

水金凤的研究进展

何 淼, 李海蕊, 吕明月, 焦宏彬, 刘颖竹

(东北林业大学 园林学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘 要:水金凤是一种潜在的园林花卉种质资源, 该文综述了水金凤的地理和海拔分布, 气候和地理因素、土壤因素、群落因素对水金凤的影响, 论述了其生理数据、生化数据、花、种子和群落特性的研究进展情况, 以期在水金凤的开发利用提供参考依据。

关键词:水金凤; 地理分布; 海拔分布; 研究进展

中图分类号:S 681.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)21-0188-04

水金凤(*Impatiens noli-tangere* L.) 属凤仙花科(Bal-saminaceae)凤仙花属(*Impatiens*)一年生草本植物, 株高20~80 cm, 叶互生, 卵形或椭圆形, 长5~8 cm, 宽2~3 cm, 先端钝或稍渐尖, 缘有粗锯齿, 质薄而软。花3~6朵同生于叶腋, 花梗纤细下垂, 花黄色带有褐色或红色斑点, 花未开时就有花粉散出, 部分进行闭花受精。花朵倒置, 180°扭曲, 萼片3枚, 花瓣5枚。水金凤是一种重要的药用植物和园林植物, 具有祛风湿、消炎解毒及活血止痛的作用; 在园林中通常栽植到水边湿地, 其花色繁多, 一枝数花。近年来, 随着人们对野生花卉的开发利用, 对水金凤的研究日益受到重视, 该文旨在为水金凤的研究提供参考依据。

1 地理和海拔分布

在中国主要分布于黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、山西、陕西、甘肃、浙江、安徽、浙江、山东、湖北、湖南等省份。在英国主要分布于温德米尔湖、尼斯顿湖、特湖、安尔赛德、不劳顿、佛尼斯和威尔士中部。在伊比利亚半岛, 法国南部横跨欧洲(极南端没有), 俄罗斯, 西伯利亚到日本, 堪察加半岛, 北美的南阿拉斯加到华盛顿, 马尼托巴湖, 萨斯喀彻温省, 不列颠哥伦比亚均发现了水金凤的存在。在瑞典直到北纬67°30'的地方都发现了水金凤的存在。Hultén^[1]研究发现, 水金凤在威尔士和英国湖区可以生长的最高海拔达210 m, 但89%生长在海拔100 m以下。水金凤在欧洲中部可以生长的最高海拔为1400~1500 m, 在法国达1500 m, 挪威达700 m, 中国山区达2000 m^[2]。

第一作者简介:何淼(1975-), 女, 辽宁本溪人, 博士, 副教授, 现主要从事园林植物的栽培育种等研究工作。E-mail: 1042224236@qq.com

基金项目:黑龙江省教育厅科学技术研究资助项目(12513019)。

收稿日期:2014-07-17

2 环境因素对水金凤的影响

2.1 气候和地理因素

Ellenberg^[3]研究发现水金凤主要生长于潮湿, 间或有水浸泡的土壤, 主要生长在潮湿的森林、河流的边缘、溪边或湖边。Hatcher^[4]、Halliday^[5]在2000年的调查中发现, 英国湖区边, 78%的水金凤生长在年降雨量1600~2000 mm的地方, 17%生长在年降雨量1200~1600 mm的地方, 5%生长在年降雨量2000~4000 mm的地方。Ellenberg^[3]研究发现水金凤喜6价氮; 在河边树林下因涨潮后的污泥影响而很少受精。水金凤在部分遮阴(一般相对光照大于5%、测光值为4、气候温暖、温度值为5)的条件下发生受精。Faliński^[6]、Jankowska-Blaszczuk等^[7]研究发现, 水金凤是早期森林草本植物的一部分延续。Ellenberg^[3]认为在同一片树林中相对于潮湿的环境, 干燥的环境更能使水金凤生长的旺盛而多变, 但在潮湿环境中水金凤的根系生长更为旺盛, 水金凤在干燥的土壤上结实很少或无成熟果实。Tichy^[8]认为在超过30年的周期内捷克森林中水金凤灭绝的主要原因就是土壤水分的下降。

Hatcher^[9]在英国District湖附近, 临近气象站的尼斯顿湖和特湖建立了观测点来探寻气候与水金凤种群大小的相关性发现; 水金凤的整个生命周期包括种子发芽期(4—6月), 植株生长期(6—8月), 成熟期(7—9月), 越冬期(10月至次年3月), 水金凤对霜冻十分敏感, 春末秋初的霜冻能分别将水金凤种子和成熟的植株杀死。

2.2 土壤因素

水金凤生长在质地疏松并常年潮湿的土壤上, 比如湖边周期性浸水的土壤。它通常也会生长在含有效性氮、腐殖质丰富的细腐殖质土壤上, 并且在赤杨卡尔群落的灰黏化土上也能够生长。Ellenberg^[3]研究发现, 水金凤适宜的土壤酸碱性为弱酸性至中性, 不能在酸度很

大的土壤上生长。Dzwonko^[10]发现在波兰的原始森林中,水金凤生长在 pH 值为 4.81、氮总量 0.186%、阳离子交换量 6.54 meq/g 土壤上,在现代森林中,水金凤生长在 pH 值为 4.62、氮总量 0.177%、阳离子交换量 5.24 meq/g 土壤上。Hatcher 等^[11]在 2000 年英国湖区的植物记录调查显示,92%的水金凤生长在志留纪温德米尔超群时代的岩石下面,7%生长在奥陶纪博罗代尔火山岩时代的岩石下面,1%生长在奥陶纪 Skiddaw 时代的石板下面。Hatcher 和 Alexander 1991 年威尔士及其毗邻地区的植物记录调查显示 75%的水金凤生长在上寒武纪时代的岩石下面,18%的水金凤生长在志留纪温洛克地层的岩石下面,7%的水金凤生长在奥陶纪海格利岩地层的岩石下面^[11]。

2.3 群落因素

在英国水金凤主要生长在开敞的落叶树林地,草原及花园、公园和有树丛的开阔草地也有水金凤的生长;适于水金凤生长的树林冠层高,下层植物稀少,并且草本层低。在湖区淹水较少的土壤上,水金凤主要生长在无梗栎树林,树林中还生长欧洲山毛榉,还伴有榆树的生长;在湖区的有些地方水金凤大量生长在孤立高大的欧亚槭下面,这些地方几乎没有其它地被植物覆盖;这些树林的林下层主要是欧洲榛,也常见细刨花,偶见山楂、枸骨叶冬青、桦木、欧亚槭幼苗和接骨木^[9]。

在湿润的生境中,水金凤主要生长于赤杨林^[12]。林下层为欧洲榛小灌木林、细刨花、桦木、欧洲赤杨幼苗,长有少量的山楂树,并有枸骨叶冬青长于干燥的林缘。水金凤在瑞典与 *I. glandulifera* 相伴生,在英国并没有发现这种情况^[13]。在欧洲中部,水金凤被认为是草本层中水珠草种群的一部分,生长在潮湿的弱酸性土壤中,常与八仙草、紫叶川丹异株蝇子草、腺毛繁缕、大荨麻相伴生^[3]。在这里,水金凤生长在各种各样的林地中,从非常干燥的山毛榉林到赤杨沼泽林都有水金凤的生长。水金凤主要生长在原始林地,现在林地中废弃的草场、耕地及旧花园中也有分布^[14]。

Ellenberg^[6]研究表明水金凤生长主要的林地类型:水金凤山毛榉混合林,Tichy^[8]研究表明在水金凤山毛榉混合林中与水金凤一起生长的植物是水珠草、林地水苏、羊茅;悬铃木与白蜡树混合林中长有其它树种为欧亚槭、阔叶槭、挪威槭、欧洲山毛榉和欧洲冷杉,水金凤主要生长在北面透光的林地;Ellenberg^[3]研究发现,在酸橙树和橡树-鹅耳枥混合林中主要树种是欧洲栎、欧洲小叶槭、欧亚槭、欧洲云杉,在其中没有山毛榉树生长;同时 Ellenberg^[3]研究还发现,在水金凤生长在很多冲击平原林里,这些树林可以被分成赤杨沼泽林,赤杨冲击平原林,赤杨-白蜡树林;Passarge^[15]、Döring-Mederak^[16]、Vasilevich 等^[17]研究发现,水金凤在遍及欧洲的欧洲赤

杨林中是一种优势草本植物。Pigott^[18]、Falencka^[19]、Faliński 等^[20]研究发现水金凤在原始森林主要和黄连花、腺毛繁缕、白花酢浆草、车轴草、羊草芹、花叶野芝麻、林间荆、短柄草、匍枝毛茛、荨麻等生长在一起。在这些林地中,水金凤是土壤种子库中数量丰富的草本植物之一^[21]。在寒冷的海洋气候条件下,水金凤生长在繁缕花-橡树-鹅耳枥林中。Tichy^[8]研究发现,在所有的林地类型中,水金凤被看作是蹄盖蕨、荨麻、水珠草的湿度指示剂^[9]。水金凤也常长在这些林地的林道上^[20]。

Falencka^[22]证实了水金凤在相对潮湿的赤杨林中生长的比在相对干燥的白蜡树林或橡树-鹅耳枥林中茂盛。Falencka^[19]发现在赤杨木树林中的水金凤种群比橡树-鹅耳枥林中种群密度更大,空间填充度也更大。此外,Eliás^[23]发现赤杨木树林中的水金凤也相对重 3~5 倍,而且变异率更高。Falińska^[24]、Eliás^[23]发现橡树-鹅耳枥林和白蜡树林中的水金凤种群比赤杨木树林中的水金凤种群密集度更大而且组成种群的植株个体更小、更轻。Falencka^[19,22]认为赤杨林中的土壤肥力、光照、水份条件都优于橡树-鹅耳枥林。水金凤的生长状况与土壤扰动有关。Markov^[25]认为水金凤仅在至少有轻微土壤扰动的森林地表生长,扰动包括人类活动和临时水流。

3 繁殖生物学特性

水金凤在同一植株上,既可以进行开花受精(CH)也可以进行闭花受精(CL)^[26]。花期为 2~3 个月。叶子可以保护花免受雨水冲刷^[27]。Daumann^[28]研究发现,水金凤花是明显的雄蕊先熟,覆盖柱头的 5 个花粉囊第 1 天干燥开裂第 2 天之后会整体脱落将柱头暴露出来。为了防止自花授粉,花粉囊脱落后柱头才开始接受花粉^[29]。但是水金凤没有自交不亲和性基因系统因此能被同一植株上的其它花上的花粉受精^[33]。没被授粉的花朵不会产生种子,受精后花朵每个果实内会结 1~9 粒种子在 2 周之内成熟。极少的闭花授粉的花朵,雄蕊和花瓣(翼瓣)都很小,在花长到 2~3 mm 时,花粉囊不开裂专性的自花授粉在发育的早期阶段^[29]。这些没有开放的花所结的果实内有 1~5 个种子^[26]。水金凤的开花受精的和闭花受精的比例和生长季的长度是无关的,而是由光照的强度决定的^[24-25,29]。水金凤种植在强光条件下进行开花受精的花朵明显多于闭花受精的花朵数,相反将水金凤移植到弱光照射条件下开花受精的花朵数明显少于闭花受精的花朵数^[26]。水金凤的每个蒴果有 5 心皮组成,心皮是由 3 层细胞的外壁组成。当种子成熟的时候,这底层的绷紧的表皮发生作用,导致结合在一起的心皮失去控制,这 5 个心皮迅速卷缩,使种子快速的迸发出去^[14]。水金凤种子被抛出的最大距离是

2~3 m^[29]。在日本种植中,异花授粉豆荚的平均长度136.4 cm,显著长于自花授粉豆荚的平均长度44.9 cm^[29]。

Hatcher^[4]研究发现水金凤和许多生活在湖边或河边的植物一样,靠水传播种子是很重要的方法之一。放置新鲜的成熟的种子在水中,仅仅少于5%种子立即沉入水中。如果一直将其放在水中,1 d之后93%的种子仍然漂浮在水中,直至80 d后仍是如此。然而,水被搅动的时候种子会快速的下沉,第1次搅拌5 s后50%的种子下沉,第4次搅拌后90%的种子沉入水中,种子在湍流的水中传播受到限制^[30]。

Horwood^[27]研究报道显示,水金凤没有稳定的种子库。所有的种子都将于成熟后的第2年全部发芽,而且在水金凤种子大量集中发芽后将不会有新芽出现^[25]。在现有报道中,没有发现英国湖区的那些水金凤曾经灭绝的地方重新发现有水金凤生长的记载。在取自1993年春天的比亚沃维耶扎原始森林的31 cm×31 cm×5 cm的土样中,共有1 717粒水金凤种子发芽,而在此后的第2年有145粒种子发芽,而到1995年便没有种子发芽了^[7]。Austad等^[31]1990年也指出,在8月的挪威某森林中,在水金凤种子散出前对其进行收割,将不会影响第2年水金凤的萌发量。研究显示,水金凤具有1个类似*I. glandulifera*的种子库,在某些情况下,这些种子能够至少存活18个月^[32]。中欧关于水金凤种子库密度的相关报道包括:1991年Markov^[25]发现土表下0~5 cm为24粒/m²;1999年Falińska^[24]发现荒芜草场的种子库密度为90粒/m²。

水金凤经常形成单物种的大密度群落,导致了春天种子的同步萌发。Falencka^[22]研究种子在种子期的初期生存的机会比较大,然而3周后种子长到地表到达发芽期时,常在几天后死亡。Hatcher^[9]在英国湖区调查发现,大部分单独的水金凤群落包含水金凤1~6 000株,在1990—2000年的记载中,最多可达25 000株;不同年份种群数量的波动显著。Schmucker等^[33]曾记载欧洲大陆的水金凤种子密度多达995粒/m²,但是在英国,水金凤的密度很少超过100株/m²^[9]。Faliński^[6]研究发现,在欧洲大陆的橡树-鹅耳枥林中水金凤植株的密度为3~130株/m²^[14,19,23]。Faliński^[6]研究发现在比亚沃维耶扎原始森林中,植株的密度很少超过10~50株/m²,但是水金凤植株的密度反而更大,达100~200株/m²。

4 水金凤的理化特性

雷丁大学2001年对靠近雨棚顶部的水金凤成熟叶片净光合速率研究表明,其最大光合速率的平均值(PM)为(13.0±0.42) μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹,速率常数为0.00214,

光补偿点为PAR 58.3 μmol·m⁻²·s⁻¹,初始斜率(量子效率)为CO₂ 467 μmol/μmol PAR,18~20℃时暗呼吸速率为CO₂ (-1.7±0.39) μmol·m⁻²·s⁻¹^[10]。水金凤即使生长在潮湿的土壤上,遇到超强光照几分钟也会萎蔫^[3]。在阳光下的失水量为4.73 g·g⁻¹ FW·d⁻¹;芽的平均表皮蒸腾速率为saturation 70 mg·g⁻¹ FW·h⁻¹^[34]。

Wriscker等^[35]曾对水金凤的花色素进行了研究,指出水金凤鲜艳的黄色花瓣来源于单极类胡萝卜素(44%~55%黄质脂,35%~40%叶黄素环氧化物),这种单极类胡萝卜素大量聚积在成色素细胞上。而成色素细胞在水金凤这个物种中均为管状和球状^[28-29],这也揭示了水金凤的高脂质水平^[35]。在水金凤中还检测到了隐黄素、隐黄质环氧以及新黄素的存在,它们在水金凤中结合成长链的饱和脂肪酸(主要为肉豆蔻酸、软脂酸和硬脂酸)^[36]。主导指甲花叶片成色原理的羧萘醌(2-hydroxy-1,4-naphthoquinone),占花期水金凤地上部分干重的0.185%,萘醌占花期水金凤地上部分干重的0.03%^[37]。其中一种化学成分萘醌还具有杀菌特性^[38]。

5 结论

近年在国外有关水金凤的地理分布和海拔分布、栖息地、群落、对生物因素的回应、生理数据、生化数据、生物气候学、种子库、花及种子特性进行了大量的研究。而国内虽然资源丰富,但是对于其研究尚鲜见报道。文章对水金凤的进一步研究、开发、利用提供了依据。

参考文献

- [1] Hultén E. Kungliga svenska vetenskapsakademiens handlingar[J]. The Circumpolar Plants. II. Dicotyledons, 1971, 13: 1-463.
- [2] Anderberg A L. Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological descriptions. Resedaceae-Umbelliferae[J]. Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden, 1994(4): 28-31.
- [3] Ellenberg H. Vegetation ecology of central Europe[M]. Cambridge University Press, 1988.
- [4] Hatcher P E. Netted Carpet Moth *Eustroma Reticulatum* ([Denis & Schiffermüller]), Lake District Survey, September 2000[M]. British Butterfly Conservation Society, 2001.
- [5] Halliday G. A flora of Cumbria; comprising the vice-counties of Westmorland with Furness (vc 69), Cumberland (vc 70) and parts of north-west Yorkshire (vc 65) and north Lancashire (vc 60)[D]. University of Lancaster. Centre for North - West Regional Studies; 611p. - col. illus.. ISBN, 1997, 1862200203.
- [6] Faliński J B. Recapitulation; Foundations of functioning and permanence of lowland primeval forests[M]//Vegetation Dynamics in Temperate Lowland Primeval Forests. Springer Netherlands, 1986: 479-500.
- [7] Jankowska-Błaszczuk M, Grubb P J. Soil seed banks in primary and secondary deciduous forest in Białowieża, Poland[J]. Seed Science Research, 1997, 7(3): 281-292.
- [8] Tichy. Changes in forest vegetation on Ondrejník permanent plot after thirty years[J]. Lesnictví-Forestry, 1997, 43: 363-373.
- [9] Hatcher P E. *Impatiens noli-tangere* L. School of Plant Sciences, The University of Reading, 2 Earley Gate, Whiteknights, Reading, RG6 6AU, UK

- [J]. Journal of Ecology, 2003, 91: 147-167.
- [10] Dzwonko Z. Assessment of light and soil conditions in ancient and recent woodlands by Ellenberg indicator values [J]. Journal of Applied Ecology, 2001, 38: 942-951.
- [11] Hatcher P E, Alexander K N A. The status and conservation of the netted carpet *Eustroma reticulatum* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera: Geometridae), a threatened moth species in Britain [J]. Biological Conservation, 1994, 67: 41-47.
- [12] Rodwell J S. British Plant Communities, Vol. 2. Mires and Heaths [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991.
- [13] Larsson C, Martinsson K. *Impatiens glandulifera* in Sweden-an invasive species or a harmless garden escape [J]. Svensk Botanisk Tidskrift, 1998, 92: 329-345.
- [14] Koerner W, Dupouey J L, Dambrine E, et al. Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France [J]. Journal of Ecology, 1997, 351: 351-358.
- [15] Passarge H. Die Pflanzengesellschaften der Wiesenlandschaft des Lübkenauer Spreewaldes [J]. Feddes Repertorium, 1956, 135: 194-231.
- [16] Döring-Mederake U. Alnion forests in Lower Saxony (FRG), their ecological requirements, classification and position within Carici elongatae-Alnetum of Northern Central Europe [J]. Vegetatio, 1990, 89(2): 107-119.
- [17] Vasilevich V I, Stchukina K V. Black alder forests in north-west of European Russia [J]. Botanicheskii Zhurnal (St. Petersburg), 2001, 86: 15-26.
- [18] Pigott C D. Natural regeneration of *Tilia cordata* in relation to forest-structure in the forest of Białowieża, Poland [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences, 1975, 270(904): 151-179.
- [19] Falencka M. Home range as a measure of space filling by *Impatiens noli-tangere* L. populations [J]. Bulletin del'Academie Polonaise des Sciences. Serie des Sciences Biologiques, 1981, 29: 249-256.
- [20] Faliński J B, Falińska K. Vegetation dynamics in temperate lowland primeval forests; ecological studies in Białowieża Forest [M]. Dr W Junk Pub Co, 1986.
- [21] Jankowska-Błaszczuk M. Variability of the soil seed banks in the natural deciduous forest in the Białowieża National Park [J]. Acta Societatis Botanico-rum Poloniae, 1998, 67(3-4): 313-324.
- [22] Falencka M. Effect of the size of cotyledons on the development of individuals in *Impatiens noli-tangere* L. [touch-me-not] population [Poland] [J]. Ekologia Polska, 1983, 31: 123-143.
- [23] Elias P. Size inequality in coenopopulations of a woodland annual *Impatiens noli-tangere* L. [J]. Biologia (Bratislava), 1987, 42(9): 881-891.
- [24] Falinska K. Modifications of plant populations in forest ecosystems and their ecotones [J]. Polish Ecological Studies, 1979(5): 89-150.
- [25] Markov M V. Population biology of touch-me-not *Impatiens noli-tangere* L. [J]. Soviet Journal of Ecology, 1991, 22(1): 12-20.
- [26] Masuda M, Yahara T. Reproductive ecology of a cleistogamous annual, *Impatiens noli-tangere* L., occurring under different environmental conditions [J]. Ecological Research, 1994, 9(1): 67-75.
- [27] Horwood A R. A new British flora; British wild flowers in their natural haunts [M]. The Gresham Publishing Company, Ltd, 1919.
- [28] Daumann E. Zur Bestäubungs- und Verbreitungsökologie dreier *Impatiens*-Arten [J]. Preslia (Praha), 1967, 39: 43-58.
- [29] Hiratsuka A, Inoue O. Dispersability of dimorphic seeds in *Impatiens noli-tangere* and *I. textori* (Balsaminaceae) [J]. Ecological Review, 1988, 21: 157-161.
- [30] Hatcher P E. *Impatiens noli-tangere* L. [J]. Journal of Ecology, 2003, 91(1): 147-167.
- [31] Austad I, Skogen A. Restoration of a deciduous woodland in Western Norway formerly used for fodder production; effects on tree canopy and field layer [J]. Vegetatio, 1990, 88(1): 1-20.
- [32] Beerling D J, Perrins J M. *Impatiens glandulifera* Royle (*Impatiens roylei* Walp.) [J]. Journal of Ecology, 1993, 81: 367-382.
- [33] Schmucker T, Drude G. Verbreitungsgesetze bei Pflanzen, besonders *Allium ursinum* [J]. Beihefte Zum Botanischen Centralblatt, 1934, 52A: 240-565.
- [34] Coombe D E. *Impatiens parviflora* DC [J]. The Journal of Ecology, 1956, 44: 701-713.
- [35] Wrischer M, Ljubesic N, Prebeg T, et al. The succession of chromoplast structures in *Impatiens noli-tangere* flowers [J]. Phytom-Horn, 1999, 39: 49-60.
- [36] Kleinig H, Nietsche H. Carotinoidester-muster in gelben blütenblättern [J]. Phytochemistry, 1968, 7(7): 1171-1175.
- [37] Lobstein A, Brenne X, Feist E, et al. Quantitative determination of naphthoquinones of *Impatiens* species [J]. Phytochemical Analysis, 2001, 12(3): 202-205.
- [38] Yang X, Summerhurst D K, Koval S F, et al. Isolation of an antimicrobial compound from *Impatiens balsamina* L. using bioassay-guided fractionation [J]. Phytotherapy Research, 2001, 15(8): 676-680.

Research Progress on *Impatiens noli-tangere* L.

HE Miao, LI Hai-xin, LYU Ming-yue, JIAO Hong-bin, LIU Ying-zhu

(College of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract: *Impatiens noli-tangere* L. is a kind of potential water garden flower species resources. In this article, the geographical and altitudinal distribution, habitat factor, communities factor, response to biotic factors were introduced, physiological data, biochemical data, phenology, floral and seed characters on *Impatiens noli-tangere* L. were discussed. The purpose was to provide a theoretical basis for the development of *Impatiens noli-tangere* L.

Keywords: *Impatiens noli-tangere* L.; geographical distribution; altitudinal distribution; research progress