

광에 의한 종자의 발아특성 발현과 그 분화 및 형성에 관하여

최 관 삼
(충남대학교 농과대학 농생물학과)

Initiation of Germination Characters of Plant Seed by Light Quality

Choi, Kwan-Sam
(Dept. of Agric. Biology, Chungnam National University, Taejeon)

Abstract

Germination characters of the lettuce seed that received photoperiodic pretreatments of low or high temperature from the flowering to harvest. MSU-15 seed, one of the lettuce cultivars used, having high dark germination, was modified to low dark germination by the long-day treatments during the seed formation. Light-requiring MSU-16 seed was modified to the dark-germination seed by high temperature given at the seed formation period.

Above results suggest that the environmental conditions given to an immature seed adhered to a mother plant bring about some modification to its native germination habit.

I confirmed that the spectral quality of light could influence the phytochrome system which controlled germination characters of the progeny of lettuce seed ; plants grown in light rich in far-red energies produced light-requiring seed, but those grown in high deficient in far-red energies produced dark germination seed.

서 론

식물의 생활환(Life cycle)은 종자속에 새겨진 유전정보가 정확하게 다음 세대로 전달됨에 따라 성립되며, 나아가 모든 식물의 생존과 분산은 종자의 형태적, 생리 생태적 특성에 따른 종 고유의 유전적 형질인 발아양식을 발전시킴으로써 유지되어 왔다고 해도 과언이 아닐 것이다.

일반적으로 발아 하기전의 건조 종자는 매우 적은 수분함량과 느린 대사계를 유지 함으로써 오랜기간 생존을 유지 할 수 있으며, 주변의 여러가지 환경 Stress에 대하여도 내성을 가질 수 있는 특수한 조직의 발달과 생리적기능(휴면)을 갖고 있다. 이러한 특성은 종자가 양친과는 상이한 유전자를 집적하여 종의변이를 증대시켜 나아가는 생물 본래의 속성인 연속성과 다양성의 책임을 감당 해 내기위한 필수적인 적응 결과라고 생각되어 진다. 따라서 종자의 휴면및 발아의 특성은 종(Species), 및 품종(Varieties) 간에 있어서 유전적으로 뚜렷한 차이가 인정되고 있다.

실제로 동일 품종이라 할찌라도 그 식물의 지리적분포및 생육시 환경조건에 따라 종자의 형태적특징은 물론 발아및 휴면특성 까지도 크게 달라진다는 것이 알려지고 있으며, 이것은 일반적으로 생물이 환경조건에 대응하여 자신의 형태적 특징및 생리적 기능의 형질 발현을 여러가지로 다르게 표현할수 있는 능력, 즉 환경가소성 (Environmental plasticity) 을 갖고 있기 때문인 것으로 이해 된다. 최, 다카하시(1982)등 에 의하면 이들 환경가소성이 보여주는 형질발현의 다양성도 결국은 종 고유의 유전적 요인에 의하여 어떤 일정한 범위(Norm) 와 패턴(Pattern)을 갖고 있는것으로 알려 지고 있다.

최근, 종자의 발아특성에 관한 변동양식을 식물의 생장 및 발육과정에 있어서의 환경에 대한 반응 특이성으로 엄밀하게 해석해 보려는 실험들이 시도되었다. 그러나 이런 연구는 여러가지 환경요인이 수시로 변화하는 자연환경하에서는 도저히 불가능한 실험이기 때문에 근년에 들어와 인공기상환경조절장치(Phytotron)가 개발됨으로 인해 가능하게 되었다.

본 총설에서는 광에 대하여 상이한 발아특성을 나타내는 광발아특성 및 암발아특성을 갖는 종자들이 종자형성기의 환경조건에 대응하여 어떻게 그들의 발아특성을 분화 형성시켜나아가는가를 Phytotron을 이용하여 해석한 실험들을 중심으로 소개하고자 한다.

한편, 이들 종자 발아를 제어하는 것으로 알려진 종자 피토크롬계(Seed phytochrome system)의 변동양식도 함께 고찰하고자 하였다.

본 론

1. 종자의 광발아특성과 피토크롬계의 작용

식물의 종자는 발아시에 광에 대하여 감수성을 나타내는 광감수성종자 (Photosensitive seeds)와 불감수성을 나타내는 종자 (Photo-insensitive seeds)등으로 크게 나뉘며, 감수성 종자는 다시 광에 의하여 발아가 촉진되는 광발아성 종자(Positive photo blastic seed)와 억제되는 암발아성 종자(Negative photoblastic seed)로 나뉘어 오래전 부터 연구의 대상이 되어 왔다. 이들 종자에 대한 광의 작용에 관한 최초의 보고는 Caspary(1860)가 최초이며, 그는 대구돌나물(*Tillaea aquatica* L)과 벌레잡이 제비꽃(*Pinquicula vulgaris*)의 종자가 광에 의하여 발아가 촉진되었다는 것을

기록했으며 그후 Stabler (1881)는 왕포아풀(*Poa pratensis* L.)의 종자가 발아시 광을 요구하였다고 기록했다.

그 후 Kinzel (1930)은 독일에서 야생하는 964종의 식물종자중 672종이 광에 의하여 발아가 촉진 되었다고 보고 하였다.

이들 종자의 광발아특성에 관한 연구는 1935년에 이르러 새로운 전기를 맞이하게 되었다. 즉 L.H.Flint 와 E.D.McAlister는 광발아의 양상치 종자를 미리 약한 백색광하에 놓아두어 약 50% 정도까지 발아할수 있는 상태를 만든후, 여기에 다시 적색광 (Red)을 더해주면 거의 100% 의 발아가 일어나며, 근적외광(FR)을 쬐어주면 발아가 완전히 억제 된다는 사실을 보고 하였다. 이러한 사실은 종자의 발아를 제어하는 광은 광량(Light intensity)이 아니라 광질(Light quality)이 직접 더욱 중요하게 작용 한다는 것을 강하게 시사하였다. 한편, 미국 Beltsville 에 있는 농업기술연구소에서 광주기성(Photoperiodism) 을 연구하던 Borthwicks 와 Hendricks (1948) 는 대두 Biloxi품종을 위시해 여러가지 품종의 장 단일성식물의 개화반응을 억제하는 효과를 나타내는 "광중단효과(Light break effects)"의 작용스펙트럼(Action spectrum)을 측정하여 본 결과 Flint등이 발견한 양상치 종자의 발아에 미치는 작용스펙트럼과 거의 일치하는 것을 발견하였다. 그들은 1952년 양상치 품종 Grand Rapid를 사용하여 Flint등의 실험을 추시함으로써 이들 종자가 660nm의 peak를 갖는 적색광부근의 파장에의하여 최대의 발아촉진효과를 나타내며 720nm의 근적외광부근의 파장에 의하여 가장 강한 억제효과를 갖는다는 사실을 재 확인 하였다. 그후 이들은 적색광에 의한 발아촉진 효과는 뒤이어 주어진 단시간의 근적외광에 의하여 말소 된다는 중요한 사실을 발견하였다. 즉 적색광과 근적외광에 의한 광가역적 반응(Photoreversible reaction) 은 몇번 이라도 반복 가능하며, 이 반응은 단일 색소체에 의한 상호변환기작에 의하여 일어난다고 생각하였다. 그후 이러한 적색 근적색광 가역적반응 (Red/Farred photoreversible Reaction) 은 종자의 발아 뿐만이 아니라,

화아의 형성, 개화, 성의 발현, 지하기관의 형성, 포자의 발아등 식물의 형태형성 기작에 필수적으로 관여한다는 사실이 밝혀져, 이들이 관여하는 형태형성과정을 광형태형성(Photomorphogenesis) 이라 하였다. 식물의 형태형성에 관여하는 광은 광에너지를 이용하는 광합성반응과는 달리, 자극적 신호(Signal) 로서만 작용하여 그 광량은 극히 적은 량으로도 충분 하다는 것이 알려졌다. 1959년에 이르러 이 색소 단백질은 Butler 등에 의하여 순수추출되었으며 Borthwick등에 의하여 피토크롬(Phytochrome)이라 이름지어졌다.

피토크롬은 광가역적으로 전환하는 두 종류의 흡수형 즉, 적색흡수형(Pr) 과 근적외광 흡수형(Pfr)의 형이 있으며, Pr은 660nm에서 Pfr은 730nm에서 최대흡수 peak 를 갖는 것으로서 Pr Pfr 광가역반응을 일으킨다(Fig 1A 참조).

현재 피토크롬은 거의 모든 식물의 생체내 모든 조직에 존재하며 그 대부분은 세포질내에 있으며 약 10% 이하의 피토크롬이 막에 결합되어 있는 것으로 알려지고 있다. 이들 모든 피토크롬은 가시광(Visible light) 하에서는 Pr Pfr 반응과 Pfr Pr의 반응이 동시에 순환적으로 진행되어 Pr 형과 Pfr 형의 일정한비율의 혼합형 피토크롬이 생성 유지 된다. 이때의 상태를 가시광하에서의 광평형상태(Photoequilibrium or photostationary state) 라고 부른다. 여기에서 중요한 것은 이 광평형상태에 있어서의 Pr 형과 Pfr 형 과의 양적비율은 쪼여준 광의 파장에 따라 달라진 다는 점이다.

Pr의 최대흡수광인 적색광(660nm 부근) 만 을 쪼여주면 $Pfr > Pr$ 이 되며, 반대로 710nm 이상의 근적외광만을 쪼여준 경우에는 $Pfr < Pr$ 이 된다. 이때 710nm 이상의 근적외광파장하에서는 Pr의 흡수가 전혀 일어나지 않기 때문에 거의 100% 에 가까운 Pr형 피토크롬을 만들수 있지만, 아무리 순수한 적색광이라 할지라도 Pfr 에 의한 약간의 흡수가 일어나기때문에 Pfr 함량은 86% 정도밖에 만들수 없게 된다.

따라서, 일정하게 주어진 광 파장에 따른 두가지 피토크롬형의 흡수비율에 따라

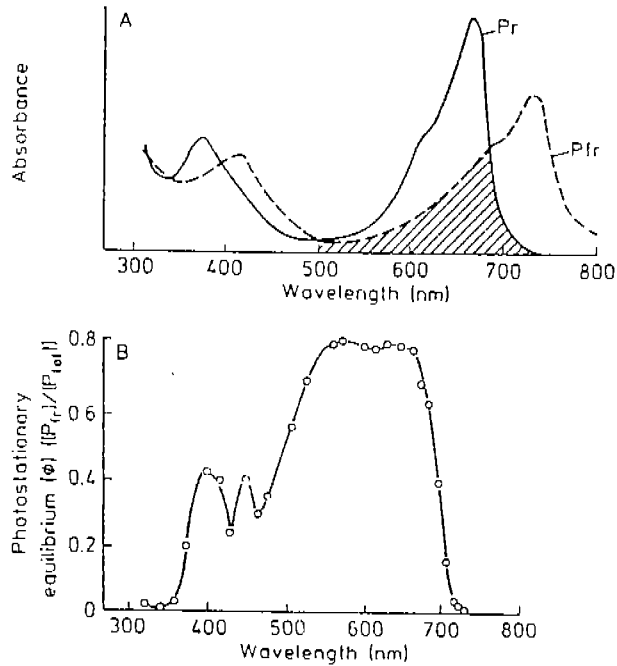


Fig. 1. A, B. Absorption spectra and photostationary equilibria of phytochrome. Photostationary equilibria were measured in hypocotyls of dark-grown *Sinapis alba* seedlings. After Hanke *et al.*, 1969 [78] (A) and Hartmann, 1966 [79] (B).

식물체내에서 생성되는 Pr:Pfr의 비율은 달라지게 되며, 이를 Hartmann (1966) 과 Hillman (1965) 이 실험적으로 실측하여 Fig 2 와 같이 정리 하였다. 따라서 특별히 피토크롬을 측정하지 않고도 광 파장만 알면 생체내 생성되는 Pr 과 Pfr의 임의의 비율을 예측할수 있게 되었다 (Fig 1B 참조).

한편, 피토크롬이 Butler (1959) 등에 의하여 추출되었을 때만해도 피토크롬의 추출 정제가 매우 곤란하여 분자량은 약 6만정도의 폴리펩티드로 알려져 왔었으나 그후 이것은 단백질분해효소에 의하여 잘려진 분해산물로 밝혀졌으며 그 대신에 분자량 약 11만에서 12만 정도의 폴리펩티드가 다시 정제되어 "Large phytochrome" 또는 "Undergraded phytochrome" 으로 불리게 되었다. 여기에 대하여 그때 까지의 것을 "Small phytochrome"으로 분류하게 되었다. 그후 이 "Large phytochrome"에 대한

분광학적 생화학적성질이 많이 연구 되었다. 최근에는 이들의 단일항체(Monoclonal antibody)가 만들어져, 이중식물간 에서의 phytochrome 단백질 유사성까지 조사되었다. 그러나, 이 "Large phytochrome" 까지도 약간의 분해산물이 끼여 있었다는 것이 밝혀 졌으며 다시 분자량 약 12만의 거의 완전한 폴리펩티드가 정제되어 "Native phytochrome" 또는 "Intact phytochrome" 등의 이름으로 새로 불리게 되었다. 그뿐만이 아니라, "Large phytochrome"에서 떨어져 나간 분자량 약 1만 정도 이하의 단편이 피토크롬의 분광학적성질의 유지에 매우 중요하다는 것도 알려지게 되었다.

최근에 이르러 면역학적 수법의 발달에 따라 녹색식물에 함유되어 있는 미량의 phytochrome을 추출 할수 있게 되었다. 그 결과 백색광조사하에서 생육한 녹색식물은 암흑하에서 생육한 황화식물(Etiolated plant)이 갖고 있는 피토크롬 (편의상 Phytochrome I) 도 약간 있었으나 그외에도 Phytochrome I 과는 부분적으로 면역교차성이 전혀 없는 새로운 피토크롬 (Phytochrome II) 가 들어 있다는 것이 관명 되었다. 이 피토크롬II 는 분자량 자체는 Phytochrome I 보다는 약간 적지만 분광학적 성질에 관하여서는 거의 비슷한 성질을 나타내었다. 이 녹색 피토크롬의 발견은 매우 중요한 의미를 갖고 있다. 즉 지금까지 황화식물에서만 추출되었던 피토크롬 I 은 실제로 녹색식물에 있어서도 황화식물에서와 똑같은 역할을 할수 있을까 하는 의문이 많았던 것도 사실이었다. 따라서, 현재 녹색식물의 화아분화반응에는 녹색피토크롬(Phytochrome II) 이 관여할 가능성이 매우크며, 또한 종자발아에 있어서는 녹색형 과 황화형중 어떤형의 피토크롬이 관여하는지가 매우 흥미깊은 사실로 대두되고 있으나 아직까지 이에 대한 명쾌한 해답은 얻지 못하고 있는 실정이다.

한편, R/FR의 가역적 반응에 있어서 Red 조사후 피토크롬이 받은 정보는 금방 작용부위에 전달되는것이 아니라 약간의 시간이 지체한 후 전달되기 때문에 곧이어 조사된 FR 에 의하여 그 정보가 지워질수있다는 생각이 가능하다. 만약 Red조사후

약간의 기다리는시간 (T)을 충분히 길게 두고난후 FR 조사를 행하여 보면, Red 효과는 FR 에 의해 지울수 없게 되어 광가역성을 잃게 된다. 이 광가역성의 소실을 "Escape"라 부르며 이 기다림시간을 "Escape time" 라 한다. "Escape time"은 피토크롬이 받은 정보가 일련의 작용부위에 까지 전달되는데 필요한 시간이라고 생각되어진다. 만약 이 "Escape time"이 지극히 짧아서 첫번째 Red 조사시간 보다도 짧을 경우에는 이어서 쪼여준 FR 조사에 의해 그 효과를 지우기란 불가능해진다. 최근에는 레이저 빔에 의한 조사장치가 개발되어 10 sec 라는 매우 짧은 시간에 있어서의 피토크롬 개재반응을 확인 하고 있다.

여기에서 다시 본론으로 들어가 발아중인 종자에 있어서의 피토크롬의 역할에 관해 알아보자.

먼저 종자내에 피토크롬계가 어떤 비율로 들어 있는가를 조사한 표가 Table 1 이다. 이 표에서 알수 있듯이 건조종자인 *Pinus nigra* 에는 Pr형이 100% 들어 있는데 비하여, *Cucumis melo* 에는 거의 Pfr형으로 들어 있으며, 흡수종자에 있어서도 *Cucurbita*

Table 1. The state of phytochrome in seeds

Species	Condition	State of phytochrome*	Total P concentration J(DA) $\times 10^{-4}$	Reference
<i>Amaranthus caudatus</i>	Imbibed seeds	Approx 75% P _r	8	[112]
<i>Cucumis melo</i>	Non-imbibed seeds	Mostly P _{fr}	1.2	[125]
<i>Cucumis sativus</i>				
Cucumber	Non-imbibed seeds	66%-75% P _{fr}	6	[185]
Gherkin	Non-imbibed seeds	66% P _{fr}	4.5	[127]
<i>Cucurbita maxima</i>	Imbibed embryos	Mostly P _{fr}	6.4-7.6	[127]
<i>Lactuca sativa</i> cv. Reine de Mai	Imbibed embryos	Approx 60% P _r	2.5-5	[41]
<i>Nemophila insignis</i>	Imbibed seeds	Mostly P _{fr}	2.7	[125, 126]
<i>Pinus nigra</i>	Non-imbibed embryos	100% P _r	4.2	[149]
<i>Raphanus sativus</i>	Imbibed seeds	Approx 70% P _r	10	[125]
<i>Rumex alpinus</i>	Imbibed seeds	100% P _r	13	[28]
<i>Sinapis alba</i>	Imbibed seeds	50% 100% P _r	5-10	[41, 126]

* Phytochrome is measured in units of absorbance. See Smith 1975 [19] for an explanation of the method

*maxima*가 거의 Pfr형인데 비하여 *Rumex alpinus*는 100%의 Pr 형으로 들어 있어 서로 상반되는 결과를 보여준다. 그러나 여기에서 중요한 몇가지 의문이 생긴다. 즉 지금까지 알려지기는 피토크롬의 Pfr형은 dark 에서 천천히 Pr형으로 전환 (Dark reverse conversion) 되어 야만 하는데 Dark에서 흡수된 종자 속에 거의 대부분이 Pfr 로 존재할수있는 이유는 왜 일까? 하는것과 어떻게 해서 건조종자속에 Pfr형의 피토크롬이 존재할수 있는가 하는 의문이다. 두번째의 의문은 종자형성기에 있어서 어미식물에게 주어진 광환경 영향에 의하여 Pfr형의 피토크롬이 건조과정(등숙과정)에서 어떻게하여 남아있게 되었을까? 하는 의문등이다. 여기에 관해서 Beweley 와 Black의 총설 (1982) 을 참고하여 Fig 2에 나타내었다. 이들은 먼저 지금까지의 피토크롬 학설중에서 Pr Pfr 의 모든 중간 단계를 설정하여 종자는 각각 그가 처 해있는

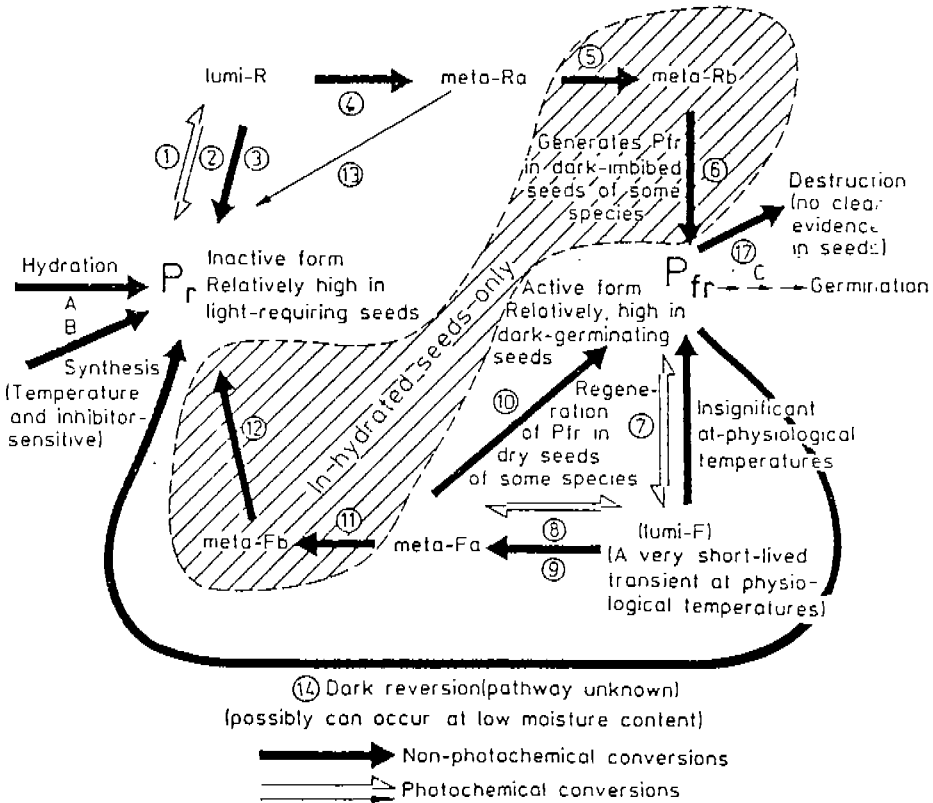


Fig. 2. A scheme summarizing the state and transformations of phytochrome in seeds. Numbered steps are discussed in the text.

생리적 단계에 따라 중간단계 내지는 최종단계에 머물러 있다고 생각하였다.

여기에서 몇가지 중요한 사실들을 소개하면 먼저 종자형성시의 광과장조성에 따라 Pr:Pfr의 광변환 비율이 달라져 종자내 형성되는 Pr:Pfr의 비율이 달라질수 있다는 점과 건조상태의 종자에 있어서 광발아성 종자는 $Pr > Pfr$ 인데 비해 암발아성 종자는 건조상태에서 충분한 Pfr이 있으며 암소흡수후에도 Pfr을 생성 할수 있다는 사실 (Seed phytochrome 이라고 부른다)은 이때 lumi-F 라는 중간단계에 머물고 있기 때문이라는 것이다. 실제에 있어서 모든 종자내에서 완벽한 Pr Pfr은 일어나지 않으며, 여기에는 적어도 수분함량이 15% 이상 있어야 할것으로 사료 되었으나 소나무과 종자에 있어서만은 5% 정도의 수분함량으로도 충분히 광변환이 일어났다는 보고도 있다 (Boisard,1968). 또한 중요한 점은 종자는 종자형성기 부터 종자가 완숙되어 다시 발아과정을 거칠때까지 거의 모든 기간 피토크롬계에 의하여 제어를 받고 있다는 사실이 매우 중요하다. 최근에 있어서 종자내의 mRNA가 주목을 받고 있으며 광에 의하여 유도되는 몇가지 유전인자 (작년도 본 심포지움에서 한 태롱에 의해 발표됨) 들에 관한 실험도 매우 중요한 시사를 던져주고있다. 다음 항목에서는 실제적인 본인의 실험을 통한 몇가지 사실을 소개 하고져 한다.

2. 종자형성조건과 발아특성분화

종자의 발아특성이 종자 형성기의 환경조건에 따라 크게 변동 한다는 사실은 잘 알려져 왔으나 그 분화과정에 있어서 환경조건의 영향을 유전생태학적으로 상세하게 분석한 실험은 별로 없으며 아직도 불분명한 점이 많다.

본 실험에 공시한 양상치 품종 MSU15와 MSU16은 동일한 양친(영국품종 Chestnut 5B X 미국품종 Bibb) 으로부터 잡종후대로서 육성된 것이다. 이들은 MSU 15가 흰색종피의 암발아성 인데 비하여 MSU16은 흑색종피의 광발아성을 갖고 있어

매우 상이한 발아특성을 갖고 있다. 따라서 본 실험에서는 이들의 종자발아특이성이 종자형성기의 환경조건(특히 일장과 온도)에 대응하여 어떻게 분화·형성되어가는가를 경시적으로 알아 보았다.

그 결과를 요약 해 보면 암발아종자인 품종 MSU15는 종자형성기의 단일 조건에 의하여 암발아특성이 뚜렷이 형성 되는데 비하여 광발아종자인 MSU16은 종자형성기의 일장조건 보다는 온도 조건에 따라 발아특이성이 크게 달라진다는 사실을 알았다. 이러한 사실은 유전적 형질의 발현 그 자체가 종자의 발육단계에 있어서의 특정한 단계에 이르러 어떤 Norm 이 형성 되어 일정수준이상을 뛰어넘지 못하고 있는 것을 시사하고 있다 (Table 2 참조).

Table 2. 여러가지 종자형성조건하에서 형성된 종자의 발아특성

品 種	発芽条件	種子形成条件*			
		SD·LT	SD·HT	LD·LT	LD·HT
MUS 15	暗 所	82	76	43	42**
MUS 16	“ “	38	45	24	56
MUS 15	明 所***	46	59	34	24
MUS 16	“ “	57	25	76	17

*SD·HT : 短日 (8時間) · 高温 (28±1℃)

SD·LT : 短日 (8時間) · 低温 (18±1℃)

LD·HT : 長日 (16時間) · 高温 (28±1℃)

LD·LT : 長日 (16時間) · 低温 (18±1℃)

**假床後48時間の発芽率

***白色螢光灯 (2,000lux)

이 Norm이 어디에서 연유되는 것인가에 대하여 아직 분명하지는 않지만 본 실험에 있어서 종피색의 차이와 종피의 두께에 그 원인을 찾아 보고자 하여 양품종의 종피에 흡수되는 광스펙트럼의 분포와 여기에서 파생되는 광평형 상태의 Phytochrome의 생성을 연관시켜 생각해 보았다. 그 결과 MSU15의 백색 종피는 근적외선광(710nm이상)을 거의 흡수하지 않는 반면에 MSU16의 흑색 종피는 거의 모든 파장역의 광을 흡수하며 특히 730nm부근의 광을 특이적으로 흡수한다는 사실을

알아내었다(최.다카하시 1982). 이러한 사실은 MSU15의 종자내부의 피토크롬계는 $Pfr > Pr$ 인데 비하여, MSU16의 종자에는 $Pr > Pfr$ 형의 측적이 가속화되는 것이며 여기에 온도 조건에 따른 종피의 두께가 매우 가소적이라는 점을 연관시켜 생각해 보면 아주 쉽게 이해가 된다.

즉 저온하에서 형성된 종자의 종피 두께는 고온것에 비해 매우 두꺼웠기 때문에 저온하에서 더욱 명확한 광발아 특이성이 유도 되는 것으로 사료되었다.

한편 MSU15의 암발아 특성이 유도되는 단일조건하의 광질을 청색광으로 바꿔준 실험 결과에 의하면 MSU15의 고유한 유전형질인 암발아 특성이 없어지고 모두 광발아성 종자로 전환 되는 것을 확인 하였다(최관삼, 이호진 1984).

이 사실은 종자형성기의 광과장에 따른 Pr Pfr 반응에서 $Pr > Pfr$ 반응이 우선적으로 일어났기 때문인 것으로 사료 되었다. 이러한 현상은 한랭사로 차광을 해주어도 동일한 결과를 얻었다.

또한 채종후의 삭과에 직접 단색광을 조사하여 보면 단색광과장에 따라 여러가지로 그 발아성이 변동하는 것도 알아내었다. 이상의 모든 결과를 종합하여 볼때 양상치 자의 발아특성의 분화에는 어떤 일정한 Norm 이 있어서 변동 하는 것은 사실 이지만, 이때 중요한 것은 광주기(Photoperiodism) 보다는 광질이 더욱 중요하며, 이들 광질에 따른 피토크롬계의 Pr Pfr 의 광평형상태를 유지 할 수 있는 광감수 부위는 어미식물의 잎만이 아니라 과실 및 종자 그 자체일 가능성이 매우 높은것으로 사료되었다. 그러나 현재 까지 여러가지 조건에 따라 종자내에서 일어나는 광변환의 값을 정확한 값 ($Pfr/Ptot$)으로 측정하기란 매우 어려운 실정이다.

결 론

식물종자의 휴면과 발아에 관한 연구는 식물생활환의 시작과 종결의 의미 뿐만이 아니라 종의 연속성과 다양성을 이해하기 위하여서도 오래전 부터 수많은 연구가 행하여 졌다. 특히 식물의 환경적응과 진화라는 관점에서 종자발아의 생리 생태를 연구 한다는 것도 매우 의미 있는 것으로 사료된다.

최근에 이르러서의 종자발아에 관한 연구의 동향중에서 주목 되는 것으로는 식물종자내 호르몬생성에 관여하는 유전인자의 탐색 및 조절기능에 관한 문제 (C.M.Karssen 1987) 와 종자내 보존되어있는 수명이 매우 긴것으로 알려진 보존 mRNA를 잔존 mRNA 및 신생 mRNA 와 구별하여 그 기능을 밝히고져 하는 생화학적 연구 (T.Minamikawa 1988), 그리고 종피의 구조와 기능에 관한 조직학적 연구 (Egley,G.H 등 1986, 최,한,이 1989) 및 광생리 학적 연구 (Widell,K.O 등 1988, Choi et al 1989)등이 있으며, 생태학적인 연구로서는 Baskin (1985) 등이 제창하고 있는 종자발아 생태생리학적 연구(Seed germination Ecophysiology) 등이 있다.

이런 모든 연구에 있어서 가장 중요한 발아 조절 인자로서의 광의 역할에 관한 최신의 연구동향은 피토크롬의 생리 생화학적 기능과 유전자 발현의 조절 기능이 하나씩 밝혀 짐으로 인해 더욱 그 중요성이 인식되고 있는 실정이다.

마지막으로 모든 생물에서 보여지는 광에 의한 생물시계(Biological clock)의 조절 기능과 아울러, 특히 식물의 화아형성(Flowering)등에서 보여지는 계시기구(Time measurement mechanism)가 식물의 종자속에도 존재하는지의 여부가 매우 흥미있는 문제이다. 몇몇의 연구자들의 보고대로 종자발아에 있어서도 어떤 주기적 리듬이 존재 한다면 이들 생리리듬(physiological rhythms)은 그 종자 고유의 발아 특성으로

나타날 것이며, 이 또한 태양시계에 의하여 조절될 것이 틀림없을 것이나 아직까지 이에 대한 구체적인 사실은 밝혀지지 않고 있다(Choi et al. 1989).

참 고 문 헌

1. Baskin, J.M. and Carol C. Baskin (1986) Germination ecophysiology of the mesic deciduous forest herb *isopyrum biternatum*. Bot. Gaz. 147(2):152-155.
2. Bewley, J.D and M. Black (1982) The release from dormancy. Physiology and Bio-chemistry of Seeds. pp126-154. Springer-Verlag Berlin.
3. Borthwick, H.A., Hendricks, S.B. and Parker, M.W., (1948) Action spectrum for photoperiodic control of floral initiation of a long-day plant, Wintex barley (*Hordeum vulgare*). Bot. Gaz. 110, 103-118.
4. Butler, W.L. et al. (1960) In vivo and in vitro properties of phytochrome. Plant physiol. 35 (Suppl.), xxxii.
5. Choi, K.S. and N. Takahashi. (1979) Studies on the lettuce seed germination with special reference to light responses (Japanese). Japan J. Breed. 29(3):194-204.
6. Choi, K.S. and N. Takahashi. (1982) A study on initiation of germination characters of *Lactuca sativa* L. during the seed formation under different environment conditions. The memorial papers for the sixtieth birthday of Dr. Chan ho park. 197-203.
7. Choi, K.S. and et al. (1982) Modification of spectral dependency in germination of immature and post-harvest Lettuce seed. Rep. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ., 33:35-43.
8. Choi, K.S., and Ho-Jin Lee (1984) The effects of pretreatment of monochromatic light irradiation on the initiation of germination characters of Lettuce seed. Res. Rep. Env. Sci. Tech. Chungnam National University. Vol. 2(1), 24-29.
9. 최 판삼, 한 중구, 우 인식, 이 규승 (1989) 콩과식물종자의 불투수성 및 생장억제물질에 관하여. 충남대 농업과학연구 16(1), 1-6.
10. Choi, K.S., M. Watanabe and M. Furuya. (1989) Effects of long-term storage on phytochrome-mediated germination in Lettuce seeds. Bot. Mag. Tokyo. 102: 181-191.
11. Egley, G.H., Paul, R.N., Jr and Lax, A.R. (1986) seed coat imposed dormancy: Histochemistry of the region controlling onset of water entry into *Sida spinosa* seeds. physiol. plant 67: 320-327.

12. Flint, L.H. and McAlister, E.D., (1935) Wave lengths of radiation in the visible spectrum inhibiting the germination of light-sensitive lettuce seed. *Smithsonian Inst. Publs. Misc. Collections* 94:1-11.
13. Georghiou, K., G. Psaras, and K. Mitrakos (1983) Lettuce endosperm structural changes during germination under different light, temperature, and hydration conditions. *Bot. Gaz.* 144(2):207-211.
14. Hartmann, K.M., (1966) A general hypothesis to interpret, high energy phenomena, of photomorphogenesis on the basis of phytochrome. *Photochem. Photobiol.* 5:349-366.
15. Hillman, W.S., (1965) Phytochrome conversion by brief illumination and the subsequent elongation of etiolated *Pisum* stem segments. *Physiol. Plant.* 18:346-358.
16. Karszen, C.M., (1987) Genetic analysis of hormone functions in seeds. Abstracts of XIV international botanical congress. Berlin (West), Germany. 107.
17. Konomi, K., *et al.* (1987) Changes in the content of phytochrome I and II apoproteins in embryonic axes of pea seeds during imbibition. *plant cell physiol.* 28(8):1443-1451.
18. McCurdy, D.W. and Lee H. Pratt (1986) Immunogold electron microscopy of phytochrome in *Avena*: identification of intracellular sites responsible for phytochrome sequestering and enhanced pelletability. *The Journal of Cell Biology*, Vol. 103 (No. 6, Pt. 1), 2541-2550.
19. Minamikawa, T., Y. Suzuki & T. Koshiba (1983) *Plant & Cell Physiol.*, 24, 1361.
20. Mosinger, E. and Eberhard Schafer (1984) *In vivo* phytochrome control of *in vitro* transcription rates in isolated nuclei from oat seedlings. *Planta*. 161:444-450.
21. Takahashi, N. and Kan Sum Choi (1981) Seed germination as affected by environmental factor before harvesting. *Bull. Inst. Agr. Res. Tohoku Univ.*, 32:65-72.
22. Vierstra, R.D., and *et al.* (1984) Native phytochrome: immunoblot analysis of relative molecular mass and *in vitro* proteolytic degradation for several plant species. *Planta*. 160:521-528.
23. Widell, K.O. and Thomas C. Vogelmann. (1988) Fiber optic studies of light gradients and spectral regime within *Lactuca sativa* achenes. *Physiol. Plant.* 72:706-712. LE

저 자 약 력

최 관 삼 (崔 寬 三) 박사

1944. 9. 16. 생

1967. 2 서울시립농과대학 원예학과 (농학사)

1977. 3 일본 동북대학교 대학원 식물생리학 (수사)

1980. 3 일본 동북대학교 대학원 식물생리학 (박사)

1983. 6. - 83. 9. 영국 Reading대학교 종자생리학 객원교수

1985. 6. - 86. 2 일본 동경대학교 식물학교실 객원교수

1980. 7. - 현재 충남대학교 농학과 교수