

選拔育種 및 交雜育種에 의한 原木栽培用 표고菌株 育成¹

朴元喆² · 李泰洙² · 李元珪² · 邊炳浩² · 李昌根²

Selective Breeding and Hybridization of *Lentinus edodes* Strains for Bed-log Cultivation¹

Won Chull Bak², Tai Soo Lee², Won Kyu Lee², Byung Ho Byun² and Chang Keun Yi²

要 約

原木栽培용 표고優良菌株를 育成하기 위해 菌株蒐集에 의한 選拔育種과 交配系를 이용한 交雜育種을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 國內外에서 蒐集한 35종의 균주에 대한 원목재배를 실시하여 1세대(5年間) 버섯收穫量이 신갈나무 (*Quercus mongolica*) 1m²당 139kg을 보이는 FRI 177 등 3개의 高溫性菌株와 120kg을 나타낸 FRI 188 등 2개의 中溫性菌株 및 96kg의 FRI 187 등 低溫性 7개 균주를 優良品種으로 선발하였다.
2. Di-mon交配法을 이용하여 제조한 交雜菌株中 室內檢定을 통하여 獨立系統으로 확인된 12菌株에 대하여 原木栽培를 실시하여 1세대 버섯수확량이 原木 1m²당 108kg에 달하는 高溫性菌株 FRI 182와 103kg을 보이는 低溫性菌株 FRI 184 등 2개를 優良種菌으로 선발하였다.
3. 고온성, 중온성 및 저온성 등 溫度型에 따른 生産性의 有意差는 없었으나, 系統間의 生産性差異는 認定되었다. 한편 原木栽培와 톱밥栽培間의 生産성에는 어떤 相關關係도 보이지 않았다.

ABSTRACT

Selective breeding and hybridization were attempted to improve shiitake(*Lentinus edodes*) strains for bed-log cultivation, and the results obtained are as follows.

1. Thirty five strains collected in Korea and abroad were cultivated for one generation(five years) and fruit body yields were estimated by the amounts produced from 1m² of oak tree(*Quercus mongolica*) logs. Thus, three high-temperature type strains including FRI 177 showing productivity of 139kg/m²log, two mid-temperature type strains including FRI 188 of 120kg/m²log, and seven low-temperature type strains including FRI 187 of 96kg/m²log were selected as superior strains.
2. Twelve hybrid strains confirmed as independent strains through indoor-test with hybrid strains made by Di-mon mating method were cultivated for five years(one generation). Among them, FRI 182 and FRI 184 were turned out to be superior strains. FRI 182 of high-temperature type showed the yield of 108kg per 1m²logs and FRI 184 of low-temperature type produced 103kg/m²log.
3. There were no significant differences in productivity among high-, mid- and low-temperature types, but some differences appeared among strain groups. The correlation was not shown in productivities between bed-log and sawdust cultivations.

Key words: *Lentinus edodes*, selective breeding, hybridization, bed-log cultivation, superior strains.

¹ 接受 1996년 1월 19일 Received on January 19, 1996.

² 林業研究院 Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

序 論

표고(*Lentinus edodes*(BERK.) SING.)는 12世紀頃 中國의 吳三公이라는 농부가 原木를 切斷하여 栽培하는 방법을 처음으로 개발하여 점차 발전되었다고 전해지고 있다. 우리나라에는 1920年代 後半부터 재배하기 시작하였으며, 표고菌은 1955년 京畿道林業試驗場에서 표고菌絲의 純粹培養에 성공함에 따라 1957년부터 大韓山聯을 통하여 優良種菌을 育成, 普及함으로써 표고品種의 개발이 시작되었다.

표고는 우리나라 食用林産物中 가장 중요한 産物으로써 農家の 短期所得을 위한 産業으로 크게 발전되어 왔다. 현재 표고재배농가는 약 7,000호가 되는데 1994년에 2,700톤을 생산하여 500억원의 수입을 올림으로써 農家當 약 700만원의 소득을 얻고 있다. 이와 같이 표고의 需要와 價値가 증대되고 있어, 표고의 栽培技術이 꾸준히 개발되어 왔다(Chang 등, 1993; 古川 久彦, 1992; 黃日明과 陳國醒, 1990; 黃年來, 1994; 最新バイオテクノロジー全書編集委員會編, 1992). 從來에는 주로 참나무원목으로 표고를 재배하였는데, 근래에는 原木供給難 및 農村일손不足 등으로 榻榻미栽培에 관심이 높아지고 있고(朴元喆 등, 1994; Chang과 Miles, 1989; 黃年來, 1994; 閔斗植, 1991; Ohga, 1992), 최근 중국에서는 雜草를 이용한 菌草栽培에 성공하여(Lin과 Lin, 1995) 生産費를 節減시키고 있다. 그러나 이와 같은 菌床栽培는 원목재배와 같은 高品質의 표고를 생산하지 못하는 限界性을 안고 있으므로 아직도 원목재배의 重要性을 看過할 수 없는 실정이다. 또한 재배기술과 아울러 표고의 生産性 및 品質에 영향을 주는 가장 근본적인 요인의 하나가 優良品種의 育成이다. 따라서 본 연구는 林業研究院에 蒐集, 保存되어 있는 표고균주들을 供試하여 選拔育種과 交雜育種을 시도함으로써 원목재배용 우량품종을 개발하고 재배기술을 定立시키기 위하여 실시하였다.

材料 및 方法

1. 選拔育種

우리나라와 外國에서 蒐集하여 林業研究院에

保存되어 있는 총 35개 표고菌株를 原木栽培의 生産性檢定에 사용하였다. 한편 이들 균주의 系統區分을 위하여 代치배양을 실시하였다(Itävaara, 1988; 李元珪 등, 1984; 李元珪 등, 1987).

2. 交雜育種

林業研究院에 蒐集, 保存되어 있는 균주들을 供試하여 Di-mon交配法에 의한 交雜育種을 실시하였다(最新バイオテクノロジー全書編集委員會編, 1992; 善如寺 厚와 渡邊 直明, 1987). 즉 표고균주 FRI 1, 3, 5, 137의 單胞子로부터 1核菌絲를 만들어 FRI 22, 23, 24, 29, 34, 157, 159, 177의 2核菌絲와의 교잡을 시도하였다. 먼저 1핵균사를 PDA平板培地에서 약 1주일간 키운 후 菌叢의 가장자리에 2핵균사를 置上하여 1핵균사에 위싸고 약 3주일간 자라나간 끝부분의 균사를 취하여 교잡균주의 生成與否를 조사하였다. 製造한 交雜菌株가 2核菌絲임을 확인하기 위하여 一般光學顯微鏡 및 螢光顯微鏡技法(Bak과 La, 1985)을 사용하였으며, 母菌株와 다른 獨立菌株인지를 알기 위하여 代치배양을 실시하였다. 螢光현미경 기법에서는 마운트製作時 물대신 螢光染色素인 DAPI(4'-6-diamidino-2-phenylindole·2HCl)로 菌絲를 懸濁하여 螢光현미경으로 檢鏡하였다.

3. 種菌製造

PDA平板培地에서 蒐集菌株 및 交雜菌株를 배양한다. Agar block을 떼어내어 신갈나무榻榻미과 밀기울을 4:1의 重量比率로 혼합하고 水分含量을 65% 정도로 調整한 후 殺菌한 培地에 置上하였다. 1ℓ容량의 링겔병이나 플라스틱병속의 培地에서 菌絲가 다 퍼지는데 약 2개월이 소요된다.

4. 種菌接種

原木의 種菌接種 및 原木栽培는 既存의 방법(李元珪 등, 1993; 李元珪 등, 1988)을 多少 改變하여 실시하였다. 含水率 40% 內외의 신갈나무를 원목접종에 사용하였다. 길이 1m, 직경 10cm 정도의 원목에 가로 20cm 間隔으로 6-7개, 세로로 7줄이 되게 직경 1.2cm 깊이 2.5cm의 구멍을 뚫은 후, 種菌을 1g 정도 넣고 스티로폼 마개를 막거나, 自動接種機를 사용하여 投入하였다. 한 균주당 원목 30본씩 접종하였다.

5. 버섯나무 만들기

임업연구원 構内の 편백나무 및 낙우송 林地內에 70% 庇陰網을 약 2m 높이로 덮어서 햇빛을 遮斷하여 골목장을 만들었다. 3월경에 종균을 접종한 다음 원목을 가로목위에 50cm 내외 높이로 층적하고 비움망을 덮어서 임시눅히기를 하여 약 1개월간 균사확착을 촉진시킨다. 다시 갑옷쌓기식으로 눅히기를 하며 버섯나무의 위와 아래의 濕度가 均一하게 되도록 7월중에 한번 뒤집기를 해준다.

6. 버섯發生效業

버섯나무는 집중 이듬해 4월쯤 마주보기식으로 세우고 品種別로 氣溫이 發生溫度에 到達하면 버섯나무를 쓰러뜨려 물을 1일간 뿌려주는 倒木撒水作業을 하고, 數日後 버섯의 原基가 形成되면 다시 세워준다. 發生效業은 低溫性 표고균주의 경우 氣溫이 5-15℃, 中溫性은 10-20℃, 高溫性은 15-25℃이고 日較差가 10℃ 以上일 때 실시하였다. 발생작업은 4월에서 6월 사이에 2번, 9월과 10월중에 2번 등 年平均 4회 정도 실시하였다. 버섯의 갓이 70% 열렸을 때 수확하여 무게를 재고, 品質은 肉眼으로 조사하였다. 收穫量은 1世代 즉 접종후 5년간의 버섯발생량을 합한 다음, 1m²의 부피의 버섯나무에서 생산되는 량으로 換算하였다.

7. 相關關係 檢定

이미 報告된 표고톱막재배時 버섯발생량(朴元喆 등, 1994)과 본 실험에서 얻은 原木栽培의 生産性間에 어떤 相關關係가 있는지를 조사하였다. 본 연구의 모든 統計處理는 統計팩키지 minitab을 사용하였다.

結 果

1. 選拔育種에 依한 優良種菌開發

國內外에서 蒐集한 35균주에 대한 원목재배를 실시하여 균주를 접종한 해부터 5년간의 버섯발생량을 조사하였다. 재배하는 과정에서 發生溫度型이 밝혀졌는데 고온성은 12균주, 중온성은 9균주, 저온성은 14균주로 나타났다. 1세대 5년간의 생산성이 우수한 것으로 판단되는 균주는 表 1과 같다. 表 1에서 보는 바와 같이 생산성은 고온성

Table 1. Promising strains evaluated by selective breeding

Temp. types	Strains	Fruit body yields ¹⁾
High	FRI 177	139±11kg/m ²
	FRI 191	109±9kg/m ²
	FRI 164	102±15kg/m ²
Mid	FRI 188	120±10kg/m ²
	FRI 180	108±12kg/m ²
Low	FRI 187	96±8kg/m ²
	FRI 190	93±11kg/m ²
	FRI 2	90±12kg/m ²
	FRI 137	88±6kg/m ²
	FRI 16	87±10kg/m ²
	FRI 17	85±8kg/m ²
	FRI 159	82±8kg/m ²

¹⁾ Thirty oak logs were used to cultivate each *Lentinus edodes* strain and the fruiting yields indicate the amounts of fruit body production calculated for 1m² of oak logs equivalent to 100 logs per one generation(5 yrs.) cultivation. The size of the log is φ10cm×1m. Mean±standard error, N=30.

및 중온성균주가 저온성품종보다 앞서 있다. 그러나 저온성균주는 화고와 둥고 등 高品質의 표고가 主宗을 이루었고, 고온성 및 중온성은 주로 향고와 향신을 생산하였다.

2. 交雜育種에 依한 優良種菌開發

供試한 1핵균사 4균주와 2핵균사 8균주간에 여러가지 조합의 交配를 시도하여 12개의 교잡균주를 만드는데 성공한 바 그 결과는 表 2와 같으며, 대체로 온도형이 같은 균주간에 교배가 잘 되었다. 그림 1~4는 FRI 137의 1핵균사와 FRI 159의 2핵균사로 부터 새로운 교잡균주 FRI 184가 생성되었음을 보여주고 있다.

12개의 交雜菌株를 原木에 접종하여 5년간의 生産性을 검정한 결과, 表 3에서 보는 바와 같이 2개 균주가 우수한 것으로 나타났다. 특히 FRI 184는 低溫性菌株로써 100kg/m²이 넘는 높은 수치를 보여주었다.

3. 溫度型別 原木栽培 生産性 比較

고온성 22개 균주, 중온성 9개 균주 및 저온성 16개 균주에 대하여 溫度型間에 표고생산성을 F-檢定으로 比較해 본 결과, 5% 水準에서 有意性 差異가 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Hybrid strains produced by Di-mon mating method

Groups ¹⁾	Mating of strains	Hybrid strains produced	Temp. types of hybrid strains
I	FRI 1 × FRI 23	FRI 169	High
	FRI 1 × FRI 23	FRI 170	High
	FRI 1 × FRI 177	FRI 182	High
II	FRI 1 × FRI 24	FRI 139	High
	FRI 1 × FRI 24	FRI 140	High
	FRI 1 × FRI 29	FRI 171	High
	FRI 1 × FRI 29	FRI 172	High
	FRI 1 × FRI 34	FRI 141	High
III	FRI 3 × FRI 157	FRI 174	High
	FRI 3 × FRI 157	FRI 175	High
IV	FRI 5 × FRI 22	FRI 183	Low
	FRI 137 × FRI 159	FRI 184	Low

¹⁾ Group I = High temp. type × High temp. type
Group III = Mid temp. type × Mid temp. type

Group II = High temp. type × Mid temp. type
Group IV = Low temp. type × Low temp. type

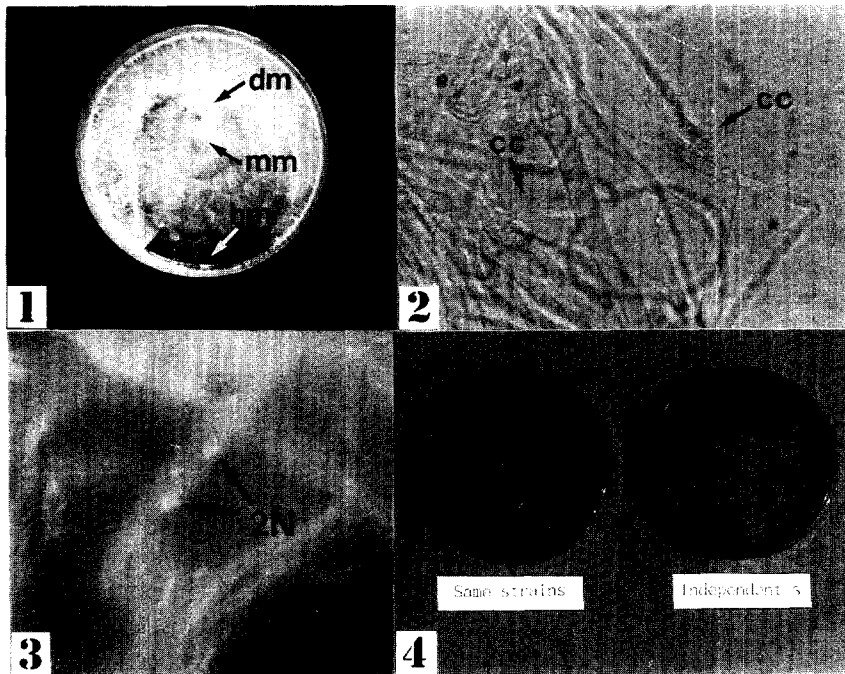


Fig. 1~4. Di-mon method for hybridization of *Lentinus edodes* to make new superior strains. 1. Hybrid mycelium(hm) made by mating of monokaryotic mycelium(mm) of FRI 137 and dikaryotic mycelium(dm) of FRI 159. The dikaryotic mycelium is cultured at outer-most site of monokaryotic mycelium colony grown for about one week. The zone of newly produced hybrid strain remained empty after detaching the agar block for subculture. 2. Micrograph of mycelia of newly produced hybrid strain FRI 184 from FRI 137 and FRI 159. Arrows show clamp connections(cc) confirming that the mycelia are dikaryotic. 3. Arrows indicate dikaryon(2N) in the mycelium of the hybrid strain examined under fluorescence microscope after stained with fluorochrome DAPI(4'-6-diamidino-2-phenyl-indole·2HCl). 4. Confrontation cultures were made between a hybrid strain(h) and its parent strain(p) to confirm whether the hybrid strain is independent from its parent strains. Left; No antagonistic line was formed, showing that the hybrid strain is not a new strain. Right; Arrow indicates the zone-line formation showing that the hybrid strain FRI 184 is different from the parent strain FRI 137, and this line was also confirmed against the other parent strain FRI 159.

Table 3. Promising strains selected from hybrid strains made by Di-mon mating method

	Hybrid strains ¹⁾		Parent strains			
	FRI 182	FRI 184	FRI 1	FRI 177	FRI 137	FRI 159
Productivity ²⁾ (kg/m ³)	109±14	103±12	96±10	138±11	88±6	82±8
Temp. type	High	Low	High	High	Low	Low

¹⁾ FRI 182 is a hybrid of FRI 1 × FRI 177, and FRI 184 is a hybrid of FRI 137 × FRI 159.

²⁾ Thirty oak logs were used to cultivate each *Lentinus edodes* strain and the productivity indicates the amounts of fruit body yields calculated for 1m³ of oak logs equivalent to 100 logs per one generation(5 yrs.) cultivation. The size of the log is φ10cm×1m. Mean±standard error, N=30.

Table 4. Comparison of productivity of *L. edodes* strains and their temperature types

Strain groups ¹⁾	Isolates	Temperature types	Yield of Fruit bodies ²⁾	LSD ³⁾ (0.05)
I	FRI 1	High	96±10kg/m ³	
	FRI 165	High	72±9kg/m ³	
	FRI 166	High	78±5kg/m ³	
	FRI 167	High	83±8kg/m ³	
II	FRI 15	High	95±11kg/m ³	
	FRI 157	High	79±6kg/m ³	
III	FRI 16	Low	87±10kg/m ³	
	FRI 28	Low	74±6kg/m ³	
	FRI 137	Low	88±6kg/m ³	
IV	FRI 3	Mid	58±5kg/m ³	
	FRI 34	Mid	45±5kg/m ³	
	FRI 158	Mid	60±4kg/m ³	

¹⁾ Four strain groups with 12 isolates were confirmed by confrontation culture method so far among the 47 isolates tested.

²⁾ Thirty oak logs were used to cultivate each *Lentinus edodes* strain and the fruit body yields indicate the amounts of fruit body calculated for 1m³ of oak logs equivalent to 100 logs per one generation(5 yrs.) cultivation. The size of the log is φ10cm×1m. Mean±standard error, N=30.

³⁾ Average yields of groups were significantly different(p=0.05) according to F-test and group IV was significantly different(p=0.05) from group I, II and III according to LSD test.

4. 系統別 原木栽培 生産性比較

考 察

表 4에서 보는 바와 같이 4개의 系統間에 생산성의 차이가 있는지를 알기 위하여 Turkey의 D檢定을 한 결과, 5% 水準에서 I, II, III系統間에는 有意性 差異가 없었으며 IV系統이 다른 3개 系統과 差異가 있었다. 또한 同一系統內의 균주들은 溫度型이 같은 것으로 나타났다.

우리나라에서 표고種菌의 系統檢定, 生産性檢定 및 新品種育成에 관한 연구는 1980年代 初부터 본격적으로 시작되어 우량종균이 꾸준히 개발되어 왔다(朴元喆 등, 1994; 李元珪 등, 1993; 李元珪 등, 1988). 본 연구는 국내외에서 蒐集한 표고균주와 이들 균주를 交配하여 얻은 교잡균주에 대하여 10여년간에 걸친 原木栽培 生産性檢定の 결과를 分析한 것이다. 현재까지 日本의 경우는 표고품종 60種 以上이 品種登錄되었고 우리나라는 原木栽培用 12종과 榻榻米栽培用 3종이 優良品種으로 登錄되었지만 이들의 育成過程에 관한

5. 原木栽培와 榻榻米栽培間의 相關關係

供試한 총 47개 균주에 대하여 原木栽培와 榻榻米栽培의 生産性間에 어떤 關係가 있는지 조사한 결과, 相關係數 R값이 0.136으로써 相關關係가 없는 것으로 나타났다.

文獻은 많지 않은 편이므로(古川 久彦, 1992; 李元珪, 1993; 最新バイオテクノロジー全書編集委員會編, 1992; 善如寺 厚와 渡邊 直明, 1987) 本論文에서는 표고 新品種育成方法부터 栽培 및 結果分析까지를 比較的 詳細히 다루었다.

選拔育種은 그 방법의 單純性 때문에 널리 이용되고 있는 방법이지만 한 地域에서의 우량균주가 氣候風土가 다른 地域에서도 같은 생산성을 보여줄 것인지가 成敗의 關鍵이 된다 하겠다. 本실험의 결과 수집균주중 12개가 우량균주로 선발된 것은 큰 성과로 생각된다. 우량균주의 선발기준을 정하는 데에는 어려움이 많은데, 이는 같은 품종이라도 재배할 때마다 기후 등 諸般條件이 언제나 같지 않기 때문이다. 日本에서는 $\phi 9\text{cm} \times 1\text{m}$ 크기의 원목 100본에 대하여 經濟性이 있는 標準收穫量을 생표고는 85kg, 乾표고는 17kg으로 推定하는 자료가 있지만 이러한 수치는 그 誤差의 範圍가 크다고 판단되므로 絶對的인 基準이 될 수는 없다고 생각한다. 여하튼 여러 資料 및 實際經驗에 비추어 볼 때 本실험에서 고온성은 1세대에 원목 1m²당 100kg, 중온성은 90kg, 저온성은 80kg 以上 生産되면 優秀한 것으로 판단하였다. 이와 같이 저온성표고가 생산성에서는 뒤지지만 화고 및 동고 등 高品質의 버섯이 생산되며, 乾표고로 만들어 높은 가격에 판매되고 있다. 아울러 우리나라에서는 표고의 等級判別基準이 아직 統一되어 있지 않은 實情이므로 이의 標準化와 電算시스템 開發이 요구되고 있다.

원목재배의 공시균주에 대한 온도형별 평균생산성에 차이가 없는 것으로 나타났는데 이는 톱밥재배시 高溫性이 中, 低溫性에 비해 越等히 높은 생산성을 보인 것(朴元喆 등, 1994)과 比較가 된다. 또한 톱밥재배에 비해 系統間의 變異가 그다지 크지 않았으며, 톱밥재배 생산성과의 상관관계도 없는 것으로 나타나 표고균주의 원목재배와 톱밥재배는 別個의 特性을 갖고 있는 것으로 생각된다.

交雜育種은 母菌株보다 나은 交雜種을 만들기 위하여 실시하였는데 모균주와 품질의 차이는 구분하기 힘들었기 때문에 생산성만 비교하게 되었다. 高溫性 및 低溫性 각 한 菌株가 우수한 균주로 나타난 바, 저온성인 FRI 184는 두 모균주보다 생산성이 우수하였고, 고온성인 FRI 182는 두 모균주의 中間的인 數値를 보였으나 우량중균이

라고 볼 수 있다. 표고菌絲와 같이 4極性 雌雄異株는 두 種類의 不和合性因子가 교배의 성공여부를 결정하는데, 교배의 成功率은 25%이며 4가지의 獨立菌株를 生成시킬 수 있으며 이중에서 바라는 形質을 갖춘 균주를 기대할 수 있는 確率은 더 낮아진다. 따라서 교잡육종과 아울러 原形質體融合技法(李元珪 등, 1987) 등 遺傳工學의 方法이 多角的으로 시도되고 있다. 그러나 현재로서는 새로운 균주를 제조하는데 있어서 교잡육종기법이 가장 적은 時間이 所要된다고 본다.

本 실험의 결과 나타난 優秀菌株中 FRI 16, 164, 159, 177 등은 山林 1, 2, 3, 4號 등으로 이미 品種登錄이 되었으며, 栽培農家에 普及되어 品種의 優秀性이 立證됨으로써 需要가 계속 增加하고 있는 바, 1995年度 全國 표고種菌販賣量의 55%를 占有하였다. 또한 아직 등록하지 않은 우수균주에 대하여도 급후 품종등록을 하여 전국에 보급할 예정이다.

引用 文獻

1. Bak, W.C. and Y.J. La. 1985. Fluorescence microscopic diagnosis of mycoplasma infections in jujube, mulberry and periwinkle plants. Korean Journal of Plant Pathology 1(1): 12-16.
2. 朴元喆 外 5人. 1994. 우리나라 표고의 生長, 腐朽特性 및 톱밥培養에 關한 研究. 韓國林學會誌 83(1): 12-19.
3. Chang, S.T., J.A. Buswell and P.G. Miles, eds. 1993. Genetics and breeding of edible mushrooms. Gordon and Breach Science Publishers, Pennsylvania, U.S.A. 324pp.
4. Chang, S.T. and P.G. Miles, eds. 1989. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 345pp.
5. 古川 久彦 編集. 1992.きのこ學. 共立出版株式會社. 450pp.
6. 黃日明·陳國醒 等 編著. 1990. 食用菌育種栽培加工技術. 湖南科學技術出版社. 301pp.
7. 黃年來 主編. 1994. 中國香菇栽培學. 上海科學技術文獻出版社. 477pp.
8. Itävaara, M. 1988. Identification of shiitake strains and some other basidiomycetes: Pro-

- tein profile, esterase and acid phosphatase zymograms as an aid in taxonomy. Trans. Br. Mycol. Soc. 91(2): 295-304.
9. 李元珪·李恩影·朴元喆·李昌根. 1993. 표고新品種 育成(I). 林業研究院研究報告 47: 121-128.
 10. 李元珪·李恩影·洪淳佑. 1987. 표고菌株의 品種改良을 爲한 原形質體 融合에 關한 研究. 林業研究院研究報告 35: 108-114.
 11. 李元珪·李恩影·尹甲熙·趙在明. 1984. 표고種菌의 生産性檢定(I) - 普及種菌의 對峙培養에 依한 系統檢定 - 林業試驗場研究報告 31: 106-108.
 12. 李元珪·李恩影·尹甲熙·洪淳佑. 1987. 同位酵素의 電氣泳動分析法을 利用한 표고菌株의 系統 檢定. 林業研究院研究報告 35: 115-122.
 13. 李元珪·尹甲熙·李恩影. 1988. 표고 普及種菌의 生産性檢定. 林業研究院研究報告 36: 115-119.
 14. Lin, Z.X. and Z.H. Lin, eds. 1995. Fungi cultivation with Jun-Cao. Asia-Pacific Edible Mushroom Training Center, Fuzhou, China, 110pp.
 15. 閔斗植. 1991. 참나무類 칩을 利用한 표고버섯栽培와 廢殘渣의 飼料化. 韓國林學會誌 80(4): 436-444.
 16. Ohga, S. 1992. Adaptability of *Lentinus edodes* strains to a sawdust-based cultivating procedure. Mokuzai Gakkaishi 38(3): 301-309.
 17. 最新バイオテクノロジー全書編集委員會編. 1992. きのこの増殖と育種. 農業圖書. 307pp.
 18. 善如寺 厚·渡邊 直明 著. 1987. きのこ實驗マニュアル. 講談社サイエンティフク. 204pp.