

Glycine max 잎의 성장 분석을 위한 Plastochron에 관한 연구

김 종 희

경남대학교 자연대학 생물학과

Plastochron Indices for Leaf Development of *Glycine max*

Kim, Jong-Hee

Dept. of Biology, College of Natural Science, Kyung Nam University

ABSTRACT

The development of leaves in soybean (*Glycine max* cv. yellow grain and *Glycine max* cv. black grain) plants were assessed for the applicability of the plastochron index. The plastochron ages versus time in days were respectively 6.4 days in black grain and 9.6 days in yellow grain. Plots of Plastochron Index (PI) versus time were linear, there were two distinct groups of regression line. When a point of intersection in the lines were upper than the reference length, PI was estimated $n + (\ln L_n - \ln LR) / (\ln L_n - \ln L_{n+2})$ or $(n-1) + (\ln L_{n-1} - \ln LR) / (\ln L_{n-1} - \ln L_{n+1})$. When a point of intersection in the lines were less than the reference length, PI was estimated $n + (\ln L_n - \ln LR) / (\ln L_n - \ln L_{n+2})$ or $(n+1) + (\ln L_{n+1} - \ln LR) / (\ln L_{n+1} - \ln L_{n+3})$.

The growth rate of black grain plants analysed by PI was higher than yellow grain plants.

緒 論

“Plastochron”이라 함은 Erickson과 Michelini(1957)에 의해서 제안되었는데 연속적으로 출현하는 두 개의 잎 사이의 시간 간격으로 정의하였다. Plastochron index(PI)는 식물의 생리적, 형태적 측면의 성장과 이에 영향을 미치는 환경적 요인과의 연구에 유용하다(Lamoreaux, 1978). Cordero등(1985)은 *Hedera helix* L.에서 PI를 이용하여 식물의 성장을 어린형과 성숙형으로 비교 분석하였으며, 박과 김(1986)은 털비름, 명아주 및 콩의 질산환원효소 측정을 위한 PI의 유용성을 연구하였다. 또한 Park and Kim(1985a, b)은 *Amaranthus retroflexus*와 *Chenopodium album*에서 엽서에 따른 잎의 성장을 plastochron age로서 직선적 model로 밝힌 바 있는데 어긋나기의 plastochron 값은 1개이며, 마주나기이거나 돌려나기인 경우의 plastochron 값은 2개 이상임을 보고하였다.

본 연구에서는 같은 마디에서 3개의 잎이 출현되는, 즉 삼출엽(trifolited leaf)인 콩과 식물 두

품종인 대두와 흑두에서 PI를 위한 직선적 model을 결정하고 질소원 형태에 따른 잎의 성장을 plastochron age로 밝히고자 한다.

方 法

콩과 식물의 두 품종인 대두와 흑두의 씨들은 1989년 4월 2일, 27°C 항온기에서 발아시켜 유근이 출현한 뒤 vermiculite와 모래를 1:1로 혼합시킨 plastic화분에 이식하여 통풍이 잘 되는 비닐 하우스에서 성장시켰다.

영양용액으로는 질소원이 제거된 Hoagland용액을 주었으며 흙이 젖어 있을 정도로 증류수를 공급하였으며, 질소원으로는 NO_3^- (KNO_3 , 10mM), NH_4^+ ((NH_4) $_2$ SO_4 , 10mM), NH_4^+ : NO_3^- =1:2, 2:1의 비율로 공급하였다. 식물의 성장에 따라 매 48시간마다 잎의 길이를 Vernier Caliper로 0.1mm단위까지 측정하였으며 모든 data는 10번의 반복 측정값들이다.

각 잎의 길이 성장에 대한 data는 시간간격을 기준으로 평행 이동시켜 plastochron age를 결정하였으며, 이때 자엽의 성장을 특수하게 다루기 때문에 제외시켰다. 또 reference길이는 성장 곡선을 구하여 최대 성장 길이와의 비교로부터 얻었다.

結果 및 考察

Fig. 1은 흑두에서의 질소원에 따른 잎의 성장을 시간에 따라 나타낸 것으로, 전형적인 성장곡선을 제시하는데, 즉 초기에 기하급수적 성장을 하며, 잎의 출현시기가 거의 비슷한 시간 간격으로 반복됨을 보여준다. 실질적으로는 하나의 trifoliated leaf에서 3개의 curve를 나타내나(Fig. 1)그 중 하나는 다르고, 둘은 똑같은 성장곡선을 가짐을 알 수 있었다. 따라서 이들에 대한 성장곡선은 둘로 나타내었다.

Fig. 2는 대두에서의 질소원에 따른 잎의 성장을 제시하는 것으로 흑두와 비슷한 양상을 보이 나 다만 흑두에 비해 최대 성장 길이가 작음을 알 수 있다. 한편 두 품종 모두 질소원에 따른 성장은 양상은 그 유의성이 없었다.

Fig. 3과 4는 기하급수적 양상을 보이는 초기 성장시기에서의 잎의 길이를 semi-log graph로 표현했을 때 나타나는 직선적 model의 예시로서, 흑두와 대두에서 질소원으로서 NH_4^+ 를 공급했을 때의 성장곡선이다. 이때 흑두는 시간에 대한 plastochron age가 6.4 days였으며, 대두는 9.6 days였다. 토마토는 2.47 days(Coleman and Greyson, 1976), English ivy는 4.23 days(Cordero, 1985)라고 한다. 또한 reference길이는 초기 성장 시기에 계산하기 편리한 값으로 결정하므로(Erickson & Michelini, 1957) 흑두는 40mm, 대두는 20mm로 결정하였다.

Table 1은 두 품종에서 각 질소원에 따른 직선적 함수를 나타낸 것으로 각각의 잎들은 두개의 직선 함수를 지니고 있음을 알 수 있다. 여기서 어느 시점에서의 PI를 얻기 위한 이론적 model을 위한 세 가지의 가정(Maksymowych, 1973)이 역시 성립된다.

- ① 잎의 초기 성장은 직선적이다.
- ② 직선식은 서로 평행하다.
- ③ 두 직선은 두 개의 시간간격(plastochron age)으로 반복된다.

위의 가정을 통해 두 직선의 교점이 reference길이보다 크면(Fig. 5) $\triangle abc \propto \triangle ihc$ 이거나 $\triangle fgc \propto \triangle edc$ 이고, $PI = n + bc/bh$ 이거나 $PI = (n-1) + gc/gd$ 이다. 여기서 $bc/bh = ac/ai$, $ac/ai = (\ln L_n - \ln LR) / (\ln L_n - \ln L_{n+2})$. 따라서 $PI = n + (\ln L_n - \ln LR) / (\ln L_n - \ln L_{n+2})$ 이

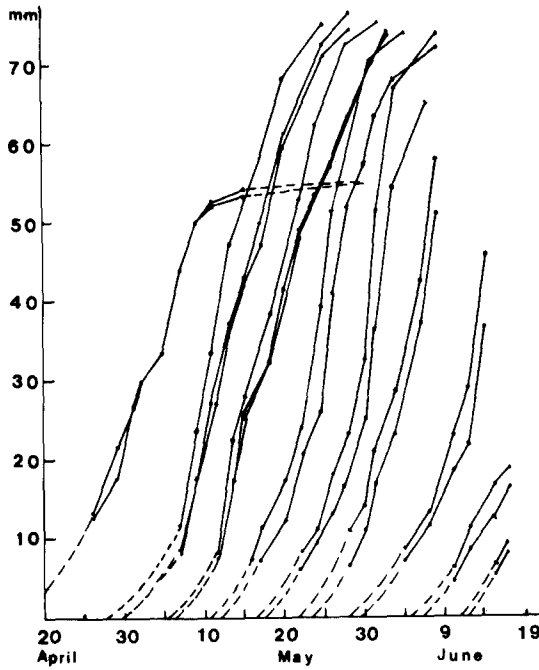


Fig. 1. The growth curves for leaves of *Glycine max*(L.) Merr(black grain) grown in NH_4^+ as nitrogen sources.

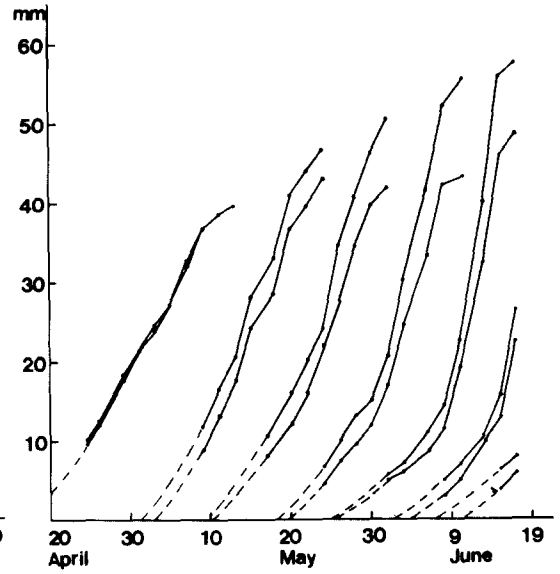


Fig. 2. The growth curves for leaves of *Glycine max*(L.) Merr(yellow grain) grown in NH_4^+ as nitrogen sources.

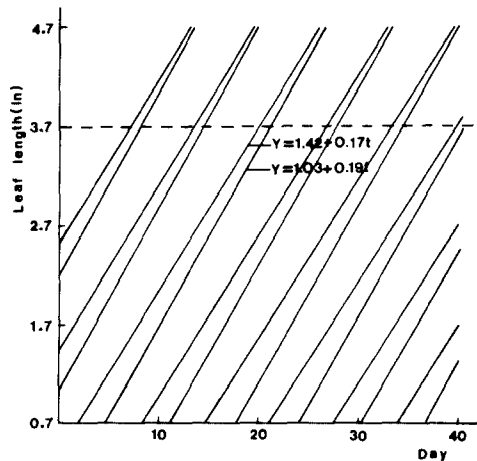


Fig. 3. Leaf length profiles for successive leaves of a soybean(black grain) grown in NH_4^+ as nitrogen sources plotted against time.

다. 또 $gc/gd=fc/fe$, $fc/fe=(\ln L_{n-1}-\ln LR)/(\ln L_{n-1}-\ln L_{n+1})$, 따라서 $PI=(n-1)+(\ln L_{n-1}-\ln LR)/(\ln L_{n-1}-\ln L_{n+1})$ 이다.

두 직선의 교점이 reference보다 작으면 (Fig. 6) $\triangle abc \sim \triangle ehc$ 에서 $PI=n+bc/bh$, $bc/bh=ac/ae$, $ac/ae=(\ln L_n-\ln LR)/(\ln L_n-\ln L_{n+2})$. 따라서 $PI=n+(\ln L_n-\ln LR)/(\ln L_n-\ln L_{n+2})$ 이다. 또 $\triangle fgc \sim \triangle idc$ 에서 $PI=(n+1)+gc/gd$ 이다.

$gc/gd=fc/fi$, $fc/fi=(\ln L_{n+1}-\ln LR)/(\ln L_{n+1}-\ln L_{n+3})$. 따라서 $PI=(n+1)+(\ln L_{n+1}-\ln LR)/(\ln L_{n+1}-\ln L_{n+3})$ 이다.

Fig. 7과 8은 위의 식에 의해 구해진 흑두와 대두 잎에서의 PI를 계산하기 위한 예시이다.

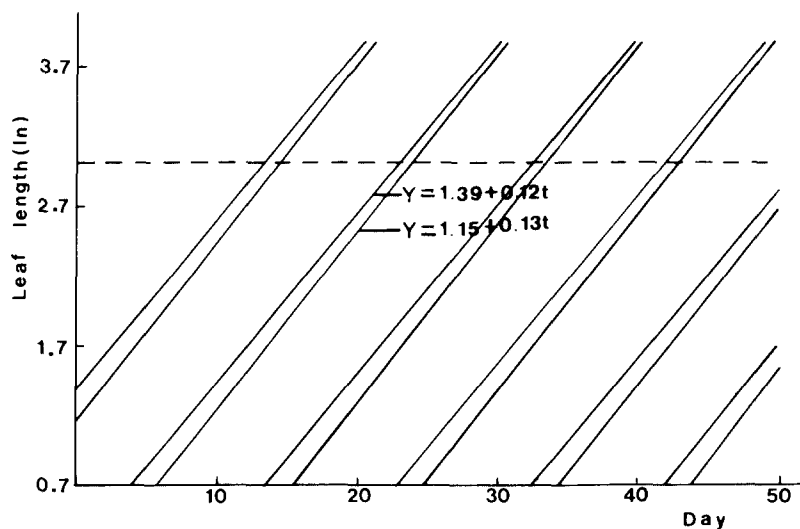


Fig. 4. Leaf length profiles for successive leaves of a soybean(yellow grain) grown in NH_4^+ as nitrogen sources plotted against time

$$y = 1.15 + 0.13t \quad y = 1.39 + 0.12t$$

Table 1. The linear equation for both species indifferent nitrogen source

Treatment	Species	Yellow grain	Black grain
		NO_3^-	$y = 0.87 + 0.13t$ $y = 1.13 + 0.12t$
1:2		$y = 0.77 + 0.18t$ $y = 1.04 + 0.17t$	$y = 0.91 + 0.18t$ $y = 1.36 + 0.15t$
		$y = 0.89 + 0.15t$ $y = 1.73 + 0.13t$	$y = 1.40 + 0.15t$ $y = 1.73 + 0.13t$
NH_4^+		$y = 1.15 + 0.13t$ $y = 1.39 + 0.12t$	$y = 1.42 + 0.17t$ $y = 1.03 + 0.14t$

摘要

콩과 식물의 두 품종인 대두와 흑두에서의 잎의 성장을 plastochron으로 분석하였다. 흑두에서의 시간에 대한 plastochron ages는 6.4days였으며, 대두에서는 9.6 days였다.

또한 Plastochron index(PI)를 위한 직선적 model은 두 개의 model을 가지므로, 두 직선의 교점이 LR보다 큰 경우의 PI는 $PI = n + (\ln L_n - \ln LR) / (\ln L_n - \ln L_{n+2})$ 이거나 $PI = (n-1) + (\ln L_{n-1} - \ln LR) / (\ln L_{n-1} - \ln L_{n+1})$ 이고, 두 직선의 교점이 LR보다 작으면 $PI = n + (\ln$

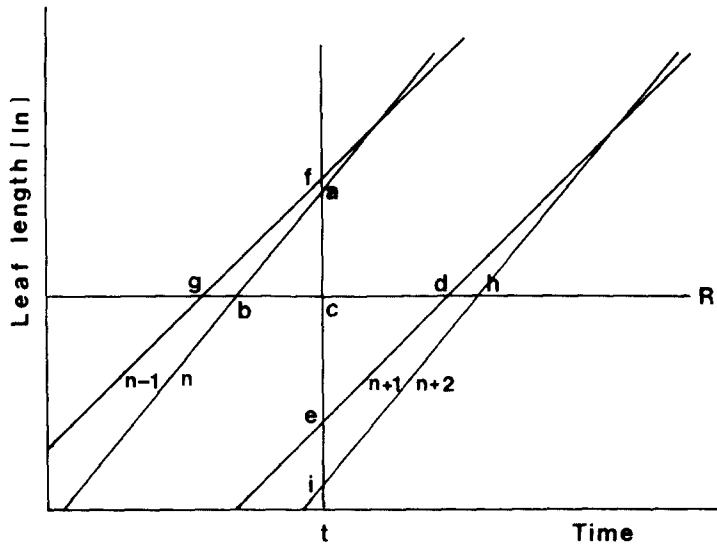
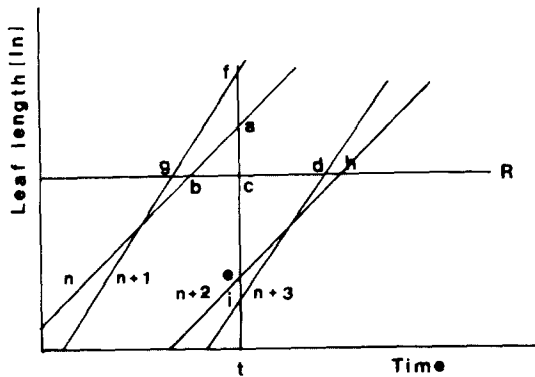


Fig. 5. The linear model of the theoretical plastochron index.

$$PI = n + \frac{\ln L_n - \ln LR}{\ln L_n - \ln L_{n+2}} \text{ or } PI = (n-1) + \frac{\ln L_{n-1} - \ln LR}{\ln L_{n-1} - \ln L_{n+1}}$$

- n : 기부로부터 센 잎의 번호, 즉 reference 길이 보다 바로 큰 잎의 번호
- L_n : n번째 잎의 길이
- L_{n-1} : n-1번째 잎의 길이
- L_{n+2} : n+2번째 잎의 길이
- L_{n+3} : n+3번째 잎의 길이
- LR : reference 길이



$$PI = n + \frac{\ln L_n - \ln LR}{\ln L_n - \ln L_{n+2}} \text{ or}$$

$$PI = (n+1) + \frac{\ln L_{n+1} - \ln LR}{\ln L_{n+1} - \ln L_{n+3}}$$

- n : 기부로부터 센 잎의 번호, 즉 reference 길이 보다 바로 큰 잎의 번호
- L_n : n번째 잎의 길이
- L_{n-1} : n-1번째 잎의 길이
- L_{n+2} : n+2번째 잎의 길이
- L_{n+3} : n+3번째 잎의 길이
- LR : reference 길이

Fig. 6. The linear model of the theoretical plastochron index.

$L_n - \ln LR) / (\ln L_n - \ln L_{n+2})$ 이거나 $PI = (n+1) + (\ln L_{n+1} - \ln LR) / (\ln L_{n+1} - \ln L_{n+3})$ 로 얻어질 수 있었다. PI로 본 두 품종간의 잎의 성장은 대두에 비해 흑두에서 빠른 것으로 나타났다.

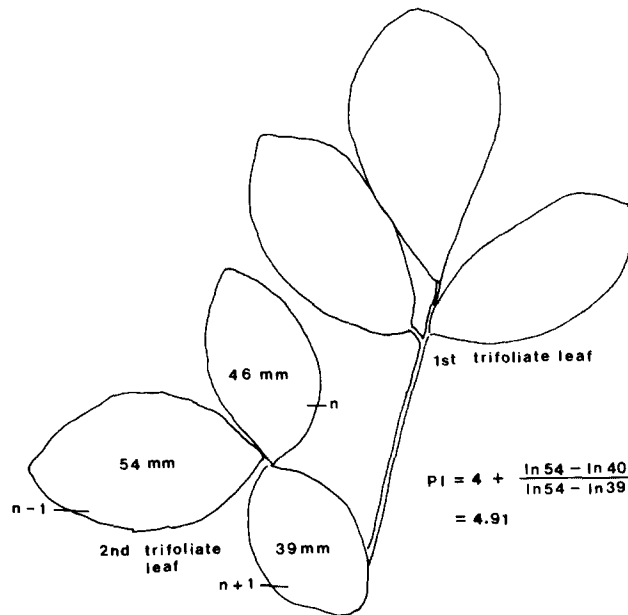


Fig. 7. An example for plastochron index at anytime in *Glycine max*(L.) Merr(black grain). The reference length is 40mm.

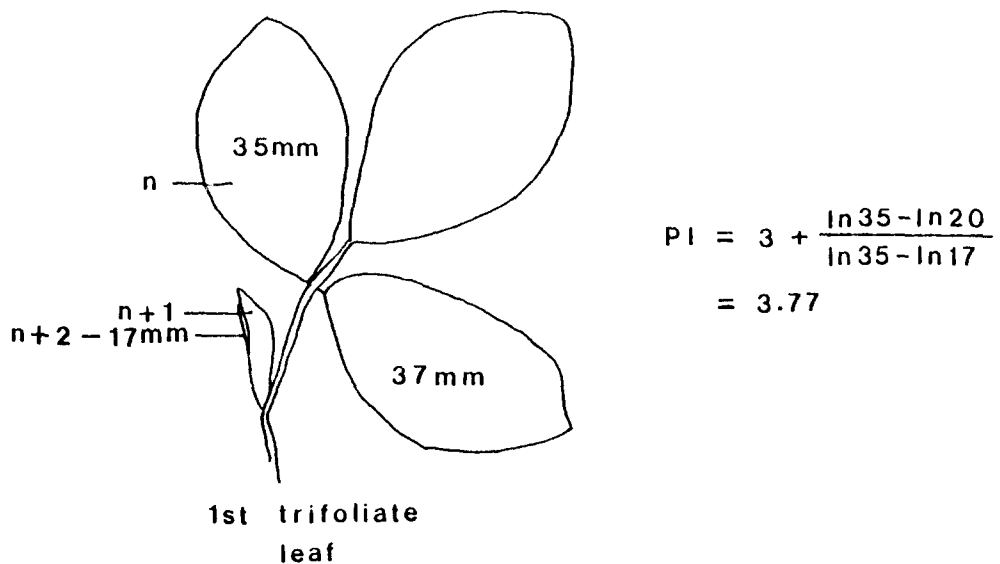


Fig. 8. An example for plastochron index at anytime in *Glycine max*(L.) Merr(yellow grain). The reference length is 20mm.

引用文獻

- Coleman, W.K. and R.I. Greyson. 1976. The growth and development of the leaf in tomato (*Lycopersicon esculentum*). I. The plastochron index, a suitable basis for description. Can. J. Bot. 54:2421-2428.
- Cordero R.E., J.R. Murray and W.P. Hackett. 1985. Plastochron indices for juvenile and mature forms of *Hedura helix* L. (Araliaceae). Amer. J. Bot. 72(2):324-327.
- Erickson, R.O., and F.J. Michelini. 1957. The plastochron index. Amer. J. Bot. 44:297-305.
- Lamoreaux, R.J., W.R. Chaney and K.M. Brown. 1978. The plastochron index: A review after two decades of use. Amer. J. Bot. 65:586-593.
- Maksymowych, R. 1973. Analysis of leaf development. Cambridge University Press, Cambridge.
- Park, Bong Kyu and Joung Hee Kim. 1985a. The development of leaves in *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album* represented by the plastochron.
- Park, Bong Kyu and Joung Hee Kim. 1985b. The development of leaves in *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album* represented by the plastochron.
II. The competitive development of leaf in the species. Korean. J. Ecol. 8(3):127-132.
- 박봉규 · 김종희. 1986. 털비름 (*Amaranthus retroflexus*), 명아주 (*Chenopodium album* var. *centrorubrum*) 및 콩 (*Glycine max*)의 질산 환원 효소 측정을 위한 plastochron index. 한국 생태학회지. 9(1):1-7.

(1990年 11月 4日 接受)