

刺角瓜提取物对南方根结线虫的触杀活性研究

高强^{1,2}, 张浩¹, 任海龙³, 阿布都克尤木·阿不都热孜克², 符小发¹, 张龔², 周勃¹, 徐麟²

(1. 新疆农业科学院海南三亚农作物育种试验中心, 新疆乌鲁木齐 830091; 2. 新疆农业科学院农作物品种资源研究所, 新疆乌鲁木齐 830091; 3. 广州市农业科学院, 广东广州 510335)

摘要 采用触杀法研究了刺角瓜无水乙醇提取物对南方根结线虫 2 龄幼虫的毒杀活性。结果表明, 不同浓度的刺角瓜无水乙醇根和茎叶提取物对南方根结线虫有不同程度的毒杀活性, 其中, 用 1.00 mg/mL 的刺角瓜根、茎叶乙醇提取物分别处理, 24 h 后南方根结线虫校正死亡率分别为 98.95%、94.46%, 48 h 后南方根结线虫校正死亡率分别为 100%、98.12%, 与 1.00 mg/mL 阿维菌素的活性无明显差异。毒力测定结果表明, 茎叶提取物处理 24 和 48 h, 对南方根结线虫的半致死浓度 LD₅₀ 分别为 0.703 2 和 0.450 3 mg/mL; 根提取物处理 24 和 48 h, 对南方根结线虫的半致死浓度 LD₅₀ 分别为 0.493 5 和 0.484 2 mg/mL。此外, 根提取物和茎叶提取物的杀线虫活性表现出明显差异。

关键词 刺角瓜; 提取物; 南方根结线虫; 触杀活性

中图分类号 S476 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)08-0122-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.08.033

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The Contact Activity of Extracts from *Cucumis metuliferus* against *Meloidogyne incognita*

GAO Qiang^{1,2}, ZHANG Hao¹, REN Hai-long³ et al (1. Hainan Sanya Crops Breeding Trial Center of Xinjiang Academy Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091; 2. Institute of Crop Germplasm Resources of Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091; 3. Guangzhou Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou, Guangdong 510335)

Abstract The contact toxicity of ethanol extract from *Cucumis metuliferus* against the 2nd instar larvae (J2) of *Meloidogyne incognita* was studied. The results showed that different concentrations of ethanol extracts from roots and stems and leaves of *Cucumis metuliferus* had different degrees of toxic activity against *Meloidogyne incognita*. The corrected mortality rates of *Meloidogyne incognita* were 98.95% and 94.46% 24 h after treatment with 1.00 mg/mL ethanol extracts from roots and stems and leaves of *Cucumis metuliferus*, and 100% and 98.12% 48 h after treatment, respectively, which were not significantly different from the activity of 1.00 mg/mL abamectin. The results of toxicity test showed that the LD₅₀ of stem and leaf extracts to *Meloidogyne incognita* were 0.703 2 and 0.450 3 mg/mL respectively after 24 and 48 h treatment. After 24 and 48 h of root extract treatment, the LD₅₀ of root extract against *Meloidogyne incognita* was 0.493 5 and 0.484 2 mg/mL, respectively. Nematicidal activity of root extract and stem and leaf extract showed significant difference.

Key words *Cucumis metuliferus*; Extractive; *Meloidogyne incognita*; Contact activity

根结线虫 (*Meloidogyne* spp.) 是一种高度专业化型的植物病原线虫, 主要危害植物的根部, 造成植株产量降低, 甚至死亡。南方根结线虫 (*M. incognita*) 寄主范围广, 在国内分布最广, 危害最大, 可加重土传性真菌危害和大部分细菌病害的发生, 严重威胁全世界西甜瓜、蔬菜、粮食作物等作物的生长^[1-5]。我国根结线虫的防治目前仍以化学防治为主, 但由于目前主要使用的化学农药如溴甲烷、克百威、噻唑磷、阿维菌素等具有高毒性、高土壤残留, 对生物安全和环境造成极大的威胁, 一些化学杀线剂相继被国家禁用^[6-7]。植物源农药由于易分解为无毒物质、对环境友好等优点成为研究开发的重点对象^[8]。由于长期的协同进化, 植物通过物理阻断、产生具有杀线虫活性的次生代谢产物等形式使自身对根结线虫产生抗性, 这些次生代谢产物逐渐成为研制新型植物源杀线虫剂的突破点和研究热点^[9-12]。刺角瓜 (*Cucumis metuliferus* Mey ex Naud) 为原产于非洲的黄瓜属野生近缘种, 其优异的根结线虫抗性受到众多遗传学者的关注。Walters 等^[13-16] 研究证实刺角瓜对根结线虫有显著的抗性, 可以有效抑制根结线虫的生长发育, 并具有较强的热稳定性。叶德友等^[17] 对刺角瓜根系中参与调控的植物免疫反应 WRKY 基因

进行了克隆和表达分析, 发现 CmWRKY20 表达表现为抗病材料高于感病材料。但对于刺角瓜根和茎叶提取物对根结线虫的活性研究未见报道, 影响了刺角瓜根结线虫抗性机制的进一步研究。笔者以南方根结线虫为供试线虫, 获得刺角瓜根和茎叶的乙醇提取物和乙酸乙酯萃取分离物, 进行室内线虫抑杀活性评价, 旨在为刺角瓜抗线虫研究和植物源杀线剂研制提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验植物 供试材料刺角瓜于 2020 年 7 月采自新疆农业科学院海南三亚农作物育种试验中心南繁基地, 采集部位为刺角瓜的根和茎叶。

1.2 南方根结线虫 供试南方根结线虫为中国热带农业科学院环境与植物保护研究所线虫实验室培养。具体分离培养方法: ①将采集到的感染根结线虫的植物根系用清水清洗干净, 用剪刀剪成约 1 cm 长, 放入豆浆机至 500 mL 量杯的 1/3~2/3 处, 加入无菌水和适量次氯酸钠 (约 5 mL), 进行根组织破碎 3~5 s。②将破碎后的根组织通过 35、200 和 500 目的筛子, 500 目筛子中即得到分离出的根结线虫的卵块和寄生早期幼虫。③准备 1 个自制线虫孵化器 (从下至上依次为培养皿、20 目网筛, 网筛上铺盖 2 层手帕纸), 将收集的根结线虫卵块转入手帕纸上, 加水至界面, 于 25~28 °C 孵化幼虫, 4 d 后收集幼虫 (2 龄幼虫)。收集到的线虫放置自然沉降, 用胶头滴管将表面清水吸出。

基金项目 海南省自然科学基金项目 (319MS109)。

作者简介 高强 (1988—), 男, 新疆乌鲁木齐人, 助理研究员, 硕士, 从事蔬菜学研究。

收稿日期 2021-08-03; **修回日期** 2021-08-26

1.3 植物提取液的制备 将新鲜的刺角瓜根茎叶,用铡刀轧成小段,按照样品(M):溶液(V)=1:30加入乙醇浸渍7 d,过滤得滤液1,样品再加入等量乙醇超声4 h再过滤得滤液2。将滤液1和滤液2合并50℃减压浓缩得到浸膏(乙醇提取物19.440 g,得率17.2%),浓缩得到的浸膏无菌水溶解用作室内杀虫试验。

1.4 样品悬液制备 将1.0 mg样品分别用12.5、25.0、50.0、100.0、200.0 μL无菌水溶解得到5个浓度梯度溶液。

1.5 杀线虫活性测定 在96孔板,每孔加入线虫悬液(200~300条线虫),无菌水95 μL,样品溶液5 μL,样品终浓度为0.25、0.50、1.00、2.00、4.00 mg/mL,空白对照为用等量的无菌水替代样品溶液,阳性对照为用等量的1 mg/mL阿维菌素水溶液替代样品溶液,3次重复,96孔板周围的孔加200 μL无菌水保湿。混匀后于室温下培养24 h,于荧光数码生物显微镜下计数线虫死亡数,统计的线虫数量不少于100条。分别计算线虫的死亡率和校正死亡率。

参照杀线虫活性强弱分级标准进行分级。具体分级标准:“-”表示无活性,校正死亡率≤10%;“+”表示弱活性,校正死亡率为10%~30%;“++”表示中等活性,校正死亡率为30%~50%;“+++”表示较强活性,校正死亡率为50%~80%;“++++”表示强活性,校正死亡率>80%。

线虫死亡率=死亡线虫数/供试线虫数×100%

线虫校正死亡率=(处理组线虫死亡率-对照组线虫死亡率)/(1-对照组线虫死亡率)×100%

1.6 数据处理与分析 使用蓝宙工作室的LD₅₀数据处理软

件1.01和SPSS 19.0分析,供试样品浓度(μg/mL)取对数(X),抑制率(%)换算成生物统计概率值(Y),求得抑制活性回归方程(Y=aX+b),从而可以求得半抑制浓度(LD₅₀)值,并进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 刺角瓜提取物的杀线虫效果 刺角瓜无水乙醇提取物抑杀南方根结线虫的毒力测定结果见表1,部分测定效果见图1和图2。结果表明,1.00~4.00 mg/mL植物茎叶及根的乙醇提取物对南方根结线虫均表现出强毒杀活性,且校正死亡率随着南方根结线虫暴露时间的延长和提取物浓度上升而上升。用浓度为1.00 mg/mL茎叶或根的提取物分别处理24 h后南方根结线虫校正死亡率均超过90%,处理48 h后,线虫校正死亡率均超过98%。当浓度为1.00 mg/mL时,根提取物对南方根结线虫24和48 h校正死亡率均大于茎叶提取物;当浓度大于1.00 mg/mL时,根提取物对南方根结线虫24 h校正死亡率大于茎叶提取物。

差异显著性分析结果表明,刺角瓜茎叶提取物及根提取物对南方根结线虫的活性存在极显著差异,1.00、2.00和4.00 mg/mL的南方根结线虫校正死亡率均极显著大于0.50、0.25 mg/mL和无菌水对照处理。茎叶提取物2.00 mg/mL时,南方根结线虫校正死亡率48 h达100%;根提取物2.00 mg/mL 24 h和1.00 mg/mL 48 h的南方根结线虫校正死亡率均达100%。当刺角瓜根和茎叶提取物的浓度≥1 mg/mL时,南方根结线虫校正死亡率与1 mg/mL阿维菌素致死率相当。

表1 不同处理对南方根结线虫J2的触杀作用

Table 1 Contact toxicity of different treatments against *Meloidogyne incognita* J2

处理 Treatment	浓度 Concentration mg/mL	24 h 校正死亡率 Correct mortality // %	48 h 校正死亡率 Correct mortality // %	活性强度 Active intensity	
				24 h	48 h
茎叶提取物 Stem and leaf extract	4.00	98.35±2.65 aA	100±0.00 aA	++++	++++
	2.00	98.92±1.73 aA	100±0.00 aA	++++	++++
	1.00	94.46±5.40 aA	98.12±1.93 aA	++++	++++
	0.50	11.99±2.12 bB	37.62±5.23 bB	+	++
	0.25	0.01 cB	14.89±2.77 cB	-	+
根提取物 Root extract	4.00	100 aA	100 aA	++++	++++
	2.00	100 aA	100 aA	++++	++++
	1.00	98.95±6.53 aA	100 aA	++++	++++
	0.50	23.15±2.12 bB	26.98±3.05 bB	++	++
	0.25	12.23±2.12 bB	12.30±1.56 cB	++	++
无菌水 Sterile water	—	6.98±2.12	9.59±3.13	-	-
阿维菌素 Avermectin	1	100±0.00	100±0.00	++++	++++

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$)

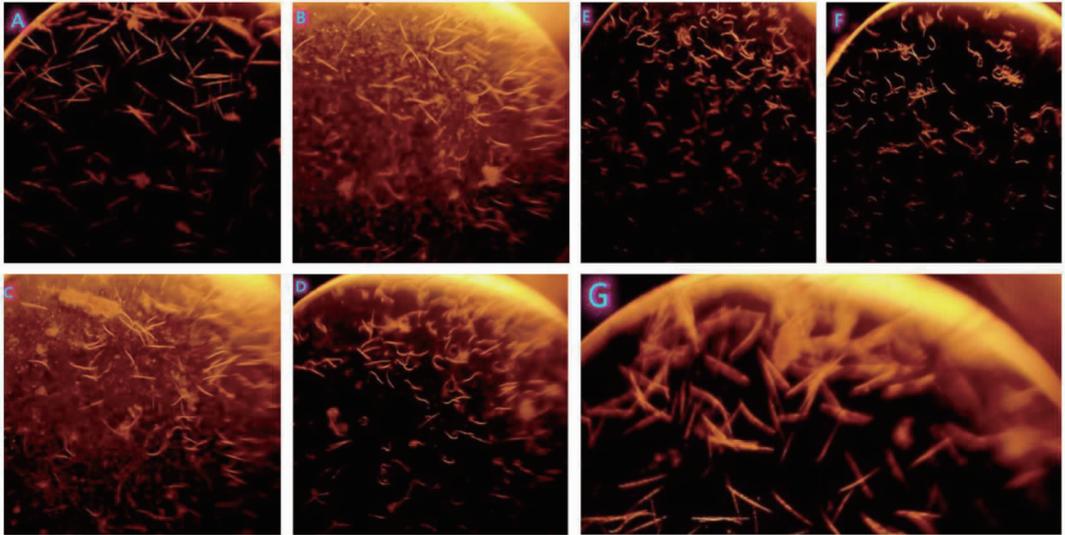
Note: Different lowercase letters in the same column showed significant difference ($P < 0.05$); different capital letters showed significant difference ($P < 0.01$)

2.2 刺角瓜提取物对南方根结线虫的半致死浓度 刺角瓜提取物对南方根结线虫的抑制活性见表2。由表2可知,茎叶提取物处理24和48 h,对南方根结线虫的半致死浓度LD₅₀分别为0.703 2和0.450 3 mg/mL。根提取物处理24和48 h,对南方根结线虫的半致死浓度LD₅₀分别为0.493 5和0.484 2 mg/mL。根提取物对南方根结线虫的24 h半致死浓度LD₅₀明显小于茎叶提取物,48 h半致死浓度LD₅₀与茎叶提取物接近。

表2 刺角瓜提取物对南方根结线虫的半致死浓度

Table 2 LD₅₀ of *Cucumis metuliferus* extracts on *Meloidogyne incognita*

提取物 Extract	处理时间 Period of treatment h	线性方程 Linear equation $y = ax + b$	半致死 浓度 LD ₅₀ mg/mL	相关系数 Correlation coefficient (R)
茎叶提取物 Stem and leaf extract	24	$y = 5.798 0 + 5.218 7x$	0.703 2	0.966 9
	48	$y = 6.778 3 + 5.132 4x$	0.450 3	0.956 6
根提取物 Root extract	24	$y = 6.615 0 + 5.265 3x$	0.493 5	0.921 7
	48	$y = 6.658 3 + 5.265 3x$	0.484 2	0.936 8



注: A 为根的乙醇提取液 4.00 mg/mL 第 24 h 触杀效果; B 为根的乙醇提取液 2.00 mg/mL 第 24 h 触杀效果; C 为根的乙醇提取液 1.00 mg/mL 第 24 h 触杀效果; D 为根的乙醇提取液 0.50 mg/mL 第 24 h 触杀效果; E 为根的乙醇提取液 0.25 mg/mL 第 24 h 触杀效果; F 为 CK(无菌水)第 24 h 触杀效果; G 为 1 mg/mL 阿维菌素第 24 h 触杀效果

Note: A was the contact killing effect of 4.00 mg/mL ethanol extract of root on the 24th hour; B was the contact killing effect of 2.00 mg/mL ethanol extract of root on the 24th hour; C was the contact killing effect of 1.00 mg/mL ethanol extract of root on the 24th hour; D was the contact killing effect of 0.50 mg/mL ethanol extract of roots on the 24th hour; E was the contact killing effect of 0.25 mg/mL ethanol extract of root on the 24th hour; F was the content killing effect of CK(sterile water) on the 24th hour; G was the contact killing effect of 1 mg/mL abamectin

图 1 根的乙醇提取液

Fig.1 Ethanol extract of root



注: A1 为茎叶的提取液 1.00 mg/mL 第 24 h 触杀效果; B1 为茎叶的提取液 0.50 mg/mL 第 24 h 触杀效果; C1 为茎叶的提取液 0.25 mg/mL 第 24 h 触杀效果; 对照组为图 1F、G

Note: A1 was the contact killing effect of 1.00 mg/ml extract of stem and leaf on the 24th hour; B1 was the contact killing effect of 0.50 mg/mL extract of stem and leaf on the 24th hour; C1 was the contact killing effect of 0.25 mg/mL stem and leaf extract on the 24th hour; The control group was shown in figure 1F and G

图 2 茎叶的乙醇提取液

Fig.2 Ethanol extract of stem and leaf

3 结论与讨论

采用触杀法测定刺角瓜提取物对南方根结线虫的毒杀活性,结果发现不同部位的提取物对南方根结线虫有一定的差异,这与一些相关研究类似^[18]。用 1.00 mg/mL 的刺角瓜根与茎叶乙醇提取物分别处理,24 h 后南方根结线虫校正死亡率均超过 94%,48 h 后均超过 98%,杀线虫活性与阳性对照 1 mg/mL 阿维菌素相当。茎叶提取物处理 24 和 48 h,对南方根结线虫的半致死浓度 LD_{50} 分别为 0.703 2 和 0.450 3 mg/mL。根提取物处理 24 和 48 h,对南方根结线虫的半致死浓度 LD_{50} 分别为 0.493 5 和 0.484 2 mg/mL。根提取物的 24 h 杀线虫活

性明显高于茎叶提取物,48 h 杀线虫活性接近,说明刺角瓜提取物均可以有效抑杀菌方根结线虫,根提取物的活性成分浓度可能高于茎叶提取物,有待进一步研究。

刺角瓜,商品名火参果,由于其独特的外观、口感及营养价值 and 含有较多的优异遗传抗性(尤其是根结线虫抗性),被引进到国内推广种植^[19-22]。研究表明,刺角瓜对南方根结线虫有显著的抗性,线虫侵入后取食位点(巨大细胞)形成受阻,可抑制根结线虫的生长发育,这种抗性在刺角瓜(PI202681)中表现为单显性基因控制^[23]。该研究发现刺角瓜的根茎叶提取物均可以抑杀南方根结线虫,认为刺角瓜是

合成某种次生代谢产物对根结线虫有一定的毒性,由于植物中含量较少,抑制了根结线虫的生长发育。

研究表明,植物源分离出的化合物中对南方根结线虫具有较好毒杀活性的化合物有对苯二酚、DL-薄荷醇、丁子香酚、丁子香酚、香茅醇、DL-薄荷醇、柠檬酸、马兜铃酸I、马兜铃内酰胺I、马兜铃内酰胺 W、saropeptate、2-(1-oxonadecyl)aminobenzoic acid、草酸、巴豆酸、酒石酸、扁桃酸、苹果酸和苦豆碱^[24-27]等。张志阳等^[28]对刺角瓜的化学成分进行了研究,结果表明,火参果中含有氨基酸、有机酸、生物碱、黄酮及苷类、鞣质、植物甾醇、三萜、油脂、糖、氰苷成分。该研究为进一步研究刺角瓜根结线虫抗性机制提供了依据,同时,从刺角瓜中分离、提纯杀线虫化合物并鉴定其化学结构,并与高活性植物源杀线虫化合物进行活性-结构相关性研究,明确其作用机理,为开展仿生合成环境友好性、耐储存、成本低的新型生物农药提供思路。

参考文献

- [1] 雷敬超,黄惠琴.南方根结线虫生物防治研究进展[J].中国生物防治,2007,23(S1):76-81.
- [2] 全俊仁,郭丽.新疆辣椒根结线虫病[J].新疆农业科学,1997,34(1):32-34.
- [3] 董艳秋.新疆设施蔬菜根结线虫种群组成及防治技术研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2015.
- [4] 翁群芳,钟国华,王文祥,等.植物提取物对南方根结线虫的控制作用[J].华南农业大学学报,2006,27(1):55-60.
- [5] 邱志娜,杨红涛,陈伟阳,等.新疆野生樱桃李过敏反应及其对南方根结线虫的抗性[J].中国农业大学学报,2016,21(3):46-52.
- [6] HASSAN M A, PHAM T H, SHI H L, et al. Nematodes threats to global food security[J]. Acta Agric Scand Sect B-Soil Plant Sci, 2013, 63(5): 420-425.
- [7] ZASADA I A, HALBRENDT J M, KOKALIS-BURELLE N, et al. Managing nematodes without methyl bromide[J]. Annu Rev Phytopathol, 2010, 48: 311-328.
- [8] 周丽银,胡先奇,薛春丽,等.细辛等6种植物提取液对水稻潜根线虫的抑杀作用[J].云南农业科技,2012(1):18-20.
- [9] ZHOU L G, WANG J G, WANG K, et al. Secondary metabolites with antine-

- matodal activity from higher plants[J]. Stud Nat Prod Chem, 2012, 37: 67-114.
- [10] NTALLI N G, CABONI P. Botanical nematocides: A review[J]. J Agric Food Chem, 2012, 60: 9929-9940.
- [11] 王伟轩,王槐,徐建美,等.半夏和苦豆子生物碱的抗线虫活性[J].天然产物研究与开发,2016,28(5):719-723,744.
- [12] 马喆.10种植物提取物对南方根结线虫毒杀活性研究[J].中国植保导刊,2019,39(6):22-26.
- [13] WALTERS S A, WEHNER T C, DAYKIN M E, et al. Penetration rates of root-knot nematodes into *Cucumis sativus* and *C. metuliferus* roots and subsequent histological changes[J]. Nematropica, 2006, 36(2): 231-242.
- [14] FASKE T R. Penetration, post-penetration development, and reproduction of *Meloidogyne incognita* on *Cucumis melo* var. *texasus* [J]. J Nematol, 2013, 45(1): 58-65.
- [15] 魏偲,史倩倩,马玉琴,等.不同温度下刺角瓜过氧化物酶基因的表达及其对抗南方根结线虫作用的影响[J].园艺学报,2016,43(8):1537-1544.
- [16] 马金慧,郝振川,李惠霞,等.刺角瓜对南方根结线虫的抗性及其特征分析[J].园艺学报,2014,41(1):73-79.
- [17] 叶德友,姜野,王从丽.野生角瓜根结线虫抗性相关基因 *CmWRKY20* 的克隆与表达分析[J].华北农学报,2020,35(4):161-168.
- [18] 苏秀荣,谢宁,张纪龙,等.银胶菊叶和花提取物对南方根结线虫的毒杀活性比较[J].植物资源与环境学报,2012,21(1):77-82.
- [19] 高强,符小发,任海龙,等.火参果引种表现与设施栽培技术[J].福建农业科技,2018(4):32-34.
- [20] 杨运良,李建勋,马革农.刺角瓜田间栽培技术[J].北方园艺,2017(1):61-62.
- [21] 吕文君,陈银根,吴旭江,等.火参果特性及栽培初探[J].蔬菜,2016(2):72-73.
- [22] 王鸣,文生仓,阎友晖.主要瓜类作物的抗病毒病育种(下)[J].长江蔬菜,1997(3):1-5.
- [23] 马金慧.刺角瓜对南方根结线虫抗性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2014.
- [24] 丁琦,罗万春,肖婷,等.13种植物源化合物对南方根结线虫的毒力比较[J].植物资源与环境学报,2007,16(3):35-39.
- [25] LEELA N K, KHAN R M, REDDY P P, et al. Nematicidal activity of essential oil of *Pelargonium graveolens* against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* [J]. Nematol Medit, 1992, 20: 57-58.
- [26] 刘丹丹,段玉玺,陈立杰,等.6种植物源化合物对南方根结线虫的毒性和温室防效研究[J].河南农业科学,2011,40(5):111-113.
- [27] 卜淼淼,余森泉,董存柱.绵毛马兜铃果实化学成分及杀南方根结线虫研究[J].中国中药杂志,2018,43(16):3307-3314.
- [28] 张志阳,唐模欢,彭璟,等.火参果化学成分初步研究[J].中兽医医药杂志,2017,36(5):11-14.

(上接第121页)

宁市,竞争力差则是嘉善县、海盐县。目的地经济实力空间分布与竞争力空间分布高度耦合,可见目的地经济实力对竞争格局的有着重要影响,说明县域旅游业的发展具有显著的经济驱动型特点。旅游产业与县域经济的耦合协调度随着经济社会发展逐年攀升,旅游产业和经济之间存在长期均衡的关系,经济的短期波动受旅游产业的短期波动以及误差修正项的影响^[8]。为了进一步提高嘉兴市县域旅游竞争力,提出以下建议:首先,桐乡市和海宁市经济实力强,基础设施完善的地区,应加强空气质量的整改;其次,嘉善县和平湖市应发挥紧邻上海和杭州的区位优势,进行区域旅游合作,拉动嘉兴旅游^[9],推动周边游发展。再次,海盐县、嘉善市潜在的旅游综合竞争力最弱,政府应精准定位,合理对旅游业进行投资,加强嘉兴地区的硬环境建设。最后,坚持发展全域旅游是实现旅游业高质量发展的必然选择^[10],在坚持绿水青山就是金山银山理念的同时,加强对1级、2级旅游景区的升级,增加旅游资源。

该研究对县域旅游竞争力指标体系的构建仍有待更深

入地研究和完善,从而能更全面地反映县域旅游经济发展水平的差异。

参考文献

- [1] 国务院.国务院关于加快发展旅游业的意见:国发[2009]41号[EB/OL].(2009-12-01)[2020-10-22].http://www.gov.cn/jxqg/pub/gov-public/mrlm/200912/t20091203_56294.html.
- [2] 陆林,余凤龙.中国旅游经济差异的空间特征分析[J].经济地理,2005,25(3):406-410.
- [3] 高天跃,徐玮应,李静.西南地区旅游业发展的区域响应差异分析:结构、特征与形成研究[J].贵州民族研究,2015,36(3):147-151.
- [4] 王淑新,何元庆,王学定.中国旅游经济的区域发展特征及影响因素实证研究[J].商业经济与管理,2011(4):89-96.
- [5] CHEN Y H, KANG H H. Analysis of tourist flow from the US to Taiwan[J]. Acta oeconomica, 2015, 65(S2): 369-384.
- [6] O'CONNOR A, ZERGER A, ITAMI B. Geo-temporal tracking and analysis of tourist movement[J]. Mathematics and computers in simulation, 2005, 69(1/2): 135-150.
- [7] 苏伟忠,杨英宝,顾朝林.城市旅游竞争力评价初探[J].旅游学刊,2003,18(3):39-42.
- [8] 李永强,冯淑慧.旅游产业与县域经济协调发展研究:来自桂林阳朔县的经验证据[J].技术经济,2020,39(9):82-88,100.
- [9] 朱秀敏.嘉兴市旅游服务贸易现状及竞争力提升对策研究[J].商场现代化,2018(9):174-175.
- [10] 杨彬.发展全域旅游 共享美好生活[J].旅游学刊,2020,35(2):1-3.