



[DOI] 10.3969/j.issn.1001-9057.2022.12.006

http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2022.12.006

· 论著 ·

海南省碘营养状况和甲状腺疾病的调查分析

林丹红 方团育 全会标 林璐 陈存仁 林乐韦华 欧倩滢 岑超平 张华川
陈开宁 陈道雄

[摘要] **目的** 探讨海南省碘营养状况和甲状腺疾病的发病情况。**方法** 于 2018~2020 年在海南省 19 个市县中随机选择符合纳入标准的受试者填写调查问卷,检测其中段尿碘浓度(UIC)、血促甲状腺激素(TSH)、甲状腺过氧化物酶抗体(TPOAb)、甲状腺球蛋白抗体(TgAb)水平,并行甲状腺彩超检查。比较不同性别、年龄段受试者的尿碘中位数(MUI)。近 3 天未进食海带或紫菜受试者中,将碘重度缺乏和碘缺乏者作为 U1 组,碘适量者作为 U2 组,碘超适量者作为 U3 组,碘过量者作为 U4 组,比较 4 组及不同性别 TPOAb、TgAb 阳性、甲状腺结节患者比例。**结果** 共纳入 1 981 例受试者,对其中 1 699 例近 3 天未进食海带或紫菜受试者进行进一步分析。男性受试者 MUI 高于女性($P < 0.001$),40~49 岁受试者 MUI 高于 ≥ 70 岁受试者($P < 0.05$)。U1 组 463 例(27.4%),U2 组 729 例(42.9%),U3 组 349 例(20.5%),U4 组 158 例(9.3%)。TSH 水平异常 192 例(11.3%)。U4 组 TSH 升高患者比例高于 U2 组($P < 0.05$)。TPOAb 阳性 343 例(20.2%),TgAb 阳性 320 例(18.8%),甲状腺结节 676 例(39.8%)。U4 组 TgAb 阳性患者比例高于 U2 组、U3 组($P < 0.05$)。女性 TPOAb 阳性、TgAb 阳性及甲状腺结节患者比例均高于男性($P < 0.001$)。**结论** 海南省碘营养状态总体处于适宜水平;而女性及老年人更易受缺碘的影响,需要加强碘的补充;碘过量可导致 TSH 升高及 TgAb 阳性率增加;因此提倡科学个体化补碘。

[关键词] 碘营养; 尿碘; 甲状腺过氧化物酶抗体; 甲状腺球蛋白抗体; 甲状腺结节

[中图分类号] R581 **[文献标识码]** A

Investigation and analysis of iodine nutritional status and thyroid diseases in Hainan province

Lin Danhong*, Fang Tuanyu, Quan Huibiao, Lin Lu, Chen Cunren, Lin Leweihua, Ou Qianying, Cen Chaoping, Zhang Huachuan, Chen Kaining, Chen Daoxiong. * Department of Endocrinology, Hainan General Hospital, Haikou 570311, China

[Abstract] **Objective** To evaluate the iodine nutritional status and incidence of thyroid diseases in Hainan province. **Methods** From 2018 to 2020, subjects meeting the inclusion criteria were randomly selected from 19 cities and counties in Hainan province and filled in the questionnaire, urine iodine concentration(UIC) of midstream urine, blood thyroid stimulating hormone(TSH), thyroid peroxidase antibody(TPOAb) and thyroglobulin antibody(TgAb) were detected, and thyroid color ultrasound was performed. Median urinary iodine(MUI) of subjects in different gender and ages were compared. Among the subjects who did not eat kelp or laver in the last 3 days, patients with severe iodine deficiency and iodine deficiency were treated as U1 group, patients with moderate iodine was treated as U2 group, patients with excessive iodine was treated as U3 group and patients with iodine excess was treated as U4 group. Rates of patients with TPOAb, TgAb positive and thyroid nodules were compared among the 4 groups and different genders. **Results** A total of 1 981 subjects were included, among which 1 699 subjects who did not eat kelp or laver in the last 3 days were further analyzed. MUI of male was higher than that of female ($P < 0.001$), and MUI of subjects aged 40-49 years old was higher than that of ≥ 70 years old ($P < 0.05$). There were 463 cases (27.4%) in U1 group, 729 cases (42.9%) in U2 group, 349 cases (20.5%) in U3 group and 158 cases (9.3%) in U4 group. There were 192 cases (11.3%) with abnormal TSH level. Rate of patients with elevated TSH in U4 group was higher than that in U2 group ($P < 0.05$). There were 343 cases

基金项目:海南省重点研发计划社会发展项目(ZDYF2019156);海南省卫生健康行业科研项目(20A200253)

作者单位:570311 海口,海南省人民医院 海南医学院附属海南医院内分泌科(林丹红、方团育、全会标、陈存仁、林乐韦华、欧倩滢、岑超平、张华川、陈开宁、陈道雄);解放军总医院第一医学中心内分泌科(林璐)

通讯作者:方团育, E-mail:fangtuanyu_2010@163.com;全会标, E-mail:quanhuibiao@aliyun.com

(20.2%) with TPOAb positive, 320 cases (18.8%) with TgAb positive, and 676 cases (39.8%) with thyroid nodules. Rate of patients with TgAb positive in U4 group was higher than those in U2 group and U3 group ($P < 0.05$). Rates of patients with TPOAb positive, TgAb positive and thyroid nodules in females were higher than those in males ($P < 0.001$). **Conclusion** The iodine nutrition status in Hainan province is generally at an appropriate level. Women and the elderly are more likely to be iodine deficiency and needed to strengthen iodine supplementation. Excessive iodine can increase the rate of elevated TSH and TgAb positive. Therefore, scientific and individual iodine supplement is advocated.

[Key words] Iodine nutrition; Urinary iodine; Thyroid peroxidase antibody; Thyroglobulin antibody; Thyroid nodule

碘摄入量过高、过低均会导致甲状腺疾病。海南作为中国唯一的热带岛屿,自开展食盐加碘工作以来,在普及碘盐、消除碘缺乏疾病方面做了大量工作,但其甲状腺疾病的相关流行病学资料一直缺失,也缺乏甲状腺疾病与碘营养状况之间的研究分析。因此进一步调查海南省居民的碘营养状况和甲状腺疾病患病率,可为碘摄入提供政策制定方面的依据,也有利于甲状腺疾病防治方面指导意见的确立。

对象与方法

1. 对象:采取多阶段分层整群随机抽样法,第 1 阶段,于 2018~2020 年在海南省 19 个市县中随机抽取 6 个市县;第 2 阶段,采用系统随机抽样的方法,在每个市县中抽取 2 个乡及 2 个城镇社区作为调查点,其中中市政府所在地随机抽取 2 个社区作为城镇调查点,随机抽取其管辖的 2 个乡作为农村调查点;第 3 阶段,从抽中的城镇和农村调查点中随机抽取 2 个居委会/村委会;第 4 阶段,从抽中的居委会或村委会中随机选择符合纳入标准的合格调查对象。排除标准:(1)年龄 < 18 岁;(2)合并恶性肿瘤、慢性肾功能衰竭、肝功能异常;(3)妊娠;(4)正在服用含碘药物;(5)近半年内使用过含碘造影剂;(6)患有精神疾病。本研究经海南省人民医院伦理委员会审核批准,所有受试者均签署知情同意书。

2. 方法

(1)调查方法:参与研究的医务人员经过统一培训,采用统一的流行病学调查表,与调查对象进行面对面的问卷调查及标本采集、彩超检查。

(2)生化项目及激素测定:采用全自动化学发光免疫分析仪检测促甲状腺激素(TSH)、甲状腺过氧化物酶抗体(TPOAb)、甲状腺球蛋白抗体(TgAb)水平。正常参考值范围:TSH:0.27~4.20 mIU/L;TPOAb:0~34 IU/L;TgAb:0~50 IU/L。留取调查对象的空腹清晨中段尿,采用砷铈催化分光光度法检测尿碘浓度(UIC)。UIC $< 50.0 \mu\text{g/L}$ 为碘重度缺乏; $50.0 \mu\text{g/L} \leq \text{UIC} < 100.0 \mu\text{g/L}$ 为碘缺乏; $100.0 \mu\text{g/L} \leq \text{UIC} < 200.0 \mu\text{g/L}$ 为碘适量; $200.0 \mu\text{g/L} \leq \text{UIC} < 300.0 \mu\text{g/L}$

为碘超适量; $\text{UIC} \geq 300.0 \mu\text{g/L}$ 为碘过量。将碘重度缺乏和碘缺乏者作为 U1 组,碘适量者作为 U2 组,碘超适量者作为 U3 组,碘过量者作为 U4 组。

(3)甲状腺彩超检查:甲状腺结节根据甲状腺彩超检查结果确诊,并记录结节直径和性质。

3. 统计学处理:应用 SPSS 23.0 软件进行统计分析。不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用非参数检验。计数资料以例数和百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 进食海带或紫菜对尿碘的影响:共调查 1 981 例受试者,其中食用加碘盐者 1 933 例(97.6%);近 3 天进食海带或紫菜者 282 例(14.2%)。近 3 天进食海带或紫菜者尿碘中位数(MUI)高于近 3 天未进食海带或紫菜者[174.7(108.2, 260.6) $\mu\text{g/L}$ 比 148.3(96.0, 216.7) $\mu\text{g/L}$, $P < 0.001$]。

2. 碘营养状况:进一步对 1 699 例近 3 天未进食海带或紫菜受试者(其中男 589 例,女 1 110 例)进行碘营养状况分析,其 MUI 为 148.8(96.0, 216.7) $\mu\text{g/L}$;U1 组 463 例(27.3%) [包括碘重度缺乏 121 例(7.1%)、碘缺乏 342 例(20.1%)] , U2 组 729 例(42.9%) , U3 组 349 例(20.5%) , U4 组 158 例(9.3%)。男性受试者 MUI 高于女性[158.7(106.8, 219.8) $\mu\text{g/L}$ 比 142.2(88.3, 214.9) $\mu\text{g/L}$, $P < 0.001$]。城市受试者 815 例,农村受试者 884 例,城市受试者与农村受试者 MUI 比较差异无统计学意义[148.6(93.2, 212.9) $\mu\text{g/L}$ 比 154.0(99.7, 220.9) $\mu\text{g/L}$, $P = 0.570$]。18~29 岁、30~39 岁、40~49 岁、50~59 岁、60~69 岁、 ≥ 70 岁受试者分别为 179 例、296 例、368 例、520 例、258 例、78 例,其 MUI 分别为 157.1(100.9, 225.6) $\mu\text{g/L}$ 、150.5(95.6, 216.9) $\mu\text{g/L}$ 、159.8(103.5, 235.8) $\mu\text{g/L}$ 、145.8(89.6, 208.3) $\mu\text{g/L}$ 、137.4(91.2, 212.5) $\mu\text{g/L}$ 、131.4(100.9, 206.6) $\mu\text{g/L}$, 6 个年龄段受试者 MUI 比较差异无统计学意义($P = 0.065$),但 40~49 岁受试者 MUI 高于 ≥ 70 岁受试者($P = 0.038$)。

3. 不同 UIC 受试者 TSH 水平比较:1 699 例近 3 天未进食海带或紫菜受试者中, TSH 水平异常 192 例(11.3%), 其中 TSH 水平降低 50 例(3.0%), TSH 水平升高 142 例(8.4%)。U1 组、U2 组、U3 组及 U4 组 TSH 水平降低、TSH 水平正常及 TSH 水平升高患者比例比较差异均无统计学意义($P>0.05$), 但 U4 组 TSH 升高患者比例高于 U2 组($P<0.05$), 而其余两组间比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表 1 不同 UIC 受试者 TSH 水平比较[例, (%)]

组别	例数	TSH 水平降低	TSH 水平正常	TSH 水平升高
U1 组	463	14(3.0)	408(88.1)	41(8.9)
U2 组	729	19(2.6)	657(90.1)	53(7.3)
U3 组	349	9(2.6)	311(89.1)	29(8.3)
U4 组	158	8(5.1)	131(82.9)	19(12.0) ^a
P 值		0.400	0.073	0.256

注:与 U2 组比较, ^a $P<0.05$

4. 不同 UIC 及性别 TPOAb、TgAb 阳性、甲状腺结节患者比例比较:1 699 例近 3 天未进食海带或紫菜受试者中, TPOAb 阳性 343 例(20.2%); TgAb 阳性 320 例(18.8%); TPOAb 及 TgAb 同时阳性 211 例(12.4%); 甲状腺结节 676 例(39.8%), 结节直径>1 cm 251 例, 单发结节 544 例[囊性 80 例(14.7%)、实性 266 例(48.9%)、囊实性 198 例(36.4%)], 多发结节 132 例。U1 组、U2 组、U3 组、U4 组间及任意两组间 TPOAb 阳性及甲状腺结节患者比例比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。U1 组、U2 组、U3 组及 U4 组 TgAb 阳性患者比例比较差异有统计学意义($P<0.05$), 其中 U4 组高于 U2 组、U3 组(P 均 <0.05)。见表 2。女性 TPOAb 阳性、TgAb 阳性及甲状腺结节患者比例均高于男性[23.5% (261/1 110) 比 11.4% (67/589); 24.8% (275/1 110) 比 7.6 (45/589); 44.7% (496/1 110) 比 35.7% (210/589), P 均 <0.001]。

表 2 不同 UIC 组患者 TPOAb、TgAb 阳性、甲状腺结节患者比例比较[例, (%)]

组别	人数	TPOAb 阳性	TgAb 阳性	甲状腺结节
U1 组	463	103(22.2)	97(21.0)	185(40.0)
U2 组	729	137(18.8)	131(18.0) ^a	289(39.7)
U3 组	349	69(19.8)	50(14.3) ^a	145(41.5)
U4 组	158	34(21.5)	43(27.4)	57(36.1)
P 值		0.450	0.023	0.637

注:与 U4 组比较, ^a $P<0.05$

讨 论

碘是合成甲状腺激素的原料。我国碘缺乏病分布广泛, 从上世纪 50 年代起我国陆续在部分缺碘地区开始食盐加碘。海南岛沿海地区海产品丰富, 但中部山

区经济、交通欠发达, 海产品摄入有限。在上世纪七、八十年代的调查中, 海南有 7 个县为碘缺乏病病区。后实施食盐加碘, 碘缺乏逐渐改善。海南省在 2010 年达到碘缺乏病消除标准^[1], 此后海南省疾病预防控制中心多次开展碘缺乏病的病情监测工作, 但碘营养评估对象均为妇女或儿童^[2-5], 尚缺乏海南省普通居民的碘营养评估数据。本研究通过多阶段分层整群随机抽样方法, 对海南省 18 岁以上居民碘营养状况有了进一步认识。

人体中 80% 以上的碘来自食物, 食物中碘的主要来源是碘盐、高碘食物。海产品中海藻类碘的含量最高。紫菜干碘含量为 4 323 μg/100 g, 海带干碘含量为 36 240 μg/100 g^[6]。韩国为高海产品摄入国家, 其居民的 MUI 为 294 μg/L^[7], 接近碘过量。本研究通过 282 例近 3 天进食海带或紫菜居民与 1 699 例未进食海带或紫菜居民对比, 发现近 3 天进食海带或紫菜居民 MUI 较未进食居民高, 但近 3 天进食海带或紫菜居民 MUI 处于 174.7 μg/L 碘适量水平, 说明在海南省加碘盐食用率达 97.6% 及丰富海产品摄入背景下的居民, 碘营养状况适宜。但仍有部分人处于碘缺乏状态, 尤其是老年人和女性, 其均应增加碘的摄入。

90% 碘随尿液排出, 尿液标本相对易获取, 因此尿碘常用作评估人体碘营养状态的指标。UIC 指个体尿液的检测结果, 因人群 UIC 呈偏态分布, 故用 MUI 描述群体尿碘水平。足够样本量的随机 1 次尿碘足以评估群体的碘营养状况。目前海南食盐加碘的浓度是 18~25 mg/kg。阎玉芹等^[8]的研究指出, 若某人群的 MUI≥100 μg/L, UIC<100 μg/L 比例<50%, 而 UIC<50 μg/L 比例<20%, 则可判断该人群碘营养状态良好。据此标准, 海南省普通居民碘营养状况处于适宜状态。广州为我国南部沿海城市, 其体检人群 MUI 为 134.3 μg/L^[9]。哈尔滨为我国东北内陆城市, 食用碘盐人群 MUI 为 174 μg/L^[10]。北京市成年男性、育龄女性 MUI 分别为 155 μg/L、147 μg/L^[11]。李玉姝等^[12]分别对辽宁省及河北省的 3 个农村社区(未食用加碘盐+水碘正常、食用加碘盐+水碘正常、食用加碘盐+水源性高碘)进行 UIC 检查, 发现 MUI 分别为 103.15 μg/L、374.76 μg/L 和 614.61 μg/L。本研究中海南省居民 MUI 为 148.3 μg/L。因此, 海南省碘营养与全国大部分地区差异不大, 原因包括:(1)碘营养与当地加碘盐的普及、水碘含量密切相关;(2)随着交通的便利, 海带、紫菜、鱼等富碘产品可运输至内陆, 内陆及沿海地区富碘食物摄入量的差异减小。

孕期碘同时供应母体及胎儿需求, 哺乳期碘可从血浆中浓集到乳汁, 乳汁中含碘量为血浆的 2~3 倍,

故女性比男性更易受缺碘的影响。本研究结果显示,女性 MUI 比男性低,与既往文献报道一致^[6,9]。

本研究中,40~49 岁受试者 MUI 高于≥70 岁受试者。陈燕等^[9]报道青壮年 MUI 较高,而中老年 MUI 较低;张启暝等^[13]报道 60~70 岁人群 MUI 最低,与本研究结果一致。考虑与中年人进食量较多而老年人食量下降有关。

本研究中 9.3% 受试者为碘过量,U4 组 TSH 升高患者比例高于 U2 组。研究证实碘摄入量增加可能会提高临床和亚临床甲状腺功能减退发生的风险^[14-15]。高碘可通过诱导甲状腺细胞凋亡、辅助性 T 淋巴细胞(Th)1/Th2 细胞平衡失调、自由基损伤与免疫活性物质释放、甲状腺球蛋白抗原性改变等途径导致甲状腺损伤^[16]。高碘摄入可促使具有自身免疫背景者易于发生甲状腺功能减退。过量的碘还可通过碘阻断效应(Wolff-Chaikoff 效应)^[17],抑制碘的有机化过程,从而导致甲状腺功能减退。

本研究中甲状腺结节患病率为 39.8%。既往 Meta 分析结果显示,我国大陆地区甲状腺结节患病率为 32%^[18]。本研究中 TPOAb 阳性率为 20.2%,TgAb 阳性率为 18.8%,不同 UIC 组 TPOAb 阳性及甲状腺结节患者比例比较差异均无统计学意义,但不同 UIC 组 TgAb 阳性患者比例差异有统计学意义。王新玲等^[19]报道新疆乌鲁木齐市居民 TPOAb 阳性率为 16.6%,TgAb 阳性率为 23.2%,与本研究结果相似。李玉姝等^[12]发现盘山、彰武和黄骅社区(分别为低碘、中碘、高碘地区)TPOAb 和 TgAb 阳性患者比例比较差异均无统计学意义。多项研究报道 UIC 与 TSH、促甲状腺素受体抗体(TRAB)、TPOAb 及甲状腺结节的发生均无相关性^[10,20]。但也有相反的观点,李玉杰等^[21]报道与碘适量组相比,碘含量的降低或升高均可导致甲状腺单发结节发病率上升。既往研究显示,高碘组人群 TgAb 阳性率高于正常组和缺碘组^[22],高碘可导致甲状腺球蛋白抗原性改变,产生新的抗原决定簇,从而激活 T 淋巴细胞发生免疫反应^[23],导致甲状腺功能减退。女性为自身免疫疾病高发人群,本研究中,女性 TPOAb、TgAb 及甲状腺结节患者比例均高于男性,与既往文献报道结果一致^[10,14]。

综上,虽然海南省存在高海产品摄入的饮食环境,但海南省碘营养状态总体处于适宜水平,而女性及老年人更易受缺碘的影响,需要加强碘的补充。同时碘

过量可导致甲状腺功能减退的发病率升高及 TgAb 阳性率增加,因此提倡科学个体化补碘。

参 考 文 献

- [1] 苏英迪,王红美,吴柳坚,等. 海南省实现消除碘缺乏病目标考核评估结果分析[J]. 中国热带医学,2011,11(11):1348-1349.
- [2] 吴红英,刘璞瑜,王兴任,等. 海南省重点人群碘营养状况及其与水碘、盐碘的相关性[J]. 中华地方病学杂志,2020,39(9):673-677.
- [3] 吴红英,王红美. 海南省孕妇碘营养状况及相关因素分析[J]. 中国地方病防治杂志,2017,32(7):738-741.
- [4] 王兴任,江媚,王红美,等. 海南省 2017 年重点人群碘营养状况调查[J]. 中国热带医学,2018,18(8):779-782.
- [5] 吴红英,王莹莹,王红美,等. 海南省 2015 年中晚期孕妇碘营养水平现状分析[J]. 中国热带医学,2016,16(8):785-788.
- [6] 孙殿军,滕卫平,杨月欣,等. 中国居民补碘指南[M]. 北京:人民卫生出版社,2018,5.
- [7] Chung JH. Evaluation of Thyroid Hormone Levels and Urinary Iodine Concentrations in Koreans Based on the Data from Korea National Health and Nutrition Examination Survey VI (2013 to 2015) [J]. Endocrinol Metab (Seoul),2018,33(2):160-163.
- [8] 阎玉芹,陈祖培. 正确和规范化使用“尿碘”这一生物学指标[J]. 中国地方病学杂志,2002,21(6):512-514.
- [9] 陈燕,胡丽,刘思敏,等. 广州市体检人群碘营养状态与甲状腺情况的调查分析[J]. 深圳中西医结合杂志,2021,31(1):5-6.
- [10] 陈萍,吴东红,连立新,等. 哈尔滨市人群尿碘含量与甲状腺功能和甲状腺结节的相关性分析[J]. 中国医药,2018,13(9):1332-1335.
- [11] 牡丹,任海林,刘博,等. 2016-2019 年北京市不同人群碘营养水平监测结果分析[J]. 预防医学情报杂志,2021,37(9):1189-1193.
- [12] 李玉姝,金迎,滕卫平,等. 碘摄入量不同地区人群甲状腺自身抗体的流行病学研究[J]. 上海免疫学杂志,2002,22(2):91-95.
- [13] 张启暝,董晓秋,王思明,等. 居民碘营养状况及甲状腺结节的危险因素分析[J]. 中国超声医学杂志,2021,37(2):128-131.
- [14] 单忠艳,滕卫平,李玉姝,等. 碘致甲状腺功能减退症的流行病学对比研究[J]. 中华内分泌代谢杂志,2001,17(2):71-74.
- [15] 马南希,林志楠,刘国良. 碘过多病的发生、特征及处理特点[J]. 实用糖尿病杂志,2020,16(6):2-4.
- [16] 徐韬,安家璇,胡俊峰. 高碘致甲状腺损伤的机制研究进展[J]. 国外医学(卫生学分册),2003,30(6):337-342.
- [17] Heymann WR. Potassium iodide and the wolff-chaikoff effect; relevance for the dermatologist [J]. J Am Acad Dermatol,2000,42(3):490-492.
- [18] 霍立双,刘丰雨,高琛,等. 我国大陆地区甲状腺结节患病率 Meta 分析[J]. 河北医科大学学报,2017,38(2):138-141,205.
- [19] 王新玲,热孜万古丽·乌斯曼,马福慧,等. 新疆乌鲁木齐市常住居民甲状腺功能、甲状腺自身抗体与尿碘变化的分析[J]. 中华流行病学杂志,2015,36(8):811-814.
- [20] 莫慧,李繁. 甲状腺结节性疾病尿碘水平与临床病理关系[J]. 影像研究与医学应用,2018,2(6):180-181.
- [21] 李玉杰,黄军,李子卓,等. 甲状腺结节超声表现与尿碘含量的相关性研究[J]. 哈尔滨医科大学学报,2018,52(1):62-66.
- [22] Rose NR, Rasooly L, Saboori AM, et al. Linking iodine with autoimmune thyroiditis [J]. Environ Health Perspect, 1999, 107 (Suppl 5): 749-752.
- [23] Verma S, Hutchings P, Guo J, et al. Role of MHC class I expression and CD8(+) T cells in the evolution of iodine-induced thyroiditis in NOD-H2(h4) and NOD mice [J]. Eur J Immunol,2000,30(4):1191-1202.

(收稿日期:2021-08-05)

(本文编辑:周三凤)