

참싸리 部位別 過酸化 同位酵素型의 變異*1

韓 永 昌*2

Variation in the Pattern of Isoperoxidase Bands in the Four Parts of *Lespedeza cyrtobotrya* Miq.*1

Young Chang Han*2

In order to study the variations of isoperoxidases of four parts of *L. cyrtobotrya*, leaves, secondary phloem, fibrous root, ovary were collected on september 29, 1975, respectively from 12 individuals which were planted in the compound of Institute of Forest Genetics, Suwon, Korea.

No variation of isoperoxidases appeared among the same parts which were collected from the same individual.

There was a great variation in the pattern of isoperoxidase band among the 12 individuals in leaves, secondary phloem, fibrous root, and ovary.

Regarding to the common occurrence band, the number was 7 in the leaves, secondary phloem, and fibrous root, while 35 bands were appeared in the ovary part.

There was a great variation of occurrence band in four parts of *Lespedeza*. But the number of band in the parts of the *Lespedeza* was 4.50-5.16 on average, on the other hand there was no significant difference.

No variation was observed in the activity of isoperoxidase in leaves. On the other hand, there was small variation in the secondary phloem, fibrous root and ovary.

참싸리 부위별 과산화동위효소형의 변이를 알고저 전기영동법에 의하여 효소형을 조사한 바, 동일 개체에서 동시에 채취한 동일부위의 과산화동위효소형의 변이는 없었으며 공통출현 「밴드」는 부위별로 차이가 있어 잎, 인피, 세근에서는 7번「밴드」자방에서는 35번「밴드」가 나타났으며 부위별 개체별 과산화동위효소형의 변이가 있었고 신속된 잎은 제외하고는 개체간 과산화동위효소형의 색정농도에 차이가 있었다.

서 언

1955년 Smithies⁽²²⁾씨가 전기영동법을 개발한 이래 전기영동법에 의한 동위효소를 이용한 각분야의 연구가 진행되고 있다. 유전자가 Messenger RNA의 번역을 통하여 효소활성의 구성을 조절하는 기구에 대하여 Jacob & Mond⁽⁸⁾, Gilbert & Hill⁽⁶⁾, Bonner et al⁽¹⁾, Brink⁽²⁾ 등의 연구 결과에서 증명된 바 효소변이가 유전자의 변이에 의해 일어나는 것이며 유전자의 변이를 알고저 할 때는 효소형의 변이를 알아보면 될 것이다. 전기영동법에 의한 동위효소변이에 관한 연구는 세계 각국에서 많은 연구 발표가 있는바, Gupta et al⁽⁹⁾은 피떡과 나뉘는 사용하여 Verma & Huystee⁽²³⁾는 땅콩의 자엽에

서 Murray et al⁽¹⁵⁾은 사람의 간장조직에 대하여 발육 과정에 따른 효소형을 조사 하였으며 분류학적 이용에 관한 많은 연구 보고가 있는바^(3,7,9,21,24) 균류의 속간, 종간 Strain을 류별 하였다. 임업에 동위효소를 이용한 연구는 일본 국립유전연구소 酒井연구실이 처음이며 Miyazaki와 Sakai⁽¹⁴⁾은 과산화동위효소를 사용하여 소나무 clone을 감별하였고 Sakai와 Park⁽¹⁹⁾은 소나무 천연림내에서 동위효소변이가 매우 작은 지역에서 일어난고 있음을 밝혀 천연림의 유전자 유동에 관한 직접적인 연구방법을 개발하였으며 Sakai와 Miyazaki⁽²⁰⁾는 *Thuopsis dolabrata* 천연림내의 가계분석방법을 개발하였다. 최근 임업분야에 대하여 임목육종연구소 연구원들에 의하여 많은 연구발표가 속출되고 있다. ^(10,11,12,16,17) 임업과 같은 응용유전분야에서 동위효소를 응용하

*1 Received for Publication on March. 12, 1976.

*2 山林廳 林木育種研究所 Office of Forestry Institute of Forest Genetics, Suwcon.

기 이전에 동위효소를 연구목적으로 사용코지 하는 분야에 대하여 동위효소형의 변이연구가 선행되어야 할 것으로 생각되며 과산화동위효소를 참새리 유전육종에 응용하기 위한 기초자료를 얻고자 참새리 부위별 과산화동위효소형의 변이에 관하여 관찰 하였다.

재료 및 방법

본 시험에 사용한 참새리는 임목육종연구소 구내 동일일지에 인공식재된 주령 3년생, 수고 1.2m 근원직경 8mm되는 개체중 형태적으로 보아 고유한 참새리 type을 가진 12개체를 1975년 9월 29일 신경 동일개체에서 부위별로 시료를 채취하여 -20°C에 저장하여 놓고 분석시 사용하였으며, 잎은 외부적인 상처가 없고 병에 걸린 흔적이 없는 충실한 성엽을 채취하되 개체별로 정상으로부터 20~30cm부위에서 채취하였고 인피

는 개체중 잘 자란 1년생지중에서 직경 4mm되는 부위를 골라 채취 분석시 양끝부분을 3cm정도씩 잘라버린 후 중앙부위만을 택하여 포리를 제거후 사용하였으며 새근은 뿌리를 굴취후 직경 0.3~0.5mm것을, 자방은 낙화직후 자방의 크기가 0.1~0.2mm 자란 것중 육안으로 보아 충실하다고 인정되는 것을 골라 채취하였으며 전기영동방법은 박⁽¹⁷⁾이 사용한 방법과 같다.

결과 및 고찰

부위별 과산화동위효소형은 그림1에 나타난 바와같이 부위별 개체별로 「밴드」위치, 「밴드」수 생장농도에 변이가 있었으나 동일개체내에서 동일시기에 채취한 동일부위의 과산화동위효소형은 변이가 없었다. 이와같은 사실은 Chen et al⁽⁴⁾이 *Xanthium*엽에 대하여 동위효소형을 조사결과 연령이 같은 개체의 성숙엽에서는

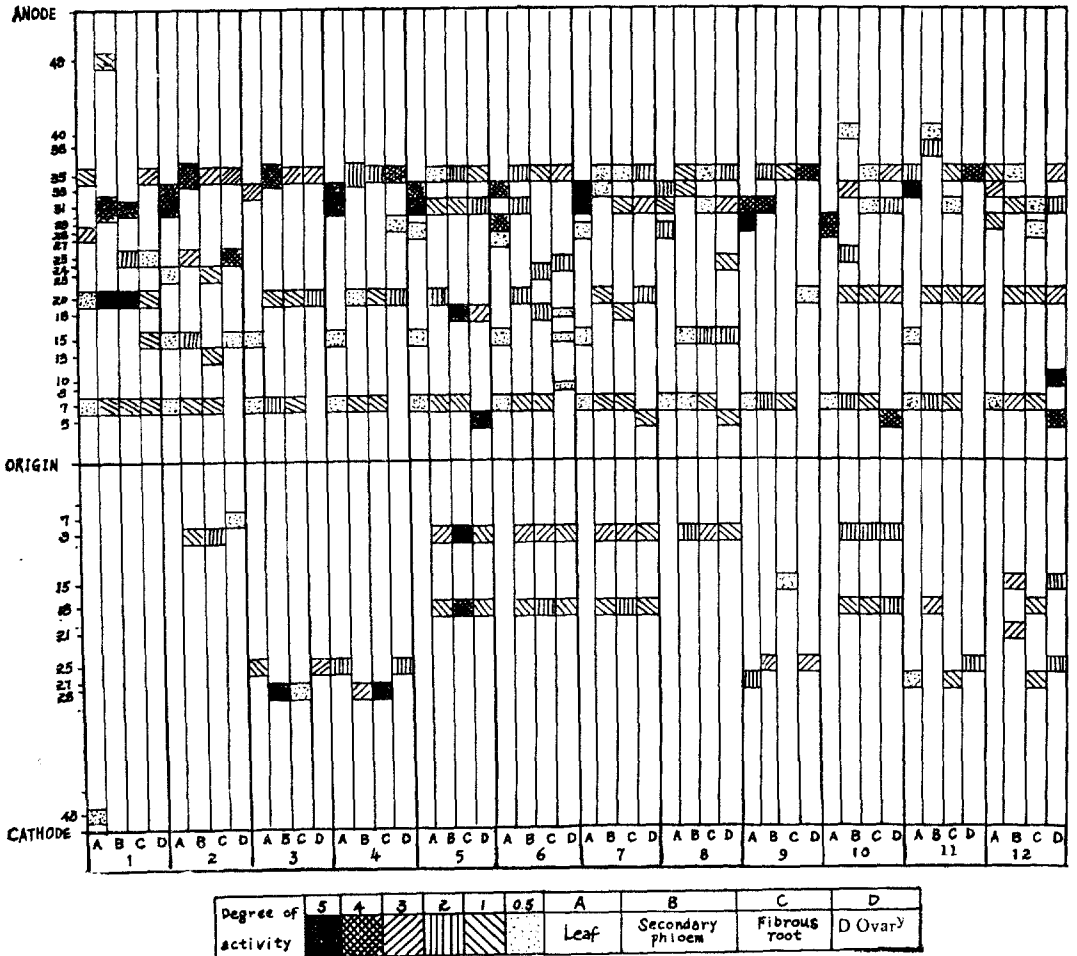


Fig 1. The starch gel electrophoretic banding patterns of isoperoxidase showed in the four part of 12 individuals of *L. cyrtobotrya*.

Table 1. Variation in the pattern of isoperoxidase bands in the four parts of 12 *Lespedeza* individuals (*L. cyrtobotrya*)

Ind.	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		Number of occurrence bands.		
	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	LSFO	L	S	F	O
49	+																							0	1	0	0
40																				+				0	2	0	0
38																					+			0	1	0	0
35	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		3	9	10	12
33		+		+																				9	3	0	0
31	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		6	4	7	5
29																								4	0	0	1
28																								5	0	1	0
27																								1	0	0	0
25		+		+																				0	2	1	2
24																								0	0	0	2
23																								1	0	2	0
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		1	9	6	8
18																								0	0	3	2
15		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		7	2	1	4
13																								0	0	1	0
10																								0	0	0	1
9																								0	0	0	1
7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		12	12	12	1
5																								0	0	0	5
-7																								0	0	0	1
-9																								0	6	6	5
-15																								0	1	1	1
-18																								0	5	5	4
-21																								0	1	0	0
-25																								2	1	0	5
-27																								2	0	2	0
-28																								0	2	2	0
-43	+																							1	0	0	0

L : Leaf S : Secondary phloem F : Fibrous root O : Ovary

효소형의 변이가 없었다는 발표와 박⁽¹⁷⁾의 연구결과와 일치하는 것으로 Clone에 의하여 번식된 개체감별이 가능함을 시사하고 있다.

표1은 부위별 과산화동위효소 「밴드」형을 나타낸 것으로 잎, 인피, 새근에서 개체부위에 관계없이 공통으로 출현하는 「밴드」는 7번「밴드」이었고 자방에서 공통으로 출현하는 「밴드」는 35번「밴드」이었다.

부위별 총출현 「밴드」수는 잎에서 13개, 인피 16개, 새근 15개, 자방 17개로 자방에서 가장 많았으며 부위별로 중복되지 않은 총출현 「밴드」수는 대단히 변이가 많아 29개 이었다. Murray와 Motulsky⁽¹⁵⁾은 사람의 간장조직에서 연령에 따라 효소형이 변이가 있다고 하였으며 그 이유는 구조가 서로 다르기 때문이라고 하였

다. 박⁽¹⁷⁾은 소나무 발육과정에 따른 과산화동위효소변이조사에서 신초, 신엽, 2년생엽, 3년생엽에서 공통「밴드」는 30번「밴드」이고 색경농도가 가장 높았다고 하였으나 본 시험결과에서는 공통「밴드」의 색경농도가 가장 높지는 않았다. 이는 동위효소형이 수령, 부위, 채취시기에 따라 공통「밴드」 및 색경농도가 상이한 것으로 생각되며 이와같은 공통「밴드」는 참새리 과산화동위효소형의 특수한 「밴드」인지도 모른다. 그림 2는 부위별 「밴드」 출현빈도를 표시한 것으로 잎에서는 7, 33, 15, 31번「밴드」, 인피부는 7, 35, 20, -9번「밴드」, 새근은 7, 35, 31, 20번「밴드」, 자방은 35, 20번「밴드」순으로 출현빈도가 높게 나타나고 있는데(그림 2) 이들 「밴드」에 대하여 부위별 「밴드」별 출현수에 대한 통계적 유의성을 검정결과 표2와 같으며 부위별 상호간 통계적 유의성을 나타내는 「밴드」는 35, 33, 28, 20, 15, 7, 5, -9, -18번「밴드」로 총 10개「밴드」이었다. 이들 「밴드」는 부위별로 서로 상이하게 출현하는 것으로 사료되며 더 상세히 분석하여 보면 인피와 새근간에 유의성을 나타내는 「밴드」는 하나도 없었으며 인피와 자방간에는 2개「밴드」, 새근과 자방간에도 3개「밴드」에서 유의성이 있었으며 기타는 잎과 타부위와의 유의성을 보이고 있다. 이와같은 결과는 인피와 새근간에는 과산화동위효소형의 변이가 적은 것으로 생각된다. 특히 자방에서 타부위에 비하여 과산화동위효소형의 변이가 많은 것은 분화가 왕성한 부분으로 분화는 특별한 단백질 합성에 의하여 나타나기 때문인 것으로 생각된다.

그림3은 부위별 개체별 「밴드」보유수를 나타낸 것으로 부위별 개체별로 동일한 「밴드」보유수를 가지는 개체는 하나도 없었으며 음극에 출현하는 「밴드」 보유수에 한하여 3, 4, 9, 11번 개체가 4부위에서 한결같이 1개 「밴드」를 보이고 있으며 인피, 새근, 자방, 3부위에서는 공시개체 전부가 동일한 「밴드」보유수를 보이고 있다. 이로보아 음극에 출현하는 「밴드」는 부위에 따라 「밴드」위치는 약간씩 차이가 있으나 음극에 출현하는 효소형에는 변화가 없는 것으로 믿어지며 참새리의 부위구성과 관계가 있는 고유한 「밴드」형인지도 모른다 표3이 보여주는 바와같이 부위별 개체별 「밴드」보유

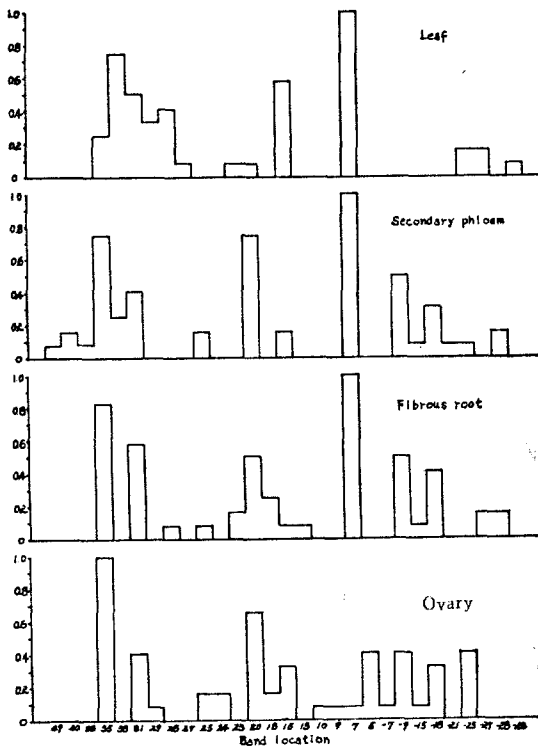


Fig 2. The occurrence frequencies of isoperoxidase bands on the four parts of *L. cyrtobotrya*.

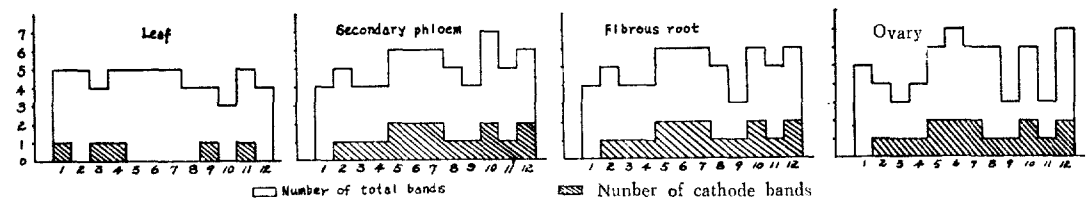


Fig 3. Variation in number of isoperoxidase bands per tree in 12 individuals of *L. cyrtobotrya*.

Table 2. Statistical significance of occurrence bands by band and part.

Band location Parts	49			40			38			35			-43												
	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	O									
L	—	0.7368	0.0000	—	1.0939	0.0000	—	0.7368	0.0000	0.0000	—	*2.4486**3.2961**4.2373	—	0.7368	0.7368	0.7368									
S	—	0.7368	0.7368	—	1.0939	1.0939	—	—	0.7368	0.7368	—	—	—	0.7368	1.4125	—									
F	—	—	0.0000	—	—	0.0000	—	—	—	0.0000	—	—	—	—	1.0939	—									
Band location Parts																									
Band location Parts	33			31			29			28			23			20									
	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	O						
L	—	*2.4486**4.2373**4.2373	0.7368	—	0.7368	0.7368	—	1.7302	1.7302	1.4125	—	*2.0711	1.7302	*2.0711	—	—	—	—	—						
S	—	1.4125	1.4125	—	1.0939	0.0000	—	—	0.0000	0.7368	—	—	0.7368	0.0000	—	—	—	—	—						
F	—	—	0.0000	—	—	1.0939	—	—	—	0.7368	—	—	—	—	0.7368	—	—	—	—						
Band location Parts																									
Band location Parts	27			25			24			15			13			10									
	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	O						
L	—	0.7368	0.7368	—	1.0939	0.7368	1.0939	—	0.0000	0.0000	1.0939	—	0.7368	0.7368	0.7368	—	—	—	—						
S	—	0.0000	0.0000	—	—	0.7368	0.0000	—	—	0.0000	1.0939	—	—	—	—	—	—	—	—						
F	—	—	0.0000	—	—	—	0.7368	—	—	—	1.0939	—	—	—	—	—	—	—	—						
Band location Parts																									
Band location Parts	10			9			7			5			-7			-9			-15			-18			
	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	O
L	—	0.0000	0.0000	—	0.0000	0.7368	—	0.0000	0.0000	1.7368	—	0.0000	0.0000**7.4833	—	0.0000	0.0000	0.0000	*2.0711	1.7302	—	—	—	—	—	—
S	—	0.0000	0.7368	—	—	0.7368	—	—	—	0.7368	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	—	—	0.7368	—	—	—	0.7368	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Band location Parts																									
Band location Parts	-21			-25			-27			-28			-21			-25			-27			-28			
	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	L	S	F	O
L	—	0.7368	0.0000	—	0.7368	0.0000	—	0.7368	1.0939	1.4125	—	1.0939	1.0000	1.0939	—	1.0939	1.0000	1.0939	—	1.0939	1.0939	1.0939	1.0939	1.0939	0.0000
S	—	0.7368	0.7368	—	—	0.7368	—	—	—	1.7302	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	—	—	0.7368	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Band location Parts																									
L : Leaf S : Secondary phloem F : Fibrous root O : Ovary																									

Table 4. Test of activity of isoperoxidase bands in four parts of 12 Lespedeza individuals.
(*L. cyrtobotrya*)

Ind.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	L	—	0.81	0.41	1.33	1.15	0.81	1.00	0.33	1.52	1.36	0.60	0.27
	S		0.42	0.22	0.94	1.19	0.84	1.37	1.59	0.09	1.01	*2.28	0.70
	F		1.40	1.50	0.53	0.00	1.24	1.62	1.54	*2.37	*2.11	*2.26	*2.37
	O		0.91	*2.55	0.95	1.14	0.18	0.72	0.72	1.06	*2.50	*2.33	**2.86
2	L		—	0.33	0.53	0.32	0.00	0.29	0.64	0.68	0.63	0.17	0.68
	S			0.74	0.74	1.15	0.60	1.43	1.85	0.79	0.90	0.69	0.39
	F			0.29	0.68	1.59	0.40	0.37	0.32	1.82	1.31	1.67	1.86
	O			0.38	0.17	0.09	1.02	0.56	0.56	0.14	0.38	0.60	0.56
3	L			—	0.83	0.64	0.33	0.58	0.22	0.99	0.91	0.17	0.20
	S				1.31	1.62	1.24	1.82	*2.09	0.20	1.45	1.28	1.06
	F				0.95	1.67	0.63	0.00	0.03	1.02	0.67	0.88	1.06
	O				0.75	0.68	*3.07	*2.09	*2.09	0.19	0.00	0.45	0.42
4	L				—	0.22	0.53	0.20	1.20	0.14	0.13	0.67	1.12
	S					0.30	0.32	0.59	0.96	1.63	0.00	0.14	0.40
	F					0.57	0.50	0.89	0.85	1.55	1.33	1.46	1.57
	O					0.32	*2.50	1.15	1.15	0.32	0.75	0.97	1.00
5	L					—	0.32	0.00	0.99	0.37	0.34	0.47	0.92
	S						0.82	0.37	0.86	*2.30	0.40	0.52	0.81
	F						1.43	1.86	1.74	1.50	*2.47	*2.66	*2.79
	O						1.34	0.68	0.68	0.25	0.68	0.96	0.94
6	L						—	0.29	0.64	0.68	0.63	0.17	0.59
	S							1.23	1.86	1.73	0.45	0.19	0.17
	F							0.82	0.68	**2.78	*2.06	*2.65	**2.95
	O							1.02	1.02	1.18	**3.07	*2.61	**3.40
7	L							—	0.86	0.34	0.32	0.43	0.81
	S								0.42	*2.58	0.80	0.85	1.12
	F								0.02	**3.34	0.91	1.29	1.50
	O								0.00	0.73	*2.09	1.94	1.77
8	L								—	1.39	1.24	0.42	0.00
	S									**3.22	1.40	1.35	1.41
	F									1.16	0.74	1.00	1.20
	O									0.73	*2.09	1.94	*2.50
9	L									—	0.00	0.82	1.30
	S										*2.04	1.70	1.31
	F										0.69	0.50	0.00
	O										0.19	0.42	0.37
10	L										—	0.76	1.18
	S											0.19	0.50
	F											0.40	0.74
	O											0.45	0.58
11	L											—	0.39
	S												0.31
	F												0.56
	O												0.15
Mean	L	1.1	1.9	1.5	2.6	2.3	1.9	2.3	1.3	2.8	2.8	1.7	1.3
	S	2.7	2.2	3.0	1.6	1.4	1.8	1.2	1.0	2.8	1.6	1.7	1.9
	F	3.0	1.6	1.4	2.3	3.0	1.8	1.4	1.4	0.8	1.0	0.9	0.8
	O	1.3	2.3	2.7	2.1	2.2	1.2	1.7	1.7	2.5	2.7	3.0	2.9

L : Leaf S : Secondary phloem
F : Fibrous root O : Ovary

Table 3. Variation in number of isoperoxidase bands per part in *L. cyrtobotrya*.

Parts	Total individuals	Number of isoperoxidase bands per tree					Average ($m \pm \sigma$)
		3	4	5	6	7	
Leaf	12	1	4	7			4.50±0.19
Secondary phloem	12		4	3	4	1	5.16±0.29
Fibrous root	12	1	3	3	5		5.00±0.30
Ovary	12	3	2	1	4	2	5.00±0.44

수는 4.50~5.16개로 부위 상호간 통계적 유의성은 인정할 수 없었으나 잎에서는 다부위에 비하여 약간 적게 나타났고 인피, 세근, 자방에서는 거의 비슷하였다.

표4는 부위별 개체별 색정농도평균치를 비교검정해본 것으로 한부위에 대하여 총66개 비교조합중 일에서는 개체간 색정농도의 차가 없었다.

이는 박⁽¹⁷⁾이 지적했듯이 본 시험에서도 시료채취가 9월말이므로 일단 생장이 끝난 성숙엽을 사용하였기 때문에 등위효소형이 안정되어 있기 때문인 것으로 판단된다. 이와같은 사실은 과산화동위효소가 세포의 생장과 분화에 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. Verma와 Huystee⁽²³⁾는 방풍의 자엽을 배양하여 Peroxidase의 변이를 조사 결과 크기별로 차이가 있었으나 색정농도에는 차이가 없다고 하였으며 Gupta와 Stebbins⁽⁶⁾는 피맥과 나뭇의 Peroxidase효소형이 발육과정에 따라 변이가 있으며 피맥과 나뭇의 효소형이 동일하나 피맥의 색정농도가 높은 것은 피맥이 잠종성이기 때문이라고 하였고 박⁽¹⁷⁾도 소나무발육과정에서 색정농도의 차이가 없다고 하였으나 본 시험에서는 적은 수 이기는 하나 잎을 제외한 인피, 세근, 자방에서는 개체간 색정농도의 차이를 보이고 있다. Lee⁽¹³⁾가 형태적분류에서 쓰리류의 잠종성을 주장하고 있는 것과 같이 부위별, 개체별 「밴드」위치의 차이, 「밴드」보유수의 차이, 색정농도의 차 등으로 미루어보아 순수한 자매단은 아니고 타배가 되고 있음을 시사하는 것으로 생각된다. 급후 동위효소를 이용한 연구에서 우리가 필요로 하는 생태적 차이와 동위효소변이가 어떻게 관련되어 있는지를 구명하므로써 필요한 유전적 소질을 동위효소를 이용하여 찾아내는 것이 중요한 과제라고 생각된다.

결 론

1. 동일시기에 채취한 동일개체중 동일부위의 과산화동위효소 「밴드」형의 변이는 없었다.
2. 공동출된 「밴드」는 잎, 인피, 세근에서는 7번 「밴드」이고 자방에서는 35번 「밴드」이었다.

3. 부위별, 개체별, 출현 「밴드」의 변이가 많았으나 부위 상호간 통계적 유의성이 있는 「밴드」는 35, 33, 28, 20, 15, 7, 5, -9, -18, -25번 「밴드」이었다.

4. 부위별 개체별 「밴드」보유수는 잎에서 4.50가 인피, 세근, 자방에는 거의 비슷하여 5.00~5.16개 이었다.

5. 성숙된 잎을 제외하고는 인피, 세근, 자방에서 약간의 개체간 과산화동위효소 색정농도에 차이가 있었다.

참 고 문 헌

1. Bonner, J., M.E. Dahmus, D. Fambrough, R.C. Huang, K. Marushige and D.Y.H. Tuan. 1968. The biology of isolated chromatin. *Science* 159:47.
2. Brink, R. A. 1964. Genetic repression in multicellular organism. *Am. Naturalist* 98:193.
3. Chang, L.O., Srb, A.M., and Steward, F.C., 1962. Electrophoretic separation of the soluble proteins of *Neurospora*, *Nature*, 193, 756-759.
4. Chen, Shao-Lim, Leslie R. Towill and J.R. Loeuwenberg. 1970. Isoenzyme patterns in developing *Xanthium* leaves. *Phsiologia Plantarum* 23:434-443.
5. Gilbert, W. and B.M.Hill. 1966. Isolation of the lac repressor. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.* 56:1891.
6. Gupta, Vimal and G.L. Stebbins. 1969. Peroxidase activity in hooded and awned barley at successive stage of development. *Biochemical Genetic* 3:15-24.
7. Hong, Soon Woo, and Min Chul Park. 1974. Electrophoretic Comparison of Mycelial protein and Enzyme Patterns in three interspecies of some edible fleshy fungi. *Kor. Jour. Microbiol.* vol. 12, 138-146.
8. Jacob, F. and J. Monod. 1963. Genetic repression, allosteric inhibition, and cellular differentiation.

- In *Cytodifferentiation and Macromolecular Synthesis*. Edited by M. Locke, Academic Press, New York, p. 30-64.
9. Kalab, M., and Matloch, Z., 1966. Electrophoretic Separation of Soluble mushroom proteins in acrylamide gel. *pl.Med.*, 14, 126~130.
 10. 김정석, 이석구, 박용구. 1973. 아까시나무의 Isoperoxidase의 변이
Res. Rep. Ins. of For. Gen. No. 10. p.23~34.
 11. 김정석, 정상배. 1974. Populus속의 Isoperoxidase 변이 I. *populus alba*, *P. glandulosa* 및 *P. euramericana*류에 대한 Isoperoxidase의 변이 Res. Rep. Ins. of For. Gen. No. 11 p. 53-59.
 12. 이종락, 박용구. 1973. 효소변이에 의한 Clone감별
Res. Rep. Coll. Industry Kyung OHee Univ. Seoul Kor. vol. 1. p. 7-11.
 13. Lee, Tchang Bok. 1965. The Lespedeza of Korea (1) *Bull. of the Seoul Nat. Univ. For.* No. 2 p.1-43.
 14. Miyazaki, Y. and K.I. Sakai. 1969. Use of zymography for identification of a clone in *Cryptomeria japonica* D. Don. *J.Jap. For. Soc.* 51:235-239.
 15. Murray Jr., Robert F. and Arno G. Motulsky. 1971. Developmental variation in the isoenzymes of human liver and gastric alcohol dehydrogenase. *Science* 171:71-73.
 16. 박용구, 최정석. 1973. Isoperoxidase변이형에 의한 소나무 Clone감별
Kor. For. Soci. No. 18. p.17-22.
 17. 박용구 1972. 소나무 발육과정에 따른 과산화동위 효소형의 변이
Kor. J. Breeding. vol. 4. No.1. 15-22.
 18. Rasumuson, B. and Rudin, D. 1971. Variations in esterase Zymogram patterns in needles of *Pinus silvestris* from Provenances in northern Sweden. *Silvae Genetica* 20(1-2):39-41.
 19. Sakai, K.I. and Y.G. Park. 1971. Genetic Studies in natural populations of forest trees. III. Genetic differentiation within a forest of *Cryptomeria japonica*. *Theoretical and Applied Genetics* 41:13-17.
 20. Sakai, K.I. and Y. Miyazaki. 1972. Genetic Studies in natural populations of forest trees. II. Family analysis: a new method for quantitative genetic Studies. *Silvae Genetica* in press.
 21. Shannon, M.C., Ballai, S.K., and Harris, J.W., 1973. Starch gel electrophoresis of enzyme from nine Species of *Polyporus*. *Amer. J. Bot.*, 60(1), 86~100.
 22. Smithies, O. 1955. Zone electrophoresis in Starch gels: Group variations in the Serum proteins of normal human adults. *Biochem. J.* 61:629-641.
 23. Verma, D.P.S. and R.B. Van Huystee. 1970. Cellular differentiation and peroxidase isozymes in cell culture of peanut cotyledons. *can. J. Bot.* 48:429-431.
 24. 윤경구. 1974. 한국산 팽나무비섯의 계통류별과 그 배양적 특성에 관한 연구.
Kor. Jour. Microbiol. Vol. 12, 159-179.