

地上部 老化別 人蔘의 葉과 根의 光合成 및 呼吸

朴 薰 · 李明九 · 李鍾律
韓國人蔘煙草研究所 · 大德研究團地
(1986年10月2日 接受)

Photosynthesis and Respiration of Ginseng Leaf and Root in Relation to Senescence of Aerial Part

Hoon Park, Myong-Gu Lee and Jong Ryool Lee
Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Science Town, Taejon
(Received Oct. 2, 1986)

Abstract

Photosynthesis and respiration of leaf and root of field grown *Panax ginseng* were investigated according to aerial part senescence. No apparent photosynthesis activity was detected in senesced leaf (less than 0.7mg total chlorophyll/g FW) and leaf dark respiration was greater than apparent photosynthesis even in normal leaf. Leaf respiration showed no consistent relation with senescence. Leaf respiratory Q_{10} consistently increased with senescence. Root respiration and Q_{10} tended to decrease with aerial part senescence only in the range of optimum temperature of leaf growth. Apparent photosynthesis or respiration of leaf was negatively or positively correlated, respectively, with the increase of air temperature. Root respiration with temperature was well accordance with Arrhenius plot which was not consistent with aerial part senescence. Accelerated senescence may be recommendable for better root yield unless any reserve in stem or leaves contributes to root through translocation.

緒 言

인삼뿌리의 수량을 높이기 위하여는 가능한한 건전한 잎을 오래지속시켜야 하는것이 중요하다고 믿는다. 잎이 유일한 광합성에 의하여 물질 생산을 증대시키는 기관이기 때문이다. 그러나 실제 포장 조건에서는 유엽기간과 뿌리 크기가 반대인것 처럼 느껴지는 때가 많다. 그리하여 과연 잎을 제가 떨어질때까지 가능한한 늦게 유지해야할것인가에 관하여 의문이 남아있다. 잎자루와 줄기 끝에 떨림층이 있지만 산지에서 자연조락 이전

에 인위적으로 지상부를 제거하는 경우가 많은데 그득실을 아직 모르고 있다. 光合成의 시기별 변화¹⁻⁴⁾와 엽록소 함량과의 관계²⁾가 보고 되었으나 위의 문제풀이에 큰 도움이 되지 못한다.

본 연구는 이러한 문제에 해답을 주고자 6년근 收穫期에 地上部の 老化狀態와 관련하여 잎과 뿌리의 光合成과 呼吸을 測定하고 물질생산의 득실을 평가하였다.

材料 및 方法

試料: 잎의 老化程度와 줄기의 枯死有無등을 基準하여 증평시험장에서 6年根을 收穫期(9월27일)에 채취하였다. 잔뿌리가 가능한한 상하지 않도록 근권을 크게 떠서 물에 행구어 흙을 떨어내었다.

光合成 및 呼吸測定⁵⁾: 光度和 溫度를 調節하는 生育箱을 利用하여 소형 아크릴 상자에 잎 또는 뿌리를 넣어, 잎의 光合成(10Klux)과 呼吸은 18°C, 25°C 및 35°C 까지 변화시키며 측정하고 뿌리의 呼吸은 5°C에서 25°C 까지 5°C 간격으로 측정하였다. 赤外線 CO₂ 分析機(Horiba ASSA-1610)를 사용하였다.

葉面積測定: 葉面積 측정기(Li-COR Inc. U.S.A)로 하였다.

葉綠素 측정: Methanol로 葉片을 추출하여 측정 Chlorophyll a와 b를 계산하였다⁶⁾.

結果 및 考察

본 연구는 1983년도에 조사한것을⁷⁾ 해석한 것이다. 葉色の 變化를 老化의 基準으로 하여 葉色別로 葉綠素 含量을 보면 Table 1과 같다. 老化가 많이 될수록 葉綠素含量的의 적어지고 chlorophyll a/b 값이 적어져서 chl. a/b=1,119+0,417chl의 관계를 가지며 r=0,9796으로 p=0,01에서 有意性을 갖는다. 본 시험에서 葉色에 依한 老化株의 선정에 있어 光환경이 同一한 위치 만을 선택한 것이 아니므로 chl. a/b와 순 chl. 간에 반드시 이러한 관계라고 볼수는 없을 것이다.

老化程度와 外見光合成을 보면(Fig. 1) 9월이나 10월에 잎의 Chlorophyll 함량이 1mg/gFW 이상이어야 하며 그 이하에서는 外見광합성이 負의 값을 알수 있다.

一般的으로 老化가 안된 잎은 光도가 낮은 데서 지낸것일수있다. 18°C에서는 엽록소 함량이 가장 많은것이 外見광합성이 가장 컸으나 25°C에서는 老化가 약간 진행된 엽록소 함량이 조금 적은잎이 最大값을 보이고 있는 점도 展葉期의 光도의 영향⁵⁾이라고 볼수있다.

잎의 呼吸을 보면(Fig. 2) 모든 온도에서 약간 노화된 잎이 가장 적은 것을 알수있다. 엽록소 함량이 가장 많은 잎이 呼吸속도도 가장 컸다. 呼吸의 크기는 老化가 진행되면서 더 커진다고 할수는 없다. 老化가 본격적으로 된 잎은 녹색의 단계에서 호흡량이 약간 커졌다가 더 老化되면 감소 하는 것으로 볼수있다. 때문에 外見광합성량이 呼吸에만 영향을 받는것으로 나타나지 아니 하였다.

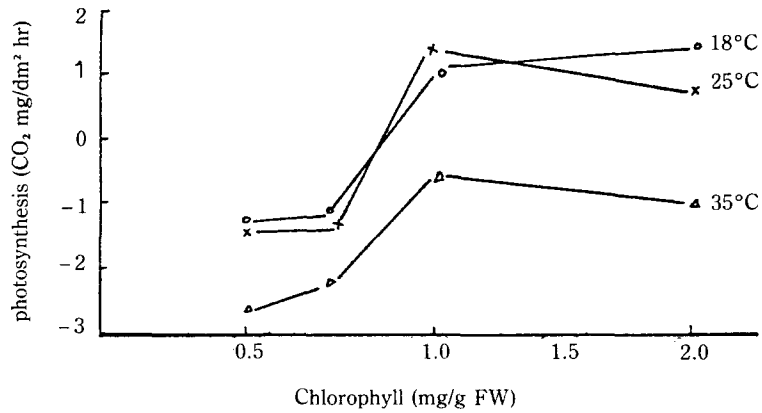


Fig. 1. Relationship between apparent photosynthesis and senescence of *Panax ginseng* leaves.

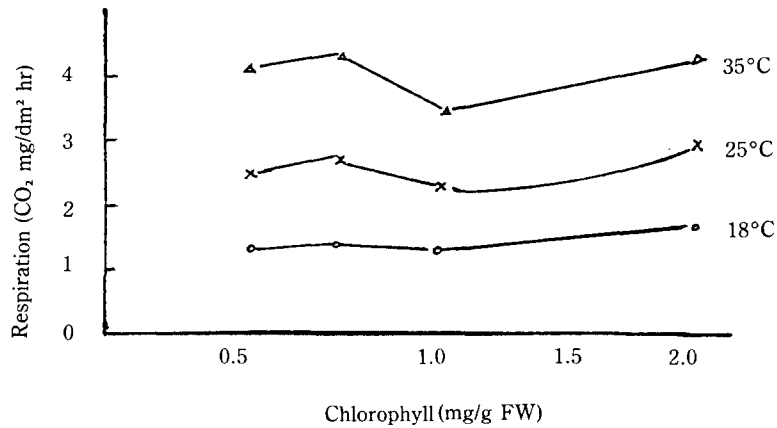


Fig. 2. Relationship between respiration and senescence of *Panax ginseng* leaf.

총광합성량을 보면(Table 1) 老化초기에는 25°C에서 最大의 광합성을 보이나 老化가 상당히 진행되어 엽록소 함량이 적은것은 35°C에서 최대 값을 보였다. 호흡이 많아서 CO₂농도효과가 광합성에 주고 있는것으로 볼수있으나 확실한 원인은 알수없다. 노화가 안된 잎에서도 18°C보다 25°C에서 총 광합성량이 최대가 되고 있는 점은 老化期 即 9, 10, 11월의 광합성 적온에 관한 조사가 필요함을 보여 주는 것이다.

엽록소 함량이 약간 적은 老化初期로 볼수있는 잎을 제하고는 온도가 낮을수록 외견 광합성량이 많아졌다. 광합성과 온도와의 관계는 조사온도수가 적어서 有意성을 보인것은 엽록소가 가장 많은 잎뿐이다(Table 2). 呼吸은 온도상승에 따라 모든경우에 증가하였으며 光合成과는 달리 모두 有意성을 보여(Table 2) 광합성보다 온도에 직접적인 영향을 받는것을 알수있다. 이들잎의 경우 호흡과 온도와의 관계가 단순상관 관계에서 대수상

관관계보다 상관계수가 높았다.

地上部 老化程度에 따른 뿌리의 呼吸을 보면 Table 3과 같다. 人蔘根生育의 비교적 適溫범위안⁸⁾ 10~20°C에서만 老化가 진행될수록 呼吸이 감소 하는것으로 나타났으며 너무

Table 1. Chlorophyll content and net photosynthesis of *Panax ginseng* leaf during senescence

Leaf color	Chlorophyll (mg/g FW)				Photosynthesis		
	a	b	a+b	a/b	18°C	25°C	35°C
Dark green	1.168	0.627	1.795	1.86	3.03	3.57	3.20
Green	0.681	0.435	1.116	1.57	2.40	3.56	2.89
Light green	0.414	0.280	0.694	1.48	0.238	1.24	2.10
Very light green	0.246	0.196	0.442	1.26	0.119	0.958	1.50

Table 2. Linear regression between air temperature and photosynthesis or respiration of *Panax ginseng* leaf during senescence

Chlorophyll (mg/g FW)	Photosynthesis				Respiration			
	a	b	r	p	a	b	r	p
1.795	4.149	-0.1454	-0.992	0.1	-1.0584	0.1521	0.9962	0.1
1.116	3.271	-0.1025	-0.870	NS	-0.8998	0.1247	0.9988	0.05
0.694	0.051	-0.06386	-0.972	NS	-1.6613	0.1716	1.0000	0.001
0.442	0.417	-0.08455	-0.966	NS	-1.6173	0.1637	0.9996	0.05

Regression: $CO_2 = a + bT$, T; temperature. a, b; constant. r; correlation coefficient p; significance.

Table 3. Respiration of *Panax ginseng* root in relation to aerial part senescence. (CO_2 , mg/100g FW hr)

Aerial part senescence	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
No leaf, dead stem	1.707	2.624	3.629	4.604	7.134
No leaf, live stem	2.225	2.984	3.780	5.091	6.769
Normal	1.919	3.305	4.919	6.388	10.238
Normal	2.638	3.335	5.292	6.773	9.704

Table 4. Root status of tested plant

Plant status	Weight(g/plant)		Volume (cC)		Length (cm)	Tap Root (cm)	
	Fresh	Dry	Tap	Lateral		Length	Diameter
No leaf, dead stem	115	30.0	60.0	36.5	27.5	8.0	3.0
No leaf, live stem	216	55.6	90.5	95.0	30.5	6.8	4.6
Normal	106	32.5	47.5	47.5	25.0	6.5	3.2
Normal	132	32.7	55.0	62.5	25.0	6.0	3.7

낮거나 높은 온도에서만 일정성을 보이지 아니 하였다. 生育적온이 아닌경우 그 반응은 지상부 老化라는 조건 보다는 다른 요인에 더 관계 됨을 나타 내는 것 같다.

조사한 뿌리의 무게와 지근의 비율등을 보면(Table 4) 무게당 呼吸속도와는 큰 관계가 없음을 나타낸다. 따라서 동체·지근 세근들의 呼吸특성도 조사 된바 없으므로 알수없으나 본시험 결과는 큰 차이가 없을 것으로 추정된다. 일반적으로 地上部の 老化와 함께 뿌리의 呼吸이 점점 감소 한다고 볼수있다. 지상부로부터의 양분 전이가 적으므로 뿌리의 생장이 정지되면 생장호흡은 없어지고 유지호흡만이 있기 때문일 것이다⁹⁾.

뿌리呼吸을 측정한것들에서 地上部가 건전한것(Table 5의 3과4)은 엽록소함량이 0.783 및 0.731mg/gFW로서 老化의 初期에 들어 갔다고 볼수있다.(Table 1과 비교) chl. a/b 값은 모두 1.30으로 Table 1의 연록잎보다 더 낮았다. 주당엽면적은 1850 및 1880cm²로 호흡이 많은 뿌리가 엽면적이 약간 큰 편이다. 잎으로 부터 뿌리로 전이되는 양분 즉 처리물이 많이 운반될수있기(chl.은 적지만)때문에 호흡이 클수있다.

뿌리호흡의 온도에 대한 영향을 보면 단순 회귀의 관계 보다 對數회귀의 관계가 상관성이 높다. 對數회귀의 관계는 Arrhenius 式의 관계 이므로 絶對溫度的 逆數와의 관계를 보면 Fig. 3과 같다. 15°C와 20°C 사이에서 직선의 변환이 오는것으로 볼수있으나 일정성이 보이지 아니한다. 따라서 5°C에서 25°C까지를 Arrhenius 式¹⁰⁾으로 계산하여 상관계수를 보면 高度의 有意性を 보인다(Table 5). 地上部老化와 관련하여 Anhenius 式은 일정관계를 보이지 아니한다. 呼吸의 Q₁₀ 값을 결정하는 活性化energy(Ea) 값도 일정성이 없다. 일반적으로 봐서 老化된경우 Ea가 적으므로 Q₁₀ 값이 적은것으로 기대된다.

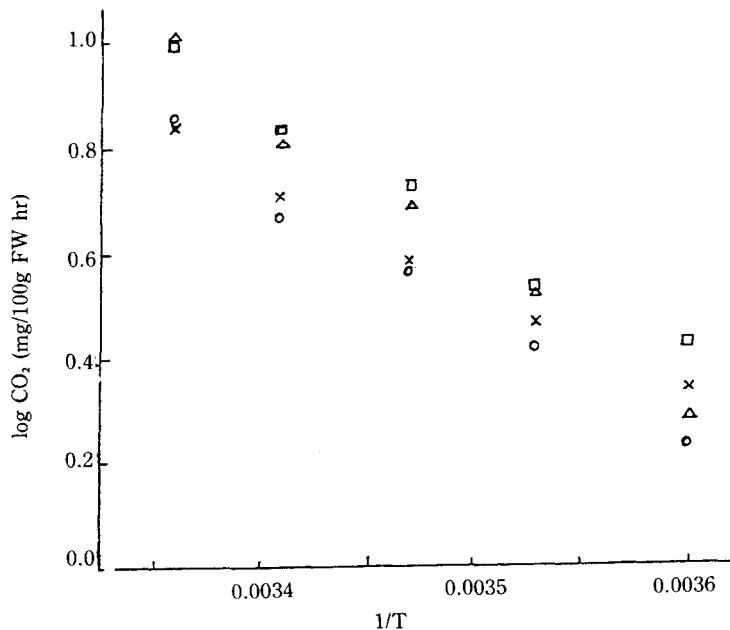


Fig. 3. Arrhenius plot of root respiration rate and temperature. O: no leaf, dead stem x: no leaf, live stem, Δ and □: normal plant.

Table 5. Arrhenius equation of respiration rate of Panax ginseng root and air temperature during aerial part senescence

Aerial part senescence	$\frac{E_a}{2.303R}$	A	r	p	E_a (Kcal/mol)
No leaf, dead stem	-2473	9.137	-0.9948	0.001	11.3
No leaf, live stem	-1991	7.505	-0.9974	0.001	9.11
Normal	-2899	10.73	-0.9951	0.001	13.3
Normal	-2388	8.993	-0.9923	0.001	10.9

$$\text{Arrhenius equation; } \log \text{CO}_2 = -\frac{E_a}{2.303R} \times \frac{1}{T} + A$$

r; correlation coefficient p; significance.

Table 6. Q_{10} value of leaf and root respiration in relation to aerial part senescence

Aerial part Rescense	Leaf	Root		
	25-35°C	5-15°C	10-20°C	20-25°C
No leaf, dead stem	1.70	2.13	-1.75	1.97
No leaf, live stem	1.65	1.70	1.71	1.79
Normal	1.51	2.56	1.93	2.08
Normal	1.47	2.01	2.03	1.83

잎의呼吸과 뿌리呼吸의 實測値에서 각 온도차이별 Q_{10} 값을 보면(Table 6) 잎은 老化될수록 Q_{10} 값이 많아 진데 반하여 뿌리에서는 적은 범위인 10~20°C에서만 老化될수록 적어지는 경향을 보였다. 일반적으로 호흡량이 적은 경우 Q_{10} 값이 적어진다고 볼수 있으나 호흡량과 상관관계가 있는것은 아니다.

잎의 25°C 와 35°C 에서의 Q_{10} 값은 Fig. 4에서와 같이 chl. b 함량과 직선관계에서 有意負相關으로 $Q_{10}=1.7970-0.5579 \text{ chl. b}$ 의 회귀식을 갖는다. 全葉綠素含量($r=-0.9432$), chl. a(-0.9332) 및 chl. a/b(-0.9135)와도 $p=0.1$ 에서의 有意負相關을 보였다. 뿌리에서는 지상부의 老化가 극단적인것으로 취하여 볼수가 없었다.

육년근 수확기 뿌리무게를 100g 으로 株當면적을 180cm²로 보고 光合成시간을 10시간으로 하여 줄기의 호흡은 무시하고 일일단위의 물질생산의 수지를 계산하면 전전뿌리의 24시간 호흡량이(15°C) 5mg×24=120mg 이고 잎의 야간호흡량이(18°C) 1.4×18×14시간=353mg 광합성은(18°C) 1.4×18×10=252mg 이된다. 본시험의 경우 9월27일로서 전전한 잎이라도 지상부의 물질생산이 손해를 보고 있으며 地上部の 老化가 높아지므로서 뿌리의 호흡소모를 크게할수있음을 알수있다. 줄기와 잎의 貯藏양분의 뿌리에서의 이전에 의한 기여도가 없다고 한다면 절제나 건조제등에 의한 급격한 지상부 제거가 오히려 바람직 할수도 있다. 절제는 절제부의 감염문제가 고려되어야 할것이다. 저장양분

의 기여도가 조사되어야만 결론을 내릴수있을 것이다. 저온범위의 광합성도 재검토가 필요하다.

要 約

육년근 收穫期에 地上部의 老化程度別로 잎과 뿌리의 光合成 및 呼吸를 溫度別로 調査하였다. 老化된 잎은(全chlorophyll 0.7mg/gFW 이하) 外見光合成이 없었으며 健전한 잎도 呼吸量보다 적었다. 잎의 呼吸은 老化程度와 일정한 關係가 없었으나 Q_{10} 값은 老化가 심할수록 커졌다. 뿌리의 呼吸은 地上部 老化가 심할수록 뿌리의 生育 적은 범위에서 감소하였다. 뿌리 呼吸의 Q_{10} 값은 老化에 따라 감소하는 傾向이었다. 잎의 外見 光合成과 呼吸은 溫度와 直線負의 正相關을 보였고 뿌리呼吸은 Arrhenius 式을 따랐으나 老化程度와 關聯되지는 아니하였다. 9월말 健전한 주에서도 잎의 光합성—呼吸수치가 損害이므로 저장양분의 轉류에 의한독이 없다면 地上부의 절제 또는 노화촉진이 生産的이라고 볼수있다.

引用文獻

1. 金鏡泰, 金鍾萬, 李盛植 : 人蔘研究報告書(栽培) 461 高麗人蔘研究所(1980).
2. 李盛植, 梁德祚, 金鏡泰 : 人蔘研究報告書(栽培) 333(1981).
3. 曹在星, 元後淵 : 韓作誌 29 : 89(1981).
4. 曹在星, 睦成均, 元後淵 : 同誌 30 : 398(1985).
5. Park H. : *Physiological Response of Panax Ginseng* Proc. the 3rd International Ginseng Symposium 151-170 Korea Ginseng Research Institute, Seoul Korea (1980).
6. Mackinney G. : *Absorption of Light by Chlorophyll solutions* J. Biol. Chem. 140, 315-22 (1941).
7. 朴 薰, 李明九, 卞貞洙, 李鍾律 : 人蔘栽培法改善研究, 韓國人蔘煙草研究所 66(1983).
8. 朴 薰 : 高麗人蔘學會誌 4 : 104(1980).
9. McCree, K. J. : *Crop. Scizence* 14, 509 (1974).
10. Barrow, G. W. : *Physical Chomistry for the life sciences* 405 McGraw-Hill Book Company (1974).