

## 볍씨 최아 및 최아 손상정도에 따른 초기생육변화 분석

최명구<sup>1</sup> · 정재혁<sup>2</sup> · 이현석<sup>2</sup> · 양서영<sup>2</sup> · 이충근<sup>3</sup> · 황운하<sup>2,†</sup>

### Rice Plant Growth Characteristics According to Different Seed Germination Length and Damage

Myoung-Goo Choi<sup>1</sup>, Jae-Hyeok Jeong<sup>2</sup>, Hyen-Seok Lee<sup>2</sup>, Seo-Yeong Yang<sup>2</sup>, Chung-gun Lee<sup>3</sup>, and Woon-Ha Hwang<sup>2,†</sup>

**ABSTRACT** We checked the emergence rate and early growth characteristics of young rice plants according to the germination length and seed damage ratio in direct seeding. The emergence rate was reduced according to the longer germination length and higher seed damage ratio. The emergence rate was further reduced under high-temperature conditions. The leaf number did not show a significant difference according to germination length and seed damage ratio. However, shoot and root dry weights were reduced according to the germination length and seed damage ratio. The root dry weight was highly correlated with the shoot dry weight. Based on these results, we concluded that a longer germination length and seed damage could induce the loss of nutrients and affect poor root growth, consequently inducing poor emergence and growth in the early growth stage of rice seeds. Therefore, in rice direct seeding, seed conditions of less than 1 mm of germination length should be checked for a sufficiently high standing rate and adequate growth characteristics after seeding.

**Keywords** : direct seeding, emergence rate, germination, seed damage

벼 직파재배는 이앙재배에 비해 육묘과정이 필요 없어 육묘 및 이앙과정이 생략되어 생산비 및 노동력 절감을 위한 대표적인 생력재배 기술로 알려져 있다. 그러나 직파재배는 볍씨 직파 후 안정적인 입모 확보, 잡초성벼 및 잡초방제의 어려움으로 재배면적이 점차 감소하고 있다(Korean Statistical Information Service, 2019; Shon *et al.*, 2012; So *et al.*, 1995; Jeong *et al.*, 2001). 벼 직파재배기술에는 건답직파, 무논점파, 담수직파 등이 있으며 현재 가장 많이 수행되고 있는 직파재배는 무논점파 재배기술이다. 건답직파는 마른 볍씨를 마른상태의 논에 바로 파종하는 기술로 볍씨 최아가 필요 없지만 무논점파 및 담수직파 재배기술은 소독 및 최아한 볍씨를 논에 파종하는 기술로 볍씨의 적절한 최아과정이 필요하다.

직파재배 시 안정적인 수량 확보를 위해서는 무엇보다도 안정적인 입모확보가 중요한데 이를 위해서는 파종된 볍씨

의 출현이 원활하고 초기 생육 속도가 빠른 것이 중요하다. 이에 입모확보를 위한 적합 파종시기 등의 연구가 활발히 진행되어 파종 후 평균온도 18°C 이상의 기온이 2주 이상 지속될 시 초기생육확보가 유리하다고 알려져 있으며 이를 바탕으로 지역별로 적합한 파종시기가 구명되어 있다(Hwang *et al.*, 2019; Baek *et al.*, 2007).

또한 안정적인 입모를 위해서는 파종 시 볍씨의 상태가 중요하다. 직파재배 시 볍씨의 최적 최아정도는 1 mm 내외로 알려져 있으며 최적 소독 및 최아를 위해서는 30~32°C로 수온을 맞추어 약 1~2일 정도의 소독과정이 필요하며, 이 후 침종 및 싹틔우기 과정이 필요하다. 볍씨의 최아 길이는 온도에 따라 크게 달라지며 최적 최아 온도는 30~32°C로 알려져 있다. 볍씨는 최아 시 종자 내 전분함량이 감소하며 전분의 구조 및 크기가 변화한다고 알려져 있다(Wu *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2017; Pinkaew *et al.*, 2016, 2017). 또한

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 전문연구원 (Postdoc Fellow, Crop National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구사 (Junior Scientist, Crop National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구관 (Senior Scientist, Crop National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: Woon-Ha Hwang; (Phone) +82-63-238-5263; (E-mail) [hwangwh@korea.kr](mailto:hwangwh@korea.kr)

<Received 28 June, 2021; Revised 17 August, 2021; Accepted 17 August, 2021>

종자최아 길이가 길수록 파종 시 유근의 손상 위험성이 증가하는데 이는 현재 대부분의 범씨 파종이 자동파종기를 이용해 진행되는데 이때 종자들끼리 부딪히며 유근이 끊어질 가능성이 크기 때문이다. 그러나 범씨 최아 길이 및 최아 후 종자 손상정도에 따른 출현율 및 초기생육변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 범씨 종자 최아 상태 및 최아 손상정도와 입모율 및 초기생육변화와의 관계를 분석하여 적합한 종자 최아상태를 구명하여 벼 직파재배 시 초기 입모율 및 생육 확보와 도움이 되고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 시험재료 및 생육처리

본 시험에 사용된 시험재료는 새청무, 일품, 신동진, 새일미를 사용하였다. 각 시험 종자는 28°C에서 2일간 소독 후 최아길이별 종자처리를 위해 미최아종자는 찬물에 담그어 최아를 중지시키고 최아처리 종자는 최아길이가 1 mm, 3 mm, 5 mm 및 10 mm가 되도록 맞추어 시험재료로 사용하였다. 최아처리 종자는 종자손상 처리를 위해 최아의 손상이 없는 것을 손상 0%로 설정하고 최아길이별로 전체 최아 길이의 10%, 25%, 50% 및 100%를 자른 것을 손상 10%, 25%, 50% 및 100%로 설정하였다. 각 시험재료는 파종 후 종자가 보이지 않을 정도로 약 1 mm 두께로 복토를 하였으며 생육평균온도 15, 18, 21 및 24°C로 설정된 온실에서 촉촉이 물을 준 상태로 생육시켰다.

### 생육변화 분석

시험재료별 출현율은 파종 15일 후 출현율을 조사하여 최종 출현율로 분석하였으며, 초장변화는 파종 10일 이후 10개체 씩 3반복으로 각 처리별 초장을 조사하여 평균값으로 계산하였다. 최종 건물중은 파종 30일 후 시험재료를 채취하여 60°C에 4일 건조하여 측정하였다.

### 호흡량 측정

최아 길이에 따른 호흡량 측정을 위해 최아길이를 1 mm 및 10 mm로 구분하여 각 처리별로 2000립의 종자를 밀폐용기에 넣은 뒤 Oxygen meter (apogee instruments, Model MO-200)을 이용하여 밀폐용기속에 산소량변화를 측정하였다. 밀폐용기는 25°C로 설정된 항온기에 종자 생육을 위해 물을 촉촉이 넣은 상태로 처리하였다.

### 통계처리

통계처리는 SAS 9.4을 사용하였으며 Duncan's multiple range test (DMRT)로 유의수준 0.05% 수준에서 분석하였다.

## 결 과

### 최아 길이에 따른 출현율 및 생육변화

시험재료의 최아 길이에 따른 출현율을 분석한 결과 최아 길이가 길수록 출현율은 다소 감소되는 것으로 나타났다(Fig. 1(A)). 최아가 약간 보이는 상태인 1 mm의 경우 출현율은 80%에 이르나 최아길이가 5 mm이상으로 길어지면 출현율은 약 70%까지 감소하는 것으로 나타났다. 최아 길이별 출현율을 생육온도별로 분석한 결과(Fig. 1(B)), 생육온도가 15°C로 낮을 경우, 최아길이 1 mm에 비해 3 mm 이상으로 길이가 길어질 시 출현율이 감소하였고 3 mm 이상에서는 큰 차이를 보이지 않았으나 생육온도가 18°C 이상으로 높아질 경우, 최아길이가 길어짐에 따라 출현율이 감소하는 경향이였다.

최아길이에 따른 초장변화를 분석한 결과(Fig. 1(C)), 최아길이가 1 mm 및 3 mm 시 생육일별 초장신장 속도는 약 0.9 및 0.87 cm로 나타났으나 최아길이가 5 mm 및 10 mm로 길어질 시 일별 초장신장속도는 0.75 cm로 감소되는 경향이였다. 또한 생육온도별 초장을 분석한 결과(Fig. 1(D)), 생육온도가 15°C 및 18°C로 낮을 경우 최아길이에 따른 초장변화는 없었으나 생육온도가 21°C 이상으로 높아질 시 최아길이가 3 mm 이상에서는 초장이 크게 감소하는 경향이였다.

최아길이에 따라 엽수는 유의한 차이를 나타내지 않았으나 줄기의 두께는 최아길이가 5 mm 이상으로 길어질 시 유의하게 감소하는 경향이였다(Fig. 2(A,B)). 최아길이 및 생육온도에 따른 줄기 건물중 변화를 분석한 결과(Fig. 2(C)), 최아길이가 길수록 줄기 건물중이 다소 감소하였으며 이는 생육온도가 18°C 이상으로 높을수록 뚜렷하게 나타났다. 최아길이 및 생육온도에 따른 뿌리 건물중 변화를 분석한 결과 또한 생육온도가 18°C 이상으로 높을 경우 최아길이에 따라 뚜렷하게 감소하는 경향이였다(Fig. 2(D)).

### 최아길이에 따른 호흡량 변화

최아길이 1 mm 및 10 mm에 따른 산소소모량변화를 분석한 결과(Fig. 3), 최아길이가 1 mm로 짧을 경우 25시간 동안 약 0.8%의 산소가 소모되었으며 시간당 약 0.03%의 산소가 소모된 것으로 나타났다. 반면 최아길이가 10 mm로 길어질 시 25시간 동안 약 1.3%의 산소가 소모되었으며

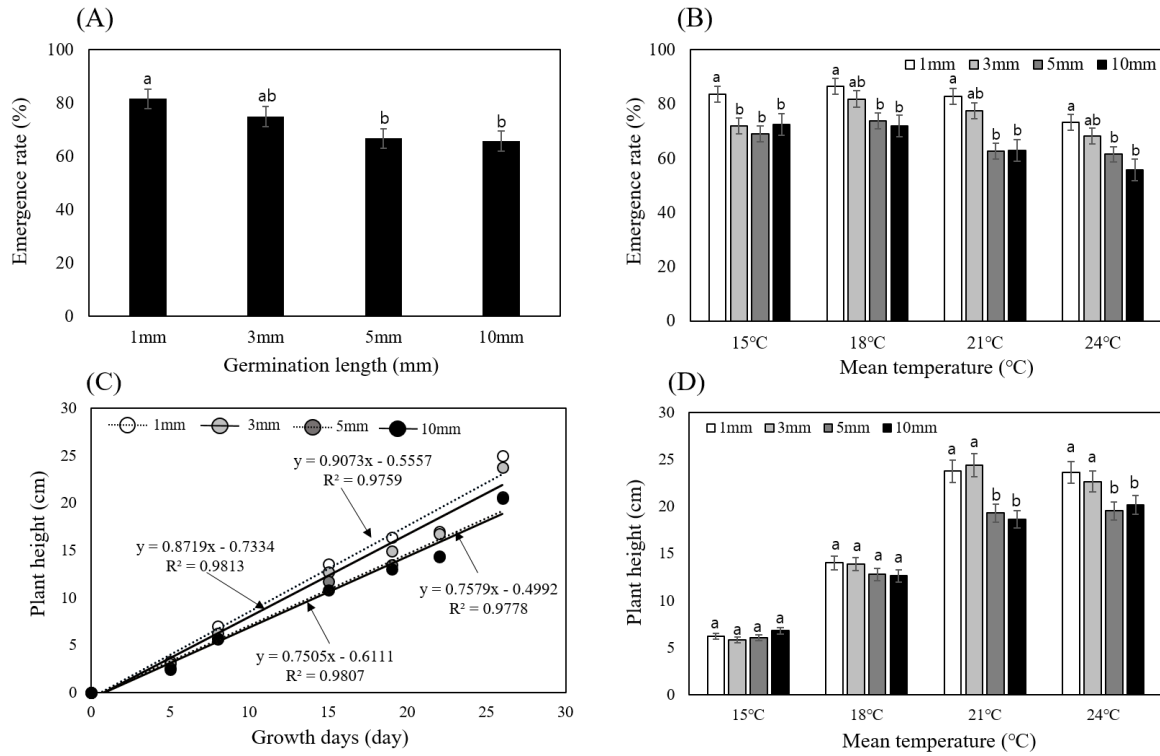


Fig. 1. Effect of germination length on (A) emergence rate and (C) plant height. Effect of mean temperature and germination length on (B) emergence rate and (D) plant height.

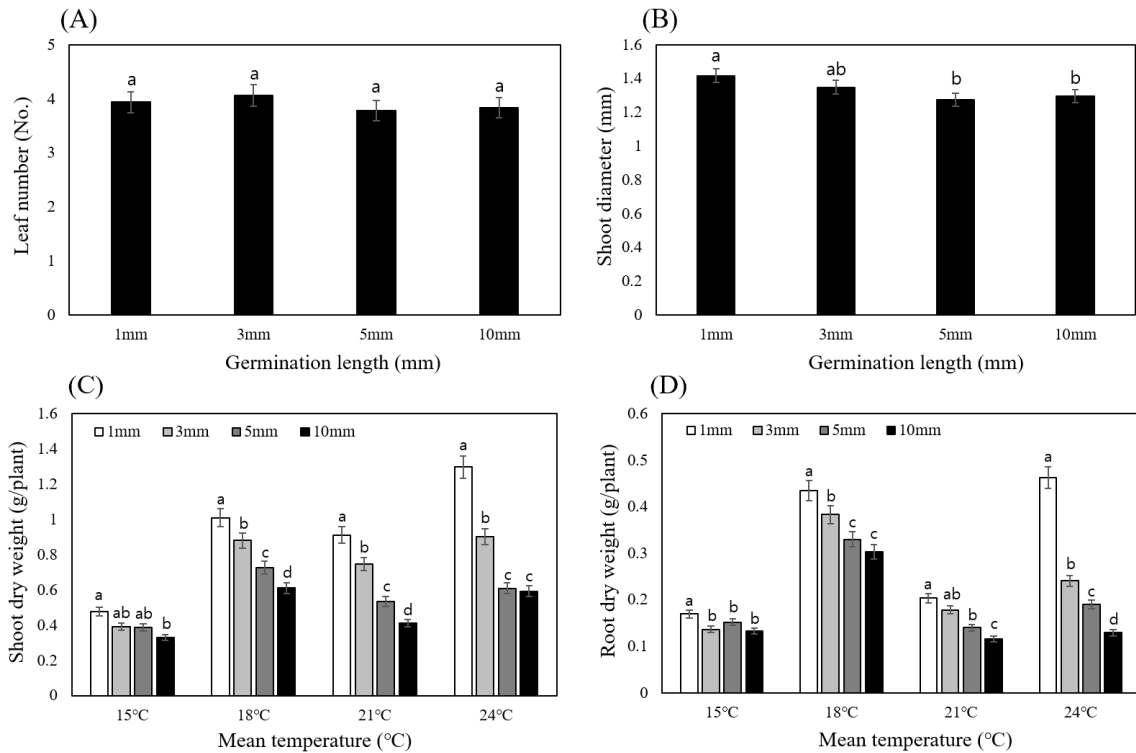


Fig. 2. The change of (A) leaf number and (B) shoot diameter according to different germination length. The change of (C) shoot and (D) root dry weight according to different germination length and mean temperature conditions.

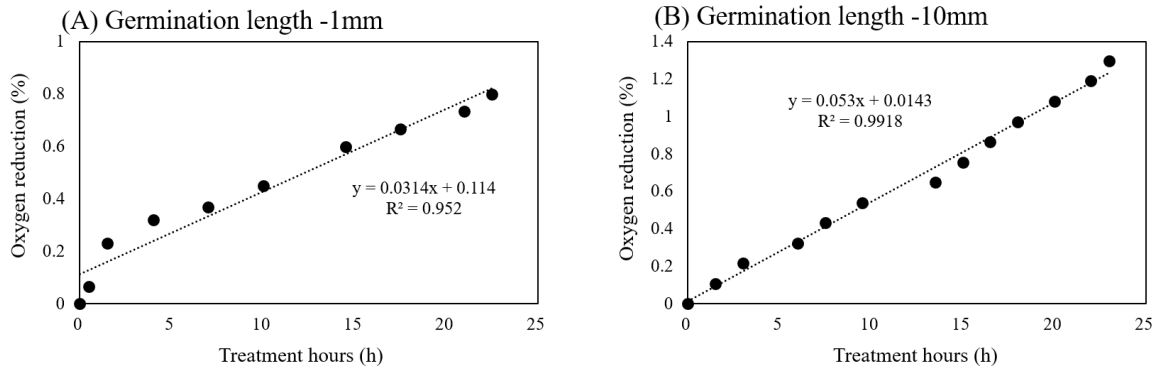


Fig. 3. The change of oxygen reduction rate in (A) 1mm and (B) 10mm of germination length for 25 hours at 25°C with 100% water condition.

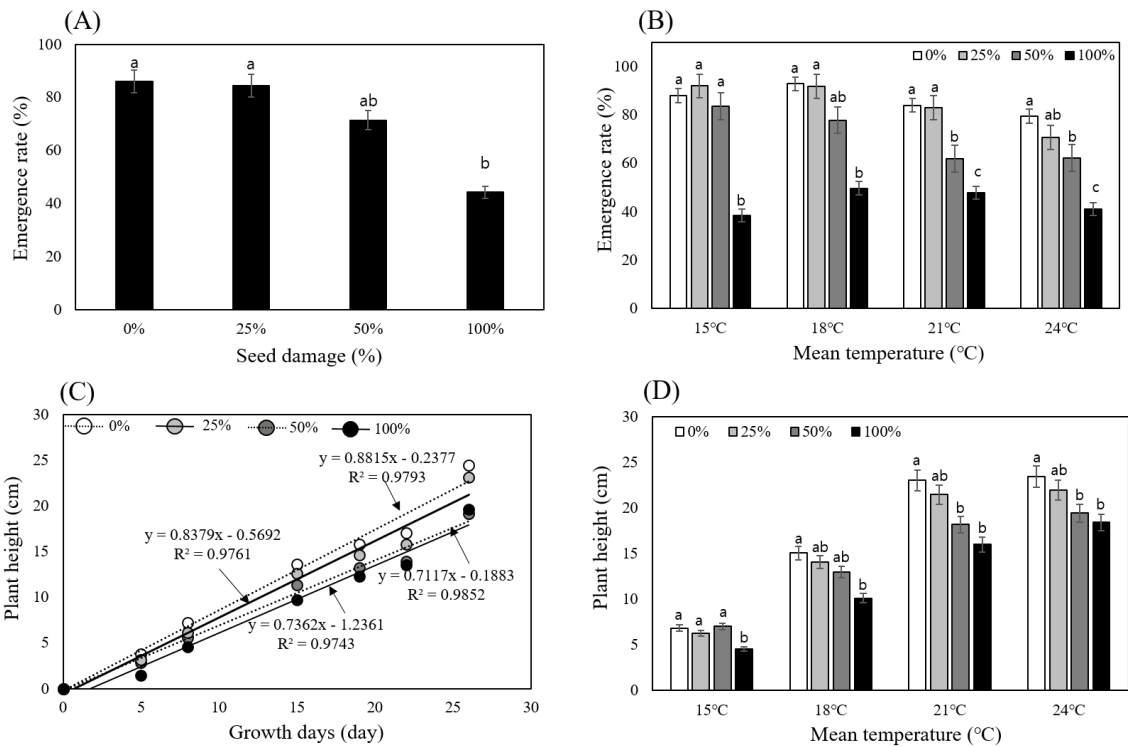


Fig. 4. Growth characteristics of rice plant under different seed damage. (A) Emergence rate according to different seed damage, and (B) mean temperature. (C) Plant height according to different seed damage and (D) mean temperature condition.

시간당 약 0.05%의 산소가 소모되어 산소소모량이 크게 증가한 것으로 나타났다.

**최아 손상정도에 따른 출현율 및 생육변화**

최아 손상정도에 따른 출현율을 분석한 결과, 최아 손상이 증가할수록 출현율이 크게 감소하였으며(Fig. 4(A)), 최아 손상정도에 따른 출현율 차이는 생육온도가 높을수록 증가하는 경향이 있었다(Fig. 4(B)). 최아 손상에 따른 초장변화를 분석한 결과(Fig. 4(C)), 최아 손상이 없을 경우 생육일

별 약 0.88 cm의 초장이 증가한 반면 최아 손상이 25%, 50% 및 100%로 증가하면서 생육일별 초장신장 정도는 0.84, 0.73, 0.71 cm로 감소하는 경향이 있었다. 최아 손상정도에 따른 초장감소는 생육온도가 15°C로 낮을 시 100% 종자손상을 제외하고는 큰 차이를 보이지 않았으나 생육온도가 18°C 이상으로 높아질 경우 종자손상정도에 따라 초장신장은 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 큰 차이를 보이는 경향이 있었다(Fig. 4(D)).

최아 손상정도에 따른 모의 엽의 엽수변화를 분석한 결

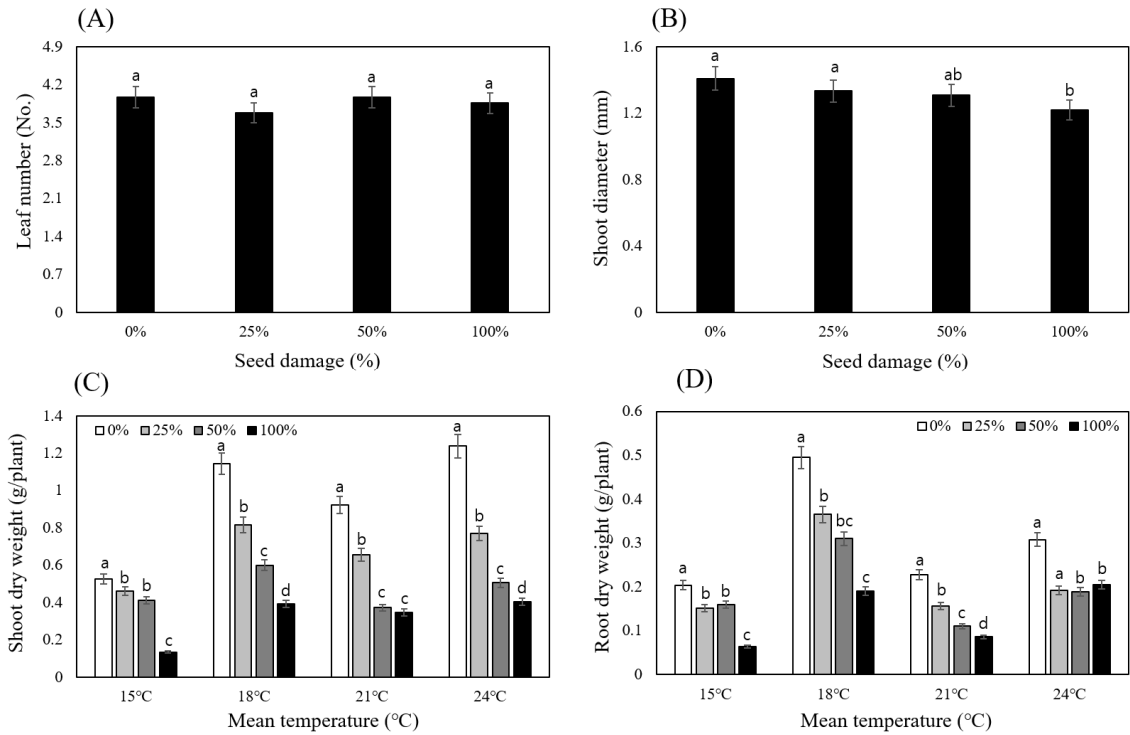


Fig. 5. The change of (A) leaf number and (B) shoot diameter according to different seed damage. The change of (C) shoot and (D) root dry weight according to different seed damage and mean temperature conditions.

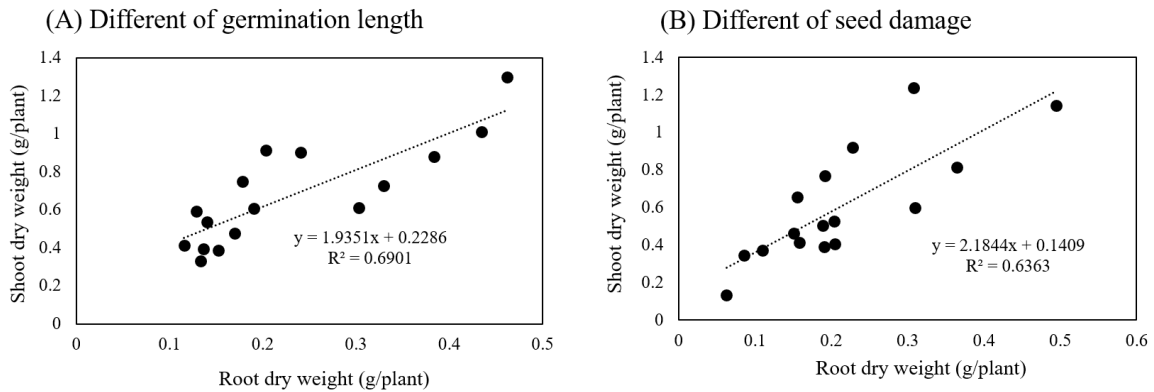


Fig. 6. The correlation of root dry weight with shoot dry weight in different of (A) germination length and (B) shoot damage ration.

과(Fig. 5(A)), 최아 손상정도별로 모의 엽수는 차이를 보이지 않았다. 줄기 두께의 경우 최아 손상정도가 증가하면서 다소 얇아지는 경향이였으며(Fig. 5(B)), 줄기건물중은 종자 생육온도가 높아지면서 최아손상정도에 따른 감소가 증가하는 경향이였다(Fig. 5(C)). 뿌리 건물중의 경우 21°C 이하 온도에서는 최아 손상도가 증가함에 따라 뿌리 건물중이 유의하게 감소하는 경향이였으나 생육온도가 24°C도 높을 시 최아손상도 25% 이상에서 건물중의 유의한 차이를 보이지 않았다.

종자 최아정도 및 최아 손상정도별로 줄기 건물중과 뿌리 건물중의 상관관계를 분석한 결과(Fig. 6), 대체로 뿌리 건물중이 증가할수록 줄기 건물중이 증가하는 경향이였다. 최아 정도별로는 뿌리 건물중이 1 g 증가 시 마다 줄기 건물중이 약 1.9 g 증가하는 경향이였으며, 최아 손상정도별로는 뿌리 건물중이 1 g 증가 시 마다 줄기 건물중이 약 2.18 g 증가하는 경향으로 뿌리에 의한 줄기의 증가가 더 큰 것으로 나타났다.

## 고 찰

벼 직파재배 시 가장 중요한 입모을 확보를 위해서는 벼 씨를 논에 파종 후 출현이 빠르게 진행되고 초기 생육이 원활하여 안정된 생육을 조기에 확보하는 것이 중요하다. 이는 조기에 물을 댈 수 있는 정도의 초장을 빨리 확보해야 물을 대는 시기가 빨라지며 이를 통해 잡초 방제의 효율을 높일 수 있기 때문이다. 효율적인 입모확보를 위해 파종기 온도에 따른 연구는 되어 있지만(Hwang *et al.*, 2019), 종자 최아 상태에 따른 입모을 및 초기생육변화에 대한 데이터는 부족하여 벼씨 종자 최아상태 및 종자 손상정도에 따른 입모을 및 초기생육변화를 분석하였다. 벼씨 파종 시 종자의 상태에 따른 벼씨 출현율 및 초기생육정도의 차이를 분석한 결과, 벼씨 종자의 최아 길이가 길수록 출현율이 낮아지는 것으로 나타났다. 또한 생육초기의 초장의 신장 속도 또한 최아 길이가 길수록 낮아지는 경향으로 생육온도가 높을수록 그 편차가 큰 것으로 나타났다(Fig. 1). 반면 최아 길이에 따른 엽수의 차이는 나타나지 않았다(Fig. 2). 최아 후 최아 손상정도에 따른 출현율 및 생육정도 차이를 분석한 결과(Fig. 4), 최아 손상정도가 커질수록 출현율 및 생육은 감소하는 것으로 나타났으며 생육온도가 높을수록 그 차이는 더욱 현저히 나타났다. 또한 최아 길이와 마찬가지로 최아 손상정도가 엽수의 변화에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Fig. 5). 이는 최아를 위해 소모된 양분이 출현 및 생육정도에 영향을 미친 결과라 판단되며, 생육온도가 높아 초장의 신장정도가 빨라질수록 소모된 양분이 초장신장에 큰 영향을 미친 결과라 판단된다. 또한 최아 손상정도가 높을수록 손상된 부분을 통한 균 및 세균 등의 침입으로 정상적인 최아가 불가능한 환경이 조성되며, 기존 연구결과와 유사하게 스트레스에 따른 ROS발생으로 인한 종자최아 저하 및 손상된 부분의 양분손실에 의해 출현율이 낮아진 것으로 판단된다(Rachana *et al.*, 2016; Macelo & Queila, 2013). 반면 최아를 위해 소모된 양분은 엽수 같은 발육 속도에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단되어 발육 속도는 초기 벼씨의 양분함량보다는 환경에 따른 영향을 크게 받는 것으로 생각된다. 종자 최아 길이 및 최아 손상정도별 뿌리 건물중과 줄기 건물중과의 상관관계를 분석한 결과(Fig. 6), 뿌리 건물중이 클수록 줄기 건물중이 증가하는 경향으로 나타났으며 이는 최아를 위해 초기에 손실된 양분정도가 파종 후 초기 뿌리의 발달에 영향을 미치며 이는 결국 줄기의 생육에도 영향을 미치는 결과로 판단된다.

위 결과로 판단 시, 벼 직파 재배 시 최아길이를 1 mm 정도가 되도록 적절하게 최아시켜 파종하는 것이 안정적인

입모 및 초기 생육확보를 위해서 좋은 것으로 판단되며 최아길이가 길수록 종자 손상의 가능성이 높으므로 적정 최아길이 1 mm를 준수하는 것이 벼 직파재배를 위해 필수적인 것으로 판단된다.

## 적 요

벼씨 종자의 최아정도 및 최아 손상정도에 따른 출현율 및 초기생육변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 벼씨 최아 길이가 길수록 출현율은 다소 감소하였으며 생육온도가 18°C 이상으로 높을수록 차이가 큰 것으로 나타났다.
2. 최아 길이가 길수록 초장신장 속도가 감소하였으며 생육온도가 21°C 이상으로 높을 시 최아길이 3 mm에서 초장이 크게 감소하였다.
3. 최아길이에 따른 엽수변화는 없었으나 줄기 두께 및 줄기 건물중, 뿌리 건물중은 최아길이가 길수록 유의하게 감소하였다.
4. 최아 손상정도가 증가할수록 출현율은 유의하게 감소하였으며 생육온도가 높을수록 감소폭은 증가하였으며 엽수변화는 없었으나 줄기 두께 및 줄기 건물중, 뿌리 건물중은 최아 손상도가 길수록 유의하게 감소하였다.

최아 길이 및 종자 손상정도별 뿌리 건물중과 줄기 건물중 변화는 유의한 정의 상관관계를 보였다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 신농업기후변화대응체계구축사업(사업번호: PJ01488603)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Back, N. H., M. K. Choi, H. K. Park, J. G. Nam, J. C. Ko, S. S. Kim, B. K. Kim, and J. G. Kim. 2007. Critical date of wet direct seeding of rice after barley cropping at Honam plain area. *Korean. J. Crop Sci.* 52(2) : 208-212.
- Hwang, W. H., J. H. Jeong, H. S. Lee, S. Y. Yang, C. K. Lee, S. H. Cho, H. K. Min, S. K. Kim, E. H. Han, and K. J. Choi. 2019. Optimum seeding date of Wet Hill Seeding on puddled soil after weedy rice control on Southern plain areas of South Korea. *Korean. J. Crop Sci.* 63(4) : 273-281.

- Jeong, N. J., K. J. Choi, J. I. Lee, W. H. Wang, and W. S. Kang. 2001. Pavement survival and related traits of weedy rice in rice cultivation in weed rice. Korean. J. Crop Sci. poster. pp. 141-142.
- Korean Statistical Information Service. 2019. Agriculture, forestry and fisheries research. <http://kosis.kr>
- Li, C., S. G. Oh, D. H. Lee, H. W. Baik, and H. J. Chung. 2017. Effect of germination on the structures and physicochemical properties of starches from brown rice, oat, sorghum, and millet. Internationl J. Bio. Macro. 105 : 931-939.
- Macelo, P. G. and S. G. Queila. 2013. Reactive oxygen species and seed germination. Biologia. 68(3) : 351-357.
- Pinkaew, H., M. Thongngam, Y. J. Wang, O. Naivikul, and H. J. Chung. 2016. Isolated rice starch fine structures and pasting properties charges during pre-germination of three Thai paddy (*Oryza sativa* L.) cultivars. Cereal Sci. 70 : 116-212.
- Pinkaew, H., Y. J. Wang, and O. Naivikul. 2017. Impact of pre-germination on amylopectin molecular stuctures, crystallinity, and thermal properties of pre-germinated brown rice starches. J. Cereal Sci. 73 : 151-157.
- Rachana, S., S. Samiksha, P. Parul, K. M. Rohit, K. T. Durgesh, P. S. Vijay, K. C. Devendra, and M. P. Sheo. 2016. Reactive oxygen species (ROS) : Benefical companions of plants' developmental processs. Front. Plant Sci. 27. <http://doi.org/10.3389/fpls.2016.01299>
- Shon, J. Y., C. G. Lee, J. H. Kim, Y. H. Yun, W. H. Wang, and K. J. Choi. 2012. Comparisons of growth, heading and grain filling characteristics between wet hill seeding and transplanting in rice. Korean. J. Crop Sci. 57(2) : 151-159.
- So, C. H., J. I. Yun, Y. D. Ro, M. S. Kim, and S. H. Geon. 1995. Effect of soil temperatureson seeding emergence in direct seeding on dry paddy. Korean. J. Crop Sci. 40(5) : 580-586.
- Wu, F., H. Chen, N. Yang, J. Wang, X. Duan, Z. Jin, and X. Xu. 2013. Effect of germination time on physicochemical properties of brown rice flour and starch from different rice cultivars. Cereal Sci. 58 : 263-271.