



视觉中国供图

## 研究进展

### 我科研人员 诱变筛选出高效脱氮菌种

科技日报讯(记者马爱平 通讯员姚金玲)8月6日,科技日报记者从农业农村部环境保护科研监测所获悉,该所乡村环境建设创新团队成功诱变筛选出高效异养硝化—好氧反硝化突变菌。该研究为生活污水脱氮治理提供了新的菌种资源和筛选方法。相关研究成果日前发表在《生物资源技术》上。

含氮污染物被排放到水体中会导致一系列环境问题,对人类健康和生态平衡造成不良影响。异养硝化—好氧反硝化是一种高效的污水生物强化脱氮技术。具有异养硝化—好氧反硝化功能的细菌可以利用环境中的有机物作为碳源和能源,实现同步硝化和反硝化,直接将含氮污染物脱氮转化为氮气。因此,筛选出具有高效异养硝化—好氧反硝化功能的微生物菌种对污水生物脱氮具有重要意义。

该研究首次获得了高效异养硝化—好氧反硝化突变菌。该突变菌的最大硝化速率和反硝化速率比野生型细菌分别提高了30.30%和17.10%。该突变菌在实际生活污水脱氮中具备突出的脱氮能力,氨氮和硝氮的去除率可分别达到95.05%和96.67%。

### 做强肉牛产业发展“芯片”

◎本报记者 马爱平

内蒙古乌拉盖不仅风景如画,也是我国肉牛种业振兴的主战场。“66万元,第三次,成交”。日前在这里举行的第四届全国种公牛拍卖会暨攻关成果展示活动上,一头头状优秀的华西牛种公牛夺得“标王”,拍出了66万元的高价。

良种是肉牛产业发展的“芯片”。在拍卖会上夺得“标王”的华西牛,由中国农业科学院北京畜牧兽医研究所主导培育而成,是我国具有完全自主知识产权的专门化肉用牛新品种——华西牛。

中国农业科学院北京畜牧兽医研究所副所长、牛遗传育种科技创新团队首席李俊雅告诉记者,华西牛培育工作始于1978年,经过40多年的杂交改良和持续选育,形成了当前生产性能突出、遗传性能稳定的专门化肉用牛新品种——华西牛。

“目前,华西牛已开始第5世代的选育工作。”李俊雅说。华西牛具有生长速度快、净肉率高、繁殖性能好、抗逆性强、适应性强、经济效益高等特点,既适应我国牧区、农区以及北方农牧交错带生长,也适应南方草山草坡地区生长。

我国牛肉生产量位居世界前列,但不是肉牛育种强国,优秀的种公牛和冻精仍被国外垄断。

“加大肉牛遗传改良力度,提高自主创新能力和水平,尽快缩短与国外先进水平的差距迫在眉睫。”全国畜牧总站党委书记时建忠表示。

经过多年发展,我国肉牛育种取得一系列成效:良种繁育体系逐步完善,基本建立种牛生产性能测定体系;建立了肉牛遗传评估平台,遴选国家肉牛核心育种场44家,组建育种核心群2万余头,研发了具有自主知识产权的肉牛基因选择技术平台;成立了多种形式的联合育种组织,吸纳全国30多家种公牛站和核心育种场参与,对秦川牛、延边牛、渤海黑牛等品种开展持续选育提高;在我国本土品种资源基础上通过杂交选育,培育出的蜀宣花牛、云岭牛、阿什旦牦牛等品种通过国家新品种审定。



图为以66万元高价夺得“标王”的华西牛种公牛。  
中国农业科学院供图

### 橡胶树驯化遗传机制获解析

科技日报讯(记者王祝华)8月6日,科技日报记者从中国热带农业科学院获悉,该院橡胶研究所田维敏教授团队联合中国科学院遗传与发育生物学研究所李家洋院士团队、梁承志研究员团队,系统阐明了橡胶树早期驯化的遗传基础,揭示了增加的乳管列数量是橡胶树早期驯化的主要性状,并通过全基因组关联分析(GWAS)鉴定到调控乳管数量的驯化基因。相关研究论文近日发表在《自然·通讯》上。

为了揭示橡胶树分子驯化过程,研究人员首先构建了迄今质量最高的橡胶树基因组以及覆盖最广的橡胶树基因组变异图谱。群体结构分析后证实,上百年的驯化已经在橡胶基因组上留下了选择痕迹。通过对栽培种和来自马托格罗索州的野生种对比分析,他们鉴定到数十个与产量相关的基因,栽培种基因的单核苷酸多态性(SNP)明显低于野生种,并出现了优势单倍型。

树干皮中的次生乳管与天然橡胶生产密切相关,是决定橡胶树产量的结构基础。与野生种相比,栽培种的橡胶产量显著提高。研究发现,栽培种的次生乳管列数量远多于野生种,而橡胶合成效率差异性不大,表明乳管是橡胶树早期驯化的目标性状。

为进一步揭示调控乳管分化的关键基因,研究人员对208份橡胶树种质材料进行全基因组关联分析发现,HbPSK5基因在形成层区域特异表达。该基因的启动子区域存在一个与乳管数量密切相关的SNP(G/A),乳管多的种质GG基因型比例要远高于乳管少的种质,群体分析进一步显示GG基因型在橡胶树育种过程中得到了选择。此外,研究人员通过实验形态学的手段,证明人工合成的磺胺素可以有效诱导次生乳管形成。研究人员揭示了橡胶树5个HbMYC基因家族成员可激活HbPSK5关键基因。

## 益生元可驱动根际微生物维持植物健康 变土壤“中间力量”为病害防治中坚力量

◎本报记者 金凤

土传病害是指存在于土壤中的植物病原性真菌、细菌、病毒和线虫侵染植物根系而导致的病害,是限制作物正常生长的重要因素之一,防治不当会造成巨大的经济损失。

采用生物方法防治土传病害是近些年的热门研究领域。近日,中国工程院院士沈其荣团队通过解析番茄发病植株和健康植株的根际代谢组,挖掘潜在的益生元,并结合多组学手段明确了益生元驱动根际微生物维持植物健康的微生态机制。该研究成果标志着我国土传病害防治进入益生元精准调控阶段。相关研究论文在线发表于国际学术期刊《自然·通讯》。

什么是益生元?益生元在防治土传病害时发挥了怎样的作用?它是否会成为防治土传病害的“未来之星”?带着这些问题,科技日报记者采访了有关专家。

### 用益生元防治土传病害 具有诸多优势

近年来,集约化农业高速发展,由于单一作物长期连作及氮肥、农药等农用化学品不合理使用等,土传病害日益突出,成为影响作物优质高产、土壤健康,以及限制农业绿色可持续发展的因素之一。

“中国的土传病害发生面积占设施农业规模化种植的20%以上,而且往往伴随着多种病害交互发生,大大增加防控难度。土传病害的‘始作俑者’包括土壤病原微生物,例如细菌、真菌、病毒和线虫等,它们影响范围广泛,会对各类农作物造成严重的经济损失。”论文通讯作者、南京农业大学资源与环境科学学院副教授袁军告诉记者,青枯病就是一种典型的土传病害,这种病害是由土壤青枯菌侵染导致的,广泛发生在番茄、茄子、辣椒、烟草等茄科作物中。

“传统的化学防治方法通常会导致土壤和水体的污染,对环境造成潜在风险,加剧抗生素抗性基因的扩散和爆发,同时让土壤微生物‘无辜牺牲’,破坏土壤微生物生态平衡,影响生态系统健康。”袁军介绍,生物防治是农业生产中一种环保、可持续的病害防治方法,其中,微生物

制剂就被广泛应用。但微生物制剂中包含的外源菌株面临着定殖困难的问题,从而导致对土传病害的防治效果不够持久和稳定。

益生元的研究起源于肠道研究领域。论文第一作者、南京农业大学资源与环境科学学院博士后文涛介绍,近年来,益生元的研究扩展到农业领域,有学者开始研究植物益生元。这是一种能调控植物微生物群落的组成和功能、维持微生物群落动态平衡,进而有益于植物的生长发育和抵抗生物、非生物胁迫的物质。

“与传统的化学防治方法相比,用益生元防控土传病害具有诸多优势。首先,益生元是一种环境友好、可生物代谢的物质,不会对土壤和环境造成污染。其次,益生元靠促进有益菌增殖或调控生态平衡来抑制病原微生物,因此耐药性的风险会降低。此外,益生元以促进土著有有益菌的功能发挥来实现病害防控,不存在环境适应性和功能菌定殖困难的问题。”文涛说。

### 联合中性微生物与病原 菌竞争

如何利用益生元的特点,让它在土传病害防控中释放巨大潜力,科研人员对此进行了许多有益探索。

袁军介绍,此前,他所在的团队开发出了一种根际益生元配方,增加了土壤中假单胞菌的丰度,从而提高了植物的系统性抗病能力。

在最近发表于《自然·通讯》的这项研究中,他们团队发现益生元可激活土壤中的“中性微生物”,即促进土壤中大量存在的、无明确有益功能的微生物的增殖,使其与病原菌竞争生态位,从而抑制病原菌增殖,实现“固本培元强根基”。

“我们将益生元添加到土壤里后发现,植物的青枯病发病率显著降低,而荧光定量检测结果显示,根际土壤中的中性微生物总量显著提升,且中性微生物数量与发病率呈显著负相关。试验进一步显示,益生元可以激发土壤里中性微生物的活力。”袁军介绍,他们分析发现,在土壤中添加益生元后,中性微生物通过激发土壤碳代谢、自毒物质降解和抗生素合成等途径降低了青枯病发病率。

在袁军看来,这些有益探索对农业生产和土传病害的防控有着积极的助力。“首先,利用益生元增加有益微生物的丰度和种类,可以提高土壤和植物的健康水平,增强植

物的抵抗力,降低土传病害的发生率。其次,定向培育中性微生物有助于建立更加稳定和健康的土壤微生态系统,提高土壤抵抗病害的能力。中性微生物虽然没有特定明确的功能,但确实是在防控土传病害过程中最需要团结的‘中间力量’。”

### 实现产业化应用尚存技 术挑战

在土传病害防控领域,益生元被学者们寄予厚望。袁军表示:“我们希望对益生元的开发应用,能在减少农药、化肥投入,改善土壤结构,维持微生物多样性的同时,还能调控和帮助植物—微生物互作关系向有益方向发展,使作物栽培更加高产、安全、优质。”

沈其荣认为,益生元可以很好地与生物有机肥结合,使肥效持久、改善土壤环境、防控土传病害以及促进植物生长。不仅如此,益生元在修复土壤污染和减轻土壤重金属毒害方面也有巨大的应用前景。以生物方法修复污染土壤通常依赖于特定微生物对污染物质的分解和利用,而益生元可以帮助微生物在本地竞争中取得优势并快速定殖,从而发挥功能。

然而,益生元在抑制病原菌的战斗中,也并非所向披靡。科研人员并不讳言,在土传病害的防控中,益生元的持久性需要持续关注。在采用益生元防控土传病害时,可能需要多次施用或持续补充,以保持其有效性。

“也许可以探索包覆技术,将益生元包裹在特殊的材料中,延缓其释放速度,从而延长其在土壤中的作用时间。”文涛分析。

此外,对植物地上部分的微生物研究远远落后于对以根际微生物为代表的地下部分的微生物研究,因此,针对地上部分病害防控的益生元研究基本是空白。

“当前,对农业根际益生元的研究还处在起步阶段,亟待开发防治更多病害的益生元。而且目前的研究往往只针对单一土传病害的发生,而在实际农业生产中多种土传病害往往同时发生,因此未来还需关注能同时防控多种土传病害的益生元。”沈其荣说,未来,益生元的来源也是影响其产业化和大规模应用的关键,开发原料易得的益生元产品,才能让其尽快造福我国的农业生产,尤其是设施农业的可持续发展。

## 可提高赭曲霉毒素A水解效率 新型酶为农作物食品安全保驾护航

◎本报记者 陈曦

8月6日,科技日报记者获悉,湖北大学生命科学学院、省部共建生物催化与酶工程国家重点实验室郭瑞庭教授团队,解析了赭曲霉毒素A的水解效率。相关研究论文近日发表在《危险材料杂志》上。

赭曲霉毒素A是由曲霉属、青霉属等有害真菌合成的毒性次级代谢产物,产生于小麦、玉米、茶叶、咖啡等农作物的田间生长、采收储藏、生产加工等多个环节,具有致癌、致突变、致畸形等毒副作用,严重威胁人类和牲畜健康。

赭曲霉毒素A含量是食品质量与安全的重要控制指标,联合国粮农组织和世界卫生组织建议赭曲霉毒素A的周摄入量按照体重计算,不超过100纳克/公斤。我国食品安全国家标准规定了谷物及制品中赭曲霉毒素A的限量标准为5

微克/公斤。

因此,如何实现赭曲霉毒素A的高效、安全降解与脱毒,对保障食品安全具有重要意义。

“用生物酶催化赭曲霉毒素A分子内的酰胺键水解,生成无毒性的苯丙氨酸和赭曲霉毒素α,是目前公认的最有效的赭曲霉毒素A脱毒途径,具有特异性强、安全性高、营养损失小等特点,也是当前赭曲霉毒素A脱毒研究的热点。”郭瑞庭介绍,然而,目前发现的参与赭曲霉毒素A水解脱毒的羧肽酶、脂酶、蛋白酶的催化效率较低,难以推广应用。

2022年,我国的研究团队从一株高效降解赭曲霉毒素A的嗜酸寡养单胞菌中,筛选获得了一个迄今最为高效的赭曲霉毒素A酰胺水解酶ADH3,其对赭曲霉毒素A的水解活性较之前报道的羧肽酶、脂酶等高50—30000倍。

那么ADH3三维结构和底物作用方式如何决定其对赭曲霉毒素A的高水解效率?如何进一步设计和改造ADH3,以进一步提升其对赭曲霉毒素A的催化性能?为了阐明上述关键科学与应用问

题,郭瑞庭团队通过单颗粒冷冻电镜技术解析了分辨率为2.5埃的ADH3与赭曲霉毒素A的复合体结构,揭示了ADH3与赭曲霉毒素A的结合模式与分子作用机制。在获得了ADH3与赭曲霉毒素A的

联合国粮农组织和世界卫生组织建议赭曲霉毒素A的周摄入量按照体重计算,不超过100纳克/公斤。我国食品安全国家标准规定了谷物等粮食及制品中赭曲霉毒素A的限量标准为5微克/公斤。因此,如何实现赭曲霉毒素A的高效、安全降解与脱毒,对保障食品安全具有重要意义。

精细三维结构模型后,郭瑞庭团队进一步对ADH3与赭曲霉毒素A的结合口袋进行结构分析与理性设计,通过对氨基酸位点S88、L218和V357进行突变,以增强ADH3与赭曲霉毒素A之间的亲水作用力或芳香环堆积力,最终成功获得了一个突变体蛋白ADH3-S88E,其对赭曲霉毒素A的水解效率同ADH3相比可提升4倍。

在成功获得ADH3-S88E后,郭瑞庭团队进一步以毕赤酵母(食品安全级工业表达菌株)为底盘细胞,构建了高效分泌表达ADH3和ADH3-S88E的重组毕赤酵母菌株。酶活测试发现,在毕赤酵母中表达的ADH3、ADH3-S88E和在大肠杆菌中表达的ADH3、ADH3-S88E酶的活性是一样的,证明毕赤酵母具有用于工业生产ADH3-S88E的潜力。

“接下来我们还将进一步对毕赤酵母进行蛋白表达量筛选和发酵条件优化,开展ADH3-S88E在不同应用场景下的赭曲霉毒素A水解脱毒工艺优化研究,为谷物原料中的赭曲霉毒素A脱毒提供高效的酶制剂。”论文第一作者、湖北大学副教授戴隆海表示。