

溫度別 暗下生長時 人蔘의 生長效率과 熱障碍

朴 薰·柳基中*·崔秉柱**

韓國人蔘煙草研究所, 濟州大學校*, 禮山農業專門大學**

(1988년 3월 19일 접수)

Growth Efficiency and Thermal Stress in *Panax ginseng* Grown at Various Temperatures under Dark

Hoon Park, Ki-Jung Yoo* and Byung-Ju Cool**

Korea Ginseng Tobacco Research Institute, Daejeon 302-345,

*Dept. of Agricultural Chemistry, Jeju University, Jeju 690,

**Ye San Agricultural Junior College, Ye San 340. Korea

(Received March 19, 1988)

Abstract

Panax ginseng seedlings were grown at various temperature regimes from 15 to 30°C for 19 days under dark and the linear relationship between various regrowth efficiencies and thermal stress indices, cumulative superoptimum temperatures corrected with factors. Gross growth efficiency (shoot weight / root weight loss) was 37.5% at the optimum temperature 15°C / 15°C, and 12.3% at the highest temperature, 30°C / 30°C while net growth efficiency (shoot weight + Sm) / (root loss - Rm), which corrected by maintenance respiration for shoot (Sm) and root (Rm) was 39.6% and 16.7 at optimum and highest temperature respectively. All growth efficiencies showed negative correlations ($p = 0.001$) with all thermal stress indices and negative ($p = 0.001$) with shoot growth (St). When growth temperature difference in a day was nil or above 15°C growth efficiency decreased greatly. Thermal stress indices showed negative correlation with root dry matter loss (RDL) but positive with Rm. St showed positive correlation with RDL. Thermal stress appeared to inhibit substrate supply for shoot growth resulting in the extremely low growth efficiency comparing with other crops that seems to be main rate limiting factor of slow growth. Thus it is necessary that growth efficiency and thermal stress must be elucidated in terms of metabolic pathway.

서 언

人蔘은 6年間에 平均 100g 정도의 根生長을 하며 지상부생육은 근보다 못하여 生産量이 他作物과 비교할 수 없이 적다. 人蔘의 生産性을 높이려면 生長을 促進시키는 방법이 개발되어야

하며 이에 앞서 生長에 대한 特性을 이해해야 한다.

生長이 느린 것은 光合成 能力에도 관계되지만 光合成 産物이 生長에 사용되는 効率에도 關係된다. 作物의 生産力 해석은 光合成이라는 收入면만이 아니고 生産을 위한 消費와 維持를 爲한 消費等 消費的 측면에서 많이 연구되고 있다¹⁻⁴⁾. 이 방면의 많은 연구가 光合成과 연계되어 연구하는 것이 보통이며 저장물질만의 生長効率は 種子를 사용한 예가 있으나⁵⁾ 저장영양기관만을 가지고 검토한 예는 보기 어렵다. 人蔘은 多年生の 뿌리작물로 영양을 뿌리에 저장하며 봄에 地上部가 再生되어 커가므로 저장양분의 生産効率을 조사하는데 적합하다. 본 연구는 人蔘根을 暗下에서 生育시켜 根이 地上部 生長을 再開할 때 그 物質의 効率을 各 生育溫度別로 검토한 것이다.

재료 및 방법

暗下生育: 苗蔘을 15°C에서 30°C 사이를 5°C 간격으로 變溫조건에서 19일간 暗下에서 키웠다⁶⁾. 묘삼을 심을 때 수분함량을 측정하고 수확시에 각 처리별 수분함량과 건중을 조사하였다. 지상부와 근부를 분리하여 조사하였다.

요인의 정의와 계산: 生長効率は 地上部 生長을 위하여 消耗된 根部乾重에 對한 地上部 乾重의 百分率로 표시하였다. 基質과 生長量의 定意에 따라 Table 1과 같이 5個로 區分하였다. 地上部 生長에 必要한 基質量을 根重減少量만으로 본 경우와 이에 最終根重에 해당하는 維持呼吸量을 除한 것으로 하였다. 維持呼吸量(R_m)은 6根 收穫時에 地上部가 枯死한 것을 溫度別로 조사한 資料⁷⁾(r_m)를 活用하였으며 다음과 같이 계산하였다. 즉 $R_1(1 - r_m)_t = R_t$ 에서 R_t 를 구하면 $R_1 - R_t = R_m$ 이 된다. 여기서 R_1 는 R_t (t日後의 根重)에 해당

Table 1. Various definitions of growth efficiency and thermal stress index

Growth efficiency		Thermal stress index	
Sign	Definition	Sign	Definition
E ₁	$100 \cdot St / (Ro - Rt)$	TSI-1	$\Sigma (T-op) \cdot t$
E ₂	$100 \cdot St / (Ro - Rt - Rm)$	TSI-2	$\Sigma (T-op) \cdot f \cdot t$ f = 1 when (T-op) < OP f = 2 when (T-op) ≥ OP
E ₃	$100 \cdot (St + Sm) / (Ro - Rt - Rm)$	TSI-3	add 3°C × 24 hrs = 72 when 20/20, 25/25, 30/30, 5°C × 24 = 120 when 30/15 to TSI-2
E ₄	$100 \cdot So / Ro$	TSI-4	$\Sigma (\Delta T \cdot f \cdot t)$ f = 1 when ΔT = 20-15 f = 2 25-20, f = 3: 30-25
E ₅	$100 \cdot St / Ro$	TSI-5	f = 1, 2, 4 in TSI-3
		TSI-6	add 10 × 24 when 30°C/15°C add 5 × 24 when 20/20, 25/25, and 30/30 to TSI-5

So, St, Sm: Shoot weight at first day and t days, loss by maintenance respiration

Ro, Rt, Rm: Root weight at initial and t days, and loss by maintenance respiration

T: temperature, OP: optimum temperature 15°C, t: hours

한 初期 根重이다.

地上部 生長量도 現存量으로만 보는 경우도 있고 生長期間의 總生長量으로 볼 수 있다. 後者의 경우에는 毎日 根基質로부터 地上部가 生成되는 量(S_0)이 같다고 가정하면 이 毎日 生成된 量이 維持呼吸 消耗를 하면서 t日자에 와서 그 총합이 地上部重(S_t)이 되므로 $S_t = \sum_{n=0}^t S_0 \cdot (1 - S_m)^n$ 이 되며 S_m 을 알면 S_0 를 구할 수 있다. S_m 은 根에서의 r_m 과 같을 것으로 가정하였다. 人蔘葉 또는 地上部の 維持呼吸에 關한 資料가 없기 때문이다. 生育盛期에 25°C 以上에서 줄기의 呼吸量이 根보다 월등이 커진 例가 있으나⁷⁾ 切斷試料이고 호흡증가율이 너무 컸기 때문에 사용치 아니하였다. 初期 根重에 對한 地上部 生育總量(S_t/W_0) 또는 日當 地上部 生長量은 消費量에 對한 生産을 가능하는 效率은 아니지만 初期重의 影響 또는 初期重에 關한 再生育의 指標로 검토하고자 하였다.

熱障礙指數(Thermal stress index)는 日當積算溫度를 바탕으로하여 여섯가지를 Table 1과 같이 정의하였다. 人蔘의 出芽時 適溫을 15°C로 보고⁸⁾ 適溫을 除한 溫度를 障害溫度로 보고 높아짐에 따라 장애를 주는 정도가 클 것으로 간주하여 몇가지의 보정계수를 두어 여러가지 열장애지수를 만들었다. 동일한 온도하에서는 더 障害를 받는 것으로 보여 15°C 적온을 除하고 시간당 5°C의 장애지수를 추가하였으며 온도차가 15°C 이상인 경우에도 더욱 해로운 것으로 간주하여 10°C의 장애 보정계수를 추가하였다. 根重감소율과 전건중 감소율을 계산하여 열장애 지수와와의 관계를 보았다.

결과 및 고찰

온도별 根重의 감소와 地上部 生育량은 Table 2와 같다. 온도가 높아질수록 地上部 生育이 부진하여 T/R값이 현저히 적어졌다.

뿌리 건물중 損失率($100 \times$ 뿌리무게 감량/뿌리 잔존량)과 全 乾重損失率($100 \times$ (초기근중-잔존근중-地上部重)/초기근중)은 Table 3과 같다. 이 값들은 온도와 일정한 관계를 보이지 아니한다.

Table 2. Effect of temperature on the shoot growth and root weight decrease of *Panax ginseng* during 19 days after germination under dark

Temperature (°C)	(9 hrs)	15	20	25	30	20	25	30	25	30	30
(°C)	(15 hrs)		15			20			25	30	30
Root weight											
at start*		1.078	0.962	0.936	0.842	0.962	0.854	0.992	0.937	1.013	0.900
(Fresh.g/plant)											
Fresh weight	Root	0.684	0.634	0.643	0.558	0.651	0.621	0.698	0.762	0.625	0.753
at harvest	Shoot	0.741	0.748	0.477	0.272	0.576	0.390	0.332	0.298	0.346	0.109
(g/plant)											
Water	Root	82.4	84.8	83.4	82.6	84.7	82.9	83.8	82.5	80.8	83.0
Content(%)	Shoot	91.9	92.5	90.8	88.9	92.3	91.2	89.1	89.9	90.1	88.0
Shoot/Root	Dry	0.500	0.583	0.411	0.309	0.444	0.320	0.318	0.225	0.283	0.101
	Fresh	1.083	1.180	0.742	0.487	0.885	0.628	0.476	0.391	0.554	0.145

*Water content 74%

뿌리의 유지호흡을 수확기 낙엽이 진 주의 호흡으로 보고 온도별로 유지호흡율(r_m)을 계산한 것은 Table 3에서와 같다. 온도가 높을수록 현저히 증가하였다. 즉 15°C에서의 유지호흡율은 30°C에서 그것의 약 1/4이다.

처리별 積算溫度와 生育適溫을 15°C로 보고 이를 除한 그 이상의 溫度를 熱障害指數로 보고 온도에 따라 보정치를 둔 몇개의 指數와 生長効率は Table 4와 같다. 生長効率は 모두 溫度가 높아질수록 적어졌으며 熱障害指數는 증가하였다.

효율 E-1과 E-2는 地上部의 現存 量만 사용하고 지상부의 호흡소모를 감안하지 아니 하였으므로 온도가 높아짐에 따라 감소할 것으로 기대된다(Fig. 1). E-2는 뿌리의 유지호흡이 온도가 높아질수록 높아(Table 3) 유지호흡을 보정했으므로 E-1보다는 고온쪽에서 효율이 높아졌다. 그러나 15°/15°C의 38.8%에 비하여 30°/30°C는 15.5%로서 상당한 차이를 보이고 있다.

E-3은 지상부의 유지호흡소모량을 지상부 생산량에 포함시켜 계산한 것이다. 이 경우도 효율이 높아지긴 했으나 온도간의 심한 차이가 여전하다.

生長呼吸率은 植物의 種이나 溫度에 관계없이 一定하다고 하였으나⁸⁾ 본 실험에서 온도별 효율(E-3)의 차이가 큰 것은 生長효율이 일정하지 않고 온도에 의하여 영향을 받는다는 것을 나타낸다. 生長効率は 光合成을 바탕으로 대부분 되어있어 본 시험의 경우에 적용하기에는 적합

Table 3. Dry matter loss and maintenance respiration (rm)

Temp. (°C)	(9 hrs)	15	20	25	30	20	25	30	25	30	30
(°C)	(15 hrs)		15				20		25		30
Root dry matter loss(%)		57.1	61.6	56.0	55.5	60.4	52.3	56.0	45.3	41.8	45.3
Total dry matter loss(%)		35.7	39.1	37.9	41.7	42.8	36.9	42.0	33.0	41.4	39.7
rm(CH ₂ O mg/g·day)		2.258	2.487	3.078	5.240	2.868	3.459	5.798	4.445	7.247	8.434

Table 4. Various thermal stress indices and growth efficiencies calculated for *P. ginseng* grown at various temperature regimes under dark

Temp. (°C)	(9 hrs)	15	20	25	30	20	25	30	25	30	30
(°C)	(15 hrs)		15				20		25		30
TS		360	405	450	495	480	525	570	600	645	720
TSI-1		0	45	90	135	120	165	210	240	285	360
TSI-2		0	45	90	270	120	165	345	240	420	720
TSI-3		0	45	90	390	192	165	345	312	420	840
TSI-4		0	45	135	270	120	210	345	360	495	720
TSI-5		0	45	135	315	120	210	390	360	560	840
TSI-6		0	45	135	555	240	210	390	480	560	960
E ₁		37.5	36.4	32.4	24.8	29.1	29.3	25.0	27.3	23.8	12.3
E ₂		38.8	37.5	34.0	27.1	30.3	31.3	28.9	30.5	27.2	15.5
E ₃		39.6	38.3	34.9	28.4	31.0	32.2	30.4	31.8	28.9	16.7
E ₄		1.151	1.205	0.979	0.759	0.950	0.831	0.776	0.676	0.725	0.315
E ₅		21.4	22.4	18.1	13.8	17.6	15.3	14.0	12.3	12.9	5.56

TS: cumulative temperature, TSI: Thermal stress index, E: Growth efficiency, as in Table 1.

하지 않을 수도 있으나 水稻에서 生長呼吸率이 生育時期에 따라 다른 것⁴⁾은 生長効率が 일정하다고 볼 수 없다. 生長効률에서 중요한 것은 維持消耗보다는 膜을 통한 轉流가 比重이 큰 것으로 理論的 計算에서 밝혀진 점으로⁹⁾ 보아 막을 통한 전류에서의 에너지 요구량이 온도에 따라 크게 다를 것이라는 점이 生體膜이 온도에 민감하다는 점으로 예측되므로 온도에 따른 생산효율의 큰 차이는 성장효율이 온도의 영향을 받는다는 것을 나타낸다. 특히 온도에 민감한 인삼에서는 특히 그럴 가능성을 보이며 고온에서의 생산효율 연구에 적합한 재료라고 볼 수 있다. 본 조사에서 地上部의 유지호흡을 地下부와 同一한 것으로 보았으므로 단정할 수는 없다. 지상부 유지호흡이 클 가능성은 줄기의 호흡량이 고온에서 상당히 커지는 예⁷⁾가 있으므로 배제할 수 없으나 온도간 성장효율에 차이가 너무 커서 지상부 유지호흡이 온도에 더 예민하고 크다해도 성장효율에 유사하도록 할 수는 없을 것이다.

生長効률에 溫度的 影響이 큰 것은 初日의 生長量에 대한 根重의 比率 卽 Table 4의 E-4가 크게 차이가 있는 것으로 알 수 있다. 高溫에서는 生長呼吸消耗가 클 것으로 예측되며 根發芽時에 유지呼吸과 生長呼吸을 區別하여 측정하는 방법을 찾아야 할 것이다. Table 4의 E-5는 初期 부계에 대한 現存生長量의 効률로서 15/ 15°C에서 21%인데 반해 30/ 30°C는 5.6%로 1/4에 不過하다. 初日 生長量과 같이 15/15°C보다 20/ 15°C가 높은 것은 같은 온도의 계속보다는 變溫이 効률이 좋은 것으로 보인다. 그러나 그 차이는 크지 않으므로 적은 범위에서 온도차의 유무는 크게 문제되지 않을 것 같다. 그러나 25/ 15°C는 20/ 15°C보다 현저히 떨어지므로 25°C는 生長에 좋지않은 것을 알 수 있다.

生長効률과 熱障害指數와의 相關係數는 Table 5와 같다. 熱障害指數 TSI-1은 15°C를 除한

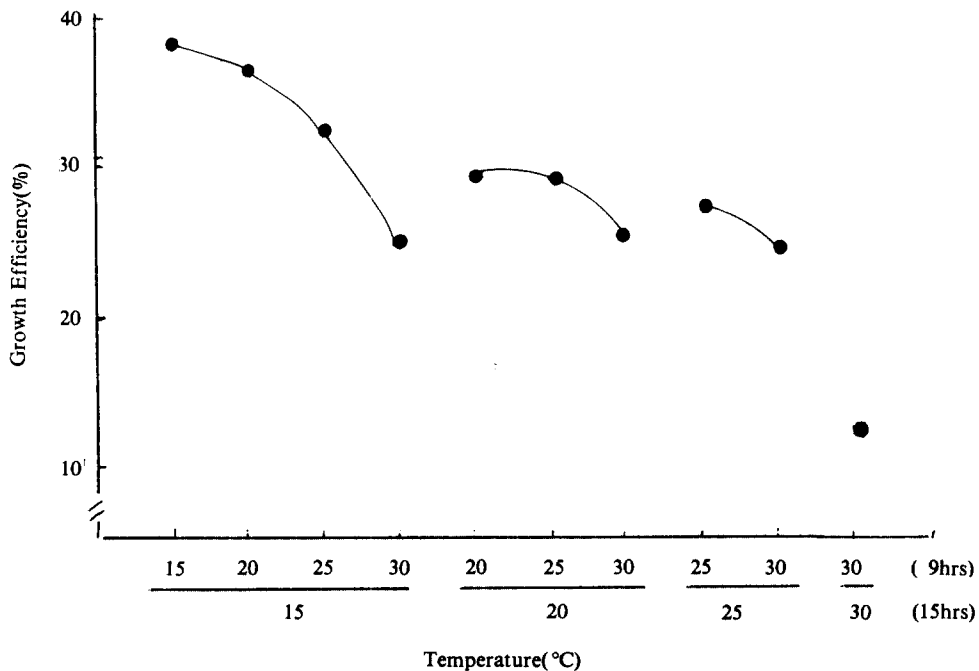


Fig. 1. Effect of temperature on the shoot growth efficiency, shoot weight / root weight loss.

것으로 積算溫度(TS)와 꼭 같은 相關係數를 갖는다. 溫도의 影響이 너무 커서 어느 障害指數나 모든 效率들과 高度의 有意負 相關을 보이고 있으며 相關係數에서 약간의 差異를 보일 뿐이다. TSI-2가 비교적 높은 相關係數를 보이는데 適溫 15°C를 除한 값이 適溫과 같은 경우 卽 30°C의 경우에만 2배를 해준 것이다. 그러나 20/20°C가 25/20°C보다 못한 점이 있어 溫度가 一定한 경우에 障害가 더 큰 것으로 보여 時間當 3°C의 障害指數 즉 H當 72를 加해주고 溫度差가 너무 큰 30/15°C의 경우 큰 차의 障害指數 5°C/時로 H當 120을 더해준 것이 TSI-3이며 이것은 TSI-2보다 확실히 相關係數가 높아졌다(Table 5). TSI-4는 20까지는 15°C와의 차 5°C를 택하고 20°C-25°C 사이 5°C는 2배를 하고 25~30°C 사이는 3배 즉 15°C를 장해지수로 하였으나 TSI-3만 못하다. TSI-5는 25°C-30°C를 4배해준 것인데 TSI-4보다는 좋으나 TSI-3만 못하다. TSI-6는 TSI-5에 變溫이 아닌 障害로 5°C×24시간=120°C를 더해주고 30°C/15°C의 심한 온도차의 장해지수 10°C×24시간=240을 더해준 것인데 TSI-5보다 훨씬 높아졌고 TSI-2에 유사한 보정을 해준 TSI-3 다음으로 높다. E-4 E-5와는 TSI-3보다 높은 상관계수를 갖는다. E-1이 어느 경우에도 E-2나 E-3보다 열저해지수와 높은 상관을 보이는 것(Table 5)은 R_m이나 S_m의 보정이 부정확한 때문이기보다 R_m 및 S_m도 온도의 영향을 받았기 때문에 이들을 다 포함한 결과인 현존생산량과 소비전량이기 때문이다. E-3이 순수생산효율로 부분효율인데 반하여 E-1은 유지호흡소모까지 감안한 총생산효율이라 할 수 있을 것이다. 가장 높은 상관계수를 보이는 총생산효율과 열장해지수(TSI-3)와의 관계는 Fig. 2와 같다.

Penning de Vries 등⁹⁾은 1g의 기질로부터 생산되는 건물중은 온도에 의존되지 않는다고 이론적으로 결론지었으나 이는 생합성 과정만을 본 경우이고 이 생합성과 불가결하게 관련된 세포내 및 세포간 전류를 생산에 포함시키지 아니했기 때문이다. 이런 점에서 보면 생산기구가 단세포가 아니고 복잡한 구조일수록 생산에 불가결하게 소요되는 에너지가 있고 이를 유지소비로 할 것인가 생산소비로 할 것인가의 한계가 모호한 점도 있다. 생산장소까지의 수송소비를 생산효율에 관계없다고 할 수는 없을 것이다.

이상의 생산효율에서 온도간 큰 차이는 생산물의 화학적 구성이 달라 에너지 효율로서 본 경우 다를 수도 있으나 그 차이 역시 무게로 본 효율의 큰 차이를 없앨 만큼 클 수는 없다.

人蔘發芽時의 最適溫度인 15/15°C에서 총건물생산 효율은 37.5%(Table 4의 E-1)이고 순생산효율로 보아도 39.6%(Table 4의 E-3)이다. 이는 옥수수 씨앗의 70%나 벼씨 60%보다¹⁰⁾ 상당히 낮은 값으로 인삼 생육이 부진한 이유가 생산효율이 낮은 때문이라고 생각된다. Penning de Vries 등⁹⁾이 이론적으로 계산한 옥수수 식물의 암하 생산효율 74.6%에 비하여는 훨씬 더 낮다. 생산효율이 옥수수에서 이론치와 실험치가 유사한 점은 생산물의 화학 특성이

Table 5. Linear correlation between growth efficiency(E) and thermal stress index(TSI)

	TS	TSI-1	TSI-2	TSI-3	TSI-4	TSI-5	TSI-6
E ₁	-0.922*	-0.922*	-0.973*	-0.986*	-0.954*	-0.959*	-0.974*
E ₂	-0.890*	-0.890*	-0.957*	-0.981*	-0.928*	-0.936*	-0.963*
E ₃	-0.876*	-0.876*	-0.947*	-0.975*	-0.915*	-0.923*	-0.954*
E ₄	-0.941*	-0.941*	-0.936*	-0.951*	-0.955*	-0.946*	-0.960*
E ₅	-0.956*	-0.956*	-0.939*	-0.951*	-0.959*	-0.950*	-0.962*

*: significant at p = 0.001

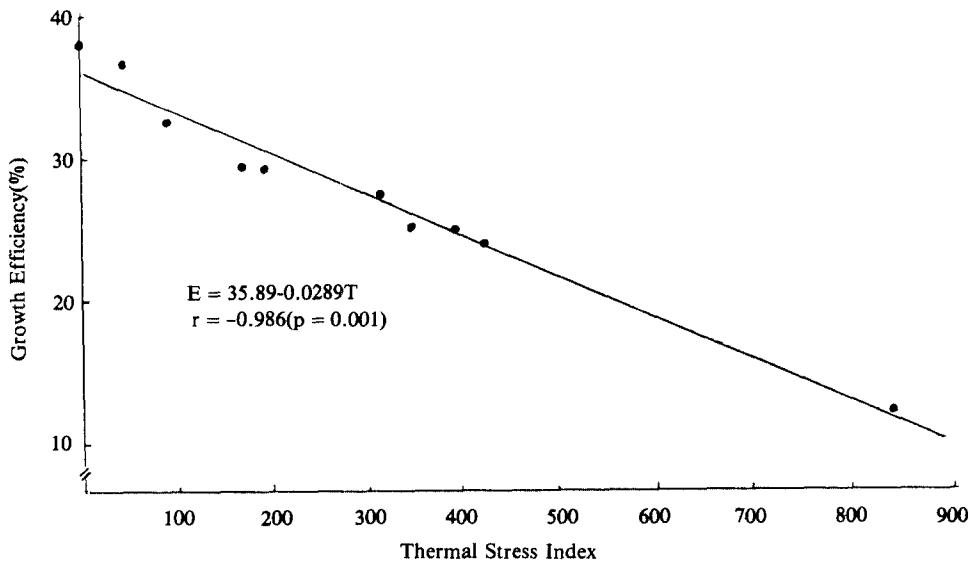


Fig. 2. Relationship between gross growth efficiency(shoot growth/root loss) and thermal stress index (cumulative superoptimum temperature corrected with various factors) in *Panax ginseng* grown under various temperature regimes.

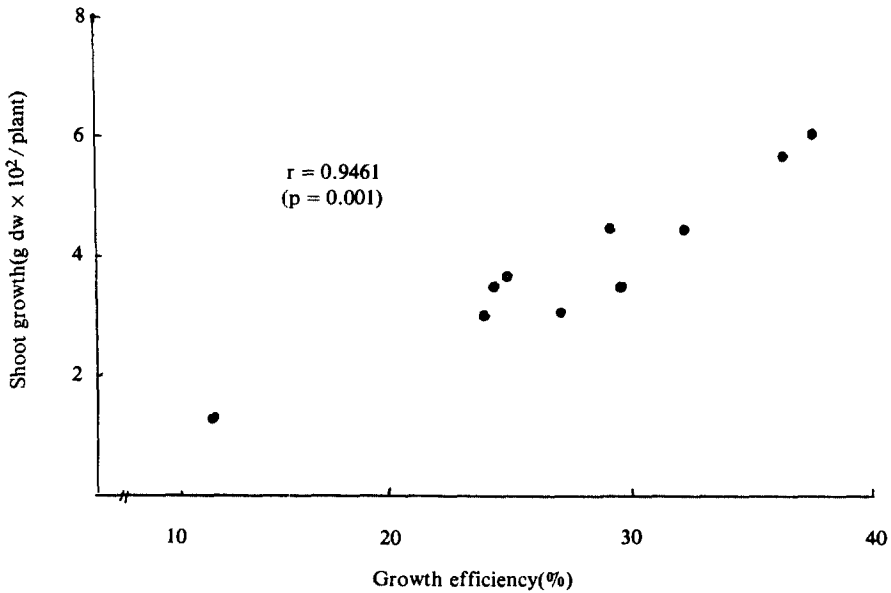
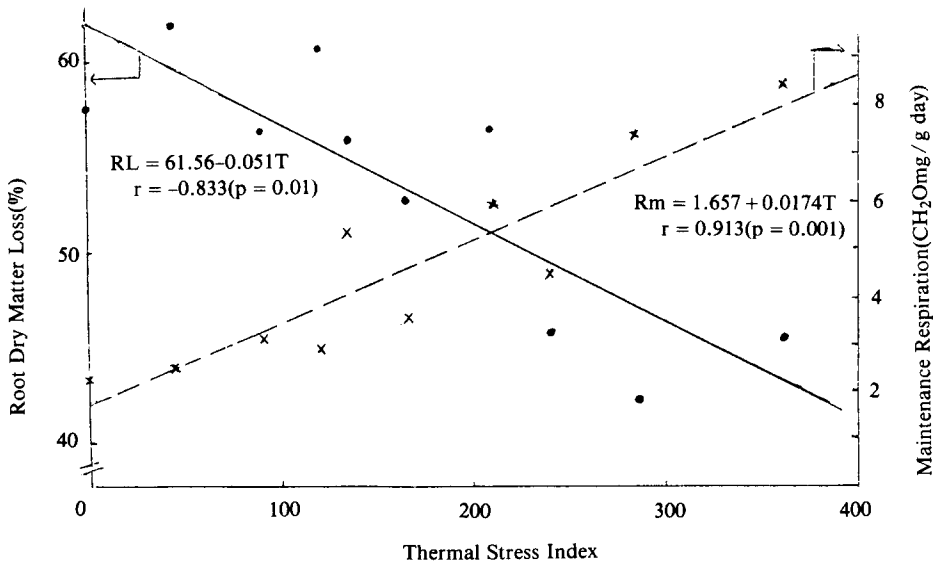


Fig. 3. Relationship between shoot growth($g\ dw / plant$) and shoot growth efficiency, $100 \times$ (shoot growth / root weight decrease), in *Panax ginseng*.

Table 6. Linear correlation between shoot growth(St), percent dry matter loss of root(PRL) or total plant (PTL) and thermal stress index(TSI) or growth efficiency(E)

	TSI						E				
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
St	****	-0.887	-0.912	-0.909	-0.896	-0.933	****	0.935	0.929	0.978	0.977
Rm	****	0.973	0.942	0.967	0.978	0.936	-0.929	-0.898	-0.879	-0.889	-0.898
RL	****	-0.663	-0.676	-0.748	-0.716	-0.712	0.668	0.641	0.635	0.827	0.821
PTL	0.150	0.297	0.294	0.178	0.220	0.248	-0.335	-0.354	-0.352	-0.107	-0.118

****, ***, **, *, significant at $p = 0.001, 0.01, 0.05$ and 0.1

**Fig. 4.** Relationship between thermal stress index(cumulative superoptimum temperature) and root dry matter loss or maintenance respiration in *P. ginseng* grown at various temperature regimes under dark.

효율값에 관계됨을 나타낸다. 효율이 모든 화학반응의 총괄이기 때문에 인삼의 생산력을 증대시키려면 생산에 관여된 대사과정 연구가 중요하며 생산효율을 저하시키는 대사과정이 무엇인지를 찾아야 할 것이다.

인삼의 유지호흡은 Table 3에서와 같이 最大가 30°C / 30°C에서의 8.43 mg/g·day이고 最適條件에서는 2.26 mg/g·day로 비의 6.8~19⁴⁾나 Clover의 14.3 수수의 5.4⁸⁾에 비하여 결코 크지 아니하므로 生産効率의 低下가 維持呼吸消耗 때문이 아닌 것 같다.

地上部生長量 根 또는 全乾物重減少率, 維持呼吸量과 熱障害指數 또는 生産効率과의 相關은 Table 6과 같다. 地上部生育量(S_c)은 根감소량에 대한 백분율의 生長効率(E1)과 有意正相關을 보이며 (Fig. 4) 기타의 生長効率과도 모두 같은 수준의 正相關을 보이며 ($p=0.001$) 열장해 지수와도 같은 수준의 負相關 ($p=0.001$)을 보이나 전자와의 관계가 더 밀접하다. 앞에서 지적한 바와 같이 인삼의 생육부진이 生長効율이 낮기 때문이라고 볼 수 있으나 生長속도와 生長효율과의 관계는 더 조사해 봐야 할 것이며 生長속도의 지연과 효율의 저하와의 원인과 결과 관

Table 7. Correlation between shoot growth(St), root dry matter loss(RL₁,RL₂), percent total dry matter loss(PTL) or that of root(PRL) and maintenance respiration (Rm)

	St	RL ₁	RL ₂	PTL(%)	PRL(%)
RL ₁	0.864 ^{***}				
RL ₂	0.947 ^{***}	0.967 ^{***}			
PTL	-0.137	0.285	0.160		
PRL	0.789 ^{***}	0.339	0.899 ^{***}	0.470	
Rm	-0.840 ^{***}	-0.518	-0.708 ^{**}	0.339	-0.602 [*]

RL₁ = Ro-Rt, RL₂ = Ro-Rt-Rm, PRL = 100RL₁/Ro

PTL = 100/(RL₁/St)/Ro, Ro: Initial root weight

****,***,**,*, Significant at p = 0.001, 0.01, 0.05 and 0.1

계는 아직 불확실하다. 생산효율을 저하시키는 고온장애의 기작이 어느 대사단계에 있는 것인가를 찾아야 할 것이다.

유지호흡은 열장애지수나 생산효율과 각기 모두 $p=0.001$ 에서 정상관 또는 負相關을 보이며 前者와의 相關係數가 높다. 그중에서도 TSI-5와 가장 높은 계수를 보였다.

근건물감소율은 TSI와는 유의부상관, 생산효율과는 유의정상관을 보였다. 그러나 全建物 감소율은 어느 것과도 有意상관을 보이지 아니하였다.

根維持呼吸이 根重감소율보다 열장애지수와 높은 상관을 보이고 있음은 온도는 유지호흡의 직접원인이 되지만 근중감소는 온도가 직접원인이 아니기 때문이다. 근중감소는 유지호흡율과는 반대로 열장애지수와 부상관을 보여(Fig. 4) 온도가 높을 때 근 감소가 적었음을 의미한다. 유지호흡소모와 생장호흡소모가 근중저하의 주요인이라면 고온장애는 이들에 의한 소비가 문제가 아니고 기질물을 再生長으로 연결시키는 어떤 단계 또는 전체가 저지되는 것이라고 볼 수 있다.

지상부 성장량은 유지호흡과 부상관이지만($p=0.01$) 全根重감소량 即 결보기 생산기질량과 더 높은 정상관계수를 보이며(Table 7) 維持呼吸량을 보정한 순수기질량과 더 높은 정상관($p=0.001$)을 보이므로(Table 7) 열장애는 기질의 공급을 저해하는 것으로 보인다.

요 약

人蔘을 15°C에서 30°C까지 5°C 차이로 구분하여 日中 溫度變異를 두어 19日間 暗下에서 길러 地上部 再生長効률을 調査하였으며 生育適溫 15°C를 除한 溫度를 積算한 6個 熱障害指數와 5個의 生長効률과의 直線相關을 調査하였다. 總生産効률(地上部乾重/根重減少量)은 最適溫인 15°C/15°C에서 37.5%이고 最高溫인 30/30°C에서 12.3%였다. 維持呼吸을 補正한 純生産効률{(地上部重+地上部維持呼吸量)/(根重減少量-維持呼吸量)}은 각기 39.6%와 16.7%였다. 모든 熱障害指數는 모든 生長効률과 負相關($p=0.001$)을 보였으며 溫度差가 없는 경우와 너무 큰 경우를 보정한 열장애지수가 가장 큰 상관계수를 보였다. 熱障害指數는 根重減少량과 有意 負相關, 維持呼吸量과는 有意 正相關을 보였다. 地上部 生長량은 生長効률 및 根重減少량과 有意 正相關, 熱障害지수와는 負相關을 보였다. 이상의 결과에서 열장애는 호흡소모가 아니고 재생장에 필요한 기질공급의 저해이며 그로 인해

생장효율이 저하되는 것으로 보인다. 생육적온에서도 再生長効率は 심히 적으며 생육부진의 원인으로 보인다.

인용문헌

1. McCree, K.J.: Maintenance requirement of white clover at high and low growth rates, *Crop Sci.* **22**, 345 (1982).
2. Penning de Vries, F.W.T.: The cost of maintenance processes in plant cell, *Ann. Bot.* **39**, 77 (1975).
3. Thornley, J.H.M.: Growth, maintenance and respiration: a re-interpretation, *Ann. Bot.* **41**, 1191 (1976).
4. 大崎滿·田中明: 水稻における 初期光合成産物呼吸 および 貯藏物質呼吸と 生長呼吸および 維持呼吸の 相互關係. 日土肥誌 **53**, 93(1982).
5. 田中明·山口淳一: 作物の 生長効率に 關する研究(第1報) 種子の 暗所發芽時の 生長効率. 日土肥誌 **40**, 38(1969).
6. 朴 薰·柳基中·李鍾律: 人蔘根 新芽의 暗下生育에 미치는 溫度의 影響, 高麗人蔘學會誌 **6**, 11(1982).
7. 李鍾喆·李鍾律·朴 薰: 人蔘植物體의 部位別 呼吸量. 韓作誌 **30**, 154().
8. McCree, K.J.: Equations for the rate of dark respiration of white clover and grain sorghum, as function of dry weight, photosynthetic rate, and temperature, *Crop. Sci.* **14**, 509 (1974).
9. Penning de Vries, F.W.T: Brunsting, A.H.M. and van Laar, H.H.: Products, requirements and efficiency of biosynthesis: A quantitative approach. *J. Theor. Biol.* **45**, 339 (1974).