

农科视野

根瘤菌的减“肥”行动

■本报记者 王方

“我国栽培豆科农作物约 2.86 亿亩,如果在这些土地上按减少一半氮肥用量计算(即每亩减少 10 公斤尿素),每年将减少尿素用量 286 万吨,节约开支 42.9 亿元(按每吨 1500 元算)。”中国科学院院士、中国农业大学教授陈文新给《中国科学报》记者算了一笔账。

在农业部提出“两减”目标之下,如何减“肥”?陈文新认为,根瘤菌生物固氮是解决这一问题的重要技术途径,“接种与豆类作物品种相匹配且适应种植土壤的根瘤菌,广泛开展豆类与其他作物间套轮作,可大幅减少化学氮肥的施用,并可减少病虫害,获得优质高产。”

然而,利用根瘤菌固氮这一天然手段实现减“肥”目标,不仅尚未得到学界和政府足够的重视,我国的农业实践也已经基本放弃了根瘤菌固氮这一传承千年的传统。所幸的是,还有一批科学家在坚持着。

传统农业文明失落

生活中常用“五谷不分”来形容对农作物认识较为欠缺的人。“五谷”之一便是统称为“菽”的豆类。甲骨文、金文、小篆以及现代文的“菽”字都体现了豆类植株和根系的特点。

“上为草字头,左边一株豆,土平面下有主根、须根,其中那一点代表‘根瘤’,右边是一株依附于豆的禾草。”陈文新说,在我国古代,人们不仅注意到了豆类的根瘤,还发现了根瘤与豆类产量的关系。

她介绍,北魏贾思勰所著《齐民要术》中大量引用现已失传的《氾胜之书》的内容,其中对根瘤形成时间和功能做了清晰的解说。“豆生布叶,豆有膏”是说,豆子长出第一片真叶后,开始形成“膏”,“膏”即“根瘤”。“膏”的意思为“膏泽”,是指其可滋养豆子的生长。“尽治之则伤膏,伤则不成”是指农民在翻地时,如果不小心伤到了“根瘤”,大豆的产量就会显著下降。

考古研究表明,大豆可能早在公元前 6600—7000 年就已经在中国部分地区被驯化栽培了。陈文新介绍,我国先民为了发挥根瘤的作用,在大豆收获时将根与根瘤一起收藏起来,第二年大豆播种时将其粉碎与种子混合播下,以促进大豆结瘤;还有用客土法,即将种过大豆田中的土壤填入新种大豆的田土中,可增加大豆结瘤。

与历史形成鲜明对比的是,目前中国已基本放弃了利用根瘤促进大豆良性发展的传统,且大豆种植面积经过连续多年下滑,转而依赖进口,2016 年进口量高达 8391 万吨,占中国大豆总需求的 86.6%。

当前主要的大豆生产地——南北美洲只有不到 300 年的大豆栽培历史。但产量上,美国、巴西、阿根廷三个国家在 2016 年大豆产量总和已经超过了全球产量的 80%。而且这些国家均以施用大豆根瘤菌剂为主要的植物氮素供给方式。

“值得一提的是,尽管在大豆栽培过程中,大量使用化学氮肥,我国大豆单位面积的平均单产和最高产量都低于这些国家。如我国



2014 年大豆平均单产为 1787.4 公斤/公顷,美国为 3197.6 公斤/公顷,巴西为 2865.9/公顷,我国只有美国和巴西的 55.9%~68.8%。”

陈文新指出,“造成我国大豆单产低的原因是多方面的,但是用根瘤菌剂来替代化学氮肥必定是减少面源污染,实现大豆生产良性发展的关键措施之一。”

发挥生物固氮作用

20 世纪初叶,化学氮肥诞生,并在全球农业生产中获得了广泛使用。“化学氮肥被大量使用,虽然保证了以禾谷类为主的粮食总产量,但过量使用导致它的利用率不足 35%,是导致水体、空气和土壤面源污染的重要原因;近几年,华北地区的严重雾霾与土壤内过量施氮肥、空气中挥发性氮和二氧化氮浓度增加有密切关系。”陈文新表示。

据 FAO 估计,每年地球上生物固氮约 2.0 亿吨纯氮,相当于当今全世界的工业生产固氮的总量,其中与豆科植物共生的根瘤菌固氮的氮占 60%~70%。即根瘤菌进入豆科植物根内并形成根瘤,在根瘤中生长与固氮。

生物固氮和化学氮肥同样是转化大气中的氮气(N₂)成氨,但“豆类的共生固氮利用率接近 100%,且没有环境污染的问题”。陈文新说,共生固氮能为大豆等豆类提供 65%以上的氮素营养,是豆类高产的重要保障。

她介绍,豆科植物提供碳水化合物给根瘤菌作碳源和能源,它则将空气中的氮气转化成氨供植物作营养;所固定的氮还可分泌出来供相邻近的植物利用,因豆科植物根部含氮约占总氮量的 35%,收获后这部分氮可供后茬作物使用,这就是豆科作物与其他作物间套轮作可以减少化肥,两者均能高产的原因;根瘤菌分泌

泌物还可溶解钙、镁、磷盐,供作物利用,分泌激素促进作物生长。

中国农业大学生物固氮研究中心应用根瘤菌示范结果显示,使用活菌数很高的根瘤菌剂接种大豆,大豆产量可达 3200—4700 公斤/公顷。2015 年在山东济宁圣丰种业示范田,接种根瘤菌的“徐豆 18”大豆产量为 3426 ± 356.46 公斤/公顷,而不接种的对照组产量为 2454 ± 148.96 公斤/公顷,最高增产 39.6%。

此外,科研人员还将其用于花生、紫花苜蓿以及豆科中草药如甘草、黄芪、苦参等的种植试验中,均证明了接种相匹配的根瘤菌剂能够替代化学氮肥,保证豆科植物产量,甚至提高豆类的品质和药材的药效。

值得注意的一个问题是,所有固氮生物均有一特性,即环境中如果有化学氮肥存在,将不再自身固氮。对于根瘤菌来说,也不再结瘤固氮,这即是“氮阻遏”现象。因此,土壤中施有化学氮肥超过 50 mg/kg 时,根瘤菌不能结瘤固氮,或结瘤固氮效果很差。

“花生与大豆根瘤菌不是一个互接种族,我国的花生根瘤菌都是慢生菌,对化学氮肥的反应尤为敏感。我们在试验中发现,如果施了足量的化学氮肥,接种的花生根瘤菌就不工作了。”中国农业大学生物固氮研究中心副教授隋新华告诉《中国科学报》记者。

根瘤菌剂使用及间套轮作

在美国、巴西等大豆生产大国,接种根瘤菌是大豆种植时必要的措施。美国为所种植的大豆和另一种豆科牧草——紫花苜蓿接种根瘤菌后所固定的氮素,约占其年施氮总量的 1/3。

条的试验,但技术均不成熟。黄条鲮在我国沿海均有分布,是黄渤海海域自然分布的唯一大型鲮鱼类,具有体型大、生长迅速、肉质鲜嫩、营养丰富等特点,其肉质嫩美金枪鱼、三文鱼,国内外市场消费需求旺盛,经济价值高。近年来,随着自然资源严重衰退,亟待开展黄条鲮增殖养殖技术研究。课题组前期养殖实验证明,在我国北方地区采取“海陆接力养殖模式”,每年仅在 5 个月的适宜生长期中,体重就可增加 2~3 公斤。黄条鲮苗种繁育的成功,将使产业摆脱长期依赖野生资源的局面,为我国深海养殖等新型生产模式的发展提供优良养殖资源,开发应用前景广阔。

黄条鲮身上鱼刺少,宰杀后出肉率可以达到 75%。柳学周表示,黄条鲮养殖技术预计在三年内攻破大部分难题,进行规模化成鱼上市,届时由于人工养殖大大降低了黄条鲮的捕捞成本,其价格也会大幅度下降,市民可以在

国内首次人工繁育成功大型经济鱼类黄条鲮

市场上购买到鲜美的黄条鲮鱼肉、鱼排制品。

课题组利用海陆接力培育方式现保育黄条鲮亲鱼 300 多条,通过人工综合调控亲鱼性腺发育成熟,自然产卵,获得了批量受精卵;采用工厂化育苗方法,培育出平均全长 13.6 厘米、平均体重 28.4 克的黄条鲮大规模苗种 23000 多条;在国内首次获得黄条鲮人工繁育的成功。

4 年来,研究团队对黄条鲮作了大量研究,与渔民出海捕捞成鱼,研究各种关键数据。在对黄条鲮的人工繁育试验中,科研人员有了丰富的技术积累,从理论和实践上对黄条鲮的人工繁育技术进行了充分验证。

据介绍,此次黄条鲮人工繁育技术有两个重点突破,一是使驯化后的成鱼在人工可控条件下,可以进行自然产卵、自然受精,不会伤害

要物质循环过程,农田作为一类人工生态系统,也应符合生态系统物质循环理论。近年来,我国化肥施用年均增长率是粮食年均增长率的约 2.5 倍,而作物产生的大量秸秆作为废弃物从农田中移出,使农田养分归还不足,施用化肥成为补充养分和维持农田生态系统平衡的一种主要途径。

课题组通过研究发现,2010—2014 年间,我国 7 大主要农作物的秸秆年平均总产量达 674.91 百万吨。他们据此测算出我国秸秆年平均总养分资源为 19.52 百万吨,其中含氮 6.11 百万吨、磷 2.00 百万吨、钾 11.41 百万吨。

长期大量施用化肥会带来土壤肥力退化、环境污染等一系列问题。基于生态系统物质循环理论,刘庆认为应该尽可能将秸秆还田所增加的养分归还给农田,从而全面改善我国的耕地质量,维护国家生态系统的健康稳定,同时降低环境污染。

此外,刘庆表示,我国很多地区农田耕作利用率或复种指数高,一年几熟。而秸秆要作为有机肥料资源还田,如果不能快速及时腐烂,就难以被后续的农作物吸收利用,因此,未来必须及时发出秸秆的快速分解新技术,才能保证秸秆还田的有效实施。(马卓敏)

进展

中国农科院破译环状 RNA 调控猪肉性状形成分子机制

本报讯 近日,中国农业科学院北京畜牧兽医研究所创新团队和深圳农业基因组研究所合作,开发出环状 RNA 研究平台,绘制猪环状 RNA 时空图谱,破译环状 RNA 对猪肉性状形成调控机制,并构建首个农业动物的环状 RNA 数据库。相关成果近期发表在《国际基因组领域知名刊物《DNA 研究》》上,研究员唐中林为该文共同通讯作者,博士后梁国明为第一作者。

猪肉性状的改良一直是我国育种界最重要的研究课题之一。猪肉性状形成分子机制极其复杂,受 miRNA、lncRNA 和 circRNA 等多种 RNA 分子及其多维网络互作调控。circRNA 是区别于传统线性 RNA 的一类新型 RNA 分子,具有闭合环状结构,在许多生物学过程发挥重要调控作用。

研究人员从猪脂肪、心肌和肝等 9 种不同组织以及 3 个发育阶段的骨骼肌中,系统鉴定 5934 个环状 RNA。分子特征分析表明,猪环状 RNA 表达具有高度的时空特异性,与小鼠和人等物种具有较强的保守性;30%以上的环状 RNA 作为 miRNA 的核心(sponges)对基因表达发挥重要调控作用;发现数百条骨骼肌中特异性丰富表达以及产肉性状相关环状 RNA 分子。

进一步的功能分析表明:在猪出生后 0~30 天,circRNA 主要调控骨骼肌的生长发育和肌纤维类型转换;30~240 天时,circRNA 主要调控骨骼肌糖代谢和钙离子信号。最后,研究人员构建了 circRNA-miRNA-mRNA 多维调控网络和环状 RNA 数据库,这是农业动物首张环状 RNA 的时空图谱和首个数据库。

猪是最重要的农业动物之一,也是大型生物医学模式生物。该研究不仅为猪的分子育种和生物医学利用在环状 RNA 领域打开了大门,也为从事环状 RNA 功能和进化等研究的科技工作者提供了丰富的基因资源。(方舍)

本报讯 近日,从中国水产科学研究院黄海水产研究所传来消息,该所研究员柳学周团队完成了国内首次黄条鲮人工繁育,掌握了黄条鲮在人工可控条件下自然产卵的技术,这也标志我国在该技术上步入国际先进水平。

据介绍,黄条鲮人工繁育项目自 2013 年启动,由黄海水产研究所与大连富谷水产有限公司合作完成。“黄条鲮人工繁育技术”日前通过了专家现场验收,验收组由中国海洋大学、大连海洋大学、中国科学院海洋研究所、辽宁省海洋水产科学研究院等单位的专家组成。

黄条鲮是一种大洋性鱼类,随季节变化做周期性洄游,全世界范围内都有分布。黄条鲮有体型大、摄食量大、生长快等特点,在我国辽东半岛多称其为“黄翅子”“黄翅牛”,因其力大无穷犹如犍牛而得名。黄条鲮肉质细腻滑润,味道独特,属于高档食用性鱼类,在日韩料理中有很高的地位。目前,世界上很多国家都在进行人工繁育黄

本报讯 近日,中科院成都生物研究所刘庆课题组在国际期刊《可再生能源与可持续能源评论》上发表了《秸秆还田和化肥平衡:秸秆养分资源的作用》的文章。

课题组全面基于中国官方数据统计年鉴,收集到 1998—2014 年间,我国 31 个省、自治区、直辖市的主要农作物产量、播种面积、化肥施用量等数据。通过秸秆系数及秸秆养分参数等,分别计算出水稻、小麦、玉米、大豆、花生、油菜和棉花等 7 大类农作物的秸秆产量与秸秆氮、磷、钾的养分储量;主要农作物在秸秆中氮、磷、钾的含量分别为

0.65%~1.82%、0.08%~1.96%、1.02%~1.94%。

在此基础上,课题组全面分析出过去 17 年粮食增产和化肥施用量增加的变化趋势和相互关系,并首次定量评估了秸秆养分对化肥替代的潜在作用,提出未来秸秆替代化肥的可行性对策和建议:理论上 28.92%与 98.86%的秸秆还田率就能替代钾肥与磷肥的有效施用量,100%的秸秆还田率即可替代 87.22%的氮肥有效施用量。也就是说,秸秆还田能替代钾肥和大部分磷肥以及一部分氮肥的施用量。

植物吸收和归还养分是生态系统中的重要

物质循环过程,农田作为一类人工生态系统,也应符合生态系统物质循环理论。近年来,我国化肥施用年均增长率是粮食年均增长率的约 2.5 倍,而作物产生的大量秸秆作为废弃物从农田中移出,使农田养分归还不足,施用化肥成为补充养分和维持农田生态系统平衡的一种主要途径。

课题组通过研究发现,2010—2014 年间,我国 7 大主要农作物的秸秆年平均总产量达 674.91 百万吨。他们据此测算出我国秸秆年平均总养分资源为 19.52 百万吨,其中含氮 6.11 百万吨、磷 2.00 百万吨、钾 11.41 百万吨。

长期大量施用化肥会带来土壤肥力退化、环境污染等一系列问题。基于生态系统物质循环理论,刘庆认为应该尽可能将秸秆还田所增加的养分归还给农田,从而全面改善我国的耕地质量,维护国家生态系统的健康稳定,同时降低环境污染。

此外,刘庆表示,我国很多地区农田耕作利用率或复种指数高,一年几熟。而秸秆要作为有机肥料资源还田,如果不能快速及时腐烂,就难以被后续的农作物吸收利用,因此,未来必须及时发出秸秆的快速分解新技术,才能保证秸秆还田的有效实施。(马卓敏)

环球农业

要想把墨西哥湾“死亡地带”的面积缩减到美国特拉华州大小,就需要将墨西哥湾比河远至玉米带的氮径流减少 59%。

这一发现是由一项新研究给出的,科研人员使用了 4 个计算机模型来研究如何达成长期存在而难以实现的目标,即削减墨西哥湾夏季缺氮区约 2/3 的面积。这是一个低至无氧的区域,可杀死鱼类和其他海洋生物。

在线发表于美国《国家科学院刊》的报告结论是,虽然目标仍可以实现,但需要在上游农业区大规模应用大胆的新方法。

在墨西哥湾缺氮区行动计划中,一个政府间小组将其实践活动延长到 2035 年底,以实现削减 1950 万平方英里“死亡地带”的目标,这大致相当于特拉华州的大小。而海湾“死亡地带”最近五年的平均面积是 5410 万平方英里。

农田径流中含有肥料和牲畜粪便,这是氮、磷的主要来源,由此形成了墨西哥湾缺氮区,也就是它为什么被称为“死亡地带”。

“除非采用更严厉的行动来减少中西部地区化肥流失到墨西哥湾水系系统里,我们才能达到 1950 万平方英里行动计划的目标。”论文第一作者、美国密歇根大学水生生态学家 Don Scavia 表示。

每年 6 月,Scavia 和团队合作者利用计算机模型来预测墨西哥湾缺氮区的大小,其由美国国家海洋和大气管理局(NOAA)预报。NOAA 2017 年预测,这一“死亡地带”大约 8000 万平方英里,相当于新泽西州的面积,这将是具有记录以来的第三大数值。

科研人员在发表的论文中提出,在减少流入墨西哥湾的河流的营养水平以及缺氮区的大小方面,进展甚微。

氮的化合物——硝酸盐在河流中的浓度从上世纪 80 年代以来没有下降。目前输送到墨西哥湾的硝酸盐的五年平均值跟 1980—1996 年基线没有显著区别,尽管美国农业法案计划自 1995 年以来在墨西哥湾河流域花费了超过 280 亿美元。

“显然需要有更多不同以往的实践。”Scavia 表示,“是时候该问问什么是防止更广泛威胁的策略了,如果在恰当的地方实施不足,消减负荷的目标是 30%、45%或 59%都无关紧要。”

减少氮和磷水平的潜在途径包括改变施肥量,使用覆盖作物(种植防止土壤侵蚀的快速生长作物),改善整体营养管理,并寻求替代玉米基生物燃料。密歇根大学、北卡罗来纳州立大学、路易斯安那州立大学和威廉及玛丽学院都有科研人员参与到这项工作中。墨西哥湾/墨西哥湾流域营养工作组还商定了一个临时目标,即在 2025 年底前将流入墨西哥湾的氮量减少 20%。

他们的模型研究还观察了 20%的氮减少可能产生的影响,并得出结论:从长远来看,它会使“死亡地带”的规模下降 18%,尽管在未来 5~10 年内,可能不会出现可衡量的效果。

根据报告,尽管氮一直被认为是导致墨西哥湾缺氮区的主要成分,“双重营养策略”同时减少氮和磷似乎是最谨慎的管理方法。这也意味着比完成行动计划要求的削减幅度更大。

此外,这项研究还首次标记了多重模式来预估缺氧系统对削减营养负荷的响应。不确定因素包括气候变化的潜在影响,如干旱和洪水的频率、强度和持续时间,将影响流入墨西哥湾营养物质的时间和数量。“尽管如此,缺氮区对氮减排的反应在完全不同和独立的模式下表现得较为稳健,这为实现目标提供了更大信心。”Scavia 说。(王方编译)



黄条鲮苗种