

除虫菊开花特性与适宜采摘期*

俞宏渊, 曾令杰, 陈宗莲

(中国科学院昆明植物研究所, 云南 昆明 650204)

摘要: 除虫菊 (*Pyrethrum cinerariifolium*) 是提取天然除虫菊酯的原料, 植物体的各个部位均有除虫菊酯分布, 最主要存在于头状花序 (简称花头) 的子房中, 随着花蕾的孕育、开花直至种子 (瘦果) 成熟, 子房壁导管的油腺也同时经历了发生、发展和分泌物转化的过程。直接反映在开花期的不同阶段所采摘的花头内菊酯含量的变化十分显著, 为了进一步认识除虫菊开花期小花开放程度与菊酯含量变化的内在规律, 把除虫菊开花期 (从孕蕾盛期到瘦果成熟) 划分成 8 个阶段。通过样品测定, 了解开花期花头中菊酯含量的变化状况和头状花序发育过程中小花子房的生长与干物质积累之间的关系, 表明头状花序的小花开放至第 4 至第 5 阶段, 即花头上管状小花开放初盛期至盛期时采摘, 是获得最高生物产量和菊酯含量的最适宜采摘期。

关键词: 除虫菊; 开花特性; 除虫菊酯; 油腺; 干物质; 适宜采摘期

中图分类号: Q 945 文献标识码: A 文章编号: 0253-2700(2000)02-0181-06

Studies on the Flowering Characteristics and Harvest Time of *Pyrethrum cinerariifolium*

YU Hong-Yuan, ZENG Ling-Jie, CHEN Zong-Lian

(Kunming Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204)

Abstract: *Pyrethrum cinerariifolium* Trev. is the raw industrial material for extracting natural pyrethrins, which exists in all parts of *Pyrethrum* plant, especially in ovaries in capitulum. The oil glands of vessels on ovary walls change from the formation and development to the transformation of secretion in the process of flower bud development, flowering and seed maturation. The contents of pyrethrins markedly vary in different growing stages. It is divided into eight stages from the flower bud stage to maturation time of seeds, in order to understand the relationship between florets development stage and contents of pyrethrins in capitulum of *Pyrethrum cinerariifolium*. After checking the samples collected at 8 different stages, it was found that the contents of pyrethrins in capitulum and dry matter vary in different flowering stages. The most suitable time to harvest capitulum is when the florets are in stage 4~5. The highest biomass can be provided in these stages.

Key words: *Pyrethrum cinerariifolium*; Flowering characteristics; Pyrethrins; Oil gland; Dry matter; Suitable harvest time

除虫菊 (*Pyrethrum cinerariifolium* Trev.) 在昆明地区引种栽培研究已持续多年, 解

决了种子快速培育和丰产栽培技术以及在良种选育方面取得较大成功。近年来采用组培技术,对已选育出的优良品种进行快繁和种质保存取得进展(陈宗莲等,1998),然而对除虫菊开花期花头中子房导管油腺分泌物——菊酯的生成、发展动态变化与开花期小花开放的程度以及花头干物质积累之间的相互关系,缺乏第一手资料。国外栽培除虫菊的历史比较悠久,文献资料中有报道,但尚未见国内有关研究机构对除虫菊的开花特性及适时采摘方面相应的研究报道。1996~1997年利用本课题组的有利条件,从已定植的无性系植株中选择两个无性系作试验材料,进行此项研究,其目的是为确定昆明地区除虫菊花头的适宜采摘期。通过试验充分说明,运用正确的技术措施,是获得最佳经济效益的有效保证。

1 材料和方法

1996~1997年3~6月,在本课题组除虫菊留种区内,选择植株生长健壮、孕蕾整齐和开花期比较接近的A、B两个无性系为主试品种。每个品种提供的采样植株为10株,同时进行开花期特性的观测。试验样品的采集是依据头状花序从孕蕾盛期到瘦果成熟期不同发育阶段的特点,划分成8个采样期(表1),实际操作时严格按照表1所示花头发育的阶段特征进行采样(表2)。由于品种间的差异,两个品种的实际采样时间不完全一致,但采样时所依据的标准是相同的,例如第一次采样必须是在该品种植株的多数花蕾直径达到8mm时,第三次采样必须是舌状花平展和花盘上第一轮管状小花开放时。为了保证样品晾晒后的干重不少于10g,每个品种所采摘花头的数量是一致的。第一次至第四次采摘花头数均为120个,第五次至第八次由于花头中干物质积累显著增加,采样数量减为60个花头。每次采样后装入纱网袋中晾晒,并及时记录品种编号、日期、采样数量、鲜重和干重,干燥后样品分别装入小袋置于冰箱中避光、低温保存,为使本试验取得比较准确的结果,除了把握好采样期外,其后的干燥、储存、粉碎、抽提的方式和溶剂的种类和批号等尽可能保持一致。经抽提后取得的粗提物,再通过气相色谱仪(GC)测定每一个样品中的除虫菊酯含量。待测定的粗提物在GC分析前,先将每一个样品提取物经减压回收溶

表1 除虫菊头状花序不同发育阶段的划分及其特征

Table 1 The division and character description of *Pyrethrum* flower heads in different stages of development

阶段划分	发育阶段	特征描述
1	孕蕾盛期	花蕾呈扁圆形,直径6~8mm,绿色,为多层绿色苞片所包围,常以花枝上部第1轮花蕾为观测目标。
2	舌状花开放期	舌状花为头状花序的边花,雌性,花冠白色,先于管状小花开放,通常以舌状花直立时标志花头由孕蕾期进入开花期。
3	管状花始开期	舌状花平展,白色。花盘上第1轮管状小花开放,金黄色,显示管状小花开放花盘上通常有7~9轮小花,以同心圆方式排列。此时花盘中心部分呈绿色。
4	管状花开放初期	舌状花平展,花盘上紧靠的1~3轮管状小花开放。植株上花蕾发育整齐。
5	管状花开放盛期	舌状花平展,花盘上有1/2以上的管状花开放,花盘微凸起,呈金黄色。
6	开花末期	花盘上有3/4以上管状小花开放,花盘凸起明显略呈半球形,舌状花部分失白或萎焉。
7	子房充实期	舌状花冠萎焉并向后反卷。管状小花留存于花盘上有部分萎焉呈棕色,此时花盘及子房仍为绿色。
8	瘦果成熟期	管状小花干萎脱落,子房转为黄色,上油腺条纹明显,花头下的花梗有部分干萎,瘦果成熟。

剂后，所得浸膏定量移入 100 mL 的容量瓶中，并加入 2 mL 已配制好的 DBP 内标溶液，以有机溶剂定容至刻度，将配制好的溶液连同标准品一起送至 GC 测试室，根据测定后取得的图谱计算出各样品中除虫菊酯的含量。含量的定量计算为内标法，首先在标准样品的图谱中计算 Factor I 和 Factor II，再根据各样品的 GC 图谱所示的除虫菊酯 I 类和 II 类的峰面积，计算出各样品中除虫菊酯 I 和 II 类的含量%。本文试验结果部分所列表格中所示样品中除虫菊酯的总含量% = 除虫菊酯 I 类的含量% + 除虫菊酯 II 类的含量%。

表 2 花头不同发育阶段的采样日期*

Table 2 The harvest dates of the flower heads from *Pyrethrum* at development stage

	1	2	3	4	5	6	7	8	合计天数
A 号	31/3	11/4	14/4	18/4	21/4	1/5	13/5	31/5	62
B 号	2/4	13/4	17/4	20/4	24/4	3/5	14/5	30/5	59

*注：按表 1 所示开花期不同阶段划分特征采样

2 试验结果

2.1 花头各不同发育阶段除虫菊酯含量的变化

从孕蕾期开始，对 A, B 两个品种根据已划分的 8 个采样期采集样品，并进行菊酯含量的测定，从表 3 可以清楚了解孕蕾盛期到瘦果成熟，花头中菊酯含量的变化（表 3）。

表 3 花头不同发育阶段的菊酯含量

Table 3 Contents of the total pyrethrins of the flower heads during the development stage

采样期 菊酯含量%	1	2	3	4	5	6	7	8
A 号样品	0.69	1.2	1.29	1.31	1.34	1.13	0.96	0.77
B 号样品	0.58	1.17	1.88	1.93	2.01	1.2	1.18	0.96

注：采样期编号同表 1

从表 3 可了解两个样品分析结果，开花期不同发育阶段采收的除虫菊，其菊酯含量的差别十分显著，品种间菊酯的含量存在一定差异，这是品种本身的遗传性状所决定的，但是这两个品种在不同采样期间菊酯含量的变化和菊酯含量的长消曲线基本一致（表 4）。在第 1~4 阶段花头中菊酯含量一直呈上升趋势，至第 5 阶段达到最高值（以 100% 计），进入第 6 阶段后菊酯含量则向相反方向发展，呈逐渐下降的状态，至瘦果采收时花头中的菊酯含量平均比第 5 阶段约下降了 48.5%，与花头上小花开放状态密切相关，在一定程度上反映了两者之间的内在联系。

表 4 不同采摘期花头中菊酯含量的长消变化

Table 4 Changes in pyrethrine conten at different harvert stages

	1	2	3	4	5	6	7	8
A. 菊酯含量%	48.5	89.55	96.27	96.76	100	84.33	71.64	57.47
A. 与对照比较%	-51.5	-10.45	-3.73	-2.24	0	-15.67	-38	-42.43
B. 菊酯含量%	28.86	58.21	93.53	96.02	100	59.7	58.71	45.3
B. 与对照比较%	-71.14	-41.79	-6.47	-3.98	0	-40.3	-41.29	-54.7

2.2 花头发育过程中子房、花头直径与干物质

干物质是指花头采摘晾晒后的干重（干花含水量 $\leq 5\%$ 计），是衡量除虫菊经济性状和判

断适宜采收期的重要技术指标之一,花头发育过程中花头上小花的开放与子房的发育正相关。以B号品种为例,根据已划分的标准采样,每次取10个花头,用游标卡尺测量花头直径及小房子房的径与长,取平均值同时记录其鲜重及干重值。从这组统计数字中了解花头发育过程中,花头直径与子房的变化情况(表5)。

表5 花头发育各阶段子房大小和干物质重

Table 5 Weight of dried flower heads and the size of ovaries in development stage

	1	2	3	4	5	6	7	8
舌状花子房长(mm)	—	3.12	3.54	3.58	3.62	3.75	4.4	4.4
管状花子房长(mm)	—	2.54	2.98	3.20	3.34	3.48	3.72	4.04
花头直径(mm)	9.0	11.5	13.26	13.28	15.54	15.542	16.3	16.3
花头干物质重(mg)	61.8	132	170.6	187.5	246.7	255	262.5	286.7

除虫菊酯主要存在于子房中,子房的发育不仅表现在子房长度的增长,而是与此同时子房壁导管的分泌组织——油腺也随着小花的开放而发生、发展。花盘边缘的舌状花是先于管状小花开放,其子房发育也明显早于管状小花,第2至第3阶段是头状花序的快速生长期,同时也是子房生长发育的快速生长期,直接反映在花头直径与干物质同步迅速增长,从外观上也可观察到小花由边缘向中心依次开放,花盘由中心下凹、绿色,逐步发展为花盘中央凸起,此时子房已趋发育完全,表现出花头直径增大,子房由伸长向径向增厚,管状小花的子房由2.54 mm×0.4mm,发展为(3.4~3.6) mm×(0.8~1.0) mm,干物质的积累也相应增加,第3阶段干物质的积累比第1阶段增加176%,至第5阶段时干物质又比第3阶段增加44.6%,干物质积累与花头菊酯含量的增长同步进入一个新的高峰,成为考虑适宜采收期的重要参考依据(附表6)。

表6 昆明栽培除虫菊干物质和菊酯含量

Table 6 Pyrethrins content and weight of dried flower heads cultivated in Kunming

采样阶段划分和各阶段特征	各阶段持续天数	平均干物质重	总除虫菊酯量	除虫菊酯含量
	(d)	(mg)	(mg)	(%)
1. 孕蕾盛期花蕾直径≤8mm	0	62	0.36	0.58
2. 舌状花开放期舌状花直立	11	132	1.54	1.17
3. 管状花始开期第1轮开放	15	170	3.19	1.88
4. 管状花开放初期第3轮花开放	21	187	3.59	1.92
5. 管状花开放盛期第6~7轮花开放	27	246	4.94	2.01
6. 开花末期花头上小花全部开放	33	255	3.06	1.20
7. 子房充实期舌状花干萎子房绿色	37	262	3.07	1.18
8. 瘦果成熟期花盘上小花脱落	58	286	2.60	0.91

注:(1)取自B号样品 (2)平均值为mg/朵

2.3 与东非种植的除虫菊相比较

东非的大湖地区是世界除虫菊的主要产地肯尼亚种植除虫菊的历史较为悠久,自1928年引种至今已长达3/4个世纪。1971~1972年世界除虫菊干花的输出量为21 780 000 kg*,有95%来自东非四国(Glynne, 1973),他们种植除虫菊的规模、技术和经验等是我们无法

* 引用文献中原质量单位为 tons, 现改为 kg.

与之相比的。这里试以东非除虫菊开花期花头上小花开放中的几个指标 (Glynn, 1973) 与昆明植物研究所的研究结果相比较 (表 7)。不言而喻, 东非四国位于北纬 0~5 度、东经 30~38 度之间, 而昆明的种植区位于北纬 25°、东经 102°41', 两地的地理位置相距甚为遥远, 但由于东非种植区多数位于海拔 7 000~9 000 ft (相当于海拔 2 100~2 700 m) 的山区, 其气温及自然环境等方面肯定与昆明有差异, 因此东非除虫菊的年生长发育周期与昆明不同, 例如, 在东非除虫菊在一年中收获两次, 两次开花高潮都出现于一年的两个雨季之后, 花头采摘期在每年的 11~12 月和 2~3 月 (Parlevliet 等, 1971), 而昆明种植的除虫菊主要采摘期在 4 月中旬至 5 月初。然而植株上花蕾的发育和花头上小花开放过程, 与子房发育和菊酯的生成、发展及其变化方面, 即植株自身的生长发育的自然规律方面是基本一致的, 表明除虫菊植株在开花期所需要的基本生存条件是相同的。肯尼亚除虫菊开花期菊酯含量出现的高潮为第 4 到第 5 阶段, 这与昆明地区采样和测试的结果是相吻合的。东非地区开花期间气候相对湿润, 因此开花末期后花头中干物质积累有较显著的增长, 而昆明地区花头中干物质的增长是持续渐进的。不同种植区因自然环境的差别而表现出一些细微的差异是符合客观实际的 (表 7)。

表 7 肯尼亚与昆明除虫菊开花期情况比较

Table 7 Comparison between the Kenyan and Kunming *Pyrethrum cinerariiifolium* during florescence

	各阶段持续天数 (d)		平均干物质重 (mg)		总除虫菊酯含量 (mg)		除虫菊酯含量 %	
	Kenya	KIB	Kenya	KIB	Kenya	KIB	Kenya	KIB
1	0	0	52	62	0.4	0.36	0.76	0.58
2	12	11	119	132	1.78	1.54	1.49	1.17
3	16	15	126	170	2.48	3.19	1.97	1.88
4	19	21	164	187	3.45	3.59	2.10	1.92
5	21	27	195	246	3.89	4.94	2.00	2.01
6	31	33	253	255	3.92	3.06	1.55	1.20
7	43	37	347	262	4.02	3.09	1.16	1.18
8	60	58	280	286	—	2.60	—	0.90

注：KIB 是昆明植物研究所 (Kunming Institute of Botany) 的缩写

3 结果与讨论

3.1 除虫菊植株可分为两个阶段, 种苗移栽后营养生长期持续约 6 个月, 通过冬季低温期后进入生殖生长, 抽苔、孕蕾直至开花需 3 个月左右。当花枝上层多数花蕾直径达 8 mm 并有少数舌状花冠直立时, 标志着开花期的开始。由于现代化学加工工业的发展, 对除虫菊的利用由全草转为主要利用花头, 花头的适时采摘与干花质量密切相关, 进一步认识除虫菊开花期小花开放程度与菊酯含量变化的内在规律, 作为应用研究的目标。样品的采摘完全是按照表 1 中对头状花序不同发育阶段的划分和特征进行的, 不同品种间花头发育持续天数略有差异, 昆明地区花期持续天数为 57~62 d。

3.2 根据样品菊酯含量的测定结果, 了解花头中菊酯含量和花头发育与小房子房的发育程度相关。从孕蕾盛期开始进入第 2 阶段后, 花头和子房的发育加快, 菊酯含量迅速上升至第 5 阶段进入高峰。而至第 6 阶段, 由于花头上小花开放完毕, 花头进入子房充实期, 子房中部分菊酯开始转化, 出现菊酯含量 % 下降的趋势。从第 5 阶段到第 6 阶段期间仅相隔 9

~10 d, 然而菊酯含量分别下降 15.7~40.3%, 至第 8 阶段瘦果成熟期菊酯含量又比第 5 阶段时下降 50% 以上。试验结果明确显示第 5 阶段是花头中菊酯含量的最高时期, 也是干花质量关键性的转折阶段。以第 5 阶段花头中菊酯含量为 100%, 比较开花期各阶段菊酯含量的长消变化 (表 4) 和干物质积累的状况 (表 6), 就能够比较容易地判断出适宜的采收期, 是以第 5 阶段为分界线, 对适宜采摘期的抉择具有重要的指导意义。

3.3 从肯尼亚试验的结果 (Parlevliet 等, 1971) 展示了开花期菊酯最高含量为第 4~5 阶段, 这与昆明地区测试结果一致 (表 7)。在肯尼亚除虫菊花蕾发育从花芽生长点到现蕾 (2~3 mm) 的持续时间, 需 8.5~10.5 周 (约 60~70 d), 从现蕾到采摘期约需 11 周。这与昆明地区栽培除虫菊的生长发育规律基本相符, 但是花头上小花发育的天数略比昆明提前, 这是由于当地开花期的气温和空气湿度等自然条件优于昆明, 从而促进小花子房的发育, 菊酯含量高峰的出现略早。肯尼亚种植区花的采摘通常在舌状花平展后的 1.5 周开始 (Parlevliet 等, 1971)。这正与昆明除虫菊开花第 4 阶段相同。参照非洲经验与本地区花头菊酯含量 % 和干物质积累状态来考虑, 同时不同品种间小花发育的规律是一致的, 因此确定头状花序进入第 4~5 发育阶段时为适宜采收期, 是符合客观规律的。

3.4 通过本试验了解和掌握除虫菊开花期的特性及菊酯含量变化的规律以及两者之间的联系, 在此基础上制定合理的栽培措施, 是获得优质原料的保证。对一个专业加工天然菊酯的工厂来说, 假如把生产原料质量的合格标准定为 1.0%, 当原料中菊酯含量每提高 0.1% 时, 加工生产中不增加任何工业成本的情况下, 因抽提得率的提高, 工业产值可增加 10%, 相反原料质量的下降, 就直接意味着菊酯产出的减少和工业成本的增加。从上述试验结果可以了解干花质量对菊酯加工业的影响, 不仅与种植的品种有关而且与原料的采摘期能否适时直接相关, 如果不能适时采摘就意味着菊酯得率的损失。除虫菊原料质量与加工工业之间的联系是十分紧密的, 从这点可以理解国外企业在投产前乐意在科研方面进行投资的原因。

通过研究掌握除虫菊在开花期中菊酯的发生、发展和干物质积累的规律, 为制订新的技术措施提供客观依据, 同时在规模化种植时对生产者提供技术培训和现场指导, 通过农业生产环节提高干花质量, 为加工工业提供优质原料, 是直接有利于提高产品质量和增加工业产值的有效举措, 从而形成由原料生产带动菊酯加工工业发展的良性循环。

参 考 文 献

- 陈宗莲, 侯岁稳, 俞宏渊, 1998. 除虫菊的组织培养 [J]. 云南植物研究, 20 (3): 351~354
- Glynne Jones G D, 1973. *Pyrethrum* Production. In: Casida J E (ed.), *Pyrethrum* the natural insecticide [M]. London: Academic Press.
- Head S W, 1973. Composition of *Pyrethrum* extract and analysis of *Pyrethrum*, In: Casida J E (ed.), *Pyrethrum* the natural insecticide [M]. London: Academic Press, 25~36
- Parlevliet J E, Brewer J G, 1971. The botany, agronomy and breeding of *Pyrethrum*, *Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis [M]. Nairobi: Ministry of Agriculture Press, 8~15