

농업분야와 클린 테크놀로지

한국공기청정연구조합
(자료실제공)

1. 머리말

오늘날 농업분야에서는 바이오테크놀로지(생명공학)의 진보적인 발전에 의해 기후의 존형의 농업에서, 전천후 농업으로 큰 변화가 시작되고 있다.

그리고 농업의 이노베이션(기술혁신)의 중심기술로서 바이오 테크놀로지와 거기에 따른 클린 테크놀로지가 주목을 받고 있다.

그것은 생물의 생산을 고려하는 식물공장 차원에서 고려하는 「버섯류의 연속생산 시스템」 또는 「무균종묘의 생산 시스템」 「가축의 번식 시스템」 등 관료시설에서의 클린 영역과 클린룸의 적극적인 도입이다.

예를들면, 농업분야에서 클린 테크놀로지를 필요로 하는 바이오 테크놀로지의 응용 기술을 보면, 생체이용에 의한 1) 미생물 이용기술 2) 효소이용기술 3) 유전자조작(유전자조작, 세포융합, 핵이식, 염색체조작 등) 4) 대량배양기술(세포배양, 조직배양, 약(藥)배양, 배(胚)배양) 5) 생체모방에 의한 시스템 기술(인공효소, 기능성고분자 등)을 활용한 새로운 생물 생산기술의 분야이다.

이것들은 농업분야에서는 일반적으로 클린룸, 바이오 클린룸이 이용되고 있다. 그런데, 「미크로 단위의 분진, 미립자, 미생물을 일정의 수치이하로 억제하고 온도, 습도, 기

류, 기압도 동시에 제어관리한 룸」을 일반적으로 클린룸이라고 말하고 있지만, 이하 최근의 바이오테크놀로지 기술의 응용에 의한 농업분야의 바이오 클린룸의 방식에 대해서 기술하기로 한다.

2. 무진, 무균시스템과 규격

일반적으로 대기중에는 눈에 보이지 않는 미립자로부터 육안으로 볼 수 있는 실보푸라기까지 0.001~1.000미크론(μm) 크기의 먼지류가 무수히 부유하고 있다. 누가 생각해도 청정하다고 생각하는 태평양상의 공기 1입방피트(ft^3)에서조차 0.5미크론(μm) 이상의 먼지가 7만개 가까이 있다고 한다.

대도시에서는 지하도에서 1,000만개 가까이나 검출된다고 할 정도로 먼지가 부유하

고 있다.

최근, 바이오 테크놀로지의 가속적인 진보는 연구, 개발로부터 생물생산에 이르기까지 폭넓게 초청정환경을 필요로 하고 있다.

이러한 분야에서의 신뢰성을 확보하기 위해서는

(1) 룸전체를 청정화한다...클린룸

(2) 무진, 무균화한다...바이오 클린룸 등이 실제로 사용되고 있다. 그리고 일반적으로 0.5미크론(μm) 단위의 분진이나 잡균을 중심으로 연구되고 있다.

최근에는 0.3미크론(μm) 또는 0.1미크론(μm) 단위의 분진이나 잡균을 대상으로 한 수퍼클린룸이 전자산업 등에서 실용화되고 있지만, 농업분야의 클린룸, 바이오클린룸은 과거의 경험에 의하면 그정도까지의 청정도

표 1. 미항공우주국 규격 NHB5340.2

클라스 영국제 (미터제)	0.5 μ 이상 입자의 최대수 (개/ ft^3) (개/ ℓ)	5 μ 이상 입자의 최대수 (개/ ft^3) (개/ ℓ)	생물입자의 최대수(개/ ft^3) (개/ ℓ)	1주간의 낙하생물 입자의 평균(최대) (개/ ft^3) (개/ ℓ)
100 (3.5)	100 (3.5)		0.1 (0.0035)	1,200 (12,900)
10,000 (350)	10,000 (350)	65 (2.3)	0.5 (0.0176)	6,000 (64,600)
100,000 (3,500)	100,000 (3,500)	700 (2.5)	2.5 (0.0884)	30,000 (323,000)

를 높일 필요는 없다고 생각한다.

그래서 현재 일반적으로 미국 항공우주국 규격 NHB5340.2(표1)에 준해서 설계, 시공되고 있다.

소위, 공기 1입방피트(ft³) 중에 0.5 μ m 단위의 분진이나 잡균 입자수의 허용한도를 가지고 룸의 청정도를 정하는 방식이다. 대표적인 클래스는 100, 1,000, 10,000, 100,000 등이다.

3. 기류에 의한 클린룸의 분류

일반적으로 클린룸을 기류방향에 따라서 분류하면, 다음의 3가지 방식으로 나눌 수 있다.

- 1) 수평기류방식(Cross Flow Type)
- 2) 난류방식(Conventional Type)
- 3) 수직기류방식(Down Flow Type)

이러한 특징에 대해서 기술하면, 다음과 같다.

1) 수평기류 방식

- (1) 청정도가 클래스 100~10,000이 비교적 용이하게 가능하다.
- (2) 기류의 수평도달거리가 길 경우는 부적당하다.
- (3) 관리는 보통이다.
- (4) 구조는 일반적으로 벽면의 한쪽면에 HEPA(High Efficiency Parti-

culate Air) 필터를 설치하고 측면부 전면취출방식의 수평층류형식이다.

2) 난류방식

- (1) 청정도가 클래스 1,000정도까지 가능하다. 일반적으로는 10,000~100,000이 보통이다.
- (2) 가장 일반적이며 값으로 할 수 있다.
- (3) 비교적 사용하기 쉽다.
- (4) 관리는 보통이다.
- (5) 구조는 일반적으로 국부취출방식의 난류형식이다.

3) 수직기류방식

- (1) 청정도가 클래스 10~100정도의 경우에 이용되고 있다.
- (2) 효과가 완전하다.
- (3) 설치비가 고가이다.
- (4) 천정이나 바닥에 닥트를 필요로 하기 때문에 건물에 따라 제한이 있다.
- (5) 관리는 비교적 용이하다.
- (6) 구조는 천정부 전면취출방식의 수직층류형식이다.

또, 최근 터널을 클린화한 클린터널타입 방식이 있지만, 이것도 기본적으로는 다운후로아타입의 천정걸이형의 부분층류방식이다. 클래스는 1~10정도까지 채용되고 있

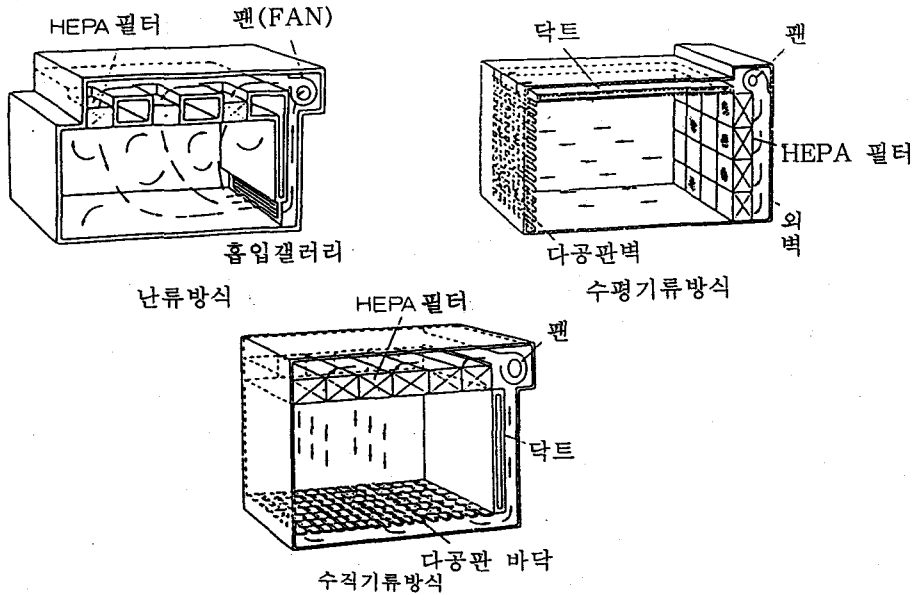


그림 1. 기류에 의한 클린룸의 분류

다.

각 타입의 구조는 그림1을 참고로 한다.

그림2는 바이오용에 개발되고 있는 유니트형 바이오클린룸이다.

식물육성 또는 수정란의 검색, 마이크로 매뉴피레이터에 의한 수정란의 분할 등 생물생산 현장이나 실험, 검사, 연구실 등의 무진, 무균화를 필요로 하는 분야에 사용되고 있다.

일반적으로 규모는 1~10평 정도이고 클라스 1,000~100,000이 가능하다.

4. 농업분야에 있어서 청정도의 방식

바이오 테크놀로지를 응용한 농업분야의 클린테크놀로지에 대한 문헌은 별로 찾아볼

수 없다.

그러나 최근에는 1) 식물개량이나 증식 관련시설 2) 가축개량과 증식관련시설에 바이오클린룸 등이 도입되고 있다. 그래서 실제로 시공한 이러한 생물 생산분야에 있어서 클린룸의 청정도에 대해 표 2에 나타났다.

단, 이것은 어디까지나 목표이고, 관리가 나쁘면 이 표의 수치가 유지될 수 없다. 따라서 충분한 주의와 배려가 필요하다.

식물이나 가축을 불문하고 생물생산에 있어서, 클린룸의 관리상 유의해야할 점은 다음과 같다.

- 1) 외부로부터 클린룸내에 분진이나 잡균이 들어오지 못하도록 할 것.
- 2) 클린룸내에서 분진이나 잡균의 발생

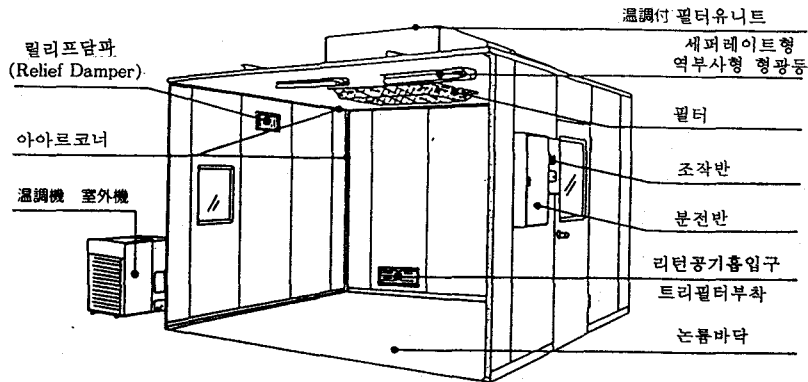


그림 2. 습도조절부착 유닛형 바이오클린룸

표 2. 생물생산분야에 있어서 클린룸 청정도

분 야	용도	청정도	클 라 스			
			100	1,000	10,000	100,000
농	버섯 중간생산의 접종실					
	버섯 중간생산의 배양실					
	버섯 중간생산플랜트 접종실					
	버섯 중간생산플랜트 배양실					
수	버섯중간실험 연구실					
	동, 식물의 유전자조작실	□				
산	동, 식물의 세포융합실	□				
	동, 식물의 조직배양실					
연	생선, 누에의 양식실험실					
	해충 실험실					
연	수정란검색, 분할실					
	무균묘의 생산플랜트 무균작실					
	무균묘의 생산플랜트 배양실					

*시설계획의 척도이다. 따라서 정도(精度)를 필요로 할 경우 표의 클래스 이하로하는 것이 바람직하다

*메리크논의 경우 실내는 클래스 10,000이고, 작업을 할 부분은 클래스 100정도가 바람직 하다.

을 철저히 방지할 것

- 3) 클린룸내의 청소에 항상 주의하고 분진이나 잡균이 쌓이지 않도록 할 것
- 4) 클린룸내에 부유하는 분진이나 잡균류를 신속히 제거할 것
- 5) 정기적으로 청정도의 측정을 해서 기능유지를 할 것

또 과거 실례를 교훈으로서 말할 수 있는 것은, 연구시설의 경우는 특정의 연구자가 출입하기 때문에 그다지 문제는 없지만, 대량으로 생산하는 시설의 경우는 불특정 다수가 출입하기 때문에 관리가 소홀해지기 쉬우므로 충분한 주의가 필요하다.

다음에 참고를 위해서 바이오 테크놀로지의 응용에 의한 무균종묘의 대량생산 플랜트에서의 생산공정과 룸구분은 그림3에 나타낸대로이며, 이 공정에서는 작업실과 배양실에 바이오 클린룸이 채용되고 있다.

순화(馴化), 육성실 부분에서 비루스 검정을 할 필요가 있을 경우는 물론, 바이오 클린룸이라든가 무균실험대 혹은 안전캐비닛을 사용하는 것이 바람직하다. 순화, 육성실에 있어서 무균종묘의 순화를 위한 운전모드는 그림4와 같이하고, 자연계에서 생존가능하게 되도록 환경을 변화해서 육성하고 있다.

이러한 생산 플랜트의 환경조건은 표3에 나타낸대로이다.

5. 무균종묘의 생산시설의 실례와 청정공간

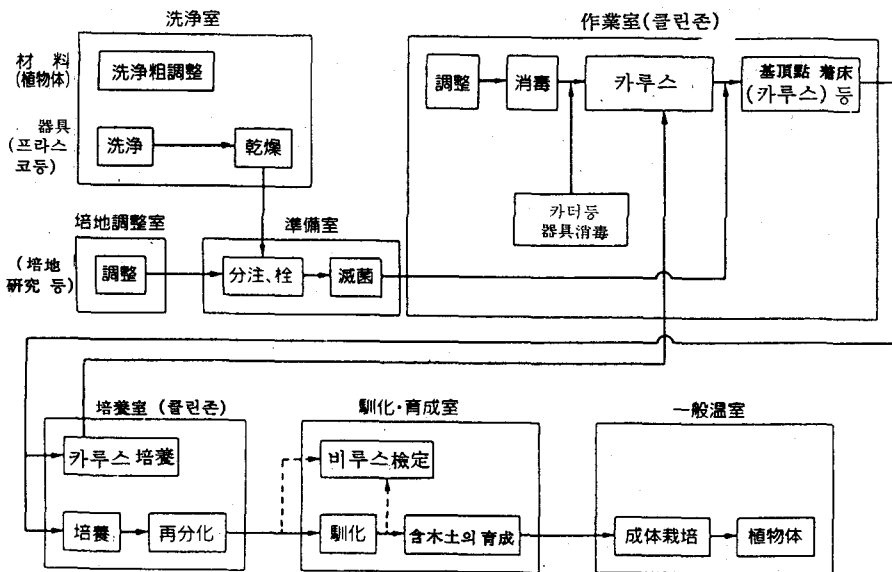


그림 3. 배양공정과 룸구분

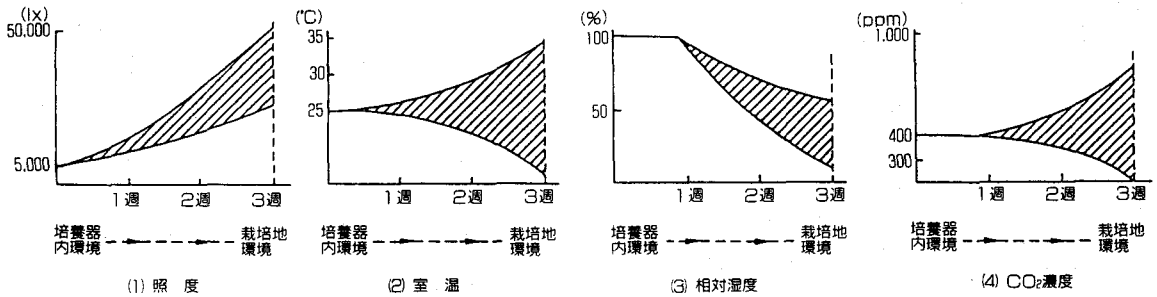


그림 4. 순화·육성실에 있어서 환경제어(순화운전모드)

표 3. 각 실내의 환경조건

실명	온도	습도	청정도	조도	탄산가스농도
사무실	일반공조	성행		일반조명	
청정실	"	"		"	
준비실	"	"		"	
배지조정실	"	"		"	
작업실	"	60%	10,000	"	
배양실	20~25±2℃	60%	100,000	2,000~3,000lx	
순화육성실	0~35℃	40~90%		5,000~50,000lx	200~800ppm

6. 가축의 개량, 증식시설의 실례와 청정공간

각지에 우량소나, 우량 돼지의 개량이나, 증식을 위한 연구시설이나 번식센타가 계획되어 시공되고 있기 때문에 참고로 축산시험장 등의 수정란 처리실 방식에 대하여 기술한다.

수정란 처리실, 정액 처리실은 모두 항온 바이오클린룸으로 할 필요가 있고, 미국 항공우주국 규격의 NHB5340.2에 준해서 클라스10,000정도로 한다. 물론, 이 이하의 정

도로 하는 것이 더 바람직하다는 것은 두말할 나위도 없다.

습도는 25℃±1℃의 정도가 필요하다. 그림5에 평면도의 개략을 나타낸다.

또 축산의 경우 가축의 번식을 위한 응용기술로서는 1) 인공수정 2) 수정란이식 3) 체외수정 4) 핵이식 등의 기술이 있고 개량에로의 응용기술로서 1) SPF동물(Specific Pathogen Free Animal) 2) TG 동물(Transfer Genetic Animal) 3) 위수정 4) CC동물(Chimera Cloning Animal) 등의 기

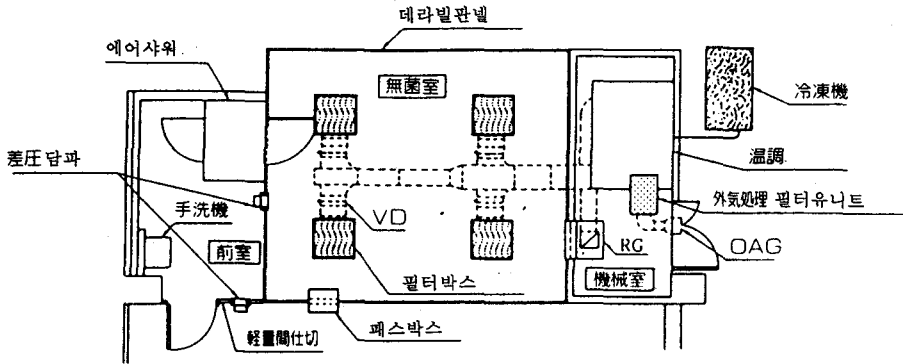


그림 5. 수정란 처리실, 무균실 평면도

술이 있고, 각각의 환경조건이 달라서 한파 디로 논할 수는 없다.

따라서 충분히 검토해서 환경제어 시스템을 종합하는 것이 필요하다.

7. 맺음말

이상, 여러가지 농업분야와 클린테크놀로 지에 대하여 기술해 왔지만, 앞으로 농업분 야에 있어서 바이오 테크놀로지(생명공학) 기술의 발전에는 무한한 가능성이 있고, 그 성과 여부는 환경의 클린화기술, 제어기술 을 무시하고는 생각할 수 없다.

따라서 이러한 바이오 테크놀로지 분야에 있어서, 바이오 클린화기술은 종래의 단순한 무진, 무균화 기술이 아닌 다루는 식물, 또 는 동물 등의 생리현상을 바탕으로 보다 고도로 복잡한 환경의 클린화기술이 요구된 다.

그리고 이러한 농업분야의 관련시설의 설

계, 시공에 있어서 가장 중요한 것은 「생물 생산」이고 「육성」 또는 「개량」이기 때문에 기계의 트러블에 대한 back-up시스템이 반드시 필요하다.

전원에 대해서는 비상용전원 시스템 또는 2회로전원 시스템 등의 배려도 필요하다.

설비기기에는 예비배치에 따른 대처를 하 는 것이 바람직하다. 연구기관 등에 있어서 시설의 경우는 한순간의 트러블로 수년간의 실험이나 연구성과가 원점으로 되돌아가 버 리는 사태를 야기시킬 수도 있다.

따라서 농업분야의 기본은 「생물」을 취급 하는 것이므로 충분한 배려를 해주는 것이 가장 중요하다.

지면사정상 상세히 기술할 수 없었던 점 을 다음 기회로 미루고, 앞으로 농업분야로 나아가는 클린테크놀로지 시설을 생각할 때, 다소나마 참고가 되었으면 한다.