

버섯류

복령

목 차

1. 복령의 분류 및 특성

1-1. 분류학적 위치

1-2. 분포

1-3. 약리작용

2. 재배기술

2-1. 균주준비

2-2. 생육환경

2-3. 톱밥배지 조성 및 배양

2-4. 종목종균

2-5. 복령재배

3. 복령 재배관리 및 수확

3-1. 재배지 관리

3-2. 재배지 관리 유의사항

3-3. 형성 및 수확

참고문헌

복령

- 학 명 : *Wolfiporia hoelen* (Fr.) Y.C. Dai & V. Papp
- 한국명 : 복령 (Bokryeong)
- 영 명 : Hoelen
- 북한명 : 솔뿌리혹버섯
- 일본명 : ブクリョウ(뿌크료우)
- 중국명 : 茯苓

1. 복령의 분류 및 특성

1-1. 분류학적 위치

복령(*Wolfiporia hoelen*)은 분류체계상 담자균문(Basidiomycota), 담자균강(Basidiomycetes), 주름버섯아강(Agaricomycetidae), 구멍장이버섯목(Polyporales), 잔나비버섯과(Fomitopsidaceae), 구멍버섯속(*Wolfiporia*)에 속한다.

복령은 전통적으로 *Poria cocos*로 알려졌으나, 1984년에 위와 같은 이름으로 변경되었다. 복령의 학명은 과거에 아래와 같이 여러 이름이 사용되었다. 현재 복령속에는 총 8종이 기록되었다(<http://www.indexfungorum.org>).

Wolfiporia hoelen (Fr.) Y.C. Dai & V. Papp, IMA Fungus 25 (1921)

동종이명:

Macrohyporia cocos (Schwein.) I. Johans. & Ryvarden, Trans. Br. mycol. Soc. 72(2): 192 (1979)

Pachyma cocos (Schwein.) Fr., Syst. mycol. (Lundae) 2(1): 242 (1822)

Poria cocos F.A. Wolf, J. Elisha Mitchell scient. Soc. 38: 134 (1922)

Pachyma hoelen Fr. Syst. mycol. (Lundae) 2(1): 243 (1822)

Schwein., Schr. naturf. Ges. Leipzig 1: 56 [30 of repr.] (1822)

1-2. 분포

복령은 한국, 중국, 일본, 북미 등 북반구 전역에 분포하는 것으로 알려져 있다. 복령의 자실체는 야외에서 관찰하기 매우 어렵고, 우리가 복령이라고 부르면서 취급하는 것은 땅속에서 만들어진 균사 덩어리인 균핵(sclerotium)을 가리킨다. 복령은 우리나라의 죽은 소나무에 주로 분포하고, 잣나무, 일본잎갈나무(낙엽송) 등 침엽수에서 관찰되기도 한다.



살아있는 소나무에서 야생 복령



죽은 소나무에서 야생 복령

그림 1. 복령

야생에서 복령 균핵을 찾을 때는 우선 복령균이 자라고 있는 죽은 소나무를 찾아야 한다. 복령균은 갈색부후균이며, 침입받은 소나무는 갈색을 띠고 나무 조각을 손으로 비벼보아 부서지면 복령균이 잘 자란 것이다. 나무줄기를 중심으로 복령균 균핵을 찾아가기 시작하여 나무 중심으로부터 10m 내외까지 탐침봉으로 찾아야 한다. 복령 균핵은 땅속에 있기에 탐침봉으로 땅속을 찌르면서 복령이 관통할 때 느낌 차이로 찾아내게 된다. 탐침봉을 잡아당기는 듯한 느낌이 드는 곳에 복령이 있다. 따라서 상당한 수준의 경험이 있어야 땅속에 있는 복령 균핵을 찾을 수 있다.

복령이 감염된 죽은 소나무와 살아있는 소나무가 혼재된 곳에서는 복령이 살아있는 소나무에서 발생하기도 한다. 그래서 살아있는 소나무 뿌리 주변을 탐침봉을 이용하여 복령 균핵을 찾으려면 된다. 그림 1에서 살아있는 소나무에 관찰된 복령 균핵은 바로 인근에 복령균이 감염된 죽은 소나무가 있었던 곳이다. 살아있는 큰 소나무 주변에 소나무 벌채목 더미에 복령균을 접종하고 재배한 경우, 복령 균핵은 살아있는 소나무의 뿌리에 형성된다. 죽은 소나무만 있는 곳에서는 복령 균핵이 죽은 소나무 뿌리에 형성되고, 주변에 살아있는 소나무가 있는 곳은 반드시 살아있는 소나무 뿌리 주변에 복령 균핵이 만들어진다.

복령(균핵)의 크기는 보통 10cm 내외이지만 큰 것은 30cm 이상에 10kg 이상 무게를 갖는다. 재배 복령은 30kg 이상 큰 것도 관찰된다. 복령의 모양은 유구형-타원형, 감자 모양, 표면은 흑적갈색-암갈색, 내부 조직은 백색 또는 담홍색을 띤다. 백색을 띠는 것을 백복령, 담홍색을 띠는 것을 적복령이라고 한다.

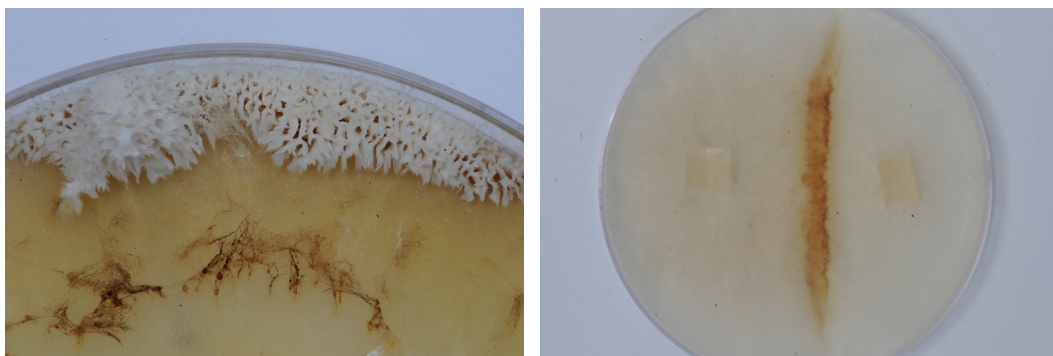


백복령

적복령

그림 2. 복령(균핵 내부 색 차이)

복령 자실체는 감자한천배지(PDA) 또는 톱밥배지에 균을 키우는 과정에서 관찰할 수 있다. 특히 재배 복령보다 야생 복령이 자실체 발생을 쉽게 이룬다. 자실체는 보통 별집 모양이나, 다양한 형태를 보인다. 포자는 타원형 $7.3\sim 8.1\times 3.4\sim 3.7\mu\text{m}$ 이다. 단포자 균사와 이핵균사는 꺾쇠연결체가 없어 육종할 때 균사 형태로 구분하기 어렵다. 대치배양으로 쉽게 균주 간 구분이 가능하다.



PDA 배지상에서 복령 자실체

복령 대치배양 (대치선 갈변)

그림 3. 복령 자실체와 배양

1-3. 약리성분

복령은 전통적으로 한약재로 사용되었고, 섬유소와 탄수화물이 풍부하기에 식품 소재로도 사용된다. 복령은 동의보감에 “오래 먹으면 배고픈 줄을 모르고 오래 살며 늙는 것을 물리칠 수 있다. 다섯 가지 임병(淋病)을 치료하는데, 오줌이 통하지 않는 것을 주치하며, 오줌을 잘 통하게 한다.” 즉 복령은 전통적으로 이뇨 증진에 탁월한 효과가 있음을 알 수 있다.

❶ 버섯류

복령의 주요성분은 2차 대사산물인 triterpenes과 polysaccharides이고, 소량의 물질군(S-(+)-turmerone, ergosterol peroxide, 2,4,6-triacetylenic octane diacid, 2,4,5,6-tetrahydroxyhexanoic acid)이다. 대부분의 triterpenes는 lanostane, secolanostane 골격의 유도체이다. 대표적인 triterpenes는 Pachymic acid, Eburicoic acid, Tumulosic acid, Dehydropachymic acid, Dehydrotumulosic acid, Trametenolic acid, Poricoic acids 등이 있다. 다당류는 ac-PCM1, ac-PCM2, ac-PCM3-I과 II가 있고, heteropolysaccharides는 ac-PCM0, ac-PCM1, ac-PCM2, ac-PCM3-I, ac-PCM3-II, wb- and wc-PCM1, PCM4-I, PCM4-II 등 다수가 포함되어 있다(Wang et al., 2013).

2. 재배기술

2-1. 균주 준비

복령의 균 분리는 균핵 내부조직을 떼어 감자한천배지(potato dextrose agar) 위에 올려놓고 25℃ 또는 30℃ 항온기에서 1주일 안에 분리할 수 있다. 또한 복령균이 감염된 나무 조직으로부터 균 분리가 가능하나, 균핵에서 분리하는 것이 훨씬 쉽다. 분리한 균주는 4℃에 냉장보관 한다. 종균으로 사용할 때는 소나무 톱밥배지에 균을 접종 배양하여 사용한다.

2-2. 생육환경

복령 균은 일반 버섯류와 마찬가지로 영양원, 온도, 습도, pH 등을 고려한 알맞은 상태에서 생장이 좋다.

2-2-1. 영양원

복령은 갈색부후균으로 소나무, 잣나무 등 침엽수의 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스 성분을 분해시켜 영양분을 얻는다. 탄소원은 포도당, 설탕 등 다양한 탄소원을 사용할 수 있고, 질소원은 펩톤, 아미노산 등이 중요하다. 그 밖에 칼슘과 마그네슘 같은 미량원소도 필요하다. 특히 배지에 펩톤을 첨가해주면 균사의 밀도가 치밀하게 자란다.

2-2-2. 온도

복령균은 균사생장 온도범위가 10~35℃이지만, 최적온도는 28~30℃이다. 온도가 35℃ 이상이 되면 균사의 활력이 떨어지며, 20℃ 이하가 되면 균사생장속도가 급격하게 느려지고 대부분 10℃ 이하에서는 생장이 멈춘다. 복령자실체는 25~30℃ 사이의 항온기에 1달 정도 지나면 관찰할 수 있고, 재배복령은 훨씬 늦게 형성된다. 복령 포자는 PDA 배지에 도말 후 25℃에서 3~4일 정도면 발아된 균사체를 확인할 수 있다. 균핵 형성은 변온이 필요하며 늦은 가을에 낮 온도가 25℃로 흙 속의 온도가 약간 높았다가 저녁이면 15~18℃로 낮아지는 것이 가장 좋은 조건이다. 이와 같은 상태에서 균사는 낮에 소나무의 섬유소 등 각종 양분을 흡수하고 밤의 낮은 온도에서는 영양분이 균핵으로 이동하여 복령 다당체를 축적하기 쉬운 조건이 된다.

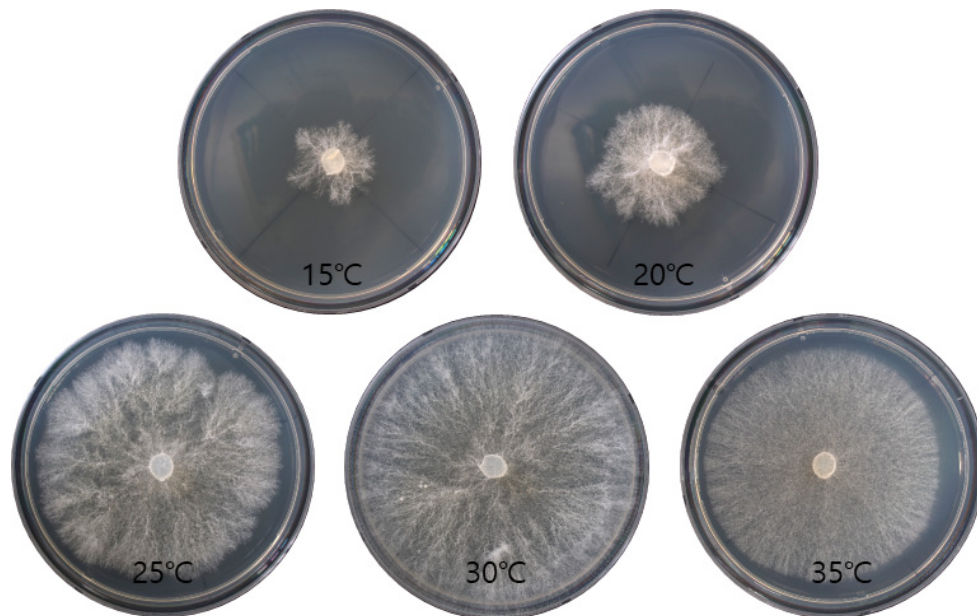


그림 4. 복령 온도별 균사 배양(NIFoS 3062, PDA배지, 4일)

2-2-3. 수분

복령은 땅속에서 자라기에 토양수분이 매우 중요하다. 토양수분은 50~60%(용수량 %)가 가장 알맞다. 수분함량이 이보다 높아지면 땅속의 산소가 부족하게 되어 균사생장이 정지되고 균핵이 형성되지 않는다. 수분함량이 높아져서 물이 고이게 되면 균사 및 균핵이 썩어 버리게 된다. 반대로 이보다 낮아지게 되면 통기는 잘 되지만 수분이 적어져서 균사 활력이 떨어진다.

● 버섯류

2-2-4. 공기

복령균은 호기성균으로 섬유소를 분해하면서 성장하고 산소를 이용하여 호흡하므로 물과 가스를 발산하게 된다. 또한, 성장과정에서 산소를 흡수하고 탄산가스를 배출하게 되므로 땅속에서도 산소가 절대적으로 필요하게 된다. 따라서 톱밥종균 제조 시에는 톱밥 입병량을 병 입구까지 채우지 말고 공간을 확보하여 호기성 상태가 유지되도록 하여야 균사생장이 양호하다.

2-2-5. 광

광은 복령 균사가 성장하거나 균핵을 형성하는데 직접적인 영향을 미치지 못하는 못한다. 그러나 직사광선이 있으면 토양은 건조하게 되고 때로는 자외선의 살균력에 의해 해를 미치게 된다. 광은 자실체 형성을 촉진하는 작용이 있기 때문에 종균 배양 완료 단계에는 배양실에 빛이 비치지 않도록 하여 자실체 형성을 억제해야 한다.

2-2-6. pH

복령균은 pH 4~8 사이의 PDB(potato dextrose broth)에서 성장하였으나 전반적으로 pH 4~5에서 생장이 좋았다. 홍과 이(1990)는 pH 4.0~4.5로 제시한 것과 유사하였다. 복령균이 소나무의 섬유소를 분해할 때는 셀룰라아제 효소가 관여하며 이때의 효소는 pH 3~6 범위로 알려져 있다(박 등, 2003). 따라서 복령은 배양과 재배 과정에서 pH는 4~5가 가장 적당하다.

2-2-7. 액체배지

액체배지 조성은 Dextrose 50g, Malt extract 3g, Peptone 3g, Yeast extract 4g, 물 1L을 비이커에서 함께 녹인 후 유리 배양병에 4L의 증류수를 더 넣은 뒤 총 5L로 채워 넣고 고압멸균(121℃ 30분) 한다. 액체배지는 유리병을 포함하여 합금 재질, 폴리프로필렌 용기(생수병 10L)를 사용해도 무방하다. 멸균된 액체배지는 고체배지에서 배양된 복령균을 접종한다. 이때 블라인더에 마쇄한 복령의 균사체를 50ml 피펫을 이용하여 40ml 접종한다.



그림 5. 액체배지에서 복령 균사 접종 및 배양

2-3. 톱밥배지 조성 및 배양

톱밥배지는 침엽수 톱밥(소나무, 잣나무, 낙엽송, 미송 등), 미강, 감자전분, 옥수수 전분을 각각 6:2:1:1 무게 비율로 혼합한다. 함수율은 50~60%가 되도록 맞춘다. 황산마그네슘(magnesium sulfate anhydrous) 0.1~0.8%, 질산칼륨(potassium nitrate) 0.5~1.5%, 질산칼슘(calcium nitrate) 1.0~3.0%로 혼합한다. 톱밥배지용 봉지는 구형, 반구형, 육면체 등 다양한 형태의 내열성 비닐을 사용할 수 있다.

톱밥배지는 멸균용 봉지(11×20×11cm)에 800~1,000g씩 채워 넣고 121℃ 60분간 멸균한다. 멸균이 완료된 배지는 냉각실에서 배지를 냉각시키고 균을 접종한다. 액체 배양된 균사체는 멸균된 배지에 200ml씩 접종하고, 배지는 25℃ 배양실에서 20일간 배양한다(12~18℃ 배양실에서는 25~30일 배양).

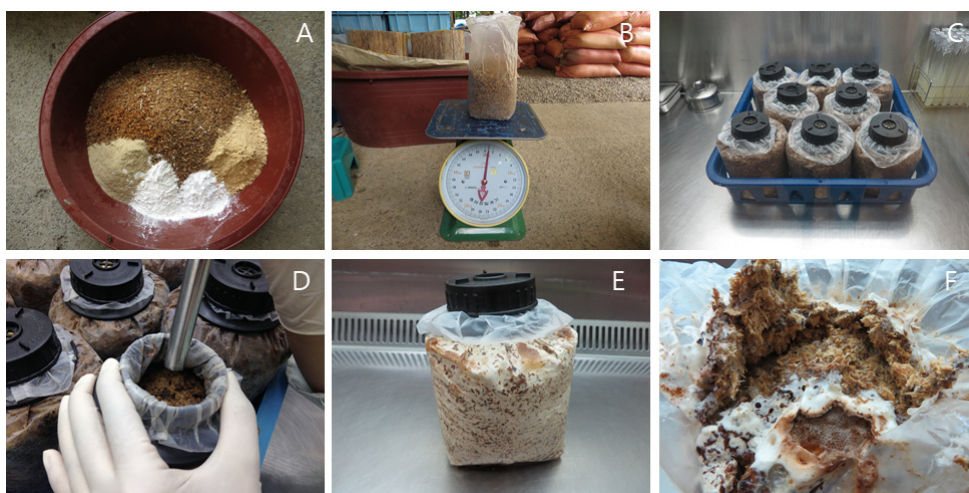


그림 6. 톱밥배지 조성, 균 접종 및 배양(A: 배지 혼합, B: 봉지에 넣기, C: 멸균, D: 액체종균 접종, E: 배양완료, F: 배양 완료된 배지 상면 모습)

❶ 버섯류

2-4. 종목종균

소나무 단목은 내열성 비닐봉지에 넣고 살균한 후 복령균을 접종한다. 배양이 완료된 단목은 재배용 원목에 접촉시켜서 균사가 활착되도록 한다.

표 1. 종목종균의 장단점(손과 장, 2020)

장점	단점 및 보완사항
<ul style="list-style-type: none"> • 잡균 피해가 적고 접종용 종균이 적게 소요됨 • 균사 원목은 장기간 종균의 역할을 할 수 있음 • 적층 재배에 의한 집약적 다수확 재배가 가능함 	<ul style="list-style-type: none"> • 상압살균 시설이 필요함 <ul style="list-style-type: none"> -간이 시설도 가능함 -대면적 재배 시에 시설 효율 높음 • 접종 및 균사 배양 시설이 필요함 <ul style="list-style-type: none"> -간이 시설도 가능함 -저온기에 유희시설 최대 활용 가능

2-4-1. 종목의 배양

소나무 직경은 10~15cm 것이 적당하고 길이는 30cm 정도로 절단한다. 절단면을 매끄럽게 하여 비닐봉지에 넣을 때 봉지가 터지거나 뚫어지지 않도록 방지하여야 한다. 단목의 양면이 마주 보이도록 껍질을 벗긴다. 껍질을 벗긴 단목은 1주일 정도로 짧게 건조하는 것이 좋다. 단목의 크기가 일정하지 않아도 되며 굴곡이 있는 것도 절단만 잘하면 사용이 가능하다.

비닐봉지는 폭 20cm, 길이 100cm로 절단하여 중앙부를 잡아매고 뒤집어서 긴 2중 자루가 되도록 한다. 또는 단목의 크기에 따라 비닐봉지를 적당한 크기로 잘라 사용할 수 있다. 봉지에 절단 조제된 단목을 넣고 필터용 마개를 끼워서 멸균한다. 상압 살균은 90~100℃에서 5~8시간 유지해야 하지만 농가에서는 시설 여건상 75~80℃에서 8시간 이상 정도는 되어야 멸균 효과를 기대할 수 있다. 또한, 고압멸균할 경우 121℃에서 90분간 멸균하면 된다.

표 2. 상압살균 방법

구분	온도상승		살균처리	
	도달온도(℃)	소요시간(분)	온도(℃)	유지시간(분)
완전식	98	120	98	240
간이식	75	300	75-80	480

고압멸균의 장점은 1) 살균 시간이 짧아 작업능률이 높고 연료의 소모량이 적다. 2) 완전살균이 가능하며 잡균 발생이 적다. 상압살균의 장점은 1) 발생된 수증기가 살균기 내부에 있으므로 배지의 수분증발이 적어서 배양 초기부터 균사 생육이 양호하다. 2) 재배재료가 장시간 살균되므로 연화되어 버섯균이 자라기에 알맞게 된다. 3) 설치가 간단하며 법적 제약을 받지 않고 구입가격이 낮은 점이다. 상압살균의 단점은 완전한 살균이 어렵고 살균 시간 및 연료비가 많이 소요된다.

2-4-2. 종균접종 및 배양

살균작업이 끝난 것은 마개를 열고 복령 톱밥종균을 4~5 숟가락(12~15g)씩 접종한다. 접종기구는 화염멸균을 하고 접종 장소는 간이식 접종대가 있으면 작업이 편리하다. 균사 배양은 20~25℃, 습도는 70%로 약간 건조한 장소로 옮겨서 균사가 왕성하게 활착되도록 하여야 한다. 배양기간은 보통 1~2개월이면 된다.

배양 중에 비닐봉지를 너무 높게 쌓아두면 자체 발열에 의하여 고온 피해를 받기 쉬우므로 주의를 하여야 한다. 배양 중 외기온도가 높을 때는 비닐봉지를 얇게 쌓고 간격을 두어서 관리하여야 한다.

2-4-3. 균사활착 검정

종균 접종 후 1~2개월이 지나서 균사 배양이 완료되었다고 판단되면 원목을 1-2개 채취하여 외부에 백색의 균사가 양호하게 활착되었는가 관찰하고 단면을 절단하여 보면 균사가 침투된 형태를 관찰할 수 있다. 이와 같이 배양이 완료된 것을 종목으로 사용한다.

2-5. 복령 재배

2-5-1. 재배장소

자연산 복령을 채취하는 지역은 주로 마사토이고 자갈이 없는 지역이다. 방위는 남향, 동남향으로 아침, 저녁으로 햇볕이 잘 드는 양지바른 곳이다. 복령 재배는 이와 같이 자연 재배 지역과 유사한 지역을 선정하는 것이 좋다. 복령의 노지재배는 최소 8개월에서 최대 2년 동안 한곳에서 재배하여야 한다. 식재 후 중간에 옮기기가 곤란하므로 재배장소의 선택이 아주 중요한 사항이다.

또한 복령균은 땅속에서 자라면서 결령(結筲)되어 성장하기 때문에 토양의

❶ 버섯류

물리화학적 성질이 매우 중요하다. 따라서 복령 재배지 선정은 아래의 조건을 갖추는 것이 좋다.

- 가. 재배장소는 사양토 또는 마사토로서 배수가 잘되어 비가 와도 물이 고이지 않는 부드러운 흙이어야 한다.
- 나. 흙 속에 큰 모래 또는 자갈이 너무 많으면 재배 시 복령이 형성되어 자랄 때 이것들을 속에 넣고 생장하게 되므로 품질이 불량하다.
- 다. 복령을 한번 재배하였던 연작지 또는 다른 작물을 심어 유기질이 많은 곳보다는 새로 개간한 곳이나 야산지가 알맞다.
- 라. 재배장소는 동남쪽으로 약간 경사진 곳이 더욱더 좋으며, 겨울에 춥지 않고 자연적으로 배수가 잘되는 곳을 선택하는 것이 좋다.
- 마. 재배장소의 토양산도는 pH 4-6이 되는 곳이 좋으며, 토양에는 유기물(퇴비) 또는 오염물질이 없어야 한다.

2-5-2. 원목준비

복령 재배에 사용하는 재료로 가장 적합한 나무는 소나무(적송) 또는 해송(곰솔)이다. 대체 수종으로는 소나무과에 속하는 리기다소나무, 잣나무, 낙엽송 등이 좋으며, 특히 사방조림용으로 도입되어 식재된 리기다소나무와 잣나무에서의 균핵 형성이 우수한 것으로 나타났다.

일반적으로 변재가 심재보다 셀룰로오스 함량이 높은 것으로 알려져 있고, 헤미셀룰로오스는 소량 차이가 있다. 리그닌은 변재보다는 심재 부분에서 약간 적은량을 가지는 것으로 보고하고 있다. 소나무 원목은 변재와 심재의 성분 차이가 비슷한 것으로 알려져 있으나(표 3), 일반적으로 변재부가 많은 것을 선택하는 경향이 있다.

표 3. 소나무의 변재와 심재의 성분 비교(Kwon et al., 2020)

구분	성분(%)								
	글루코스	자일로스	만노스	아라비노스	갈락토스	총당류	산성불용성리그닌	산성수용성리그닌	총리그닌
변재	46.5	6.3	13.9	2.0	3.7	72.3	28.7	0.5	29.2
심재	48.9	8.7	12.4	2.5	4.9	77.5	27.1	0.5	27.6

소나무의 벌채는 휴면기인 늦가을부터 이듬해 2월까지가 가장 적합하다. 아주 추울 때의 벌채는 밑면만 절단하였다가 1~2개월 후에 다시 절단하여 사용할 수도 있다. 그러나 복령 재배에 필요한 원목은 실험 결과 벌채 시기에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 복령 재배 시 성패를 좌우하는 것이 수피의 존재 여부이므로 벌채 및 운반 시 수피의 훼손을 최소화하는 것이 필요하다. 복령 재배 원목의 소요량은 토막길이가 60cm의 경우 18개/3.3㎡ 정도가 있어야 하나 굵기에 따라서 다소 차이가 있다.

벌채한 원목은 길이 60cm를 기준으로 하며, 직경이 작은 것은 80cm, 직경이 굵은 것(직경 20cm 이상)은 40~50cm 크기로 절단한다. 과거에 박피하는 것을 권장하였으나, 실험 결과 박피 하지 않은 것이 좋아서 벌채 및 운반 시에 수피의 손상된 부분만으로도 박피 효과가 충분한 것으로 보인다. 벌채한 나무는 40~60일간 건조한다. 벌채 시 수분함량이 48~50%로 높았던 것을 35~40% 수준으로 건조한다. 나무의 작은 가지를 손으로 꺾으면 잘 부러지거나 원목 단면에 가는 금이 생기는 것을 기준으로 삼는다.

2-5-3. 종균

노지재배에 이용하는 복령의 종균은 국내의 종균배양소로부터 구입할 수 있다. 복령 품종은 농촌진흥청 농업과학기술기술원에서 개발 및 농가 보급한 ‘복령 1호’가 있고, 국립산림품종관리센터에 품종 출원한 ‘하나1호’가 있다. 그리고 최근 강원도산림과학연구원과 국립산림과학원이 복령 품종개발 및 재배 연구를 통해 공동으로 출원한 ‘태승향 1호, 2호, 3호’가 있다. 복령 종균은 1㎡당 4봉지(800g/봉지) 정도가 필요하며, 종균병의 크기가 달라 3.3㎡(1평)당 15~20병을 권장하기도 한다.

종균은 배양기간이 약간만 지나게 되면 균사의 노화현상이 심하게 나타나므로 활력이 강한 것을 선택해야 하며, 종균병 표면의 균사 색택이 백색으로서 가는 균사가 많고 종균을 만져보면 단단하고 약간의 탄력이 있어야 한다. 특히 종균 표면의 색택이 자주색 또는 흑자주색을 띠는 것은 불량한 것이므로 사용하지 않도록 한다. 이때 복령 종균은 다음과 같은 구비조건을 갖춰야 한다.

- 가. 유전형질이 안정하고 계통 혹은 품종의 특성을 구비하고 있어야 한다. 즉 변이가 없는 것이 좋다.
- 나. 균사 활력이 강해야 한다. 즉 균사의 노화가 없어야 하며, 균핵 생산 능력이 높아야 한다.
- 다. 미생물학적으로 순수하여야 한다(해균, 해충 오염이 없음. 다른 계통의 균이 혼입이 없음). 종균은 등록된 종균 생산업체로부터 구입한다.

● 버섯류

2-5-4. 재배지 준비 작업

- 가. 복령 재배를 위하여 선정된 재배지에 원목을 배치하기 위하여 20~30cm 간격으로 폭 80-100cm 정도 흙을 파서 길고 넓은 고랑이 되도록 한다.
- 나. 경사지는 흙을 파는 방향이 경사 방향과 나란히 되어야 배수가 잘되며, 이는 토양이 마사지역과 점토지역에 따라 방향을 달리하여 적용하면 될 것이다(일반적으로 경사가 10% 이하인 지역은 경사 방향과 나란히, 10% 이상인 지역은 사선 방향으로 골을 낸다).
- 다. 특히 탄광지역에서는 배수 사향을 고려하여 경사지보다 깊게 골을 파도록 하는 것이 좋다.

2-5-5. 종균접종

종균의 배양재료에 따라 톱밥종균재배, 복령조직 절편재배, 종목접착재배 등으로 구분한다. 원목의 배열 상태에 따라 단층배열 재배법과 쌍열(2열) 재배법이 있다. 원목에 직접 종균을 접촉시켜 땅속에 묻으면 그 안에서 균사가 원목의 목질부에 침투되어 활착 성장하도록 하는 비교적 간단한 방법이다.

- 가. 원목은 그림과 같이 고랑에 종렬로 배치한다. 고랑의 폭이 80-100cm 정도 되므로 절단된 원목을 놓으면 양면에 10-20cm 여유가 있게 된다.
- 나. 원목과 원목 사이는 15~20cm 정도 띄우고 그 공간은 밑에서부터 반 정도를 흙으로 메꾸고 위에는 종균 덩어리를 끼워서 두 원목 사이에 접촉되도록 하여 종렬로 연속시킨다.
- 다. 원목을 절단하고 배열한 후 종균의 접종을 위하여 V자형 홈 파기를 실시하고 쌍열 붙이기(2열 붙이기)를 실시한다.
- 라. 균은 활력이 왕성한 것을 선택하여 균사가 뭉쳐있는 덩어리 상태로 1봉지를 4~6등분으로 잘라 원목의 V자형 홈파기 사이에 150-200g씩 접종한다. 이때 종균 톱밥은 수피 표면의 V자형 홈파기 사이에서 잘 접촉되도록 하여 균사가 뻗어 들어가기 쉽게 한다.
- 마. 톱밥 종균을 원목에 접종하는 단면은 손으로 충분히 눌러서 원목과 밀착하도록 하며, 타 이물질이 혼입되지 않도록 한다.
- 바. 톱밥 종균을 접종한 후에는 바로 비닐로 피복하여 광선이 노출되지 않도록 하며, 비닐 피복 위에 소량의 흙을 덮어준다.



그림 7. 소나무 원목의 벌채 및 복령접종

(A: 소나무 벌채, B: 원목 자르기, C: 단목 놓을 골 파기, D: 단목 배치,
E: 종균 접종용 V자 홈파기, F: 종균접종)

2-5-6. 버섯 종균

2-5-6-1. 종균의 종류

버섯재배용 종균은 버섯을 발생할 수 있는 특성을 지닌 2핵 균사를 적당한 배지에서 순수배양 한 것이다. 현재, 가장 광범위하게 사용되어진 종균은 그 주된 배지재료의 종류에 따라 톱밥종균, 성형종균, 액체종균, 종구종균으로 구별된다. 톱밥종균과 성형종균은 배지재료가 같다.

(1) 톱밥종균

나무의 톱밥과 영양원(미강, 밀기울 등)을 일정 비율로 섞은 다음 함수율을 맞추고 종균병에 넣어 살균한다. 냉각 후 종균을 접종하여 배양 후 원목 및 톱밥재배에 등에 종균용으로 사용한다. 톱밥종균은 전통적으로 모든 버섯에서 접종원으로 가장 널리 사용되어 왔다.

(2) 성형종균

약 30일 정도 배양하여 만연된 톱밥종균을 다시 잘게 부순 후 총알모양의 일정한 플라스틱 성형판에 톱밥종균을 부은 후 압착하고 스티로폼 뚜껑으로 막은 후 다시 7~10일간 배양하여 원목접종에 사용한다. 국내에서 성형종균은 표고버섯 원목재배용으로 가장 널리 이용되고 있다.

❶ 버섯류

(3) 액체종균

액체종균은 특정물질의 추출용도와 종균 확보 두 가지 목적으로 시도되었다. 원목재배의 경우 해균 오염 및 활착불안 등 이유로 현재 사용되고 있지 않다. 톱밥재배에서 일부 농가에서 종균으로 사용하고 있다. 국내에서 액체종균이 가장 널리 사용되는 곳은 팽이버섯 재배이다.

(4) 종구(종목)종균

종구종균은 작은 원기둥의 1~2cm 형태로, 1942년 일본에서 개발되어 원목에서 주로 사용되었다. 현재는 종균보관용으로 일부 연구소 등에서 사용되고 있다. 종구는 그 형태에 의해 썬기형, 환봉형, 환형으로 나누어지는데, 현재는 환형이 주류로 되어 있다. 종구에는 주로 활엽수의 너도밤나무, 물참나무, 졸참나무가 이용된다.

이제까지 서술해 온 톱밥종균은 ‘목재부후균’ 재배용 종균이라고 말하지만, 종균에는 이외에 양송이용으로서 퇴비종균(구비, 합성퇴비 등을 배지로 한 것), 곡립종균(밀, 귀리 등의 곡립에 오트밀 등을 더해서 배지로 한 것), 또한 풀버섯용으로서 왕겨종균(침수하여 잘게 자른 왕겨에 오트밀 등을 더해서 배지로 한 것) 등이 있다.



톱밥종균



성형종균



액체종균



종구종균

그림 8. 종균의 종류

2-5-6-2. 종균 선택의 중요성

모든 버섯재배에 있어 종균이 갖는 역할은 극히 크고, 종균의 좋고 나쁨에 의해서 재배의 성패가 결정된다고 해도 과언이 아니다. 종균에 해균, 해충이 혼입되어 있거나 균사활력이 저하되어 자실체 생산능력이 낮아지거나 발아 불량 등 어떤 변이가 있게 된다면 정상적 재배를 할 수 없게 된다.

푸른곰팡이병(*Trichoderma*) 등의 해균(또는 사상균)이 혼입하여 있는 경우, 오염이 되고 거기서 발생하는 무수한 포자가 시설 내에 만연하게 되고, 그 이후 배양물에 장시간 악영향을 주는 존재가 된다. 박테리아(세균)가 혼입된 경우, 최초의 증식에는 잠복상태에서 발견할 수 없지만 다시 한 번 증식할 때 균사주위의 균사생장 정지현상 등이 나타나기도 한다. 세균 중에는 내열성이 강한 것이 많고, 균주의 외관상 눈으로 보이지 않는 상태에서도 맹위를 떨치는 위험을 내포한다는 점에서 사상균과는 다른 영향력을 갖고 있다. 먼지진드기 등 미소한 진드기류가 혼재하고 있는 경우, 배양실은 그것들의 생활에 적합한 환경이며 서식하는 동안 해균 포자를 매개하고, 푸른곰팡이병의 이상발생 등 괴멸적인 해균 피해를 초래하는 경우가 있다.

종균에 균사활력의 저하, 혹은 어떤 유전적 변이가 일어난 경우 버섯재배에 미치는 영향은 크다. 균사활력의 저하는 일반적으로 ‘노화’라고 부르고, 수량과 품질이 미흡하게 되는 것과 밀접한 관계가 있다. 또한 변이에는 버섯의 색, 형상, 형질이 열화되는 것, 생육불량으로 되는 것, 발아불량이 되는 것, 또한 발아하지 않는 것 등이 있다. 그러나 이러한 변이는 환경조건에 의해서도 일어나기 때문에 균사노화의 경우를 포함하여 이에 대한 판정기술이나 대책 기술이 미확립 되었기 때문에 현 단계에는 균사의 노화나 유전적 변이를 확실히 피하는 것은 곤란한 상태이다.

2-5-6-3. 건강한 종균과 불량 종균의 식별

(1) 건강한 종균

종균의 좋고 나쁨을 외관으로 보고 구별하는 것은 충분한 경험이 없이는 그리 쉽지 않은 일이다. 일반적으로 좋은 종균이라 함은 누가 보아도 상태가 좋은 것을 말하는데, 다음과 같은 점을 들 수 있다.

❶ 버섯류

- ① 순수한 버섯 균사로써 버섯 특유의 신선한 냄새와 윤택한 색깔을 지니고 잡균이 없는 것.
- ② 종균이 최고의 활성을 보이는 시기에 배양이 완료된 것.
- ③ 보통 500g 용량의 병에 버섯 원균을 접종한 경우, 24℃ 내외에서 약 2개월간 배양한 것.
- ④ 종균이 등록품종으로써 재배특성이 대체적으로 우수한 것.

(2) 불량종균

불량종균의 외관상 판별은 잡균에 의한 변색을 관찰하는 것이 가장 중요하면서도 쉬운 일이라고 하겠다. 그러나 잡균을 버섯균사가 자라 덮어버리는 경우, 종균의 수분이 과하거나 부족한 경우, 균사가 배양과정에서 고열을 받아 세력이 약화된 경우 등은 외관상의 관찰만으로는 식별하기 어렵다. 다음은 외관적으로 불량종균을 판별할 수 있는 일반적인 방법이다.

- ① 종균병의 상부에서 하부까지 흰색의 균사가 균일하고 조밀하게 만연되어 있지 않은 것. 단, 종균배양과정에서 배양일수가 다소 경과되어 표면이 약간 갈색으로 변한 것도 있는데 이는 정상종균으로 볼 수 있음.
- ② 종균병의 입구부근이나 종균표면에 종균과는 색이 다른 잡균의 포자나 균사가 보이는 것. 특히, 초록색 잡균은 표고 균사를 먹고 사는 푸른 곰팡이류 균일 가능성이 높음.
- ③ 종균병 속의 산소부족으로 균사가 변질되어 갈색 물이 고인 것.
- ④ 종균표면의 균사에 광택이 없는 것으로서, 백색균사가 더럽고 짙은 갈색을 띠고 있는 것은 해균 혼입 또는 생리장애를 받은 종균임.
- ⑤ 종균병 속 톱밥의 갈색이 그대로 있으면 목질 부후력이 약화된 종균임.
- ⑥ 저장기간이 너무 길어 종균표면의 대부분이 갈색으로 변하고 마른 것.
- ⑦ 종균병의 뚜껑을 열었을 때 종균특유의 싱싱한 냄새가 나지 않는 것. 특히, 산패(酸敗) 냄새를 발산하면 잡균에 오염된 종균임.

2-5-6-4. 종균 선택할 때 주의사항

재배를 처음 시작하는 경우에는 종균생산자의 설명을 잘 들을 뿐만 아니라, 그 종균을 사용하고 있는 재배자를 방문하여 종균 사용 상황을 눈으로 직접 보고 확인하는 것도 매우 중요하다.

봄철 버섯 종균 접종 적정시기에 종균을 구입하면 즉시 접종하여야 잡균 오염을 방지하고 균사의 활력을 높일 수 있다. 부득이 보관을 할 경우, 10℃ 이하의 냉암소에 통풍이 양호하고 건조하거나 과습하지 않은 습도 60~70% 정도의 장소나 저온창고에 농약이나 비료 등과 분리하여 보관하였다가 사용하여야 한다. 원균을 톱밥에 배양하여 종균을 제조한 후, 버섯 재배자에게 판매하기 전 자체종균검사를 하고 품질검사에 합격된 종균을 공급하게 되어 있다. 따라서 등록된 종균을 허가된 배양소에서 생산하여 판매하는 종균을 사용하는 것이 실패할 염려가 없으며 소득향상에 직결된다고 하겠다. 특히 종균병에서 오염이 관찰되면, 전량을 반품시켜야 한다.

[종균 선택 시 고려사항]

- ① 유전형질이 안정하고 계통 혹은 품종의 특성을 구비하고 있는 것(변이가 없는 것)
- ② 균사활력이 강하고(균사의 노화가 없는 것), 자실체 생산능력이 높은 것
- ③ 미생물학적으로 순수한 것
 - 목적으로 하는 버섯균 이외의 미생물(해균, 해충)의 혼입이 없는 것
 - 목적으로 하는 계통 혹은 품종이외의 계통 혹은 품종(다른 계통, 다른 품종)의 혼입이 없는 것

이러한 조건을 만족시키고 우량한 종균을 제조·판매하기 위해서는 일정 수준 이상의 청정시설이나 미생물취급에 관한 충분한 지식·기술 등이 필요하다.
- ④ 종자업을 등록한 종균배양소에서 구입하여야 함. 종균은 1년 내내 파는 것은 아니고 늦가을부터 이듬해 봄까지 사용적기에만 팔고 있다. 종균 배양소에 따라 취급하는 품종이 다르기 때문에 희망하는 품종의 종균을 빨리 결정하여 종균배양소에 미리 예약 주문해 두는 것이 안전하다.

● 버섯류

[건강한 종균 검사 목록]

점검 항목	검사법	확인
종균병 청결 상태	푸른곰팡이 등 다른 균의 침입으로 인한 오염이 있는가?	○ ×
종균병 마개의 개폐 상태	마개의 안정적으로 닫혀있고, 쉽게 열려 외부 공기에 노출되지 않는가?	○ ×
종균의 성장 상태	하얀 균사체가 성형종균의 톱밥에 균일하게 골고루 활착되었는가?	○ ×
종균의 건조 상태	종균이 장기배양으로 인해 건조되어 딱딱하게 마르진 않았나?	○ ×
종균의 배양 상태	종균병 마개를 열었을 때 버섯 특유의 냄새 이외의 다른 냄새가 나는가?	○ ×



2-5-7. 종균접종 후 관리

- 가. 옆으로 파헤쳐진 흙은 곱게 하여 원목 위에 다시 덮어준다. 이때 덮은 흙의 두께는 원목 최상단부를 기준으로 15~20cm 전후가 되도록 덮고 그 위에는 백색비닐을 덮어서 비가 올 경우 물이 고랑으로 흘러가도록 한다.
- 나. 비닐을 덮으면 잡균이 혼재된 빗물이 직접 스며드는 것을 방지하며 저온기(4월)에 땅 온도를 높여줄 뿐만 아니라 토양 수분 증발을 억제시켜 알맞은 수분을 유지할 수 있다. 땅속 10cm 깊이의 지온이 30℃ 이상 될 때는 비닐을 벗겨 고온 피해를 막아준다.
- 다. 접종을 6~9월경에 실시한 경우에는 수분 증발과 온도 유지를 위하여 차광막을 설치해 주면 균사 활착에 도움이 된다.

종균 접종 후 초기 1개월 이내에는 흙 속에 찬물이나 이물질이 들어가지 않아야 하며 1개월 후에는 매몰된 소나무 원목에 균사가 활착되므로 물에 젖어도 고이지만 않으면 큰 지장이 없다.

여름 고온기에는 지온이 상승하기 때문에 6~9월경에는 차광막, 벚짚이나 낙엽 등을 덮어준다. 흙 온도를 25~30℃로 유지해주고 한발이 심할 때는 관수를 하여 토양 수분함량이 50~60%가 되게 관리하고 장마기에는 물이 고이지 않도록 배수로를 철저히 정비해야 한다.

복령 종균 활착과 균핵 형성의 병해충 피해에 대한 보고는 알려지지 않았다. 그러나 소나무 재선충병 또는 솔잎뿌리혹파리 피해 방제를 위해 농약을 사용한 소나무에 종균을 접종할 경우 균핵에도 관련 농약이 잔류할 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 접종목을 선택할 때 병해충 피해목 또는 방제목을 선별하여 사용할 것을 권장한다. 더불어 복령 종균 접종 후 토양 관리를 위한 농약 또는 병해충 방제 관련 농약의 사용도 지양해야 한다. 현재 복령의 병해충 방제를 위한 농약 정보는 등록되어 있지 않다. 향후 농약의 등록여부는 농약 안전정보시스템(<http://psis.rda.go.kr>) 또는 농사로(<http://nongsaro.go.kr>)에서 확인이 가능하다.

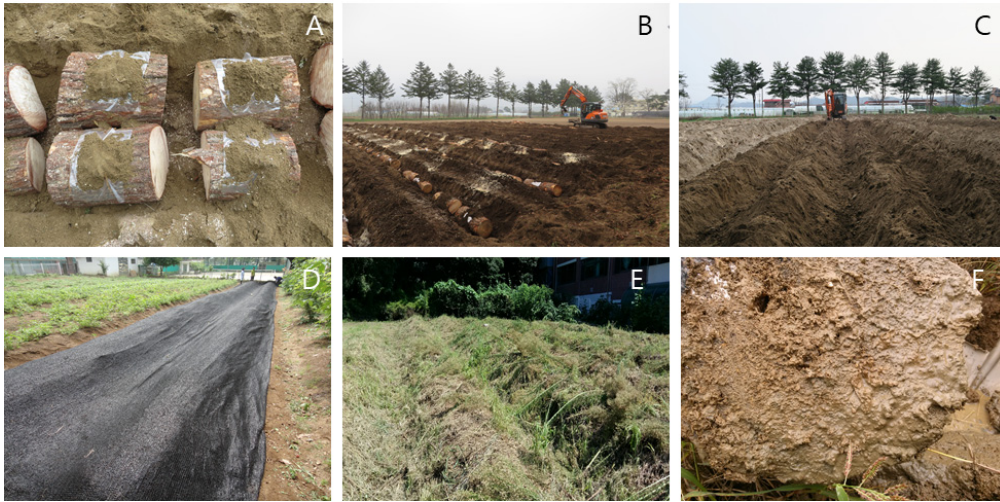


그림 9. 복령 종균접종 후 관리 사항

(A: 종균접종 후 비닐 덮고 흙 덮기, B: 종균접종 후 재배지 전경, C: 흙 덮기, D: 비음망 덮기, E: 제초 작업, F: 배수불량 재배지)

3. 복령 재배지 관리 및 수확

3-1. 재배지 관리

종균 접종 후 1~2개월이 가장 중요한 시기로, 이 기간에는 외부의 찬물이나 불순물이 들어가지 않도록 한다. 특히 경사지에 식재한 복령의 경우 배수가 좋으나 평탄지 식재 복령은 배수에 문제가 발생할 수 있으므로 관리를 적기에 잘 해주어야 한다. 빗물이 스며들면 토양공기가 부족하게 되고 과습하여 종균이 썩어버리게 된다. 또한, 너무 건조하면 균사가 사멸되기 때문에 토양 함유량을 50~60% 정도로 유지하는 것이 중요하다.

토양온도는 25~30℃가 가장 적당하며 이보다 상승하면 고온 피해를 받게 된다. 이와 같이 토양환경을 알맞게 조절하여 유지하기 위하여 저온기에는 표면에 비닐을 덮어주고, 고온기에는 차광막, 볏짚 또는 낙엽 등으로 피복하여 급격한 온습도의 변화를 방지해야 한다. 또한, 한발 시에는 토양의 건조와 폭우에 의한 토양의 유실 등을 방지해야 한다. 장마 또는 홍수에 대비하여 두둑의 양편에는 배수로를 만들어서 과습을 예방하여야 한다.

접종 후 2~4개월이 지나면 원목의 변재부와 심재부 사이에 균사가 활착되며 4개월이 경과하면 복령이 맺혀지기 시작하므로 토양 표면이 갈라지기 시작한다. 이때 덮어주었던 피복 재료를 임시로 걷어내고 갈라진 틈을 중심

으로 3~5cm 두께로 흙을 보충하여 덮어주면 고품질의 복령을 생산될 수 있다. 그러나 땅 표면이 갈라진 것을 오래 방치하면 복령의 균핵 표면이 갈라져 이물질이 혼입되어 품질이 나빠진다.

3-2. 재배지 관리 유의사항

복령을 노지에 접종하고 접종지역에 잡초, 관목이 자라게 되면 제거한다. 잡초가 무성하게 되면 토양 수분함량이 높아져서 수목 부패 현상이 발생하고 직사광선이 비추면 토양 건조 현상이 발생하여 균사 생장을 저해한다. 따라서 다음과 같은 사항에 유의하여 재배지를 관리한다.

- 가. 잡초 제거 시 제초제 사용을 피하여야 한다. 제초제는 잡초의 제거에 유리하나 복령 균사에 지장에 초래하여 균핵 형성을 저해하는 중요한 요인 중 하나이다.
- 나. 복령 재배 방법에 있어 접종 골목과 골목 사이의 이랑에 농작물을 식재하는 경우가 있다. 이는 유희토지를 활용할 수 있으나 토양 표면에 그늘을 형성함으로써 인하여 토양 적정온도에 영향을 끼쳐 복령 생산이 저하된다.
- 다. 복령 재배 후 연작을 하는 경우 재배지에 기존에 재배했던 원목을 완전히 제거한 후 생석회 등을 살포하여 토양 살충 처리 후 식재하도록 한다.
- 라. 기존의 농작물 재배지에 식재할 경우 농사용 비닐, 농작물 잔해(옥수수대 등)를 철저히 제거하도록 한다.

3-3. 형성 및 수확

복령을 원목에 접종한 후 2개월이 경과하면 재배지 모니터링을 실시한다. 전체 식재지의 3곳 정도를 선정하여 월별로 확인하도록 한다. 모니터링은 접종 부위에 균의 활착 여부, 균사 생장 및 복령 균핵 형성을 위한 피막이 제대로 이루어졌는지를 살펴보아야 한다.

원목에 종균을 접종한 후 8개월에서 1년 정도 지나게 되면 균핵이 형성되어 복령을 일부 수확할 수 있을 정도로 성장한다. 수확 시 복령 껍질(복령피)이 황백색을 띠는 때는 한창 성장 중인 상태이고 황갈색을 띠면 완전히 성숙한 것이고 검은색을 띠면 노숙되었다는 것을 의미한다. 재배한 복령은 입추 후에 수확하는 것이 좋다.

● 버섯류

수확할 때 물이 복령의 조직 속으로 침투되면 마른 후 조직이 검게 되어 품질이 불량하게 되므로 맑은 날을 택하여 수확하는 것이 좋다. 그러나 적기에 복령을 수확하지 못하면 앞에서 언급한 바와 같이 검은색을 띠거나 부패 현상이 발생하여 복령으로서의 상품 가치를 상실하게 된다.

복령균을 한번 식재한 원목에서는 2년간 수확할 수 있으며, 원목당 5kg 정도 수확할 수 있지만, 원목의 크기와 재배기술에 따라 차이가 있다. 60cm 원목을 기준으로 할 때 6~8개/m²의 원목 입식이 가능하다. 일반적으로 수확 시 복령의 생체 중에는 수분이 45~55% 정도가 되며, 이를 건조하면 무게는 대략 반으로 줄어들기 때문에 수확한 복령은 무게를 측정하여 보관하도록 한다.

수확한 복령은 껍질에 묻은 흙을 털어내고 직사광선을 피해 표면의 물기가 증발될 때까지 3~4일간 음건한 다음, 칼 등을 이용하여 껍질을 제거하고 절편하여 건조한다. 또는 수확한 복령은 양지에서 2일간 건조한 다음, 4시간 정도 물에 담갔다가 바로 세척 후 복령피를 벗기는 것이 효율적이다. 껍질을 벗긴 복령은 용도에 맞는 크기로 절단한 후 자연 건조도 가능하지만, 열풍 건조기 또는 건기식 화력건조기를 사용하여 대량으로 일시에 건조하는 것이 유리하다. 한번 건조한 것은 단단하여 절단하기 어렵다. 열풍 건조 또는 화력 건조 시에는 복령 피를 제거하는데 어려움이 있으므로 복령 수확 시 수확한 복령을 0℃ 이하의 저온냉장고에 보관하였다가 가공 시 해동시켜 껍질을 제거하는 것이 좋다.

복령을 수확하여 껍질을 제거한 후 균핵을 상품화하기 위해서는 절편을 내어서 보관하는 것이 좋다. 즉 절편 후 열풍건조를 통하여 거래처가 원하는 상품용 상자에 담아 저온저장고, 일반 상온 보관실에 보관하여도 복령의 상품의 품질에는 지장이 없다.

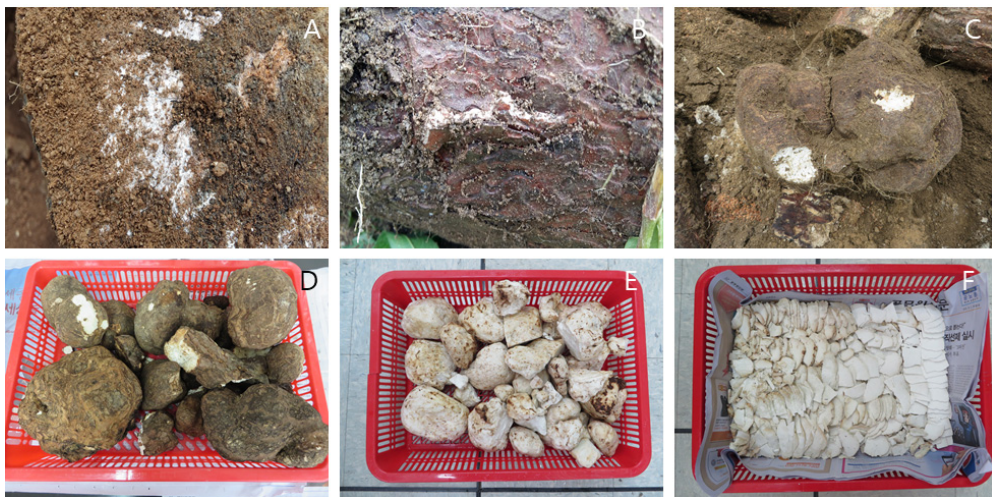


그림 10. 복령 균의 모니터링과 복령 수확

(A: 소나무 복령 균 생장(1개월), B: 단목에 복령이 생기기 시작하는 결령, C: 복령 수확, D: 표면 세척, E: 껍질 제거, F: 복령 절편)

참고문헌

- 박정식, 정종천, 장갑열, 홍인표, 지상덕, 장현휴, 이두원. 2003. 약용버섯 재배. 농촌진흥청. 표준영농교본-61(개정판). 삼미기획.
- 손형락, 장현유. 2020. 제23장 복령. 버섯학. 교학사.
- 홍인표, 이민웅. 1990. 복령(*Poria cocos*)의 배양학적 특성에 관한 연구. 한국균학회지 18: 42-49.
- Kwon GJ, Yang BS, Park CW, Bandi R, Lee EA, Park JS, Han SY, Kim NH, and Lee SH. 2020. Treatment effects of choline chloride-based deep eutectic solvent on the chemical composition of red pine (*Pinus densiflora*). *BioResources* 15: 6457-6470.
- Wang YZ, Zhang J, Zhao YL, Shen T, Li JQ, Li WY, Liu HG. 2013. Mycology, cultivation, traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Wolfiporia cocos* (schwein.) Ryvarden et Gilb.: A review. *J. Ethnopharmacology* 147: 265-276.