

미국개기장(*Panicum dichotomiflorum*)의 發芽 및 出芽 特性에 관한 研究

金 敏¹ · 沈相仁² · 李相珏² · 姜炳華²

Studies on the Characteristics of Germination and Emergence of Tall Panicum(*Panicum dichotomiflorum* Michx.)

Kim, M.¹, S.I. Shim², S.G. Lee² and B.H. Kang²

ABSTRACT

This experiment was conducted to clarify the characteristics of germination and emergence of *Panicum dichotomiflorum* which is a noxious weed species in direct-seeded rice field. *P. dichotomiflorum* was planted with several treatments such as different depths of irrigation to verify the ecological habits of seedling emergence and growth. In order to know the germination characteristics, *Panicum dichotomiflorum* seeds, pretreated with low-temperature(4°C) stratification for breaking the dormancy, were germinated under different temperature regimes and water potentials. Germination rates of *P. dichotomiflorum* was increased from 0% of dormant seed to 1%, 35% and 44% by stratification for 21, 28 and 42 days, respectively. Two dominant weed species in direct-seeded rice fields, *Echinochloa crus-galli* and *Panicum dichotomiflorum*, showed different germination habit under different temperature regimes. *Echinochloa crus-galli* showed more higher germination rate than *Panicum dichotomiflorum* at relatively low temperature regime(20/10°C). Both species germinated faster at 30/20°C than at 20/10°C. When the water potential was lowered, germination of *Panicum dichotomiflorum* was reduced more drastically than *Echinochloa crus-galli*. The critical water potential for germination of *P. dichotomiflorum* was -0.7MPa but *Echinochloa crus-galli* was affected slightly by the same water potential. The results showed that *Echinochloa crus-galli* can germinate under more wide range of soil water potential than *Panicum dichotomiflorum*. Emergence of *P. dichotomiflorum* was highly affected by irrigation depth and the level of water table. When the depth of irrigation water was increased, emergence of *P. dichotomiflorum* was dragged and emergence rate showed significant difference under the irrigation depth deeper than 6cm. The maximum depth of irrigation water for survival of *Panicum dichotomiflorum* seedling was 9cm.

¹ (주) 동방 아그로(Dongbang Agro Corporation)

² 高麗大學校 自然資源大學 食糧資源學科(Dept. of Agronomy, Korea Univ., Seoul, 136-701, Korea)

〈'98. 3. 17 접수〉

緒 言

乾畚直播栽培는 播種된 벼보다 土壤에 雜草가 일찍 出現함으로써 初期부터 作物에 여러 가지 競合害와 生育 沮害를 유발하고, 後期 湛水後의 雜草 出現으로 인하여 적절한 除草劑 選擇에 있어서 문제를 야기하여 省力化를 저해하고 입모을 확보의 어려움 및 倒伏 등의 문제점이 발생하여 作物의 收量과 品質에 막대한 손실을 가져오게 된다. 任等^{1,2)}은 乾畚直播栽培는 雜草發生이 매우 많았으며 多様な 雜草가 고르게 發生하였으나 피가 가장 많았고, 일년생 雜草가 많이 늘어나는 경향이었다고 하였다. 건답직파재배에서 벼와 雜草와의 競合에 따른 個體群 生長率은 播種後 12~14週에 현저하였고, 播種後 11週에 雜草競合의 영향 차이가 가장 컸다고 하였다. 雜草種子는 作物種子와는 달리 休眠이 강한데, 種子の 休眠은 土壤의 水分, 土深 등과 밀접한 관련이 있으며 出芽에 있어서도 중요한 요소가 된다. 姜等⁴⁾은 대부분 雜草들에 있어서 適正 發芽溫度인 30℃에서 미국개기장은 다른 화분과 雜草에 비해서 發芽가 不良하였으며, 4週間 증식시켰을 때 變溫下에서는 높은 發芽率을 보였으나, 低溫 貯藏後 層積처리 없는 變溫에서는 休眠打破가 이루어지지 않았다고 하였다.

雜草種子の 發芽 후 幼苗의 生育에 관계하는 중요한 요소에는 여러 가지가 있으나, 土深과 湛水深은 雜草의 出芽와 初期 伸長에 있어서 生存 與否와 作物과의 水分 및 養分에 대한 競合에도 많은 영향을 끼치고 있다. 一般的으로 雜草種子は 土壤表面에 가장 많이 존재하므로 覆土深에 따라 雜草의 出芽力이 달라질 뿐 아니라 이후의 生長에도 영향을 끼치게 된다. 覆土深 외에 논의 경우는 湛水深이 雜草의 生育에 중요한 요소로서 작용하는데, 出芽 이후의 雜草의 生長에 필수조건인 酸素供給을 제한하여 生長量의 減少를 일으킨다. 姜³⁾은 건조한 土壤에 湛水處理를 하였을 때 水深이 0cm 이상으로 깊어질 경우 皮의 발생은 감소

한다고 하였다. 李等⁷⁾은 播種 후 장기간 湛水狀態로 있으면 出芽에 심각한 문제가 있다고 하였으며, 具等⁶⁾은 湛水深에 따른 皮의 發生本數는 水深이 깊을수록 현저히 감소하는 경향이었고, 廣葉雜草인 물달개비도 水深이 깊을수록 감소하는 경향이었다고 報告하였다. 朴等⁹⁾은 湛水深이 깊어지면 鞘葉長은 길어지나, 幼根長은 짧아지며 湛水深이 너무 깊을 경우 鞘葉뿐만 아니라 本葉까지도 異常 伸長되었다고 하였다. 乾畚直播栽培의 初期 土壤條件은 발상태와 유사하므로 土壤의 水分含量이 雜草種子の 發芽에 큰 영향을 끼치는데, 水分 포텐셜을 조절하여 種子の 發芽에 요구되는 水分 상태를 파악할 수 있다. Kidder and Behrens⁵⁾는 毒새풀의 水分 포텐셜은 외부의 PEG 滲透溶液과 곡선상의 관계를 가지고, 草長은 외부 PEG 용액의 水分 포텐셜의 감소에 따라 低下되었으며, -800KPa 정도의 水分 스트레스에 의해 완전히 停止되었다고 報告하였다.

材料 및 方法

1. 미국개기장과 돌피의 發芽에 관여하는 要因

미국개기장의 種子 休眠 打破를 위한 低溫 層積은 種子를 모래와 混合하여 濕潤상태의 4℃ 조건에서 실시하였고, 層積기간에 따른 發芽率의 변화를 알아보기 위해 21, 28, 42일이 경과한 후 種子를 2% sodium hypochlorite 용액에 10분간 소독하고 수돗물에 세척한 후 變溫과 恒溫에서 發芽實驗을 실시하였다. 또한 미국개기장의 變溫과 低溫 層積處理에 따라 發芽에 대한 相互作用을 알아보기 위해 30일과 40일간 4℃에서 層積처리한 種子를 5월의 中部地方 氣溫과 비슷한 조건인 光週期가 12시간인 25℃/15℃의 變溫條件에서 100립씩 置床하여 發芽床(Dual chamber germinator, Seedburo Inc., USA) 내에서 發芽實驗을 실시하였다. 미국개기장과 돌피 種子の 發芽 特性을 비교하기 위해서 層積處理한 후 50립씩 5反覆으로 置床한 후 30℃/20℃, 20℃/10℃의 變溫하에서 13일동

안 발아율과 발아속도를 조사하였다. 발아속도는 weighted germination percentage(W.G.P)¹⁰⁾를 적용하였다.

2. 水分 포텐셜 변화가 종자의 발아에 미치는 영향

水分 포텐셜은 PEG를 사용하여 조절하였으며 水分 부족시 미국개기장과 돌피의 水分 스트레스 유발 정도를 확인하기 위해 발아와 초기 유묘생육을 조사하였다. 저온층적으로 休眠이打破된 미국개기장과 돌피 종자를 50립씩 3반복으로 치상한 후 PEG(MW 6000)로 水分 포텐셜을 0, -0.3, -0.6, -0.7, -0.8, -0.9 MPa로 조절된 용액을 2ml씩 분주했다. 치상한 종자는 각각 30℃와 20℃의 항온에서 6일간 발아시켰다. 幼苗는 즉시 수돗물에 씻고 흡습지로 水分을 제거한 후 각 처리의 발아 個體數, 草長, 根長, 生體重, 乾物重을 조사하였다.

3. 水位 差異에 따른 出芽 樣相과 灌水 후 生存率

水位의 조절은 고무용기(가로 1.5m, 세로 0.8m)내에 지름이 75mm PVC원통을 세우고 발흙을 고압멸균하여 다른 종자들의 발아력을 제거시킨 후 모래와 3:1로 섞어 채운 후 休眠을打破시킨 雜草종자를 흙과 섞어 5cm 두께로 上層에 채워넣었다. 土壤 表面으로부터 水位가 -6, -3, 0, 3, 6, 9cm가 되도록 처리를 한 후 20일 동안 유묘수를 확인하였고, 또한 -6cm 처리구의 土壤 表面 높이로 물을 담수시켜 灌水深이 0, 3, 6, 9, 12, 15cm가 되도록 한 후 生存率 등을 조사하였다.

結果 및 考察

1. 미국개기장과 돌피의 발아에 관여하는 要因

미국개기장의 休眠打破에 따른 발아의 변화를 알아보기 위해서, 각각 21, 28, 42일간 低溫層積처리 후 25℃/15℃의 變溫에서 발아율과 발아속도를 조사한 결과는 Fig. 1에 나타나 있

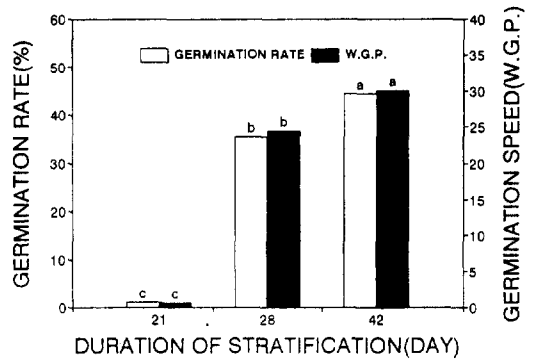


Fig. 1. Changes of germination rate and germination speed by the different stratification periods. The stratification was conducted at 4℃ with imbibed seeds.

다. 미국개기장의 休眠打破를 위해서 21일간의 層積처리 후 발아양상을 살펴보면, 발아율과 발아속도는 각각 1%와 0.62로 매우 낮아 休眠打破 처리의 효과가 없었으나, 28일 이상의 層積처리에서는 休眠이打破되는 것으로 나타났다. 즉 미국개기장이 정상적으로 발아를 하기 위해서는 최소한 4주 이상 低溫 期間을 요구하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 자연상태에서 미국개기장이 종자가 성숙되는 10월 중순부터 발아를 시작하는 시기인 5월초까지 겨울을 나는 동안 休眠이打破되므로 벼 포장에서 休眠期間이 크게 영향을 받지 않을 것으로 사료된다. 禹¹⁴⁾는 低溫 前處理에 의한 발아율의 增進을 보고하였는데, 본 실험에서도 低溫 層積의 효과는 확실하게 나타났다.

直播栽培의 問題雜草인 미국개기장과 돌피의 變溫處理간 발아 정도의 차이는 Fig. 2에 나타나 있다. 상대적으로 높은 溫度인 30℃/20℃의 變溫條件에서 미국개기장과 돌피는 97.6과 94%의 발아율을 보였으나 이보다 낮은 온도인 20℃/10℃의 變溫하에서 돌피의 발아율은 90.4%로 30℃/20℃의 발아율과 거의 차이가 없었으나, 미국개기장은 34.6%의 낮은 발아율을 나타냈다. 미국개기장과 돌피는 모두 乾畚상태에서 분제가 되는 雜草로서 돌피의 경우 미국개기장보다 비교적 저온에서 발아가 잘 되므로 포장조건에서 돌피가 미국개기장보다 일찍

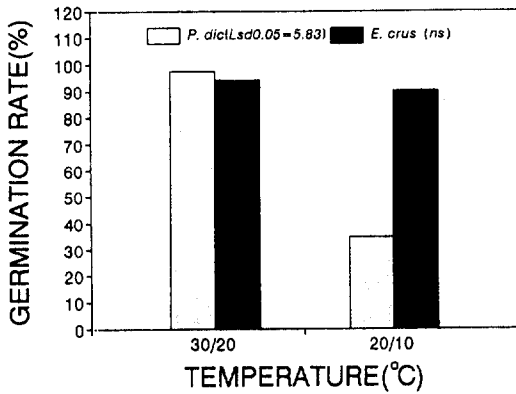


Fig. 2. Comparison of germination rates between *Panicum dichotomiflorum* and *Echinochloa crus-galli* under two different alternating temperature regimes.

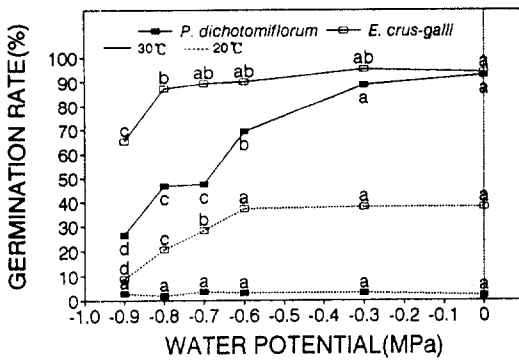


Fig. 3. Changes of germination rates of *Panicum dichotomiflorum* and *Echinochloa crus-galli* according to the decreasing water potential at two different temperature, 20°C and 30°C. Water potential was controlled with PEG 6000.

발생하여 草冠을 형성하게 될 것으로 보여진다.

2. 水分 포텐셜변화가 種子의 發芽에 미치는 영향

水分 포텐셜 감소가 미국개기장과 돌피의 發芽에 대한 영향은 Fig. 3에 나타나 있다. 發芽는 30°C와 20°C 처리구에서 차이가 있었으며, 특히 낮은 온도인 20°C에서는 외부의 水分포텐셜이 낮아짐에 따라 發芽가 거의 이루어지지 않았다. 미국개기장은 30°C에서 -0.3MPa의

水分 포텐셜에서 發芽率이 88.7%로 영향을 받지 않았으나 -0.3MPa 이후에 급격한 감소를 가져왔으며 -0.9MPa에서는 30% 미만의 發芽率을 보였다. 돌피에 있어서는 미국개기장에 비해 水分 포텐셜 감소에 따른 영향이 작았으며 -0.8MPa까지는 87% 이상의 높은 發芽率을 보였다. 그러나 水分 포텐셜이 -0.9MPa로 낮아지면 급격한 감소를 보였다. 이 같은 결과를 토대로 볼 때 發芽에 있어서 전체적으로 30°C에서는 水分 포텐셜 감소에 있어서는 돌피가 미국개기장에 비해 영향이 작았다. 20°C에서 水分 포텐셜 감소에 따른 미국개기장과 돌피의 發芽率은 전반적으로 30°C에서 보다 낮았으나, 돌피는 -0.6MPa까지 75% 이상으로 發芽率의 변화를 거의 보이지 않다가 -0.7MPa 이후 점진적인 감소를 나타내었고 미국개기장은 20°C에서 發芽率이 전반적으로 낮아 水分 포텐셜 감소에 따른 發芽率의 차이가 나타나지 않았다. 恒溫條件 하에서 PEG 처리에 따른 水分 포텐셜의 감소는 두 초종의 發芽率 감소를 유발하였는데, 水分 포텐셜 감소에 따른 發芽率의 반응은 미국개기장이 돌피보다 민감하여 미국개기장의 경우 發芽가 水分 포텐셜에 비교적 영향을 많이 받았다. 이러한 결과는 앞의 Fig. 1과 Fig. 2에 나타난 결과를 연관지어 생각해 볼 때 水分 포텐셜에 대한 植物種의 反應이 차이가 있다는 다른 報告⁸⁾와 같이 미국개기장은 돌피에 비해 水分이 부족한 조건에서 發芽가 영향을 받는다는 것을 보여주는 것이다. 즉 미국개기장은 돌피에 비해 水分條件이 發芽에 있어서 중요한 요소로 작용하는 것으로 사료된다. 돌피는 Rumpho 等^{11,12)}의 보고와 같이 低酸素條件에서 發芽가 비교적 良好하기 때문에 水分不足은 물론 水分過多에 따른 酸素不足條件에서도 發芽가 양호하여 灌水 및 乾畚 直播栽培에서 우점하는 것으로 사료된다.

發芽와 더불어 幼苗의 生長도 水分 포텐셜에 의해 영향을 받았는데, 水分 포텐셜 감소에 따른 미국개기장과 돌피의 幼芽 길이의 변화는 Fig. 4에 나타나 있다. 20°C 하의 -0.7MPa과 -0.8MPa를 제외하고 전반적으로 30°C와 20°C

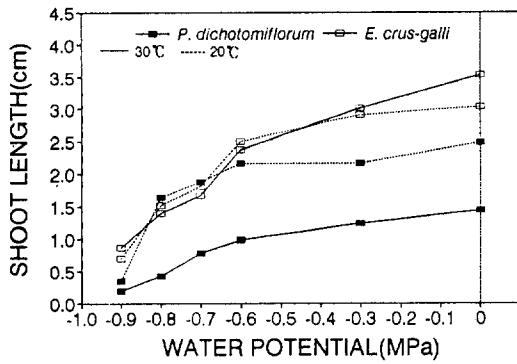


Fig. 4. Changes of shoot length of *Panicum dichotomiflorum* and *Echinochloa crus-galli* seedlings according to decreasing water potentials at two different temperature. Water potential was controlled with PEG 6000.

에서 돌피가 미국개기장보다 幼苗의 길이가 우세한 것으로 나타났다. 미국개기장은 30°C에서 水分 포텐셜 감소에 따라 幼芽의 길이가 완전히 감소하는 경향을 보였다. 상대적으로 저온인 20°C에서 30°C보다 오히려 幼芽의 길이가 길었던 것은 發芽率이 매우 낮아 尙尙種子 중 좋은 상태의 種子만이 發芽하였기 때문인 것으로 사료된다. 돌피는 30°C와 20°C에서 水分 포텐셜의 감소에 따라 거의 같은 경향으로 幼芽 길이의 감소를 나타내었다.

水分 포텐셜 감소에 따른 30°C에서 미국개기장과 돌피의 發芽 個體當 生體重의 차이는 Fig. 5에 나타나 있다. 水分 포텐셜의 감소에 따라 發芽率, 幼芽의 길이와 마찬가지로 生體重도 감소하였다. 水分 부족시 일어나는 發芽와 初期 生育에 있어서 미국개기장은 돌피와의 비교에 있어서는 水分 포텐셜감소에 따른 반응이 더욱 민감하게 나타났다.

3. 水位 差異에 따른 出芽 樣相과 幼苗 生長

水位에 따른 미국개기장의 出芽 樣相은 Fig. 6에서와 같이 서로 다른 양상을 보였다. 미국개기장의 出芽된 개체수는 조사기간동안 수면이 種子가 있는 토층보다 낮은 -6cm부터 3cm까지는 큰 차이 없이 出芽率이 양호하였으나 水深이 6cm와 9cm로 깊어질수록 出芽率이 낮아졌으며 出芽되는 速度도 매우 불량하였다.

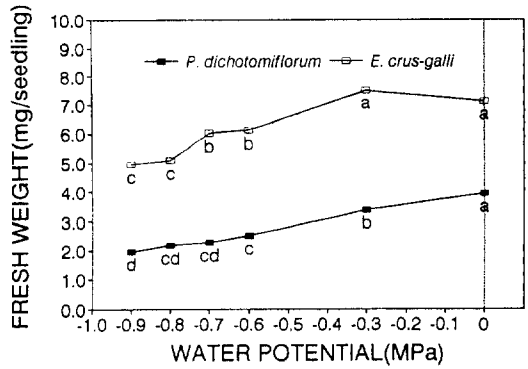


Fig. 5. Changes of the fresh weight of *Panicum dichotomiflorum* and *Echinochloa crus-galli* seedlings according to decreasing water potentials at 30°C. Water potential was controlled with PEG 6000.

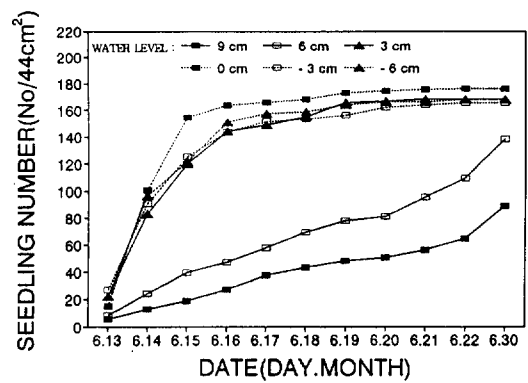


Fig. 6. Changes of seedling-emergence of *Panicum dichotomiflorum* under different water levels. The seeds were incorporated into upper 5cm of covered soil. Flooding treatment was carried on 20 days after packing of *Panicum dichotomiflorum*.

이러한 結果는 姜⁴⁾의 結果와 같은 樣相을 보이는 것으로 土壤內 酸素 不足 등 여러 가지 이유로 發芽 자체는 물론 幼苗의 生育이 불량하여 出現이 늦어진 것으로 사료된다. 즉 灌水 深이 깊어질수록 미국개기장의 出現은 불량한 結果를 보였다. 覆土深에 따른 잡초 종자 발아의 변화에 대한 우¹³⁾의 報告를 고려하여 볼 때 雜草 種子의 出芽는 覆土深이나 灌水深에 의해 강하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 20일간 生育시킨 후 水面으로부터 -6cm에서 3cm까지 水位를 조절한 처리구에서 발생한 幼苗數

가 서로 비슷한 결과를 나타내는 것은 土壤水分과 溫度 條件이 미국개기장의 初期 生育을 왕성하게 유도할 수 있을 정도로 적절하였기 때문이라고 보여진다. 미국개기장의 出現은 水深이 3cm 정도까지는 별 영향을 받지 않았으나 이 이상의 깊이로 깊어질수록 급격하게 감소하였다. 그러나 播種 후 20일경에는 初期에 비해 出現 個體數의 차이가 많이 줄어들었다. 이러한 결과는 초기에 出現하는 個體數의 차이가 크기 때문인데, 灌水深이 깊을 경우 出現速度의 차이가 最終 出現率의 차이보다 크게 나타났다. 또한 20일 후에는 溫度 條件이 18.1~22.8℃로 대부분의 一年生 雜草들이 出芽하여 生育이 가능할 수 있는 조건에 이르렀기 때문에 處理區間의 차이는 水分 條件의 차이에 기인하는 것으로 보여진다.

灌水處理 후 灌水深에 따른 出現 個體의 生存率은 Fig. 7과 같이, 水深이 0cm인 처리구에서는 85.8%, 3cm 처리구에서는 37.3%의 결과를 보였으며, 水深 6cm 처리구와 9cm 처리구에서는 각각 15.1%와 18.2%로 거의 유사한 양상을 나타내었으나 水深이 0cm인 처리구에 비해 급격한 감소를 보였다. 灌水深 0cm는 土壤 표면과 灌水 表面이 일치되는 조건으로 土壤이 水分으로 완전히 飽和된 상태인데, 이 경우 미국개기장의 生存率은 다소 감소가 있었을 뿐 심각하지는 않았다. 이것은 0cm의 水深에서 미국개기장의 出現率을 고려할 때 미국개기장은 土壤이 水分으로 완전하게 飽和된 상태에서 거의 정상적으로 出現과 生長이 일어나는 것으로 나타났다. 灌水深은 미국개기장의 出現率에도 영향을 주지만 이보다는 出現한 개체들의 生存率에 더욱 큰 영향을 주었는데 生存率은 水深이 3cm와 0cm로 水深이 얇은 처리구와 6cm보다 水深이 깊은 처리구의 비교에서 土壤水分이 충분한 조건인 3cm와 0cm 처리구에서 미국개기장 幼苗의 生長은 비교적 우세하였다. 그러나 이보다 깊은 水深의 처리구는 土壤 水分은 충분하였으나 생존율이 감소하는 것은 산소 부족 등으로 인한 呼吸率의 감소 등이 큰 영향을 주어 水深이 깊어질수록 生存

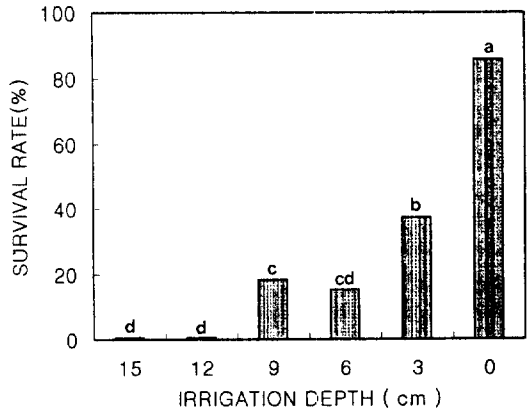


Fig. 7. Effect of water level on the survival rate of *Panicum dichotomiflorum* seedlings.

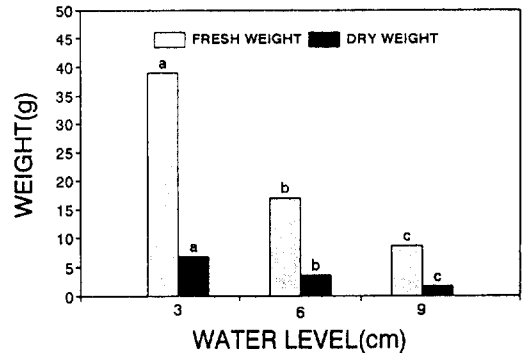


Fig. 8. Effects of water level on the fresh weight and dry weight of *Panicum dichotomiflorum* seedlings.

率의 급격한 감소가 일어난 것으로 사료된다. 水深 6cm와 9cm 처리구에 비해 12cm 이하의 처리구에서 生存率이 크게 감소하여 거의 고사한 것으로 보아 수심 9cm 까지가 미국개기장이 생존할 수 있는 최대의 水深인 것으로 나타났다. 이 결과를 토대로 볼 때 미국개기장이 유묘 상태일 경우 벼 재배포장에서 灌水深이 약 9cm 이상으로 깊어질 경우 미국개기장에 대한 生態的 防除가 가능할 것으로 보여진다. 灌水深 처리에 따른 生存 個體의 生體重과 乾物重은 Fig. 8과 같이 水深에 따라 영향을 받았는데, 水深이 깊어질수록 生體重 및 乾物重 모두 급격히 감소하였다. 이러한 결과는 피에 대한 姜⁴⁾의 보고와 같은 경향으로서 水深이 깊어짐에 따라 산소 공급의 부족과 같은

불량한 환경조건이 生長低下를 일으킨 것으로 사료된다. 즉 미국개기장은 湛水深이 깊어질수록 生育이 불량해져 논에서 벼와의 競爭力이 약해져 벼에 대한 피해가 줄어들 것으로 보여진다.

摘 要

本 實驗은 乾畝直播栽培시 문제가 되는 雜草 中 미국개기장의 發芽에 있어서 變溫과 低溫層積處理시 休眠打破 後 發芽樣相, 水分 포텐셜 감소에 따른 發芽와 初期 生育, 水位에 따른 出芽 樣相과 湛水時 生存 정도 등을 알아보았다.

1. 미국개기장을 각각 21, 28, 42일간 低溫層積處理 後 25℃/15℃의 變溫에서 發芽率은 각각 1, 35, 44%였고, 發芽速度는 0.6, 24.4, 30.0로서 6주 정도의 低溫層積으로 미국개기장의 休眠이 많이 打破되었다.
2. 미국개기장과 돌피의 發芽率은 變溫(30℃/20℃)에서 97.6%와 94%였고, 20℃/10℃에서는 34.6%와 90.4%였다. 發芽速度는 30℃/20℃에서는 77.3과 75.9였고, 20℃/10℃에서는 27.3과 9.1로서 低溫에서 돌피가 미국개기장에 비해 發芽가 잘 되었다.
3. 水分 포텐셜 저하에 따라 發芽率은 30℃에서 미국개기장은 -0.3MPa에서는 88.7%였고, -0.6MPa 이후에 급속한 감소를 보였다. 돌피는 -0.8MPa까지는 87% 이상을 보이다가 -0.9MPa에서 급속한 감소를 보였다. 20℃에서는 돌피가 -0.7MPa이후 점차 감소하였고, 미국개기장은 發芽 適溫 이하의 溫度 영향으로 낮은 發芽率을 보였다. 30℃에서 미국개기장은 0MPa에서는 幼芽長과 幼根長이 각각 1.47mm와 1.23cm였으나, -0.3MPa 이하는 幼根長이 우세하였고, 돌피는 -0.6MPa는 幼芽長이 길었으나 -0.7MPa 이하에서 幼根長이 우세하였다.
4. 미국개기장은 水深이 깊어질수록 出現 개체수가 줄어들었는데, 6cm 이상의 水深에서 出現率은 급격히 감소되었다. 湛水後 生存

率은 수심 0cm와 3cm에서는 85.8%와 37.3%였고, 6cm와 9cm수심에서는 각각 15.1%와 18.2%로 급격한 감소를 보였다. 6, 9cm의 생존유묘수는 0cm에 비해 약 1/5로 감소하였고, 生存 個體의 生體重과 乾物重은 水面으로부터 3cm에서 9cm까지 점점 감소하는 경향을 띠었다.

引用 文 獻

1. 任日彬·具滋玉·全載哲. 1993. 水稻 栽培 類型別 雜草發生 樣相과 競合特性. 第1報. 雜草發生 樣相과 優占度 變異. 韓國雜草學會誌 13 : 26-35.
2. 任日彬·具滋玉·全載哲. 1993. 水稻 栽培 類型別 雜草發生 樣相과 競合特性. 第2報. 群落 空間에 대한 벼와 雜草의 競合. 韓國雜草學會誌 13 : 36-43.
3. 姜炳華. 1986. 피의 發生에 미치는 湛水深의 影響. 韓國雜草學會誌 6 : 7-12.
4. 姜炳華·沈相仁·李相珏·辛鉉媛. 1993. 우리나라 優占 雜草種의 休眠에 관한 生理 生態的 研究. 韓國環境農學會誌 12 : 193-207.
5. Kidder, D.W., and R. behrens. 1991. Control of plant water potential in water stress studies. Weed Sci. 39 : 91-96.
6. 具然忠·吳潤鎮·李鍾薰. 1982. 湛水深에 따른 논 雜草發生 狀態와 除草劑 效果에 미치는 影響. 韓國雜草學會誌 2 : 47-52.
7. 李錫淳·白俊鎬·金台柱·洪承範. 1993. 벼 乾畝直播栽培에서 土壤水分이 出芽에 미치는 影響. 韓國作物學會誌 38 : 228-234.
8. McDonough, W.T. 1976. Water potentials of seeds of *Bromus inemis* and *Medicago sativa* imbibed on media of various osmotic potentials. Can. J. Bot. 54 : 1997-1999.
9. 朴成奉·J.E. Hill·張安徽·李壽寬. 1993. 湛水深 차이가 벼 品種과 피의 初期生育에 미치는 影響. 韓國作物學會誌 38 : 405-412.
10. Reddy, L.V., R.J. metzger, and T.M. Ching.

1985. Effect of temperature on seed dormancy of wheat. *Crop Sci.* 25 : 455-458.
11. Rumpho, M.E. and R.A. Kennedy. 1983. Anaerobiosis in *Echinochloa crus-galli*(barnyardgrass) Seedlings. Intermediary metabolism and ethanol tolerance. *Plant Physiol.* 72 : 44-49.
12. Rumpho, M.E. and R.A. Kennedy. 1981. Anaerobic metabolism in germinating seeds of *Echinochloa crus-galli*(barnyardgrass). *Plant Physiol.* 68 : 165-168.
13. 禹仁植. 1991. 主要 발雜草 種子的 發芽 및 出芽에 關한 연구. I. 培地 및 低溫處理가 雜草種子的 發芽에 미치는 影響. 韓國雜草學會誌 11 : 219-223.
14. 禹仁植. 1991. 主要 발雜草 種子的 發芽 및 出芽에 關한 연구. II. 覆土 深度, 酸度, 施肥가 雜草種子的 出芽에 미치는 影響. 韓國雜草學會誌 11 : 224-228.