

## 喜旱莲子草的营养累积及对莲草直胸跳甲化蛹能力的影响

郝炯 刘艳红 张萍萍 王慧 马瑞燕\*

(山西农业大学 农学院,山西 太谷 030801)

**摘要** 本研究测定了3种不同生态型喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)的营养成分,并就各成分对莲草直胸跳甲化蛹率进行了相关性分析。结果表明:3种不同生境中的喜旱莲子草茎秆的水分、粗纤维、蛋白质和粗脂肪的含量有显著差异,水生型、湿生型和旱生型的水分含量分别为93.28%、89.16%和87.07%;粗纤维、蛋白质、粗脂肪含量均是旱生型>湿生型>水生型,纤维含量分别为4.18%、3.99%和2.46%,蛋白含量分别为0.41%、0.35%和0.25%,粗脂肪含量分别为0.0883%、0.0142%和0.0039%。莲草直胸跳甲在水生型、湿生型和旱生型喜旱莲子草上的化蛹率差异极显著:水生型最高为89.00%;湿生型居中为64.67%;旱生型最低为16.43%。喜旱莲子草营养累积对莲草直胸跳甲化蛹率的影响表明:化蛹率与水分含量呈极显著正相关,而与粗纤维、蛋白质和粗脂肪呈显著负相关。逐步回归分析表明粗脂肪和粗纤维是影响化蛹率最重要的因子。

**关键词** 莲草直胸跳甲;喜旱莲子草;营养成分;化蛹

中图分类号 S 451; S 476

文章编号 1007-4333(2011)04-0048-04

文献标志码 A

## Effects of nutritional ingredients of *Alternanthera Philoxeroides* on pupation rate of *Agasicles hygrophila*

HAO Jiong, LIU Yan-hong, ZHANG Ping-ping, WANG Hui, MA Rui-yan\*

(College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

**Abstract** *Agasicles hygrophila* can obviously reduce the damages caused by *Alternanthera philoxeroides*. In this paper, nutritional ingredients of *A. philoxeroides* were measured and correlation of nutritional ingredients with the pupation rate of *A. hygrophila* was analyzed. The results showed that hydrophytes, hygrophytes and xerophytes had different water contents, 93.285%, 89.16% and 87.07% respectively. The contents of rough fiber, protein and rough fat were in an order of xerophytes>hydrophytes>hydrophytes. Rough fiber content was 4.18%, 3.99% and 2.46%, protein 0.41%, 0.35% and 0.25%, rough fat 0.0883%, 0.0142% and 0.0039% respectively. The pupation rates of *A. hygrophila* were also significantly different, 89.00%, 64.67% and 16.43% in hydrophytes, hygrophytes and xerophytes respectively. The pupation rate was positively correlated with water content, but negatively with the percentage of rough fibre, protein and rough fat. A stepwise regression model was established for these parameters:  $Y = 119.477 - 11.463X_2 - 624.440X_4$  ( $r^2 = 0.987$ ),  $X_2$  rough fibre,  $X_4$  rough fat. It is concluded that the pupation rate was primarily affected by rough fat and rough fibre.

**Key words** *Agasicles hygrophila*; *Alternanthera philoxeroides*; nutritional ingredient; pupation

喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)原产南美洲,现已遍布北美洲、大洋洲、欧洲南部、非洲和东南亚等地区,是一种全球性的恶性杂草<sup>[1-3]</sup>。在

我国,喜旱莲子草人为引进后逸为野生,进而泛滥成灾。它生长在水域,可覆盖整个水面,排斥其他植物生长,影响鱼类等生物的生长,并且可影响水道畅

收稿日期:2010-12-16

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-08-0886);国家自然科学基金(31070480);山西省归国留学人员科研项目(2009036)

第一作者:郝炯,硕士研究生,助教,主要从事生物防治方面的研究,E-mail:haoj233@163.com

通讯作者:马瑞燕,教授、博士生导师,主要从事昆虫生态和生物防治方面的研究,E-mail:maruiyan2004@163.com

通;生长在陆地上的也同样对农作物生产及生态环境造成了极大危害<sup>[4-5]</sup>。中国国家环保局公布的首批16种重要入侵物种中,喜旱莲子草名列三甲<sup>①</sup>。

由于喜旱莲子草有很强的适应力,所以利用化学和机械防除很难解决草害。利用原产地专食性天敌控制入侵生物是保护生态、治理外来入侵物种的一种有效途径<sup>[6]</sup>。1964年,美国昆虫学家Vogt在阿根廷发现莲草直胸跳甲并引入美国防治水生型的喜旱莲子草,取得了良好效果<sup>[1-2]</sup>。莲草直胸跳甲(*Agasicles hygrophila*),属鞘翅目(Coleoptera)叶甲科(Chrysomelidae),原产于南美洲阿根廷,是喜旱莲子草的专食性天敌。我国于1986年从美国佛罗里达引种,在湖南、重庆和江西等地开展莲草直胸跳甲的越冬保护和大量繁殖释放研究,并获得成功<sup>[7-9]</sup>。莲草直胸跳甲控制喜旱莲子草的机制是:幼虫和成虫取食草的上部叶片和嫩茎,老熟幼虫钻蛀茎秆后化蛹,抑制植株的生长,从而摧毁植株<sup>[1,10]</sup>。因此,化蛹是莲草直胸跳甲完成生活史和有效控制喜旱莲子草的关键环节。前人已从喜旱莲子草的生态学和形态解剖结构对莲草直胸跳甲的化蛹能力的影响做了研究<sup>[6,11-12]</sup>。其结果表明水生型喜旱莲子草解剖结构非常有利于莲草直胸跳甲的顺利化蛹,因此在水域上可取得良好的控制效果,但喜旱莲子草在我国以陆生型居多,防治效果尚不理想<sup>[1,6-8]</sup>。

研究表明:水分对昆虫的间接影响既可能是正面的,也可能是负面的<sup>[13-14]</sup>,而营养对昆虫的影响往往是正面的<sup>[15-17]</sup>,水分和营养对昆虫的影响也表现在许多方面,可影响到昆虫的生长发育、行为和种群发生等<sup>[15,18-21]</sup>。本研究从喜旱莲子草营养成分(水分、粗脂肪、蛋白质和粗纤维)角度研究影响莲草直胸跳甲化蛹的因素,为阐明莲草直胸跳甲控草机制,更有效地防治喜旱莲子草提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 虫源

试验虫源于2006年采自浙江杭州。莲草直胸跳甲在温度25~28℃,白天光照时间:晚上光照时间=12:12,相对湿度(85±5)%的光照培养箱中进行饲养。

从田间取回新鲜的喜旱莲子草,栽入盛有清水的营养钵,每钵10多株,供成虫取食和产卵。2d换

一次喜旱莲子草,换草时,利用成虫的假死性,把换出的带有成虫和卵的喜旱莲子草抖几下,这样就把成虫和寄主植物分开。把带卵的喜旱莲子草继续水培,注意喷水保湿,直到幼虫孵化,培养至3龄。

### 1.2 试验材料

3种不同生态型的喜旱莲子草。1)水生型。生长于水体,植株生长旺盛,部分茎秆在水下,部分茎秆挺于水面;2)湿生型。生长于含水量在15%~30%土壤中,植株整株生长于陆地,但根部时有积水;3)旱生型。生长于含水量在5%~15%土壤中,整株根部从不积水。

### 1.3 方 法

将3种生态型喜旱莲子草去除心叶,从水生型、湿生型和旱生型的顶端取第6节间共3个处理,每处理3次重复,每次10个样本,共做A、B2组(A组做化蛹试验,B组做养分测量试验);每重复别接入30头莲草直胸跳甲3龄幼虫。将养虫袋置于25~28℃、L:D=12:12、相对湿度(85±5)%的培养室,待3~4d幼虫全部钻入茎秆后,记录幼虫化蛹数。

$$\text{化蛹率}/\% = \frac{\text{化蛹数}}{\text{接入老熟幼虫数}} \times 100$$

采用常规测量法测定3种不同生态型喜旱莲子草的水分(鲜重法)、粗脂肪(索氏提取法)、蛋白(凯氏定氮法)及粗纤维含量(浓酸水解定糖法)。

### 1.4 数据 分析

利用EXCEL 2003和SPSS 17.0软件对相关数据进行方差分析和多重比较,比较不同生长环境条件下喜旱莲子草的生长势;运用相关分析和简单回归与逐步回归分析营养成分含量与化蛹的关系。

## 2 结果与 分析

### 2.1 不同生态型喜旱莲子草的营养成分比较

3种生态型喜旱莲子草的水分含量与其生境水分含量呈显著正相关( $r=0.879^*$ )。而3种生态型喜旱莲子草中粗纤维、蛋白质和粗脂肪含量都与其生境中水分含量呈负相关( $r_{\text{粗纤维}}=-0.998^*$ ,  $r_{\text{蛋白质}}=-0.975^*$ ,  $r_{\text{粗脂肪}}=-0.987^*$ ),且不同生态型喜旱莲子草的水分含量,粗纤维、蛋白质和粗脂肪含量差异极显著。

① 中国 国家 环境 保护 总 局, 中 国 科 学 院. 关 于 发 布 中 国 第 一 批 外 来 入 侵 物 种 名 单 的 通 知 (环 发 2003, 第 11 号).

表1 不同生态型喜旱莲子草营养成分含量比较

Table 1 Percentage of every nutrient content in different ecotypes of *A. philoxeroides* %

生态型	水分	粗纤维	蛋白质	粗脂肪
水生型	93.28 a	2.46 b	0.25 c	0.003 9 c
湿生型	89.16 b	3.99 a	0.35 b	0.014 2 b
旱生型	87.00 c	4.18 a	0.41 a	0.088 3 a

注:不同小写字母表示0.05水平差异显著,下同。

## 2.2 喜旱莲子草营养成分积累对莲草直胸跳甲化蛹的影响

对莲草直胸跳甲在不同生态型喜旱莲子草上的化蛹率进行测定,结果表明:不同生态型喜旱莲子草上莲草直胸跳甲的化蛹率差异极显著( $F_{2,6} = 215.054^{**}$ )(图1)。水生型草上化蛹率( $89.00 \pm 1.19$ )%最高;湿生型草上( $64.67 \pm 4.08$ )%居中;旱生型草上( $16.43 \pm 0.97$ )%最低。

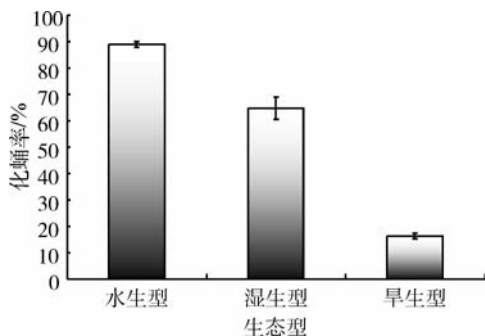


图1 不同生态型喜旱莲子草上莲草直胸跳甲的化蛹率(Turkey's 多重比较  $\alpha < 0.01$ )

Fig. 1 Mean pupation rate of *A. hygrophila* in *A. philoxeroides* at different habitats. The columns followed by different letters are significantly different (Turkey's multiple range test  $\alpha < 0.01$ )

表2反映了化蛹率与喜旱莲子草各营养成分的相关性,其中化蛹率与水分呈显著正相关,与粗纤维、蛋白质和粗脂肪均呈显著负相关。

表3为化蛹率与喜旱莲子草各营养成分的回归方程。将喜旱莲子草的4个营养成分:水分( $x_1$ )、粗纤维( $x_2$ )、蛋白质( $x_3$ )和粗脂肪( $x_4$ )与化蛹率进行逐步回归分析,方程为  $Y = 119.477 - 11.463x_2 - 624.440x_4$  ( $r^2 = 0.987$ )。该方程表明,水分和蛋白质虽然与化蛹率有很高的简单相关性,但并不是影响化蛹率最重要的因子,而粗纤维,尤其是粗脂肪是影响该虫化蛹的关键因子。

表2 喜旱莲子草营养成分与化蛹率的简单相关性

Table 2 Simple correlations between pupation rate and nutrition component of *A. philoxeroides*

相关性	化蛹率	水分	粗纤维	蛋白质	粗脂肪
化蛹率	1				
水分	0.917**	1			
粗纤维	-0.811**	-0.972**	1		
蛋白质	-0.934**	-0.991**	0.945**	1	
粗脂肪	-0.969**	-0.819**	0.669*	0.850**	1

注:\*\*表示在 $P < 0.01$ 水平上极相关;\*表示在 $P < 0.05$ 水平上相关。下同。

表3 化蛹率与喜旱莲子草营养成分的回归分析

Table 3 Regression analyze between pupation rate and nutrition component of *A. philoxeroides*

成分	回归方程	$r^2$
水分	$Y = 10.681x - 902.817$	0.841**
粗纤维	$Y = -31.640x + 168.817$	0.658**
蛋白质	$Y = -415.159x + 196.686$	0.872**
粗脂肪	$Y = -783.311x + 84.493$	0.940**

## 3 讨论

化蛹是莲草直胸跳甲完成生活史和有效控制喜旱莲子草的关键环节<sup>[11]</sup>。前人研究认为,喜旱莲子草的髓腔直径大小是影响莲草直胸跳甲化蛹能力的主要因子<sup>[1,22-24]</sup>。马瑞燕和王韧<sup>[6]</sup>从形态和解剖结构上研究表明喜旱莲子草的茎秆直径大小并非影响莲草直胸跳甲化蛹最重要的因子,而维管系统厚度是影响莲草直胸跳甲化蛹率的主要因子。水生草的茎干粗壮,髓腔大约占全茎的8/9,无次生结构。湿生型喜旱莲子草随着环境水分含量的降低,次生长增强,髓腔明显减小。旱生型草的髓腔基本为实心,木质化管胞层增多,维管柱增厚,细胞密度增大,细胞壁增厚<sup>[6]</sup>。本试验从植物营养角度分析了3种不同生态型喜旱莲子草的营养成分,进一步解释了不同生态型喜旱莲子草的结构差异。这是因为植物所处环境的不同,导致了其本身营养物质成分积累的差异,这些差异导致喜旱莲子草结构的不同,进而影响了莲草直胸跳甲的化蛹率。

寄主植物对植食性昆虫的营养效应表现为昆虫的发育速度、体重、成活率、化蛹率、羽化率和生殖率等,有些昆虫还反映在性比和翅型等特征。对于植物所提供营养成分是否满足昆虫的需要这个问题,有2种不同的看法,一种认为植物营养丰富,完全可

以满足需要<sup>[25]</sup>;另一种观点认为植物的营养成分处于亚适应的水平,与昆虫体内的成分相比,有一定的差异<sup>[26]</sup>。本试验相关分析和回归分析表明,化蛹率与各营养成分累积都有关系,粗纤维、蛋白质和粗脂肪百分含量越高,化蛹率越低。这个结论打破了以往关于“营养累积越高,越有利于其发育”的概念。

植物水分作为昆虫的营养物质之一,是昆虫生理代谢和生化反应的主要媒介。对昆虫而言,除少数能从湿度饱和的空气中直接吸收水分外,大多数昆虫体内水分的补充主要来源于食物,寄主植物组织中水分含量的高低直接影响到植食性昆虫取食、产卵及生长发育等<sup>[27]</sup>。试验结果表明水分含量越高,化蛹率越高。结合喜旱莲子草营养物质对莲草直胸跳甲化蛹的影响,说明该天敌化蛹并不是寻找营养环境好的地方,而是对适宜湿度更偏爱。

### 参 考 文 献

- [1] Coulson J R. Biological Control of Alligatorweed, 1959-1972: A Review and Evaluation [M]. US: Department of Agriculture Technical Bulletin, 1547, 1977, 98
- [2] Julien M H, Skarratt B, Maywald G F. Potential geographical distribution of alligator weed and its biological control by *Agasicles hygrophila* [J]. Aquatic Plant Management, 1995, 33:55-60
- [3] Holm L, Doll J, Holm E, et al. World weeds: natural histories and distributions [M]. New York: John Wiley Sons Inc. 1997: 37-44
- [4] 余柳青, 陆永良, 根本正之, 等. 稻田田埂植物的生物多样性 [J]. 中国水稻科学, 1999, 13(4): 254-256
- [5] 张俊喜, 李慈厚, 姜远来, 等. 空心莲子草对移栽水稻的为害损失及经济阈值研究 [J]. 上海农业学报, 2004, 20(1): 95-98
- [6] 马瑞燕, 王韧. 不同生态型的喜旱莲子草对莲草直胸跳甲化蛹能力的影响 [J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 24-30
- [7] 李宏科, 王韧. 空心莲子草叶甲的越冬保护和大量繁殖释放研究 [J]. 生物防治通报, 1994, 10(1): 11-14
- [8] Wang R. Biological control of weeds in China: A status report [C]. Proceeding 7<sup>th</sup> International Symposium on Biological Control of Weeds, 1989: 689-693
- [9] 张格成, 李继祥, 陈秀华. 曲纹叶甲防除空心莲子草 [J]. 中国南方果树, 1997, 6(5): 47-49
- [10] 黄大兴, 李伟群, 邓国容, 等. 引入曲纹叶甲防治空心莲子草研究 [J]. 广西植保, 1996(1): 1-4
- [11] 马瑞燕, 丁建清, 李佰铜, 等. 莲草直胸跳甲在不同生态型空心莲子草上的化蛹适应性 [J]. 中国生物防治, 2003b, 19(2): 54-58
- [12] Stewart C A, Chapman R B, Frampton C M A. Growth of alligator weed *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb (Amaranthaceae) and population development of *Agasicles hygrophila* Selman, Vogt (Coleoptera: Chrysomelidae) in northern New Zealand [J]. Plant Protection Quarterly, 2000, 15(3): 95-101
- [13] Holtzer T O, Archere T L, Norman J M. Host plant suitability in relation to water stress [C] // Heinrichs, E. A. Plant Stress-Insect Interactions. New York: John Wiley & Sons, 1988: 111-137
- [14] Waring G L, Cobb. The impact of plant stress on herbivore population dynamics [M] // Bernays E. A. Insect-Plant Interactions, Volume IV. Inc, Boca Raton, Florida: CRC Press, 1991: 167-226
- [15] Orians C M, Fritz R S. Genetic and soil-nutrient effects on the abundance of herbivores on willows [J]. Oecologia, 1996, 105: 338-396
- [16] Chen Y Z, Lin L, Wang C W, et al. Response of two pieris (Lepidoptera: Pieridae) species to fertilization of a host plant [J]. Zoological Studies, 2004, 43(4): 778-786
- [17] Wang J J, Tsai J H, Broschat T K. Effect of nitrogen fertilization of corn the development, survivorship, fecundity and body weight of *Peregrinus maidis* (Hom, Delphacidae) [J]. J Appl Entomol, 2006, 130(1): 20-25
- [18] Lewis A C. Leaf wilting alters a plant species ranking by the grasshopper *Melanoplus differentialis* [J]. Ecol Entomol, 1982, 7: 391-395
- [19] Lewis A C, Bernays E A. Feeding behaviour: selection of both wet and dry food for increased growth in *Schistocerca gregaria namphs* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 1985, 37, 105-112
- [20] Mcquate G T, Connor E F. Insect responses to plant water deficits. Effect of water deficits in soybean plants on the feeding preference of Mexican bean beetle larvae [J]. Ecol Entomol, 1990, 15: 419-431
- [21] Mattson W J, Haack R A. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects [J]. BioScience, 1991, 37: 110-118
- [22] 林冠伦, 杨益众, 胡进生. 空心莲子草生物学及防治研究 [J]. 江苏农学院学报, 1990, 11(2): 57-63
- [23] Vogt G B, Quimby P C Jr, Kay S H. Effects of weather on the biological control of alligatorweed in the lower Mississippi Valley region, 1973-1983 [M]. US: Department of Agriculture Technical Bulletin, 1992: 143
- [24] 张格成, 李继祥, 陈秀华. 空心莲子草主要生物学特性 [J]. 杂草学报, 1993, 2: 10-12
- [25] Fraenkel G. Studies on the distribution of vitamin B<sub>12</sub> (carnitine) [J]. Biol Bull, 1953, 104: 359-371
- [26] Schoonhoven L M. Sensitivity changes in some insect chemoreceptors and their effect on food selection behavior [C] // Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, C72, 1969: 491-498
- [27] Kolehmainen J, Julkunen-Tiitto R, Roininen H, et al. Phenolic glucosides as feeding cues for willow-feeding leaf beetles [J]. J Appl Entomol, 1995, 74: 235-243