

水产健康养殖中病害防控研究进展

赵玲敏^{1,2}, 左妍斐^{1,2}, 黄力行^{1,2*}

(1. 集美大学水产学院, 福建厦门 361021; 2. 农业部东海海水健康养殖重点实验室, 福建厦门 301021)

摘要 水产健康养殖理论近年来被提出、认可、发展、完善和推广。水产健康养殖中, 健康管理和病害控制技术是病害综合防治的关键技术。对国内外如何从采取合理的水质管理和调控技术来进行健康管理和如何采用病害的生态防治、药物防治和免疫防治进行病害的控制做一综述, 为水产动物病害的综合防治提供思路。

关键词 水产健康养殖; 健康管理; 病害控制技术; 生态防治; 药物防治; 免疫防治

中图分类号 S942 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)28-0018-04

Research Progress on Control of Disease in Aquaculture

ZHAO Ling-min^{1,2}, ZUO Yan-fei^{1,2}, HUANG Li-xing^{1,2} (1. Fisheries College, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021; 2. Key Laboratory of Healthy Mariculture for the East China Sea, Ministry of Agriculture, Xiamen, Fujian 301021)

Abstract In recent years, aquaculture theory has been put forward, recognized, developed, perfected and popularized. Aquatic health management and disease control technology are the key technologies for comprehensive prevention and control of disease. How to adopt reasonable water quality management and control technology for health management and how to use ecological prevention and control of disease, drug control and immunization against disease control was introduced in this paper, which provided a way in the research of aquatic disease.

Key words Healthy cultivation of aquaculture; Health management; Technology of disease control; Ecological prevention; Medication prevention; Immunological prevention

在过去的30年里, 水产疾病发病的速度增快和出现一些未知的疾病对水产养殖业造成危害。为了防止这些传染病的传播, 并尽量减少它们对渔业保护计划的影响, 制定控制策略成为当务之急。1972年, 水产品健康养殖与生态养殖的观点在联合国有关会议上提出, 是水产健康养殖理念的产生的最初起源。20世纪80年代的日本, 由于饲养环境的恶化和水产养殖疾病频发, 水产养殖行业开始重视和加强健康养殖问题, 尤其是水产养殖杂质处理方法, 水产养殖容量及其对环境的影响。90年代早期, “主要的水产养殖方式对环境的影响”的研究议题被亚太水产养殖网组织(NACA)提出, 促进了亚太地区水产健康养殖理论的推广。中国是在90年代中期由于对虾病毒性疾病和捕虾产业的发展受到了沉重的打击, 开始探索水产健康养殖理论。近年来, 水产健康养殖的概念得到了充分的认可。由于水产养殖规模和容量扩张, 病害频发, 养殖水质恶化, 研究健康养殖技术, 并应用于实际生产, 来提高产品质量和保护水域环境成为大势所趋^[1]。

全国科学技术名词审定委员会审定公布的水产健康养殖的概念: 从选择亲本、育苗, 水质管理、饲料营养等方面均提出规范的操作以防水产养殖动物疾病的暴发。具体就是在水产品种的选育上要选育优质品种, 对苗种进行疫病的检疫, 对资源进行循环利用, 对病害进行综合防治, 最大限度地降低对环境的污染达到可持续性发展^[2]。

水产养殖许多疾病的暴发与养殖的条件密切相关, 如水质差, 过度拥挤或营养不足。鱼类疾病的暴发通常是复杂

的, 涉及到传染性和非传染性的过程。传染病是由寄生虫、细菌、病毒或真菌引起, 这些通常需要某种类型的药物来帮助鱼恢复。非传染性疾病大致分为环境、营养或遗传, 这些问题经常通过加强管理实践来纠正。因此, 在水产健康养殖方面, 健康管理和病害控制是综合防治疾病的关键。

1 健康管理

水产养殖健康管理是预防鱼类疾病的实践管理。一旦水产动物发病, 治疗用药的难度很大。水产动物经常处于在机会性病原体的水体中, 像细菌、真菌和寄生虫, 这些都是水体中经常存在。当水质恶化, 营养不良, 或免疫系统的抑制, 使这些机会性的病原体引起疾病。健康管理始于预防疾病而不是治疗。通过良好的水质管理、营养和卫生设施来预防疾病。没有这个基础, 就不可能预防机会性疾病的暴发。

目前, 国内外对健康管理的研究主要集中在环境影响评价和水产养殖体系中水质控制技术方面。

20世纪80~90年代, 我国的大型综合水产养殖场对环境不够友好, 因为它们大多完全依赖于大规模的养殖, 在废弃物处理上不够完善, 导致水体中有机物含量增多, 造成水体的富营养化。在过去30年中, 池塘养殖的迅速扩增已经在我国导致水质的退化。自2006年以来, 中国农业部启动了一项全国性的行动, 促进水产养殖业健康发展的行动计划, 提高效率 and 减少不良环境影响的池塘养殖通过改进土地利用和池塘的水再循环减少废水污染^[3]。越南在湄公河三角洲发展养殖巴丁鱼(*Pangasianodon hypophthalmus*)是对水质影响较小的一个成功的例子, 据报道, 巴丁鱼的生产 and 加工过程中所产生的垃圾排放量不到总悬浮固体和氮和磷负荷的1%, 对主要河流的环境几乎没有任何负面影响^[4]。

在水产养殖中, 环境影响是最重要的。环境问题包括低溶解氧、高氨、高亚硝酸盐或天然或人为毒素在水生环境中。适当的水质管理技术将使生产者能够预防大多数环境疾病。

基金项目 集美大学第九批教育教学改革项目(JY17031)。

作者简介 赵玲敏(1976—), 女, 湖北襄阳人, 讲师, 从事水产病害研究。*通讯作者, 副教授, 从事水产病原微生物致病分子机理研究。

收稿日期 2018-06-07; **修回日期** 2018-06-26

用循环水产养殖系统(RAS)对水处理,去除有毒鱼类的代谢废物和水系统中重用循环使用,已经引起了越来越多的科学家的兴趣,自20世纪70年代中期以来,最著名的系统已经在维尔京群岛大学(UVI)进行试点。基于UVI设计的系统已经在许多国家的温带和热带地区建造并表现良好。循环水(Aquaponic)系统具有较高的资本和运营成本,高的能源投入,每单位生产的温室气体排放量高于池塘和网箱养殖。通过在水产养殖系统生产水培蔬菜可以有效地、更经济地生产鱼类和蔬菜,降低成本^[5]。

近年来,我国水产养殖业也开始倡导健康养殖管理的实施,并开发了相应的技术和措施。例如,在水产养殖体系内的质量控制和疾病控制等方面,中国水产科学研究院淡水渔业研究中心已研究形成一套较为成熟的理论和技术。在不同养殖方式对水域生态的影响及研究如何进行可持续发展,我国也一直在进行深入的调查和考证。但总的来说,我国的养殖健康管理理念还相对落后,表现在严重的水体自身污染和病害疾病频发。在育种生物学,生态学理论研究基础薄弱,对生产环境的治理手段落后,一味追求高的产量。因此,推广和普及健康养殖理念的形势十分紧迫。

2 病害控制

水产健康养殖中,病害控制技术主要包括病害的生态防治、药物防治和免疫防治。

2.1 生态防治 关于病害的生态防治,许多由病原微生物引起的水产养殖疾病,不仅与引起疾病的微生物的存在有关,而且和养殖的水生生物和微生物的相互作用和影响密切相关。换句话说,微生物群落的组成直接决定了病原体是否会最终导致疾病。

通过对水体物理和化学因素的分析和对微生物群落关系组成的探求,发现可以通过维持水体的生态平衡来消除某些疾病发生。在这方面国内外都进行了初步研究,取得了重大进展。在微生物生态养殖系统方面,澳大利亚著名微生物学家莫里亚蒂博士有着深入的研究,认为预防和控制水产养殖疾病的发生可以采用微生物生态调控技术,而且对于水产养殖的可持续发展意义重大^[6]。在我国对养殖水体生态系统研究也在进行,发现养殖水体底质的变化是一个逐渐进展的过程,和其中的物理化学因素及底栖生物种群有着密切的关系,它们之间的相互关系会影响水质的改变,这种变化可为水产疾病的预测提供依据。尝试采用农业土壤改良技术,修复在水产养殖过程中微生物种群的多样性的丧失,培育水体中有利于生态的藻类的生长,使整体养殖生态处于可持续发展的状态。目前改良环境的方法有采用生物技术和物理化学技术。生物技术改良环境的关键点是微生态技术,主要是在养殖环境中添加能够降解养殖中废物的微生物。这类微生物可以分泌高活性的消化酶,常见的可以调节水质的细菌有光合细菌、芽胞杆菌、放线菌、蛭弧菌、硝化和反硝化细菌等^[7]。对这类微生物的菌株的筛选及改良的市场也非常巨大,产品的类型和剂型也不断进行升级。在养殖水体中培育水生植物也是常用的净化水体的生物方法。养殖水体物

理改良的方法有曝气、沉淀、过滤、吸附、泡沫分离和磁分离及臭氧和紫外线杀菌消毒等方法。化学改良的方法主要是用氧化剂、还原剂、絮凝剂、消毒剂等化学试剂和水体中污染物产生反应或形成悬浮颗粒达到去除的目的。但目前针对养殖水体底基质的修复改良的方法措施还比较少,一般是用石灰消毒和清塘的方法。

2.2 药物防治 药物防治必须要对疾病的病因和致病病原进行深入研究,疾病的早期快速诊断也为疾病的防治提供可能。国内外也一直致力于研究水产疾病的快速检测技术。

水产疾病的快速检测技术常用的有DNA、PCR、ELISA、IFA、T等技术。目前我国研制出草鱼呼肠病毒、锦鲤疱疹病毒、嗜水气单胞菌、爱德华菌、嗜水气单胞菌等快速检测技术和试剂盒,但由于商品化程度不高,易用性差,种类单一,技术水平还有待提高等原因使其没有被广泛使用^[8]。

目前我国对一些常见暴发性水产疾病的研究还不够深入,对引起疾病的原因、致病机理、病理过程、流行机制等都不了解,更谈不上如何预防及治疗,都只是根据症状进行命名。因此,在我国大多数水产疾病的诊断没有对致病的病原进行检测,而是根据症状和经验进行判断,容易诊断错误且出现药物过度使用。在这一点上,近期国际上出现了将“循证医学”应用于水产健康养殖的呼声,且日益高涨^[9]。循证医学,缩写为EBM,是英语Evidence-based medicine的简称,意为基于遵守事实依据上的医学。循证医学与传统医学不同在于不是根据传统的经验,而是根据大样本的随机对照临床试验基础上,对病人作出治疗,制定各项医疗政策、指南。在人类临床医学等应用上,循证医学是准确的诊断疾病,正确的使用药物进行预防及治疗,科学的制定各项决策是进行卫生管理的基石。将循证医学应用于水产健康养殖是有其合理性和必要性的。首先,水产养殖涉及的物种繁多,光是鱼类就超过27 000种^[10],而物种间的差异往往是非常明显的。因此,搜集针对不同物种不同病害的科学研究证据是十分必要的。其次,用于水产动物的疾病传统诊断的技术主要包括:血液检测技术、成像技术、微生物分离培养技术以及组织学分析技术。然而,最近的研究指出,在2006—2012年发表的66篇关于硬骨鱼疾病诊断测试的SCI论文中,仅有11篇文章中所采用的方法是符合检测标准的^[11]。血液检测技术对鱼类来说可能是不够灵敏和特异的,因为环境因素和营养水平都可以对检测结果产生干扰^[12],所以,进一步研究确证血液检测结果与鱼类疾病症状之间的相关性是非常重要的,切忌直接将哺乳动物的实验证据套用在鱼类身上^[13]。传统的微生物分离培养技术在容易受到培养条件(温度、盐度、培养基种类)影响的同时,对分离得到的菌落进行精确鉴定一直是一个难题,幸而近年来得益于基质辅助激光解吸电离飞行时间质谱技术的发展,越来越多的水产病原被成功鉴定,利用该技术进一步丰富水产病原数据库将是未来发展的一大趋势^[14]。组织学分析技术是水产疾病诊断的常用技术手段,但是由于现有的商业化抗体往往是针对哺乳动物的,免疫组化分析在鱼类上的应用一直受到限制,所以验证现有

抗体在鱼类免疫组化中的适用性具有重要意义^[15]。总而言之,更严格的诊断测试技术和标准是我们迫切需要的,因此,在现有技术基础上,进一步完善检测技术,并搜集检测结果与水产病害相关性的科学研究证据等工作势在必行。而这些科学研究证据的搜集过程,正是循证医学的基础与前提。考虑到水产养殖过程中涉及到的物种、疾病、环境因素等的多样性,要达到循证医学的执行标准并应用于水产健康养殖,未来势必投入大量的人力物力致力于相关科学研究证据的搜集工作^[9]。

此外,在我国水产疾病药物,防治所使用的药物主要是来源于农药和兽用药的各种抗生素和化学药物,对水产动物的药理学和毒理学的研究缺乏,故药物使用的方式和剂量不科学,导致药物残留和污染环境^[16]。

因此,为了使药物防治正规化,进行渔药代谢动力学研究,药物的残留检测技术的研发势在必行。对药物在水生动物体内如何进行分布,代谢和排除,确定药物的用量和给药途径,并进一步研制开发新的药物。其次要加强药物在水生动物体内残留的检测,在水环境分布的检测,既能使检测快速有效又能降低检测的成本为广大养殖生产者所接受。

2.3 免疫防治 免疫防治目前是水产动物疾病防治的热点,因其疗效可靠,对水域环境的污染破坏小,在病害的防控中具有重要的地位,主要包括疫苗,免疫调节剂,以及益生菌的使用。

2.3.1 疫苗。渔用疫苗接种已成为世界范围内公认的、经证实且具有成本效益的控制水产养殖某些传染病的方法。渔用疫苗可以显著减少特定疾病相关的损失,从而减少抗生素的使用。而且它们是天然的生物材料,不会在产品或环境中留下任何残留物,因此不会引起疾病机体的耐药菌株,最终可以使整体养殖成本的降低和进行可预测性的生产。在20世纪70年代的美国,基于福尔马林灭活的浸泡渔用疫苗已经被证明是对弧菌病有效,对鲑科鱼类弧菌病作用显著。这些疫苗的良好疗效立即导致使用抗生素的减少。然而,一种新的细菌性疾病鱼类皮肤疔疮病(*Aeromonas*沙门氏菌病)出现了,由于浸泡式疫苗对这种病原体无效,在20世纪90年代初开发了含有佐剂的注射疫苗。经过几年的不同疫苗佐剂和一系列不同抗原组合的测试后,很快就发现,一种油佐剂疫苗功效优秀,导致广泛使用含佐剂的疫苗,减少抗生素的使用,同时三倍增加鱼产量。1995年引入重组病毒疫苗对鲑鱼进行疫苗接种^[17]。

我国从1960年左右就开始进行渔用疫苗的研究,80年代研制的“草鱼出血病细胞灭活疫苗”是最早的鱼类疫苗。在此基础上,90年代研制出“草鱼出血病冻干细胞弱毒疫苗”是一种弱毒疫苗,免疫的效果大大提高,且安全可靠易于保存和运输。近年来又开发出针对草鱼肠炎、烂鳃、赤皮的多联疫苗。目前我国各大水产研究所致力于水产疫苗的市场化和产业化发展,将疫苗技术的研发和市场推广高度结合。对于疫苗研制流程也开始完善,从制备攻毒模型,然后选择疫苗的种类,并通过添加佐剂、免疫增强剂的措施增强

疫苗的效力,通过一系列免疫效果来评价疫苗的安全性和效力,再在此基础上进行临床试验来筛选有效疫苗。并通过分析不同实验感染攻毒模型,取样方式及部位,样本的采集及分析来建立疫苗安全评价的标准。

随着生物技术的不断进步,商业化的渔用疫苗在北欧、智利、挪威及美国几个地区广泛推广。目前,接种疫苗是大多数北欧和北美的鲑鱼养殖场的一个部分,他们抗生素的使用非常有限。20世纪90年代早期,大多数鱼类疫苗都是由当地小公司开发和商业化的。迄今为止,已有5家跨国动物保健公司收购或成立了合资公司,这些公司与专门从事水产养殖疫苗领域的较小公司合作。目前主要的鱼类疫苗生产商是 Intervet International(荷兰),Novartis Animal Health(瑞士),Schering-Plough Animal Health(USA),Pharma(挪威)和 Bayer Animal Health(Bayotek)/Microtek, Inc.(德国/加拿大)。目前,这些公司的主要商业市场是北欧、智利、加拿大和美国的鲑鱼和鳟鱼产业。在日本使用的疫苗主要是由日本公司开发和分发的。商业疫苗也可于美国的鳗鱼产业,规模较小,适用于欧洲的鲷科鱼类、石斑鱼和罗非鱼。在中国、俄罗斯、西班牙和德国等国也有一些小范围使用疫苗^[18]。

疫苗已成为国际上预防和控制水产疾病的主要措施,对于保证水产品的质量,防治滥用药物,减轻环境污染的意义重大。在我国,渔用疫苗研究与发达国家相比还有很大的差距。我国对于渔用疫苗的研究存在以下不足:首先对鱼类免疫的基础研究较为薄弱,免疫系统的免疫应答规律和保护机制等研究不够深入;其次很多重大疾病的病原菌尚未分离到,无法制备全菌灭活苗;一些已经分离到的病原菌因对其保护性抗原的研究不足,限制了基因工程苗或核酸疫苗等的发展。这些瓶颈成为影响我国渔用疫苗产业发展的重要因素。

2.3.2 免疫增强剂和免疫调节剂。在提高水产动物抗病力的研究中,使用免疫增强剂和免疫调节剂的效果也引起关注。水产动物大多是低等脊椎动物,其免疫防御机制中非特异性免疫占有重要地位。特别是对于重组抗原或灭活病原体的疫苗,通常不能单独提供保护。因此,通常需要使用免疫增强剂或免疫调节剂来提高疫苗的效力。传统的免疫增强剂如矿物油通常用于不同的商业疫苗中,然而,这种类型的免疫增强剂可能会产生严重的副作用。为了在不降低保护水平的前提下,探索研究靶向性免疫增强剂如 MontanideISA711 和 Montanide ISA763A 具有特定细胞反应的组合,特别是对于有前景的鱼抗病毒 DNA 疫苗^[19]。对大西洋鲑鱼一种沙门氏菌的免疫效果研究中发现,用硫酸铝钾作为免疫增强剂,可降低疫苗副作用及降低毒性^[20]。研究发现 IL-8 能够调节对 DNA 疫苗反应产生的早期细胞因子免疫应答,因此,可能是一种潜在的免疫增强剂^[21]。虹鳟中白介素-2(IL-2)也被研究认为可增加两个转录因子 STAT5 和 Blimp-1 的表达,认为可作为鱼类疫苗增强剂的用途^[22]。Poly(I:C)也认为是有效的免疫增强剂,可以对七带石斑鱼神经坏死病毒 NNV 感染的保护,且保护能持续 10 个月以上。

此外,即使在 VNN 发生后,Poly(I:C)免疫接种也可以降低鱼的死亡率,对 VNN 感染的鱼有一个较好的疗效^[23]。

目前国内也开始使用大黄蕙醌提取物,海藻硫酸多糖和壳聚糖,香菇多糖和黄芪多糖等作为免疫增强剂使用,也取得较好的免疫增效效果。

2.3.3 益生菌。随着对环境友好型水产养殖的需求,水产动物益生菌的研究日益增多。“益生菌”这个术语是帕克(1974)定义的,它是促进肠道微生物平衡的有机体和物质。富勒(1989)修订了微生物饲料添加剂的定义,通过改善肠道微生物平衡,对宿主动物进行有益的影响。随后,莫里亚蒂(1998)建议将益生菌的定义扩展到微生物水添加剂。通过在水中添加益生菌已被证明可以减少氮和磷的浓度,改善水质。在水或饮食中加入的益生菌也可能抑制致病微生物的生长,促进消化酶的生长,促进饲料的利用,提供其他促生长因子,刺激机体的免疫反应。被确认的益生菌可能影响鱼的免疫力、抗病性和其他性能指标,包括芽孢杆菌属和各种乳酸菌(乳酸菌、乳球菌、卡诺菌、小球菌、肠球菌和链球菌)。益生菌的作用模式包括竞争排斥,即益生菌通过抗生素或竞争对营养或空间的竞争,改变微生物代谢,或通过宿主免疫的刺激,积极抑制潜在病原体在消化道的定殖。益生菌可以促进食欲,通过生产维生素、排毒和消化不良的成分来改善营养。有越来越多的证据表明益生菌能有效地抑制多种鱼类病原体。在生产使用过程中,益生菌储存和处理的过程中必须保持活性,以获得有益的效果,但死细胞、冻干细胞或无细胞提取物或孢子的应用都有一定程度的成功^[24]。

在现代化绿色生态养殖生产中,益生菌作为抗生素的替代品,作为无药物残留、天然无污染的净水和防疾病的微生物制品,具有广阔的应用前景。当然,由于益生菌进入水产养殖的时间并不长,很多问题还在研究探讨中,因此,在将益生菌应用于水产养殖时还需谨慎^[25]。具体来说,目前益生菌进入水产养殖的问题可以归结为如下几个:首先,益生菌的筛选鉴定方面,目前技术层面还比较落后,效率也不够高;同时,益生菌应用于水产养殖中的一些机理还没有完全明朗,大部分益生菌的使用都是出于促进生长和净化水质的用途,一些更深入的使用目标和方法还有待研究发现;同时,益生菌在养殖环境内能否有效生存与繁殖,这个问题还不清楚;最后,如果将益生菌大量投入使用,可能会造成生态安全问题,尤其是可能会发生生态入侵问题,这个风险目前还没有找到有效的化解与应对策略。目前益生菌用于水产养殖,还处于研发与尝试阶段,这一技术的使用还并不成熟。因此,在未来的研究中,应当不断有新的技术手段产生,让益生菌可以更为稳定持续的应用到水产养殖中,促进养殖产量和质量共同提升。

3 展望

总体来说,全球水产病害防控技术的发展速度已经远远落后于水产养殖业的发展,这一点在我国尤为突出。尽管如此,仍然有一些新的技术值得期待,例如靶向噬菌体治疗^[26]和 RNA 干扰为基础的抗病毒治疗^[27]等技术,也正在被考虑

引入水产养殖。虽然这些技术有很大的前景,但它们具有潜在的风险,例如致病基因转移、噬菌体抗性的发生,甚至涉及到基因操纵的问题^[28]。

参考文献

- [1] 邢旭文.中国水产健康养殖技术研究的现状及发展趋势[J].中国农学通报,2004,20(3):249-251,276.
- [2] 魏宝振.水产健康养殖的内涵及发展现状[J].中国水产,2012(7):5-7.
- [3] LI X P, LI J R, WANG Y B, et al. Aquaculture industry in China: Current state, challenges, and outlook [J]. Reviews in fisheries science, 2011, 19(3):187-200.
- [4] AHN P T, KROEZE C, BUSH S R, et al. Water pollution by Pangasius production in the Mekong Delta, Vietnam: Causes and options for control [J]. Aquaculture research, 2010, 42(1):108-128.
- [5] RAKOCY J E, MASSER M P, LOSORDO T M. Aquaponics: Integrating fish and plant culture [J]. North eastern regional center publication, 2006, 11: 767-822.
- [6] DECAMP O, MORIARTY D J W, LAVENS P. Probiotics for shrimp larviculture: Review of field data from Asia and Latin America [J]. Aquaculture research, 2008, 39(4):334-338.
- [7] 张信娣, 张叶飞, 陈瑛. 光合细菌对鱼病原细菌生长的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3):659-663.
- [8] 李宁求, 付小哲, 石存斌, 等. 大宗淡水鱼类病害防控技术现状及前景展望 [J]. 动物医学进展, 2011, 32(4):113-117.
- [9] VERGNEAU-GROSSET C, LARRAT S. Evidence-based advances in aquatic animal medicine [J]. Veterinary clinics of North America, 2017, 20(3): 839-856.
- [10] CLAVER J A, QUAGLIA A I E, SAGGESE M D. Comparative morphology, development and function of blood cells in nonmammalian vertebrates [J]. Journal of exotic pet medicine, 2009, 18(2):87-97.
- [11] GARDNER I A, BURNLEY T, CARAGUEL C. Improvements are needed in reporting of accuracy studies for diagnostic tests used for detection of finfish pathogens [J]. Journal of aquatic animal health, 2014, 26(4):203-209.
- [12] FALLAH F J, KHARA H, ROHI J D, et al. Hematological parameters associated with parasitism in pike, *Esox lucius* caught from Anzali wetland [J]. Journal of parasitic diseases, 2015, 39(2):245-248.
- [13] CALHOUN D M, SCHAFFER P A, GREGORY J R, et al. Experimental infections of bluegill with the trematode *Ribeiroia ondatrae* (Digenea: Cathaemasiidae): Histopathology and hematological response [J]. Journal of aquatic animal health, 2015, 27(4):185-191.
- [14] OLATE V R, NACHTIGALL F M, SANTOS L S, et al. Fast detection of *Piscirickettsia salmonis* in *Salmo salar* serum through MALDI-TOF-MS profiling [J]. Journal of mass spectrometry, 2016, 51(3):200-206.
- [15] VERGNEAU-GROSSET C, SUMMA N, RODRIGUEZ C O JR, et al. Excision and subsequent treatment of a leiomyoma from the periventricular of a koi (*Cyprinus carpio koi*) [J]. Journal of exotic pet medicine, 2016, 25(3):194-202.
- [16] 李立华.我国水产养殖病害控制技术现状与发展趋势 [J]. 科学技术创新, 2016(8):274.
- [17] SOMMERSET I, KROSSØY B, BIERING E, et al. Vaccines for fish in aquaculture [J]. Expert review of vaccines, 2005, 4(1):89-101.
- [18] BRUDESETH B E, WIULSRØD R, FREDRIKSEN B N, et al. Status and future perspectives of vaccines for industrialised fin-fish farming [J]. Fish shellfish immunology, 2013, 35:1759-1768.
- [19] TAFALLA C, BØGWALD J, DALMO R A. Adjuvants and immunostimulants in fish vaccines: Current knowledge and future perspectives [J]. Fish shellfish immunology, 2013, 35(6):1740-1750.
- [20] MULVEY B, LANDOLT M L, BUSCH R A. Effects of potassium aluminium sulphate (alum) used in an *Aeromonas salmonicida* bacterin in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. [J]. Fish diseases, 1995, 18(6):495-506.
- [21] JIMENEZ N, COLL J, SALGUERO F J, et al. Co-injection of interleukin 8 with the glycoprotein gene from viral haemorrhagic septicaemia virus (VHSV) modulates the cytokine response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. Vaccine, 2006, 24:5615-5626.
- [22] DÍAZ-ROSALES P, BIRD S, WANG T H, et al. Rainbow trout interleukin-2: Cloning expression and bioactivity analysis [J]. Fish shellfish immunology, 2009, 27(3):414-422.

有关。

3.4 避雨栽培对“红地球”葡萄果实颜色的影响 颜色作为葡萄果实品质最重要外观指标,是多种不同色素共同作用的结果^[19-20]。品种本身特性和外界环境共同影响果实颜色,果实着色不可缺少的环境因子是光。避雨栽培条件下,棚膜降低光照强度,不利于葡萄果实的着色。

该试验研究发现,“红地球”葡萄在避雨栽培条件下,果实颜色各参数显著不同于对照。避雨栽培 L^* 值在果实转色期显著大于对照,而 L^* 值增大说明所测果面越亮^[21],这也说明弱光照的避雨栽培环境有利于果面亮度的增加;避雨栽培 a^* 值在生长后期小于对照,根据 a^* 值越大代表颜色越红,越小则越绿,可以有效说明避雨栽培果实颜色相对偏绿;该试验发现避雨栽培 b^* 值在果实成熟时显著大于对照,根据色泽参数 b^* 值越大代表颜色越黄,越小则越蓝,因此避雨栽培果实颜色相对偏黄;避雨栽培 CIRC 值较对照没有呈先升后降的动态趋势,且最后显著小于对照,根据 CIRC 值与花青苷的质量分数呈正相关,间接推论出避雨栽培环境条件降低了果实花青苷含量,影响了果实着色。

葡萄果皮颜色主要取决于花青苷含量的高低。有研究发现,光照在花青苷合成途径中起重要作用,特别是有关酶的活性^[22],避雨栽培的棚膜本身降低了光照强度,同时葡萄叶表面灰尘增大也遮光,最终降低葡萄果实总花青苷含量,影响着色。赵密珍等^[23]也发现,欧亚种葡萄采用避雨栽培时,特别是果实为红色的品种时,表现出着色不良、不一致等问题,由此可见避雨栽培虽然解决了病害等问题,但同时果实着色存在不良作用,因此研究避雨栽培如何增加光照强度、改善果实品质有着十分重要意义。

4 结论

避雨栽培在一定程度上改变了葡萄生长环境,果粒重前期生长迅速,但后期缓慢;果实可溶性固形物含量和可滴定酸含量均上升;果面颜色参数与露地有显著差异,特别是 CIRC 值较对照减小;但果粒纵横径未受到影响。

参考文献

[1] 杜飞,朱书生,王海宁,等.不同避雨栽培模式对葡萄主要病害的防治效

果和植株冠层温湿度的影响[J].云南农业大学学报,2011,26(2):177-184.

- [2] 陈冲.避雨栽培葡萄光合特性研究[D].长沙:湖南农业大学,2011.
- [3] 栗进朝,段罗顺,张晓申.避雨对葡萄病害和光照强度的影响[J].果树学报,2009,26(6):847-850.
- [4] 王军,王健,谷纬,等.江苏省沿海地区避雨棚栽培对葡萄品质的影响[J].现代农业科技,2012(4):140-141,144.
- [5] 刘蕊,高茜,段长青,等.避雨栽培对酿酒葡萄有机酸的影响[J].热带生物学报,2013,4(3):251-256.
- [6] 唐丽,王海娥,李小玲,等.避雨栽培对番茄生长微环境及病害发生的影响[J].西南农业学报,2012,25(6):2021-2025.
- [7] 孟祥云,王枝翠,王雨歌,等.地面遮阴对新疆“红地球”葡萄果实着色的影响[J].果树学报,2014,31(1):60-65.
- [8] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:56-59.
- [9] MCGUIRE R G.Reporting of objective color measurements[J].Horticulturae sinica,1992,27(12):1254-1255.
- [10] 周兴本,郭修武.套袋对红地球葡萄果实色素形成及 PPO 和 PAL 活性的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2006(6):8-12.
- [11] CARREÑO J, MARTÍNEZ A, ALMELA L, et al. Measuring the color of table grapes[J]. Color research and application, 1996, 21(1):50-54.
- [12] 程建徽,雷鸣,杨夫臣,等.欧亚种葡萄花色素苷的积累及 UFGT 基因的 RT-PCR 表达分析[J].果树学报,2009,26(6):808-812.
- [13] 王进.平衡施肥对设施葡萄生长及结果影响研究[D].雅安:四川农业大学,2013.
- [14] 王学娟,徐冬雪,王秀芹,等.避雨栽培对“赤霞珠”葡萄果实品质影响的对比研究[J].中国农学通报,2011,27(29):114-118.
- [15] 龚倩.陕西省鲜食葡萄主要栽培模式的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [16] 陶宇翔,张振文.简易避雨栽培对红地球果实品质的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2012(1):18-20,25.
- [17] 小林章.果树环境论[M].曲泽州,冯学文,译.北京:农业出版社,1983:6-185.
- [18] 王华,李记明,陶士衡,等.有效积温与降水量的比值(T/P)与酿酒葡萄成熟度关系的研究[J].葡萄栽培与酿酒,1994(2):8-9.
- [19] LANCASTER J E, GRANT E L, LISTER C E. Skin color in apples-influence of copigmentation and plastid pigments on shade and darkness of red color in five genotypes[J]. Journal America society horticulturae, 1994, 119(1):63-69.
- [20] BAE R N, LEE S K. Influence of chlorophyll, internal ethylene and PAL on anthocyanin synthesis in ‘Fuji’ apple[J]. Journal Korean society horticulturae sinica, 1995, 36(3):361-370.
- [21] 王利群,戴雄泽.色差计在辣椒果实色泽变化检测中的应用[J].辣椒杂志,2009(3):23-26,33.
- [22] MORI T, SAKURAI M. Effects of riboflavin and increased sucrose on anthocyanin production in suspended strawberry cell cultures[J]. Plant science, 1995, 110(1):147-153.
- [23] 赵密珍,钱亚明,苏家乐.欧亚种葡萄避雨栽培主要生物学特性研究[J].湖北农学院学报,2004,24(2):98-101.

(上接第21页)

- [23] OH M J, TAKAMI I, NISHIZAWA T, et al. Field tests of Poly(I:C) immunization with nervous necrosis virus (NNV) in sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* (Thunberg) [J]. Journal of fish diseases, 2012, 35(3):187-191.
- [24] PANDIYAN P, BALARAMAN D, THIRUNAVUKKARASU R, et al. Probiotics in aquaculture[J]. Drug invention today, 2013, 5(1):55-59.
- [25] 陈研.益生菌在水产养殖中的研究进展[J].农家参谋,2017(19):60.

- [26] OLIVEIRA J, CASTILHO F, CUNHA A, et al. Bacteriophage therapy as a bacterial control strategy in aquaculture[J]. Aquacult international, 2012, 20(5):879-910.
- [27] ESCOBEDO-BONILLA C M. Application of RNA interference (RNAi) against viral infections in shrimp: A review[J]. Journal of antivirals & antiretrovirals, 2013, 5(3):1-12.
- [28] DEFOIRD T, SORGELOOS P, BOSSIER P. Alternatives to antibiotics for the control of bacterial disease in aquaculture[J]. Current opinion in microbiology, 2011, 14(3):251-258.

科技论文写作规范——工作单位

在圆括号内书写作者的工作单位(用全称)、城市名及邮政编码。若为外国的工作单位,则加国名。多个作者不同工作单位时,在名字的右上角分别加注“1”“2”,和地址前注“1.”“2.”。