

# 南汀河流域化学投入品施用强度及控制对策

施学忠<sup>1</sup>, 杨明文<sup>2\*</sup>, 袁忠明<sup>1</sup>, 彭桂清<sup>2</sup>, 陈娟<sup>3</sup>, 袁丽梅<sup>4</sup>, 习有强<sup>2</sup>, 黄妃<sup>2</sup>

(1. 云南省镇康县农业技术推广站, 云南临沧 677704; 2. 云南省临沧市农业技术推广站, 云南临沧 677000; 3. 云南省孟定镇农业综合服务中心, 云南临沧 677506; 4. 云南省孟定镇产业发展服务中心, 云南临沧 677506)

**摘要** [目的]分析南汀河流域化肥农药施用状况和化学投入品施用强度超标的主要原因。[方法]采用文献研究法、问卷法、访谈法和抽样调查法等进行研究。[结果]南汀河流域平均化肥施用强度达 517 kg/hm<sup>2</sup>, 化学农药施用强度达 10.64 kg/hm<sup>2</sup>, 说明南汀河流域化学投入品施用强度严重超标; 究其原因, 除存在产业结构不尽合理的客观因素, 还存在人们由于认识不足, 为追求高产盲目使用化肥和农药, 以及相关职能部门的引导和扶持的干预作用较弱等的主观因素。[结论]该研究为制定科学、有效的南汀河流域生态治理措施提供决策依据。

**关键词** 南汀河流域; 化学投入品; 施用强度; 控制对策

**中图分类号** S181 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)14-0086-04

## Application Strength of Chemical Inputs and Control Countermeasures in Nanting River Basin

SHI Xue-zhong<sup>1</sup>, YANG Ming-wen<sup>2</sup>, YUAN Zhong-ming<sup>1</sup> et al (1. Zhenkang Agricultural Technology Extension Station, Lincang, Yunnan 677704; 2. Lincang Agricultural Technology Extension Station, Lincang, Yunnan 677000)

**Abstract** [Objective] The research aimed to analyze the status of the use of chemical fertilizer and chemical pesticide in Nanting River Basin, and the major reason for the excessive application intensity of chemical inputs. [Method] The methods of literature research, questionnaire, interview and sampling survey were adopted. [Result] The average application strength of chemical fertilizer and chemical pesticide in Nanting River Basin were up to 517 kg/hm<sup>2</sup>, 10.64 kg/hm<sup>2</sup>, respectively, indicating chemical inputs were excessive. Analysis the reason, in addition to the unreasonable objective factors in the industrial structure, there were subjective factors such as the lack of knowledge, the pursuit of high-yield to blindly use fertilizers and pesticides, and weak intervention of the guidance and support from relevant functional departments. [Conclusion] The study provides decision-making basis for making scientific and effective ecological treatment measures in Nanting River Basin.

**Key words** Nanting River Basin; Chemical inputs; Application strength; Control countermeasures

南汀河是临沧境内最大的一条河流, 是临沧的“母亲河”, 发源于临翔区博尚镇, 由东向西横穿临翔、云县等 1 区 5 县, 境内河道全长 246.2 km, 在耿马县孟定镇清水河口岸出境, 进入缅甸与萨尔温江汇合, 属怒江水系一级支流。流域面积 9 165 km<sup>2</sup>, 流域人口 80 余万人, 海拔 430~2 480 m, 海拔变化梯度大, 属典型亚热带湿润立体气候类型, 干湿季节明显, 因其良好的自然资源禀赋和区位优势, 农业生产较为发达, 是临沧粮食、经济作物的主要生产基地和最重要的外销蔬菜生产基地。化肥农药的投入是提高农产品产量的重要手段之一, 在促进粮食增产和农产品有效供给发挥了不可替代的作用, 但化肥农药的过度使用已严重透支了南汀河流域土壤肥力和生态环境, 导致耕地肥力下降、有害物质富集、水体污染、农产品质量降低等问题<sup>[1-4]</sup>。笔者采用文献研究法、问卷法、访谈法和抽样调查法等, 分析南汀河流域内化肥农药施用和利用状况以及对生态环境的影响, 查找该流域化肥农药施用强度超标的主要原因, 为实施化肥使用量及农药使用量零增长行动, 推进农业“转方式、调结构”, 促进“节本增效、节能减排”, 保障粮食安全、农产品质量安全和农业生态安全提供决策依据。

## 1 研究内容与方法

### 1.1 调研时间

2016 年 8 月 3—9 日开展化肥施用强度调

研; 2017 年 7 月 17—22 日开展化学农药施用强度调研。

### 1.2 调研地点

**1.2.1 调研地选择的原则。** 兼顾南汀河流域上游、中游及下游地区的原则; 兼顾山区和坝区的原则; 兼顾农业生产投入水平高低不同区域的原则; 兼顾种植业结构能够代表整个流域状况的原则。

**1.2.2 调研地点。** 临翔区博尚镇和凤翔街道、云县幸福镇、永德县大雪山乡、耿马县勐撒镇和孟定镇、镇康县军赛乡、沧源县芒卡镇。

**1.3 调研对象** 南汀河流域主要乡镇有关农业技术推广部门、部分农资经销商、涉农企业、种植业专业合作社、种植大户和农户等。

### 1.4 调研内容与方法

(1) 通过查阅资料和走访相关部门对区域内农业产业结构进行调查。

(2) 在各调查乡镇, 走访部分涉农企业、种植业合作社、种植大户和农户等, 按不同作物、不同种植模式, 对肥料和农药使用情况(种类、使用量)进行询问调查, 并分别计算化肥、农药施用强度。用加权平均法计算并对比不同区域、不同作物以及整个调查区域化肥和化学农药的施用强度。化肥(或化学农药)施用强度 = 作物全年化肥(或化学农药)使用总量折纯(kg)/播种面积(hm<sup>2</sup>)。

(3) 发放调查问卷, 调查南汀河流域广大种植业者和农资经销人员对肥料知识、施肥技术、农药知识以及科学合理用药技术等的认知程度。

**基金项目** 云南省社会发展科技计划(2012CA015)。

**作者简介** 施学忠(1966—), 男, 云南镇康人, 高级农艺师, 从事作物栽培技术研究及推广工作。\*通讯作者, 高级农艺师, 从事农作物病虫害防治技术与推广工作。

**收稿日期** 2018-03-07

## 2 调查结果

### 2.1 化肥施用强度调查

**2.1.1 总体化肥施用强度。**走访8个乡镇134户农户、种植合作社或大户,涉及粮食、蔬菜、水果、茶叶、甘蔗、橡胶、咖

啡、坚果、中药材等作物,调查面积614.63 hm<sup>2</sup>,代表面积110 981 hm<sup>2</sup>,平均化肥施用强度达517 kg/hm<sup>2</sup>(图1),远高于225 kg/hm<sup>2</sup>的国际安全标准<sup>[4-7]</sup>。说明南汀河流域存在化肥施用强度严重超标的环境安全隐患。

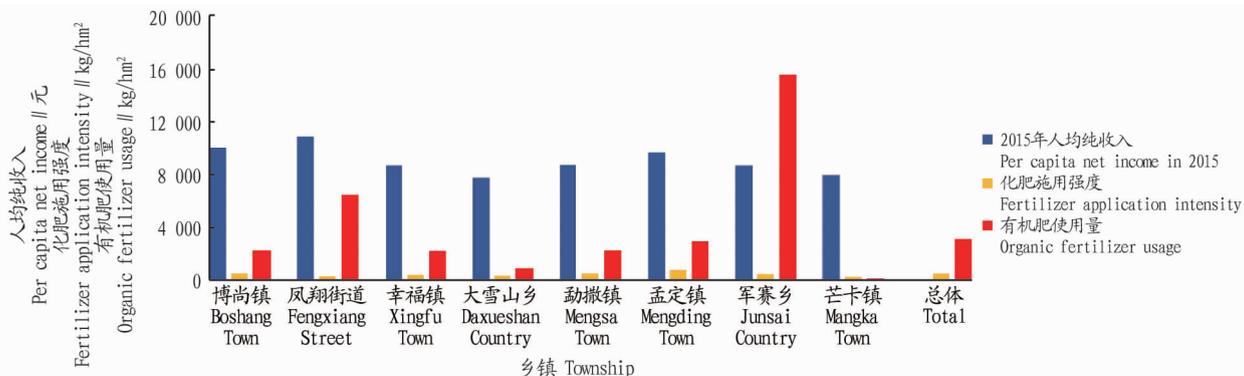


图1 各乡镇化肥使用强度、人均纯收入及有机肥施用量

Fig.1 Application strength of chemical fertilizer, per-capita net income and the use amount of organic manure in each township

**2.1.2 不同乡镇化肥施用强度。**从图1可看出,在调查的8个乡镇,化肥施用强度差异极为显著,其中最高的孟定镇达763 kg/hm<sup>2</sup>,最低的芒卡镇仅为200 kg/hm<sup>2</sup>。其次,从2015年各乡镇人均纯收入的对比中还可看出,当地经济收入的高低一定程度上决定了化肥投入水平的高低。再次,通过对博尚镇与凤翔街道、孟定镇与军赛乡两组自然资源和作物结构较为相似的乡镇比较可见,有机肥使用量越高,化肥施用强度越低,其中军赛乡有机肥的使用量最高,达15 623.6 kg/hm<sup>2</sup>,这主要得益于当地的良好养殖业。在调研中了解到,2015年末军赛乡生猪存栏37 109头、牛存栏11 359头、鸡存栏118 782羽,是调研的8个乡镇中养殖业发展最好的,这为种植业提供了丰富的肥源。

8个乡镇化学农药施用强度差异极为显著,其中最高的孟定镇达17.17 kg/hm<sup>2</sup>;其次为军赛乡和幸福镇,分别为9.42和9.04 kg/hm<sup>2</sup>;博尚镇和勐撒镇处于中等水平,分别为7.25和7.95 kg/hm<sup>2</sup>;凤翔街道、大雪山乡和芒卡镇用药水平相对较低,为3.18~4.62 kg/hm<sup>2</sup>。

**2.1.3 不同作物化肥施用强度。**从图2可看出,8个乡镇作物结构中,种植面积由大到小依次为橡胶>茶叶、核桃>咖啡、坚果>粮食作物>甘蔗>蔬菜>水果>烤烟>其他(中药材、饲草等)。由图3可知,按不同作物类计算比较,化肥施用强度超标极为严重的是水果、蔬菜等园艺作物,如以香蕉、葡萄、蜜桔为主的水果种植,达3 451 kg/hm<sup>2</sup>(个别高达5 035 kg/hm<sup>2</sup>),其次是以茄子、辣椒、菜豆、番茄、瓜果为主的蔬菜种植,平均为1 876 kg/hm<sup>2</sup>(个别高达5 056 kg/hm<sup>2</sup>);化肥施用强度严重超标的依次为烤烟、甘蔗、粮食作物;受市场疲软影响,许多面积基本处于弃管状态下的橡胶、咖啡、坚果、茶叶、核桃的化肥施用强度依然在安全指标以上;以中药材、皇竹草等其他作物的种植面积最小,化肥施用强度最低。

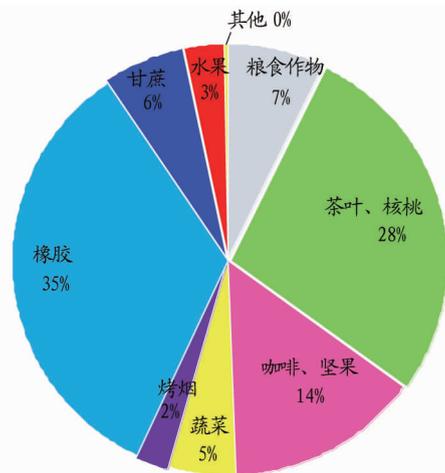


图2 主要作物种植结构

Fig.2 Planting structure of the main crops

### 2.2 化学农药施用强度调查

**2.2.1 总体化学农药施用强度。**走访8个乡镇122户农户、种植合作社或大户,涉及粮食、蔬菜、水果、茶叶、甘蔗、橡胶、咖啡、坚果等作物,调查面积4 737.8 hm<sup>2</sup>,代表面积95 425 hm<sup>2</sup>,平均化学农药施用强度达10.64 kg/hm<sup>2</sup>(图4),比发达国家对应限值(7.00 kg/hm<sup>2</sup>)<sup>[7]</sup>高52%。由此可见,南汀河流域化学农药施用强度严重超标。

**2.2.3 不同作物化学农药施用强度。**从图5可看出,按不同作物类计算比较,化学农药施用强度超标极为严重的是烤烟、橡胶、蔬菜、水果等经济和园艺作物,化学农药施用强度为14.52~19.64 kg/hm<sup>2</sup>,其中以孟定镇种植茄子和凤翔街道种植大棚蔬菜的用药水平最高,分别达27.18和25.82 kg/hm<sup>2</sup>;粮食作物、咖啡、坚果、甘蔗的用药强度相对较低,为5.70~6.33 kg/hm<sup>2</sup>;茶叶、核桃及板栗等其他作物的用药最少,在3.60 kg/hm<sup>2</sup>以下。

### 3 导致化肥农药施用强度超标的主要原因分析

通过对1 035份调查问卷以及82个农资经销单位调查的分析,除了受追逐高额回报的目标驱使外,种植业者和农资经销人员文化素质偏低、科技意识淡薄,职能部门引导不

够等,都是导致南汀河流域化肥和化学农药施用强度超标的原因。

**3.1 广大农户缺乏对肥料知识、农药知识及其施用技术的认识** 在调查问卷中,被访者对肥料基础知识及其施用技术的认识程度在60分以下的占63.1%,60~80分的占32.1%,80分以上的仅为4.8%。其中芒卡镇在60分以上的被访者为0,大部分处于20~40分。被访者中,了解农业部《化肥使

用量零增长行动方案》仅占7.9%,了解测土配方施肥含义的仅占17.1%。对农药基础知识及其施用技术的认识程度在60分以下的占49.5%,60~80分的占40.1%,80分以上的仅为10.4%。半数以上农户都未曾听说过农业部《农药使用量零增长行动方案》,对常用绿色防控技术应用及认识的不到10.0%。

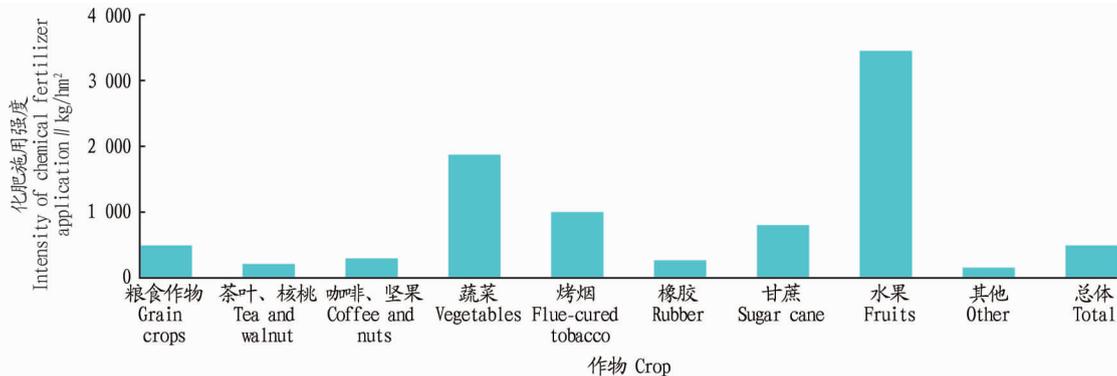


图3 各主要作物化肥施用强度对比

Fig.3 Comparison of the intensity of chemical fertilizer application in the main crops

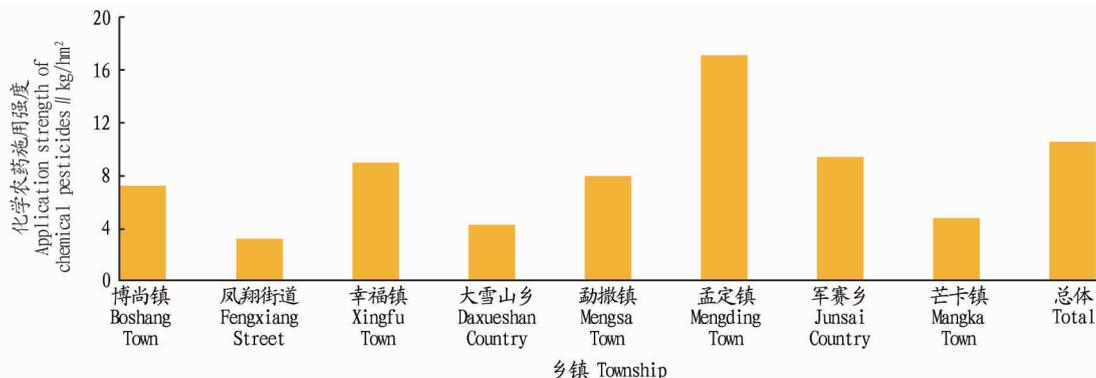


图4 各乡镇化学农药使用强度

Fig.4 Application strength of chemical pesticides in each township

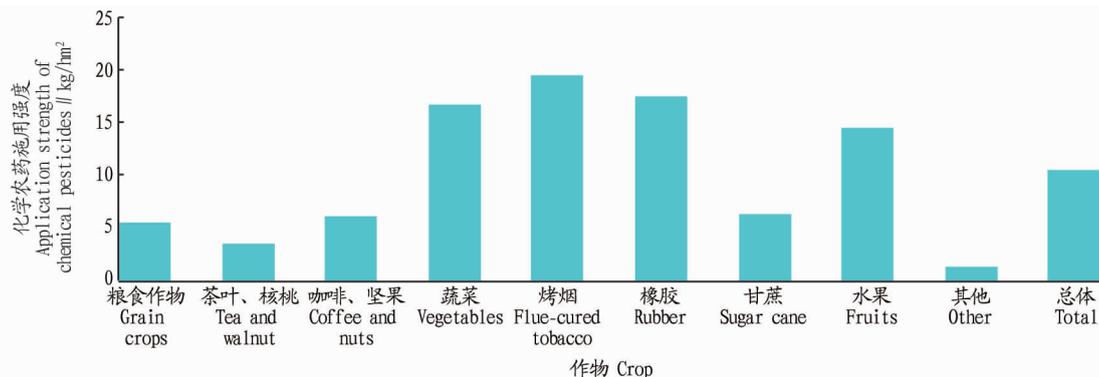


图5 各主要作物化学农药施用强度对比

Fig.5 Comparison of the intensity of chemical pesticides application in the main crops

**3.2 农资经销人员文化素质偏低,缺乏必要的专业技术知识** 问卷调查发现,经销人员对农药基础知识及其施用技术的认识程度在60分以下的占48.8%,60~80分的占44.2%,80分以上的仅为7.0%。82个经销单位的从业人员97人中,涉农专业仅10人(占10.3%),大专以上16人(占

16.5%),中专14人(占14.4%),高中19人(19.6%),初中以下48人(占49.5%)。农资经销人员文化素质的偏低以及对相关专业知识的缺乏,制约着经销商在用肥、用药等方面对种植户的必需、有效、科学的指导,在经营过程中普遍存在乱开“药方”、开“大处方”等现象。

**3.3 政府职能部门的干预作用较小** 在3年内是否接受过相关施肥技术培训的调查中,未被培训过的占27.0%,培训过1次的占30.2%,培训过2次的占19.0%,培训过3次以上的占23.8%;接受过有关推广使用新型肥料或施肥新技术等方面的扶持与补贴的仅占31.0%。在3年内是否接受过相关病虫害防治技术培训的调查中,未被培训过的占44.1%、培训过1次的占25.8%,培训过2次的占17.4%,培训过3次以上的占12.7%。

**3.4 新型肥料或施肥新技术的推广覆盖率较低** 被访者中,应用测土配方施肥技术的占25.4%,应用化肥深施技术的占40.9%,应用全溶性肥料滴灌施肥技术的占20.6%,应用根外追肥技术的占64.7%,施用缓释肥或控释肥的占27.0%,施用微生物肥料的占12.7%。农业生产用肥的80%以上以常规化肥为主,用肥量大,肥效利用率低(20%~30%)<sup>[8]</sup>,对大气、土壤及水体等影响较大。

**3.5 作物病虫害绿色防控技术推广覆盖率较低,违禁农药及农药不合理使用普遍存在** 被访者中,知道利用天敌控制有害生物的仅为0.43%,应用生物农药的占11.1%,应用化学信息素的占4.3%,应用色板控制害虫的占22.1%,应用杀虫灯技术的占11.9%。国家明令禁用的百草枯(水剂)还有许多农户继续使用,限制在蔬菜上使用的毒死蜱、克百威等农药也被农户大量用于蔬菜生产中;随意加大农药使用量、忽视农药安全间隔期或多种农药不合理混用等现象时有发生。

**3.6 农业生产附属物的处置不当,有机肥源利用率不高** 被访者中,有54.0%的是就地焚烧作物秸秆,处理后还田的仅占18.7%,其余部分作饲草用或直接还田。

## 4 控制对策

**4.1 加强政府的领导职能** 控制化肥农药施用强度,降低农业面源污染是一项系统的工程、艰巨的任务,需要统筹安排、综合施策,更需要明确思路,科学制定目标,提出切实可行的措施,离不开政府的决策和领导。应将控制化肥农药施用强度纳入南汀河流域环境保护和生态治理的行动计划,建立和完善南汀河流域化肥农药施用强度控制试点工作推进机制,建立“化肥使用量零增长行动”和“农药使用量零增长行动”绩效考核机制。

### 4.2 进一步调整产业结构

(1)按照循环农业的模式,根据域内土地、气候等资源状况,合理布局粮、经、饲作物的种植结构,重点扶持规模化养殖基地,优化调整种、养殖的结构,促进种、养殖业的协调、循环发展,提高有机肥源(农家肥)的供给能力,降低种植业对化学肥料的依赖性,减少化肥投入。

(2)以一些高效、低投入、对农业环境影响较小的作物替代部分低效、高投入、对环境影响较大的作物种植。

(3)对部分化肥和农药投入较高的园艺类作物田地,达到一定种植年限,实行严格的轮作或休耕制度;以冬早蔬菜种植为主的河谷坝区,夏秋季节恢复水稻种植,通过水旱轮作,降低土壤中积累的有毒有害物质。

**4.3 强化基层农技推广队伍建设** 基层农业技术推广队伍是为农民提供农业科研成果和实用技术服务的组织,是实施科教兴农战略的重要载体,是发展现代农业重要力量。把加强基层农技推广队伍建设作为当前农业工作的一项重要内容,是发展高产、优质、高效、生态、安全现代农业的一项重要措施。要从稳定队伍、增加经费、人才培养、提高待遇等方面加强基层农技推广队伍建设,提升基层农技推广工作的力度。

**4.4 强化科技引导作用** 加大技术培训力度和建立示范样板,提高广大种植业者的科学施肥和科学用药水平,教育和引导生产者转变投入方式,深入推进科学施肥和绿色防控技术,走高产高效、节本增效、优质环保的可持续发展之路。

**4.5 加大政府的扶持力度** 对积极推广使用新型肥料、施肥新技术、作物秸秆处理后还田、农作物病虫害绿色防控技术等对降低化肥和化学农药施用强度具有明显作用的措施的,通过以奖代补的形式实行合理补助,激发广大生产者采用科学施肥技术和病虫害绿色防控技术的热情。

## 5 结论与讨论

(1)调研中部分单位反映,在近年来的土壤抽样调查中,部分区域土样,尤其是多年种植水果、蔬菜的土样中铅、镉等重金属含量超标。可见,南汀河流域农业生产中化学投入品的严重超标已对南汀河流域环境安全构成严重威胁,无论从生存和发展的角度,控制化肥农药施用强度,加强对南汀河流域生态环境保护,确保南汀河流域经济、环境可持续发展已迫在眉睫。

(2)水果、蔬菜、烤烟、橡胶、甘蔗等高投入、高产出的作物种植,是导致南汀河流域化肥和农药施用强度严重超标的主要结构性因素。

(3)导致南汀河流域化肥农药施用强度严重超标,除存在产业结构不尽合理的客观因素,还存在人们由于认识不足,为追求高产盲目使用化肥和农药,以及相关职能部门的引导和扶持的干预作用较弱等的主观因素。尤其是,近年来乡镇农业技术推广部门人事管理下放到乡镇后,60%以上农技人员在编不在岗或为非农业专业技术人员,严重削弱了基层农技推广队伍建设,弱化了基层农业技术推广工作的有效开展。

(4)通过该研究,基本掌握了南汀河流域化肥和农药使用状况以及南汀河流域化肥施用强度超标的成因,对制定南汀河流域的生态治理在控制化肥施用强度方面的策略具有一定的指导意义。此外,该研究结果在全市乃至全省相似地区具有一定的普遍性,对其他区域在控制化肥和化学农药施用强度方面均具有一定借鉴作用。

## 参考文献

- [1] 魏静,刘释元.我国农产品质量安全问题分析[J].商业经济,2014(12):15-16,36.
- [2] 杨吉祥,马平平.浅谈农药化肥的负面作用及对策[J].中国园艺文摘,2009,25(6):158-160.
- [3] 李祖章,刘光荣,袁福生.江西省农业生产中化肥农药污染的状况及防治策略[J].江西农业学报,2004,16(1):49-54.

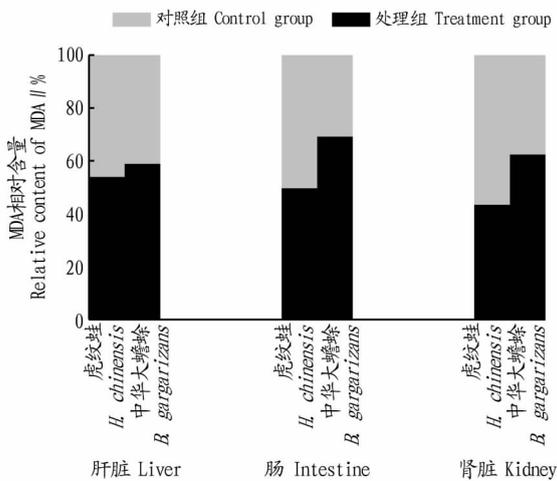


图5 骤冷对虎纹蛙和中华大蟾蜍肝脏、肠和肾脏中丙二醛 (MDA) 含量的影响比较

Fig. 5 Comparison of the effects caused by shock chilling on malonaldehyde (MDA) content in the liver, intestine and kidney between *H. chinensis* and *B. gargarizans*

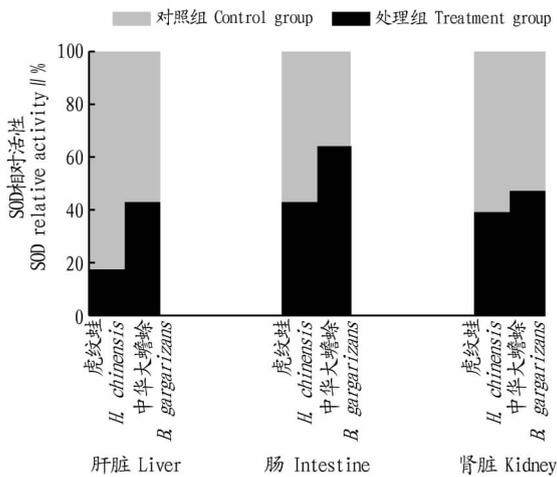


图6 骤冷对虎纹蛙和中华大蟾蜍肝脏、肠和肾脏中超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响比较

Fig. 6 Comparison of the effects caused by shock chilling on superoxide dismutase (SOD) activity in the liver, intestine and kidney between *H. chinensis* and *B. gargarizans*

### 3 讨论与结论

肝脏、肠和肾脏是两栖类重要的内脏器官,在糖原的合成与分解、脂质的吸收与利用以及机体的排毒与解毒等方面有着重要的作用。MDA 是膜脂在机体中过氧化最重要的产物之一,是体现生物体抗氧化能力的常用指标,其含量反映生物体受氧化损伤程度<sup>[11]</sup>。SOD 是一种生物酶,催化氧自

由基发生歧化反应,减少氧自由基对机体的伤害,能清除机体在新陈代谢过程中产生的一些有害物质<sup>[12]</sup>。MDA 含量高间接反映生物体受自由基攻击的严重程度,而 SOD 活性又间接反映生物体清除氧自由基的能力。同时测量 MDA 含量和 SOD 活性,可分析生物体内氧化压力和抗氧化能力的大小。

该研究结果表明,骤冷刺激后虎纹蛙肝脏、肠和肾脏中 MDA 含量不变,而其 SOD 活性均降低,说明虎纹蛙在遇到骤冷环境时降低呼吸强度,减少体内能量消耗来抵御低温环境。在骤冷刺激对中华大蟾蜍 MDA 含量和 SOD 活性的影响试验中,骤冷刺激后中华大蟾蜍肝脏中 MDA 含量不变,肠和肾脏中 MDA 含量增加,说明肠和肾脏增加代谢强度应对骤冷刺激。肝脏中 SOD 活性下降,肠组织中 SOD 活性增大,肾脏中 SOD 活性不变,说明肝脏组织中氧自由基含量下降,表明肝脏组织中代谢速率减小。肠组织中的氧自由基含量增加,表明肠组织中代谢速率增加。综合比较骤冷对虎纹蛙和中华大蟾蜍肝脏、肠和肾脏中 MDA 含量和 SOD 活性影响,发现中华大蟾蜍的肝脏、肠和肾脏中 MDA 的相对含量和 SOD 的相对活性均高于虎纹蛙的肝脏、肠和肾脏中 MDA 的相对含量和 SOD 的相对活性。这说明在遇到骤冷刺激时,虎纹蛙的氧化压力和抗氧化能力均低于中华大蟾蜍,这可能是野生虎纹蛙野外种群数量减少的原因之一。

### 参考文献

- [1] 田永斌,夏明明,邵晨. 中国虎纹蛙种质资源研究进展[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版),2011,34(4):464-468.
- [2] 符史杭. 虎纹蛙在海南的濒危状况及其保护措施[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- [3] 徐剑,邹佩贞,温彩燕,等. 广东北部亚热带雨林两栖动物物种多样性及其保护[J]. 动物学杂志,2001,36(4):30-33.
- [4] 李斌,黄艳,邵晨,等. 铜离子急性胁迫对虎纹蛙肝脏中三羧酸循环及自由代谢的影响[J]. 水生生物学报,2015,39(6):1160-1168.
- [5] CUSHMAN S A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus [J]. Biological conservation, 2006, 128 (2): 231 - 240.
- [6] 李世森,王宇,邵晨,等. 虎纹蛙(*Hoplobatrachus chinensis*)繁殖后期的生境特征及生境选择[J]. 生态学杂志,2014,33(11):3018-3025.
- [7] FISHER R N, SHAFFER H B. The decline of amphibians in California's Great Central Valley [J]. Conservation biology, 1996, 10 (5): 1387 - 1397.
- [8] KELLEY J, WALTER L, TROWSDALE J. Comparative genomics of major histocompatibility complexes [J]. Immunogenetics, 2005, 56 (10): 683 - 695.
- [9] 王超. 铜对中华大蟾蜍蝌蚪生长发育与抗氧化系统、内分泌系统的影响[D]. 西安:陕西师范大学,2016.
- [10] BEAUCHAMP C, FRIDOVICH I. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels [J]. Analytical biochemistry, 1971, 44 (1): 276 - 287.
- [11] MITTLER R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance [J]. Trends in plant science, 2002, 7 (9): 405 - 410.
- [12] 王好,庄平,章龙珍,等. 盐度对点篮子鱼的存活、生长及抗氧化防御系统的影响[J]. 水产学报,2011,35(1):66-73.

(上接第 89 页)

- [4] 黄晶晶,林超文,陈一兵,等. 中国农业面源污染的现状与对策[J]. 安徽农学通报,2006,12(12):47-48.
- [5] 朱红波. 我国耕地资源生态安全的特征与影响因素分析[J]. 农业现代化研究,2008,29(2):194-197.
- [6] 张艳,于汶加,陈其慎,等. 化肥消费规律及中国化肥矿产需求趋势预

测[J]. 资源科学, 2015, 37(5):977-987.

- [7] 王五一,杨林生,李海蓉. 我国的环境变化与健康风险[J]. 科学对社会的影响,2007(4):22-28.
- [8] 杨青林,桑利民,孙吉茹,等. 我国肥料利用现状及提高化肥利用率的方法[J]. 山西农业科学,2011,39(7):690-692.