

引用格式:

涂业苟, 喻爱林, 阙生全, 金明霞, 谢谷艾, 熊彩云. 松褐天牛不同虫态的营养成分评价[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(2): 197–202.

TU Y G, YU A L, QUE S Q, JIN M X, XIE G A, XIONG C Y. Analysis of nutritional components of *Monochamus alternatus* in different developmental stages[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2021, 47(2): 197–202.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



松褐天牛不同虫态的营养成分评价

涂业苟, 喻爱林, 阙生全, 金明霞, 谢谷艾, 熊彩云

(江西省林业科学院, 江西 南昌 330013)

摘要: 测定松褐天牛蛹、幼虫、雌成虫、雄成虫的水分、粗蛋白质、粗脂肪、碳水化合物、脂肪酸、氨基酸和微量元素的含量, 评价不同虫态的营养价值水平。结果表明: 松褐天牛幼虫、蛹、雌成虫和雄成虫的水分含量分别为 69.69%、61.26%、55.10% 和 51.76%; 粗蛋白质含量分别为 37.81%、46.36%、67.82% 和 69.85%, 粗脂肪含量分别为 33.96%、27.73%、11.94% 和 9.83%, 油酸含量分别为 62.483%、61.988%、43.977% 和 44.049%, 必需脂肪酸含量分别为 8.156%、6.356%、13.138% 和 13.103%, 总氨基酸含量分别为 346.70、414.94、625.93 和 650.21 mg/g, 必需氨基酸含量占总氨基酸的比例分别为 35.99%、36.40%、31.56% 和 32.00%, 美味氨基酸含量分别占总氨基酸的 34.98%、37.31%、35.56% 和 35.89%; 必需氨基酸与非必需氨基酸的比值分别为 0.562、0.572、0.461 和 0.471, 必需氨基酸指数分别为 100.11、87.49、84.40 和 85.12; 松褐天牛含有丰富的微量元素, 幼虫中的 Ca、Mg 含量均最高, 分别为 894.62、2994.52 mg/kg; 雌成虫中的 Zn、Fe 含量均最高, 分别为 116.54、265.20 mg/kg; 雄成虫中的 Cu、Mn、Se 含量均最高, 分别为 91.76、37.90、128.00 mg/kg。松褐天牛具有较高的营养价值。

关键词: 松褐天牛; 不同虫态; 营养成分; 脂肪酸; 氨基酸; 微量元素

中图分类号: S763.38

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2021)02-0197-06

Analysis of nutritional components of *Monochamus alternatus* in different developmental stages

TU Yegou, YU Ailin, QUE Shengquan, JIN Mingxia, XIE Gu'ai, XIONG Caiyun

(Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang, Jiangxi 330013, China)

Abstract: To evaluate nutritional value of *Monochamus alternatus* in different developmental stages, the contents of water, crude protein, crude fat, carbohydrate, fatty acid, amino acid and inorganic element of *Monochamus alternatus* were determined. The results showed that *Monochamus alternatus* larva, pupa, female adult and male adult respectively contained 69.69%, 61.26%, 55.10% and 51.76% water; respectively contained 37.81%, 46.36%, 67.82% and 69.85% crude protein; respectively contained 33.96%, 27.73%, 11.94% and 9.83% crude fat; respectively contained 62.483%, 61.988%, 43.977% and 44.049% oleic acid, including 8.156%, 6.356%, 13.138% and 13.103% essential fatty acid respectively. The total amino acid contents were 346.70, 414.94, 625.93 and 650.21 mg/g, respectively in larva, pupa, female adult and male adult *Monochamus alternates*, in which the total essential amino acid contents accounted for 35.99%, 36.40%, 31.56% and 32.00% of the total amino acids, respectively, while the delicious amino acids accounted for 12.13%, 15.48%, 22.26% and 23.33% of the total amino acids, respectively. The ratio of essential to nonessential amino acids was 0.562, 0.572, 0.461 and 0.471 for larva, pupa, female adult and male adult *Monochamus alternates* respectively and the essential amino acid index was 100.11, 87.49, 84.40 and 85.12, respectively. *Monochamus alternatus*

收稿日期: 2020-03-09

修回日期: 2020-11-05

基金项目: 江西省林业科学院重点项目(2016512501); 江西省林业局科技创新专项(201909)

作者简介: 涂业苟(1977—), 男, 江西永丰人, 硕士, 副研究员, 主要从事农林病虫害防治和昆虫资源利用研究, 49745125@qq.com

had rich trace elements. The larva had the highest Ca and Mg concentration which was 894.62 and 2994.52 mg/kg, respectively. The female adult had the highest Zn and Fe concentration which was 116.54 and 265.20 mg/kg, respectively. The male adult had the highest Cu, Mn and Se concentration which was 91.76, 37.90 and 128.00 mg/kg, respectively. In conclusion, *Monochamus alternatus* had high nutritional value.

Keywords: *Monochamus alternatus*; different developmental stage; nutritional components; fatty acid; amino acids; trace elements

全世界可食用昆虫有 1000 多种, 中国可食用昆虫种类有 170 多种^[1-2]。国内外对鳞翅目和鞘翅目可食用昆虫如达摩凤蝶(*Papilio demoleus*)^[3]、枯叶蛱蝶(*Kallima inachus*)^[4]、大帛斑蝶(*Idea leuconoe*)^[5]、金银花尺蠖(*Heterolocha jinyinhuaphaga*)^[6]、麻点豹天牛(*Coscinesthes salicis*)^[7]、中华豆芫菁(*Epicauta chinensis*)^[8]、大麦虫(*Zophobas atratus*)^[9]、云斑天牛(*Batocera lineolata*)^[10]、棕榈象鼻虫(*Rhynchophorus phoenicis*)^[11]、长角牛甲虫(*Analeptes trifasciata*)^[12]的营养成分及其评价的结果表明, 不同种类昆虫的营养成分存在一定的差异; 同一种昆虫, 其不同虫态的营养成分也有差异。松褐天牛(*Monochamus alternatus* Hope)是中国南方分布比较广泛的松林蛀干害虫, 也是松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus* Nickle)最主要的传播媒介^[13-14]。对松褐天牛的研究主要集中于生物学特性、人工饲养、防治等方面^[15-17]。笔者测定了松褐天牛不同虫态的营养成分含量, 评价其营养价值水平, 以期对松褐天牛资源开发提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

于江西省奉新县干洲镇马尾松林内采集松褐天牛 4 龄中期幼虫、化蛹后 2 d 左右的新蛹、雄成虫和产卵前期雌成虫。

1.2 方法

对松褐天牛幼虫和成虫进行饥饿 24 h 处理后, 与蛹样品一同在 105 °C 条件下烘烤 1 h, 再调至 80 °C 直至烘干。

松褐天牛各虫态的水分、灰分、粗脂肪、粗蛋白质、脂肪酸、氨基酸等营养成分含量分别参照 GB 5009.3—2016、GB 5009.4—2016、GB 5009.6—2016、GB 5009.5—2016、GB 5009.168—2016、GB 5009.124—2016 方法测定。

分别参照 GB 5009.90—2016、GB 5009.92—2016、GB 5009.13—2017、GB 5009.14—2017、GB 5009.93—2017、GB 5009.241—2017、GB 5009.242—2017 测定松褐天牛各虫态的铁、钙、铜、锌、硒、镁、锰等矿物质和微量元素含量。

1.3 数据处理

所有数据采用 SPSS 20.0 进行分析处理。

根据氨基酸的分析结果, 参照蒲正宇等^[4]和向玉勇等^[6]的方法, 计算氨基酸评分、化学分及必需氨基酸指数。

2 结果与分析

2.1 松褐天牛各虫态的营养成分

测算结果表明, 每头松褐天牛 4 龄幼虫平均鲜质量为 0.271 1 g, 蛹平均鲜质量为 0.321 8 g, 雌成虫平均鲜质量为 0.258 4 g, 雄成虫平均鲜质量为 0.251 7 g。

由表 1 可知, 松褐天牛幼虫水分含量最高, 雄成虫的最低; 雄成虫的粗蛋白质含量最高, 幼虫的最低, 但均高于猪肉的^[18]; 雄成虫的粗脂肪含量最低, 幼虫的最高, 但远低于猪肉的; 幼虫碳水化合物含量最高, 雌成虫的最低, 远高于猪肉、鸡肉和羊肉的^[18]; 雌成虫灰分最高, 幼虫的最低。

表 1 松褐天牛各虫态的营养成分含量

虫态	水分	粗脂肪	粗蛋白质	灰分	碳水化合物	%
幼虫	69.69±0.59	33.96±0.58	37.81±0.72	3.27±0.31	24.96±0.47	
蛹	61.26±0.57	27.73±0.76	46.36±0.77	4.53±0.56	21.38±0.76	
雌成虫	55.10±0.43	11.94±0.51	67.82±0.59	10.10±0.89	10.14±0.78	
雄成虫	51.76±0.38	9.83±1.01	69.85±0.70	7.80±0.42	12.52±0.19	

2.2 松褐天牛各虫态的脂肪酸含量

由表 2 可知, 松褐天牛各虫态的脂肪酸中, 油酸含量最高, 其中幼虫的油酸含量最高; 雌成虫的亚油酸含量最高, 蛹的最低; 蛹的亚麻酸含量最高。松褐天牛不饱和脂肪酸含量均较高, 其中以幼虫的含量最高, 雄成虫的最低, 但与雌成虫的相当。单不饱和脂肪酸所占比例较高, 为 48.080%~69.088%。

多不饱和脂肪酸的含量为 6.356%~13.138%, 以雌成虫含量最高。松褐天牛的饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸及多不饱和脂肪酸的比值(S/M/P)随着虫态的变化而差异较大, 但均优于猪油和牛油的^[19]。不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸的比值(P/S)均较高, 达 1.905~3.773, 高于猪肉、牛肉和大多数禽类食品^[20]。

表 2 松褐天牛各虫态的脂肪酸含量

虫态	月桂酸	肉豆蔻酸	棕榈酸	棕榈油酸	硬脂酸	油酸
幼虫	0.068±0.004	0.291±0.011	17.791±0.058	4.318±0.120	1.850±0.044	62.483±0.912
蛹	0.093±0.008	0.337±0.017	17.756±0.123	7.065±0.313	1.579±0.049	61.988±0.920
雌成虫	0.085±0.007	0.396±0.030	23.935±0.775	1.061±0.069	6.402±0.288	43.977±0.395
雄成虫	0.111±0.017	0.419±0.034	24.898±0.419	0.912±0.017	5.921±0.169	44.049±0.457

虫态	亚油酸	亚麻酸	二十烷酸	二十烷烯酸	其他
幼虫	8.131±0.124	0.024±0.005	0.202±0.011	0.616±0.031	4.226±0.945
蛹	5.968±0.467	0.388±0.029	0.230±0.026	0.035±0.007	4.561±0.692
雌成虫	13.138±0.611	—	0.615±0.022	3.866±0.172	6.524±0.313
雄成虫	13.103±0.425	—	0.775±0.110	3.119±0.176	6.693±0.542

“—”表示未检出。

2.3 松褐天牛各虫态的氨基酸含量

由表 3 可知, 松褐天牛各虫态均检测出 17 种氨基酸, 含 7 种必需氨基酸。松褐天牛氨基酸总量较高, 远高于猪肉的^[18], 雄成虫的最高, 幼虫的最低, 远高于人体每日基本需要量。在必需氨基酸中, 除色氨酸未检测外, 7 种必需氨基酸达 124.78~208.05 mg/g, 占总氨基酸的 31.56%~36.40%, 以蛹的最高, 为 36.40%, 接近于 FAO/WHO

理想值(40%)。蛹的必需氨基酸与非必需氨基酸比值最高, 为 0.572, 其次为幼虫的, 为 0.562, 均接近于 FAO/WHO 理想值(0.6)。松褐天牛各虫态的呈鲜味氨基酸(天冬氨酸、谷氨酸)和呈甘味氨基酸(丙氨酸、甘氨酸)占氨基酸总量的 34.98%~37.31%, 以蛹的最高; 虽幼虫的呈味氨基酸最低, 但其谷氨酸占氨基酸总量的比例最高, 为 13.40%。

表 3 松褐天牛各虫态的氨基酸含量

虫态	天冬氨酸	苏氨酸*	丝氨酸	谷氨酸	甘氨酸	丙氨酸	胱氨酸	缬氨酸*	蛋氨酸*
幼虫	32.33	15.73	17.29	46.46	22.09	20.38	1.22	3.68	25.13
蛹	36.51	19.35	20.37	53.14	26.48	38.67	1.83	4.62	28.96
雌成虫	42.75	23.00	24.46	59.40	65.15	55.31	3.12	5.56	38.38
雄成虫	42.95	24.06	25.19	61.19	70.18	59.02	3.27	5.41	40.86

虫态	异亮氨酸*	亮氨酸*	酪氨酸	苯丙氨酸*	组氨酸	赖氨酸*	精氨酸	脯氨酸
幼虫	18.93	28.16	22.38	13.94	23.23	19.21	16.04	20.51
蛹	22.73	40.19	2.54	14.83	43.95	20.36	18.84	21.57
雌成虫	31.59	55.57	19.32	16.28	95.38	27.18	23.58	39.90
雄成虫	33.59	59.13	18.73	16.70	96.22	28.30	24.26	41.15

“*”示必需氨基酸。

将松褐天牛各虫态的氨基酸检测结果与 1973 年 FAO 模式的含量^[21]加以比较, 分析松褐天牛各

虫态的氨基酸分、化学分, 结果列于表 4。根据氨基酸分和化学分的结果, 松褐天牛各虫态的第一限

制氨基酸均为赖氨酸(Lys),其含量偏低,雌成虫得分最低,氨基酸分和化学分分别为0.73和0.57;各虫态中含异亮氨酸、亮氨酸和缬氨酸均高于FAO评分模式的氨基酸含量,含蛋氨酸+胱氨酸(Met+Cys)均低于FAO评分模式的氨基酸含量,其

余必需氨基酸含量接近或高于FAO评分模式的氨基酸含量。根据必需氨基酸指数的评价标准^[22],幼虫的必需氨基酸指数最高,为100.11,属于优质蛋白源;其次是蛹,属于良好蛋白源;成虫最低,属于可用蛋白源。

表4 松褐天牛各虫态必需氨基酸的评价

Table 4 Evaluation of essential amino acid composition of *Monochamus alternatus* in different developmental stages

氨基酸	含量/(mg·g ⁻¹)						氨基酸分				化学分			
	FAO模式	全鸡蛋	幼虫	蛹	雌成虫	雄成虫	幼虫	蛹	雌成虫	雄成虫	幼虫	蛹	雌成虫	雄成虫
异亮氨酸	40	54	50.06	49.03	46.58	48.09	1.25	1.23	1.16	1.20	0.93	0.91	0.86	0.89
亮氨酸	70	86	74.47	86.69	81.94	84.65	1.06	1.24	1.17	1.21	0.87	1.01	0.95	0.98
赖氨酸	55	70	50.81	43.92	40.07	40.51	0.92	0.80	0.73	0.74	0.73	0.63	0.57	0.58
蛋氨酸+胱氨酸	35	57	12.96	13.92	12.80	12.43	0.37	0.40	0.37	0.36	0.23	0.24	0.22	0.22
苯丙氨酸+酪氨酸	60	93	96.06	37.47	52.49	50.72	1.60	0.62	0.87	0.85	1.03	0.40	0.56	0.55
苏氨酸	40	47	41.59	41.74	33.92	34.45	1.04	1.04	0.85	0.86	0.88	0.89	0.72	0.73
缬氨酸	50	66	66.46	62.47	56.60	58.49	1.33	1.25	1.13	1.17	1.01	0.95	0.86	0.89

2.4 松褐天牛各虫态的矿物质及微量元素

由表5可知,松褐天牛各虫态均含有人体必需的矿物质及微量元素,如Cu、Zn、Fe、Mg等。幼虫中的Ca、Mg含量均最高,蛹次之,成虫的最低,

但均高于猪肉及鸡肉的^[18];雌成虫中的Zn、Fe含量均最高,均高于羊肉的^[18];雄成虫中的Cu、Mn、Se含量均最高,均高于鸡肉的^[18]。

表5 松褐天牛各虫态的矿物质元素含量

Table 5 Content of inorganic elements of *Monochamus alternatus* in different developmental stages

虫态	Cu	Zn	Fe	Mn	Ca	Mg	Se
幼虫	45.75±0.94	86.93±0.42	71.10±0.71	31.74±0.74	894.62±13.95	2994.52±38.01	18.76±0.26
蛹	33.73±0.42	73.80±0.50	15.73±0.30	23.73±0.65	799.40±6.90	2708.59±23.38	51.38±0.86
雌成虫	90.83±0.86	116.54±1.24	265.20±6.99	35.35±0.34	601.84±3.61	1281.38±28.25	115.00±1.68
雄成虫	91.76±1.00	86.67±0.61	209.47±3.82	37.90±0.72	604.87±3.53	1190.99±22.66	128.00±2.75

3 结论与讨论

本研究结果表明,松褐天牛各虫态中的粗蛋白质含量均在37.81%以上,成虫的最高,幼虫的最低,这与云斑天牛、黄粉虫、大麦虫等鞘翅目昆虫^[9-10,23]相类似。粗脂肪含量在33.96%以下,低于麻点豹天牛、粒肩天牛、桃红颈天牛、黄星斑天牛等^[7,24],但高于云斑天牛、星天牛、粗鞘双条杉天牛等的^[10,25]。松褐天牛各虫态中的碳水化合物含量在10.14%以上,远高于竹象、猪肉、鸡肉和羊肉的^[18,24],但低于洋虫、琵琶类昆虫的^[24,26]。松褐天牛Mg、Ca含量分别达1190.99、601.84 mg/kg以上,高于桃红颈天牛、粒肩天牛等的^[24],也高于猪肉、羊肉等的^[18]。

有研究表明,不饱和脂肪酸有降低“三高”的作用,油酸有降低低密度脂蛋白胆固醇的作用,必需脂肪酸起预防动脉硬化的作用^[27]。松褐天牛的不饱

和脂肪酸含量较高,达61.18%以上,特别是幼虫的不饱和脂肪酸含量高,达75.57%,与麻点豹天牛、星天牛、粗鞘双条杉天牛的^[7,25]相当,高于云斑天牛、黄粉虫、大麦虫的^[9-10,23]。松褐天牛幼虫和蛹的油酸含量高达62%左右,比云斑天牛、黄粉虫、中华豆芫菁等鞘翅目昆虫的^[8,10,23]高。松褐天牛的必需脂肪酸含量达6.36%~13.14%,高于麻点豹天牛、粗鞘双条杉天牛、尖突牙甲的^[7,25,28]。这些都表明松褐天牛具有较高的营养价值,在药用、食品、保健等方面具有开发应用前景。

松褐天牛含有17种氨基酸,氨基酸总量高达34.670 g/(100 g)以上,高于粒肩天牛、黄星斑天牛^[22]。根据FAO/WHO的要求,必需氨基酸占总氨基酸之比在40%左右以及必需氨基酸与非必需氨基酸的比值在0.6以上属于质量较好的蛋白质。松褐天牛幼虫和蛹的必需氨基酸占总氨基酸之比、必需氨基

酸与非必需氨基酸的比值依次分别为 35.99% 和 0.562、36.40% 和 0.572，均接近于 FAO/WHO 理想值，属于较好的蛋白质。根据必需氨基酸指数的评价标准^[22]，松褐天牛幼虫的必需氨基酸指数为 100.11，属于优质蛋白源；而蛹和成虫的必需氨基酸指数相对较高，前者属于良好蛋白源，后者属于可用蛋白源。松褐天牛各虫态的氨基酸组成不平衡，主要是由于其限制性氨基酸赖氨酸影响了其蛋白质的整体质量。

参考文献：

- [1] 陆剑锋, 何剑中. 可食用昆虫资源的利用历史、现状及展望[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 830–837.
LU J F, HE J Z. Review on the utilization history, current status and development trend of edible insect resources[J]. Food Science, 2006, 27(12): 830–837.
- [2] 陈晓鸣, 冯颖. 中国食用昆虫[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999: 1–144.
CHEN X M, FENG Y. The Edible Insects of China[M]. Beijing: China Science and Technology Press, 1999: 1–144.
- [3] 李文义, 杨志, 史军义, 等. 达摩凤蝶幼虫、蛹和成虫的营养成分分析[J]. 江西农业大学学报, 2014, 36(3): 556–561.
LI W Y, YANG Z, SHI J Y, et al. Analysis of nutritional components of *Papilio demoleus* larva, Pupa and adult[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2014, 36(3): 556–561.
- [4] 蒲正宇, 史军义, 姚俊, 等. 枯叶蛾蝶幼虫和蛹的营养成分分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2014, 40(4): 440–444.
PU Z Y, SHI J Y, YAO J, et al. Analysis of nutritional components in larva and Pupa of *Kallima inachus*[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2014, 40(4): 440–444.
- [5] 李文义, 杨志, 蒲正宇, 等. 大帛斑蝶幼虫和蛹的营养成分分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(11): 141–145.
LI W Y, YANG Z, PU Z Y, et al. Nutritional components of *Idea leuconoe* larva and Pupa[J]. Journal of Northwest A & F University(Natural Science Edition), 2014, 42(11): 141–145.
- [6] 向玉勇, 朱园美, 丁雅娟, 等. 金银花尺蠖幼虫、蛹和成虫的营养成分分析[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(5): 1103–1111.
XIANG Y Y, ZHU Y M, DING Y J, et al. Analysis of nutritional components of *Heterolocha jinyinhua* phaga Chu larvae, pupae and adults[J]. Chinese Journal of Applied Entomology, 2016, 53(5): 1103–1111.
- [7] 胡江, 李义龙, 杨富, 等. 麻点豹天牛的营养成分[J]. 东北林业大学学报, 2004, 32(4): 31–32.
HU J, LI Y L, YANG F, et al. Nutritional components of *Coscinesthes salicis* Gressitt[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2004, 32(4): 31–32.
- [8] 李亚林, 任国栋. 中华豆芫菁成体的营养成分测定与分析[J]. 河北大学学报(自然科学版), 2009, 29(6): 630–633.
LI Y L, REN G D. Determination and analysis of adult nourishment component of *Epicauta chinensis*[J]. Journal of Hebei University(Natural Science Edition), 2009, 29(6): 630–633.
- [9] 杨学圳, 杨伟, 杨春平, 等. 大麦虫的营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2013, 35(4): 394–396.
YANG X Z, YANG W, YANG C P, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of *Zophobas atratus* Fab[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2013, 35(4): 394–396.
- [10] 卓志航, 杨伟, 徐丹萍, 等. 云斑天牛营养成分分析与评价[J]. 营养学报, 2016, 38(4): 411–413.
ZHUO Z H, YANG W, XU D P, et al. Analysis and evaluation of nutritional components of *Batocera lineolata* Chevrolat[J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2016, 38(4): 411–413.
- [11] BANJO A D, LAWAL O A, SANGONUGA E A. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria[J]. African Journal of Biotechnology, 2006, 5(3): 298–301.
- [12] OMOTOSHO O T, ADEDIRE, C O. Nutrient composition, mineral content and the solubility of the proteins in palm weevil, *Rhychophorus phoenicis*, F(Coleoptera: Curculionidae)[J]. Journal of Zhejiang University SCIENCE B, 2007, 8(5): 318–322.
- [13] 萧刚柔. 中国森林昆虫 [M]. 2 版(增订本). 北京: 中国林业出版社, 1992.
XIAO G R. Forest Insects of China [M]. 2rd Edition. Beijing: China Forestry Publishing House, 1992.
- [14] 涂业苟, 梁玉勇, 刘晓华, 等. 松褐天牛在马尾松诱木上的分布[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(10): 38–42.
TU Y G, LIANG Y Y, LIU X H, et al. Distribution of *Monochamus alternatus* Hope on baited-wood of *Pinus massoniana*[J]. China Plant Protection, 2018, 38(10): 38–42.
- [15] 温小遂, 廖三腊, 孙计拓, 等. 林间释放花绒寄甲对松褐天牛防效的研究[J]. 江西农业大学学报, 2016, 38(3): 505–510.
WEN X S, LIAO S L, SUN J T, et al. Experiment on the efficacy of releasing *Dastarcus helophoroides* adults against *Monochamus alternatus* in pine forests[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2016, 38(3):

- 505-510 .
- [16] 陈瑞旭,王露洁,林涛,等.松墨天牛的人工饲养技术研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2017,41(1):199-202.
CHEN R X ,WANG L J ,LIN T ,et al .Rearing techniques of *Monochamus alternatus* Hope(Coleoptera :Cerambycidae) on artificial diets[J] Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition) , 2017 , 41(1) : 199-202 .
- [17] FAN J T , SUN J H . Influences of host volatiles on feeding behaviour of the Japanese pine sawyer , *Monochamus alternatus*[J] Journal of Applied Entomology , 2010 , 130(4) : 238-244 .
- [18] 杨月欣,王光亚,潘兴昌.中国食物成分表[M].北京:北京大学医学出版社,2002.
YANG Y X , WANG G Y , PAN X C . China Food Composition[M] . Beijing : Peking University Medical Press , 2002 .
- [19] 薛建平.食物营养与健康[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2002:25-26.
XUE J P . Food Nutrition and Health[M] . Hefei : University of Science and Technology of China Press , 2002 : 25-26 .
- [20] 中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所.食物成分表[M].北京:人民卫生出版社,1991:1-50.
Nutrition and Food Hygiene Institute of Chinese Preventive Medicine Academy . China Food Composition[M]. Beijing : People's Medical Press , 1991 : 1-50 .
- [21] FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee . Energy and protein requirements[R] . FAO Nutrition Meeting Report Series , 1973 , 52 : 40-73 .
- [22] 冯东勋.必需氨基酸指数EAAI在饲料中的应用[J].饲料工业,1997,18(3):21-22.
FENG D X .EAAI application in feed[J] .Feed Industry , 1997 , 18(3) : 21-22 .
- [23] 叶兴乾,苏平,胡萃.黄粉虫主要营养成分的分析和评价[J].浙江农业大学学报,1997,23(增刊1):37-40.
YE X Q ,SU P ,HU C .Chemical analysis and evaluation of protein and fat for yellow mealworm(*Tenebrio molitor* L.)[J] Journal of Zhejiang Agricultural University ,1997 , 23(S1) : 37-40 .
- [24] 冯颖,陈晓鸣,赵敏.中国食用昆虫[M].北京:科学出版社,2016:153-190.
FENG Y , CHEN X M , ZHAO M . Chinese Edible Insects[M] . Beijing : China Science and Technology Press , 2016 : 153-190 .
- [25] 黄琼,周祖基,周定刚,等.两种天牛的营养成分分析[J].东北林业大学学报,2007,35(1):49-52.
HUANG Q , ZHOU Z J , ZHOU D G , et al . Nutritional components of *Anoplophora chinensis*(Forster)and *Semanotus sinoauster* gressitt larvae[J] . Journal of Northeast Forestry University , 2007 , 35(1) : 49-52 .
- [26] 贾龙,于有志.9种鞘甲族昆虫营养成分的测定分析[J].宁夏大学学报(自然科学版),2007,28(4):360-363.
JIA L , YU Y Z .Determination of nutrition constiturnts of 9 species of Blaptini insects[J] . Journal of Ningxia University(Natural Science Edition) , 2007 , 28(4) : 360-363 .
- [27] 陈炳卿.营养与食品卫生学[M].3版.北京:人民卫生出版社,1994:6-9.
CHEN B Q . Nutrition and Food Hygiene[M] . Third Edition . Beijing : People's Medical Press , 1994 : 6-9 .
- [28] 马玉堃,郑立君,孙中武,等.三种水生甲虫营养成分分析[J].营养学报,2002,24(1):90-92.
MA Y K , ZHENG L J , SUN Z W , et al . Analysis of nutrient components of three species of aquatic beetles[J] . Acta Nutrimenta Sinica , 2002 , 24(1) : 90-92 .

责任编辑:罗慧敏
英文编辑:罗维