

本期导读内容主要包括生物酶与代谢调控、病原菌致病机理、基因挖掘与利用、微生物应用与环境治理、农业生态保护与可持续发展等方面。

王克剑 《生物工程学报》编委

(中国水稻研究所, 杭州 311400)

生物酶与代谢调控

黄嘌呤脱氢酶(xanthine dehydrogenase, XDH)是一种含钼氧化还原酶,属于钼羟化酶黄蛋白家族,广泛存在于真核生物、细菌和古细菌中,迄今已有 100 多年的研究历史。XDH 的主要功能是催化黄嘌呤和次黄嘌呤转化为尿酸,然后通过一系列反应形成尿囊素和尿囊酸。在植物中,XDH 在各种代谢过程中发挥着重要作用,主要包括嘌呤代谢、氮代谢、激素代谢、活性氧代谢、生物胁迫和非生物胁迫等。在本期学报中,徐江民等^[1]综述了植物中 XDH 参与代谢途径及其功能研究的最新进展,重点介绍了植物中 XDH 的结构特征、合成途径、调控代谢途径和基因家族功能,并对 XDH 在农作物的生长发育和抗逆性研究方面的应用前景进行了展望,为相关领域的研究提供了参考。

钙依赖性蛋白激酶(calcium-dependent protein kinase, CDPK)是一类 Ca^{2+} 敏感的蛋白激酶家族,能感知细胞内 Ca^{2+} 浓度的变化,并传递和放大这一信号,它在植物生长发育和逆境胁迫响应中扮演着重要的角色。CDPK 参与多种逆境胁迫,并调控植物生长发育、基因表达、离子通道和气孔运动等过程。CDPK 通过自磷酸化影响酶活性和底物选择性,可以与多种底

物结合,参与多种信号通路。此外,CDPK 还能与 14-3-3 蛋白结合,调控植物对逆境和生长发育的应答。在本期学报中,李敏等^[2]综述了植物 CDPK 的发现、结构、分类及其在逆境胁迫响应中的作用等;提出了未来研究的重点,即阐明 CDPK 的生理功能和调控机制,为农作物抗逆性遗传改良提供了基因资源和理论依据。

GA₄ 是一种具有独特优势的赤霉素,然而目前其代谢调控位点尚不明晰,因此产量提升受到限制。在本期学报中,林嘉浩等^[3]通过代谢组学技术,比较 GA₄ 生产菌株 S 和野生菌株 Y 的代谢差异。研究结果发现,菌株 S 在氨基酸代谢、三羧酸循环(tricarboxylic acid cycle, TCA cycle)等方面具有优势,能够产生更多的乙酰 CoA,从而促进萜类物质合成,提高 GA₄ 产量。该研究为调控藤仓赤霉菌以提高 GA₄ 产量提供了理论基础,对于推动 GA₄ 的应用和发展有积极的意义。

病原菌致病机理

油茶(*Camellia oleifera*)是我国重要的木本油料作物,油茶籽油具有极高的经济价值。油茶炭疽病是由炭疽菌属真菌感染引起的病害,在我国油茶发病组织中,主要鉴定到果生炭疽菌、暹罗炭疽菌等病原菌,其中果生炭疽菌、

胶胞炭疽菌、山茶炭疽菌和暹罗炭疽菌是优势致病菌。在本期学报中,张立莎等^[4]综述了油茶炭疽病的相关研究,包括病害概述、抗炭疽病生理机制、分子机制以及种质资源评价等,为油茶炭疽病防治和抗性育种提供了理论依据。

植物内生菌是指能够在植物体内度过至少部分生命周期而不会引起宿主病害的微生物。它们是一类种类和功能非常丰富的微生物资源。早期的研究主要依赖于 Sanger 测序技术,但由于其低通量的限制,植物内生菌领域的研究发展受到了一定的制约。随着下一代测序(next-generation sequencing, NGS)和单分子实时测序技术(single-molecule real-time, SMRT)的推出,极大推动了植物内生菌领域的研究。NGS 技术可用于研究植物内生菌时空多样性、群落功能特性和生物活性物质等,而 SMRT 测序技术则有助于解析内生菌基因组和 DNA 甲基化分析。在本期学报中,庞煜等^[5]综述了 NGS 和 SMRT 在植物内生菌领域的应用,提出了在选择测序技术时应综合考虑研究目标、预算和资源等因素,为进一步发掘植物内生菌的潜在价值提供了参考。

在植物病原黄单胞菌中,锌吸收调控蛋白(zinc uptake regulator, Zur)的序列高度保守,但在不同菌株或小种中的功能却差异显著。在本期学报中,林思怡等^[6]通过构建突变株,发现 Zur 缺失会削弱大豆斑疹病菌的致病性和降低在非寄主植物上激发超敏反应(hypersensitive responses, HR)。同时, Zur 的缺失还影响了大豆斑疹病菌的胞内锌稳态以及毒性因子的合成等。该研究丰富了我们对于 Zur 功能的认识,为深入理解大豆斑疹病菌的致病机制提供了重要的依据,对防治大豆斑疹病具有重要意义。

核盘菌是一种危害严重的植物病原菌,其菌核在病菌生活史中起着至关重要的作用。热

休克蛋白(heat shock protein, Hsp)在生物体抵御外界胁迫中发挥着重要作用,但在核盘菌中的功能尚未见报道。在本期学报中,吕蕊花等^[7]以核盘菌为研究对象,利用 RT-PCR 克隆了核盘菌的热休克蛋白 70 基因(heat shock protein 70, Hsp70),并进行了序列分析,通过 qRT-PCR 测定了该基因在病菌不同生长阶段、cAMP 及低温高温胁迫下的相对表达量,对 Hsp70 蛋白进行了耐热性检测,并构建了 Hsp70 基因沉默转化的菌株,进行了致病力和耐药性检测。研究结果表明, Hsp70 与叶杯菌属的 Hsp70 具有较近亲缘关系,在核盘菌的菌核中高表达,并受到 cAMP 和高温胁迫诱导。此外, Hsp70 还能增强大肠杆菌的耐热性。Hsp70 基因沉默会导致核盘菌菌核无法形成,同时致病力和耐药性也下降。这些发现揭示了 Hsp70 在核盘菌的菌核形成、应对不良环境以及致病过程中的重要作用,为进一步研究核盘菌的致病机制提供了新的视角。同时,这些结果也为开发以 Hsp70 为靶点的新型杀菌剂提供了参考。

基因挖掘与利用

高粱是一种重要的粮食、能源、饲料和工业原料作物,具有广泛的生长适应性和多样的利用价值。传统育种方法在高粱育种中虽然取得了一定的成功,但仍然面临一系列挑战。随着分子生物学、遗传学和生物信息学等技术的快速发展,分子育种技术为提高高粱产量与品质提供了新的途径。在本期学报中,李魁印等^[8]综述了高粱农艺性状和适应性性状等重要性状方面的分子基础研究进展,并讨论了未来的重点研究方向,为高粱育种提供了新的思路和方法。

水稻(*Oryza sativa* L.)是重要的粮食作物,其光合作用和分蘖数对产量至关重要。在本期

学报中,李文浩等^[9]通过辐射诱变获得了 *yllt10* 突变体,该突变体表现为叶色黄化和分蘖减少。与野生型水稻相比,突变体光合色素含量下降,叶绿体结构异常,净光合速率降低。遗传分析确定该突变体的表型由单隐性核基因控制,定位于 10 号染色体上。该基因编码叶绿素 a 加氧酶,突变体中该基因发生了单碱基缺失。此外,突变体对氮素浓度变化不敏感,可能影响其分蘖能力。该研究为提高水稻光合效率和氮素利用效率提供了理论基础,对水稻高产育种具有重要意义。

维生素 B6 (vitamin B6, VB6)作为参与动植物多项生命活动的重要组成成分,对于水稻等粮食经济作物的营养品质具有重要意义。然而,目前关于控制水稻籽粒 VB6 含量的相关基因的挖掘较少且不深入。在本期学报中,唐璐瑶等^[10]通过构建重组自交系群体,进行 QTL 定位和候选基因筛选,发现了多个与 VB6 含量相关的基因。其中,他们发现 *LOC_Os05g09500* 的表达量与 VB6 含量密切相关,而该基因的碱基突变可能影响 VB6 代谢。该研究填补了水稻籽粒 VB6 性状 QTL 定位研究的空白,为培育高 VB6 含量的水稻品种提供了帮助。此外,这项研究的结果对于缓解 VB6 隐性饥饿、提高稻米品质具有重要意义。

沙枣是一种重要的经济林树种,但其品种分类不明确,遗传背景复杂。在本期学报中,王梓煦等^[11]利用简单重复序列(simple sequence repeats, SSR)分子标记技术,对 150 份沙枣材料进行了分析。研究发现沙枣具有丰富的遗传多样性,且遗传相似性较高。聚类分析和群体结构分析表明,沙枣的种质资源地理来源对遗传差异有一定影响,但两者不存在必然联系。此外,研究还构建了沙枣的 DNA 指纹图谱,为沙枣种质的鉴定分类提供了依据。该研究为沙枣

的育种和应用提供了重要的理论支持。

萜烯类合成酶(terpene synthases, TPSs)是合成花香中多种萜类化合物的关键酶,然而福州双瓣茉莉(*Jasminum sambac* var. *Fuzhou bifoliatum*)中 TPS 基因在全基因组鉴定和响应茉莉酸甲酯(methyl jasmonate, MeJA)的表达模式分析方面尚未见相关报道。在本期学报中,林少青等^[12]通过生物信息学手段全面剖析了该家族的成员构成、理化性质、亚家族分类等特征,并深入探讨了其在不同组织中的表达模式以及对茉莉酸甲酯的响应情况。结果表明,该基因家族参与花香组分合成,且受到 MeJA 等多种激素调控。多个基因在不同组织中特异性表达,部分基因在 MeJA 处理后表达上调,这对于提升花香品质具有重要意义。该研究为茉莉花的遗传育种改良提供了重要参考,有助于推动茉莉花产业的发展。

黄花菜的产量受花蕾大小的影响,因此研究其发育调控机理具有重要意义。在本期学报中,马晓云等^[13]对大同黄花和东北黄花的花蕾进行了深入分析,通过转录组测序技术筛选出了与植物激素生物合成代谢相关的差异表达基因,并分析了其在花蕾不同发育阶段的差异表达。此外,还进行了外源喷施激素实验,验证了激素对花蕾生长和营养成分的影响。研究结果表明,生长素相关基因数量最多,生长素响应因子(auxin response factor, ARF)在花蕾发育中起到正向调控作用,吲哚-3-乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)对调控花蕾发育至关重要。该研究为深入理解黄花菜花蕾发育的调控机制提供了重要依据,有助于推动黄花菜产业的发展。

疯草中的苦马豆素对畜牧业危害巨大,但疯草也具有成为优质牧草的潜力。若能去除苦马豆素,将为草原畜牧业带来巨大经济效益。在本期学报中,滕君洋等^[14]对降解苦马豆素的

关键基因进行深入研究, 选用乳酸乳球菌作为表达载体, 导入节杆菌 HW08 的 4 个关键降解基因, 并通过液相色谱法分析了这些基因降解苦马豆素的能力。研究结果显示, 不同基因组合的乳酸乳球菌在降解苦马豆素方面存在差异。这项研究为疯草的脱毒利用和动物中毒防治提供了新途径, 并具有重要的应用前景。

植物中的小 G 蛋白 Rop 在调控植物生长发育等过程中具有重要作用, 其活性受 Rho GDP 解离抑制因子 1 (Rho GDP dissociation inhibitor 1, RhoGDI1) 的负调控。水稻 *OsRhoGDI1* 基因与 *OsRac5* 相互作用, 但其具体功能尚不清楚。在本期学报中, 戚旺等^[15]通过生物信息学分析、表达谱芯片挖掘和 RT-qPCR 等方法, 发现该基因在多种组织中广泛表达, 在幼穗发育中高表达, 可能在穗发育中扮演重要角色。此外, 研究还表明该基因的表达受多种激素和盐胁迫调控, 可能参与水稻生长发育、激素应答以及非生物胁迫等多种生物学过程。此外, 该基因编码的蛋白在细胞中分布广泛, 并与 *OsRac5* 和 *OsRac1* 相互作用。这项研究为进一步深入理解该基因在水稻生长发育中的作用提供了重要线索, 也为后续相关研究奠定了基础。

大豆是重要的粮油作物, 但盐胁迫严重影响其产量和品质。因此, 挖掘新的大豆耐盐基因并探究其功能机制, 对大豆耐盐育种具有重要意义。在本期学报中, 陈媛等^[16]以野生大豆 (*Glycine soja* S. & Z.) 为材料, 成功克隆出了一个耐盐基因 *Gs5PTase8*, 并对其进行了深入研究。通过序列分析和组织表达检测发现, *Gs5PTase8* 在植物中具有保守性, 并主要在大豆的根部表达。为探究其水解底物, 研究人员利用大肠杆菌表达系统对重组蛋白进行了表达和纯化。通过条件的优化, 成功获得了高纯度和高产量的重组蛋白。通过酶活检测, 明确了 *Gs5PTase8*

蛋白的底物类型, 为进一步研究 *Gs5PTase8* 参与大豆耐盐反应的分子机制奠定了基础。该研究为深入理解大豆耐盐基因的功能和调控机制提供了重要线索, 有助于推动大豆耐盐育种的进展。

碱性亮氨酸拉链转录因子脱落酸不敏感蛋白 5 (abscisic acid-insensitive 5, ABI5) 是调控脱落酸介导的种子萌发的关键调控因子, 与小麦穗发芽密切相关。在本期学报中, 韩洋等^[17]首次将 *TaABI5-D3* 基因编码区克隆至原核表达载体中, 并确定了最佳诱导条件。研究发现目的蛋白以包涵体形式存在, 并成功制备了具有特异性的多克隆抗体。这项研究成果为深入探究 TaABI5 蛋白在小麦中的功能以及小麦种子休眠特性的作用机制提供了重要支持, 有助于推动小麦育种的发展。

硝酸转运蛋白 (nitrate transporter, NRT) 与铵转运蛋白 (ammonium transporter, AMT) 是小麦无机氮素吸收、转运和分配过程中起重要作用的跨膜蛋白。获得 NRT/AMT 蛋白并制备其抗体有助于了解其组织定位特点, 进一步理解小麦的氮素利用过程。在本期学报中, 韦一昊等^[18]筛选并克隆到了 4 个表达量较高的基因: *TaNPF4.5*、*TaNPF8.3*、*TaNRT3.1* 和 *TaAMT1.2*。研究人员分析了其跨膜结构, 并进行原核表达和纯化。研究表明, 不同蛋白的表达形式和纯化条件存在差异, 其中 *TaAMT1.2* 成功制备了抗体。这一研究为深入了解小麦无机氮转运蛋白的功能提供了重要基础, 有助于揭示小麦的氮素利用机制, 对小麦育种和农业生产具有重要意义。

提高水稻氮肥的利用效率是增加产量的有效途径, 而维持碳氮平衡是促进水稻正常生长发育的关键。在本期学报中, 胡圣磊等^[19]以野生型 TB309 为背景材料, 构建了蔗糖转运蛋白

OsSTP1 的过表达转基因株系 *OsSTP1-OE1*、*OsSTP1-OE2*, 以及突变体转基因株系 *osstp1-1*、*osstp1-2*。研究结果显示, *OsSTP1* 过表达能增强水稻在低氮条件下的生长能力, 包括增加生物量、根长和株高。这可能是由于 *OsSTP1* 促进了叶片光合作用产生的可溶性糖向根系的转运, 从而为根系生长提供更多能量, 进一步增加了氮素的吸收。相比之下, *osstp1* 突变体材料的表现较差。该研究明确了 *OsSTP1* 在水稻氮素利用中的重要作用, 为提高水稻氮素利用率和减少氮肥施用提供了理论依据和实践指导。

WRKY 转录因子基因家族是植物特有的转录因子, 在植物的防御过程中扮演着重要的角色。在拟南芥的研究中发现, WRKY 转录因子通过参与丝裂原活化蛋白激酶(mitogen activated-protein kinase, MAPK)级联途径下游, 激活防御相关基因的表达, 从而参与防御反应。然而, 对于大豆 WRKY 基因家族在防御中的作用, 目前研究还相对较少。在本期学报中, 钟晨丽等^[20] 聚焦于大豆 *GmWRKY33A* 基因, 通过病毒介导的基因沉默技术成功沉默了该基因, 发现 *GmWRKY33A* 不参与大豆生长发育调控, 但在大豆免疫反应中扮演着关键的角色。研究明确了 *GmWRKY33A* 基因与大豆对多种病菌的抗性之间的关系, 以及与 *GmMPK3/6* 激酶活性的调控关系。这项研究为深入理解大豆抗病机制提供了新视角, 有助于开发提高大豆抗病性的新策略, 对大豆抗病育种具有重要指导意义。

牦牛是一种生活在低氧高寒地区的大型反刍动物, 繁殖率较低, 因此研究牦牛繁殖调控机制具有重要意义。*Uhrfl* 是一种有多结构域和功能的表观遗传因子, 在 DNA 甲基化、细胞代谢及细胞增殖等方面发挥着关键作用。然而, 在母牦牛主要生殖器官中, 关于 *Uhrfl* 表达的研究尚未见报道。在本期学报中, 杨小耿等^[21]

通过实验研究发现, *Uhrfl* 在牦牛卵巢、输卵管和子宫中均有表达且差异显著, 在不同繁殖期, 相同生殖器官中的定位差异不明显, *Uhrfl* 主要定位于特定细胞中。这表明 *Uhrfl* 可能参与了牦牛卵母细胞的运输以及胚胎的生长发育等过程。这项研究为进一步探究其在牦牛生殖过程中的作用及机制提供了参考。

昆虫的 Toll 和免疫缺陷(immune deficiency, IMD)信号通路通过核转录因子 NF- κ B (nuclear factor-kappa B, NF- κ B)调节抗菌肽等免疫相关基因的表达, 从而抵御病原体入侵。家蚕 NF- κ B 转录因子 Rels 和 Relish 对抗菌肽等免疫相关基因表达调控的差异尚不明确。在本期学报中, 徐佳卉等^[22]对家蚕 NF- κ B 转录因子进行了系统进化分析, 并构建了细胞过表达载体, 探究其对不同细胞系中免疫相关基因表达的调控。结果发现, 家蚕 Rels 和 Relish1 在调控抗菌肽基因及其他免疫相关基因表达中发挥重要作用, 且调控模式较为复杂。该研究为进一步解析昆虫免疫相关基因的表达调控机制提供了依据。

微生物应用与环境治理

极端环境微生物由于其独特的生理特性, 具有形成独特代谢途径的能力, 因此具有产生高度化学多样性和显著新颖生物活性次级代谢物的巨大潜力。本期学报中, 赵肖肖等^[23]对近年来极端环境微生物分离策略及其产生的抗菌、抗肿瘤、抗氧化等活性物质的研究进展进行了综述, 为极端微生物资源的开发利用及其相关研究提供了参考。

水环境中的重金属污染对生态和人类健康构成威胁, 传统的物理化学方法在去除重金属存在一定的局限性, 而生物修复法更具优势。在本期学报中, 王梁燕等^[24]综述了重金属污染的毒性和作用机制、微生物修复机理以及主要

的微生物修复策略,为去除或减少水域环境金属污染物,以及相关工艺开发提供了参考。

微生物电化学技术(microbial electrochemical technology, MET)是一种新兴的跨学科技术,具有在环境保护、节能减碳、新能源等战略性新兴产业中的重要应用价值。微生物电化学呼吸管(microbial electrochemical snorkels, MES)是众多 MET 中结构最为简单的一种,且具有成本低、应用方式灵活的优势。在本期学报中,连英丽等^[25]综述了 MES 技术的微生物电化学原理、结构、环境保护功能及其实际应用案例,并对该技术发展面临的挑战和未来研究方向进行了总结和展望,为 MES 技术及相关 MET 的研究提供了参考。

硝酸盐(NO_3^- -N)污染已成为世界性污染问题,过量的 NO_3^- -N 一方面会导致水体富营养化,另一方面也会污染地下水,再通过自来水或蔬菜富集最终进入人体引起一系列的疾病,另外 NO_3^- -N 还会转化为致癌物亚硝酸胺的前体亚硝酸盐(NO_2^- -N)。在本期学报中,赵洪等^[26]聚焦纳米零价铁协同反硝化细菌去除硝酸盐的研究,综述了相关影响因素、最新进展及互作机理,探讨了面临的挑战与未来研究方向,为开发更高效治理 NO_3^- -N 污染的方法提供了理论依据和参考。

工业发展导致镉污染问题日益严重,迫切需要采取有效治理措施。传统物理化学方法修复成本高且易造成二次污染,而生物修复中微生物作为生物吸附剂存在局限性。在本期学报中,廖谭聪等^[27]聚焦莱茵衣藻在治理镉污染中的应用,通过 golden gate 技术构建载体,在衣藻细胞壁表达镉结合蛋白 CADR,成功获得工程藻株。实验证明,这种工程藻株对镉的耐受性和吸附能力显著提高,为治理环境中镉污染提供了新的途径。此外,文章还对未来研究方

向提出了建议,例如更换重金属结合蛋白、探索更高效锚定蛋白等,有助于进一步揭示重金属响应机制。

聚对苯二甲酸乙二醇酯(polyethylene terephthalate, PET)是全球产量最大的聚酯之一,但由于其废弃量大且难降解,对环境造成了污染。目前,酶解法成为处理 PET 的研究热点。在本期学报中,姚佳鑫等^[28]通过引入碳水化合物结合模块(carbohydrate binding module, CBM),成功增强降解酶 LCC-ICC 的 PET 降解效率。该研究选取了来自不同家族 3 类 CBM,与 LCC-ICCG 融合表达并探究其酶活性和降解能力的变化。实验结果表明,引入 A、C 两型 CBM 可有效提高酶对膜 PET 的降解率和热稳定性,其中融合酶 LCC-ICCG-CBM9-2 表现尤为突出。这为解决塑料污染提供了新的途径和思路,具有重要的环保意义。

1,4-二噁烷(1,4-dioxane)是一种潜在致癌物质,对水环境和人类健康构成严重威胁。在本期学报中,张玥等^[29]从受污染的地下水中分离出一株高效降解菌株 DXTK-010,并对其进行了详细的研究。该菌株具有较强的环境适应能力和优越的降解性能,其降解能力优于已报道的多数降解菌。通过全基因组测序和功能基因分析,揭示了其降解 1,4-二噁烷的关键基因和代谢途径。这一研究成果为解决 1,4-二噁烷污染问题提供了新的途径和希望,具有重要的环保意义和应用价值。

稀土开采产生的高氨氮尾水引发严重环境污染,并且传统处理方法成本高。然而,微藻能利用尾水中的氮源和 CO_2 ,将其转化为高附加值的生物质,同时实现尾水净化和 CO_2 固定。在本期学报中,郭旭等^[30]采用 50 L 柱式光生物反应器(airlift photobioreactors, AL-PBRs)和 5 m³ 跑道池光生物反应器(open race-way photobioreactors,

ORWPs)两种中试反应器,评估衣藻 YC 户外处理稀土氨氮尾水的性能。研究结果显示,衣藻 YC 在 AL-PBRs 中的处理效果更加优越。此外,衣藻 YC 藻粉富含蛋白质和必需脂肪酸,具有成为优质饲料的潜力。该研究为稀土氨氮尾水的处理提供了一种绿色低碳的解决方案,有助于实现碳中和目标并解决饲料蛋白短缺问题。

农业生态保护与可持续发展

稻蛙共养是一种创新的生态种养模式,通过将水稻和蛙养殖在同一稻田环境中,既能提高资源利用率、增加产量和效益,同时蛙的捕食和排泄等活动还能为水稻防止病虫害和改善土壤肥力。然而,该模式下耐药菌和耐药基因的分布与传播尚不清楚,因此其耐药性的安全性还需要进一步研究。在本期学报中,张亚茹等^[31]对浙江省 4 个稻蛙共养环境中大肠杆菌的耐药情况进行分析。研究结果发现,这些大肠杆菌对多种抗生素表现出耐药性,其中富阳地区的耐药情况较为严重。此外,耐药基因具有水平转移的能力,但整合子不能转移全部耐药基因。该研究展现了稻蛙共养环境中的耐药性现状,对保障食品安全具有重要意义。

三氯生(triclosan, TCS)和三氯卡班(triclocarban, TCC)作为广谱杀菌剂被广泛使用,同时其二次污染带来的健康风险也备受关注。这两种化合物具有相似的结构和强亲脂性,在环境中广泛检出,对生态系统和人体健康构成威胁。然而,它们在免疫毒性方面的研究较少,其作用机制的差异尚不明确。在本期学报中,程颖等^[32]以斑马鱼为模型,深入研究了 TCS 和 TCC 对斑马鱼免疫毒性的影响。研究结果表明,这两种化合物都会导致斑马鱼胚胎发育异常,并对免疫细胞分化和炎症因子表达有不同影响。研究通过对作用靶标分子和信号通路分析,揭示

了这两种化合物致毒机制的差异。该研究为识别、预警和管理二者的健康风险提供了理论参考,对污染性疾病的认知和防治具有重要意义。

紫杉醇是一种有效的抗癌药物,其提取主要依赖于曼地亚红豆杉这一重要植物资源。在本期学报中,杨淑慎等^[33]通过对曼地亚红豆杉愈伤组织诱导、继代培养和褐化抑制的研究,发现了最适合的培养基配方、继代时间和抗褐化剂。这一研究成果对于解决紫杉醇药源紧缺问题具有重要意义,为进一步扩大红豆杉资源和实现紫杉醇的工业化生产提供了理论支持和实践指导。

REFERENCES

- [1] 徐江民,刘之陶,蒋丹莹,徐雨青,陈欣雨,饶玉春. 植物黄嘌呤脱氢酶参与代谢途径及其功能研究进展[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3321-3336.
XU JM, LIU ZT, JIANG DY, XU YQ, CHEN XY, RAO YC. Research advances on the metabolic pathways and functions mediated by plant xanthine dehydrogenase[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3321-3336 (in Chinese).
- [2] 李敏,伍国强,魏明,刘晨. 植物 CDPK 在响应逆境胁迫中的作用及机制[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3337-3359.
LI M, WU GQ, WEI M, LIU C. Functions and mechanisms of CDPKs in plant responses to abiotic stress[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3337-3359 (in Chinese).
- [3] 林嘉浩,殷凯楠,韩欣欣,张心齐,尹良鸿,吴酬飞,丁娜娜,林海萍. 基于比较代谢组学解析藤仓赤霉菌 CGMCC 17793 高产 GA₄ 机制[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3548-3560.
LIN JH, YIN KN, HAN XX, ZHANG XQ, YIN LH, WU CF, DING NN, LIN HP. Comparative metabolomics reveals the mechanism for the high GA₄ production in *Gibberella fujikuroi* CGMCC 17793[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3548-3560 (in Chinese).
- [4] 张立莎,吴杨,王璠,叶思诚,张艳. 油茶炭疽病抗病机制及抗性育种研究进展[J]. 生物工程学报, 2024,

- 40(10): 3360-3374.
ZHANG LS, WU Y, WANG F, YE SC, ZHANG Y. Progress in the resistance mechanism and breeding of *Camellia oleifera* with resistance to anthracnose[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3360-3374 (in Chinese).
- [5] 庞煜, 马达, 王波, 蔡燕雪, 王际辉, 肖珊. 高通量测序技术在植物内生菌领域研究中的应用[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3395-3406.
PANG Y, MA D, WANG B, CAI YX, WANG JH, XIAO S. Application of high-throughput sequencing in research on plant endophytes[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3395-3406 (in Chinese).
- [6] 林思怡, 郑银邦, 练梦洁, 金罗佳, 耿慧雅, 徐江玲, 纪志远, 郭威. Zur 参与大豆斑疹病菌在寄主上的致病性和在非寄主上的过敏性反应[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3603-3618.
LIN SY, ZHENG YB, LIAN MJ, JIN LJ, GENG HY, XU JL, JI ZY, GUO W. *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* Zur is involved in pathogenicity in host and hypersensitive responses in nonhosts[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3603-3618 (in Chinese).
- [7] 吕蕊花, 杨大群, 杜雨彤, 冯昭, 吕瑞华, 李依民, 张岗. 核盘菌热休克蛋白 *Hsp70* 基因的克隆及功能分析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3677-3688.
LÜ RH, YANG DQ, DU YT, FENG Z, LÜ RH, LI YM, ZHANG G. Cloning and functional analysis of heat shock protein *Hsp70* from *Sclerotinia sclerotiorum*[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3677-3688 (in Chinese).
- [8] 李魁印, 周光怡, 丁延庆, 徐建霞, 曹宁, 任明见, 张立异. 高粱重要性状分子基础研究进展与展望[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3375-3394.
LI KY, ZHOU GY, DING YQ, XU JX, CAO N, REN MJ, ZHANG LY. Progress and prospects in the molecular basic research on important traits in sorghum[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3375-3394 (in Chinese).
- [9] 李文浩, 朱晓彤, 罗会超, 彭令灵, 詹玥, 叶亚峰, 吴跃进, 陶亮之, 马伯军, 陈析丰, 刘斌美. 水稻黄叶少分蘖突变体 *yllt10* 的遗传与定位[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3471-3484.
LI WH, ZHU XT, LUO HC, PENG LL, ZHAN Y, YE YF, WU YJ, TAO LZ, MA BJ, CHEN XF, LIU BM. Heredity and fine mapping of a yellow leaf and less tillering mutant *yllt10* in rice[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3471-3484 (in Chinese).
- [10] 唐璐瑶, 连锦瑾, 赵蓓蓓, 沈芷琦, 朱哲楠, 叶语涵, 张芷宁, 路梅, 王跃星, 饶玉春. 水稻籽粒 VB6 含量的调控位点挖掘及分析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3485-3499.
TANG LY, LIAN JJ, ZHAO BB, SHEN ZQ, ZHU ZN, YE YH, ZHANG ZN, LU M, WANG YX, RAO YC. Mining and analysis of regulatory loci for VB6 content in rice grains[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3485-3499 (in Chinese).
- [11] 王梓煦, 曾郅涵, 秦孝天, 李子航, 童宇航, 刘克林, 李庆卫. 基于 SSR 分子标记的沙枣遗传多样性分析和指纹图谱构建[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3530-3547.
WANG ZX, ZENG ZH, QIN XT, LI ZH, TONG YH, LIU KL, LI QW. Genetic diversity and fingerprinting of *Elaeagnus angustifolia* based on SSR molecular markers[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3530-3547 (in Chinese).
- [12] 林少青, 周琳薇, 冯丽卿, 钟彩荣, 曾瑜, 廖毓森, 方静平. 福州双瓣茉莉萜烯类合成酶基因家族鉴定及其响应茉莉酸甲酯的表达分析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3561-3587.
LIN SQ, ZHOU LW, FENG LQ, ZHONG CR, ZENG Y, LIAO YS, FANG JP. Terpene synthase gene family in *Jasminum sambac* var. *Fuzhou bifoliatum*: genome-wide analysis and expression pattern in response to methyl jasmonate[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3561-3587 (in Chinese).
- [13] 马晓云, 冯梦楠, 王强, 李钰, 曹冬梅. 植物激素信号通路参与调控黄花菜花蕾大小的作用机制[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3629-3648.
MA XY, FENG MN, WANG Q, LI Y, CAO DM. Plant hormone signaling is involved in regulating flower bud size of daylily[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3629-3648 (in Chinese).
- [14] 滕君洋, 冯玉树, 李勤凡, 王妍. 节杆菌 HW08 降解苦马豆素关键基因在乳酸乳球菌中的表达及降解功能分析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3666-3676.
TENG JY, FENG YS, LI QF, WANG Y. Expression and degradation function analysis of the key genes from *Arthrobacter nitroquajacolicus* HW08 in *Lactococcus lactis* for the degradation of swainsonine[J]. Chinese

- Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3666-3676 (in Chinese).
- [15] 戚旺, 王俊杰, 轩强兵, 毕一凡, 朱明兰, 张艳娇, 姚莎莎, 王晶晶, 张禹舜, 梁卫红. 水稻 Rho GDP 解离抑制因子 *OsRhoGDII* 基因的特征分析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3515-3529.
QI W, WANG JJ, XUAN QB, BI YF, ZHU ML, ZHANG YJ, YAO SS, WANG JJ, ZHANG YS, LIANG WH. Characterization of a Rho GDP dissociation inhibitor gene *OsRhoGDII* from rice[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3515-3529 (in Chinese).
- [16] 陈媛, 范寒雨, 刘雨杭, 梁康迳, 林文雄, 贾琪. 野生大豆肌醇磷酸水解酶 Gs5PTase8 的原核表达纯化及活性鉴定[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3588-3602.
CHEN Y, FAN HY, LIU YH, LIANG KJ, LIN WX, JIA Q. Prokaryotic expression, purification, and activity of the inositol polyphosphate 5-phosphatase Gs5PTase8 from wild soybean[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3588-3602 (in Chinese).
- [17] 韩洋, 韩冰, 邢燕平, 杨燕. 小麦 *TaABI5-D3* 基因原核表达及多克隆抗体制备[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3619-3628.
HAN Y, HAN B, XING YP, YANG Y. Prokaryotic expression of wheat *TaABI5-D3* gene and polyclonal antibody preparation[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3619-3628 (in Chinese).
- [18] 韦一昊, 王君君, 能芙蓉, 王露露, 焦浩, 肖福星, 王小纯. 小麦无机氮转运蛋白原核表达与纯化特点[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3795-3809.
WEI YH, WANG JJ, NENG FR, WANG LL, JIAO H, XIAO FX, WANG XC. Prokaryotic expression and purification of inorganic nitrogen transporters in wheat[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3795-3809 (in Chinese).
- [19] 胡圣磊, 刘冬, 郭宝, 李虹烨, 朱启东, 张振华. *OsSTP1* 介导蔗糖分配调控水稻氮响应[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3500-3514.
HU SL, LIU D, GUO B, LI HY, ZHU QD, ZHANG ZH. *OsSTP1* mediates sucrose allocation to regulate rice responses to different nitrogen supply levels[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3500-3514 (in Chinese).
- [20] 钟晨丽, 兰胡娇, 王文絮, 赵雅婷, 马小涵, 刘建中. *GmWRKY33A* 正向调控大豆抗病性[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3810-3822.
ZHONG CL, LAN HJ, WANG WX, ZHAO YT, MA XH, LIU JZ. *GmWRKY33A* positively regulates disease resistance in soybean (*Glycine max*)[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3810-3822 (in Chinese).
- [21] 杨小耿, 陈平, 汪丸淑, 贾鸿羽, 李钰浚, 张慧珠, 兰道亮, 李健, 何翊因. 不同繁殖期牦牛主要生殖器官中 *Uhrf1* 的表达与定位分析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3833-3843.
YANG XG, CHEN P, WANG WS, JIA HY, LI YJ, ZHANG HZ, LAN DL, LI J, HE HH. Expression and localization of *Uhrf1* in the major reproductive organs of yaks during different reproductive cycles[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3833-3843 (in Chinese).
- [22] 徐佳卉, 刘华伟, 孙小桐, 唐章晨, 黄敏, 赵萍. 家蚕核转录因子 NF- κ B 对不同细胞系中免疫相关基因表达的调控分析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3649-3665.
XU JH, LIU HW, SUN XT, TANG ZC, HUANG M, ZHAO P. NF- κ B transcription factors regulate the expression of immunity-related genes in different cell lines of silkworm (*Bombyx mori*)[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3649-3665 (in Chinese).
- [23] 赵肖肖, 白世博, 吕磊, 张新国. 极端环境微生物分离策略及其活性物质研究进展[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3407-3426.
ZHAO XX, BAI SB, LYU L, ZHANG XG. Research progress in isolation strategies and bioactive substances of microorganisms in extreme environments[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3407-3426 (in Chinese).
- [24] 王梁燕, 戴商, 金妙仁, 洪奇华. 重金属污染水环境的微生物修复技术[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3427-3440.
WANG LY, DAI S, JIN MiR, HONG QH. Microbial remediation of heavy metal-polluted water[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3427-3440 (in Chinese).
- [25] 连英丽, 余勇江, 陈胜锋, 李建军, 曹渭, UGO Marzocchi, 杨永刚. 微生物电化学呼吸管的原理、结构及其在污染环境治理中的应用[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3460-3470.

- LIAN YL, YU YJ, CHEN SF, LI JJ, CAO W, MARZOCCHI Ugo, YANG YG. Microbial electrochemical snorkels: principle, structure, and applications in environmental amelioration[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3460-3470 (in Chinese).
- [26] 赵洪, 何腾霞, 郑春霞, 王侧容, 刘欢, 田亚菲, 刘建蕊. 纳米零价铁协同反硝化细菌去除硝酸盐的研究进展[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3441-3459.
- ZHAO H, HE TX, ZHENG CX, WANG CR, LIU H, TIAN YF, LIU JR. Research progress of nanoscale zero-valent iron in synergistic combinations of denitrifying bacteria for nitrate removal[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3441-3459 (in Chinese).
- [27] 廖谭聪, 叶莲, 林轶文, 龙欢, 张宝龙, 黄开耀. 镉结合蛋白 CADR 在莱茵衣藻细胞表面的展示及应用[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3689-3704.
- LIAO TC, YE L, LIN YW, LONG H, ZHANG BL, HUANG KY. Surface display and application of cadmium-binding protein CADR on the cell wall of *Chlamydomonas reinhardtii*[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3689-3704 (in Chinese).
- [28] 姚佳鑫, 江雅儒, 郝梦瑶, 梁梦想, 顾正华, 张梁, 郭忠鹏. 通过碳水化合物结合模块增强 LCC-ICCG 的 PET 降解效率[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3705-3721.
- YAO JX, JIANG YR, HAO MY, LIANG MX, GU ZH, ZHANG L, GUO ZP. Enhancing PET degradation efficiency through fusing carbohydrate-binding modules in LCC-ICCG[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3705-3721 (in Chinese).
- [29] 张玥, 赵联芳, 田坤, 江煜, 马瑞, 刘云. 一株 1,4-二噁烷降解菌的分离及其降解性能解析[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3722-3749.
- ZHANG Y, ZHAO LF, TIAN K, JIANG Y, MA R, LIU Y. Isolation and degradation characterization of a 1,4-dioxane-degrading bacterial strain[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3722-3749 (in Chinese).
- [30] 郭旭, 周有彩, 何勇锦, 陈必链, 王明兹. 衣藻中试修复稀土氨氮废水[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3781-3794.
- GUO X, ZHOU YC, HE YJ, CHEN BL, WANG MZ. Pilot-scale bioremediation of rare earths wastewater by *Chlamydomonas* sp. YC[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3781-3794 (in Chinese).
- [31] 张亚茹, 董琪琪, 苟娜娜, 钱敏, 郭博海, 何继玮, 李宇行, 韩剑众, 曲道峰. 稻蛙共养系统中大肠杆菌耐药性及其传播风险[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3750-3764.
- ZHANG YR, DONG QQ, QING NN, QIAN M, GUO BH, HE JW, LI YX, HAN JZ, QU DF. Evaluation of antibiotics resistance and transmission risk of *Escherichia coli* in rice-frog coculture system[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3750-3764 (in Chinese).
- [32] 程颖, 詹海锋, 倪安煜, 刘兴成, 闫瑾, 王慧利. 三氯生和三氯卡班对斑马鱼幼鱼的免疫毒性比较[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3765-3780.
- CHENG Y, ZHAN HF, NI AY, LIU XC, YAN J, WANG HL. Comparison of triclosan and triclocarban in triggering immunotoxicity in larval zebrafish[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3765-3780 (in Chinese).
- [33] 杨淑慎, 李守真, 张江波, 李军超. 抗癌植物曼地亚红豆杉离体诱导培养及褐化抑制[J]. 生物工程学报, 2024, 40(10): 3823-3832.
- YANG SS, LI SZ, ZHANG JB, LI JC. Callus induction, subculture, and browning inhibition of the anticancer plant *Taxus media*[J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2024, 40(10): 3823-3832 (in Chinese).

(本文责编 郝丽芳)