

## 유색벼의 품종별 종자 비중, 발아 특성 및 기계이앙 육묘시 적정 파종량

김상열\*<sup>†</sup> · 한상익\* · 오성환\* · 이종희\*\*\* · 박노봉\*\* · 권오덕\*\* · 권영업\*

\*국립식량과학원 남부작물부, \*\*국립식량과학원, \*\*\*농촌진흥청

## Seed Gravity, Germination, and Optimum Seeding Rate for Machine Transplanting in Colored Rice Varieties

Sang-Yeol Kim\*<sup>†</sup>, Sang-Ik Han\*, Seong-Hwan Oh\*, Jong-Hee Lee\*\*\*, No-bong Park\*\*,  
Oh-Deog Kwon\*\*, and Young-Up Kwon\*

\*Department of Southern Area Crop Science, NICS, RDA, Milyang 627-803, Korea

\*\*National Institute of Crop Science, RDA, Yeongdeog 766-851, Korea

\*\*\*Rural Development Administration, Junju 560-500, Korea

**ABSTRACT** Seeds of colored rice generally have high anthocyanin and flavonoid content but some cultivars have low seed germination rate. This defect poses unstable seedling establishment in nursery bed. The seed gravity variations of 10 colored rice varieties and its effect on germination, seed soaking duration and their optimum seeding rates for seedling raising in machine transplanting were investigated in the experiment. Based on seed gravity distribution of the 7 black- and 3 red-colored rice varieties at three levels of seed gravity (1.0<, 1.0~1.06, 1.06>), the black colored seeds such as Josaengheugchal and Sinmyunghuegchal had high amount of specific gravity of below 1.0 ranging from 86~96%, while they had only 3~13% of seeds in specific gravity above 1.06. Sintoheugmi, Heugjinju, Heugnam, Heugkwang had various mass of seeds, showing 29~44% for specific gravity of below 1.0, 24~39% for 1.0~1.06 and 25~45% for above 1.06. On the other hand, the red colored rice such as Hongjinju, Jeogjinju and Geonkanghongmi had high percentage of specific gravity of above 1.06 with 84~86% while they had only 9~12% of specific gravity below 1.0 similar to Ilmibyeo of noncolored rice. The black colored seed generally showed low germination percentage, slow germination speed and long mean germination time, and low water absorption rate as compared with seed of the red colored rice which was similar to those of Ilmibyeo used as a control cultivar. The black colored seeds took 2~4 days longer seed soaking duration than the red colored rice before germination. This was related to high seed amount of specific gravity below 1.0 in black colored rices. The high amount of seed gravity

above 1.06 in the colored rice seeds was positively correlated with percentage of germination, germination speed and mean germination time, ripened grain ratio and water absorption. Seed gravity distribution effect were less pronounced between back- and red- colored seeds in seedling emergence. The black colored rice has slightly lower normal seedling emergence rate than the red colored rice and Ilmibyeo in the seedbed soil due to high percentage of ungerminated seed. Normal seedling emergence rate of the black colored rice in the seedbed was 75.2~82.2% for 10-day old seedling and 85.3~90.9% for 30-day old seedling which was lower by 4.5~8.0% and 0~3.3%, respectively, than the red colored rice. Based on the normal seedling number per tray of Ilmibyeo for seeding rate of 10-day and 30-day old seedlings, the recommended seeding rate of black colored rice is 200~220g seeds for the 10-day old seedling and 110~130g for the 30-day old seedling in transplanting rice while the seeding rate of the red colored rice was 220g seeds for the 10-day old seedling and 130g for the 30-day old seedling.

**Keywords** : colored rice, seed germination, specific gravity, soaking duration, seeding rate

**최근** 국민의 소득향상과 더불어 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 기능성 성분이 다량 함유되어 있는 유색미의 이용이 증가하고 있다. 현재 우리나라에 재배되고 있는 유색

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-55-350-1163 (E-mail) [kimsy3@korea.kr](mailto:kimsy3@korea.kr)

<Received 21 July, 2015; Revised 31 August, 2015; Accepted 14 September, 2015>

벼 품종은 14품종으로 재배면적은 7천ha정도이나 재배면적이 점차 늘어나고 있는 추세에 있다(Kim *et al.*, 2014). 우리나라에서 유통되고 있는 유색미는 현미의 색깔에 따라 흑미, 적미, 녹미 등 3종류로 분류되며 주로 밥에 혼용하는 잡곡의 형태로 이용되고 있다.

유색미는 다양한 기능성 성분 및 효능이 있는 것으로 보고되고 있다. 흑자색계 현미에는 안토시아닌계, 적갈색계 현미에는 탄닌계 천연색소가 포함되어 있는 것으로 알려지고 있다(Choi & Oh, 1996). 흑색미의 안토시아닌은 cyanidin-3-glucoside (C3G), cyanidin-3-rhamnoside, malvidin 3-galactoside, peonidin 3-glucoside (P3G), Petunidin-3-glucoside chloride 등이 알려져 있는데 국내에서 재배되고 있는 흑미에는 C3G와 P3G가 주요 성분으로 C3G의 함량이 다른 색소에 비해 특히 높은 것으로 보고되었다(Ryu *et al.*, 1998; 2000; 2006). 기능성성분으로서 C3G의 특성은 항산화능이 높을 뿐만 아니라(Kim *et al.*, 2010) 항암기능(Nam & Kang, 1997), 당뇨병(Kim *et al.*, 2010) 등에도 우수한 기능성이 있는 것으로 보고되고 있다.

또한 유색미는 식이섬유를 다량 함유하고 있으면서 각종 미네랄과 비타민, 불포화지방산과 같은 미량원소가 많아 항종양, 항산화 등의 활성과 인체의 종합조절 기능을 개선하고 면역력을 강화시켜 노화방지, 질병예방의 효과가 인정되어 식품학적으로 이용가치가 높은 것으로 보고되고 있다(Ko *et al.*, 1996; Ryu *et al.*, 2000).

벼 종자의 발아 및 출아는 품종 또는 종자의 크기, 온도, 등에 따라 영향을 받는데 많은 연구자들이 벼 등 작물 및 잡초의 종자의 크기 및 무게에 따른 발아율 및 종자활력의 영향에 대한 보고를 하였는데 결과는 작물의 종류 및 종자 무게에 따라 달랐으나 일반적으로 초기 종자활력과 입모 및 수량은 정의 상관이 있는 것으로 보고되고 있다(Gan & Stobbe, 1996; Roy *et al.*, 1996; Smart & Moser, 1999; Willenborg *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2007).

유색벼 및 기능성벼는 일반벼에 비해 유전적으로 등숙비율이 낮아 천립중이 가벼운 품종이 많기 때문에 상자육묘시 일반벼 육묘기술을 적용 할 경우 출아가 불량하여 입모에 실패할 우려가 있다. 따라서 유색벼의 안전육묘를 위해 최적 발아 및 출아 조건 설정이 필요하나 지금까지 이에 대한 연구 보고가 충분하지 않다(Kobayashi *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2010). 본 시험은 유색벼 기계이앙 육묘시 침중온도에 따른 발아특성, 적정 침중기간 및 파종량을 구명하고자 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 정조 비중별 분포비율

시험에 사용한 유색벼는 흑미 7품종(조생흑찰, 신명흑찰, 신토흑미, 흑진주, 흑설, 흑남, 흑광), 적미 3품종(홍진주, 적진주, 건강홍), 그리고 일반벼(일미벼) 1품종으로, 종자는 2012년 남부작물부 시험포장에서 증식하여 수분함량을 15% 정도로 건조하여 사용하였다. 종자의 무게별 분포비율을 조사하기 위해 염수선으로 비중이 1.0이하, 1.0~1.06, 1.06이상 3단계로 분리한 다음 유리온실에서 종자를 건조한 후 무게를 측정하여 무게별 비율로 나타내었다.

### 침중 물온도 및 침중기간에 따른 발아 특성

침중 물온도 및 침중 기간별 발아시험은 품종별로 종자를 100립씩 망사자루(15x15 cm)에 넣은 후 물온도가 각각 20°C, 25°C 및 30°C로 조절된 발아기(Conviron, Canada)에 침중한 다음 매일 발아율을 조사하였다. 최종발아율(PG; percent of germination)은 치상 후 20°C 처리는 11일 후, 25°C 처리는 11일 후, 30°C는 10일 후에 조사하였다. 발아속도(GS; germination speed,  $\sum(n/it)$ )는 치상 후 일별 발아립수의 총 합계이며, 평균발아일수(MGT; mean germination time,  $\sum(ni \cdot ti / N)$ )는 치상 후 일수에 발아립을 곱한 전체합을 총 발아립수로 나눈 값으로 정의하였다(Choi *et al.*, 1993).

### 침중시 수분흡수율

수분흡수율 조사는 유색벼 및 일미벼 종자 100립을 망사자루(15x15 cm)에 넣은 후 물온도가 30°C로 조절된 발아기(Conviron, Canada)에서 수행하였다. 침중한 종자를 치상 전, 치상후 12, 24, 36, 48, 72, 96시간 후에 종자의 수분을 paper towel로 제거한 다음 90°C 건조기에 5일 건조시킨 후 무게를 평량하여 계산하였다.

### 육묘시 적정 파종량

기계이앙 육묘시 적정 파종량을 알기 위해 유색벼와 일미벼 종자를 기계이앙 상자당 어린모는 200, 220, 240, 260g, 중모는 110, 130, 150, 170g을 평량하여 망사자루에 넣은 다음 0.05% 프로라츠 용액이 있는 발아기에서 30°C 물온도에서 48~96시간 침중후 싹을 띄운후 시판상토에 파종하여 어린모는 10일에 중모는 30일에 출아율, 성묘율 및 묘소질 등을 조사하였다. 출아된 모는 형태에 따라 정상, 출아불량모 및 미발아 종자로 구분하여 나타내었다. 시험은 3반복으로 하여 실시하였다.

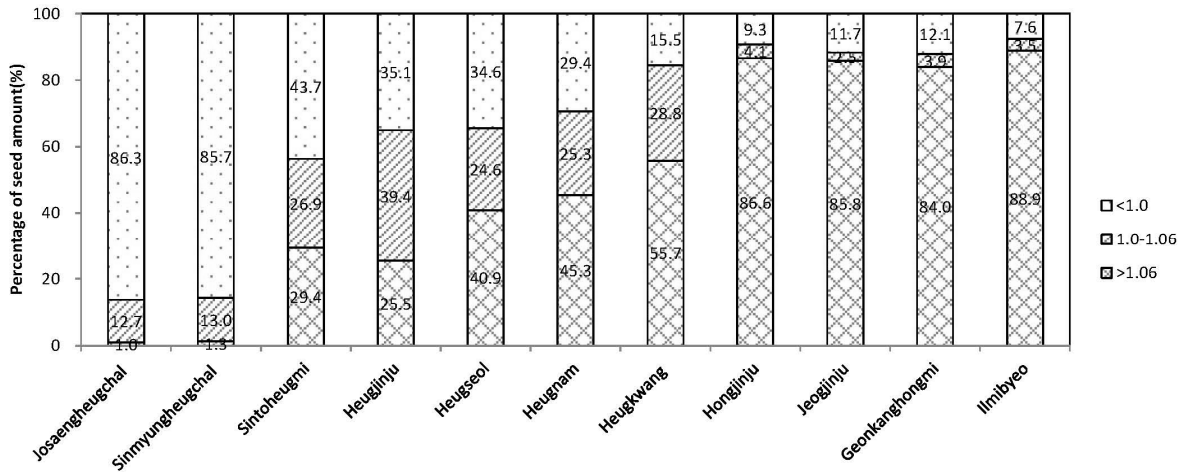


Fig. 1. Percentage of seed amount by weight of colored rice cultivars in different specific gravities(percent of total bulked seed sample).

Table 1. The variation of the ripened grain ratio and 1,000 grain weight of colored rice seed.

Color of brown rice	Cultivar	Ripened grain (%)	1,000 grain weight (g)
Black	Josaengheugchal	7.9f	23.0c
	Shinmyeonheugchal	15.5f	24.6a
	Shintoheugmi	54.4d	23.4bc
	Heugjinju	68.8c	22.9c
	Heugseol	37.3e	21.1d
	Heugnam	60.2d	23.7b
	Heugkwang	75.3bc	16.6e
Red	Hongjinju	80.5ab	24.8a
	Jeogjinju	82.6ab	25.0a
	Geonganghongmi	81.1ab	24.6a
Noncolored	Ilmibeoyo	88.1a	24.8a

결과 및 고찰

정조 비중별 분포비율

Fig. 1은 염수선으로 분리한 유색벼 품종의 종자 비중별 무게비율을 나타낸 것이다. 유색미 중에서 현미색이 흑색인 조생흑찰 및 신명흑찰은 비중이 1.0이하의 가벼워 물에 뜨는 종자가 85.7~86.3%로 대부분을 차지하였으나 물에 가라앉는 비중이 1.0~1.06인 종자는 12.7~13.0%, 비중이 1.06이상 충실한 종자 비율은 1.0~1.3%로 다른 흑미에 비해 가장 낮았다. 반면 신토흑미, 흑진주, 흑설, 흑남, 흑광은 비중이 1.0이하가 15.3~43.7%, 1.0~1.06이 24.6~39.4%, 1.0이상인 25.5~55.7%로 다양한 무게의 종자가 분포해 있었다. 그러

나 현미색이 적색인 홍진주, 적진주, 건강홍미는 일반벼인 일미벼와 같이 충실한 종자인 1.06이상의 비율이 84.0~86.6%로 높았고, 반면 비중이 1.0~1.06은 2.5~4.1%, 비중이 1.0이하의 물에 뜨는 종자의 비율은 9.3~12.1%로 낮았다. 일반적으로 흑미는 충실한 종자가 많은 적미와 일반벼에 비해 품종에 따라 충실하지 못한 종자가 많았는데 이는 유전적으로 종자가 충실하지 못하여 발아율이 낮을 가능성이 있어 안전육묘를 위해 침종 온도 및 침종 기간을 달리해야 한다는 것을 나타낸다. 기능성벼인 큰눈벼와 단미도 일반벼와 달리 종자가 충실하지 못하여 가벼운 종자의 비율이 높아 발아율이 낮았다(Kobayashi *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2010).

적미인 홍진주, 적진주와 건강홍미의 등숙비율은 80.5~82.6%로 일반벼인 일미벼 등숙비율보다 다소 낮았으나 흑미품종의 등숙비율보다 11.3~72.6% 높았다(Table 1). 흑미 품종중에서 흑광, 흑진주, 흑남의 등숙비율은 60.2~71.3%로 가장 높았고 그 다음은 신토흑미, 흑설이 37.3~54.4%로 중간 정도이었고, 신명흑찰 및 조생흑찰은 7.9~15.5%로 가장 낮았다. 정조 천립중은 적미는 24.6~25.0g으로 일미벼와 비슷하였고, 흑미는 흑광이 16.6g으로 가장 가벼웠으며 그 외 품종들도 21.1~24.6g으로 적미품종보다 약간 가벼웠다.

침종 물온도 및 침종기간에 따른 발아 특성

유색벼 기계이앙 상자육묘시 품종별 안전 침종기간을 설정하기 위해서 침종 물온도 및 침종 기간별 발아율은 Fig. 2 및 Table 2와 같다. 유색벼의 발아율은 침종 물온도가 높을수록 높았고 침종기간도 짧았으며 품종별로는 온도에 관계없이 적미인 홍진주, 건강홍미, 적진주와 흑미인 흑설이 일반벼 일미벼와 비슷한 발아율을 보였고, 그 다음은 신토

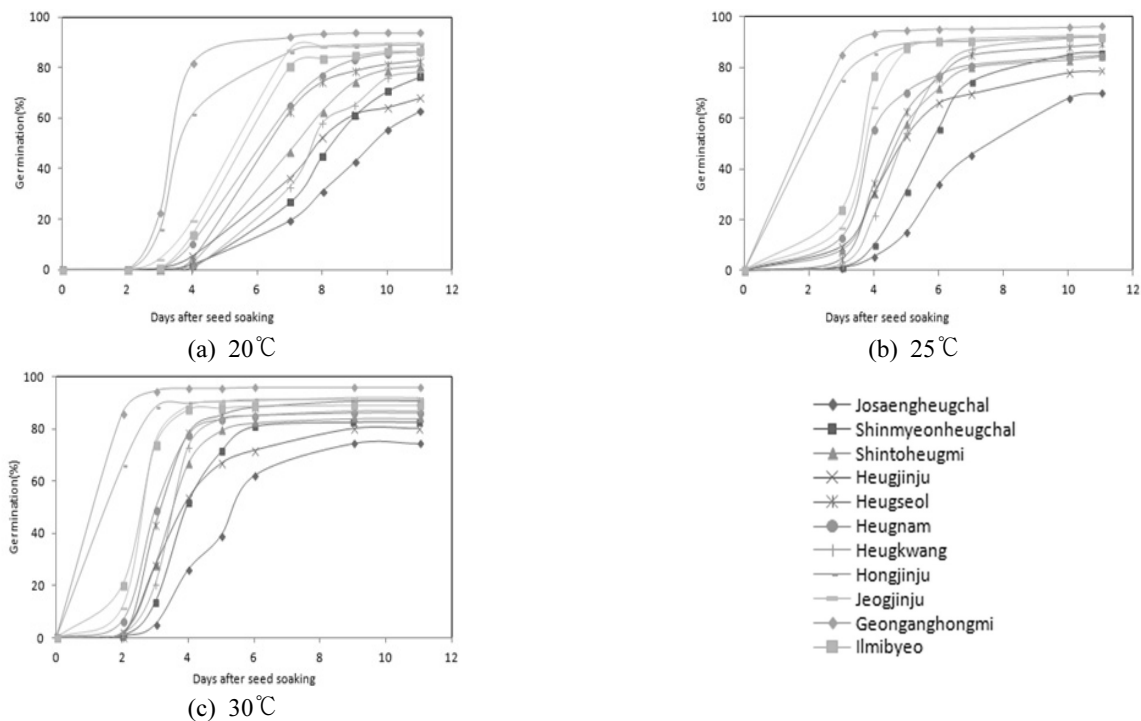


Fig. 2. Seed germination of colored rices as affected by different water temperatures and soaking durations.

Table 2. Seed germination rate, number of days from soaking to optimal seed germination in colored rices as affected by different water temperatures and soaking durations.

Color of brown rice	Cultivar	Germination rate (%)			Germination speed			Mean germination days(d)		
		20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C	20°C	25°C	30°C
Black	Josaengheugchal	63e	70d	74f	6.1e	11.1f	14.8g	8.5a	7.3a	4.6a
	Shinmyeonheugchal	76dc	86abc	83de	8.0de	15.7e	19.9f	8.2a	6.3b	3.4b
	Shintoheugmi	80bcd	84bc	84cde	9.3bcd	20.4d	22.4e	7.6bc	5.2c	3.0bc
	Heugjinju	68de	79dc	80ef	7.7de	19.2d	20.4ef	7.6bc	5.3c	3.4b
	Heugseol	83abc	89ab	91ab	9.9bcd	21.7cd	25.4d	7.2cd	5.2c	2.8d
	Heugnam	86abc	85bc	86bcde	10.6bcd	25.0c	26.1d	7.0de	4.6d	2.5e
	Heugkwang	78bcd	85bc	87bcde	8.6cd	19.9d	22.8e	8.0ab	5.5c	3.0bc
	Mean	76	83	84	8.6	19.0	21.7	7.7	5.6	3.2
Red	Hongjinju	89ab	92ab	91ab	15.1a	36.5a	41.1b	4.3g	3.4f	1.3g
	Jeogjinju	90ab	92ab	92ab	12.3b	28.7b	30.9c	6.2f	4.2de	2.2f
	Geonganghongmi	94a	96a	96a	17.4a	39.4a	46.0a	3.5h	3.2f	1.1g
	Mean	91	93	93	14.9	34.9	39.3	4.7	3.6	1.5
Noncolored	Ilmibyeo	86abc	92ab	89abcd	11.0bc	31.0b	31.6c	6.6ef	4.0	2.0f

흑미, 흑광, 흑남, 신명흑찰의 발아율은 일미벼 보다 약간 낮았으며 흑진주, 조생흑찰은 유색벼 중에서 발아율이 가장 낮았다. 침종기간별 발아율은 건강흑미와 홍진주는 30°C에서 침종 2일 후, 25°C에서는 3일 후, 20°C에서는 6일 후에

90%이상 발아율을 나타내었고, 그 다음은 적진주로 일미벼와 같이 30°C 물온도에서 2일후에 85%이상 발아율을 보였고, 25°C 및 20°C 물온도에서 발아율은 높았으나 건강흑미와 홍진주보다 낮았다. 반면 흑미 품종은 품종에 따라 발아

**Table 3.** Safe seed soaking periods of colored rice cultivars as affected by seed soaking water temperatures.

Seed soaking periods showing above 80% germination(day)	Water temperature (°C)		
	20	25	30
2~3	-	Geonganghongmi, Hongjinju	Geonganghongmi, Hongjinju, Jeogjinju, Ilmibyeo
4~5	Geonganghongmi,	Jeogjinju, Ilmibyeo	Heugkwang, Heugnam, Heugseol,
6~7	Jeogjinju, Hongjinju, Ilmibyeo	Shintoheugmi, Heugkwang, Heugnam, Heugseol,	Shintoheugmi, Shinmyeonheugchal,
8~9	Heugnam, Heugseol		Heugjinju
10~11		Shinmyeonheugchal,	Josaengheugchal
12~13	Shintoheugmi, Shinmyeonheugchal, Heugkwang, Heugjinju, Josaengheugchal	Heugjinju, Josaengheugchal	-

울과 침종기간이 크게 달랐다. 신토흑미, 흑광, 흑남, 흑설 및 신명흑찰은 품종에 따라 발아율이 74~91%로 적미와 비슷하거나 낮았으나 침종기간은 적미보다 길었다. 조생흑찰, 신명흑찰, 흑진주는 발아율이 74~86%로 물온도에 관계없이 다른 품종 보다 발아율이 낮았고 침종기간도 가장 길었다. 그 결과 발아속도는 물온도에 관계없이 건강홍미와 홍진주가 가장 빨랐고, 그 다음은 적진주 순으로 빨랐다. 30°C 물온도에서 발아속도는 홍진주와 건강홍미가 41.1~46.0로 가장 빨랐는데 일반벼인 일미벼의 발아속도인 31.0보다 빨랐고 그 다음은 적진주가 30.9로 일미벼와 발아속도가 비슷하였다. 반면 흑미의 발아속도는 흑남과 흑설이 25.4~26.1로 가장 빨랐고, 그 다음은 신토흑미, 흑진주, 흑광이 22.4~22.8이었으며 신명흑찰, 흑진주, 조생흑찰은 발아속도는 14.8~19.9로 가장 늦었다. 평균발아일수도 발아속도와 비슷한 경향으로 적미 품종이 흑미품종보다 1.7일 정도 빨랐다. Fig. 1에서 기계이앙 육묘를 위한 종자 침종시 물온도에 따라 80% 이상 발아가 되는데 걸리는 기간을 Table 3에 나타내었다. 30°C 물온도에서 적미인 건강홍미, 적진주, 홍진주는 일반벼와 같이 2~3일인 반면, 흑광, 흑남, 흑설은 4~5일로 가장 짧았으며, 신토흑미, 신명흑찰은 6~7일, 흑진주는 8일이었고 조생흑찰벼는 10~11일로 가장 길었다. 이러한 결과는 유색벼 육묘시 적미 품종은 일반벼와 같은 기간으로 침종하면 되지만 흑미는 품종에 따라 일반벼 보다 2~8일간 더 길게 침종 후 육묘상자에 파종해야 충분한 모 개체수 확보가 가능하여 육묘 실패를 방지 할 수 있다는 것을 나타낸다. 25°C 물온도에서 발아 양상은 30°C와 비슷하였으나 침종기간은 30°C 물온도보다 1~4일, 20°C 물온도에서 3~7일 더 소요되

었다. 특히 신토흑미, 조생흑찰, 신명흑찰, 흑진주, 흑광은 침종 물온도가 30°C에서 20°C로 낮아질 경우 침종 기간도 길어질 뿐 만 아니라 발아율도 70% 이하로 낮아지므로 가능한 물온도가 30°C로 유지되는 종자 발아기를 사용하면 육묘 실패를 예방할 수 있는 방안이 될 것으로 사료된다. 적미 품종이 흑미벼 품종보다 발아율이 높고 침종기간이 짧았던 것은 Fig. 1에서와 같이 건강홍미, 적진주, 홍진주는 일반벼 일미벼와 같이 비중이 1.06이상이 84~89%로 높았기 때문이고, 반면 흑미 품종은 Fig. 1에서와 같이 품종에 따라 1.0이하 미성숙된 종자의 비율이 적미보다 높아 종자 충실도가 낮았기때문으로 사료된다. 일반적으로 종자천립중이 무거운 종자가 종자내의 탄수화물, 지방 등 영양분이 가벼운 종자보다 많아 발아력이 높고 육묘출아활력도 높았다는 보고와 같은 경향을 나타내었다(Gan & Stobbe, 1996; Roy *et al.*, 1996; Smart & Moser, 1999; Willenborg *et al.*, 2005; Yun *et al.*, 2008; Kobayashi *et al.*, 2009).

### 침종시 수분흡수율

벼 종자의 발아시 수분흡수는 침윤 후 20시간 동안 급격히 증가하고, 호흡과 해당, 전분가수분해 등이 일어나는 동안 정체했다가 50시간 뒤부터 유아나 유근이 출현하면서 다시 생체중이 증가와 더불어 증가하는 3단계로 진행되고 한다(He & Yang, 2013). Fig. 3은 유색벼 품종의 침종 후 일자별 수분흡수율을 나타낸 것이다. 수분흡수 양상은 유색벼 품종에 따라 달랐는데 홍진주, 적진주, 건강홍미와 일미벼의 경우 수분 흡수율은 침종 후 1일까지 급격히 증가하였다가 1일부터 2일까지는 정체되었으며 2일 이후에는

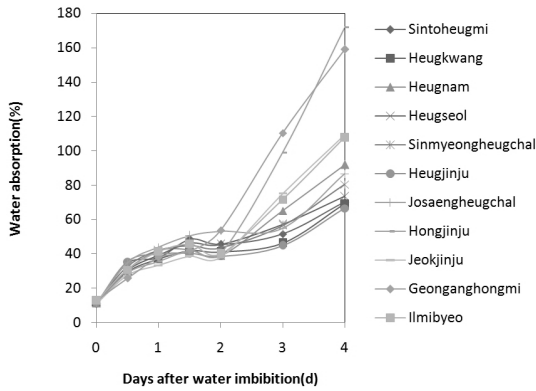


Fig. 3. Time course of water absorption rate of colored rice cultivars at 30°C water temperature.

발아와 동시에 다시 급격히 증가하였다. 적미 품종간 수분 흡수율은 2일까지는 크게 차이가 없었으나 침종 2일후에는 건강홍미와 홍진주가 흡수율이 가장 높아 일반벼보다 높았고, 그 다음은 적진주로 일반벼인 일미벼와 비슷한 수분 흡수율을 나타내었다. 한편 흑미 품종의 수분흡수율은 흑남, 흑설 및 신명흑찰은 적미와 비슷한 수분흡수 패턴을 보였으나 신토흑미, 흑광, 흑진주, 조생흑찰은 침종후 1.5일까지 수분흡수가 증가하였다가 1.5일부터 3일까지 수분흡수율이 크게 변화가 없었고 침종 4일후에 서서히 증가하는 경향을 보였다. 침종 2~4일에 흑미의 수분흡수율이 증가하였으나 적미벼나 일미벼 보다 낮았다. 수분흡수율이 적미 품종이 흑미 품종보다 높았던 것은 적미벼에서는 종자비중이 1.06 이상 비율이 85%이상으로 높아 충실한 종자가 많아 종자활력이 높아 수분흡수가 빨랐기 때문으로 사료된다. 찰벼의 수분흡수시간과 발아특성과의 관계를 조사한 결과, 수분흡수시간은 발아율, 발아속도, 평균발아일수와 모두 높은 정의 상관관을 보여 초기 수분흡수시간이 짧을수록 발아를 촉진

하는 것으로 나타났다(Shon *et al.*, 2013).

유색벼의 종자 비중 분포차이가 발아특성 및 천립중, 등숙비율, 수분흡수율에 대한 영향에 대한 상관관계수 관계는 Table 4와 같다. 유색벼의 종자 비중은 최종발아율, 발아속도, 등숙비율과 정의 상관관이 있었으나 평균발아일수와는 부의 상관관이 있었고 종자 천립중과는 상관관이 낮았다.

**육묘시 적정 파종량**

상자육묘시 모종류별 파종량에 따른 성묘율 및 모소질은 Table 5, Table 6, Table 7과 같다. 어린모(10일모)에서는 적미 품종의 성묘율이 83.2~86.7%로 일미벼 보다 79.7%보다 높았고, 흑미품종의 성묘율은 75.2~82.2%로 적미품종보다 4.5~8.0% 낮았다(Table 5). 중묘(30일모)에서도 어린모와 마찬가지로 건강홍미, 적진주, 홍진주가 92.9~93.9%로 일미벼 89.3%로 높았으며 흑미품종의 성묘율은 85.3~90.9%로 적미보다 낮았고, 파종량간 성묘율은 파종량이 증가함에 따라 약간 낮아지는 경향이였다. 적미가 흑미보다 성묘율이 높았던 것은 비정상모의 발생율이 흑미와 적미가 각각 3.0~8.5%, 3.5~4.9%로 비슷하였으나 미발아율이 흑미는 4.4~9.4%, 적미는 1.2~3.0%로 흑미가 적미보다 높았기 때문이다(Table 6). 모소질은 어린모의 개체당 평균건물중은 적미 품종은 6.1~7.2 mg, 흑미 품종은 4.9~7.5 mg으로 일미벼 6.9 mg과 비슷하였으나, 중묘는 적미가 17.7~18.3 mg, 흑미가 14.7~23.6 mg으로 흑진주, 흑설을 제외한 대부분 유색벼가 일미벼 22.7 mg보다 가벼웠다. 그 결과 모 충실도는 어린모에서는 일미벼와 비슷하였으나 중묘에서는 흑진주를 제외하고 일미벼보다 낮았다. 흑미벼가 적미벼보다 미출아율이 높은 것은 적미벼보다 1.0이하의 가벼운 종자가 많아 출아시 양분부족으로 발아가 되지 못하기 때문이다. 기능성벼인 거대 배아미와 단미는 육묘시 출아불량 등 비정상모의 비율이 높

Table 4. Correlation coefficients of germination characteristics, ripened grain ratio, 1,000 grain weight, seed gravity and water absorption rate of colored rice seed at 30°C water temperature.

	PG	GS	MGT	RG <sup>a</sup>	GW <sup>b</sup>	SG <sup>c</sup>	WAR <sup>d</sup>
PG	1	0.83**	-0.89**	0.61*	0.17	0.78**	0.59
GS		1.00	-0.96**	0.70*	0.38	0.85**	0.90**
MGT			1.00	-0.79**	-0.34	-0.89**	-0.79**
RG				1.00	0.10	0.89**	0.48
GW					1.00	0.19	0.52
SG						1.00	0.69*
WAR							1.00

<sup>a</sup>RG : Ripened grain, <sup>b</sup>GW : 1000 grain weight, <sup>c</sup>SG : Seed Gravity at above 1.06, <sup>d</sup>WAR : Water absorption rate  
 \*: significant correlations at 5% level. \*\*: significant correlations at 1% level.

**Table 5.** Seedling emergence rate and seedling growth characteristics of the 10-day old seedlings as affected by seeding rates of colored rices.

Cultivar	Seeding rate (g/tray)	Normal seedling rate (%)	Plant height (cm)	Dry weight (mg/plant)	Seedling healthy value (mg/cm)	Normal seedling (no/tray)
Josaengheugchal	200	78.7	11.5	6.3	0.56	6,392
	220	76.2	12.0	6.7	0.56	6,677
	240	75.0	11.9	6.7	0.57	7,064
	260	73.9	12.3	6.5	0.53	7,625
Shinmyeonheugchal	200	82.4	13.7	7.1	0.52	6,045
	220	81.5	12.4	6.5	0.53	6,789
	240	80.5	12.5	7.5	0.62	7,370
	260	80.1	13.4	6.5	0.50	7,798
Shintoheugmi	200	76.6	10.6	6.5	0.63	6,228
	220	75.6	12.7	7.5	0.59	6,545
	240	74.9	10.8	6.3	0.64	6,983
	260	74.0	10.1	5.3	0.63	7,544
Heugjinju	200	78.7	10.3	6.5	0.64	6,534
	220	75.9	13.7	7.4	0.55	7,146
	240	74.9	10.3	6.3	0.61	7,645
	260	73.9	13.4	6.8	0.52	8,206
Heugseol	200	81.1	11.4	6.5	0.58	6,524
	220	77.9	13.8	6.5	0.48	7,248
	240	76.1	10.8	6.7	0.63	7,778
	260	71.8	12.1	6.4	0.53	8,074
Heugnam	200	76.6	11.7	7.2	0.62	5,617
	220	75.2	13.4	6.9	0.51	6,330
	240	74.6	11.2	7.1	0.64	6,922
	260	73.2	12.0	6.3	0.52	7,452
Heugkwang	200	82.9	11.8	4.6	0.40	8,400
	220	82.2	11.3	4.9	0.44	9,022
	240	80.4	11.4	4.7	0.41	9,338
	260	79.4	12.5	4.9	0.40	9,654
Hongjinju	200	86.2	14.3	6.9	0.56	6,932
	220	86.7	12.2	6.1	0.54	7,584
	240	84.1	14.1	6.0	0.49	8,186
	260	84.2	16.7	5.9	0.44	9,470
Jeogjinju	200	86.9	12.5	6.8	0.48	6,799
	220	86.0	11.3	6.8	0.57	7,329
	240	84.3	12.6	6.4	0.46	8,012
	260	83.8	13.3	6.7	0.40	8,573
Geonganghongmi	200	86.5	15.1	7.5	0.50	6,952
	220	83.2	14.1	7.2	0.51	7,544
	240	81.6	13.9	6.7	0.48	7,931
	260	79.9	13.9	6.8	0.51	8,940
Ilmibyeo	220	79.7	11.6	6.9	0.60	6,952
LSD 0.05		3.38	2.6	0.6	0.13	630

**Table 6.** Percentage seedling emergence, distribution of abnormal seedling and ungerminated seed at 30-day old seedlings as affected by seeding rates of colored rices in nursery box.

Cultivar	Seeding rate (g/tray)	Normal seedling rate (%)	Abnormal seedling rate (%)	Ungerminated seed rate (%)
Josaengheugchal	110	85.7	3.8	10.6
	130	85.3	6.0	8.7
	150	84.3	4.9	10.8
	170	84.2	7.0	8.8
Shinmyeonheugchal	110	88.4	5.5	6.2
	130	87.7	4.9	7.4
	150	87.3	2.7	10.0
	170	86.6	4.4	9.0
Shintoheugmi	110	89.0	4.7	6.3
	130	88.7	5.3	5.9
	150	87.8	8.6	3.6
	170	86.7	6.0	7.3
Heugjinju	110	87.3	8.6	4.1
	130	87.1	8.5	4.4
	150	86.9	5.4	7.8
	170	85.4	8.2	6.4
Heugseol	110	88.0	4.1	7.9
	130	86.6	4.0	9.4
	150	86.1	2.2	11.7
	170	86.4	0.5	13.1
Heugnam	110	90.5	6.0	3.5
	130	90.9	3.0	6.1
	150	87.1	6.2	6.7
	170	86.9	5.4	7.7
Heugkwang	110	87.8	2.8	9.5
	130	88.3	3.9	7.8
	150	88.3	4.3	7.4
	170	87.3	3.6	9.2
Hongjinju	110	94.9	2.0	3.2
	130	93.5	3.5	3.0
	150	93.8	3.6	2.6
	170	91.1	6.3	2.7
Jeogjinju	110	94.7	1.8	3.5
	130	93.9	4.9	1.2
	150	92.0	6.2	1.8
	170	90.7	7.7	1.6
Geonganghongmi	110	94.2	3.1	2.7
	130	92.9	4.2	2.8
	150	92.6	4.0	3.4
	170	93.2	2.1	4.7
Ilmibyeo	130	89.3	7.1	3.7
LSD 0.05		2.70	33.36	2.02



**Table 7.** Seedling growth characteristics of the 30-day old seedlings as affected by seeding rates of colored rices.

Cultivar	Seeding rate (g/tray)	Plant height (cm)	Dry weight (mg/plant)	Seedling healthy score (mg/cm)	Normal seedling umber (no/tray)
Josaengheugchal	110	16.3	19.9	1.22	4,511
	130	15.6	19.2	1.23	4,973
	150	15.1	16.0	1.06	5,471
	170	13.9	14.2	1.02	6,048
Shinmyeonheugchal	110	20.5	22.5	1.10	4,076
	130	17.6	18.1	1.03	5,182
	150	16.3	16.7	1.02	5,476
	170	15.0	15.1	1.01	6,092
Shintoheugmi	110	16.7	22.9	1.37	4,078
	130	15.2	18.0	1.19	5,370
	150	13.9	16.1	1.16	5,652
	170	14.1	15.0	1.07	6,676
Heugjinju	110	13.9	23.7	1.70	3,974
	130	13.7	21.1	1.54	4,951
	150	12.3	18.2	1.49	6,020
	170	11.7	17.7	1.51	6,417
Heugseol	110	17.0	19.8	1.17	4,374
	130	15.1	16.6	1.10	5,623
	150	12.9	16.5	1.28	6,272
	170	13.2	14.4	1.09	6,157
Heugnam	110	18.6	24.0	1.30	4,385
	130	18.0	23.6	1.31	5,078
	150	16.2	19.7	1.22	5,702
	170	15.2	15.7	1.04	6,005
Heugkwang	110	16.2	16.3	1.01	6,330
	130	15.3	14.1	0.93	7,326
	150	13.7	13.6	1.00	7,884
	170	13.5	11.9	0.89	8,730
Hongjinju	110	17.6	19.4	1.10	4,071
	130	16.5	17.7	1.07	5,038
	150	14.2	16.7	1.18	5,868
	170	13.3	13.8	1.04	6,209
Jeogjinju	110	14.2	20.0	1.41	4,396
	130	13.7	18.5	1.35	5,370
	150	13.5	16.5	1.23	6,229
	170	12.3	10.9	0.88	6,590
Geonganghongmi	110	20.4	21.5	1.06	4,697
	130	17.5	18.3	1.05	5,722
	150	16.9	18.1	1.07	6,257
	170	16.4	15.7	0.96	6,951
Ilmibyeo	130	15.5	22.7	1.47	5,182
LSD 0.05		1.03	2.19	0.16	1,067

아 출아율이 낮았다고 보고하였다(Kobayashi *et al.*, 2009; Kim *et al.*, 2010). 일미벼의 관행 10일묘(220g) 및 30일묘(130g)의 상자당 성묘수 각각 6,952개 및 5,182개 기준 유색벼의 적정 파종량은 어린묘의 경우 흑미의 흑광(200g)을 제외한 모든 품종은 220g이었으며 중묘에서도 흑광은 110g, 다른 유색벼 품종은 일반벼와 같이 130g/상자당 파종하면 안전 성묘수 확보가 가능할 것으로 판단된다(Table 6 & 7). 흑미의 출아율이 낮았음에도 파종량이 적미와 비슷한 것은 흑미의 천립중이 가벼워 상자당 종자 파종량이 많았기 때문으로 사료된다. 특수미인 만미벼 및 백진주벼, 단미 등의 기계이앙 상자육묘시 적정 파종량은 중묘가 130g, 어린묘는 220g이었다는 결과와 같은 경향이였다(Jeon *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2010).

## 적 요

최근 소비자들의 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 건강 기능성 성분이 다량 함유 되어 있는 유색벼 품종의 안전 육묘를 위한 종자의 발아특성, 적정 침종기간 및 적정 파종량을 구명하기 위한 시험결과는 다음과 같다.

1. 현미색이 흑색인 조생흑찰 및 신명흑찰은 비중이 1.0 이하의 물에 뜨는 종자가 85.7~86.3%로 대부분을 차지하였고, 비중이 1.06이상 충실한 종자 비율은 1.0~1.3%로 다른 흑미에 비해 상대적으로 낮았다. 한편 신토흑미, 흑진주, 흑설, 흑남, 흑광은 비중이 1.0이하가 15.3~43.7%, 1.0~1.06이 24.6~39.4%, 1.0이상인 25.5~55.7%로 다양한 무게의 종자가 분포해 있었다. 그러나 적미인 홍진주, 적진주, 건강홍미는 일반벼인 일미벼와 같이 충실한 종자인 1.06이상의 비율이 84.0~86.6%로 높았고, 반면 비중이 1.0~1.06은 2.5~4.1%, 비중이 1.0 이하의 물에 뜨는 종자의 비율은 9.3~12.1%로 낮았다.
2. 흑미는 일반적으로 물온도에 관계없이 발아율이 적미보다 낮았고 발아속도가 느렸으며 평균발아일수도 길었고 수분흡수율도 낮았다. 그 결과 80%이상 발아하기 까지 침종기간이 적미나 일반벼 보다 2~4일 가량 더 걸렸다. 이것은 흑미는 비중이 1.0이하의 가벼운 종자가 적미보다 훨씬 높았기 때문이다.
3. 상자육묘시 흑미의 출아율은 10일묘에서 75.2~82.2%, 30일묘에서 85.3~90.9%로 적미보다 10일묘에서는 4.5~8.0%, 30일묘에서는 0~3.3% 낮았는데 이것은 미출아율 종자가 많았기 때문이었다.

4. 기계이앙 육묘시 유색벼의 안전 육묘를 위한 적정 파종량은 관행 일미벼 어린묘 및 중묘의 상자당 성묘개체수를 기준으로 흑미의 경우 어린묘는 200~220g, 중묘는 110~130g이었고 적미는 일반벼와 같이 어린묘 220g, 중묘 130g이었다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청 시험연구사업(ATIS 주관과제번호 : PJ906931102015)의 지원에 의해 이루어진 연구결과입니다.

## 인용문헌(REFERENCES)

- Choi, H. C. and S. K. Oh. 1996. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J. Crop Sci.* 41(spec 1) : 1-9.
- Choi, B. H. Seed biology. 1993. Seoul. Hyangmusa. pp. 152.
- Gan, Y. and E. H. Stobbe. 1996. Seedling vigor and grain yield of 'Robin' wheat affected by seed size. *Agronomy J.* 88 : 456-460.
- He, D. and P. Yang. 2013. Proteomics of rice seed germination. *Frontiers in Plant Science* 4(246) : 1-9.
- Jeon, W. T., W. H. Yang, H. S. Han, J. H. Park, M. T. Kim, K. Y. Seong, Y. H. Yoon, D. H. Choi, G. K. Lee, J. W. Park, and Y. C. Song. 2006. Optimum seeding rate of special purpose rice for seedling raising bed in machine transplanting rice. 2006 *Annual Report(Rice)* pp. 91-97.
- Kawade, R. M., S. D. Ugale, and R. B. Patil. 1987. Effect seed size on germination, seedling vigor, and test weight of pearl millet. *Seed Res.* 15 : 210-213.
- Kim, B. K., J. K. Sang et al, 2014. Processing and Special purpose Rice Cultivation Technology. Rural Development Administration(ed.). pp. 1-8.
- Kim, H. Y., C. I. Yang, Y. H. Choi, Y. J. Won, and Y. T. Lee. 2007. Changes of seed viability and physico-chemical properties of milled rice with different ecotypes and storage duration. *Korean J. Crop Sci.* 52(4) : 375-379.
- Kim, H. Y., J. H. Kim, S. A. Lee, S. N. Ryu, S. J. Han, and S. G. Hong. 2010. Antioxidative and anti-diabetic activity of C3GHi, novel black rice breed. *Korean J. Crop Sci.* 55(1) : 38-46.
- Kim, S. Y., S. H. Oh, H. H. Lee, K. H. Jeong, J. J. Cho, J. Y. Lee, S. T. Park, Y. C. Song, U. S. Yeo, J. I. Kim, W. D. Seo, and H. W. Kang. 2010. Studies on seed germination characteristics of rice cultivar 'Danmi' and its optimum seeding rates for seedling raising in machine transplanting. *Korean J. Crop Sci.* 55(2) : 126-132.
- Kobayashi, K., Y. Takahashi, and T. Fukuyama. 2009. Studies on the seedling raising method in Giant-embryo rice cultivar 'Koshiguruma' and its adaptability to machine transplanting. *Jpn. J. Crop Sci.* 78(1) : 17-26.
- Koh, H. J., Y. J. Won, G. W. Cha, and M. H. Heu. 1996. Varietal

- variation of pigmentation and some nutritive characteristics in colored rices. *Korean J. Crop. Sci.* 414(5) : 600-607.
- Larsen, S. U. and C. Andreasen. 2004. Light and heavy seeds differ in germination percentage and mean germination thermal time. *Crop Sci.* 44 : 1710-1720.
- Nam, S. H. and M. Y. Kang. 1997. In vitro inhibitory effect of colored rice bran extracts carcinogenicity. *Agricultural Chemistry and Biotechnology* 40(4) : 307-312.
- Roy, S. K. S., A. Hamid, M. G. Miah, and A. Hashem. 1996. Seed size variation and its effects on germination and seedling vigour in rice. *J. Agron. Crop Sci.* 176 : 79-82.
- Ryu, S. N. 2000. Recent process and future of research on anthocyanin in crop. I. Rice, barley, wheat, maize and legumes. *Kor. J. Intl. Agri.* 12(1) : 41-53.
- Ryu, S. N., S. J. Han, S. Z. Park, and H. Y. Kim. 2006. Antioxidant activity of blackish purple rice. *Korean J. Crop Sci.* 51(2) : 173-178.
- Ryu, S. N., S. Z. Park, and C. T. Ho. 1998. High performance liquid chromatographic determination of anthocyanin pigments in some varieties of black rice. *J. Food Drug Anal.* 6 : 729-736.
- Shon, Y. J. Kim, C. K. Lee, W. H. Yang, Y. H. Yoon, N. J. Chung, C. K. Kim, B. K. Kim, and K. J. Choi. 2013. Effect of water uptake rate on germination characteristics of waxy rice seeds and guaiacol peroxidase activity during early imbibition. *Korean J. Crop Sci.* 58(4) : 416-423.
- Smart, A. J. and L. E. Moser. 1999. Switchgrass seedling development as affected by seed size. *Agronomy J.* 91 : 335-338.
- Yun, M. H., J. C. Shin, W. H. Yang, J. Y. Son, J. W. Kim, and G. S. Park. 2008. Germination and seedling growth affected by seed specific gravity. *Korean J. Crop Sci.* 53(4) : 434-439.
- Willenbrog, C. J., J. C. Wildeman, A. K. Miller, B. G. Rossnagel, and S. J. Shirtliffe. 2005. Oat germination characteristics differ among genotype, seed sizes and osmotic potentials. *Crop Sci.* 45 : 2023-2029.