

“液体黄金”霍霍巴油的生物合成之道

■本报记者 李晨

天然物质霍霍巴油是一种深受化妆品青睐的原料。然而,极少有人知道霍霍巴(Jojoba)的拉丁名种加词是“中国”(chinensis)。实际上,我国在上世纪 70 年代才开始零星引种霍霍巴,几乎没有规模种植。这个命名的阴差阳错源于,19 世纪早期的发现者从美国一个植物园收集的霍霍巴种子与另一在中国收集的种子相混淆。

不过,霍霍巴和中国的历史联结可能会被中国科学家改写。

近日,《科学—进展》在线发表了华中农业大学油菜团队、生物信息团队联合国外 5 家单位合作完成的油料作物霍霍巴的高质量参考基因组,并解析了霍霍巴种子中蜡酯合成途径。科学家相信,在我国南方地区借油菜等油料作物合成霍霍巴油将不再是一个梦想。

“液体黄金”供不应求

优质霍霍巴油价格为每公斤 58 美元,没有其他天然替代品,没有高效人工合成方法,然而全球产量与预期需求量相差 50 倍,霍霍巴油因此被喻为“液体黄金”。

“原产于美洲沙漠地区的霍霍巴油非常特殊,它实际上是一种液态蜡酯。”论文通讯作者、华中农业大学教授郭亮告诉《中国科学报》,这种液态蜡由碳链长度为 C20—C24 的脂肪醇和脂肪酸的酯化物组成,在植物王国中是独一无二的;在动物界,也只有抹香鲸鱼油与其相似。

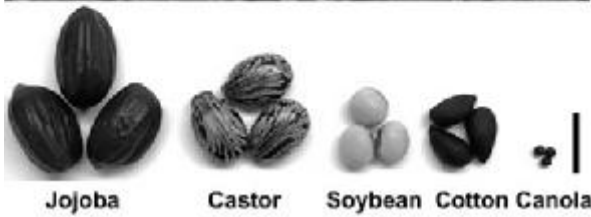
“霍霍巴是目前已知的唯一可以合成液体蜡酯的油料植物。”郭亮介绍,纯天然的霍霍巴油具有抗氧化性强、渗透性强的特点,其结构与人体皮脂相似,极易被皮肤吸收,不油腻,并能促进皮肤水分的保留。

霍霍巴油的组成结构在高温、高压下稳定性非常好,长期保存不易变质,被广泛应用于如机械润滑、消泡、防磨损、防锈及抗氧化等方面。然而,由于人工合成工艺复杂、条件苛刻、产率较低,特别是超长链脂肪醇合成成本极其高昂,目前尚无人工合成霍霍巴油的产品。

霍霍巴原意为“神奇的灌木”,被誉为“拯救干旱地区的福音”。虽然霍霍巴木非常耐高温和干旱,但造林初期如果没有人工灌溉,很难保证成活率。

中国林业科学研究院林产化学研究所毛新伟曾撰文介绍,霍霍巴木自然分布于北美洲索诺拉沙漠地区。目前已被美国、以色列、秘鲁、阿根廷、澳大利亚和印度等国商业化种植。

1971 年,国际捕鲸委员会颁布捕鲸禁令



▲霍霍巴籽与其他作物种子对比
华中农大供图

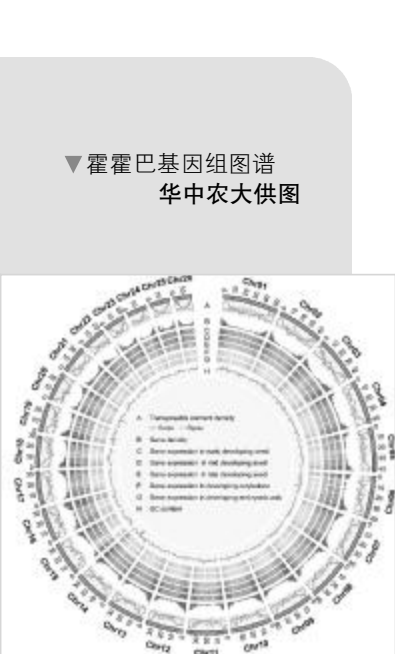
后,霍霍巴油受到了高度关注。郭亮告诉记者,由于霍霍巴木生长周期长,雌性植株只占自然群体的 20%左右,且优质霍霍巴油一般来自于沙漠地区,导致霍霍巴木产业发展比较缓慢。此外,常规机械压榨出油率不高也对其产业有一定的影响。

“虽然全球霍霍巴油产量从 1986 年的 500 吨上升到 2012 年的 4000 吨,但与预期的霍霍巴油年消耗量约 20 万吨存在巨大的差距。霍霍巴油供不应求的局面及其商业、工业价值致使其售价居高不下。”郭亮说。

我国引种霍霍巴木的工作持续了 20 多年。但这一名为“中国”的油料作物,在我国至今没有进行良种选择研究,无性繁殖扦插技术也未完全突破,尚未产生经济效益。

与众不同的合成途径

过去十余年,科学家通过基因工程手段在油菜、亚麻荠等油料作物种子中合成霍霍巴蜡酯,这些油料作物种子中积累的蜡酯含量较低,且种子萌发率低。而霍霍巴的种子中,蜡酯占总含油量的 95%以上,种子仍可以正常萌发,这暗示着霍霍巴种子中蜡酯的合成、储存及降解存在特殊的机制。



“我们这次获得的是染色体级别的高质量参考基因组,也是全世界第一个霍霍巴基因组图谱。”郭亮说,此前,参考基因组的缺乏限制了霍霍巴种子中蜡酯合成相关机制的解析。

论文共同通讯作者、华中农业大学教授陈玲玲介绍,他们组装的霍霍巴参考基因组质量很高,并且注释了 23490 个编码蛋白质的基因。

陈玲玲介绍,霍霍巴种子中蜡酯的含量约为种子干重的 50%,为种子萌发提供能量和碳源。蜡酯的合成主要是通过脂肪酰辅酶 A 还原酶 FAR,将脂肪酰辅酶 A 还原成脂肪醇。然后,在蜡酯合成酶 WS 的作用下,脂肪醇与脂肪酰辅酶 A 发生酯化反应,生成蜡酯。

很多微生物,如不动杆菌、眼虫藻及深海藻类等也可以在细胞中合成蜡酯。但“霍霍巴蜡酯的碳链长度与它们的不同,其功能也不一样。这可能是各物种中 FAR 和 WS 的底物偏好性不同所造成的。”郭亮说。

他们发现,蜡酯主要富集在种子的子叶中,而含量极少的三酰甘油主要富集在胚轴。种子不同部位的转录组分析表明,参与蜡酯合成的相关基因脂肪酰基—CoA 延长酶 1 基因(ScFAEL)、脂肪酰还原酶基因(ScFAR)和蜡酯合成酶基因(ScWS)在子叶中的表达量远高于胚轴中的表达量。同时,二酰甘油酰基转移酶

(DGAT)在子叶中的表达量远低于其在胚轴中的表达量。

“编码脂肪酸合成和油脂储存相关蛋白的基因均偏向于在子叶中高表达。这些基因在空间上的表达差异,可能是造成蜡酯及三酰甘油在霍霍巴种子中存在明显分布差异的主要原因。”陈玲玲说。

“这些研究让我们深入了解霍霍巴蜡酯合成机制,为霍霍巴品种改良提供了理论基础。”中国农业科学院农业基因组研究所研究员崔鹏告诉《中国科学报》。

用油菜“借腹生子”

霍霍巴油昂贵的价格严重限制了它的使用范围,只在一些药品、化妆品中被应用。郭亮介绍,目前,市场上大量的蜡酯需求主要是通过化学合成或生物技术获得,这些方法成本过高。

因此,“如何生产廉价的类似霍霍巴蜡酯的需求日益迫切。利用基因工程和代谢工程在生物体内大量合成霍霍巴油相似的蜡酯成为首选。”郭亮说。

科学家已经在实验室条件下用拟南芥和亚麻荠合成霍霍巴油相似的蜡酯。但它们的后代种子萌发成功率均不理想。

油菜作为我国最大的植物油生产作物,从上世纪中期引种驯化到现在,已积累了丰富的种质资源。随着种植模式、农村劳动力结构的改变及菜籽油经济效益的影响,我国的油菜种植产业效益逐年下降。

郭亮认为,高芥酸油菜种子中脂肪酸的组成正好符合霍霍巴中 FAR 及 WS 的底物偏好性,这使得在高芥酸油菜种子中合成霍霍巴油成为可能。在油菜种子中大量合成霍霍巴油,不仅可以降低目前市场上霍霍巴油的成本,而且将提高油菜种植的效益。

而高质量基因组问世以及蜡酯合成机制的揭晓,将帮助科学家解决在油菜种子中合成蜡酯的一些关键科学问题。

此外,崔鹏认为,目前霍霍巴种植面临的最大问题是雌雄植株比例(1:4)差别较大。由于雌株比例过低,导致种植户投入产出比低,严重限制了霍霍巴种植产业的发展,而霍霍巴基因组序列的公布为解决雌株筛选的问题提供了基础。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aay3240>

科技加持「花经济」

小菊花也抗疫

■本报记者 王方 通讯员 许天颖

“要注意菊株萌条的长度,掐头要及时。萌条一旦长到繁殖规格,就立即采穗扦插扩繁。”3 月下旬的一天,南京农业大学教授、菊花育种团队成员管志勇正忙着线上指导菊花育苗。网络那头,是湖北省黄冈麻城市福田河镇的花农。

与疫区部分农产品面临的滞销状况不同,这里的福白菊因独特的药用价值,可用于熬制防治新冠肺炎的汤药,相比往年更加供不应求。小菊花今日能助力抗疫,并带动当地发展“花经济”,与 4 年前一支科技力量的注入分不开。

小菊花助力抗疫

福白菊是全国三大白菊品牌之一,大别山地区独有的名花佳饮。福田河镇则是福白菊的核心产区,常年种植面积达 5 万亩。据福田河镇人大主席郑永生介绍,2016 年以来,南京农业大学教授陈发棣的菊花团队来到镇里开展产学研合作,提纯复壮了福白菊原种,在当地建起“福白菊种源保护中心”,并指导基地技术人员掌握了优质种苗繁育和高效栽培技术。不到 3 年时间,镇上示范大户的鲜花亩产超过 2000 斤,产量是原来的两倍。

不仅产量上去了,品质也得到了提升。在陈发棣、管志勇的技术指导下,复壮后的福白菊所含的总黄酮、绿原酸、木犀草苷等功能性物质比普通菊花高出 10%以上,优于当地种植的其他品种,干花产品提档升级。



福白菊脱毒种苗高产示范田
南京农大供图

功能性物质的提升使得福白菊具有更好的药用功效。今年新冠肺炎疫情发生以来,麻城福白菊先后被多家药厂和医药公司纳入防治新冠肺炎的中药方。当地政府专门为菊花龙头企业开辟了“绿色通道”,4 批次共计 35 吨福白菊被运往武汉和广东等地,制成中药试剂送到了抗疫一线。

“花经济”促脱贫

有了科技力量加持,菊花助抗疫又促脱贫。

除了运往抗疫一线,脱毒复壮后的福白菊深受国内浙江、广东、香港,乃至东南亚一带企业的青睐。郑永生介绍,今年镇上的菊花生产企业接到了香港地区一家企业的订单,福白菊胎菊和一级花能卖上 60~90 元/斤的价格。

陈发棣告诉《中国科学报》,自 2016 年以来,菊花团队研发集成的福白菊“良种、良法、良模”栽培技术体系在福田河镇得以应用,建立了原种高产示范基地 300 余亩。目前已累计推广福白菊脱毒种苗 120 万株,新技术应用 1000 余亩,在当地掀起了一场产业扶贫的“花经济”。

今年,该团队又通过前期实验,将菊花定植时间后移了将近一个月,可有效规避疫情带来的影响。管志勇向《中国科学报》介绍,“往年这个时候当地已开始种植,今年我们将繁殖时间推迟到了 5 月中下旬。从前两年的田间情况来看,不仅没有影响产量,长势还更好,不影响油菜、小麦等前茬作物的收割,还足足节省了一个月的田间作业时间。”

郑永生告诉《中国科学报》,在福田河镇,往年这个时候年轻劳动力都已外出务工,今年看到菊花产量高、品质好,需求大,不少人表示想留在老家种菊花。目前,相关菊花企业已经复工复产,各地各村育苗备苗工作全面开展。

据悉,今年福田河镇拟新增菊花连片种植基地 2000 余亩,培育福白菊脱毒苗 200 万株,并在全镇 24 个村分别建设菊花产业扶贫基地,通过发放种苗、土地流转和基地务工等方式直接吸纳贫困户 1000 户以上。

前沿

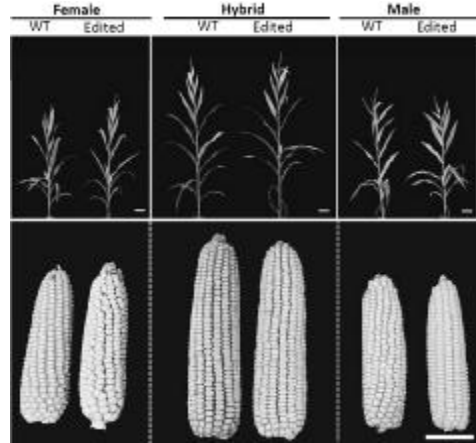
新策略提高糯玉米杂交育种效率

本报讯 糯玉米是一种产生支链淀粉的具有重要食用与工业价值的特用玉米。近日,安徽农业大学与中国农业科学院作物科学研究所合作,于《作物学报》(英文版)在线发表最新研究成果。他们利用目标性状定向突变策略(DTM)较快地获得了糯性亲本及糯性杂交种。

论文通讯作者、安徽农业大学教授程久告诉《中国科学报》,传统回交育种需要的年限较长,而且在糯性基因 wx 的转育中往往会带入供体玉米的染色体片段,即育种上通常所说的连锁累赘,从而严重制约了育种效率。

为了解决这个难题,该研究以玉米杂交种 35 为受体,通过目标性状定向突变策略分别对杂交种 35 的亲本自交系 35F 和 35M 的 Wx 基因进行定点突变,经过较少世代回交及 SNP 芯片辅助筛选,获得糯性 35F 和 35M 自交系。随后又通过杂交获得了具有糯性性状的 35 玉米杂交种,增加了 wx 基因的类型并提高了育种效率。

论文共同通讯作者、中国农业科学院作物科学研究所副研究员刘昌林介绍,改良糯性亲本与其杂交种的胚乳支链淀粉的平均含量高达 94.9%。父本系和母本系遗传背景恢复率最高分别达 98.19% 和 86.78%,而且都不含 CRISPR/Cas9 系统。



利用 DTM 策略获得糯性亲本及糯性杂交种
安徽农大供图

“我们这项工作为 CRISPR/Cas9 系统应用于定向改良遗传转化困难的商业杂交种提供了实例,拓宽了基因编辑技术的应用领域。”程久说。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.01.006>

天然植物饲料呼唤市场化团体标准

■郑金武

当前,我国畜牧业正遭遇严峻挑战。疫情威胁、动物健康、食品安全、乡村振兴,既带来现实的挑战,也带来发展的机遇。畜牧业如何应对,成为摆在面前的现实问题。

北京农学院教授刘凤华在接受《中国科学报》采访时表示,应尽快推动天然植物饲料原料团体标准制定实施,促进天然植物饲料与我国畜牧业绿色发展相结合,使之在食品安全、减抗替代、产业转型升级中发挥积极作用。

为切实制止抗生素滥用,保护动物健康生长,自今年 1 月 1 日起,《中华人民共和国农业农村部公告第 194 号》正式实施,决定停止生产、进口、经营、使用部分药物饲料添加剂,并对相关管理政策作出调整。“这一政策释放了前所未有的政策红利,预期将创造 300 亿至 900 亿元规模的减抗替代市场空间。”刘凤华表示,这对天然植物饲料原料行业来说是难得的发展机遇。

目前,我国的天然植物饲料原料行业发展尚处起步阶段,企业发展参差不齐,亟须制定技术标准,对原料的生产、流通、交易、使用等环节进行规范。

“把市场急需的标准交由市场决定,既可避

免制定出的标准与市场需求脱节,又可加快标准制定速度,增加标准有效供给。”刘凤华说。

团体标准有利于具备技术实力的协会、学会、行业联盟等发挥自身优势,根据市场需求,制定高于现有基础性标准或者强制标准的团体标准,促使企业按照标准化的方式来组织生产、经营、管理和服务,促进转型升级,引领创新驱动,促进行业在经济、社会、生态等方面高质量发展。

“选择团体标准是制定天然植物饲料原料标准、规范市场化的破冰首选。”刘凤华指出,在行业管理部门指导下,通过相关联盟制定天然植物饲料原料团体标准,将为中兽医医药产业、饲料行业、畜牧业的绿色发展开辟一条新路径。以药食同源天然植物饲料原料标准的切入点,将有助于破题减抗替代与非洲猪瘟复养的产业难题。

刘凤华表示,构建具有中国特色的农产品特别是动物绿色生产体系,其内涵在于将食药同源的养生理念、原理、方法、技术和产品,贯穿于动物生产、动物保健、疫病预防、饲料替代、新饲料源开发、饲料添加剂、动物福利等各个环节,实现减抗、替代、无抗、绿色。同时,也将“推动我国农业的转型升级、高质量发展和结构优化”。

新农评

随着两轮草原生态保护补助奖励政策即将到期,2020 年中央一号文件提出,研究本轮草原生态保护补奖政策到期后的政策。

草原生态保护补奖政策从 2011 年开始实施,已连续实施两轮,覆盖 13 个省(区)和新疆生产建设兵团,每年投资经费近 200 亿元。

这是当前我国最重要的生态补偿机制,是新中国成立以来投资规模最大的草原生态治理措施,对于根本扭转草原生态退化趋势、实现草原生态环境质量总体改善、草原牧区经济可持续发展具有重要意义。

政策实施以来,取得了良好成效,草原退化的趋势一定程度上得到遏制,牧民收入水平得到明显提升,生计得到改善,牧民的放牧饲养行为有了较大转变,草地畜牧业结构和功能持续向好转变。

基于过去 10 年对草原牧区牧户的系统调研,综合国内各主要研究团队的研究成果,笔者认为,目前存在的主要问题包括:补偿标准单一、标准偏低,不能反映禁牧或减牧后牧民收入减少的问题;草原生态补奖主要按面积或人头发放,奖补激励的激励作用体现不够,尤其是激励减畜作用不足,补偿实施后许多地区草原载畜率不减反升,超载过牧仍是普遍现象;牧民非牧就业渠道窄,转产或兼业就业难,社会保障制度仍不健全,牧民仍然面临着很大的生产和生计风险;基于自然和市场风险等,牧民形成了以超载为主要应对行为的自我保险策略,如何推动和激励牧民自主性减畜是草原生态补奖政策实施取得实效的关键。

因此,提出政策调整建议如下:建立草原生态保护补助奖励长效机制。草原生态保护和恢复是一个长期性的艰巨任务,试图通过短期的补偿性项目全面实现预想的减畜目标和草原保护恢复目标是不现实的,必须长期坚持、持续发力,才能取得成效、不断扩大和巩固成果。草原牧区的经济欠发达性和生态保护效益的外部性决定了由中央和相关省区进行生态补偿是一项长期的工作,因此要进一步明确草原生态补奖政策的长期延续性,根据实际需求科学核算和合理增加草原生态补奖经费。建议在现有补助标准基础上提高至少 1 倍的草原生态补奖经费,建立和完善直接通畅的补偿资金转移支付体系,确保补偿资金按时足额补偿到位。

积极开展重点草原地区草原国家公园试点工作。在青海三江源地区、内蒙古典型草原和草甸草原区,选择典型和代表区域开展国家公园体制试点工作。坚持生态保护优先,自然修复为主,突出保护修复生态。严格生态保护红线规划,实行最严格的保护。创新生态保护管理体制机制,建立资金保障长效机制。

建立以有效激励牧民保护草原积极性为中心的草原生态补奖机制。牧民是草原生态保护和利用的直接相关人。牧户的参与、感知、态度和行为是决定草原生态补奖政策实施能否取得效果的关键。因此,要在深入开展牧民应对风险下放牧和生计行为研究,鼓励牧民积极参与的基础上,制定和实施可以有效调动牧民参与保护的积极性的生态补偿机制,坚持因地制宜,不搞一刀切,不撒胡椒面,该补就补,应补才补,变普惠式补贴为激励性补助。利用 3S、互联网、大数据等高新技术提高草原监测监管能力,将严格监管和牧民主动积极保护协调统一。发挥基层组织作用,发挥乡规民约的作用,变个体生态保护为社区或群体生态保护。

探索“以保代补”的政策转变,推动实施草原畜牧业干旱指数保险。当前迫切需要加强草原畜牧业指数保险基础数据库建设,加强不同草原区的适用保险产品设计和推广,加强牧民保险知识培训和购买意愿引导。建议将 20%的草原生态补奖资金转为草原畜牧业指数保险资金,建立市场化的草原生态保险制度。

发展新型草原生态畜牧业经营模式。建立冬春季饲草料存储和保障体系,科学应用补饲技术,有效减缓气候风险对牧户生产经营的波动影响,提高牧户饲养水平和效率。发展天然草原节水灌溉和优质人工草地建群技术,提高饲草料生产能力;建立区域、县域和牧户多层级“饲草+互联网+供应链金融+连锁”的饲草料储存和运销服务体系,提高保障能力;建立草原旱灾和雪灾等灾害预警体系,提高灾害和饲草料短缺预警能力。建立合理有序的草地流转市场和制度,逐步走向规模化现代经营。拓宽牧民生计渠道,提高牧民非牧就业能力,在不降低牧民生活水平的前提下,帮助牧民转变成生产方式,鼓励和支持多元化生产经营。建议多措并举培训提高牧民非牧和兼牧生计能力,加强牧民非牧经营基础设施平台建设,引导和协助牧民进行多元化生计选择,实现牧区良性循环发展,推动牧区经济高质量发展。

建立通畅的草原保护利益相关者信息反馈协调机制。建议重视和构建由研究人员、决策者、牧民等利益相关者组成的“生态—经济—社会—政治”信息反馈机制,促进不同利益相关者在草原生态保护上的目标明确、信息通畅、决策准确、行动一致,以信息促保护。加强放牧生态等相关科研创新成果和知识的推广和培训,不断提高牧民对可持续放牧的生态效益和经济效益的感知和认识。加强草原气候风险和生态状况等监测技术和系统的网络化建设,提升及时实时反馈支持决策部门和服务农牧民的能力。加强对下一代牧民的科学放牧意愿、知识和技术的培养,解决未来谁放牧的问题。

(作者单位:中国农业科学院草原研究所)

我国应建立草原生态保护长效激励机制

■侯向阳