

## 韓國의 溫度氣候와 生物의 季節變化

任 良 宰·林 文 喬·沈 載 國\*

(中央大學校 文理科大學 生物學科·\*清州師範大學 生物教育學科)

### The Thermal Climate and Phenology in Korea

Yim, Yang-Jai, Moon-Kyo Rim and Jae-Kuuk Shim\*

(Department of Biology, Chung-ang University, Seoul, and

\*Department of Biology Education, Cheongju College of Education, Cheongju)

#### ABSTRACT

The phenological phenomena in terms of year day index (YDI) in South Korea were studied. The YDI was proposed here, because the remainder index such as Nuttinson's index is unadequate for the interpretation on the phenological phenomena of early spring season in southern coastal area. The YDI was calculated by summing daily mean temperature of the year days (YD) above physical zero degree in centigrade, based on the data of the Monthly Weather Reports from 1967 to 1980 by the Central Meteorological Office. The pattern of YDI increase with the increase of YD was similar to that of the remainder index such as the Nuttinson's index. The some YDI distribution maps were made by Yim and Kira (1975), dividing into 30'×40' meshes, in latitude and longitude, on the topographical map(1 : 500,000) of the Korea Peninsula. According to the year day of different localities flowering dates of *Prunus yedoensis* and other phenological phenomena in various species delayed about 3.5 day as the increase of 1 degree of latitude, which coincides with the Hopkins bioclimatic law. It was found that the YDI is useful to interpret the phenology of plant and animal species and to select the optimum range of cultivars in South Korea.

#### 緒 論

氣候의 二次要因中의 하나인 溫度要因을 積算溫景으로 把握하여 이것을 生物의 季節現象을 支配하는 因子로서 考察할 수가 있다(Kira, 1974; Yim and Kira, 1975).

植物의 種이 年間을 通하여 正常的인 營養 및 生殖生長을 完成하고, 動物, 이물데면 昆蟲

類와 같은 變溫動物이 蛹化나 羽化에 이르기까지에는 種에 固有한 閾值以上의 一定溫量, 즉 積算溫量을 必要로 하고, 그들 生理現象의 進行速度  $v$ 와 溫度  $\theta$ 와의 直線關係가 成立되고 있음이 經驗的으로 밝혀져 있다. 溫度閾值를  $b$ 라고 하면  $v$ 와  $\theta$ 의 사이에는  $v=a(\theta-b)$ 의 式이 成立한다(吉良, 1976).

위와 같은 見解에는 生理學的 見地에서 異論이 提起되어 왔다. 勿論 生物種은 一定한 分布域을 가지고 있고 그것이 好適溫度를 가지고 있는 曲線을 이루는 것은 事實이며 또한 그들의 成長의 溫度曲線의 形이 種에 따라 다름도 事實이다. 또 溫度要因의 理論에 對하여 過去 van't Hoff(R.G.T)의 法則에 너무 拘碍되어 왔고, R.G.T 法則은 限定된 範圍에서만 適用된다는 것이 밝혀졌다(Lundegårdh, 1957; Andrewartha and Birch, 1974).

그러나 生物의 初期生育이나 春夏期의 季節現象에서는 앞서 提示한 式은 近似的으로 一般化할 수 있다. 앞의 式을 時間  $\tau$ 에 對하여 積分하면 다음과 같이 된다.

$$\int v d\tau = a \int (\theta - b) d\tau$$

$v$ 의 積分値가 어느 一定値에 達했을 때 어느 種의 生活環이 完成된다고 하면 그것은 溫度  $\theta - b$ 의 積分値, 즉 積算溫도의 어느 一定한 값에 對應하게 된다. 積算溫도는 一定時間마다의 氣溫, 이를테면 日平均氣溫 또는 月平均氣溫에서  $b$ 만큼 뺀 값을 使用하는 것이므로 剩餘指數(remainder index, RDI)가 된다.

Nuttonson(1948, 1957)과 Lindsey and Newman(1956)은 時間溫度概念(time temperature concept)과 年日(year day)의 使用으로 生物의 季節現象과 氣象條件과의 關係를 究明하여 氣象生物學的 原理를 定立하는데 貢獻하였다. 더우기 Nuttonson(1948)은 여러 가지 作物의 播種으로 부터 成熟까지의 日積算溫도가 緯도에 따라서, 또 同一地에서는 播種日에 따라서 一定치 않음을 보고 이에 成熟期間의 平均日長을 補正함으로써 積算溫도의 效率도를 높였다. 이와 같은 補正은 다른 要因에 對하여도 考慮될 수 있다.

韓半島에서의 生物季節現象이나 植物帶의 分布 등이 어느 程度 밝혀져 있고 이들 氣象과 溫度氣候와의 關係가 部分的으로 究明된 바 있으나(車 등, 1974; 金 등, 1976; 金, 1978; Yim and Kira, 1975; 任·趙, 1977; 任, 1979), 韓國全土에서의 季節現象, 作物의 栽培適地 또는 1980년에 있었던 地方에 따라 差異가 甚하였던 稻作을 包含한 作物의 冷害와 같은 氣溫과 關聯된 現象을 一元的으로 說明해 줄만한 理論的 研究가 없다.

한편 Yim and Kira(1975)와 Yim(1977 a,b)의 韓半島에서의 溫量指數(warmth index, WI)와 寒冷指數(coldness index, CI)의 分布에 關한 研究는 本研究과 많은 關係가 있으나 WI나 CI의 本性으로 보아 이들 指數는 多年間 成長하는 樹木과는 달리 短命한 草本이나 生物의 季節現象, 特히 春季의 微細한 季節現象을 說明하는에는 未洽한 것으로 보인다.

本研究에서는 위와 같은 事情을 考慮하여 現在 利用 可能한 氣象資料를 써서 年日의 積算溫量을 計算하여 散在해 있는 地方別 生物季節現象에 關한 資料들을 모아 이들 現象과의 對應關係를 밝히 韓國의 生物季節現象을 溫度氣候에 立脚하여 說明할 수 있는 理論을 定立하고 年日에 따르는 積算溫量의 分布를 地圖化하여 韓國의 溫度氣候의 特性을 밝히며 生物種의 溫度氣候의 反應에 關한 法則性을 밝히고자 한다.

材料 및 方法

氣象資料와 積算溫량의 計算. 中央觀象臺(1967~1980)의 氣象月報에 依據하여 1981年 現在 分布해 있는 測候所 26個所와 分室 44個所 중에서 18個所를 選定한 計 44個所에서 觀測된 日平均氣溫을 資料로 하였다. 測候所 및 分室의 日平均氣溫은 WMO의 約定에 따라 1日 4回 測定한 값의 平均値이다.

生物의 季節現象에 대한 溫量의 影響을 밝히기 위한 方法으로 生理的 閾値 以上の 日平均氣溫을 積算하는 것이 보통이나 南海岸 地帶에서는 初期年日의 生物季節現象을 說明하는데 不適當하다는 것을 發見하고 便宜히 物理的 0°C 以上の 日積算溫量을 計算하였다. 이것을 年日指數(year day index, YDI)라고 부르기로 한다.

物理的 0°C 以上 積算溫量과 5°C 以上 積算한 溫量(剩餘指數)과의 關係는 年日 70 H 以前과 年日 300日 以後의 僅少한 差異를 無視하면 直線關係가 成立되므로 YDI는 쉽게 다른 remainder index로 換算이 可能하다.

YDI는 다음 式으로 定義한다.

$$YDI = \sum_{n} (t > 0^{\circ}C) \quad t : \text{日平均氣溫}$$

$n : 0^{\circ}C \text{ 以上の 日數}$

이 式에 依하여 同地點에서의 各年の YDI와 永年(約 10年間)의 平均積算溫度(MYDI)를 算出하였다.

YDI의 分布圖作成. 國立地理院에서 發行한 地形圖(1 : 500,000)를 利用하여 한 區劃 안에 적어도 1個所 以上の 測候所가 包含되도록 南韓全體를 緯度와 經度를 各各 30'와 40'씩 살라 區劃하였다. 標高가 다른 各 測候所에서 測定된 日平均氣溫을 氣溫遞減率 0.55°C/100 m(Yim and Kira, 1975)에 依하여 海面標高의 日平均氣溫으로 換算하고 다시 上記 區劃

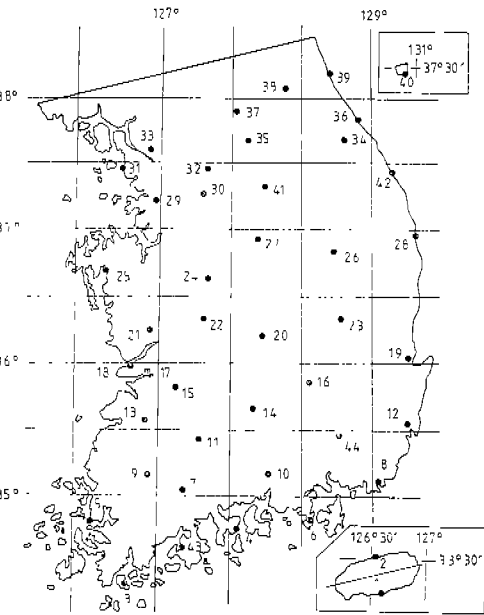


Fig. 1. The meteorological stations obtained the data for thermal climate analysis in South Korea. For locality no. see Table 1.

劃안의 地形上의 等高線에 따라서 같은 遞減率에 依하여 YDI를 算出하여 YDI 等值線分布圖를 作成하였다. 한 區劃안에 2個 以上の 測候所가 있는 경우에는 이들의 平均値를 사용했고 하나의 測候所도 없을 경우에는 周圍의 區劃에 包含된 測候所들의 日平均氣溫의 平均値를 써서 그 區劃의 YDI를 定하였다. 等值線을 긋는데 있어 隣接區劃 사이에 線이 어긋날 때에는 free hand writing으로 適切히 smoothing하여 連結하였으며, 이때 1 : 250,000의 地形圖로 檢討하여 等值線分布圖를 作成하였다(Fig.1).

生物季節現象과 YDI와의 對照. 生物季節現象의 顯著한 것으로는 植物의 發芽, 開葉, 開花,

結實과 昆虫의 産卵, 蛹化, 羽化, 그리고 兩棲類의 冬眠, 魚類의 産卵, 候鳥의 到來 등을 들 수 있다. 이러한 現象이 地方別로 時間的 差異가 있고(車 등, 1974; 金 등, 1976), 또 同一型의 植物群落의 葉面積指數의 差異, 葉面積 增加의 緯度의 差異(任, 1979), 山地 高度에 따른 開花期의 差異 등을 볼 수 있다. 이들중 몇가지에 對하여 YDI를 軸으로 한 傾度分析을 하였다(Whittaker, 1975). 그러나 生物季節現象에 對한 記錄은 많지 않을 뿐더러 調查된 地點數가 同一地點에서 多年間 記錄된 資料가 極히 적다. 여기에서 使用된 資料는 車 등(1974)과 1980년까지의 中央觀象臺의 記錄에 依據했다.

上記한 資料들에 依하여 生物季節現象이 일어난 날(YD)에서 YDI를 算出했다. YDI가 算出되지 않은 年度에 對해서는 數年間 平均 YDI(MYDI)로 對照하였고 測候所가 없는 地域의 資料일 경우에는 上記한 等值線의 分布圖에서 YDI를 判讀하였다.

## 結 果

**YDI의 增加傾向과 他要因과의 關係.** 本 研究에서 算出된 44個 地點에서의 YDI 및 MYDI의 增加傾向을 볼 때, 春分(YD 80), 서울에서의 *Prunus yedoensis*의 平均 開花日(YD 104), 夏至(YD 173), YD 365때의 YDI 값이 緯度의 增加에 따라 減少하고 있음을 알 수 있다(Table 1).

海岸地方과 內陸地方을 各 同一 YD의 YDI를 比較해 보면 東海岸인 釜山, 蔚山, 浦項, 울진, 삼척, 江陵, 束草에서는 同緯度上의 다른 地方에 比해서 높고 內陸地方인 南原, 거창, 추풍령, 청주, 충주, 홍천, 원성, 양평, 이천 등에서는 낮은 것을 볼 수 있다. 西海岸地方인 군산, 부여, 서산, 인천도 그 隣接地方에 比해 낮은 것이 뚜렷하였다. 南韓 全體로 볼 때 제주도와 울릉도 外에는 緯度에 따르는 緯算溫量의 差異를 잘 보여 주고 있으며 緯度上에서 보아 比較의 높은 YDI를 나타내고 있는 地方으로서서는 충무, 부산, 울산, 대구, 포항, 울진, 서울, 강릉, 比較의 낮은 地方으로서서는 목포, 남원, 거창, 청주, 서산, 대관령 등을 들 수 있다.

Remainder index(above 5°C)와 YDI의 增加傾向을 比較하여 보면 YD 100~250 사이에는 거의 平行하고 있고 YD 60 以前에는 RDI가 YDI와 비슷한 값을 나타내고 있으나 그들 사이에는 거의 直線關係가 成立한다(Fig. 2, 3).

몇몇 地方의 YDI의 增加傾向을 보면 大體로 S字 曲線을 나타내며 夏季인 YD 100~300 사이에서 急激한 上昇傾向을 나타내고 있다(Fig. 4). 또한 地方에서의 10年間의 同一年日 사이의 變動을 보면 곳에 따라 差異가 있고, 同一 地方의 年 變動幅은 YDI 250~400의 範圍에 있다.

海洋의 影響을 받는 울진과 同緯度인 충주 사이의 YDI를 比較해 보면 울진이 충주보다 年間溫量이 많고 春季 및 夏季에는 서로 平行하여 增加해 가지만 秋季부터 충주에서의 鈍化가 두드러진다(Fig. 5). YDI와 WI와의 關係는 다음 式으로 表示할 수 있다(Fig. 6).

$$YDI = 46.6WI - 171.4$$

**YDI의 分布.** 同一 YD의 積算溫量은 緯度의 增加에 따라 收斂的으로 減少하는 傾向이 나타나고 있다(Fig. 7). 또 同一 YD에 있어서는 緯度의 增加에 따르는 YDI의 減少를 볼

Table 1. The year day index YDI in different year day (YD 80, YD 104, YD 173, YD 365) at 44 stations in South Korea

Locality No.	Locality	YD80	YD104	YD173	YD365	YD365 (sea level)	observed years
1	Seoguiipo	599.1	844.8	2,075.6	5,701.6	5,805.9	1967~1976
2	Jeju	473.6	735.9	1,931.1	5,524.5	5,568.7	'67~'76
3	Wando	332.4	571.9	1,730.7	5,066.3	5,106.5	'72~'80
4	Yeosu	286.5	532.7	1,727.7	5,059.1	5,193.6	'67~'76
5	Mogpo	232.5	447.7	1,617.0	4,944.2	5,051.4	'67~'76
6	Chungmu	325.7	575.9	1,762.9	5,124.8	5,189.4	'68~'76
7	Seungju	218.3	431.0	1,599.0	4,624.2	4,738.6	'72~'80
8	Busan	345.3	598.2	1,781.5	5,145.3	5,284.2	'67~'76
9	Gwangju	201.3	427.9	1,657.1	4,868.4	5,010.9	'67~'76
10	Jinju	232.9	470.9	1,693.5	4,883.2	4,933.4	'70~'76
11	Namweon	174.8	390.2	1,580.9	4,667.9	4,898.6	'71~'80
12	Ulsan	263.8	499.4	1,699.4	4,885.1	4,956.4	'67~'76
13	Jeongcub	184.5	394.2	1,576.3	4,751.0	4,810.9	'71~'80
14	Geochang	159.2	366.2	1,510.4	4,358.2	4,809.3	'72~'80
15	Jconju	169.7	391.1	1,635.6	4,816.6	4,919.4	'67~'76
16	Daggu	210.4	447.8	1,710.7	4,880.1	4,996.1	'67~'76
17	Iri	174.9	371.1	1,542.4	4,580.1	4,896.2	'72~'76
18	Gunsan	146.5	331.8	1,461.8	5,701.6	5,805.9	'68~'76
19	Pohang	252.2	490.2	1,679.2	5,524.5	5,568.7	'67~'76
20	Chupung-ryeong	116.3	316.8	1,493.6	5,066.3	5,106.5	'67~'76
21	Buyeo	155.7	355.2	1,536.7	5,059.1	5,193.6	'72~'76
22	Daejeon	125.8	327.7	1,524.7	4,944.2	5,051.4	'69~'80
23	Euiseong	129.8	331.5	1,507.3	5,124.8	5,189.4	'72~'76
24	Cheongju	99.0	294.5	1,505.4	4,624.2	4,738.6	'67~'80
25	Seosan	107.1	286.0	1,402.2	5,145.3	5,284.2	'68~'76
26	Ycongju	124.8	319.0	1,483.4	4,868.4	5,010.9	'72~'76
27	Chungju	129.7	324.7	1,489.0	4,883.2	4,933.4	'72~'80
28	Uljin	250.4	464.2	1,593.6	4,667.9	4,898.6	'72~'80
29	Suweon	85.6	262.7	1,406.3	4,885.1	4,956.4	'67~'80
30	Icheon	116.4	307.7	1,468.3	4,751.0	4,810.9	'72~'76
31	Incheon	102.4	272.2	1,365.2	4,358.2	4,809.3	'67~'80
32	Yangpyeong	98.6	284.1	1,431.7	4,816.6	4,919.4	'73~'76
33	Seoul	117.8	312.9	1,510.3	4,880.1	4,996.1	'67~'80
34	Daegwanryeong	17.6	98.2	933.3	4,580.1	4,896.2	'72~'76
35	Hongcheon	82.6	252.0	1,381.9	4,604.8	4,657.6	'72~'80
36	Gangreung	172.0	391.4	1,574.0	4,856.9	4,949.5	'67~'76
37	Chuncheon	75.9	257.8	1,441.7	4,225.5	4,374.1	'67~'76
38	Inje	82.3	246.3	1,334.5	3,970.4	4,371.3	'72~'80
39	Sogcho	155.2	356.4	1,440.1	4,429.8	4,444.6	'68~'76
40	Ulreungdo	191.5	361.9	1,383.2	4,391.9	4,835.6	'67~'76
41	Wconseong	100.2	283.7	1,427.7	4,185.3	4,466.4	'72~'81
42	Samcheog	198.4	409.1	1,556.4	4,522.0	4,529.0	'72~'81
43	Gohcung	280.7	519.4	1,722.2	4,966.1	5,031.8	'72~'81
44	Milyang	230.4	469.4	1,683.0	4,787.3	4,812.9	'72~'81

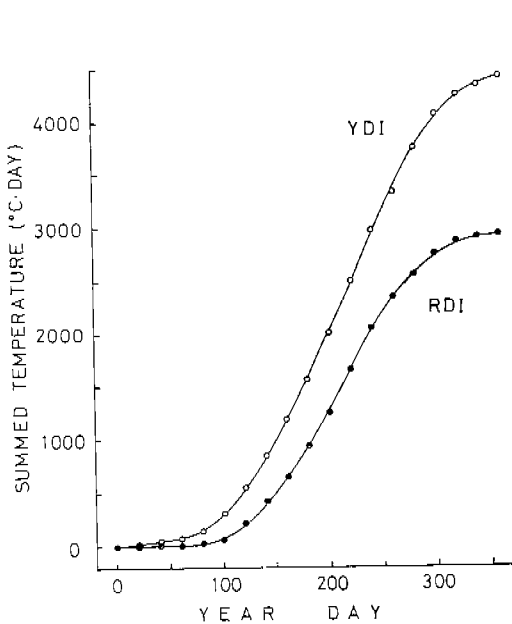


Fig. 2. Increase of YDI (0°C above) and remainder index (5-Cabove) of Sogcho.

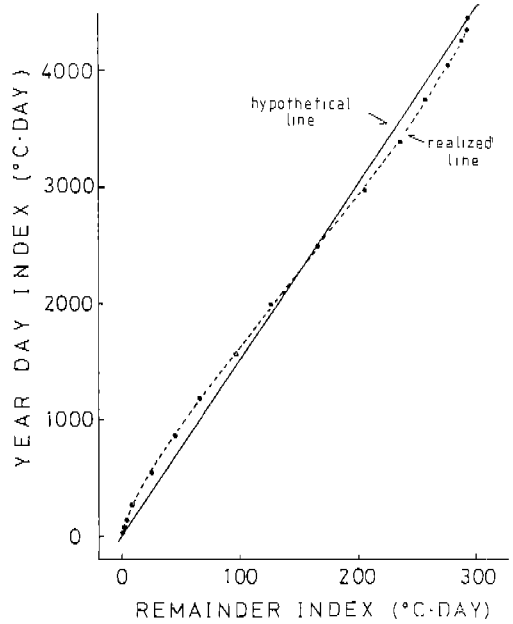


Fig. 3. Relationship between YDI and RDI at Chuncheon.

수 있었고, YD의 증가에 따르는 同期間의 積算溫量의 增加는 YD 50, 100, 150, 200, 250, 300, 360에서 溫量(YDI)의 增加幅이 60, 80, 120, 130, 150, 180, 230으로 나타났다. 即 YD에 따라 YDI의 總度의 差異에 一定한 勾配가 있음이 發見되었다.

즉 그 기울기는 YD의 增加에 따라 커지고 있어 北緯 48°~50°附近에서 收斂할 것으로 豫想된다. 이것을 一般式으로 表示하면 YD의 增加에 따른 減少係數 K는 다음과 같이 표시된다.

$$K = a(YD) + b$$

여기에서 a = 常數, b = 그 地方의 YD=0 때의 YDI

이 勾配(減少率)와 YD와는 다음과 같은 式이 成立한다(Fig. 8).

$$K = \frac{1}{2}YD + 30$$

K : YDI decrease rate

여기에서는 春分 YD 80(Fig. 13), *Prunus yedoensis*의 서울 平均 開花日 YD 105(Fig. 14), 夏至 YD 175(Fig. 15), YD 360(Fig. 16) 등의 YDI 分布圖만을 提示한다.

生物季節現象의 積算溫量에 依한 解析. 蒐集한 data의 信憑性을 檢討하기 위하여 各地方에서의 記錄이 比較的 豊富한 *Prunus yedoensis*를 例로 하여(中央觀象臺 1967~1980; 車 등, 1974; 金 등, 1976; 金, 1965) YD 및 YDI 頻度分布를 作成하였다.

各地方에서 調査된 data의 頻度曲線이 大體로 正規分布 曲線을 이루고 있는데 이 頻度曲

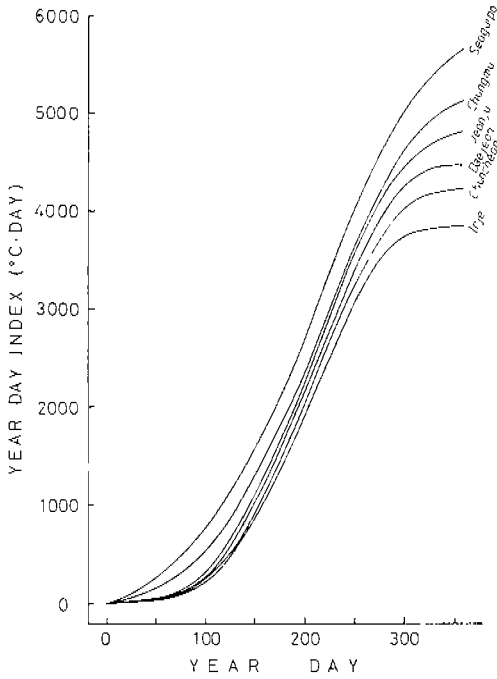


Fig. 4. YDI increase at selected stations.

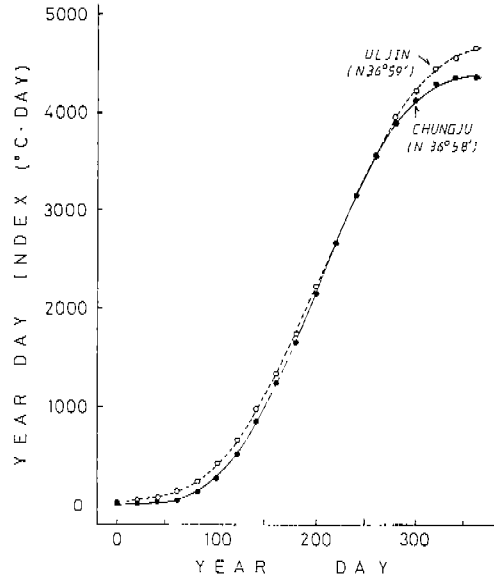


Fig. 5. Comparison of YDI between Uljin and Chungju during recent years.

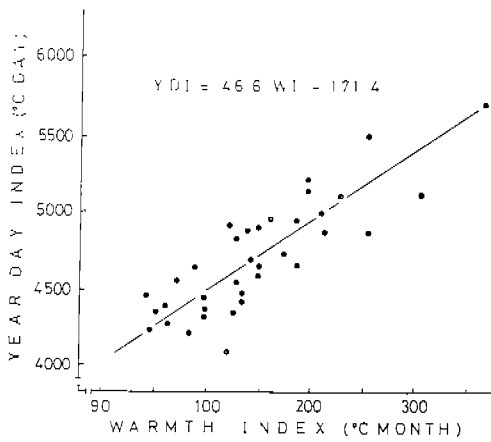


Fig. 6. Relationship between YDI and Kira's warmth index.

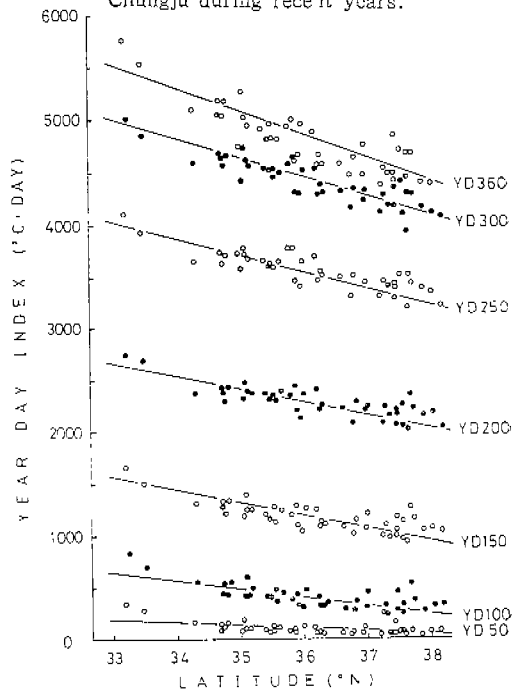


Fig. 7. Distribution of YDI along the latitudinal changes in different YD.

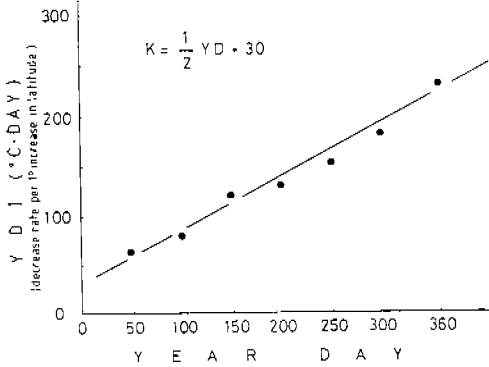


Fig. 8. YDI decrease rate along the latitudinal change in different YD.

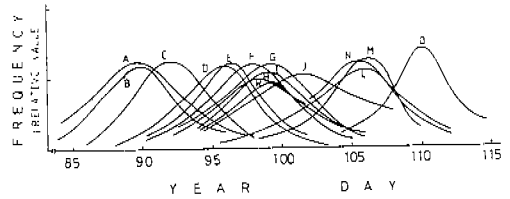


Fig. 9. Frequency curves of flowering dates in *P. yedoensis* at various localities.

- A : Seoguipo      F : Gwangju      K : Gangreung?
- B : Jeju          G : Yeosu        L : Seoul
- C : Busan        H : Pohng        M : Chupungryeong
- D : Ulsan        I : Mogpo        N : Ulreung-Do
- E : Daegu        J : Jeunju        O : Incheon

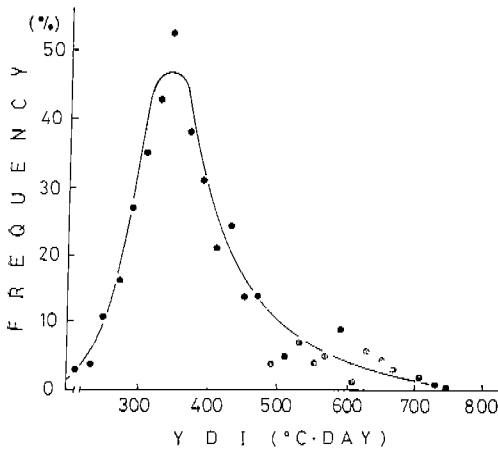


Fig. 10. Flowering frequency of *P.yedoensis* along the YDI in South Korea.

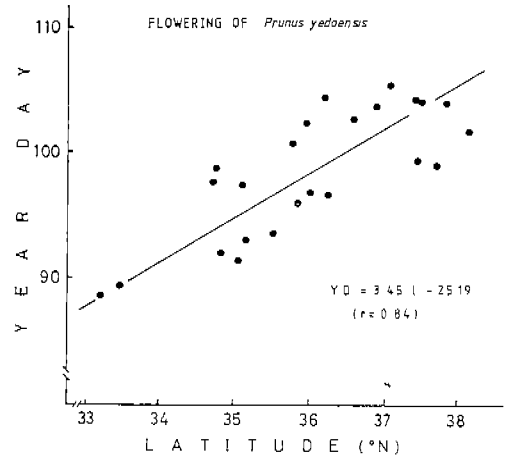


Fig. 11. Relationship between flowering date (YD) of *P.yedoensis* and latitudinal gradient in South Korea.

線의 代表値는 그곳의 開花日의 標準日을 의미한다(Fig. 9).

이들 各地의 data를 YDI로 換算하고, 이것을 同種에 對하여 하나의 頻度曲線을 얻었다. 이 亦是 正規分布曲線이 되었다. 이것은 同種의 溫度勾配에 對한 反應을 나타내는 것이므로 各地方에 따라 다르게 나타나는 生物季節現象을 一元的으로 說明할 수 있음을 뜻한다(Fig. 10). *Prunus yedoensis*의 開花日은 서울(37°34' N)에서는 理論線上에서 YD 104로 볼 수 있었다(Fig. 11, 17).

*Prunus yedoensis*의 緯度 1度 增加에 따라 年日 약 3.5日이 遲延되는 法則性을 보여주고 있는데, 이것은 緯度 1度 增加에 약 4日이 늦어진다는 Hopkins bioclimatic law와 비교적 잘 맞는다(福井, 1941)는 것을 알 수 있다.

*Rhododendron mucronulatum*의 開花日은 緯度 1度 增加함에 따라 YD 5로 *Forsythia kor-eana*의 경우는 YD 4.4로, *Robinia pseudoacacia*는 YD 3.4임을 알 수 있었다.



또 *Prunus yedoensis* 의 경우 數年間의 各地方에서의 평균 개화일과 그에 對한 YDI의 평균 값을 비교하면 Fig. 12 와 같다. 즉 開花現象이 일찍 유발되는 곳(低緯度)에서는 높은 YDI가 요구되며 開花現象이 늦게 유발되는 곳(高緯度)에서는 비교적 낮은 YDI가 요구되었다. 이들의 관계는 다음 式으로 表現될 수 있었다(Fig. 12).

$$\log P_y YDI = -0.013 P_y YD + 3.855$$

여기서  $P_y YDI$  : *P. yedoensis* 의 開花에 要求되는 YDI

$P_y YD$  : *P. yedoensis* 의 開花日

이 式과 上記한 各地方의 緯度와 *P. yedoensis* 의 開花日과의 關係式으로부터 種固有의 緯度에 따른 常數 a와 b만을 알면 그 地方에서 季節現象의 유발에 必要한 YDI를 豫상할 수 있을 뿐만 아니라 氣象學의 data 만으로도 生物季節現象日의 豫상이 可能하다.

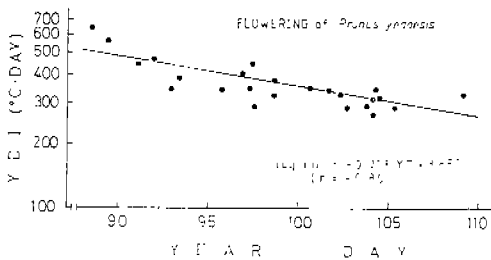


Fig. 12. Relationship between flowering date (YD) and flowering YDI of *P. yedoensis* in South Korea.

### 考 察

**YDI와 他要因과의 關係.** YDI와 Nuttinson's index(1957)를 비롯한 剩餘指數(remainder index)와는 近似的으로 直線關係가 成立됨으로 YDI로 生物季節現象을 說明하는 것은 本質的으로는 remainder index에 依하는 것과 같지만 YDI에 依하는 경우 우리나라 南海岸과 濟州島 地方의 生物季節現象까지를 包含해서 合理的으로 說明할 수 있는 利點이 있다.

鬱陵島와 같은 孤島를 除外한 半島에서는 日積算溫量은 後期에는 海洋의 影響을 크게 받는 것으로 보인다. 이것은 植物의 生育期間에는 大差가 없으나 結實期나 成熟期에 差異가 있음을 뜻한다. 그러나 實際는 生物의 分布나 季節現象에 있어서 內陸과 海岸地方 사이에 相當한 差異가 있음이 알려져 있는데 이것은 後期の 溫量이나 日氣溫의 較差 그 밖의 乾濕度 要因의 各各 또는 그들 條件들의 複合된 結果일 것이며 그 主된 要因은 곳에 따라 다를 것이다. 어쨌든 미세한 局地的 生物季節現象의 解析에 年日積算溫量을 對應시키는 데는 日長이나 日照時間外에도 여러가지 要因에 關한 補正이 必要한 것은 分明하다. 日積算溫量外에 開花期의 日平均氣溫이나 月平均氣溫으로도 어느 程度 開花와 溫度와의 關係를 近似시킬 수도 있다(金, 1965). 그러나 이것은 Lindsey and Newman(1956)이 指摘한 點과 같이 平均氣溫의 算出根據에 따라 그 意義가 달라질 수 있고, 또 開花現象은 開花 當時의 氣溫만이 直接影響을 주는 것이 아니므로 이 方法은 바람직한 것이 못된다고 보겠다.

Remainder index의 變주에 속하는 Nuttinson's index는 小麥이나 大麥과 같은 草本植物의 季節現象에, WI가 年平均氣溫이나 最寒月 또는 最暖月の 平均氣溫보다 植生 特別 森林 分布의 區分이나 樹種의 分布限界를 說明하는데 더욱 適合하다는 것이 立證되고 있으므로

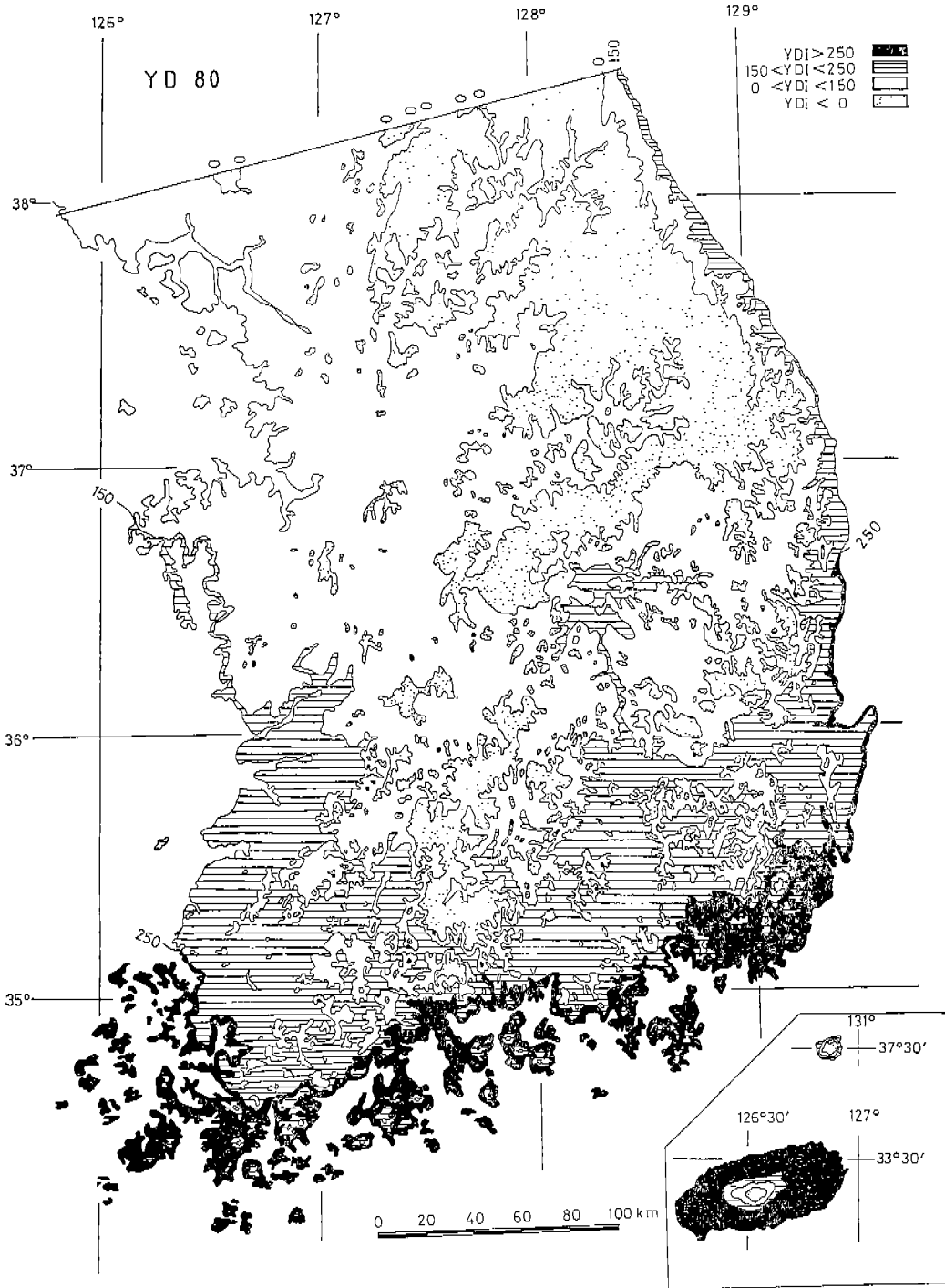


Fig. 13. Distribution of YDI on YD 80 in South Korea.

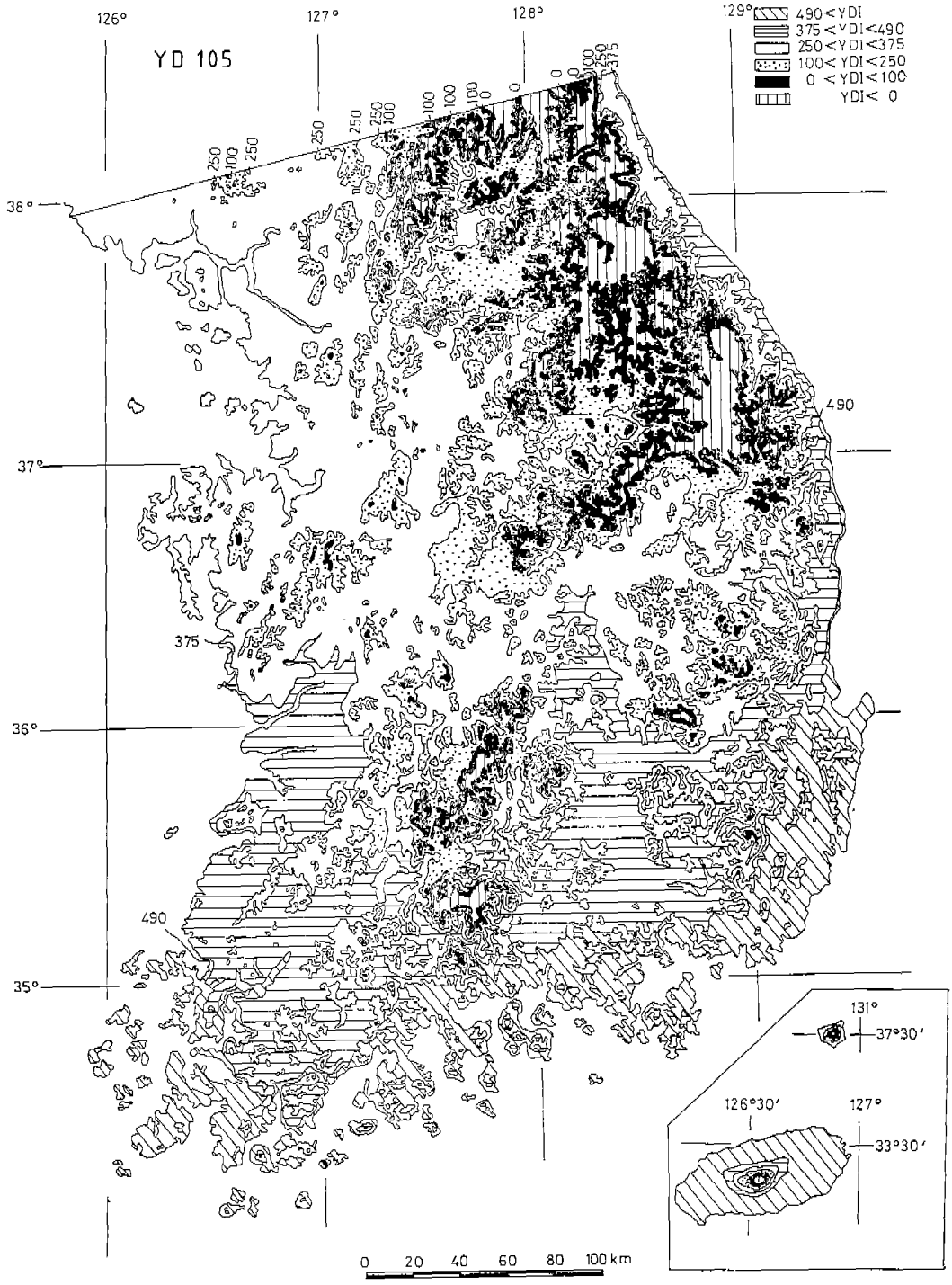


Fig. 14. Distribution of YDI on YD 105 in South Korea.

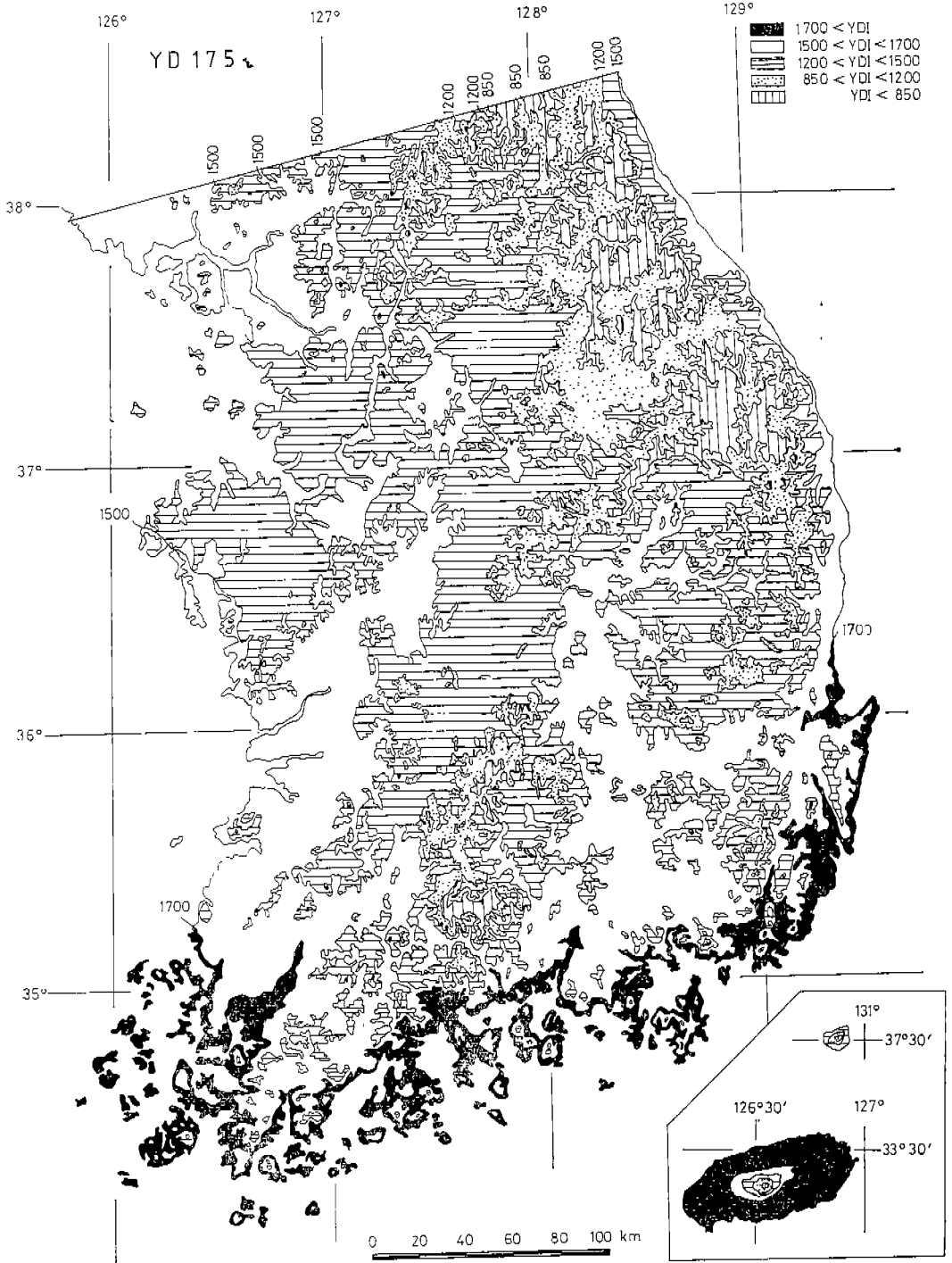


Fig. 15. Distribution of YDI on YD 175 in South Korea.

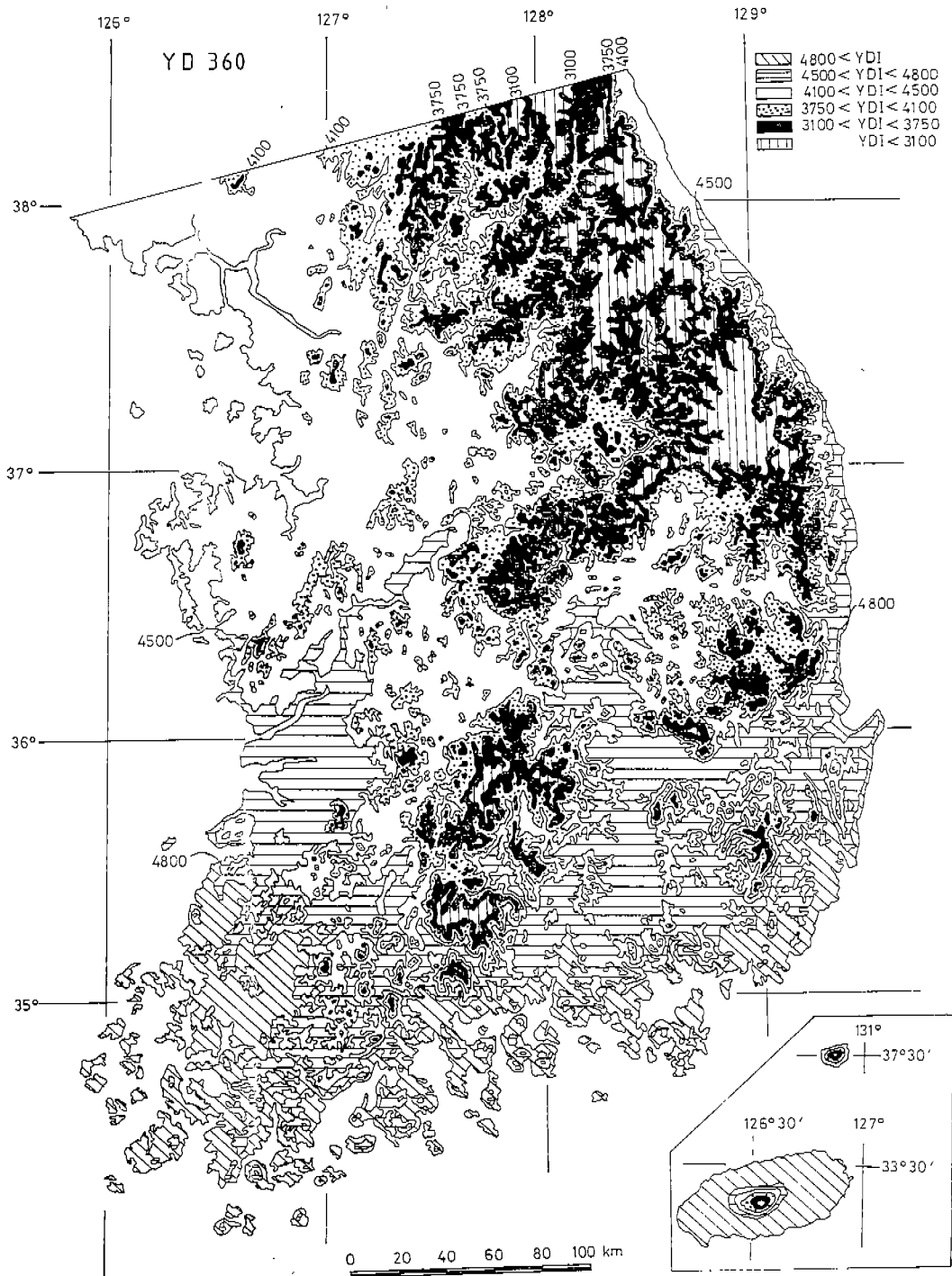


Fig. 16. Distribution of YDI on YD 360 in South Korea.

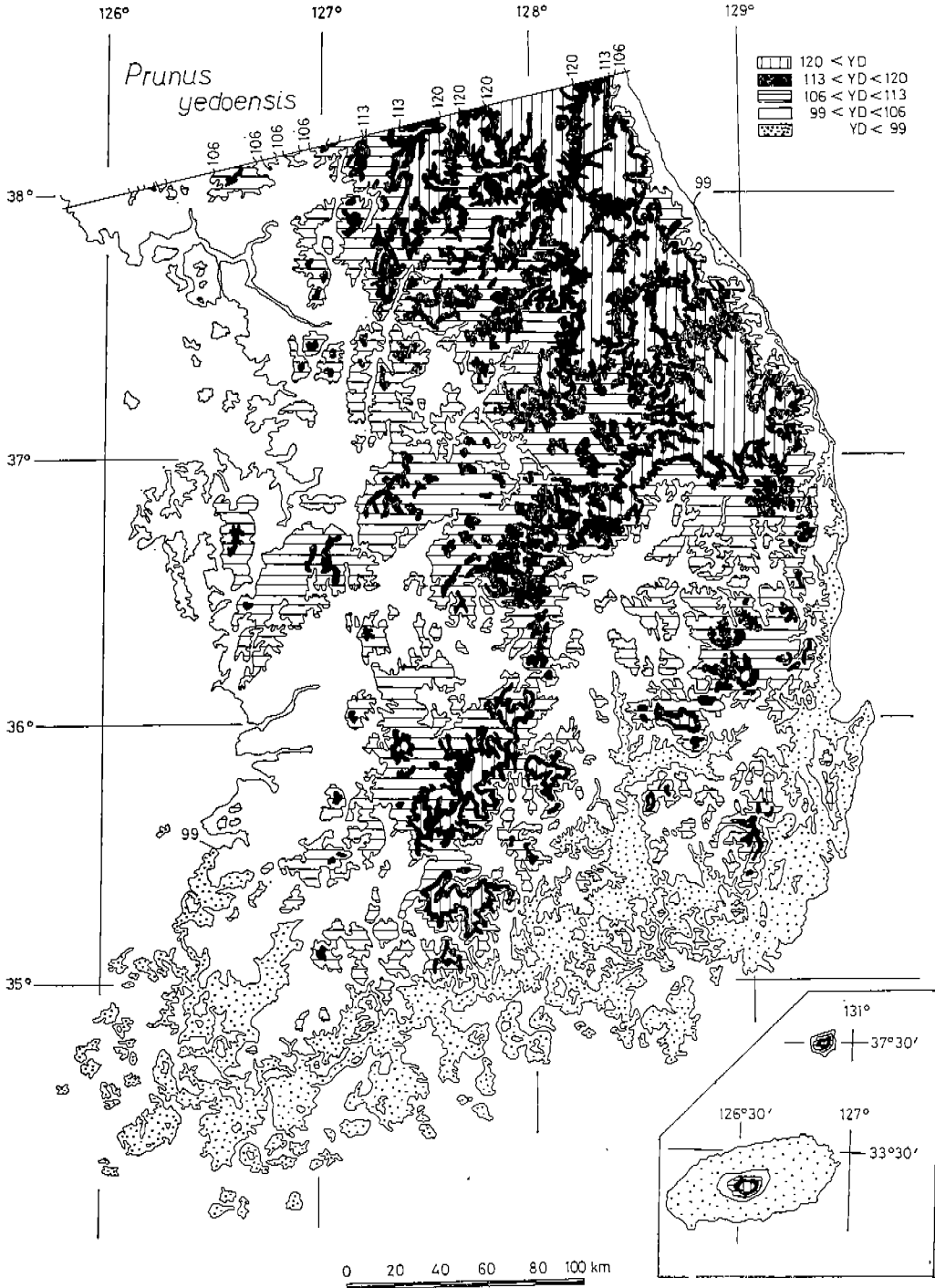


Fig. 17. Year day map of the flowering in *Prunus yedoensis*.

(古良, 1945; Nuttinson, 1948; Kira, 1974; Yim, 1977 a,b) YDI 또한, 이러한 목적에 매우 유용할 것으로豫想할 수 있다.

吉良(1976)는 全純生産速度( $\Delta p_n$  t/ha·yr)와 WI와의 直線的 陽의 相關關係가 있음에 着眼하여,  $\Delta p_n = 0.0869WI + 840$ 의 關係式을 定立하였는데, YDI와 WI와의 關係式이 成立되었으므로 WI에 YDI를 代入시키면 全純生産速度를 算出할 수 있을 것이다. 또한 Yim and Kira(1975)가 發見한 WI와 Thornthwaite(1948)의 potential evapotranspiration(PE) 사이의 關係式  $PE = 431WI + 299$ 式에도 YDI를 代入하여 PE를 算出할 수 있다.

溫度氣候의 作用範圍. 植物이나 植生型의 水平 또는 垂直分佈에 對한 制限要因으로서는 溫度氣候外에 水分과 빛이 있다.

우리는 溫度要因을 他要因과 完全히 分離시켜 그 作用을 論할 수는 없지만 이러한 問題와 關聯해서 두 가지 다른 方向의 研究方法을 取할 수는 있는데, 그것은 對照法과 生理生態學的인 方法이다(Lundegårdh, 1957).

本研究에서는 對照法을 많이 適用하고 있으나 種의 溫度反應에 着眼하고 있으며 種의 溫度軸에 對한 反應은 好適曲線을 나타내므로 對照法이 지나고 있는 缺點으로 指摘되고 있는 많은 部分이 減少될 것으로 볼 수 있다. Lundegårdh(1957)에 依하면 基本的인 生理機能의 季節變化에 對한 溫度氣候의 作用類型은 生態學的으로 4期로 나누어 考察할 수 있다. 즉,

- (1) 成長期(春季)에는 溫度의 上昇이 有利하게 作用한다. 즉 純粹한 溫度-成長曲線은 普通 急激히 上昇하여 約  $30^{\circ}\text{C}$ 에서 비로소 最適에 達한다.
- (2) 光合成期(夏秋期)에는 中間溫度가 有利하게 作用하며 이에 反하여 最適以上の 높은 溫度는 다시 作用을 阻止시킨다. 높은 晝間 溫度는 이 期間에는 不利하게 作用하는 듯하다.
- (3) 結實期(秋期)에는 相當히 높은 晝間 및 夜間溫度가 有利하게 作用하는 듯하다.
- (4) 成熟期에는 低溫은 生態學的 致死點을 넘지 않는 限 有利하게 作用하는 듯하다.

以上이 東 Asia의 大陸性 氣候에서도 例外없이 들어맞다는 것을 立證할 만한 研究은 아직 없다.

生物季節現象의 積算溫量에 依한 解析. 現在 多少 信憑性있는 生物季節現象의 資料를 얻을 수 있는 곳은 겨우 7~24 個所에 不過하다. 任·趙(1977)는 洪陵(서울)의 384 樹種에 對하여 1968~1974 사이의 開花期와 Nuttinson's index와의 對應關係를 밝힌 바 있고, 任(1979)은 單葉面積增加와 溫量의 增加가 陽의 直線相關關係가 있음을 報告한 바 있다.

上記한 *Prunus yedoensis*의 開花期은 植物季節이 緯度 1度 높아짐에 따라 4日 늦어짐을 提示한 Hopkins의 bioclimatic law와 比較적 잘 맞는다(福井, 1941). 同 法則의 經度的 差異에 對해서는 data의 不充分으로 分明히 말하기 困難하다. 經度變化가 季節變化에 影響을 미치고 있음이 分明치 않음은 韓半島가 南北으로 길고 東部는 山岳인데 反하여 西部는 大部分이 平野인 우리나라의 地形과도 關係가 있다. 이것을 一般化하여 式으로 나타내면 다음과 같이 된다.

$$YD = aL + b$$

a: 緯度變化에 따른 生物季節現象의 變化를 나타내는 常數

b: 生物種固有한 常數

L: 緯度

여기에서 a와 b는 각각 3.5와 -28이 된다.

### 摘 要

生物의 季節現象을 說明하기 위하여 中央觀象臺에서 發行한 最近 10年間의 氣象月報에 依據하여 全國 26個 測候所와 18個 分室에서 觀測된 日平均氣溫을 써서 物理的 零度 以上の 日積算溫量을 計算하고 이것을 YDI라고 부르기로 하였다. YDI와 remainder index의 增加曲線은 初期와 後期에 若干의 差異가 있을 뿐 兩者 사이에는 거의 直線關係가 成立되므로 相互換算이 可能하다. 44個 測候所의 그 位置의 標高를 標準化하여 氣溫遞減率  $0.55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 를 써서 氣象資料를 換算하고 이로부터 各地의 標高의 年日(YD)에 따른 YDI의 分布를 地圖化하였다. 緯度의 增加에 따르는 YDI의 減少率(K)은 YD의 增加와 直線關係에 있어  $K = \frac{1}{2}YD + 30$ 으로 나타내어 졌다. YDI의 等值線 分布圖는 各地方의 生物 季節現象을 一元的으로 說明한 뿐만 아니라 栽培植物의 適地選擇, 植物分布 區分의 理論的 根據가 될 을 밝힐 수 있었다. *Prunus yedoensis*를 包含한 生物季節現象이 緯度 1度 增加함에 따라 3.5日이 遲延되고 있어 이들 現象이 Hopkins의 bioclimatic law와 一致한다는 것을 發見하였으며, 이는 다음과 같은 一般式으로 나타내진다.  $YD = aL + b$

### 參 考 文 獻

- Andrewartha, H. G. and L. C. Birch. 1974. The distribution and abundance of animals. The University of Chicago Press, Chicago. 782 pp.
- 車鈍煥, 李恩喆, 李順愛. 1974. 韓國의 氣候와 植生. 瑞文文庫, 서울. 276 pp.
- 中央觀象臺. 1967~1980. 氣象月報, 서울.
- 福井永一郎. 1941. 氣象學. 古今書院. 566 pp.
- 金光植. 1965. 우리나라에서의 벚꽃과 복숭아 開花日 豫想에 關하여. *J. of Korean Met. Society* 1 : 14~17.
- 金光植의 14人. 1976. 韓國의 氣候. 一志社, 서울. 446 pp.
- 金 源. 1978. 大邱盆地의 植物의 開花期에 關하여. *Kyungpook J. Biol. Scis.* 8 : 137~147.
- 吉良龍夫. 1945. 農業地理學の基礎としての東亞の氣候區分. 京都帝國大學 農學部園藝學研究室, 京都.
- . 1976. 陸上生態系. 生態學講座 2. 共立出版, 東京. 166 pp.
- Kira, T. 1974. A climatological interpretation of Japanese vegetation zones. *In Proc. Intern. Excursion & Symp. on Vegetation Science*. Tokyo. pp. 21~30.
- Lindsey, A. A. and J. E. Newman. 1956. Use of official weather data in springtime temperature analysis of an Indiana phenological record. *Ecology* 37 : 812~823.
- Lundegårdh, H. 1957. Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Gustave Fischer Verlag, Sweden.
- 門司正三, 山根銀五郎, 寶月欣二譯. 1964. 植物實驗生態學 —氣候と土壤— 岩波書店, 東京. 551 pp.
- Nuttonson, M. Y. 1948. Some preliminary observation of phenological data as a tool in the study of photoperiodic and thermal requirements of various plant material. *In Vernalization and photoperiodism*. A. E. Mureek and R. O. Whyte(eds.), pp. 129~143. Chronica Botanika Wattham, Mass.



- Nuttonson, M. Y. 1957. Barley-climate relationship and the use of phenology in ascertaining the thermal and photothermal requirements of barley. Based on data of North America and of some thermally analogous areas of North America in the Soviet Union, Finland, Poland, and Czechoslovakia. American Institute of Crop. Ecology. Washington, D.C.
- Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* **38** : 55~94.
- Whittaker, R. H. 1975 *Communities and Ecosystems*. 2nd ed. Macmillan Publ. Co., New York. 385 pp.
- Yim, Y.-J. and T. Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula I. Distribution of some indices of thermal climate. *Jap. J. Ecol.* **25** : 77~88.
- \_\_\_\_\_. 1977 a. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. III. Distribution of tree species along the thermal gradient. *Jap. J. Ecol.* **27** : 177~189.
- \_\_\_\_\_. 1977 b. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean peninsula. IV. Zonal distribution of forest vegetation in relation to thermal climate, *Jap. J. Ecol.* **27** : 267~278.
- 任良宰, 趙武衍. 1977. 洪陵樅木園樹種의 開花期에 關하여. 韓國生態學會誌 **1** : 17~23.
- 任良宰. 1979. 韓國의 여러 樹種의 葉展開과 溫度條件에 關한 花曆學的 研究. 學術院 論文集(自然科學篇) **18** : 103~122.

(1983. 5. 25. 接受)