

理论研究

基于水华成因的癌症发病机制探讨

侯星宇 刘 宁 贾春华

(北京中医药大学基础医学院,北京,100029)

摘要 水华的形成需要大量的氮磷营养物质、较高的水温、缓慢的水体流速,当这些条件都具备时,蓝藻细胞团聚上浮,最终在水面形成蓝藻水华,从而导致水体中其他生物死亡。研究以水华为始源域,癌症为目标域,将水华映射到人体的癌症,通过水温与热毒、水体流速与气血运行、蓝藻的复甦与癌症的复发进行系列类比映射,试图从水华发生去探求癌症发病机制,以期激荡一些有益的思考。

关键词 水华;隐喻;癌症;成因;发病机制

Discussion on the Pathogenic Mechanism of Cancer Caused by Algal Bloom

Hou Xingyu, Liu Ning, Jia Chunhua

(Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China)

Abstract The formation of algal bloom requires a huge amount of nitrogen and phosphorus nutrients, higher water temperature and slow water flow velocity. When these conditions are ready, the cyanobacterial cells will reunite and float up, and finally become cyanobacterial bloom on the surface of water, leading to the death of other organisms in the water. In this study, algal bloom was taken as source domain and cancer as target domain. By mapping algal bloom to the cancer in human body, a series of analogical mapping was conducted between water temperature and heat-toxicity, water flow velocity and qi-blood circulation, the resuscitation of cyanophyta and recurrence of cancer, trying to discuss the pathogenic mechanism of cancer caused by algal bloom, so as to trigger some beneficial thoughts.

Key Words Algal bloom; Metaphor; Cancer; Cause; Pathogenic mechanism

中图分类号:R228 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1673-7202.2018.03.009

在自然环境中,湖泊、水库、池塘、海洋水体出现富营养化现象,表现为水中氮、磷营养物质富集,引起藻类迅速大量繁殖,并聚集于水体表面,导致水体溶解氧量下降,使鱼类或其他生物大量死亡、水质恶化。因占优势的浮游藻类颜色不同,水面往往呈现蓝色、红色、棕色、乳白色等。这种现象在江河、湖泊、水库、池塘中称为“水华”,在海洋则称为“赤潮”“褐潮”或“海洋癌症”^[1]。

癌症是机体在各种致癌因素的作用下,癌细胞迅速生长,局部组织异常增生,侵袭体内,并向其他器官蔓延,最终导致机体走向衰亡。两者在本质上都是由于营养物质的输出输入失去平衡,过多的营养物质蓄积无法代谢,给蓝藻提供了良好生存的内环境,一旦夹杂合宜的外在因素,就会导致单一物种

大量的繁衍,从而导致水华的发生。我们可以借助这种相似性,从水华视域下对中医治疗癌症产生新的思考。

1 中医对癌症的传统认识

1.1 正虚邪实 正虚是指正气虚弱(正气不足)。正气即是真气,由先天元气及后天饮食之气结合而成^[2]。是人体的脏腑经络、阳气、阴精等物质及其功能活动、对外界环境的适应能力、抗病能力及康复能力的总称。“邪之所凑,其气必虚”,当机体正气虚弱,不足以抵抗外来或内在的邪气,就会侵犯人体,导致疾病的发生。无论是外感六淫、内伤七情或是饮食劳伤皆可导致脏腑功能失调,阴阳失和。反之,则“正气存内,邪不可干”。《外证医案汇编·乳岩附论》:“正气虚则为岩”。在古代医集中指出肿瘤

基金项目:国家自然科学基金项目(81173464)——“观其脉证,知犯何逆,随证治之”的认知心理学研究与动态认知逻辑刻画,负责人:贾春华;国家自然科学基金项目(81373770)——具身心智视域下的中医五行概念隐喻的认知心理语言逻辑研究,负责人:贾春华

作者简介:侯星宇(1983.07—),女,博士研究生在读,研究方向:认知科学视域下中医理论体系研究,E-mail:tcincindy@hotmail.com

通信作者:贾春华(1961.10—),男,博士,教授,主任医师,博士研究生导师,研究方向:认知科学视域下中医理论体系研究,E-mail:jiachunhua125@163.com

生成的病因病机之一为正气虚弱,表现为气虚、血虚、阴虚、阳虚。当体内环境气血阴阳不足时,或久病体虚,脏腑功能衰退,不能抵御外邪,就会导致疾病的发生^[2-3]。

1.2 气滞血瘀 气有温煦、推动、气化、防御与固摄的作用。血液可滋养、濡养全身的脏腑器官。气能推动血液的运行、化生血液、统摄血液,两者之间互为“气为血之帅,血为气之母”的关系。气的功能活动表现为升降出入,血随气行,当气的功能活动失常则会引起一系列的病理变化,如气血失调,无力推动血液运行或肝郁不舒,气机升降失常导致血的阻滞凝结,瘀结日久,就容易产生癥瘕积聚。《医宗金鉴·外科心法要诀》乳中结核注写到:“乳房结核坚硬,小者如梅,大者如李,按之不移,推之不动,时时隐痛,皮色如常。由肝脾两经气滞结郁而成。……轻成乳劳,重成乳岩,慎之慎之”。人体的情志变化可导致人体内环境的改变,七情过度或抑制,如长期的处于精神紧张、着急易怒、悲伤、忧郁或抑郁等,都会影响人体。现代研究也指出乳癌多与精神方面有着密切的关连。高秉钧《疡科心得集·辨瘰癧瘤论》:“瘰癧者,非阴阳正气所结肿,乃五脏瘀血浊气痰滞而成”。因外感邪气、内伤七情,导致脏腑功能失调,脾失健运,难以运化津液,聚湿生痰,痰湿凝着,水湿不化,津液不布,气机升降失常,气塞不通,血液运行不畅,瘀血壅滞,经久不消就易生成肿瘤^[2-3]。

1.3 痰湿凝聚 “痰湿”是水液代谢障碍,人体津液不能正常的输布,以致蓄积停滞所产的病理产物。一般以稠浊者为痰,清稀者为饮^[2-3]。内湿的产生与脾胃有着密切的联系,多因素体脾虚、恣食生冷或过食肥甘厚味等,皆可损伤脾胃。脾虚则健运失司,清者难以上升,浊者难以下降,体内水湿不化,津液不布,郁滞不通,便凝聚成痰,着于脏腑则形成阴毒,结于体表则成为瘰癧、癭瘤。古代医家常将这些难以诊治的疾病提出“百病皆由痰作祟”的理念。《证治汇补·痰症》:“津液流通,何痰之有?若外为风暑燥湿之侵,内为惊怒忧思之扰,饮食劳倦、酒色无节、荣卫不清、气血浊败、薰蒸津液,痰乃生焉。”其病理机制一为外感湿邪、饮食不洁或思虑过度导致脾胃损伤,运化无权,水湿内停成痰;其二,外感邪气,肺失宣降,致津液阻滞而生痰。其三,肾阳不足则水湿上泛为痰,若肾阴亏虚则虚火炼液成痰。痰可凝滞于胸胁、膈上,或积聚肠间、经络等不同部位,久而久之就会形成肿块。然而痰凝、血瘀既是病理产物,同

样也是致病因素^[2-3]。血液、津液、水谷精微为痰湿、血瘀的前身,贵为营养物质,因运化功能失责,气机升降失常,使上述营养物质堆积体内无法运化,时间久了就成痰湿、瘀血病理产物,为癌细胞创造了必要的内在生存环境。由于机体内部提供了大量的营养物质为癌细胞所需要的养分,导致它生长繁殖迅速,形成肿瘤。人体也由健康的状态转变成病理状态。

1.4 毒热内结 毒,外由外邪侵袭机体,包括病毒细菌感染、烟草、紫外线、电离辐射,职业中的化学毒物,生活中的空气、水、土壤等污染,内由体内痰、湿、瘀等病理产物久积体内,导致脏腑经络气机阻滞,郁而生毒,导致肿瘤的发生。华佗在《中藏经·卷中·论痈疽疮肿》:“夫痈疽疮肿之所作也,皆五脏六腑蓄毒不流则生矣,非独因荣卫壅塞而发者也”。肿瘤并非只因荣卫失调、气血不畅、身体感受外邪所致,更重要是人体内部脏腑功能失调,蓄毒不化而成。由此可见,古代医学对肿瘤的发病机制认识,不仅认为它是一种全身性疾病的局部表现,还认为它是一种以内因为主的发病机制。火为阳邪,因阳亢有余而化生;或因情志不畅,郁而化火;或因外感六淫、饮食积滞、痰饮瘀血化热。血遇火灼则成瘀积,津液遇火则炼液成痰,气血痰浊阻滞脏腑经络,最终形成肿瘤^[2-3]。

2 水华的形成

多数专家认为水体中氮、磷营养物质富集,引起藻类迅速繁殖,随着温度的升高、适宜的光照、水体流速缓慢、蓝藻细胞团聚上浮于水面,汇聚成一层蓝绿色有腥臭味的浮沫,称之为蓝藻水华^[4]。水华发生后导致水体溶解氧量下降,使鱼类或其他生物大量死亡、水质恶化的现象。外来的氮、磷营养物质则因工厂排放未经处理的工业废水、生活污水及农田排水所引起的水体富营养化现象,演变的速度非常快,可以在短时间内使水体由贫营养状态变为富营养。随着人类工业化的发展加速,水体富营养化问题日趋严重,破坏水生生态系统。

2.1 导致水华的蓝藻 蓝藻(Cyanobacteria)是地球上出现最早的光和自养生物,最原始、最简单的藻类,属于单核单细胞生物,利用太阳光能将CO₂还原成有机碳化合物,并释放出自由氧。细胞壁由黏肽组成^[5],多分布在淡水水域(湖泊、水库、池塘),少部分在海水中,肉眼无法识别;当环境条件适宜生长时(大量的氮磷营养物质、较高的水温、流速缓慢的水体)大量聚集,可依靠细胞内的气泡核浮在水面上,蓝藻细胞团聚上浮,形成于水面上肉眼可见的

“斑块状水华”^[6]。蓝藻采用“休眠-复苏”的繁殖策略,秋季气温降低时蓝藻开始进入休眠期,到夏季气温上升时复苏^[7],这种方式使蓝藻在恶劣的环境中也能很好的保存下来,很难根除。

2.2 水体氮、磷等营养物质的积累 在湖泊中,大部分磷以有机态方式存在,约70%以上是以颗粒态磷存在。磷的这种颗粒态特性使得其进入水体后,绝大多数沉降在湖底,使得湖底沉积物中营养盐的含量远高上覆水^[8]。湖泊中营养盐的主要内源为底泥,底泥里堆积了动物的尸体及腐烂的落叶,为湖泊内部最大的氮、磷营养物质来源。底泥缓慢持续地释放氮磷营养物质至水体中,为沉水植物、水体及藻类提供了养份的来源。在一定的条件下,这些营养物质就会释放进入上覆水而形成内源负荷。沉积物中营养盐释放进入上覆水的途径主要有分子扩散(主要依靠水中营养盐浓度与上覆水的浓度梯度差)、风浪等动力扰动、底栖生物的扰动、浮游植物及水生植物根部的传递等^[9]。外源来自于生活污水、工业废水跟湖周农业面源污染等。流域内城市、工业化的发展,直接导致用水量和废污水排放量增加。首先,在城市人口密集区,来自厨房、洗手间及生活垃圾的污水最终都流入水域。再者,流域上各大工厂排放的工业废水,有时未经处理就直接排入,废水中所携营养盐量不容小觑。三者,则是农业种植和养殖区,为满足人口对粮食的需求量,提高产值,不得不使用大量农药及化肥,未吸收降解的化肥、农药随农田排水或雨水进入河川、湖泊。养殖场中禽畜粪便的排泄,不仅造成了土壤污染,间接也增加了周边水域的氮、磷含量^[9]。因工厂排放未经处理的工业废水、生活污水及农田排水所引起的水体富营养化,演变的速度非常快,可以在短时间内使水体由贫营养状态变为富营养。随着人类工业化的发展加速,水体富营养化问题日趋严重,破坏水生生态系统。氮、磷在水体生态系统中是浮游藻类生长需要的重要元素。如果水体中氮、磷含量低于藻类生长所需,繁殖将会受到抑制。若水体中氮、磷的含量高,只有在藻类大量生长的条件下,富营养化才有可能发生^[11]。

2.3 较高的水温 当温度大于15℃时才有利于蓝藻生长^[5]。当气温升高,导致表层水温升高,创造了一个稳定水体,利于蓝藻生长复苏。蓝藻利用伪空泡调节自身浮力,迁移到光线充足的表层水域,藻类数量随着温度的提高而增加。气温升高,相对水体的温度也跟着提高,温度升高会造成水体溶解氧下

降,导致底泥缺氧严重,氮、磷从底泥释放速率加快,导致水体营养浓度上升,利于水华的产生。对于水生动物来说,当溶解氧含量无法满足于它们的需求时,便会窒息而死。温度升高,还可导致水体pH值上升,研究发现当水pH<2或pH>9,沉积物营养盐释放会明显增加^[8,9]。近年来,全球气候变迁,温度提高。全球气候变暖也逐渐被认为是威胁生态系统的重要因素之一,对全球生物和生态系统平衡具有极大的潜在威胁。还可能通过食草动物“下行效应”促进浮游藻类占优势。温暖水体通常存在高密度小型食浮游生物鱼类,导致浮游动物被摄食压力增强,浮游藻类被摄食压力减小,浮游藻类密度增加,反过来抑制了水生植物生长,进一步降低浅水湖泊透明度^[10]。

2.4 流速缓慢的水体 水动力条件最重要的因子就是水体扰动,不但影响水体环境的稳定,同时对藻类生长与水体富营养化的水文条件有着密切相关的联系。在湖泊中,水体的扰动来源于风及潮汐的作用^[11]。适度的水体扰动,能将底泥中的营养盐释放到水体,增加水中的氮、磷浓度,同时使沉积在底泥中的蓝藻细胞上浮,通过碰撞,使蓝藻聚集。在低扰动的状态下水体流速缓慢,有利于蓝藻在水体表面聚集形成水华。在一定强度的风浪下,水体垂直混合会影响藻类的聚集及生长,从而削弱水华的发生^[12]。

2.5 蓝藻细胞团聚上浮,水体缺氧 聚集了一定生物量的蓝藻,在适宜的环境条件,如前面所提及的营养物质的积累、温度、水动力条件,要出现水华,还必须有蓝藻细胞团聚上浮,形成于水面上肉眼可见的“斑块状水华”。蓝藻具有伪空泡,能够调节自身浮力,迁移到光照较充足、营养较丰富的表层水体区域^[6,10]。当水华形成时,阻挡了光照,水下的水生植物就换逐渐腐烂,食用这些水生植物的动物也会因食物减少渐渐死亡,导致下层水体缺氧,再给予高温无扰动的环境,水体将会变成严重的厌氧状态,利于大面积水华的发生。

2.6 蓝藻的休眠—复苏机制 孔繁翔^[13]提出了蓝藻水华形成分为:休眠、复苏、生长、上浮聚集,四个阶段。在秋季,随着温度降低,水体中蓝藻生物量逐渐下降,底泥表面的蓝藻浓度却呈上升趋势。在夏季高温时,底泥的蓝藻含量低,蓝藻会在冬天下沉到底泥进行越冬。蓝藻有休眠机制,当外界环境不利于生长繁殖时就会沉入泥底,归避不良条件。当环境一旦改变,利于蓝藻增殖,它就会复苏、繁殖、团聚

上浮,最终形成水华。

3 水华与癌症的映射关系

3.1 温度与热毒 每种植物生长都有其发育所需要的下限温度,当高于它的下限温度时,才能提供作物生长、发育所需的能量^[14]。蓝藻作为藻类植物也是一样,当温度大于15℃时才有利于蓝藻生长。当气温升高,藻类数量会随着温度的提高而增加。McDonald等实验表明温度升高3℃鲑的食量会增加10倍多^[10]。所以,温度升高还会增加鱼类对浮游动物的摄食量,当浮游动物被大量的捕食,藻类被摄食的比例就大大减少,当藻类的密度增加,就会降低水体的透明度,抑制了水生植物的生长。一旦打破了生态链的平衡,便会导致藻类的大量增长与繁殖,水体极可能出现富营养化。在水体中需要高于下限温度藻类才会生长与繁殖,在人体中何时会处于一个长期温度较高的状态呢?流行病学研究也表示,约15%~20%的恶性肿瘤是因为炎性反应所诱发或导致^[15]。因此,炎性反应是导致肿瘤发生或促使肿瘤发展的主要因素之一。在肿瘤发生的过程中,长期的炎性反应微环境造成机体组织的上皮细胞结构及周围的长期损伤,从而导致正常上皮细胞的突变,一旦恶性细胞形成并逐渐发展为癌组织,反过来又加重难以消退的炎性反应,最终形成恶性循环。如幽门螺旋杆菌、人乳头瘤病毒、乙肝病毒及丙肝病毒等,长期的病毒感染,使机体处于一个慢性炎性反应的状态,容易导致人体癌症的发生。《医宗金鉴·外科心法要诀》记载:“失荣证,生于耳之前后及颈项。其证初起,状如痰核,推之不动,坚硬如石,皮色如常,日渐长大。由忧思、恚怒、气郁、血逆与火凝结而成”。可见古代医家对肿瘤的认识为情志不畅,肝气不舒,气郁化火,夹杂痰湿血瘀而成^[16]。血遇热则凝,津液遇火则炼液成痰,气血痰浊壅阻于脏腑经络之中,遂形成肿瘤^[17]。火为阳盛所生,易伤津动血,耗气伤阴。无论是外感热毒、内伤饮食或气逆化火,都因内生火邪,毒热结肿。临床上多见患者热郁火毒之证,呈实热证候。病久体虚,瘀毒内陷,病由阳转阴,成阴毒之候。

3.2 水体流速与气血运行 水体流速缓慢、低扰动、循环周期越长,更容易导致水体富营养化的产生。类似我们的谚语说:滚石不生苔。在水流湍急下的石头是不会有苔藓的,只有在水流速度缓慢的水体,石头上才会有藓苔植物。蓝藻在风浪扰动条件下通过碰撞形成大群体,且把底泥的有机物质带动起来,增加水中氮、磷浓度;并在风浪作用趋弱时

快速上浮,风速降低能增加水体稳定性,从而有利于蓝藻在水体表层聚集形成水华。水体流速缓慢就如同人体气血运行不畅,在气虚、血瘀、痰凝、湿阻、气滞的情形下就会发生。《素问·阴阳应象大论》:“阳化气,阴成形”。人体的气、血、津、液要靠阳气的温煦与推动才能发挥正常的生理功能^[18]。要是阳气推动无力,则会出现机体脏腑功能失调,升降出入紊乱,气滞血瘀,痰凝湿聚,最终形成有形之症。在人体中,有一个器官,心脏,一直跳动,泵出血液至全身。在现代医学研究中尚未发现此器官有转移瘤,能更好的理解为何缓慢的水体及人体气血不畅易导致水华或癌症的发生。肿瘤的形成是在外邪侵袭、情志失调、饮食不节、正气亏虚等内外因素协同作用下产生的。在这之前,机体已经存在着脏腑功能的失调、气血阴阳的紊乱、正虚邪实的状态,或者体内蓄积着痰、瘀、湿、热、虚等病理因素。体内平衡状态失衡或病邪积累到一定程度,就会导致肿瘤的生成。

3.3 休眠与复发 蓝藻有休眠机制,当外界环境不利于生长繁殖时就会借这种机制沉入泥底,回避不良条件^[5]。当环境一旦改变,利于蓝藻增殖,它就会复苏、繁殖、团聚上浮,最终形成水华。癌细胞也有相同的机制,治疗癌症的常规办法就是杀死恶性肿瘤细胞。把癌瘤摘除,接受放疗的治疗,如果检查不再有癌细胞残留,医生就认为癌症已经治愈。然而,许多治疗后检查呈阴性的癌症患者,在多年后又复发。肿瘤休眠^[19]是临床上普遍存在的一种现象,也是恶性肿瘤的生物学特征之一,休眠细胞的长期存在是恶性肿瘤难以彻底根治和肿瘤复发、转移的根源之一。对其调控的机制尚无明确的定论。癌细胞是否跟蓝藻一样,会规避不当的外在环境,等外在环境一旦改变利于它生长,又开始伺机而动。

表1 水华与癌症形成类比映射表

始源域(S)	目标域(T)	映射 fM
水华	人体癌症	
S1:蓝藻	T1:癌细胞	S1→T1
S2:氮磷营养物质	T2:津液、血液、水谷精微	S2→T2
S3:较高的水温	T3:毒热内结	S3→T3
S4:流速缓慢的水体	T4:气血运行不畅	S4→T4
S5:蓝藻细胞团聚上浮,水体缺氧	T5:肿瘤增殖,导致缺氧微环境	S5→T5
S6:休眠-复苏机制	T6:休眠-复发转移	S6→T6

4 水华对中医的启示

在临床上,我们常常可以看到这样一种癌症患者,其饮食、生活习惯各方面都很健康,几乎找不到

任何的癌症致病因素,但在体检后会发现身体里长了肿瘤。对于这种情形,着实令很多医家费解。其实在水华的成因中,已经给了我们一种对于这样情况的解释。水面风浪过大,扰动水底的底泥释放氮、磷;在风浪较小时,这些过度繁殖的蓝藻会合并聚集在一起。我们可以做这样一种映射,将风比喻为外邪,水体类比为人体,从“营卫理论”来说人体感受外邪后都会有一个营卫的郁滞,如果反复的外感,气血流通不畅,则会扎根于某个地方,营养某个部位长出多余的部分。如《灵枢·水胀》论述肠覃时所说的“寒气客于肠外,与卫气相搏,气不得荣,因有所系,癖而内着,恶气乃起,息肉乃生”。张仲景“若五脏元真通常,人即安和”建立了一个以通为和的人体生理基础,基本物质无非是气血津液,而现代气血理论更多的是在用来描述里病,很少将外感与气血理论一起来论述(张仲景貌似更习惯言营卫),所以这就使我们少有注意到外感邪气与气血运行异常所致疾病的关系。另外从人体感觉来看,外感之邪更倾向于一种触觉,触觉是一种模糊的感觉,而人体对于视觉接收的信息则更为精确,所以对外邪与癌症关系的认识上有所偏离。今借“风生水华”这样一种现象映射到人体癌症,以期对一些无法解释的癌症成因产生新的思考。引入风邪或外感这样一种认识后,必然会带来新的治法,即以外感之药来治疗癌症。现在中医理论将外感内伤分开后,造成的一个结果就是外感药用来治疗外感,内伤药治疗内伤,直接结果就是用药的局限性。其实在古代外感药用于内伤不在少数,如张仲景还魂汤(麻黄、杏仁、甘草)疗救卒死、客忤死,喻嘉言人参败毒散逆流挽舟治痢疾。所以依据水华的认识将外感药引入癌症这种内伤病的治疗中并非无稽之谈,而是一种新的思考。

5 结语

世界卫生组织公布 2015 年全球有 880 万的人死于癌症,几乎占全球死亡总数的六分之一,六个死亡的人口里面就有一位是因罹患癌症而死,占死亡人口的比例约 16.7%,为全球主要死因之一。目前癌症是现代医学尚未攻克的一个难题,通过了解自然界水华的生成,蓝藻细胞在适宜的环境(水温、水流),大量的养分(氮磷营养物质)下增殖生长,团聚上浮于水面,导致水体缺氧,最终造成水中动植物的死亡;癌症的发生也是同样的道理,癌细胞只有在合宜的环境下才会快速增殖,机体处于正虚邪实、气滞血瘀、痰湿凝聚、毒热内结,导致气血运行不畅,癌细胞则大量繁衍,形成肿瘤,血管增生,造成缺氧的微

环境,最终导致人体的死亡。借由水华发生的现象映射到人体的癌症,可以推测对于反覆外感造成机体营卫的郁闭,气血运行不畅,则容易造成该部位的病变。对一些无法解释的癌症成因带来一些新的思维,通过这种认识,以期带来新的治法,合理的运用中医中药,使人体内部环境改变,让癌细胞不再过度的生长繁殖,预防肿瘤复发与转移,减轻患者症状,改善生命质量,延长生命,让癌细胞与机体达到和平共存的状态是我们所乐见的。

参考文献

- [1] 韦立峰. 浅谈水体富营养化的成因及其防治[J]. 中国资源综合利用, 2006, 24(8): 25-27.
- [2] 李家庚, 屈松柏. 中医肿瘤防治大全[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994: 45-47.
- [3] 周岱翰. 临床中医肿瘤学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003: 28-32.
- [4] 黄炜. 蓝藻水华与水体富营养化综合治理[J]. 中国农村水利水电, 2014, 55(4): 44-50, 54.
- [5] 胡传林, 万成炎, 吴生桂, 等. 蓝藻水华的成因及其生态控制进展[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(12): 1471-1477.
- [6] 秦伯强, 杨桂军, 马建荣, 等. 太湖蓝藻水华“暴发”的动态特征及其机制[J]. 科学通报, 2016, 61(7): 759-770.
- [7] 孔繁翔, 马荣华, 高俊峰, 等. 太湖蓝藻水华的预防、预测和预警的理论与实践[J]. 湖泊科学, 2009, 21(3): 314-328.
- [8] 秦伯强, 杨柳燕, 陈非洲, 等. 湖泊富营养化发生机制与控制技术及其应用[J]. 科学通报, 2006, 51(16): 1857-1866.
- [9] 李琳琳, 卢少勇, 孟伟, 等. 长江流域重点湖泊的富营养化及其防治[J]. 科技导报, 2017, 35(9): 13-22.
- [10] 董静, 高云霓, 李根保. 淡水湖泊浮游藻类对富营养化和气候变暖的响应[J]. 水生生物学报, 2016, 40(3): 615-623.
- [11] 梁培瑜, 王炬, 马芳冰. 水动力条件对水体富营养化的影响[J]. 湖泊科学, 2013, 25(4): 455-462.
- [12] 宋洋, 张陵蕾, 陈旻, 等. 流速对水库水优势种铜绿微囊藻生长的影响研究[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2016, 48(1): 25-32.
- [13] 孔繁翔, 高光. 大型浅水富营养化湖泊中蓝藻水华形成机制的思考[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 589-595.
- [14] 谢小萍, 李亚春, 杭鑫, 等. 气温对太湖蓝藻复苏和休眠进程的影响[J]. 湖泊科学, 2016, 28(4): 818-824.
- [15] 夏娟, 李冬, 郑伟萍, 等. 炎症反应与肿瘤的关系研究进展[J]. 国际检验医学杂志, 2013, 34(1): 63-65.
- [16] 孙海燕, 陈武进, 任丽萍, 等. 论情志因素与恶性肿瘤发病的关系[J]. 福建中医药, 2016, 47(2): 37-40.
- [17] 唐友满. 泵站更新改造中的关键技术措施探讨[J]. 中国科技投资, 2017, 15(9): 387.
- [18] 欧秀梅, 王力. 从阳化气阴成形浅析肿瘤病机[J]. 中国中医药现代远程教育, 2016, 14(11): 64-65.
- [19] 钱其军, 刘新垣. 肿瘤休眠细胞: 复发根源和治疗靶标[J]. 中国肿瘤生物治疗杂志, 2011, 18(2): 115-125.