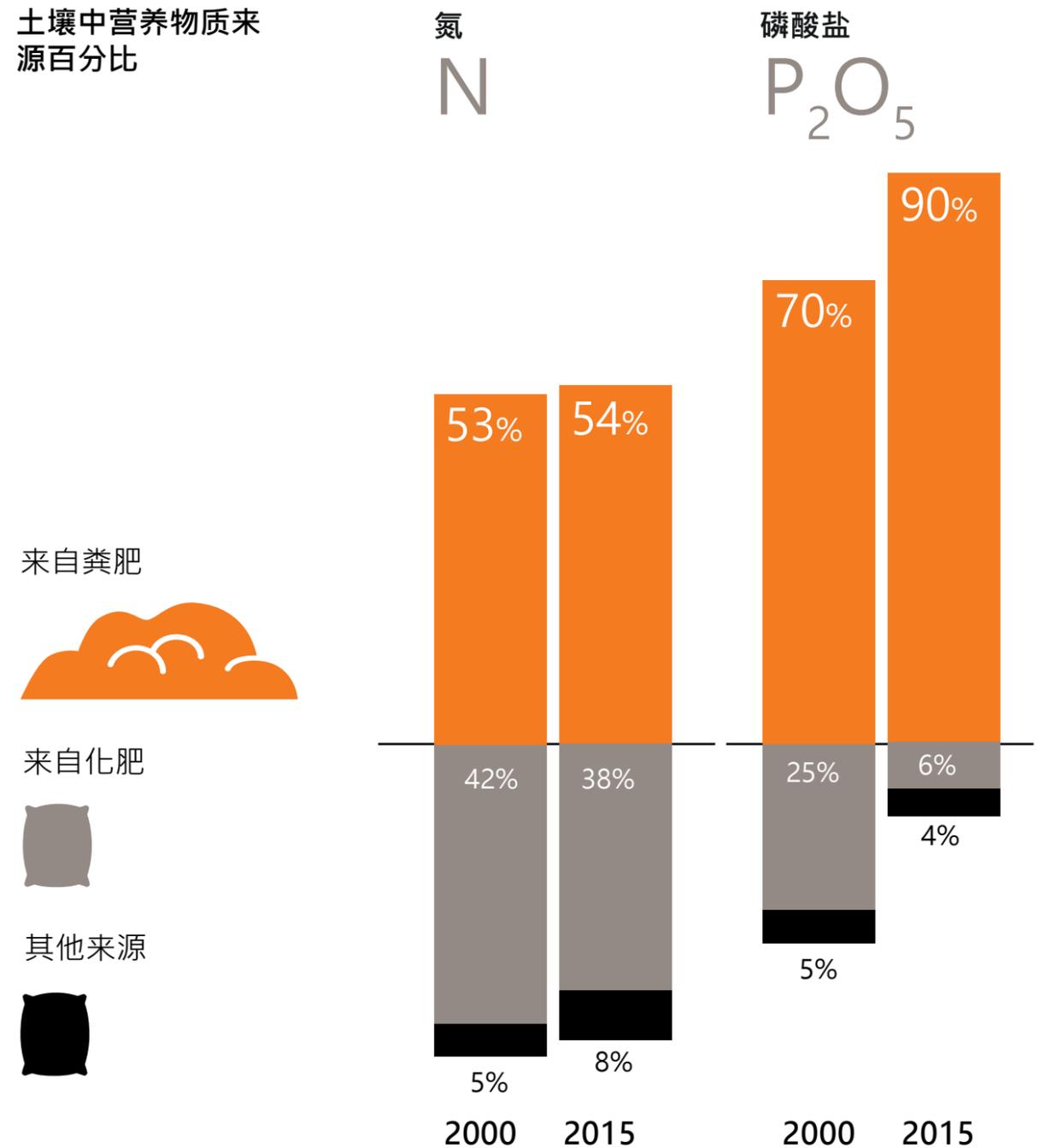
荷兰粪污相关政策的执行结果

严格的施用标准、低排放粪污储存和施用规定、以及粪污加工和出口领域的管理条例带来了以下成果:

- 磷肥和氮肥等人工化肥的施用比例减少
- 流失到环境中的营养物质数量有所下降
- 粪污加工能力得到提高、对粪污和营养物质进行再分配和出口
- 意识到粪污质量取决于投入（如饲料中的营养物质）

用粪肥代替化肥为土壤提供氮元素和磷元素的比例得到提高

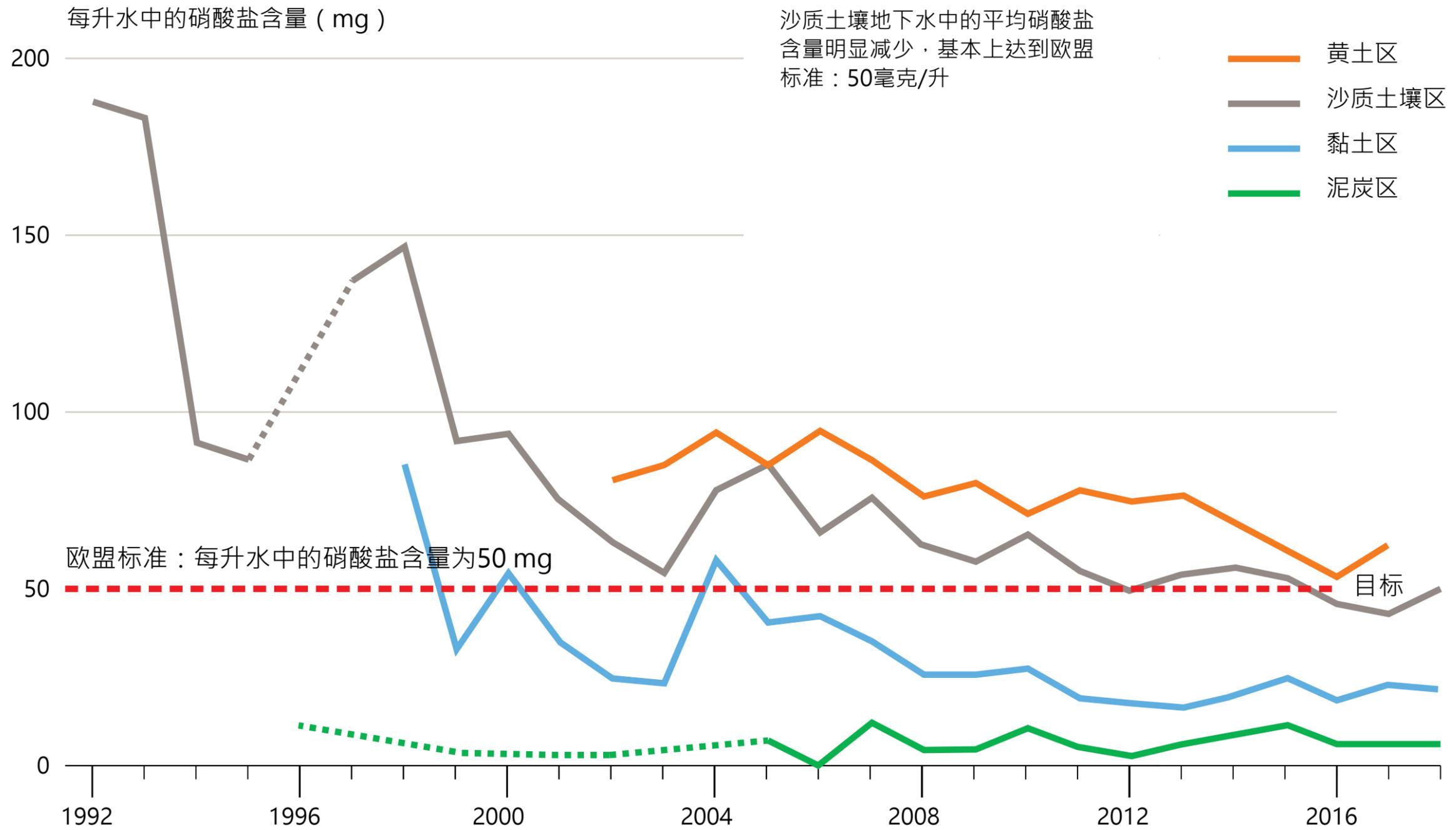
土壤中营养物质来源百分比



数据来源: CBS Statline (2017)

荷兰农业用地浅层地表水中硝酸盐含量逐渐下降

地下水和地表水是饮用水的重要来源



数据来源: RIVM (荷兰国家公共健康和环境研究所, 2018)

荷兰粪污相关政策的未来走向

后续政策将支持向循环型农业的转型。在循环型农业中，资源和残留物在食物链中得到有效利用。因此，必须在种植业和畜牧业之间建立交叉连接。重要的是打造封闭式循环，关注以下几方面：

- 可持续行业（经济、气候和环境）
- 将产品与消费者联系在一起
- 创新

交叉连接体现在以下几方面：

粪污

- 最大程度减少营养损失
- 粪污加工：针对需求对粪污进行调整
- 含高矿物质含量的化肥
- 含高有机碳含量的土壤改良剂



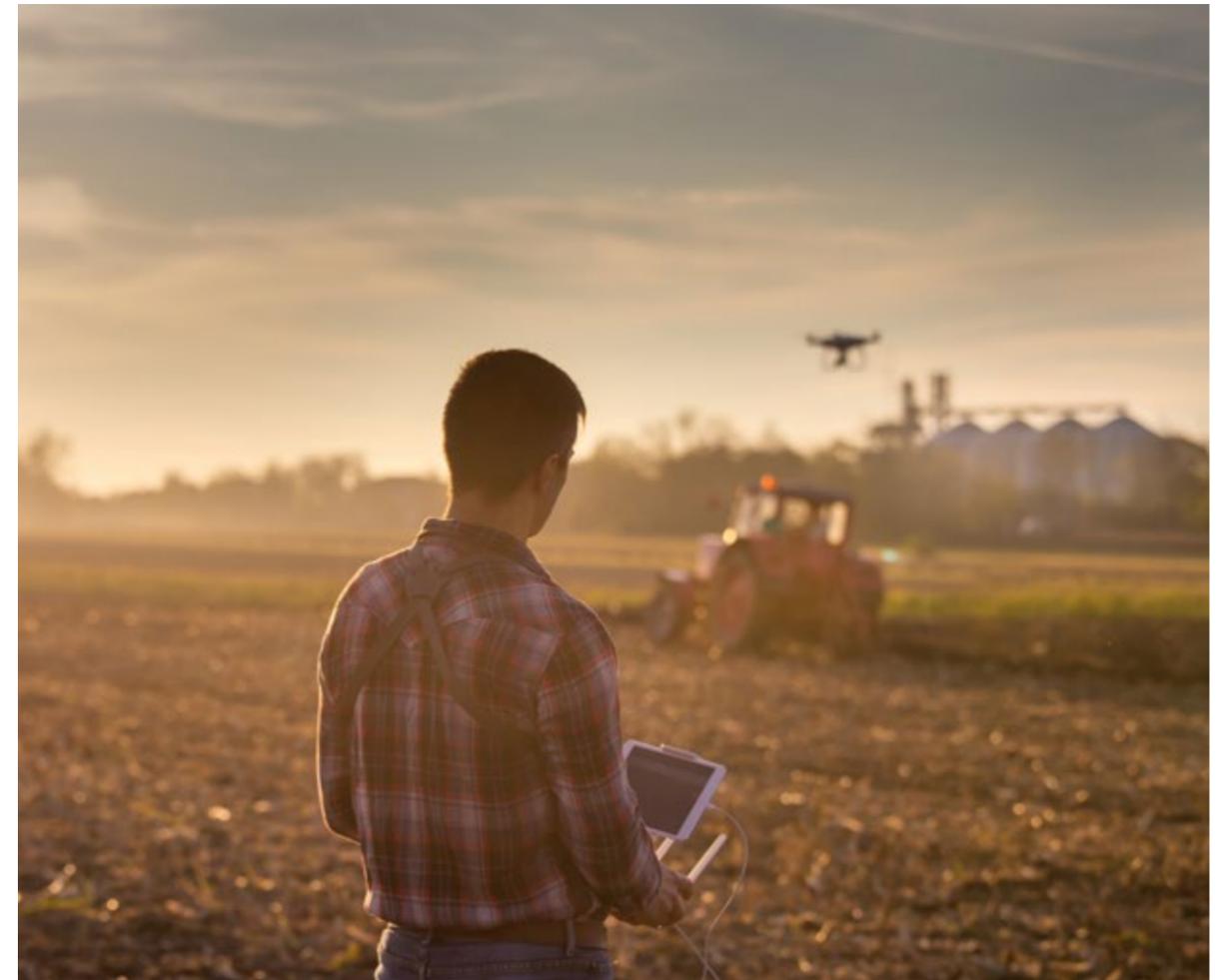
动物饲料

- 提高动物饲料中食物残渣等副食品的使用量
- 降低饲料中的磷酸盐浓度
- 开发新的蛋白质来源



最先进的农业实践

- 精准农业：合适的产品、时间和地点
- 开发创新技术，对粪污和作物进行实时NIRS分析、通过无人机测量土壤、稀释施肥
- 种植业与畜牧业开展合作



粪污及营养物质循环利用的原则

低排放施肥技术能够有效降低氮元素的流失

如何提高粪污和营养物质的循环利用？

- 尽量减少营养物质的损失
- 实现种植业与畜牧业之间的对接
- 针对土壤/作物和市场需求对粪污进行加工
- 将粪污作为生物基社会的投入



尽量减少营养物质的损失

荷兰粪污资源利用的规范化

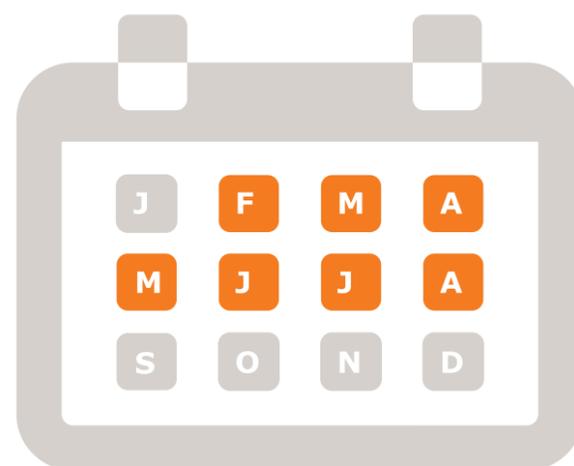
平衡施肥

根据作物的生长需求和土壤的肥力水平确定精准的施用量
选择本地化肥



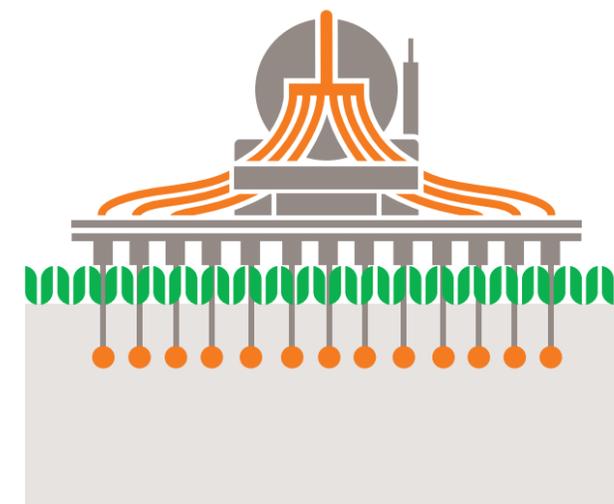
在作物生长季施用粪肥

在2月1日至9月1日期间施肥（视粪污种类而定）
过渡时期/间歇期：把粪污储存起来（至少七个月）
全年内：土壤冻结或冰雪覆盖时禁止施肥



低排放的应用技术

可以最大程度地减少氮元素以氨气的形式流失，
与此同时也提高了粪肥的营养物质含量，减少农民对化肥的需求。



实现种植农场与畜牧农场之间的对接

畜牧农场产出的多余粪污可以运送到有需要的地区（主要是种植农场）。在荷兰，由于养猪场和禽类养殖场占地面积很小，所以它们一般会产生大量的多余粪污。减少粪污中的液态比例，可以提高配送效率，送到更远的地方去。

可达运送范围也取决于种植农场是否愿意购买高质量的畜牧粪污（是否可以带来附加值）。最大程度地减少粪污中的水分是远距离运输和出口最经济有效的方式。此外，为了降低疫病风险，用于出口的粪污及其产品也必须符合欧盟动物副产品的要求。

荷兰国内的粪污运输费用由畜牧农场承担



粪污可达运送范围

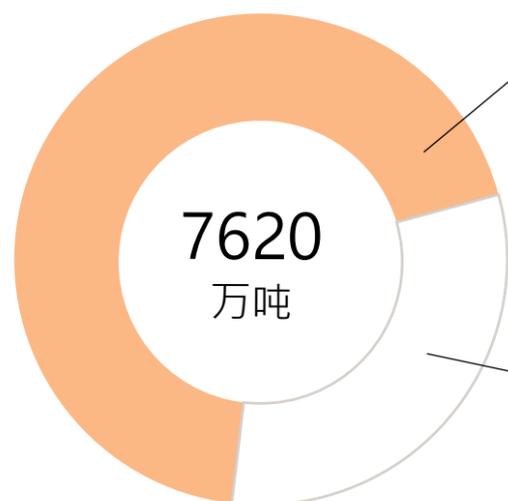
液态粪污:
最远150 km

固态粪污:
最远450 km



荷兰粪污年运输量 (CBS, figures 2018)

粪污产出总量



无法运输或只能在有限距离内运输
在自己农场内部直接处理利用

5230
万吨 68%

奶牛场为主



多余粪污
运送到荷兰境内的其他农场或出口

2390
万吨 32%

主要是养猪场和禽类养殖场



运动到荷兰境内的其他农场
1800
万吨

24%



出口

590
万吨 8%

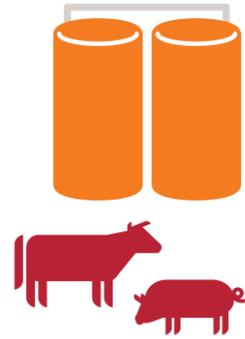


粪污及粪肥制品

充分利用肥料是循环型农业的第一步。这就意味着除了牛奶、鸡蛋和肉类之外，粪污还必须被视为畜牧业的一种产品，必须达到质量标准。食品生产系统(饲料、动物、粪污收集和储存系统和粪污处理)应与生产粪污产品的要求保持一致。

对于荷兰市场而言，氮和磷的比例以及有机碳含量都很重要。在考虑粪污出口时，需降低粪污中的水分、增加养分水平，并且经常需要进行卫生处理以消除病原体。

可选择的粪污资源



猪牛粪浆 (10% 的干物质)

- 用作耕地肥料(以牛粪为主) ▶ 耕地或牧场的低排放施肥
- 厌氧发酵或发酵 (最少50%粪污)
 - 发酵  ▶ 氨氮元素含量更高、低排放应用
- 粪浆分离或发酵
 - 液态部分  ▶ 降低磷酸盐含量的低排放应用
 - 反渗透 ▶ 矿物质浓缩物 (氮钾肥) 和净水
 - 生物净化 ▶ 氮气以无害氮气的形式逸出, 污泥用作肥料, 废液进入市政污水处理厂作进一步处理
 - 固体部分(20-40%的干物质, 可堆叠) 
 - 马氏灭菌后(如堆肥、热处理) ▶ 提高磷酸盐的出口品质肥料



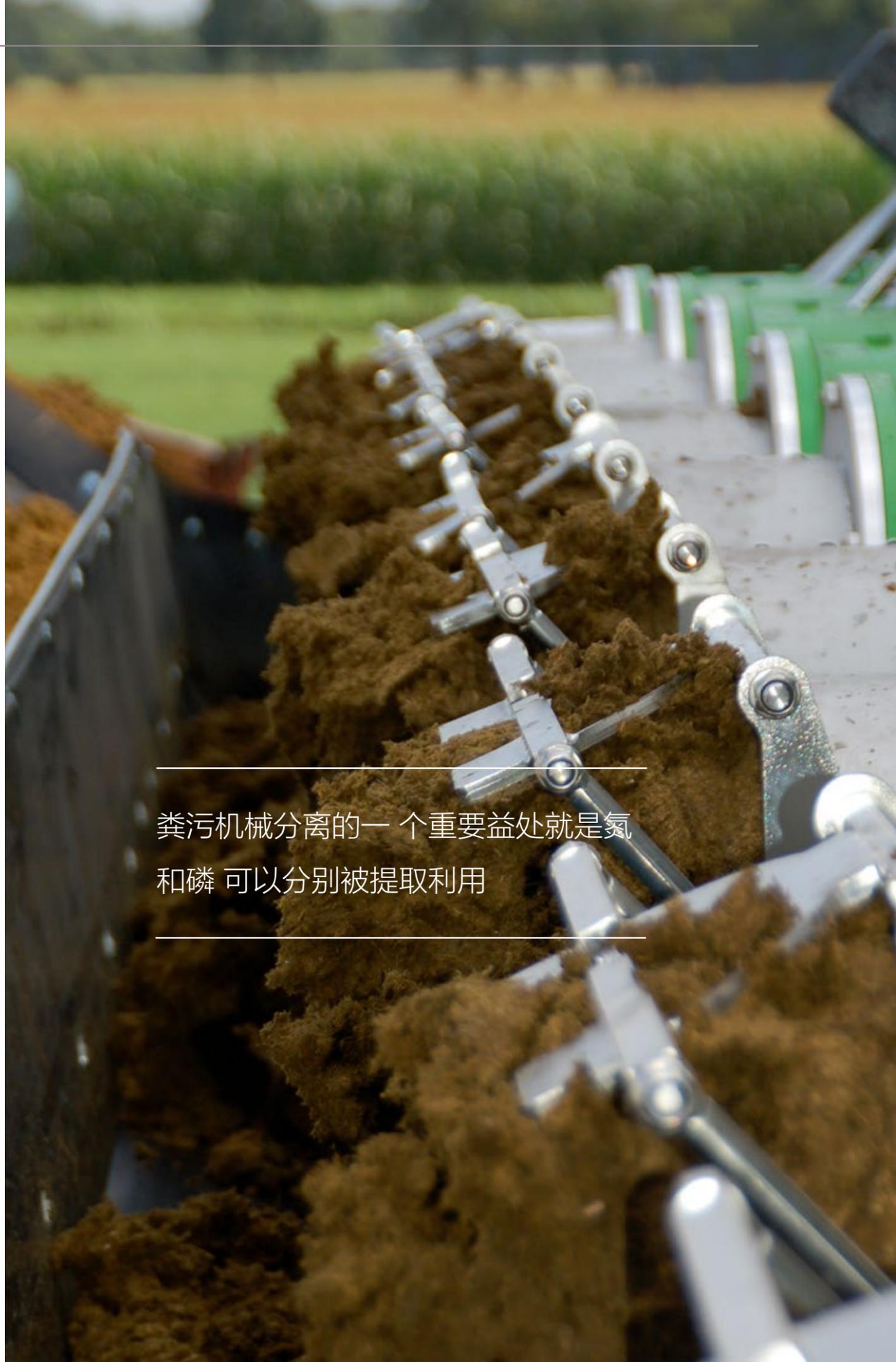
固态禽类粪污 (> 40% 的干物质)

- 耕地肥料 ▶ 主要出口德国和法国
- 焚烧 (至少 60% 干物质) ▶ 绿色电力和灰烬可用作PK肥料生产的原材料
- 堆肥 (生物热干燥)
干物质从40%到80% ▶ 缩小体积、提高营养水平, 具有出口价值
- 粪污或堆肥制成的小丸 ▶ 出口品质肥料、高营养成分粪污 (干物质 > 80%)

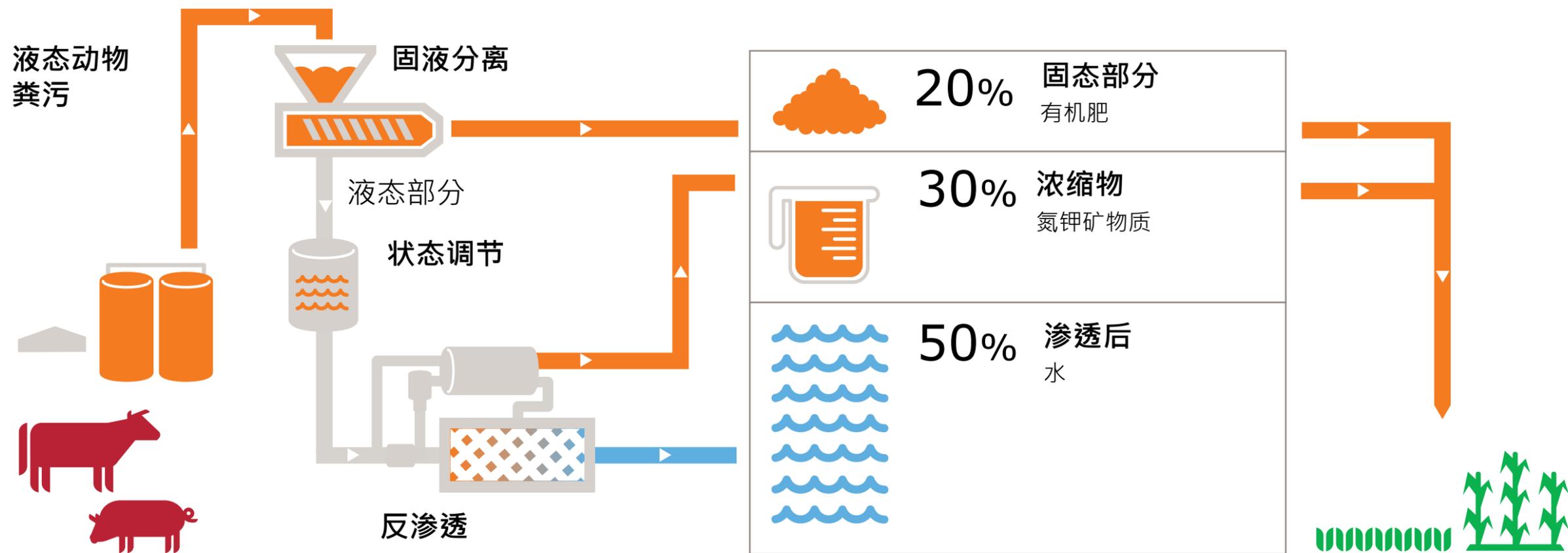
粪污 加工处理

根据所需的最终产品(按作物和土壤分类),可以对粪污处理技术加以组合使用。下一页介绍了矿物质浓缩物的生产方案(分离、过滤和反渗透相结合)。目标是为了生产出一种可以代替人工肥料的浓缩物。第30页和第31页介绍了发酵过程。后面几页分别总结了焚烧、堆肥、造粒和生物处理在工艺方面存在的优点和缺点。用作出口的粪污需要进行消毒处理。

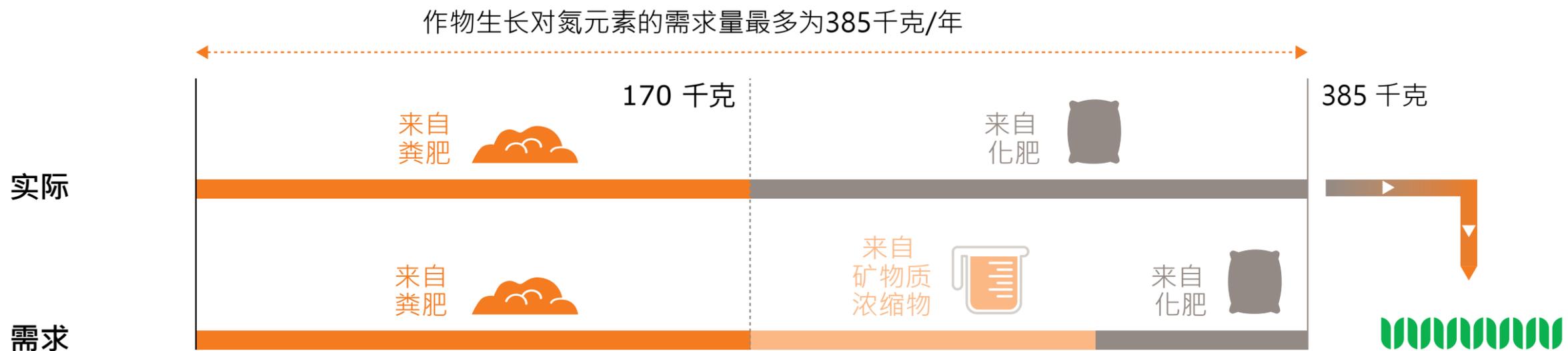
粪污机械分离的一个重要益处就是氮和磷可以分别被提取利用



通过反渗透法生产浓缩液态氮



分离后氮元素的预期利用率 单位：千克/公顷/年



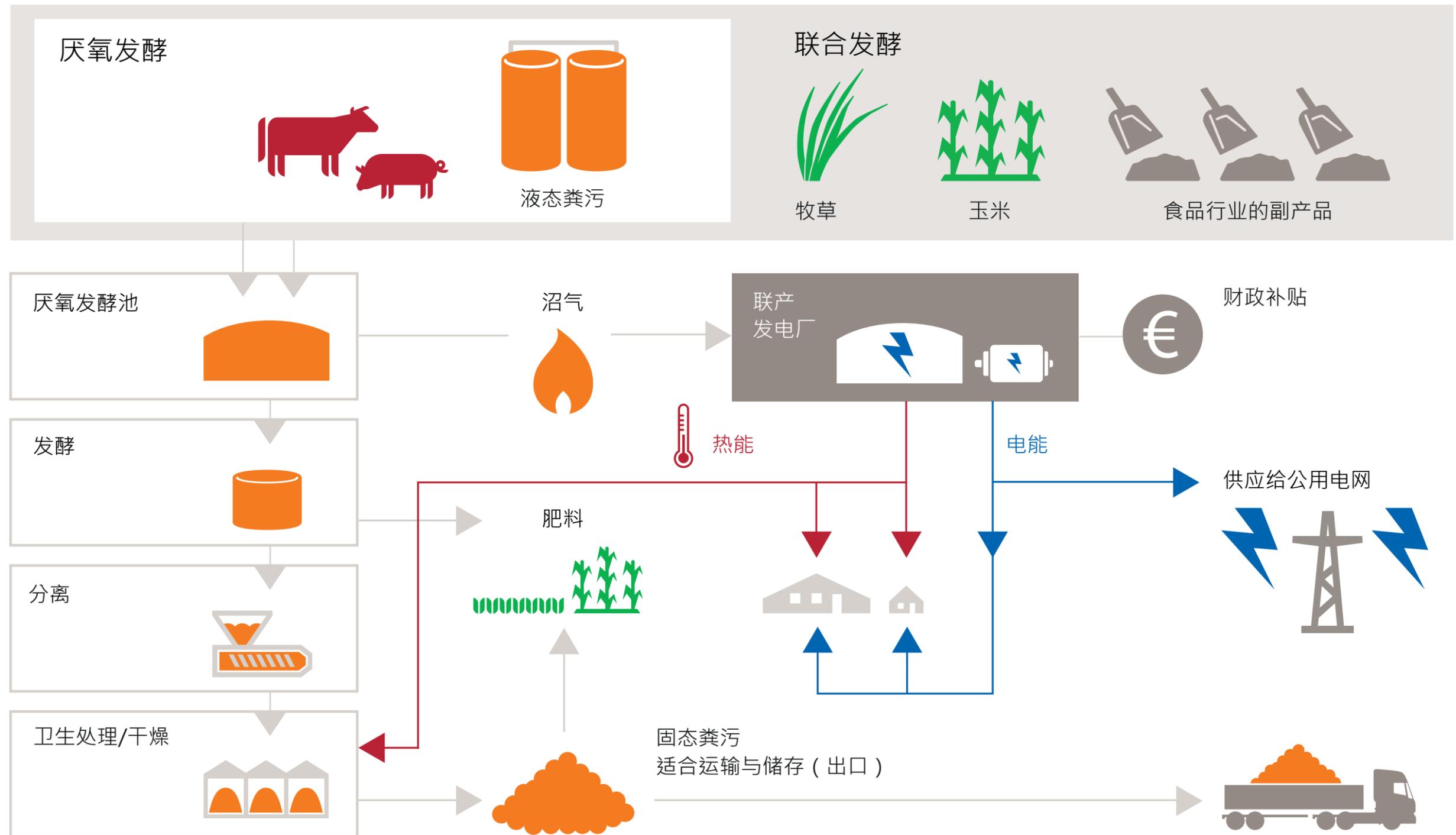


发酵

对粪污进行厌氧发酵可以生成可燃性沼气，作为能源燃料使用。但即使可以获得经济补贴，这个方法也并不划算。因此，可以加入一些玉米青贮、谷物制品等农业副产品，或脂类、甘油等工业副产品来生产更多的沼气。作为辅助品的农业副产品同时也是畜牧饲料，因此一般不认为联合发酵具有可持续性。

厌氧发酵的残留物仍然是粪污，因此必须加以应用。

发酵



焚烧处理



有机质流失



每年焚烧量为40万吨，产生36万千瓦的电能



每年产生6万吨灰烬，其中13%为磷酸盐，在经过进一步处理之后可以作为粪肥使用

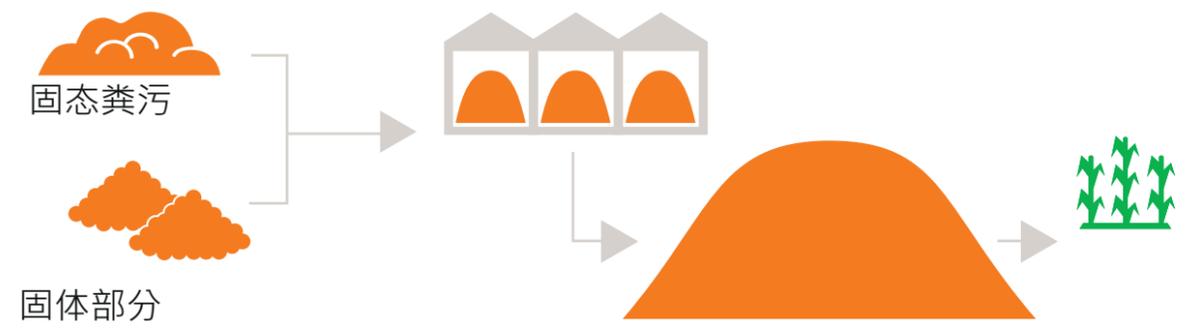


氮元素100%流失



根据焚烧产生的可再生能源量享受补贴

堆肥（‘利用生物热烘干’）



稳定的有机质



去除杂草和病原体



适合运输与储存（出口）



具有较多的营养物质和其他微量元素



氮元素最多流失60%



不享受补贴

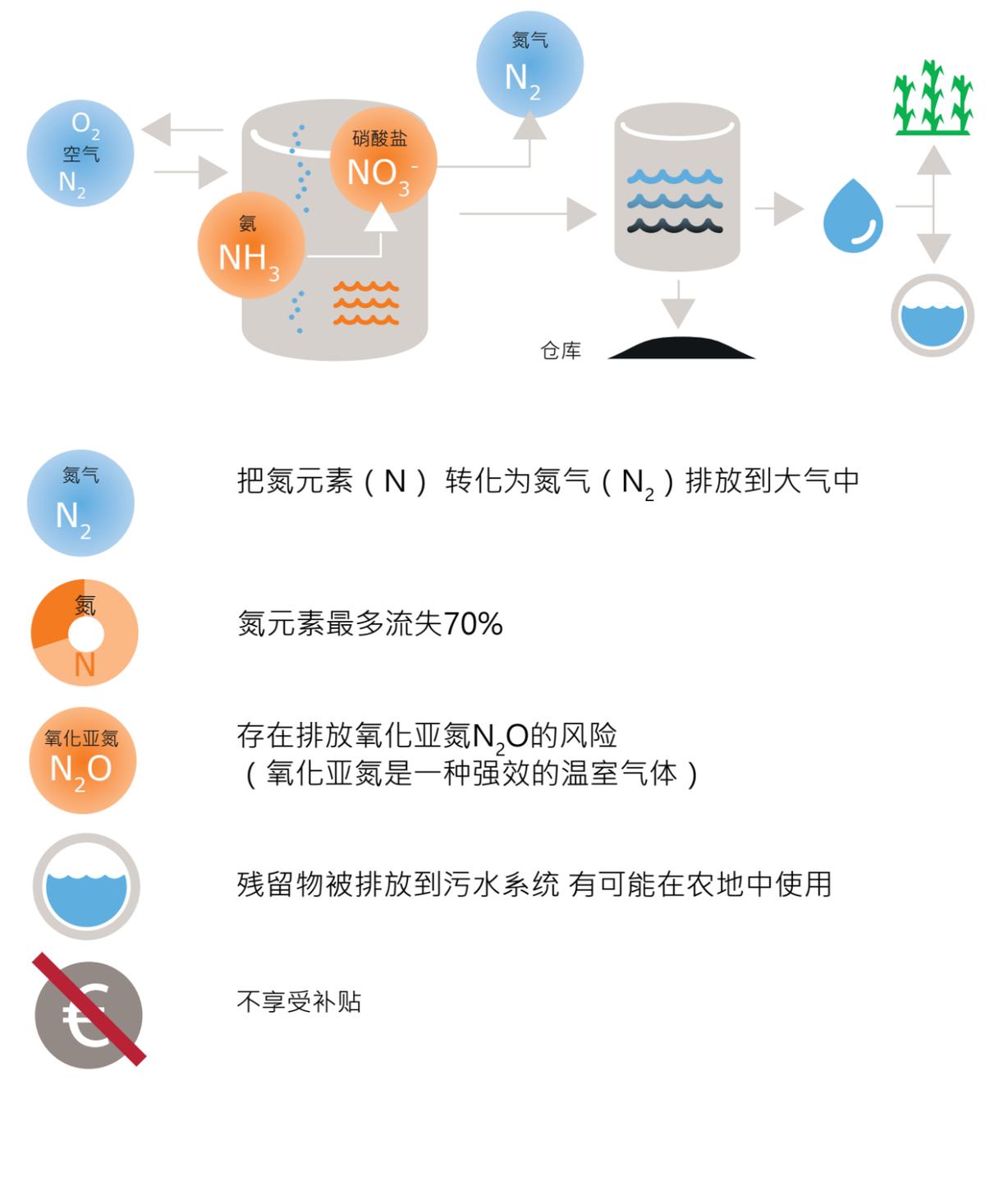
生产有机肥颗粒

固态粪污



生物处理

液态部分



展望未来： 生物基社会

粪污中不仅包含可用作农业肥料的氮、磷、钾等元素，还有蛋白质、氨基酸、脂肪酸、碳链等具有生物基产业应用前景的有价值的有机化合物。粪污还可用作浮萍、藻类、菌类、黑水虻等替代性栽培生长基质。人类正在不断探索，重现粪污价值。

粪污不同成分的价值得到
充分开发并利用



鸣谢

出版方

瓦赫宁根大学及研究中心畜牧研究院

项目管理

瓦赫宁根大学及研究中心，信息服务部

文字来源

瓦赫宁根大学及研究中心，信息服务部

编辑

Ferry Leenstra 博士, Theun Vellinga 博士,
Francesca Neijenhuis 博士, Fridtjof de Buissonjé BSc,
Luuk Gollenbeek MSc

翻译

Writewell Quality Text, Amsterdam
Into languages

艺术指导、设计和插图

WUR, Communication Services

摄影

Shutterstock, WUR, Eddy Teenstra, Veenhuis Machines B.V.

印刷

Ricoh, Zalsman

更多详细信息请联系瓦赫宁根大学及研究中心畜牧研究院:

或参阅以下网站:

www.wur.nl/manuremanagement

© 2014

出版方已经尽一切努力标明了插图绘制者的版权并支付版费；如您的名字不慎未被提及，请立即与瓦赫宁根大学及研究中心信息服务部联系。

版权所有，未经出版方的正式书面许可，拒绝一切形式的复印、电子检索系统存储、以及通过其他任何手段（电子、机械、影印、录制等）进行传送

2014年第一版

2019年第二版

瓦赫宁根，2019年5月



Government of the Netherlands

本手册由荷兰农业、自然和食品质量部委托编写。

Wageningen Livestock Research
P.O. Box 338
6700 AH Wageningen
The Netherlands
T +31 (0)317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl

www.wur.nl/livestock-research



瓦赫宁根大学及研究中心畜牧研究院

瓦赫宁根大学及研究中心为实现畜牧业的可持续发展和经济效益打造基于科学的解决方案。我们与客户一起合作，将科学知识和实践经验相结合，为子孙后代开发牲畜发展理念。

畜牧研究院系瓦赫宁根大学及研究中心的一部分。

“探索自然潜力，提高生活质量”是我们共同的使命。我们有来自100多个国家的6500名工作人员以及10000名学生组成的专业团队，在全球范围内为各国政府和商界提供健康食品和生活环境领域相关服务。瓦赫宁根大学及研究中心结合专业研究机构和大学的优势力量，与自然科学和社会科学各领域共同努力。这种专业知识的结合有助于实现科学突破，并将这些突破在短期内付诸实践，并融入到教育中。这就是瓦赫宁根方法论。

