

RESEARCH ARTICLE

담수 처리에 따른 잡초성벼의 출현 변화

황운하* · 정재혁 · 이현석 · 박태선 · 양서영 · 최인배 · 최경진
농촌진흥청 국립식량과학원

Emergence Characteristics of Weedy Rice under Flooding depth

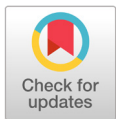
Woon-Ha Hwang*, Jae-Hyeok Jeong, Hyeon-Seok Lee, Tae-Sun Park, Seo-Young Yang, In-Bae Choi, Kyung-Jin Choi

National Institute of Crop Science (NICS), RDA, Wanju, 55365, Republic of Korea

Abstract

We investigated changes of weedy rice emergence and seed condition under different flooding depth condition using 100 accessions of weedy rice germplasm collected in South Korea. In 1 cm of soil buried depth condition, 54 and 57% of emergence was reduced under 5 and 10 cm of flooding depth conditions respectively compared to non-flooding condition. In 5 cm of soil buried depth condition, 66 and 84% of emergence was reduced under 5 and 10 cm of flooding depth conditions respectively compared to non-flooding condition. The 94% of weedy rice germplasm showed less than 10% of emergence rate at 10 cm of flooding depth condition. In flooding condition, seed number, which germinated but did not emerged, was increased. As a result of analyzing the correlation between effective accumulated temperature and seed condition, dead seed rate increased and germination rate decreased depending on effective accumulated temperature. However, emergence rate did not show significant correlation with growth temperature condition under flooding condition such as 5 or 10 cm of water depth, it decreased according to flooding period. In order to reduce the emergence rate of weedy rice, longer than 21 days of flooding might be needed.

Keywords: Emergence, Soil depth, Temperature, Weedy rice



OPEN ACCESS

*Corresponding Author:
Phone. +82 63 238 5263
Fax. +82 63 238 5255
E-mail. hwangwh@korea.kr

Received: September 4, 2018

Revised: September 14, 2018

Accepted: September 18, 2018

© 2018 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

벼 직파 재배는 대표적인 생력 재배 방법으로 알려져 있으며 다양한 파종 방법이 개발되어 있다 (Back et al., 1998; Kim et al., 1991; Kim et al., 1995). 벼 직파 재배는 이앙 재배에 비해 육묘 기간이 필요 없어 노력 절감의 효과는 있지만 이앙 재배에 비해 잡초 및 잡초성벼의 발생이 많아 재배상의 어려움이 있다 (Akasaka et al., 2009; Londo and Schaal, 2007; NICS, 2006).

일반적으로 잡초성벼는 재배벼에 비해 현미에 붉은 빛을 많이 띄고 있으며 저온발아성이 강하고 환경스트레스에도 강한 것으로 알려져 있다 (Cho, 2013; Chung and Paek, 2003; Kim et al.,

2009). 국내에서도 잡초성벼의 효율적인 방제를 위해 온도 및 토양매몰깊이에 따른 발아 및 출현 특성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Cho, 2013; Im et al., 2004). 현재 유전자원 센터에는 국내에서 수집된 잡초성벼 5400여 점이 등록되어 있다. 본 연구팀은 이 중 100점의 유전자원을 선발하여 이를 대상으로 토양 매몰 깊이 및 생육 온도에 따른 출현을 분석하였으며, 잡초성벼는 평균 온도 10°C 이하에서는 출현을 하지 않아 평균 온도 11°C 이상의 유효적산온도가 83-112°C에 도달 시 출현율이 80%에 도달하는 것을 확인하였다(Hwang et al., 2017). 잡초성벼는 벼와 동시에 논에서 생육하게 되면 화학적 방제가 불가능하기 때문에 볍씨 파종 전 출현된 잡초성벼를 화학 및 경종적 방법으로 제거한 뒤 볍씨를 파종하는 것이 효율적인 방제법이라 알려져 있다. 하지만 출현을 위해 높은 온도가 필요하거나 출현 속도가 늦은 잡초성벼 유전자원의 경우 볍씨 파종 적기 전에 출현을 하지 않아 방제에 어려움이 있으며, 이 경우 잡초성벼가 볍씨 파종 후에 출현하여 벼 수량 및 품질을 저해할 위험이 있다. 출현을 위해 높은 온도를 필요로 하는 잡초성벼의 피해를 줄이기 위해서는 토양 속에 존재하는 잡초성벼의 출현 가능성을 분석하고 출현율을 감소 혹은 증진 시키기 위한 방법 개발이 요구된다. 이에 본 시험은 토양 속에 존재하는 잡초성벼 종자의 출현 가능성 및 담수 처리에 따른 잡초성벼의 출현 변화를 분석하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1차 시험재료 및 담수처리 방법

잡초성벼 시험 재료는 본 연구팀에서 2017년 잡초성벼 출현 특성을 분석하기 위해 수행한 시험과 동일하게 농업유전 자원센터에 기탁되어 있는 국내 수집된 잡초성벼 유전자원 5400점의 지역별 분포를 고려한 뒤 총 100점의 유전자원을 선정하였으며 일반 재배벼로는 새누리벼를 사용하였다(Hwang et al., 2017). 크기가 60×90×30 cm가 되는 플라스틱상자 안에 6×6×8 cm로 제작된 플라스틱 칸막이를 넣고 흙을 3cm, 7cm 깊이로 넣어둔 뒤 각 유전자원을 50립씩 3반복으로 파종하여 종자 위로 복토 깊이가 각각 5 cm 및 1 cm로 되게 흙을 넣었다. 이때 흙은 일반 논 포장의 흙을 채취하여 건조 후 2mm 체를 통과한 흙을 사용하였으며 종자 파종 뒤 물을 상자에 담아 흙 표면으로부터 물의 높이가 5cm, 10cm가 되게 하였다. 담수 처리 된 상자는 평균온도가 18°C로 조절된 유리 온실에 두고 4주간 담수 처리를 진행하였으며 담수 처리 후 물을 빼고 담수 처리시와 같은 평균 온도 18°C에 3주간 두고 출현 정도를 조사하였다. 담수 대조 처리구는 물을 충분히 준 뒤 평균 온도 18°C에 두고 출현을 조사를 수행하였다. 유리 온실의 일교차는 ±5°C로 설정하여 한시간마다 온도가 변하게 설정하였으며 일장은 자연일장으로 처리하여 4월부터 6월까지 실험을 진행하였다. 흙 위로 식물체가 1 cm 이상 나왔을 때를 출현한 것으로 정하여 출현율 조사를 수행하였다.

미출현 종자 분석

출현율 조사가 끝난 뒤 각 조사구마다 출현하지 않은 종자를 회수하였다. 회수된 종자 개수를 확인하여 없어진 종자는 소멸된 것으로, 종피 밖으로 유근이 1mm 이상 나온 것은 발아한 것으로 정하였다. 토양 속에 남아있지만 미발아 상태의 종자는 회수하여 2차 증류수로 깨끗이 세척한 뒤, 패트리디쉬에 watman #2 여과지를 깔고 치상 후 물을 충분히 넣은 뒤 30°C로 설정된 성장상에 넣어 2주간 둔 뒤 발아 여부를 조사하였다.

2차 시험재료 및 담수처리 방법

1차 시험결과 담수에서 출현율이 낮았던 유전자원 2점, 담수처리에서도 출현율이 높았던 두 유전자원 2점 및 새누리벼를 2차 시험재료로 선정하여 담수 처리 깊이, 담수 처리 기간 및 담수 처리 온도에 따른 출현 변화를 분석하였다. 이들 시험 종자를 각각 50립씩 3반복으로 하여 1차 시험과 같게 파종하였으며 복토 깊이는 5 cm로 처리하였다. 담수 깊이는 5 cm

및 10 cm로 처리하였으며 평균온도가 18, 22, 25°C로 설정된 유리 온실에 두었다. 담수 처리를 하지 않은 대조구는 물만 충분히 준 뒤 담수 처리구와 함께 온도 처리를 하였다. 온도 일교차는 1차 시험과 같이 10°C로 설정하였으며 담수 처리 기간에 따른 출현율 변화를 분석하기 위해 담수 처리 7, 14, 21 및 28일 후에 물을 빼고 출현이 완료될 때까지 출현 정도를 조사하였다.

통계 및 데이터 분석

잡초성벼 유전자원의 출현, 발아 등 변화 분석은 SAS Version 9.2 (SAS Inc., Cary, NC, USA) 를 이용하여 Duncan's multiple test로 $P < 0.05$ 수준에서 유의적 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

토양 매몰깊이에 따른 잡초성벼 유전자원의 출현변화

잡초성벼 유전자원 100점 및 일반 재배벼 2품종을 이용하여 토양매몰깊이에 따른 출현 변화를 분석하였다. 기존 연구 결과 평균 온도 11°C 이상이 되어야 잡초성벼의 출현이 가능하며 평균 온도 10°C 이하에서는 4주 후에도 출현이 나타나지 않았다 (Hwang et al., 2017). 이 결과를 바탕으로 평균 온도 11°C 이상의 온도를 잡초성벼 출현에 유효한 온도로 설정하고 잡초성벼 파종부터 출현까지의 기간 중 11°C 이상의 온도를 누적하여 유효적산온도에 가정하였다. 이에 유효적산온도 변화에 따른 출현 변화를 분석한 결과, 토양매몰깊이에 따른 출현율 차이를 보였다 (Fig. 1A). 토양매몰깊이가 1 cm로 낮은 경우 유효적산온도가 80°C 일 때 출현율이 80%에 도달하였으며 유효적산온도가 115°C 정도 일 때 출현율이 95% 이상인 것으로 나타났다. 반면 토양매몰깊이가 5 cm로 깊어지면서 유효적산온도가 51°C에 도달할 때까지 출현이 나타나지 않았으며 유효적산온도 80°C 및 115°C에서 각각 50% 및 68%의 출현율을 보여 토양매몰깊이 1 cm에 비해 초기 출현율이 약 30% 가량 감소하는 것으로 나타났다. 유효적산온도 변화에 따른 토양매몰깊이 5 cm와 1 cm에서의 출현율 차이를 분석한 결과 (Fig. 1B), 유효적산온도가 56°C에서 115°C로 증가함에 따라 출현율 차이는 49%에서 25%로 감소하였으나 유효적산온도가 115°C 이상으로 증가 시 토양매몰깊이에 상관없이 출현이 더 이상 증가하지 않아 출현율 차이에는 변화가 없는 것으로 나타났다. 위 실험 결과 토양매몰깊이 1 cm와 비교하여 토양매몰깊이가 5 cm로 깊어지면서 약 25%의 잡초성벼 종자가 출현을 하지 않고 토양 속에 남아있는 것으로 나타났다. 종자가 발아하기 위해서는 호흡을 위한 산소 공급이 필수적이다. 하지만 토양 속은 표층과 비교하여 산소량이 부족할 뿐만 아니라 다양한 토양 미생물의 호흡작용으

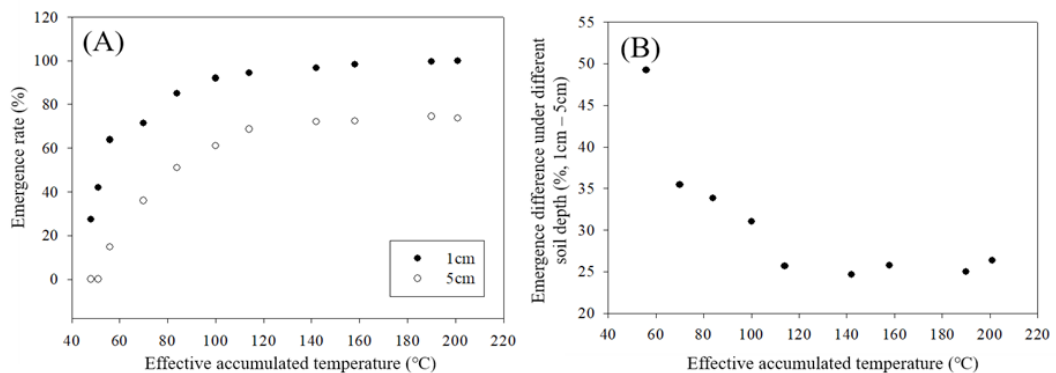


Fig. 1. Emergence rate (%) under different soil depth conditions. (A) Emergence rate in 1 and 5 cm of soil depth according to effective accumulated temperature. (B) Difference of emergence rate (%) between 1 and 5 cm of soil depth conditions according to effective accumulated temperature. Effective accumulated temperature was calculated by accumulating temperatures of 11°C or above.

로 산소의 농도는 감소하는 반면 이산화탄소의 농도가 증가하게 되어 종자의 발아 및 활력이 크게 감소한다고 알려져 있다 (Benenuti and Macchia 1995; Noldin et al., 2006). 토양매몰깊이 5 cm에서 출현이 크게 감소하는 것도 토양 속 산소 부족에 따른 결과라 판단된다.

토양 매몰 깊이 별 담수 처리에 따른 출현 변화 분석

농업유전자원센터로부터 분양받은 국내 수집 잡초성벼 유전자원 100점과 재배벼인 새누리벼를 이용하여 토양매몰깊이 및 담수 처리에 따른 출현 변화를 분석하였다. 평균 18°C로 설정된 온실에서 4주간 담수 처리 후 물을 뺀 뒤 출현율을 조사한 결과 3주 후부터 더 이상 출현이 나타나지 않아 출현이 완료되었다고 판단하여 출현 조사를 완료하였다(Fig. 2). 담수 처리 시 토양 속에 존재하는 O₂ 농도는 크게 감소하는 반면, CO₂ 및 유해가스의 농도가 증가하여 종자의 발아, 생육에 부정적인 영향을 미친다고 알려져 있다(Smith and Fox, 1973). 또한 베트남, 미얀마 등의 동남아시아에서도 담수 깊이를 5-7cm로 할 시 잡초 및 잡초성벼의 발생을 억제하여 벼작과재배에 도움이 된다고 알려져 있다 (Azmi and Karim, 2008; Chin 2001; Ferrero 2001;). 토양매몰깊이가 1 cm 로 얕으며 담수 처리를 하지 않은 상태에서의 출현율을 100% 로 가정하고 토양매몰깊이 및 담수 처리에 따른 상대 출현율을 분석하였다. 시험결과 토양매몰깊이 1 cm에서 담수 처리 시 (Fig. 2A), 담수 깊이에 따른 차이는 보이지 않았으나 담수 처리에 의해 출현율이 각각 54% 및 57%로 무담수처리에 비해 55% 정도 감소하였다. Chanhan (2012)은 담수 처리에 따른 인디카 잡초성벼의 출현 분석 결과, 담수 처리에 의해 잡초성벼의 출현율이 감소하며 특히 토양 속 매몰된 종자의 출현율이 크게 감소한다고 하였다. 토양매몰깊이가 5 cm에서 잡초성벼의 출현율을 분석한 결과 (Fig. 2B), 무담수처리에서 출현율은 13.6% 로 토양매몰깊이 1 cm에 비하여 83% 감소하였다. 토양매몰깊이 5 cm 시 담수 처리 5 cm 및 10 cm에서 출현율은 4.5% 및 2%로 담수 무처리에 비해 각각 66%, 84%가 감소하였다. 이는 기존에 인디카 잡초성벼를 이용하여 시험한 결과와 같은 결과로, 자포니카형 잡초성벼 또한 담수 처리에 의해 출현율이 크게 감소하며 토양 매몰 깊이가 5 cm로 깊을 시 감소폭이 증가하는 것을 확인하였다.

잡초성벼 유전자원별로 토양매몰깊이 및 담수 처리에 따른 출현율 분포 정도를 분석하였다 (Fig. 3). 토양매몰깊이 1 cm, 담수 깊이 5 cm에서는 출현율이 10% 이하인 유전자원의 비율이 29%로 가장 높았으며 11-20%, 21-30%, 31-40%의 출현율을 보인 유전자원비율은 18, 14, 16%로 나타났다. 60%이상의 출현율을 보이는 유전자원 비율은 8%로 대부분의 유전자원이 60% 이하의 출현율을 보였다. 토양매몰깊이 1 cm, 담수 깊이 10 cm에서는 10% 이하의 출현율을 보이는 유전자원이 31%로 증가하였다. 하지만 60% 이상의 출현율을 보이는 유전자원은 7%로 나타나 일부 잡초성벼 유전자원은

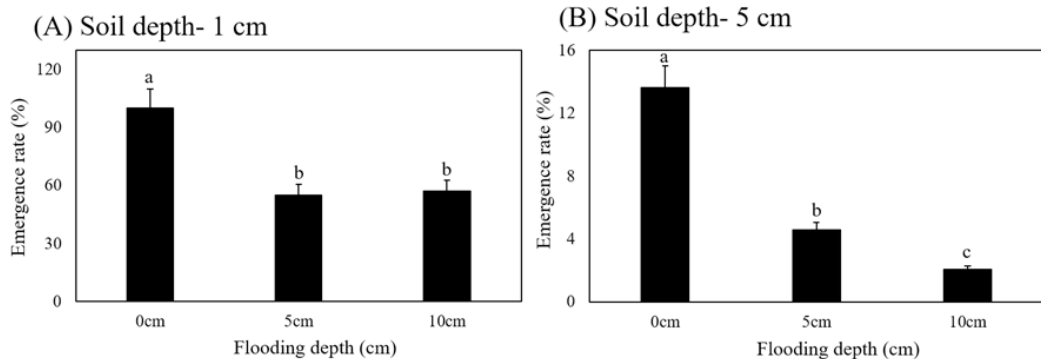


Fig. 2. Emergence rate under different soil depths according to flooding depth. Soil depth was treated as two conditions, 1 cm (A) and 5 cm (B). Flooding was treated as three conditions, 0, 5 and 10 cm. The 0 cm of flooding depth was control treatment which treated enough water to seed germination. Flooding treatment was conducted for four weeks. Emergence rate was checked at three weeks after drained of water when emergence finished.

토양매몰깊이가 1cm로 얇을 시 담수 깊이에 상관없이 높은 출현율을 보이는 것으로 나타났다. 토양매몰깊이 5cm, 담수 깊이가 5cm에서는 출현율은 크게 감소하여 94%의 유전자원이 10%이하의 출현율을 나타내었으며 유전자원 중 가장 높은 출현율은 29%로 나타났다. 토양매몰깊이가 5cm 이면서 담수 깊이가 10cm인 처리구에서는 99.2%의 유전자원이 10% 이하의 출현율을 보여 출현율이 크게 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

토양매몰깊이 및 담수 처리에 따른 토양 속 종자 상태 변화 분석

출현이 완료된 뒤 출현하지 않고 토양 속에 남아있는 종자를 회수하여 종자 상태를 분석하였다. 토양매몰깊이가 1cm로 얇을 시에는 담수 깊이에 상관없이 대부분의 종자가 부패하여 종자 상태를 유지하고 있지 않았으며 일부 종자의 형태를 유지하고 있는 종자도 발아력을 가지고 있지 않았다(데이터 미제시).

반면 토양매몰깊이가 5cm로 깊은 처리구에서는 종자가 발아한 상태이거나 형태를 유지하고 있는 종자가 있는 것을 확인하여 종자 상태를 분석하였다(Table 1). 토양 속에서 발아는 했으나 출현하지 못한 종자를 발아/미출현으로, 발아하지 않고 남아있는 종자를 미발아로 명명하고 각각의 개수를 구하고 총 처리 종자 개수에서 출현, 발아/미출현, 미발아 종자 개수를 제한 나머지 종자를 죽거나 소멸되어 사라진 종자로 판단하였다. 담수 무처리구에서 시험 종자 50립중 출현하지 않은 종자는 43개(86%)로 이 중 발아/미출현 종자는 26개(61%), 미발아 종자는 4.5개(10.6%), 소실된 종자는 12.5개

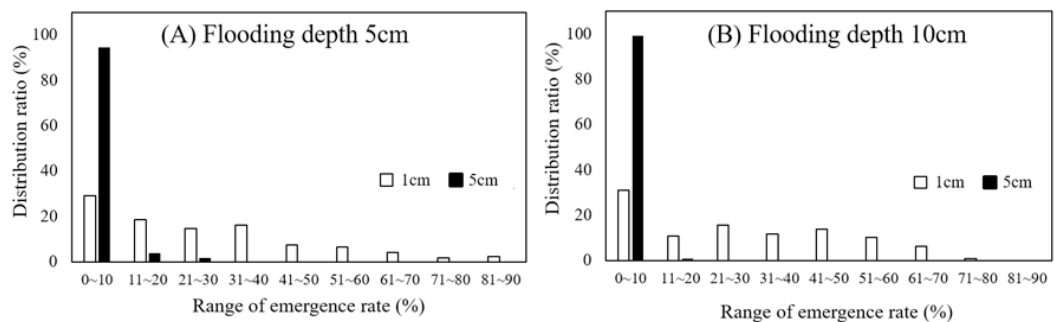


Fig. 3. Distribution ratio (%) of weedy rice germplasm by emergence rate under different soil and water depth. The 100 accessions of weedy rice germplasm were used as materials. Soil depth was treated as 1 and 5 cm and water depth was treated as 5 and 10 cm. Range of emergence rate was divided by 10 % in the range of 0 to 100 %.

Table 1. Analysis of the buried seeds condition in 5 cm of soil depth according to different flooding depths.

Flooding depth(cm)	No. of total seed ^u	No. of germinated seed ^v (%)	No. of dead or disappear seed ^w (%)	No. of non-germinated seed (%)		
				Total ^x	Germination ^y	Dead ^z
0	43a	26a (61)	12.5b (28.2)	4.5a (10.6)	0.3a (0.7)	4.2a (9.7)
5	47b	36.4b (77.4)	4.9a (10.3)	5.7a (12.3)	0.4a (0.8)	5.3a (11.2)
10	49b	38b (77.6)	4.3a (8.7)	6.6a (13.6)	1.6a (3.2)	5a (10.2)

The 100 accessions of weedy germplasm were used as materials. Buried seeds under 5 cm soil depth were obtained when emergence was finished under different flooding depth treatments. After checking the seed condition, non-germinated seed in each buried treatment was obtained when emergence was finished. Then germination of non-germinated seeds was tried in chamber at 30°C condition to confirm seed vitality.

^u Number of weedy rice seeds found in the soil.

^v Germinated but did not emerged weedy rice seed in soil.

^w Seed number except emerged or found seed.

^x Number of seeds not germinating in the soil.

^y Germinated seed number among the seed not germinated in the soil during flooding period.

^z Non-germinated seed number among the seed not germinated in the soil during flooding period.

a-d: Means with the same letter are not significantly different at $P=0.05$ level in Duncan's multiple range test

(28.2%)였다. 담수 깊이 5 cm 일 시, 시험 종자 50립중 출현하지 않는 종자는 47개로 (95.5%), 이 중 발아/미출현 종자는 36.4개 (77.4%), 미발아 종자 5.7개(12.3%), 소실된 종자는 4.9개(10.3%)였다. 담수 깊이가 10 cm로 깊어져도, 시험 종자 50립중 출현하지 않는 종자는 49개로(97.5%) 담수 깊이 5 cm와 비슷한 경향이였으며, 이 중 발아/미출현 종자는 38개 (77.6%), 미발아 종자 6.6개(13.6%), 소실된 종자는 4.3개(8.7%)로 담수 깊이에 따른 종자 상태의 변화는 나타나지 않았다. 각 처리구에서 미발아 상태인 종자를 회수하여 세척 후 발아 시험을 수행한 결과, 담수 깊이와 관계없이 발아력을 갖는 종자는 2% 미만으로 낮은 것으로 나타났다.

생육 온도 및 담수 처리에 따른 출현 변화 분석

담수 처리 시 생육 온도에 따른 출현 변화를 분석하기 위해, 토양 매몰 깊이를 5 cm로 하여 잡초성벼 종자를 파종하고 담수 깊이를 5 cm, 10 cm로 처리 한 뒤 평균온도가 18, 22, 25°C 로 설정된 온실에 두고 7-28일까지 7일 간격으로 물을 뺀 뒤 물을 뺀 직후의 출현율을 조사하였다. 담수 처리 깊이가 5cm일 때, 물을 뺀 직후에 출현율을 조사한 결과 (Fig. 5A), 담수 처리 기간에 따른 큰 차이를 보였다. 담수 처리 기간이 21일로 길어지면서 담수 처리 직후의 출현율은 증가하였으나 담수 처리 기간이 28일로 증가할 시에는 더 이상의 출현율 증가는 보이지 않았다. 이를 통해 18-25°C의 온도범위에서는 종자 발아 및 출현에 필요한 온도를 확보하기 위해 7일 이상의 기간이 필요하며, 담수 기간이 길어지면 출현율이 감소한다는 것을 알 수 있었다. 또한 담수 처리 후 물을 뺀 뒤 출현이 완료되었을 때 출현율을 조사한 결과 (Fig. 5B), 담수 처리 14일 까지는 출현율이 증가하나 담수 처리 21, 28일에서는 출현율이 감소함을 확인하였다. 이는 담수 처리가 7, 14일로 다소 짧은 경우 활력을 유지하고 있는 종자가 물이 빠지면서 산소가 공급되면서 출현을 시작하여 출현율이 증가한 것으로 보이며, 이를 통해 담수 처리 14일 이상이 되어야 종자의 활력이 감소하여 출현율이 감소하는 것으로 판단된다.

생육 온도를 달리하여 담수 깊이에 따른 출현율, 종자 사멸율 및 발아는 하였지만 출현하지 못한 개체(발아/미출현율)의 비율을 유효적산 온도에 따른 변화로 분석하였다 (Fig. 6). 각 생육 온도 별로 담수 처리 뒤 물을 뺀 직후 출현율을 조사하였으며, 종자 사멸율 및 발아하였지만 출현하지 못한 개체의 비율은 출현이 완료된 후 조사를 진행하였다. 각 온도 처리 시 담수 처리 기간 동안의 유효 적산 온도를 계산하여 유효 적산 온도에 따른 출현율, 종자 사멸율, 발아/미출현율을 분석한 결과, 출현율은 담수 깊이와 관계없이 유효 적산 온도와 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 담수 깊이 5 cm 처리에서 유효 적산 온도 1°C 증가함에 따라 종자 사멸율의 경우 0.09% 증가, 발아/미출현율은 0.03% 감소하는 경향이였다 (Fig. 6C, E). 담수 깊이 10 cm의 경우 담수 깊이 5 cm에 비해 유효 적산온도와의 상관관계가 감소하는 경향이였으며 유효 적산 온도 1°C 증가에 따른 변화 정도도 감소하는 경향이였다 (Fig. 6D, F).

담수 깊이 5 cm의 경우 담수 처리 기간이 7일 에서 14일로 증가 시 출현율은 큰 차이를 나타내지 않았으나 처리 기간이

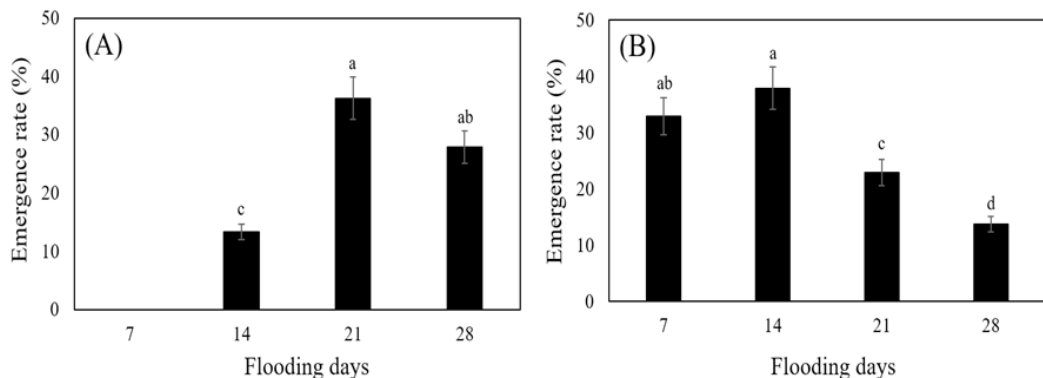


Fig. 5. Emergence rate (%) according to different flooding periods. (A) Emergence rate after water draining. (B) Emergence rate at 30 days after water draining when emergence was finished.

21일로 증가 시 출현율이 70% 감소하였다(Fig. 7A). 하지만 담수 처리 기간이 28일로 증가시에는 더 이상의 출현율 감소는 나타나지 않았다. 담수 처리 기간별 생육 온도에 따른 출현율을 분석한 결과, 담수 기간이 14일일 경우 출현율은 생육 온도에 따른 차이를 보이지 않았으나 담수 기간이 7, 21, 28일 시 생육온도가 25°C일 때 출현율 감소폭이 낮아지는 경향이 있었다. 담수 처리 깊이가 10cm로 증가 시, 담수 처리 기간에 따른 출현율 변화는 담수 깊이 5cm에 비해 다소 감소하는 경향이 있었다 (Fig. 7B). 담수 기간이 7일인 경우 생육 온도 별 출현 정도는 담수 깊이와 관계없이 유사한 경향이 있었다. 하지만 담수 처리 기간이 14일 이상이 되면서 담수 깊이가 10 cm로 깊은 경우 담수 깊이 5 cm에 비해 출현율이 16-57%까지 증가하는 경향이었으며, 담수 처리 기간이 21, 28일로 길어져도 생육 온도가 22 및 25°C 이면서 담수 깊이가 5cm 인 처리에 비해 출현율 감소가 적은 경향이 있었다. 이는 생육 온도가 높아 발아에 적합한 환경조건이 되면 종자의 활력이 증가하여 담수 처리 시에도 출현이 활발히 나타난 결과라 사료되며, 이와 관련된 실험이 추가로 필요한 것으로 판단된다. 위의결과를 통해 담수 깊이를 5 cm 로 처리하는 것이 10 cm 처리에 비해 잡초성벼의 출현 감소에 더욱 효율적이며, 담수 깊이 5 cm 처리 시 생육 온도 보다는 담수 처리 기간이 출현율 감소에 큰 영향을 미치며 잡초성벼의 출현 감소를 위해서는 21일 이상의 담수 처리가 필요한 것으로 판단된다.

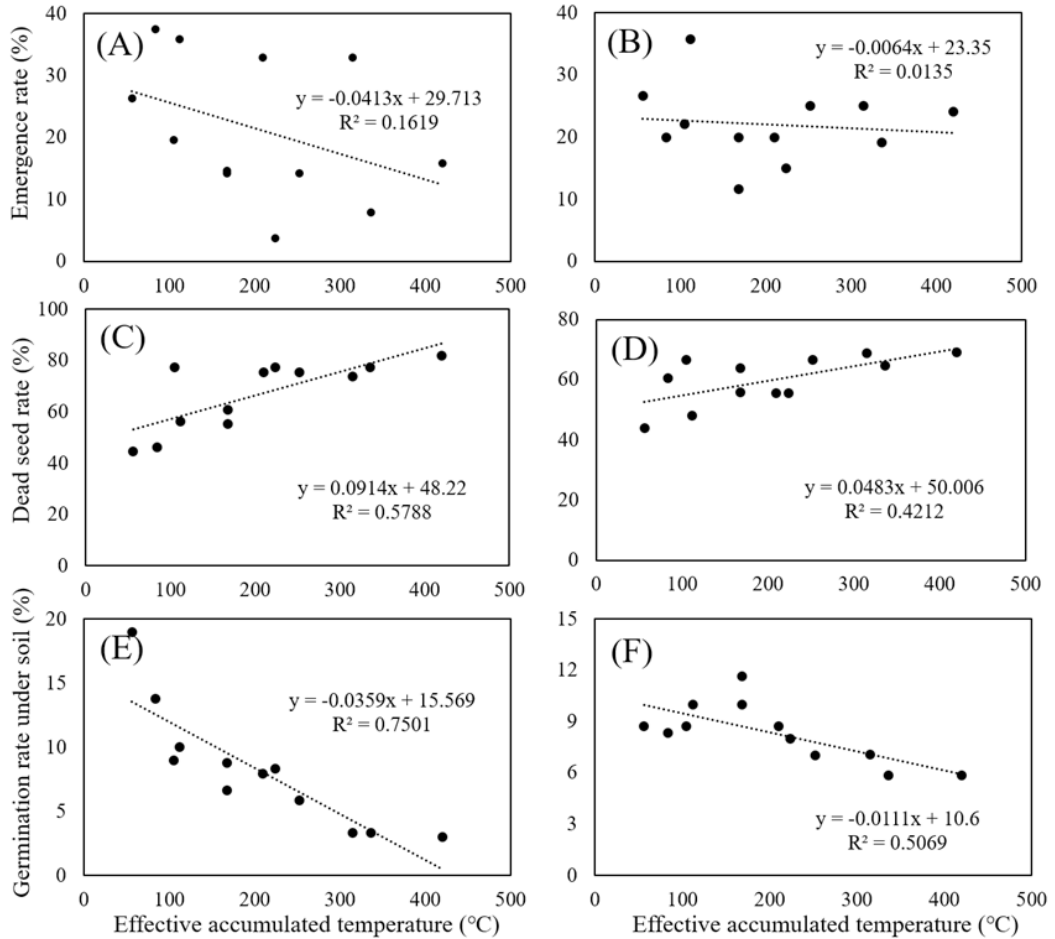


Fig. 6. Seed condition of weedy rice according to effective accumulated temperature under 5 cm of water depth (A, C, E) and 10 cm of water depth (B, D, F) condition. Emergence rate (A, B), dead seed rate (C, D) and germination rate under soil (E, F) were checked at 30 days after water draining. Effective accumulated temperature was calculated by cumulating the average temperature over 10°C in each temperature condition.

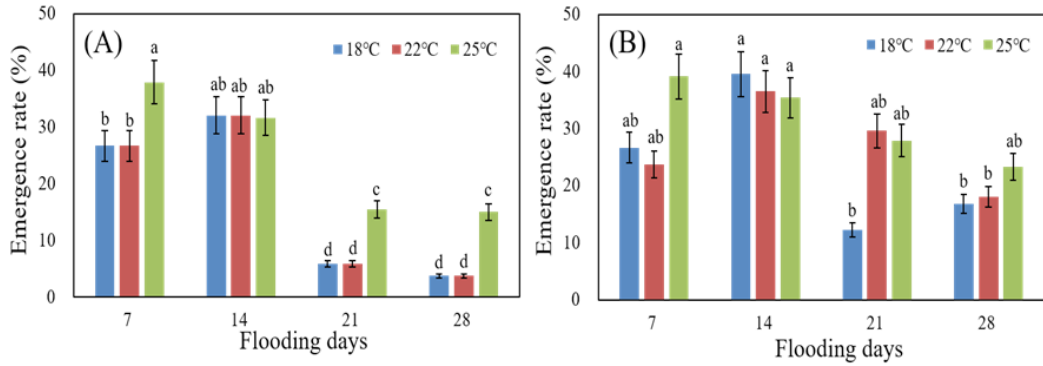


Fig. 7. Emergence rate (%) according to different flooding periods under 5 cm of flooding depth (A) and 10 cm of flooding depth (B) condition. Seed of weedy rice germplasm were sowed under 5 cm of soil depth then treated different water depths, cultivated at different temperature conditions until emergence was finished.

Acknowledgments

This study was supported by joint research project from Rural Development Administration, Republic of Korea (Project number: PJ01157702).

요약

국내에서 수집되어 농업유전자원센터에 기탁된 잡초성벼 유전자원 중 100점을 이용하여 토양 매몰 깊이, 담수 처리 깊이 및 기간, 생육 온도에 따른 출현율을 분석하고 출현하지 못하고 토양 속에 존재하는 종자를 회수하여 종자 상태를 분석하였다. 토양 매몰 깊이가 1cm로 얕을 시 담수 깊이 5cm 및 10cm 처리에서 출현율이 각각 54, 57% 감소하였으며, 토양 매몰 깊이가 5cm 깊어지면서 담수 처리에 따른 출현율 감소는 담수 5cm, 10cm에서 66, 84%로 크게 증가하였다. 잡초성벼 유전자원 별 담수 처리에 따른 출현율 변화를 분석한 결과, 토양매몰깊이 1cm 및 담수 깊이 5cm에서는 대부분의 유전자원이 60% 이하의 출현율을 보였으며, 토양매몰깊이 5cm 및 담수 깊이 5cm에서는 출현율은 크게 감소하여 94%의 유전자원이 10%이하의 출현율을 나타내었다. 출현이 완료된 뒤 출현하지 않고 토양 속에 남아있는 종자를 회수하여 종자 상태를 분석한 결과, 토양매몰 깊이가 5cm 일 시, 담수 처리에 의해 발아는 하였지만 출현하지 못하는 비율이 증가한 반면 죽거나 소멸된 종자의 비율은 감소하였다. 생육 온도를 달리하여 담수 처리 기간 동안의 유효 적산 온도에 따른 종자의 변화를 분석한 결과, 출현율은 유효 적산 온도와 유의한 상관관계를 보이지 않았으나 종자 사멸율 및 발아/미출현율은 유효 적산 온도에 따라 증가, 감소하는 경향이였다. 담수 처리에 따른 출현율 변화는 담수 처리 온도 보다는 담수 처리 기간에 따른 차이가 컸으며 담수 처리 기간이 21일 이상일 시 출현율이 크게 감소하였다.

주요어: 잡초성벼, 출현율, 매몰깊이, 담수처리, 생육온도

References

Akasaka, M., Ushiki, J., Iwata, H., Ishikawa, R. and Ishii, T. 2009. Genetic relationships and diversity of weedy rice (*Oryza sativa* L.) and cultivated rice varieties in Okayama Prefecture, Japan. *Breed. Sci.*

59:401-409.

- Azmi, M. and Karim, S.M.R. 2008. Weedy rice-biology, ecology and Management. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Back, N.H., Kim S.S., Il, I.B., Choi, M.G., Yang, W.H., et al. 1998. The optimum of seeding date and rate on growth and yield of rice in water seeded rice at southern plain area. RDA. J. Crop Sci. 40(2):33-38.
- Benvenuti, S. and Macchia, M. 1995. Hypoxia effect on buried weed seed germination. Weed Res. 35:343-351.
- Chanhan, B.S. 2012. Weedy rice (*Oryza sativa* L) II. Response of weedy rice to seed burial and flooding depth. Weed Sci. 60(3):385-388.
- Chin, D.V. 2001. Biology and management of barnyardgrass, red sprangletop and weedy rice. Weed Biol. Manag. 1:37-41.
- Cho, Y.S. 2013. Characteristics of germination and seeding growth of red rice by temperatures and seeding depths. Korean J. Crop Sci. 58(3):319-323.
- Chung, N.J. and Paek, N.C. 2003. Photoblastism and ecophysiology of seed germination in weedy rice. Agron. J. 95:184-190.
- Ferrero, A. 2001. Red rice control in rice. Cah. Options Mediterr. 28:1-8.
- Hwang, W.H., Back, J.S., An, S.H., Jeong, H.Y., Lee, H.S., et al. 2017. Emergence characteristics of weedy rice collected in South Korea. Weed Turf. Sci. 6(3):179-188.
- Im, I.B., Kang, J.G. and Kim, S. 2004. Physio-ecological characteristics and control of weedy rice in the rice paddy. Kor. J. Weed Sci. 24(1):56~63.
- Kim, S.S., Back, N.H., Seok, S.J., Lee, S.Y. and Cho, D.S. 1995. Effect of seeding times on growth and yield of rice in puddled drill seeding at southern plain area. Korean J. Crop Sci. 40(2):212-220.
- Kim, S.S., Park, S.T., Lee, S.K. and Chung, G.S. 1991. Determination of the critical seeding date in dry-seeded rice. Res. Rep. RDA(R). 33(3):66-74.
- Kim, S.Y., Hwang, S.J., Lee, I.J., Shin, D.H. and Park, S.T. 2009. Germination characteristics of photoblastic weedy rice (*Oryza sativa* L.) seed. Kor. J. Weed Sci. 29(4):310-317.
- Londo, J. P. and Schaal, B. A. 2007. Origins and population genetics of weedy red rice in the USA. Mol. Ecol. 16:4523-4535.
- NICS (National Institute of Crop Science). 2006. Farming casebook (rice farming division) II . p. 958. Jeonju, Korea.
- Noldin, J.A., Chandler, J.M. and McCauley, G.N. 2006. Seed longevity of red rice ecotypes buried in soil. Plant daninha. 24(4):611-620.
- Smith, R.J.J. and Fox, W.T. 1973. Soil water and growth of rice and weeds. Weed Sci. 21:61-63.