

## 벼와 피의 침관수에 따른 생장 반응

김해진\*\* · 오성환\*\*\* · 박종현\*\*\*\* · 조성우\*\*\* · 우선희\* · 이철원†

\*충북대학교 식물자원학과, \*\*성보화학(주), \*\*\*국립식량과학원, \*\*\*\*농림축산식품부

### Growth Responses of Rice and Barnyardgrass Varieties to Flooding at Early Growing Period

Kim Haejin\*\*, Seonghwan Oh\*\*\*, Jonghyun Park\*\*\*\*, Seongwoo Cho\*\*\*, Sunhee Woo\*, and Chulwon Lee\*†

\*Department of Crop Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Republic of Korea

\*\*Sungbo Chemicals Co. Ltd., Seoul, Republic of Korea

\*\*\*National Institute of Crop Science, RDA, Republic of Korea

\*\*\*\*Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 94 Dasom2-ro, Government Complex-Sejong, Sejong-si 339-012, Republic of Korea

**ABSTRACT** Barnyard grasses are dominant weed that are not eliminated easily in the direct water seeding cultivation. So, deep water treatment can reduce their growth at the early growing stage of submerged paddy. This study was carried out to investigate the reducing growth of the barnyard grasses through flooding at seedling stages of rice plant in the green house. Under the normal condition, the plant height of rice variety, Samgwangbyeo, and 3 species of barnyard grass, *E. caudata*, *E. pratocola* and *E. utilis* were not showed the difference up to 10 days after seeding while the plant height of 3 barnyard grass species, especially *E. utilis*, was more elongated than the rice at 25 days after seeding. Plant height of the 3 barnyard grasses were not elongated largely during 3, 5 and 7 days of flooding treatment at 10 days after seeding. Interestingly, the rice seedlings was grown over 20 cm, and the flooding tolerance of rice seedling was higher than the 3 barnyard grass varieties. However, after flooding treatment for 3, 5 and 7 days, the elongation of plant height of 3 barnyard grasses, especially *E. utilis* was more speedy compared to rice seedlings as 6 to 9 days passes. And the protein spots from barnyard grasses were also reduced and eliminated more than the spots of rice seedling after flooding treatment.

**Keywords** : barnyard grass; flooding tolerance; protein spot; rice

**벼** 담수직파에서 잡초방제는 가장 어려운 작업 중의 하나이다. 볍씨의 발아는 많은 잡초 종자들과 동시에 시작되므로 잡초방제의 성패는 벼 생산에 가장 중요한 요인이 된다. 논에서 발생하는 피는 수량에 가장 영향을 주는 잡초이다(Smith, 1983; Smith, 1988). 또한 발아속도와 생장 속도가 매우 빠르고 이삭의 종자수도 많아서 토양 중에 매몰된 피 종자는 10년후 까지도 3% 정도의 발아력이 있으며, 풍건상태하에서는 15년후에도 82%의 발아력을 유지한다고 한다(Dawson & Bruns, 1975). 벼 이앙재배에서도 벼 수량에 영향을 주는 평방미터당 피의 본수는 1.2~1.4본이라고 하며(Moon *et al.*, 2011), 이들이 다음연도에는 기하급수적으로 발생밀도가 높아질 것이다. 담수직파재배에서는 제초제를 이용하더라도 피를 비롯한 여러 가지 잡초들이 발생하며(Kim *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2012), 잡초종 이외에 잡초성 벼에 의한 피해도 발생한다(Chung *et al.*, 2000; Im *et al.*, 2006). 또한 친환경 잡초 방제 방안으로 담수산파재배후 생분해성 재료의 멀칭에 의한 잡초 방제 방법도 보고된 바 있다(Yang *et al.*, 2003). 논에 발생하는 피의 종류와 분류에 대한 연구에 의하면 주로 물피(*E. caudata*), 돌피(*E. pratocola*), 강피(*E. oryzicola*) 등이 발생한다고 한다(Im *et al.*, 1988; Kim *et al.*, 1989; Yabuno, 1975; Yabuno, 1983). 담수직파재배는 건담직파재배보다는 발생하는 초종이 적은 것으로 사료되는데 이는 담수함으로서 발생하는 초종이 제한되는 것으로 보이며, 담수심이 깊어질수록 피의 발생량이 감소하고 생육이 연약해지

†Corresponding author: (Phone) +82-43-261-2512 (E-mail) cwlee@cbu.ac.kr  
<Received 21 July, 2014; Accepted 25 August, 2014>

므로(Kang, 1986), 이양재배에서의 담수 조건은 잡초 발생을 억제하는 환경을 제공하는 것이다. 벼와 피 중간 경합에 관한 연구에서 피는 벼 보다 잎이 넓고 뿌리의 양분 흡수가 왕성하며 광합성 능력과 질소 흡수량 많고 분얼기에 분얼각도가 높아서 공간 점유율이 높으므로(Kim, 2002), 피의 방제는 벼의 생육 초기에 이루어져야 하며 피와의 경합이 40일 이상으로 연장될 경우에는 큰 수량 감소가 있다고 하였다(Smith *et al.*, 1983). 또한 식물의 프로테오미에 있어서 벼의 연구는 온도, 광, 수분, 산소부족, osmotic stress와 같은 무생물적 스트레스의 반응 단백질의 구명, 무생물적 스트레스에 관여하는 호르몬 반응 단백질의 구명(Pandy and Mann, 2000), 및 기후변화대응 벼의 건조, 고온, 홍수, 염, 저온 등 다양하게 프로테오미 연구가 적용되고 있다(Hashiguchi *et al.*, 2010). 본 연구는 벼 담수 직파 재배 초기에 발생하는 피 종들에 대하여 생육 초기에 침관수시킴으로서 벼와 피 종들의 생장 반응과 단백질의 비교 변화양상에 대하여 기초자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료와 처리방법

본 시험은 2012년 충북대학교 농업생명환경대학 유리온실에서 포트실험으로 수행하였다. 벼는 자포니카형인 삼광벼를 공시하였고 피는 물피(*Echinochloa. crus-galli* Beauv. *var caudata*), 돌피(*Echinochloa. crus-galli* Beauv. *var praticola*), 식용피(*Echinochloa. crus-galli* Beauv. *var utilis*) 종자를 사용하였다.

벼와 피 종자 100립을 Whatman 2호 여과지를 넣은 지름 8cm의 petri dish에 치상하여 28°C의 incubator에서 발아한 종자를 수도용 상토를 채운 4각 포트(10 cm×5 cm×5 cm)에 파종하고 출아후 10일후에 3일, 5일, 7일간 저수조에 완전히 관수하였고, 관수 종료후 생육을 조사하였다. 관수 종료후에 샘플을 채취하여 이차원전기영동으로 단백질 분석을 실시하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였고, 통계 분석은 SAS 9.1을 이용하여 분석하였다.

### 단백질 추출 및 정량

단백질정제 과정으로는 벼와 피 종자를 액체질소를 사용하여 곱게 마쇄하여 그 질량 값을 측정하였다. 마쇄한 샘플 100mg에 TCA / acetone extraction buffer (10% W/v trichloroacetic acid and 0.07% v/v 2-mercaptoethanol in cold(-20°C) acetone)를 1.8 ml를 넣고 vortexing 후, -20°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응 후 10,000 g에서 10분간 4°C로 원심분리 하였

다. 상청액을 버리고 sample에 1.8 ml를 넣고 vortexing, -20°C에서 1시간 반응시킨 샘플을 다시 10,000 g에서 15분간 원심분리 하였다(2회반복). 상청액을 버리고 sample을 Speed Vac에서 10분간 건조시켜 acetone을 완전히 제거하였다. 건조된 샘플의 무게를 재고 10 µg/mg 비율로 lysis buffer (7M urea, 2M thiourea, 4% CHAPS, 2% DTT, 0.4% protease inhibitor cocktail, 1% carrier ampholytes (3-10))를 넣고 녹여 주었다. 샘플을 초음파로 분쇄 후 4°C에서 15000 rpm으로 15분간 원심분리를 한 후 상등액을 취하여 새 e-tube에 넣고 100°C에서 3분간 중탕하여 전기영동에 사용 하였다. 단백질 함량분석은 Bradford (1976)의 방법에 의거 하여 Bradford solution을 증류수와 1 : 4으로 희석하여 blank, BSA (Bovine Serum Albumin Standard 2 mg/ml) 2 µl, 4 µl, 6 µl, 8 µl, 10 µl, 12 µl를 이용 하여 Standard를 세웠다. 시료의 개수만큼 e-tube를 준비하고 각각의 e-tube에 1 ml Bradford solution을 첨가한 후 BSA와 sample을 혼합하여 약 10분 동안 반응을 시켰다. 반응 후 595 nm에서 분광광도계(SHIMADZU, UV-1700)를 사용하여 단백질 농도를 측정하였으며 -20°C deep Freezer에 보관하여 2-DE의 sample로 이용하였다.

### 이차원 전기영동

일차원전기영동(one-dimensional electrophoresis:1-DE)은 등전점전기영동으로 27 cm 유리관 안에 gel을 조성하였다. gel (4.8 g Urea, 1.6 ml 30% acrylamide solution, 2.84 ml DDW, 0.2 ml 10% APS, 10 µl TEMED)은 상온에서 3시간 이상 굳힌 후 유리관에 시료 약 30-150 µl를 주입하여 영동하였다. 영동 조건은 음극측전극조(밑 부분)에 0.02M 수산화나트륨을 양극측 전 극조(윗부분)에는 0.01M 인산을 넣은 후 전압은 200 V (1h), 400 V (1h), 600 V (16h)에서 영동하였다. 비평형전기영동임으로 전극을 반대로 하여 영동하였다. 영동이 끝나면 용액을 제거하고 주사기로 유리관에서 gel을 빼내어 작은 병(25 ml)에 gel을 넣고 시료용 완충액(10 ml glycerol, 12.5 ml 0.5M Tris pH 6.8, 2.5 g SDS, 5 ml 2-mercaptethanol/100 ml)을 20 ml를 첨가하여 20분간 2번 반복하여 gel을 평형화하였다.

이차원전기영동(two-dimensional electrophoresis:2-DE)은 12% separating gel (9.6 ml DDW, 17.7 ml 30.0% acrylamide solution, 16.4 ml 1.0M tris-HCl (pH8.8), 300 µl 10% ammonium persulfate, 50 µl TEMED)과 5% Stacking gel (2.0 ml DDW, 10 ml 30.0% acrylamide solution, 3.0 ml 0.25M Tris-HCl (pH 6.8), 30 µl 10% ammonium persulfate, 20 µl TEMED)을 사용하였으며 tris-HCl용액은 Tris-HCl용액 안에 SDS를 혼합하여 사용하였다. 유리관에서 빼낸 gel을 이차원전기영

동 gel위에 올려놓고 BPBdyddor (1% agarose, bromphenol blue)을 사용하여 고정시켰다. 전류는 80 mA로 5시간 영동하였다. 전기영동이 끝난 후 gel은 GE-Healthcare사의 PlusOne Silver Staining Kit, Protein을 사용하여 염색을 하였다.

## 결과 및 고찰

### 벼와 피종의 생육 차이

벼와 피종들을 정상 조건에서 포트시험으로 이루어진 생육 상태를 조사 비교한 것은 Fig. 1과 같다. 파종후 10일 벼와 피종들의 초장은 10 cm 정도로 차이가 없었으나 파종후 15일에는 삼광벼가 피종들에 비하여 8-11 cm 정도 신속히 자라는 것으로 나타났다. 그러나 파종후 20일에는 벼가 31 cm에 비하여 물피(*E. caudata*)가 32 cm, 돌피(*E. praticola*)가 37 cm, 식용피(*E. utilis*)가 38 cm로 삼광벼와 같거나 더 크게 신장하였다. 파종후 25일부터는 벼에 비하여 피종들의 초장이 더욱 현저하게 신장하여 벼보다 물피는 12 cm, 돌피는 17 cm, 식용피는 27 cm 정도 더욱 크게 신장하였으며, 파종후 30일에는 벼보다 물피는 62.5%, 돌피는 72.5%, 식용피는 100% 정도 더 크게 신장하므로써 벼의 초기 생육단계에서 피종들은 큰 경합력을 지니고, 양분과 수분을 탈취함으로써 벼의 생육 공간을 크게 저해한다는 보고(Kim, 2002)로 볼 때, 특히 벼 재배 초기에 담수직파 재배에서 우점하는 피를 제거하여야 벼의 성장을 유리하게 할 수 있을 것으로 판단되었다. 벼는 피와의 경합에서는 40일 이상으로 연장될 경우에 수량 감소가 있다고 하였다(Smith, 1983).

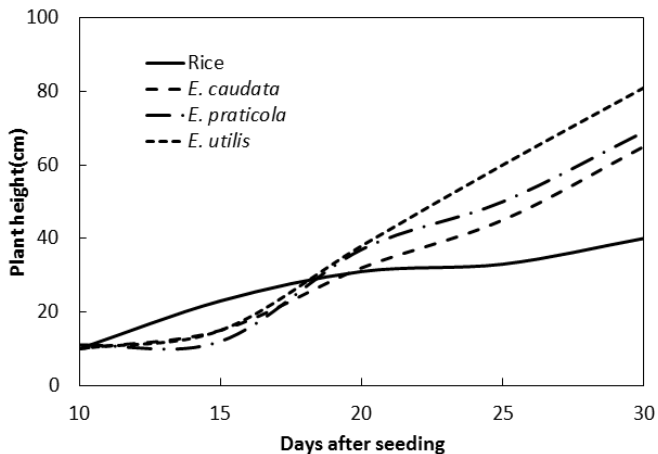


Fig. 1. Changes of plant height of rice (var; Samgwangbyeo) and 3 barnyardgrass varieties as followed by days after water seeding under normal condition.

### 관수 중, 후의 초장의 변화

벼와 피를 생육 초기에 관수하였을 때 관수 기간 중 이들의 초장 신장을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 관수 시작 직전의 삼광벼와 피종들의 초장은 10 cm 정도로 같았으나 관수후 3일에는 벼가 18 cm인데 비하여 물피는 12 cm, 돌피는 11 cm, 식용피는 14 cm이었고, 관수 5일후와 7일후에는 벼가 25 cm, 27 cm로 신장하는데 비하여 피종들은 관수후 3일부터 7일 사이에 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. Fig. 3에서 관수 기간 중 벼와 피종들의 초장 신장률을 보는 바와 같이 벼는 관수후 3일에 1.8배, 관수후 5일에 2.5배, 관수후 7일에 2.7배 정도의 신장률을 보이는데 비하여 물피와

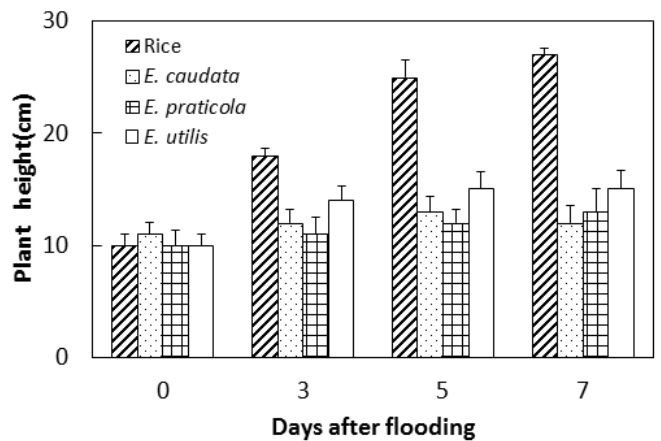


Fig. 2. Changes of plant height of rice (var; Samgwangbyeo) and 3 barnyardgrass varieties as affected by flooding days at 10 days after water seeding in the pot experiment (vertical bars on the column indicate standard error).

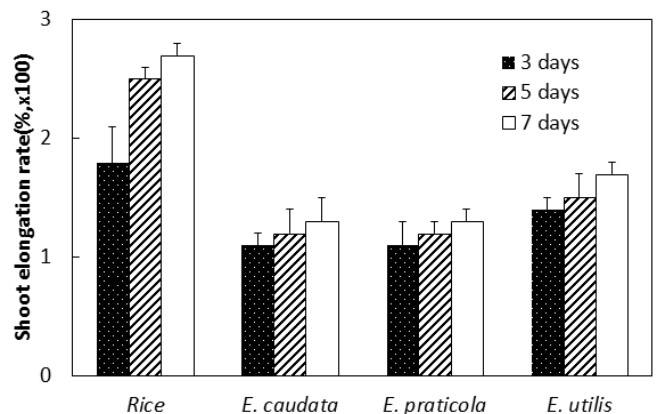


Fig. 3. Changes of shoot elongation rate of rice (var; Samgwangbyeo) and 3 barnyardgrass varieties as affected by 3, 5, and 7 flooding days at 10 days after water seeding in the pot experiment (vertical bars on the column indicate standard error).

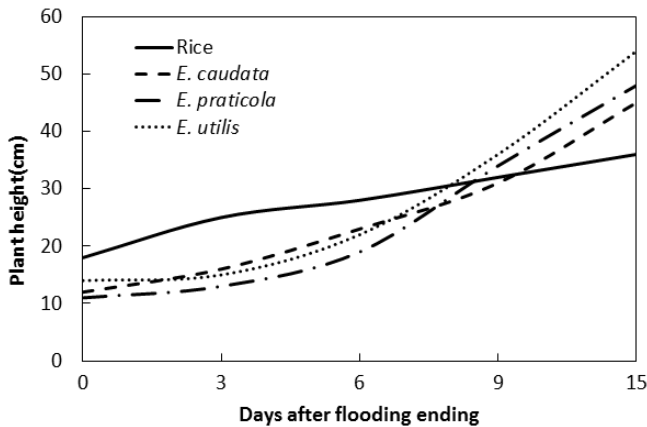


Fig. 4. Changes of plant height of rice (var; Samgwangbyeon) and 3 barnyardgrass varieties after flooding ending at 3-flooding-day in the pot experiment.

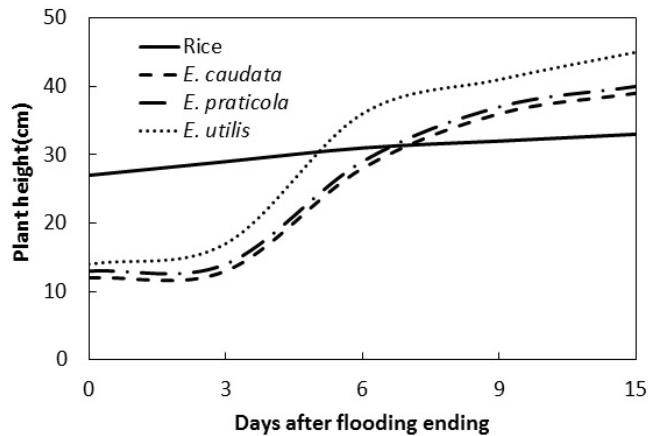


Fig. 6. Changes of plant height of rice (var; Samgwangbyeon) and 3 barnyardgrass varieties after flooding ending at 7-flooding-day in the pot experiment.

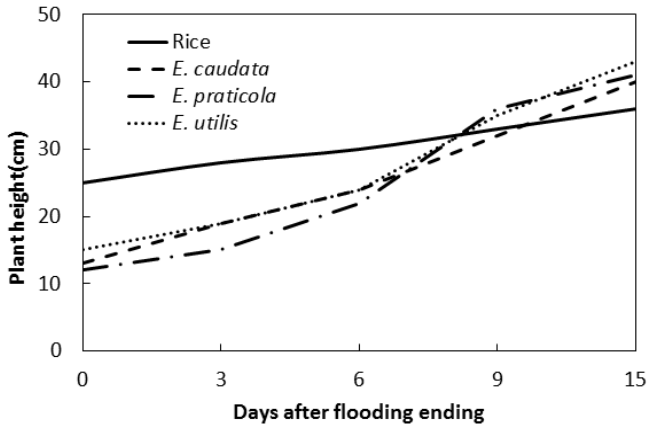


Fig. 5. Changes of plant height of rice (var; Samgwangbyeon) and 3 barnyardgrass varieties after flooding ending at 5-flooding-day in the pot experiment.

돌피는 1.1~1.3배, 식용피는 1.4~1.7배를 나타냄으로서 관수에 대한 저항도는 피에 비하여 벼가 월등이 높은 것으로 나타났다. 담수직파재배에서 벼와 피의 종자는 거의 같은 시기에 발아하여 성장하게 되는데, 벼 입모후 심수관개함으로서 피의 성장을 늦출 수 있어 벼의 초기 성장을 유리하게 할 수 있을 것으로 사료되었다.

벼와 피종들을 출아후 10일부터 각각 3, 5, 7일간 관수한 후 저수조에서 꺼내서 그 후의 초장의 신장 정도를 조사한 결과 Fig. 4는 3일간 관수후 벼와 피의 초장의 성장 속도를 보면 벼는 관수하에서도 전기한 바와 같이 피들에 비하여 성장속도가 빠르나 저수조에서 관수가 종료된 후에는 완만하게 성장하는데 비하여 피종들은 관수 종료후 8~9일 정도 후에는 벼보다 급격히 초장이 크게 신장하였다. 피 종에 따라서는 식용피>돌피>물피의 순으로 크게 신장하였는데 특

히 식용피는 피종에서 가장 크게 성장하는 것으로 나타났다. Fig. 5는 관수 기간을 5일하였을 때 벼는 3일 관수한 것과 큰 차이 없이 완만한 성장을 하였지만 피 종들은 3일 관수한 처리구보다 관수 종료후 8일부터 벼보다 초장 신장이 큰 것으로 나타났다. Fig. 6은 7일간 관수 처리구의 결과로서 벼는 관수 기간 중에도 3, 5일 관수구와 같이 완만한 성장을 하는 것으로 나타났으며 피종들은 물속에서는 벼보다 신장 정도가 낮고 또한 피종간에는 큰 차이가 없었으나 관수 종료후에는 상이한 반응을 나타내었다. 즉 식용피는 관수 종료후 5일 이후에 벼보다 초장의 신장이 급격히 빨라졌고 물피와 돌피도 관수 종료후 8일 이후부터 초장이 현저히 증가하는 것으로 나타났다. 피종들은 침관수 상태에서는 생장이 벼보다 위축되지만 양호한 환경 조건에서는 양분 흡수량과 광합성 효율이 높아서 C<sub>3</sub> 식물인 벼보다 생육량이 월등하여 벼에 대한 경합력이 크므로 벼의 재배 초기에 피의 성장을 억제하여야 할 것으로 사료되었다.

**단백질 발현양상**

관수 처리후 벼와 피의 단백질 발현양상에 대하여 비교한 것은 Fig. 7, 8, 9와 같다. 3일 관수후 엽의 단백질을 2-DE를 이용하여 분석하였다. 담수 처리 유무에 따라 발현되는 단백질을 비교한 결과 대부분 유사한 경향을 보였지만 몇 개의 spots의 단백질 량의 변화는 확연한 차이를 보였다. 담수 처리에 의해 생겨나는 특정 spot은 발견하지 못하였다. 유사한 경향을 보이는 가운데 볼륨 강도의 변화가 크게 약해진 몇 개의 블록을 선발하였다. 담수 처리에 따라서 단백질의 차이가 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 이차원 전기영동을 이용하여 담수 유무에 따른 돌피(*E. praticola*)의 단

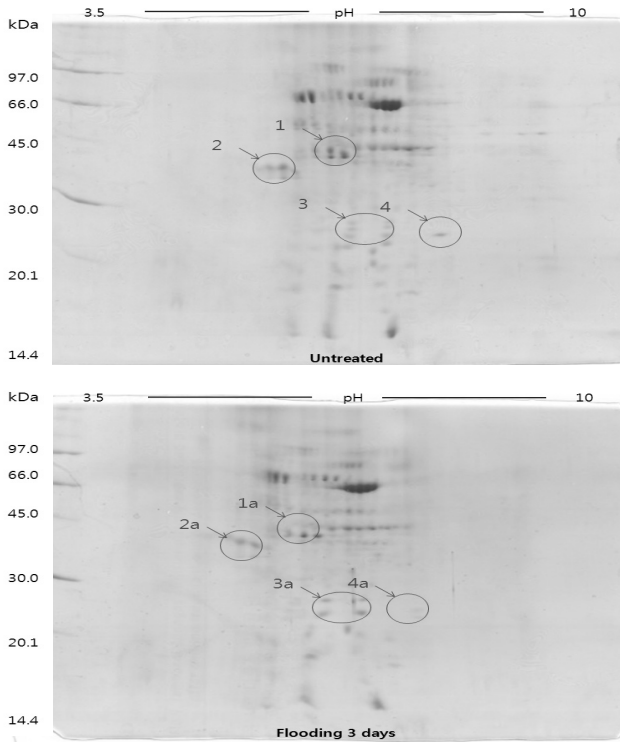


Fig. 7. Comparison of protein spots in leaves of *E. pratensis* as affected by flooding for 3 days.

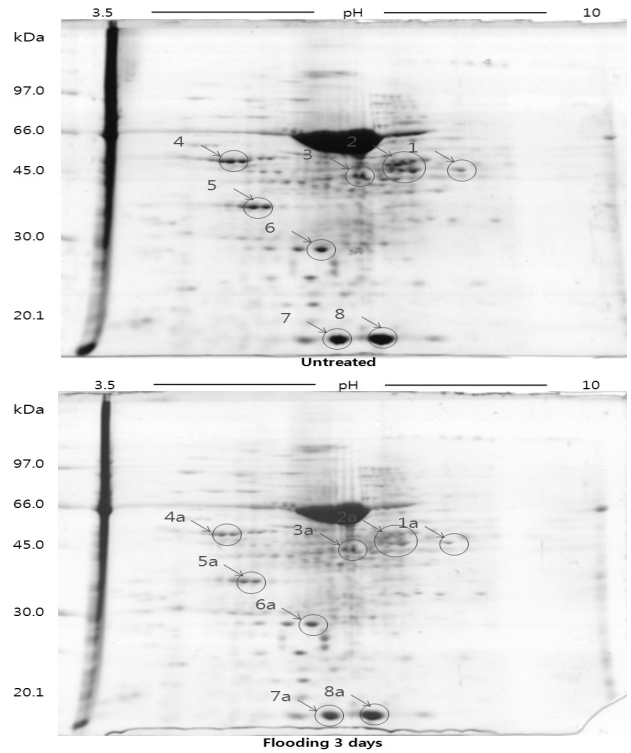


Fig. 9. Comparison of protein spots in leaves of rice (var. Samgwangbyeon) as affected by flooding for 3 days.

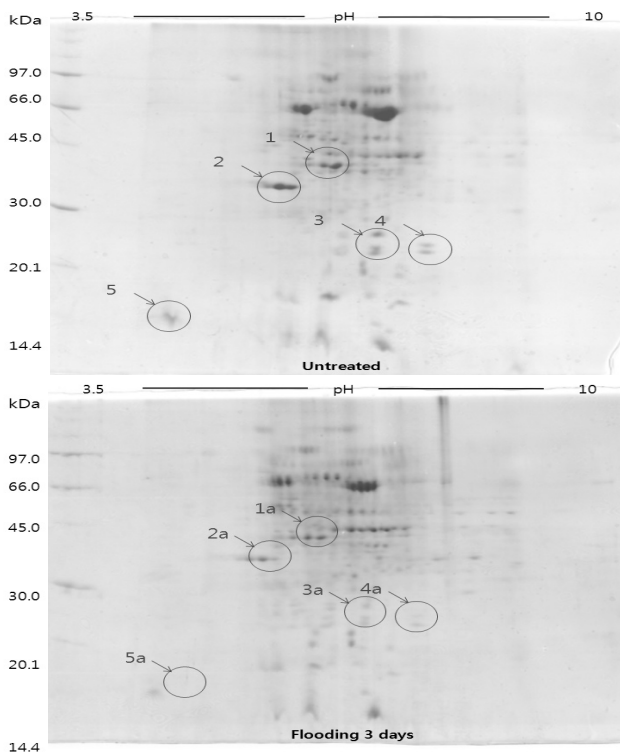


Fig. 8. Comparison of protein spots in leaves of *E. caudata* as affected by flooding for 3 days.

백질 spots를 비교한 결과 1, 2, 3, 4번에서 단백질 양이 감소하거나 없어지는 것을 알 수 있었다. 물피(*E. caudata*)에서도 1, 2, 3번에서 단백질 양이 감소하였고, 4, 5, 6번의 단백질 spots이 없어졌다. 또한 돌피와 물피를 비교 하였을 때 없어지거나 감소하는 단백질 spots이 유사한 경향을 보였다. 이 단백질들의 분자량은 16.5 kDa~97.2 kDa, PI는 4.7~8.0 범위였다. 삼광벼의 단백질 spots에서는 담수의 유무에 따라서 spots의 강도와 단백질량의 변화가 나타나는 것을 확인 할 수 있었다. 벼와 피 종들이 담수로 인한 불량 환경에서 탈피 하고자 비정상적으로 에너지를 사용한 것으로 보여지며, 향후 단백질 동정을 통해 관여하는 단백질과 대사과정에 대한 연구가 이뤄져야 할 것으로 보인다.

### 적 요

본 연구는 벼 담수직파재배에서 벼와 피 종의 관수 처리 전 후의 성장 반응과 단백질 발현 양상에 대한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

1. 벼와 피종들의 자연 상태에서의 파종후 10일 벼와 피 종들의 초장은 10 cm 정도로 차이가 없었으나 파종후

25일부터는 벼에 비하여 피 종들의 초장이 더욱 현저하게 신장하였고, 피 종에서는 식용피의 초장이 현저히 신장되었다.

2. 벼와 피를 생육 초기에 관수하였을 때 벼의 초장은 관수후 3일에서 7일까지도 신장하였으나 피 종들의 초장 신장은 큰 변화가 없었으며, 관수기간 중 벼는 관수후 3일에 1.8배, 관수후 5일에 2.5배, 관수후 7일에 2.7배 정도의 신장률을 보인데 비하여 물피와 돌피는 1.1~1.3배, 식용피는 1.4~1.7배를 나타냄으로서 관수에 대한 저항도는 피에 비하여 벼가 월등히 높은 것으로 나타났다.
3. 관수 종료후 벼와 피의 초장의 성장 속도를 보면 벼는 완만하게 성장하는데 비하여 피종들은 관수 종료후에는 벼보다 급격히 초장이 크게 신장하였고, 피 종에 따라서는 식용피>돌피>물피의 순으로 크게 신장하였다.
4. 관수에 따른 벼와 피의 단백질 spots를 비교한 결과 벼의 잎 단백질 spots은 모두 감소하거나 없어졌지만 피 종들의 단백질 spots이 더 선명하게 감소하거나 없어졌다.

## 사 사

이 논문은 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Chung, N. J., Y. H. Yoon, C. G. Kim, and Y. S. Kang. 2000. Weedy rice control by no-tillage direct seeding on flooded paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 45(3) : 195-198.
- Dawson, J. H. and V. F. Bruns. 1975. longevity of barnyardgrass, green foxtail and yellow foxtail seeds in soil. *Weed Sci.* 23 : 437-440.
- Hashiguchi, A., N. Ahsan, and S. Komatsu. 2010. Proteomics application of crops in the context of climatic changes. *Food Research International* 43 : 1803-1813.
- Im, L. B., J. G. Kang, and S. Kim. 2006 Control of Weedy Rice in the Wet Direct Seeded Rice Paddy Field. *Korean J. Weed Sci.* 26(2) : 129-135.
- Im, I. B., J. O. Guh, J. Y. Lee, and Y. S. Cho. 1988. Weed-Ecological Classification of the Collected Barnyard grass [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.] in Korean I. Variation of quantitative and attributable characters in collected barnyard grass [*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.] accessions. *Korean J. Weed Sci.* 8(3) : 273-282.
- Kang, B. H. 1986. Effects of Different Water Depths on Emergence of Barnyard grass, *Echinochloa crusgalli* P. Beauv. *Korean J. Weed Sci.* 6(1) : 7-12.
- Kim, S. K., J. G. Won, J. H. Shin, and H. Y. Kim. 2012. Effect of Densities of *Echinochloa crusgalli* and *Cyperus serotinus* in Direct-seeding Flooded Rice on Rice Yield and Quality, and Economic Threshold Level of the Weeds. *Korean J. Weed Sci.* 32(1) : 44-51.
- Kim, Y. H., S. M. Kang, A. L. Khan, J. H. Lee, and I. J. Lee. 2011. Aspect of Weed Occurrence by Methods of Weed Control in Rice Field. *Korean J. Weed Sci.* 31(1) : 89-95.
- Kim, K. U., J. H. Kim, and I. J. Lee. 1989. Classification of *Echinochloa* Species Collected in Korea by Method of Seed Morphology and Their Response to Annual Herbicides. *Korean J. Weed Sci.* 9(2) : 141-148.
- Kim, Y. J. 2002. Characteristics of early growth of barnyard grass varieties and their competition with rice. MS thesis, Chungbuk Nat'l Univ.
- Moon, B. C., J. G. Won, Y. L. Kim, S. W. Kim, I. Y. Lee, J. E. Park, and D. S. Kim. 2011. Prediction of Rice Yield and Economic Thresholds by Some Weeds-Rice Competition in Transplanted Rice Cultivation. *Korean J. Weed Sci.* 31(3) : 289-293.
- Pandy, A. and M. Mann. 2000. Proteomics to study genes and genomes. *Nature* 405 : 837-846.
- Smith, R. J. 1983. Weeds of major economic importance in rice and yield losses due to weed competition. *In: Proceedings of the Conference on Weed Control in Rice*, IRRI, LosBanos, Philippines, 19-36.
- Smith, R. J. 1988. Weed thresholds in southern U.S. rice (*Oryza sativa*). *Weed Technol.* 2 : 232-241.
- Yabuno T. 1975. The classification and geographical distribution of the genus *Echinochloa*. *Weed Research(Japan)* 20 : 97-104.
- Yabuno, T. 1983. Biology of *Echinochloa* species. p. 307-318. In IRRI. *Weed control in Rice*. Losbanos, Philippines.
- Yang, W. H., J. H. Kim, J. K. Kim, H. S. Han, and J. J. Shin. 2003. Weed occurrence, rice growth and soil temperature as affected by different biodegradable mulching materials in wet seeded rise. *Korean J. Crop Sci.* 48(1) : 1-7.