

# 在短日照条件下温度和光合光子流量 影响菊花新梢发育和花芽分化

王 磊 (译)

**摘要** 光合光子流量 (PPF), 日温 (DT) 和夜温 (NT) 的影响决定了在短日照 (SD) 条件下生长的菊花 (*Dendranthema grandiflora* Tzvel. 灿烂的金色的安妮) 叶片数目、叶片伸展率、新梢长度。如在一系列指定条件下, 花芽形态将出现在 100 天短日照之内, 一个用于预测的函数关系首先被建立。从  $10^{\circ}\text{C}$  ~  $30^{\circ}\text{C}$  范围内的日温 (DT) 和夜温 (NT) 所有组合被预测在高于 10.8 克分子/天米<sup>2</sup> 光合光子流量 (PPF) 时导致花芽显露。当日温 (DT) 和夜温 (NT) 从  $10^{\circ}\text{C}$  增加到  $30^{\circ}\text{C}$  时, 在花以下形成的叶片成二次方增加。当 PPF 从 1.8t 增加到 21.6 克分子/天米<sup>2</sup> 时, 每个枝条上只形成 1~2 片或更少的叶片。随着日平均温度的提高, 叶片展开率从  $10^{\circ}\text{FQ}$  2 叶/天直线地增加到在  $30^{\circ}\text{FQ}$  5 叶/天。节间长度与昼夜温差 ( $\text{DIF} = \text{DT} - \text{NT}$ ) 高度地相关, 即 DIF 从 -12 增加到 12 渐渐地导致较长的节间。

为了建立植物生长和发育的模型, 植物生长过程和环境条件之间的函数关系必要建立。在菊花的商品生产中, 植物在短日照 (SD) 条件下 (曝光) 处理促使开花。大多数植物在短日照处理之前或短日照处理开始就被摘心。随着侧枝的形成, 叶片的出现和顶端分生组织从营养生长转换到生殖生长, 在短日照下摘心的植株开始发育。从摘心到看得见花芽所需要的时间, 是由分生组织转变之前的初生叶片数和随后的叶片展开率而决定的。

许多植物通过在形态特征和干重分配模式上的变化, 来适应范围广阔的环境条件。植株高度 (在菊花盆栽生产中的一个重要质量因子) 是表明植物对环境有大的适应性。了解环境条件究竟怎样影响最后高度对于生产具有合乎要求的高度的植株是必要的。

为了建立开花菊花的叶数、叶展开率和株高模型, 首先需要确定在指定的一系列环境条件下, 花是否起始和继续发育到一朵花, 将出现在多少天短日照才合适, 这对于一个开花菊花来说是很有必要的。对从营养生长到生殖生长产生分生组织的转换模型对于菊花来说已较早产生了。那些模型是建立在生长点大小和发育期间关系基础上的, 但是忽视了环境影响。

本研究基于定量地描述光合光子流量 (PPF) 日温 (DT) 和夜温 (NT) 对菊花生殖生长的花芽显露叶片数目、叶片展开率和植株高度的影响。

## 材 料 和 方 法

将“灿烂的金色安妮”生了根的单株栽在直径 10 厘米花盆中, 在生长箱里, 于 18.7 克分子/天米<sup>2</sup> (325 微克分子/秒米<sup>2</sup>, 16 小时/天)  $20^{\circ}\text{C}$  恒温下, 放置 7 天。在第 7 天时, 对植株进行摘心到 6 节并开始进行短日照处理 (10 小时光照/天), PPF DT 和 NT 接着被变动。DT NT 与光周期和暗周期是平行的, 在短日照开始后的第 7 与第 14 天叶面喷雾 15.6 毫克分子丁二酸 (单一的) 溶液。在短日照开始后 10 天, 侧枝数目减少到短植株 3 个。当顶花芽直径 10 毫米时, 摘除侧花芽。PPF 通过带一个 80:20 瓦特的冷白荧光灯和白热灯泡, PPF 用一个 LI-COR LI-185B 仪表 (计量器) 和 LI-190SB 定量传感器来测量。必要时, 应当降低植株高度以保持所要求的 PPF 在冠层水平面。日平均温度变动即从指定值加減  $1^{\circ}\text{C}$ , PPF 在冠层上有上下 10% 的变动。

植株种在一种商品性的泥炭矿物基质中, 营养配方由 9.7 克分子/米<sup>3</sup>  $\text{NO}_3^-$ , 4.6 克分子/米<sup>3</sup>  $\text{NH}_4^+$  和 5.1 克分子/米<sup>3</sup>  $\text{K}^+$  组成随每次灌水时供给硝酸铵和硝酸钾。用硝酸来调节营养液的 pH 值, 基质的 pH 保持在 6.0 ± 0.2。PPF 由 1.8~21.6 克分子/天米<sup>2</sup> 的范围以及 DT 和 NT 两者均在  $10^{\circ}\text{C}$  ~  $30^{\circ}\text{C}$  范围。

在短日照一开始从每个处理的 5 个植株中随机选择, 每 10 天测定片数和主枝的长度及 3 个侧枝的长度。当叶片展开, 叶片  $\geq 10$  毫米长时, 记载一个叶片。开花时或在 100 天短日照之后, 到那时, 如果花芽 (在直径 2 毫米时) 没出现, 此试验就终止。

当一个处理植株上两个最高的侧枝之间在叶数量或枝长度上没有显著性差异时 ( $P < 0.05$ ), 用第一和第二侧枝结合数据建立了叶片数量和节间长度的模型。对于第 3 枝, 叶片数目和枝条长度的模型未建立。在一定的处理内, 枝 3 的叶数和枝条长度明显地与枝 1 和枝 2 不同。

用一名为“新回归”的社会科学统计软件包以及系统统计软件包来完成多元线性回归分析。用直线回归统计分析获得每个处理的平均叶展开率, 使叶片数与时间相关联。使用选定的函数与 Surfer 图象程序表面和等值线被用图象作出来。

通过一次、二次的逐步回归分析, 开始被用于选择和 DT NT PPF 的相互作用和每日平均温度 (ADT) 对于每个生长发育过程的函数关系, 在节间长度分析中, 昼夜温差 ( $DIF = DT - NT$ ) 也被加到这独立变量中。通过使用逐步回归分析的有效项和高次项, 增加或减去独立变量, 努力改进今后的方程。最后确定方程是基于在包括变量,  $r^2$  和这个方程的 F 值与预测统计显著性相吻合。包含在最后的方程中所有的独立变量其显著性水平在 5%, 是通过双尾 t 检验得到的。

## 结果和讨论

在 100 个短日照日内不产生 2 毫米的花芽, 植株在第一和第二侧枝上至少有 20 片叶子的数据被用来建立发育模型, 即被认为有 20 片以上的叶子植株不能进入生殖。为了确定花的生长活动, 预测叶片数这个被选出的回归函数被进行数字处理, 即通过用 20 去除这个函数, 然后把它颠倒得到它的倒数, 其结果称为“可见花芽指数”, 它指示在 100 个短日照天内, 当指数  $> 1.0$  时花芽就出现, 如果指数  $\leq 1.0$  时, 花芽将不出现。

试验显示在 1.8 摩尔 / 灰米<sup>2</sup> 下日温 (DT) 和夜温 (NT) 这个组合在 100 个短日照天后, “可见花芽” 预测不发生。在 30°C 日温配合以任何夜温 “可是花芽” 也是预测不发生。在 30°C 夜温时而日温是 10°C 或 20°C 和 30°C 之间时, 也预测花芽不出现。当 PPF 由 1.8 增加到 10.8 摩尔 / 灰米<sup>2</sup> 时, 导致 “可见花芽” 的 DT 和 NT 组合的底数被预测到增加。在大于 10.8 克分子 / 米<sup>2</sup> 在 10°C ~ 30°C 的范围内 DT 和 NT 所有的组合, 花芽被预测发生。这些预测是与观察结果一致的。

对于叶片数、叶片展开率和节间长度的函数关系是建立在花将发育这个假设为依据的。因此在以后的分析中, 在 100 个短日照天内, 设有出现 “可见花芽”

的处理植株数据可被排除。所以下面讨论的函数关系仅能在花芽的出现首先已被确定情况下应用。

短日照环境条件改变了花以下的叶片数。在 11.7 摩尔 / 灰米<sup>2</sup> 下, 预测菊花的叶片平均数受 DT 和 NT 的影响。

无论是对高日温还是对高夜温的反应曲线, 叶片数均增加; 但对日温 (DN) 提高的反应曲线, 叶片数增加更大。在 11.7 摩尔 / 灰米<sup>2</sup> 的 PPF 之下生长的植物, 在 20°C 日温 (DT) 和 30°C 夜温 (NT) 时, 每枝条有 11 片叶子, 但在 30°C 日温和 20°C 夜温时, 每枝条有 14 片叶子。在 10~20°C 间的日温和夜温下, 预测到, 叶片数目只有小的变化。

在短日照期间, 较高的温度导致在花以下有较多的叶子, 以致推迟花的形态分化时间或称为热延迟, 如一个热敏感品种在短日照下, 当温度 22°C 日温 / 18°C 夜温增加到 30°C 日温 / 26°C 夜温时, 每个枝条多形成了 4 个叶子。对 “Bright Golden Anne” 灿烂的金色的安妮在类似的辐射和温度条件下, 我们模型预测增加 5 个叶片。

许多研究已表明在低 PPF 之下, 生长植株所增加的叶片数。我们的研究指出, 当 PPF 从 21.6 减少到 1.8 摩尔 / 灰米<sup>2</sup> 时, 叶片数目仅增加 1 个或 2 个。在另一个引证的研究中证明, 植株在相同的 PPF 条件下, 在长日照 (LD) 和短日照 (SD) 两种光照下生长的。在对照中, 我们的试验植株在短日照 (SD) 开始前 1 周被放在一个相对较高的 PPF 即 18.7 摩尔 / 灰米<sup>2</sup> 之下。在长日照期间供给的高 PPF 可能已阻止了在短日照期间在低的 PPF 下所期望的叶片数目的增加。

在几个种里, 已发现叶子的出现率是随着温度的增加而直线地增加到最大比率。在这个研究中, 带有一次的二次的和 PPF DT NT 的相互作用项目和 ADT 在叶片展开上的逐步回归分析得出只具有 ADT 作为这独立变量的一个回归函数, 用增加较高次项来改变这种关系的努力是无效的。

Cockshull 等 (1981) 的研究没有出现一个菊花的叶片展开的函数关系。他们的研究报导了在 10°C 时, 叶片展开率是与这个研究中在 10°C 时观察到的比率相似, 但是在 20°C 时, 它们的比率要比我们观察到的高 39%。这个偏差可能是由于栽培品种或栽培措施上的差异。观预测得知在日平均温度里每增加 1°C, 菊花叶片展开按 0.017 个叶子 / °C 天的增加。在 ADT 中的每增加 1°C, 在叶片展开率上增加的这个比率是可与豌豆具有 0.020 个叶子 / °C 天和向日葵具有 0.022 个叶子 / °C 天情况相类似。无论如何, 叶片展开率是比 0.094 个叶子 / °C 天的 Easterlily (复活节百合花) 要慢 5 倍, 比 0.067 个叶子 / °C 天玉米慢 4 倍。

温度是决定菊花枝条长度的影响因子。在 1.8~21.6 摩尔 / 灰米<sup>2</sup> 之间的 PPF 下, 对枝条的伸长是没

有显著的影响。在这个研究中的高 DT与低的或高的 NT组合中,高日温导致高植株。生长在 14℃恒温下,平均枝条长为 16厘米的植株与在 26℃恒温下,平均枝条长为 29或 31厘米的对比。当日温 DT从 14℃增加到 26℃时,与 14℃的夜温相配合时,枝条长度增加了 16厘米。当夜温从 14℃增加到 26℃并配合 14℃的日温时,枝条长度不增加。

随着温度的增加,花以下形成的叶片数目也随之增加。具有许多叶片的植株总是高的,而高植株的两个组能被分开。高植株的第一个组是生长在高 DT和高 NT下,节间长度与较短的植株相似,但有较多的节间。高植株的第 2组是生长在高 DT和低 NT下,并与较矮的植株有相似的节间数,但有较长的节间长度。在植株展开 10或 11片叶时枝条长度上的差异是由节间长度决定的。

周围环境条件与节间长度间的函数关系的建立,更确切地说是对于枝条总长度的一个函数关系。昼夜温差 (DIF) 对于 *Lilium Longiflorum* 麝香百合的节间长度是一个决定因子,一个大的正的 PPF 导致较长的节间。在这个研究中选择的环境条件不提供一个相等的 DIF 的分布值,因为这个 DIF 的重要性在试验开始时是没有预先估计到的。观察到的与 DIF 有关节间长度的一个检验和较早的关于菊花的研究已提出,无论

如何,DIF对于菊花节间长度是重要的。回归函数分析证实了预料的 DIF 的显著性。

DT和 NT间的最极端的差异可能导致较慢的和变态的植株发育和生长。当 DIF接近 - 20℃或 20℃时,环境条件与节间长度的关系可能会改变。鉴于具有大值的 DIF 的有效数据范围,预测节间长度被限制在 - 12℃~ 12℃间的 (DIF) 值和 14℃~ 26℃之间的 ADT 值。在 20℃ ADT 时,当 DIF从 - 12℃增加到 12℃时,节间长度被预测从 1.2厘米增加到 2.8厘米。当 ADT增加时,在一个负的 DIF 时(夜温比日温高),节间长度被预测为增加,然而,在正的 DIF 时(日温高于夜温),节间长度被预测为减小。使用叶片数和节间长度的函数对枝条总长度的预测可得出观察到的枝条长度的一个短日照天之内的值。

总之,当 PPF高于 10.8摩尔/平米时,在 100个短日照天之内,在 10~ 30℃之间的 DT和 NT的任何组合,被预测为 2毫米的花芽出现。当增加 PPF导致一个小的叶片数量增加时,在花以下形成的叶片数量随着 DT和 NT的提高而增加。叶片展开率由日平均温确定,节间长度由昼夜温差来确定。(文中图表略参考文献略 新疆农业大学分院园林教研室 邮编: 830001 译自 Amer. soc. Hort. Sci 114钟俊平校)