

## 국산밀 생산을 위한 천안지역 논에서의 밀-벼 이모작 작부체계

김영복<sup>1</sup> · 양경<sup>2</sup> · 윤성탁<sup>3,†</sup>

### Wheat-Rice Double Cropping System in Rice Fields of the Cheonan Area for the Production of Domestic Wheat

Young-Bok Kim<sup>1</sup>, Yangjing<sup>2</sup>, and Seong-Tak Yoon<sup>3,†</sup>

**ABSTRACT** In order to select the best varieties and cultivation methods for the production of domestic wheat for Hodugwaja (a walnut shaped confection), we carried out a 3-year experiment (2015~2017) to investigate the effect of different factors (crop variety, planting date, nitrogen fertilization) in a double cropping system (wheat then rice) on crop yields in the Cheonan area. Rice is the second crop in the system, and requires an accumulated temperature for 40 days of about 840~930°C to ensure ripening. Transplanting dates for rice between June 29 and July 6 were suitable; transplanting on or after July 13 does not ensure ripening. The daily hours of sunshine ranged from 6.3 to 6.5 hours, which were slightly higher than the optimum of 6.0 to 6.1 hours. The higher the nitrogen fertilizer treatment, the higher culm length, and spike length of wheat. The yield of wheat per 10a tended to increase as the amount of nitrogen fertilizer increased. Wheat yields were highest for the Soosan variety, followed by Goso, followed by Keumgang. The number of days from transplanting to heading of rice were shortest for the Jopyeong variety followed by Unkwang, followed by Haedam. The yield of milled rice per 10a increased as the transplanting date was earlier and the transplanting date of June 9 showed the average yield of more than 500 kg in three varieties. From the results of the experiment, we recommend the Goso wheat variety and the Haedam rice variety for growing in a double cropping system under the climatic conditions of the Cheonan area.

**Keywords** : double cropping system, Hodugwaja ingredients, paddy rice field, rice, wheat

장기적으로 농촌의 고령화 및 농산물 수입개방에 따른 수입농산물의 국내시장 잠식, 농업 교역조건 악화에 따른 농업소득 감소의 영향으로 경지이용률은 1970년대 140%를 상회하였던 것이 지속적으로 감소하여 2016년 105.4%에서 2021년에는 102.9%, 2026년에는 100.1%로 2016년 대비 연평균 0.5%p 감소할 전망이다(KREI, 2017). 곡물자급률을 높이기 위해서는 단위면적당 수량 증대는 물론 우리나라의 여건상 논을 이용한 이모작 작부체계의 적극적인 도입이 필요하다.

천안지역을 대표하는 특산품인 천안호두과자는 2010년 이후 국산밀을 이용한 호두과자 명품화를 추진하고 있으나

국산밀 원료의 자급률이 낮아 밀 재배면적 확대를 위한 정책적, 기술적인 시도가 요구되고 있다. 밀의 자급률을 높이기 위해 논에서의 밀 재배를 적극 권장하고 있으나, 천안을 비롯한 중부지방은 밀을 6월 중순에 수확하므로 벼 이앙과 경합하게 되는 기후조건의 불리함으로 인해 논에서는 벼 위주로 재배하였으며 논외의 밀-벼 이모작 재배는 남부지역에서 주로 이루어지고 있다.

그러나 20세기 중반 이후 지구온난화로 우리나라 평균기온이 지난 100년간 1.5°C 상승하고 있는 가운데 벼-맥류 이모작 가능조건인 가을밀의 안전 월동온도를 1월 평균 최저기온이 -15°C 이상으로 설정하였을 때(Kang *et al.*, 2010),

<sup>1</sup>단국대학교 생명자원과학대학 교수 (Professor, College of Bio-Resource Science, Dankook University, Cheonan 31116, Korea)

<sup>2</sup>단국대학교 생명자원과학대학 생명자원과학과 박사과정 (PhD Course Student, College of Bio-Resource Science, Dankook University, Cheonan 31116, Korea)

<sup>3</sup>단국대학교 생명자원과학대학 생명자원과학과 박사 (PhD, College of Bio-Resource Science, Dankook University, Cheonan 31116, Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: Seong-Tak Yoon; (Phone) +82-41-550-3623; (E-mail) [styoona@dankook.ac.kr](mailto:styoona@dankook.ac.kr)

<Received 25 July, 2019; Revised 9 September, 2019; Accepted 16 September, 2019>

중부지역인 천안과 수원에 대한 2014년부터 2017년까지 최근 4년간 1월 평균기온을 살펴보면 수원은 -6.3°C 이상이었고, 천안은 -7.6°C 이상으로 맥류 안전재배조건을 갖추고 있다(KMA, 2017).

한편, 천안호두과자의 국산밀 품종은 주로 금강밀이 사용되고 있는데, 이는 가공적성보다는 원활히 공급받을 수 있는 국산밀가루가 금강밀로 제한되었기 때문에 국산밀의 다양성을 높여 소비를 촉진시키기 위해서는 용도별 품종선발이 어느 때보다 필요한 시점이며 동시에 수량성을 높이기 위한 시비량과 시비방법에 대한 연구가 지속적으로 이뤄질 필요가 있다.

따라서 본 연구는 최근 변화되고 있는 기상여건을 분석하고, 밀과 밀 후작으로 벼의 재배방법이 수량성에 미치는 영향을 조사하여 천안지역에서의 밀-벼 이모작 작부체계 기술의 확립을 통해 호두과자용 국산밀 생산 증대와 논외 경지이용률 증대에 기여코자 하였다

### 재료 및 방법

#### 밀-벼 이모작 재배를 위한 기상환경 분석

시험기간의 기상환경 조사범위는 대전지방기상청 천안기상대의 기상환경 자료(KMA, 2017)를 바탕으로 1981년부터 2010년까지의 30년간의 평년값과 2015년부터 2017년까지의 최근 3년간의 자료를 조사하였다. 기상요소 중 평균 온도, 최고기온, 최저기온과 일조시간은 기간별 평균값을 사용하였고, 강수량은 기간의 적산 값으로 하였다. 밀의 적산 온도는 밀의 생육기간 중 일평균기온이 0°C 이상인 날의 평균기온을 합산하였다. 최근 천안의 겨울철 기온 증가 등 밀

의 재배 환경에 미치는 영향을 분석하기 위해 파종기인 10월 26일부터 이듬해 6월 25일까지의 적산온도, 평균온도, 강수량과 일조시간을 분석하였다.

벼는 밀 수확 3일 후인 6월 29일부터 10월 21일까지의 적산온도, 평균온도, 강수량과 일조시간을 분석하였다. 또한, 출수 후 40일간의 적산온도 적정범위는 840~920°C이고 출수 한계기는 800°C를 안전출수기로 설정하고 있는데 (Park *et al.*, 2008), 이앙기인 6월 29일부터 최종 수확일인 10월 21일까지 이앙기별 각각 다른 출수 후 40일간의 적산온도, 평균온도와 일조시간을 비교 분석하여 이앙기에 따라 밀-벼 이모작 작부체계에 미치는 영향을 조사하였다.

#### 시험포 및 토양분석

본 시험은 논에서의 밀-벼 이모작 작부체계를 정립하고자 2015년부터 2017년까지 3년에 걸쳐 충청남도 천안시 성환읍 대흥리의 현지포장을 임차하여 수행하였으며, 공시토양은 신흥통으로 배수가 약간 불량한 미사질양토였다.

공시토양은 같은 시료를 밀, 벼 재배를 위해 Table 1, Table 2와 같이 각각 분석하였다. 밀 재배를 위한 공시토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같이 pH는 6.8이고, 유기물 함량 29 g/kg, 유효인산 241 mg/kg, 전기전도도는 1.8 dS/m으로 적정범위이나, 치환성 K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>은 각각 0.82, 7.5, 3.0 cmol로 적정수준에서 약간 높은 토양이었다.

벼 재배를 위한 공시토양의 이화학적 특성으로는 Table 2와 같이 유기물 함량 29 g/kg로 적정수준이나 pH는 6.7, 유효인산 239 mg/kg, 치환성 K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>은 각각 0.82, 7.6, 3.2 cmol이었고 유효규산은 274 mg/kg으로 적정수준보다 전체적으로 약간 높은 토양이었다.

**Table 1.** Chemical characteristics of the soil before experiment for wheat.

	pH (1:5)	Organic matter (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation(cmol <sup>+</sup> /kg)			EC (dS/m)
				K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	
Field	6.8	29	241	0.82	7.5	3.0	1.8
Recommended range <sup>z</sup>	6.5~7.0	20~30	150~250	0.45~0.55	6.0~7.0	2.0~2.5	0.0~2.0

<sup>z</sup>Recommended range: NIAS (2010)

**Table 2.** Chemical characteristics of the soil before experiment for rice.

	pH (1:5)	Organic matter (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation(cmol <sup>+</sup> /kg)			SiO <sub>2</sub> (mg/kg)
				K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	
Field	6.7	29	239	0.82	7.6	3.2	274
Recommended range <sup>z</sup>	5.5~6.5	25~30	80~120	0.25~0.30	5.0~6.0	1.5~2.0	130~180

<sup>z</sup>Recommended range: NIAS (2010)

### 밀 공시재료 및 재배관리

본 시험에 공시된 밀 품종은 농촌진흥청 식량과학원에서 육성된 금강, 수안 및 고소 3품종이다. 공시된 3품종은 농촌진흥청 육성 품종으로 천안지역에서 많이 재배되는 품종이다. 파종 1일전 종자소독 및 조류 피해 경감을 위해 티람 종자처리액상수화제와 카복신티람 분제를 분의 처리하였다.

시험구는 품종별, 질소시비수준별로 세세구배치 3반복으로 배치하였다.

파종은 매년 10월 26일에 하였다. 파종, 시비와 배수골형성이 동시에 이루어지는 트랙터부착용 동시작업기를 이용하여 줄뿌림 파종을 하였는데, 파종량은 10a당 18 kg 수준으로 하였다.

시비량은 농촌진흥청 작물별 시비처방기준(NIAS, 2010)에 의해 10a당 질소-인산-칼리를 중북부지방 사양질 기준 8.8-8.0-3.7 kg을 기준으로 하였으며, 질소질비료는 밀거름과 옷거름을 5:5비율, 인산질비료와 칼리질비료는 전량 밀거름으로 사용하였다. 밀거름은 질소질 기준으로 21-17-17 조성의 복합비료를 21 kg/10a을 파종과 동시에 사용하였으며, 옷거름은 절간신장기 이전인 3월 10일경에 사용하였다. 사용량은 요소(46-0-0)에 대해 표준구는 표준시비량의 100% 분시율을 준수하고, 부족구는 50% 수준으로, 과비구는 200% 수준으로 각각 10a당 9.6 kg, 4.8 kg, 19.2 kg씩 처리하였다. 따라서 질소수준별로 구분하여 각각 질소함량을 10a당 부족구인 N1은 6.6 kg, 표준구인 N2는 8.8 kg 그리고 과비구인 N3는 13.2 kg 수준으로 처리하였다.

기타 물 관리, 병해충 및 잡초방제는 농촌진흥청 표준영농교본(RDA, 2011)에 준하였다.

### 벼 공시재료 및 재배관리

본 시험에 공시된 벼 품종은 농촌진흥청 식량과학원에서 고품질 조생종 벼로 육성된 윤광, 조평 및 해당 등 3품종이었다. 종자소독을 위해 범씨발아기를 이용하여 일주일 간격으로 각각 이앙 30일전인 5월 30일, 6월 6일, 6월 13일에 이프코나졸 종자처리액수화제 500배액을 혼합한 후 30°C에서 48시간동안 종자소독을 하였다. 48시간이 지난 후 24시간 동안 새물 갈아주기를 2회 실시한 다음, 1 mm 정도 최아된 종자를 24시간 동안 음건하였다. 육묘는 벼 전용포트를 이용하여 448공 포트에 구당 2~3립씩 약 45 g을 파종한 후 25일간 하우스에서 육묘하였다(Ku *et al.*, 2012). 시험구는 품종별, 이앙기별 및 주간간격별로 세세구배치 3반복으로 배치하였다.

이앙은 일주일 간격으로 각각 6월 29일, 7월 6일 및 7월

13일에 포트전용이앙기를 이용하여 기계 이앙하였으며, 품종별로 m<sup>2</sup>당 15.2주(33×20 cm), 18.9주(33×16 cm) 및 21.6주(33×14 cm)로 주간간격별 재식밀도를 달리하였다.

시비량은 농촌진흥청 작물별 시비처방기준(NIAS, 2010)에 의해 10a당 질소 9 kg 수준으로 각각 밀거름:가지거름:이삭거름으로 50:20:30%를 분시하였으며, 인산은 4.5 kg을 전량 기비로 사용하였고, 칼리는 5.7 kg을 밀거름:이삭거름으로 70:30%로 분시하였다.

기타 물 관리, 병해충 및 잡초방제는 국립식량과학원의 벼 표준재배법(NICS, 2008)에 준하였다.

### 밀 생육 및 수량특성 조사

조사항목은 밀의 생육특성인 출수기, 간장 및 수장을 조사하였으며, 수량구성요소인 m<sup>2</sup>당 수수, 수당립수, 천립중 등을 조사하여 10a당 수량으로 환산하였다. 조사방법은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 의하여 조사하였다.

질소시비량별 품종별 생육조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 따라 간장과 수장은 기준포기에서 주간을 중심으로 좌우 각 10포기를 조사하여 평균을 산출하였고, 출수기는 조사지점의 총 줄기수 중에서 40%가 출수한 날로 조사하였다. 밀 수확은 곡물수분측정기(GMK-303RS, G-won, Korea)를 이용하여 수분함량이 20%일 때를 기준으로 수확하였다.

### 벼 생육 및 수량특성 조사

조사항목은 벼의 생육특성인 출수기, 간장 및 수장을 조사하였으며, 수량구성요소인 m<sup>2</sup>당수수, 수당립수, 등숙비율, 정현비율, 현미천립중 등을 조사하여 10a당 백미수량으로 환산하였다. 조사기준은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사분석기준(RDA, 2012)에 의하여 조사하였으며, 출수기는 조사지점의 총 줄기수 중에서 40%가 출수한 날로 조사하였으며, 벼 수확은 밀 파종기인 10월 26일에 맞추기 위해 2016년, 2017년 모두 10월 21일에 수확하였다.

### 통계 분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 통계분석은 SAS version 9.2 (statistical analysis systems, SAS Institute, Cary, NC, USA) program을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 유의수준 1%, 5% 수준에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 생육기간 기상환경

우리나라의 밀 파종적기는 표준영농교본(RDA, 2011)에 의하면 중부지역은 10월 중·하순으로 알려져 있다. 따라서 본 시험에서는 이모작 작부체계의 후작물인 팥과 벼의 수확시기를 고려하여 천안지역에서 밀 파종기를 10월 26일로 하였으며, 이듬해 수확기인 6월 25일까지의 월별 기상요소 평균값 및 변화추세를 조사하였다(Table 3). 천안지역에서 밀의 생육기간동안 평균기온, 최고기온 및 최저기온은 평년(1981~2010년)보다 최근 3년간(2015~2017년)이 각각 0.8°C, 0.7°C, 0.6°C씩 증가하였음을 보여주고 있는데, 온난화로 지구의 평균기온이 상승하고 있다는 IPCC 보고서(3차, 5차)와 같은 경향이였다. 이에 밀의 생육기간 중 일평균기온이 0°C 이상인 날의 평균기온을 합산한 적산온도 역시 평년보다 최근 3년간이 172.3°C가 증가하였으며, 월별 평균기온의 변화추이 역시 파종기인 10월에만 감소하였을 뿐 11월부터 이듬해 수확기까지는 전반적으로 증가하는 추세였다. 가을밀의 경우 1월 평균 최저기온이 -15°C이상 되면 겨울철 안전 월동온도라고 하였고(Kang *et al.*, 2010), 10월

중하순 파종적기인 중부지역의 1월 평균 최저기온이 -5.0~-7.9°C이라고 하였는데(RDA, 2011), 평년 및 최근 3년간 모두 각각 -7.9°C, -6.7°C로 나타나 제시되고 있는 1월 평균 최저기온인 -15°C보다 높은 값을 나타내었다. 다만, 강수량은 평년보다 최근 3년간이 211.7 mm가 많았으며 일조 시간도 0.3시간이 적었다. 특히, 밀의 입모수를 확보하는데 가장 중요한 시기의 10월부터 12월까지의 강수량은 Table 3와 같이 평년보다 최근 3년간이 각각 14.8, 47.5 및 41.1 mm가 많아진 반면에 수확기인 6월에는 1.6배인 35.4 mm가 적어지는 것으로 조사되었다. 이러한 결과들을 미루어 볼 때 최근 3년간 파종기인 10월 하순부터 11월까지의 평균 온도는 증가되고 강수량은 늘어나는 경향을 보이지만 파종적기인 10월 하순에는 강수량이 22.5 mm정도였으며, 수확기인 6월은 평균온도가 증가되는 반면 강수량은 점점 줄어들고 있어 천안지역에서의 추파밀 재배는 적합하다고 판단되었다. 다만 사전에 중·단기 기상예보에 의해 파종기를 결정하고, 논 재배에서는 반드시 배수구 조성 및 정비를 통해 초기 입모수 확보와 뿌리 활착이 원활히 진행될 수 있도록 조치해야 할 필요성이 있다.

**Table 3.** Meteorological environments for the wheat cultivation period in the Cheonan area.

Period	Oct <sup>1</sup>	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun <sup>2</sup>	Oct~Jun
Daily average temperature (°C)										
Normal year	10.2	6.2	-0.1	-2.9	-0.3	4.8	11.4	17.2	21.2	7.5
2015~2017	10.0	6.6	0.4	-1.6	0.5	5.9	13.1	18.1	21.8	8.3
Daily maximum temperature (°C)										
Normal year	17.3	12.5	5.4	2.5	5.3	11.2	18.6	23.7	27.1	13.7
2015~2017	16.1	12.2	5.5	3.5	5.8	12.9	20.0	25.3	28.1	14.4
Daily minimum temperature (°C)										
Normal year	4.0	0.8	-4.9	-7.9	-5.6	-1.0	4.7	11.2	16.1	1.9
2015~2017	4.6	1.4	-4.4	-6.7	-4.7	-0.9	6.5	10.9	16.1	2.5
Accumulative temperature (°C)										
Normal year	61.3	186.2	17.3	0.0	12.6	149.9	343.4	533.4	531.1	1,835.2
2015~2017	60.1	199.1	30.5	1.7	33.7	182.9	393.7	559.9	545.9	2,007.5
Precipitation (mm)										
Normal year	7.7	49.5	27.7	23.4	28.5	46.2	60.5	88.0	98.7	430.2
2015~2017	22.5	97.0	68.8	27.6	70.7	26.0	171.6	94.5	63.3	641.9
Sunshine hour (h)										
Normal year	6.8	5.5	5.2	5.6	6.5	7.0	7.8	8.0	7.7	6.7
2015~2017	5.8	4.8	5.4	5.1	6.1	7.7	6.9	8.7	7.5	6.4

<sup>1</sup> Oct. 26~Oct. 31, <sup>2</sup> June 1~June 25

**벼 출수 후 40일간 등숙기간 기상환경**

우리나라에서 재배되는 자포니카벼의 최적 등숙온도는 출수 후 40일간 일평균기온으로 결정하는데 이는 21~23°C이며(RDA, 1981), 벼가 정상적으로 등숙할 수 있는 온도를 출수 후 40일간의 적산온도로 표시하고 있다(Tanaka, 1950). 우리나라에서 출수 후 40일간의 알맞은 적산온도 범위는 840~920°C이고 안전 출수 한계기를 800°C로 설정하고 있다(Park *et al.*, 2008). 천안지역에서 밀 후작으로 7월 간격으로 6월 29일, 7월 6일 및 7월 13일에 이양한 최근 3년간(2015~2017년)의 출수 후 40일간 벼 품종별로 등숙기간 내 적산온도, 평균기온 및 일조시간을 조사한 결과는 Table 4와 같다.

6월 29일, 7월 6일 이양하였을 때 출수 후 40일간 적산온도는 운광은 각각 839.1°C, 806.6°C, 조평은 849.9°C, 813.7°C, 해담은 832.8°C, 802.0°C 이었고, 7월 13일에 이양하였을 때는 각각 763.5°C, 772.3°C, 748.5°C로 안전 한계적산온

도인 800°C에 미치지 못한 것으로 조사되었다. 3품종 중 조평이 출수기가 가장 빠르고 평균 적산온도는 812.0°C로 가장 높은 것으로 나타났다.

출수 후 40일간의 평균온도는 6월 29일 이양하였을 때 운광, 조평 및 해담은 각각 21.5°C, 21.8°C 및 21.4°C로 최적 등숙온도를 유지하였으나, 7월 6일, 7월 13일에 이양하였을 때는 20°C이하의 평균온도를 나타내었다. 또한, 쌀 외관 품위와 밥맛을 고려한 출수 후 40일간의 최적 일조시간은 6.0~6.1시간으로 평가되었는데(Yang *et al.*, 2015) 전체적으로 약간 높은 6.3~6.5시간으로 조사되었다.

**밀 생육 및 수량특성**

**천안지역에서의 밀 출수기 진단**

천안지역에서의 밀의 출수는 Table 5와 같이 평균적으로 4월 25일~4월 26일 사이에 이뤄졌는데 이는 전국의 밀의 출수기는 4월 25일~5월 5일 사이에 진행된다는(Kang *et al.*,

**Table 4.** Meteorological environments and crop development during the ripening period after heading of rice from 2015 to 2017 in the Cheonan area.

Variety	Trans-planting date (mm/dd)	Heading date (mm/dd)	Ripening date <sup>z</sup> (mm/dd)	Accumulative temperature (°C)	Daily average temperature (°C)	Sunshine hour (h)
Unkwang	6/29	8/19	9/26	839.1	21.5	6.3
	7/6	8/26	10/4	806.6	20.2	6.3
	7/13	9/4	10/14	763.5	18.6	6.3
	mean			803.1	20.1	6.3
Jopyeong	6/29	8/17	9/24	849.9	21.8	6.5
	7/6	8/25	10/3	813.7	20.3	6.3
	7/13	9/3	10/13	772.3	18.8	6.3
	mean			812.0	20.3	6.4
Haedam	6/29	8/20	9/27	832.8	21.4	6.4
	7/6	8/27	10/5	802.0	20.0	6.4
	7/13	9/6	10/16	748.5	18.3	6.3
	mean			794.4	19.9	6.4

<sup>z</sup>~40 days after Heading; Ripening period

**Table 5.** Meteorological environments and heading date of wheat in the Cheonan area.

Variety	Average temperature (°C) <sup>x</sup>		Precipitation (mm) <sup>y</sup>		Sunshine hour (h) <sup>z</sup>		Heading date (mm/dd)		
	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	mean
Keumgang							4/27	4/25	4/26
Sooan	7.8	7.4	149.3	79.7	6.7	7.7	4/26	4/24	4/25
Goso							4/27	4/25	4/26

<sup>xyz</sup>Every year from Feb. 15 to Apr. 25

2014) 보고와 비교해볼 때 전반적으로 빠른 경향을 보이고 있었다. 한편, 2017년이 2016년에 비해 출수기가 2일 가량 빨라진 원인은 Table 5에서 보는 바와 같이 중부지역 생육 재생기로 판단되고 있는 2월 중순이후 출수기까지의 일평균기온은 2016년이 0.4°C로 약간 높았다. 반면, 상대적으로 2017년의 약 1.9배가량 적은 강수량과 1.0시간 높은 일조시간이 출수기를 앞당긴 것으로 판단되었다.

**웃거름 질소시비 수준에 따른 밀의 생육특성**

우리나라에서 밀의 적정시비량에 대해서는 농촌진흥청(NIAS, 2010)에서 10a당 질소질 비료를 식양질 기준으로 9.4kg 사용하라고 권장하고 있으나, 대부분 적정사용량을 준수하지 않고 과다하게 사용하는 경향이 있어 본 시험에서는 웃거름의 질소시비 수준을 달리하여 밀 생육 및 수량성을 분석하였다.

동계작물인 밀은 질소질 비료를 밀거름과 웃거름으로 나누어 사용하되, 웃거름은 월동 이후 생육재생기에 1차 시비 후 20일 경에 2차 웃거름을 사용토록 하고 있다(RDA, 2011). 그러나 중부지역에서는 농작업의 편리와 숙기 지연 우려 때문에 절간신장기 이전에 웃거름 1회 시비를 실시하고 있으며, 이번 시험에서도 웃거름 1회 시비로 처리하였다. 이에 천안지역 논에서 밀-벼 2모작 작부체계를 2년간 수행하

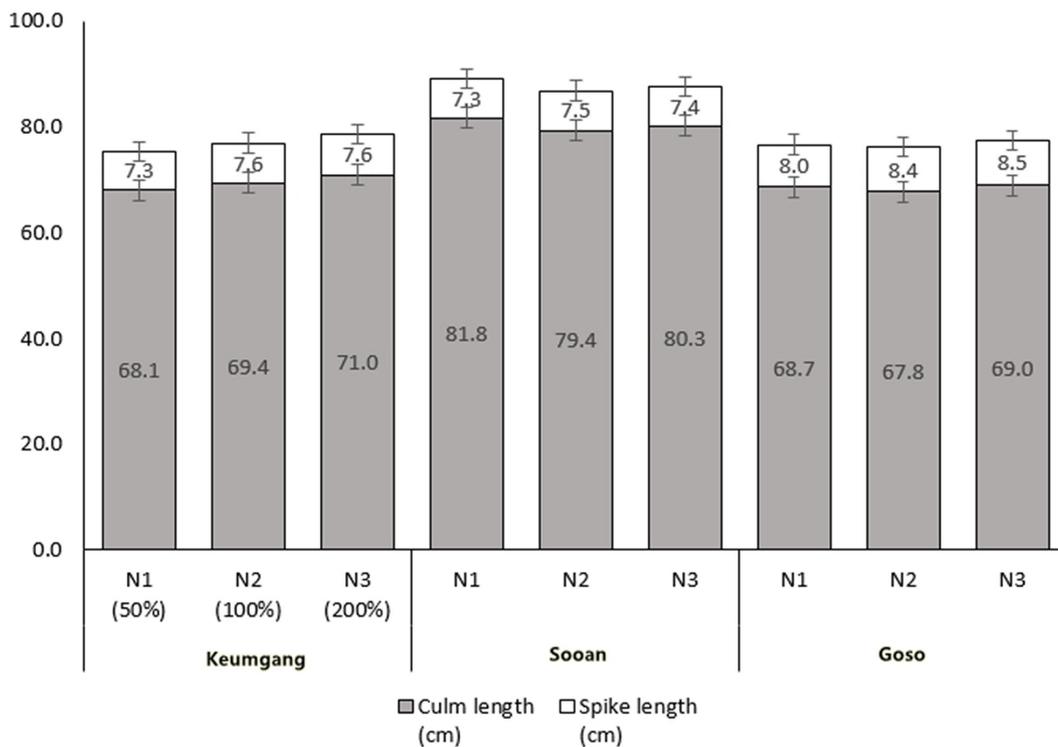
면서 조사한 품종과 웃거름 질소시비 수준에 따른 밀의 생육특성은 Fig. 1과 같다.

밀 생육특성 가운데 농기계 작업의 편리성 및 도복성과 직접적인 관련을 가지고 있는 간장의 경우 금강, 수안 및 고소는 각각 평균이 69.5, 80.5 및 68.5 cm로 품종에 따라 유의적인 차이를 보였으며, 수안의 간장이 가장 길었다. 수장은 금강, 수안 및 고소의 평균이 각각 7.5, 7.4 및 8.3 cm로 역시 품종에 따라 유의적인 차이를 보였는데, 전체적으로 고소가 긴 것으로 나타났으며, 간장과 수장을 포함하였을 때는 공시된 3개의 품종 가운데 수안이 가장 길었다. 따라서 간장, 수장 모두 웃거름 질소시비량 간의 유의적인 차이가 없었던 반면 품종간의 차이가 있음을 볼 때 품종 특성에 의한 영향이 큰 것으로 판단되었다. 이는 Kim *et al.* (2013)의 보고에서 수장은 시비량 간에는 일정한 경향을 보이지 않았다는 보고와는 같은 경향이었으나, 간장의 경우 시비량이 많을수록 컸다는 보고와는 품종간에 차이가 있음을 알 수 있었다.

**웃거름 질소시비 수준에 따른 밀의 수량특성**

품종과 웃거름 질소시비 수준에 따른 밀의 수량관련 특성을 조사한 결과는 Table 6과 같다.

수량구성요소 중 수당립수는 금강, 수안 및 고소가 각각



**Fig. 1.** Culm length and spike length of wheat in different nitrogen fertilization treatments at Kwangdeok in the Cheonan area.

**Table 6.** Yield components of wheat in different nitrogen fertilization treatments at Kwangdeok in the Cheonan area.

Variety	Nitrogen level <sup>x</sup>	Number of grains/spike	Number of spikes/m <sup>2</sup>	1000 grain Weight (g)	Yield (kg/10a)
Keumgang	N1	37.4	534.8	39.8	434.0
	N2	37.6	607.8	40.4	439.6
	N3	39.4	656.5	40.7	483.6
	Mean	38.1	599.7	40.3	452.4
Soosan	N1	35.7	609.6	39.5	450.6
	N2	37.6	649.2	40.9	492.3
	N3	38.4	681.3	39.7	519.0
	Mean	37.2	646.7	40.0	487.3
Goso	N1	40.7	512.0	38.9	461.0
	N2	42.6	672.8	38.8	507.6
	N3	43.7	696.1	38.9	521.6
	Mean	42.3	627.0	38.9	496.7
Varieties		**	ns	ns	*
Nitrogen level		**	**	ns	**
Varieties×Nitrogen level		ns	ns	ns	ns

# ANOVA's test; \*, \*\*: 95, 99% significant, ns: non-significant

<sup>x</sup>N1 (50%, 6.6 kg/10a), N2 (100%, 8.8 kg/10a), N3 (200%, 13.2 kg/10a)

평균 38.1, 37.2 및 42.3립으로 질소시비수준 간, 품종 간에 유의적인 차이를 보였으며, 3품종 중 고소가 가장 많은 것으로 나타났다. 시비수준별 수당립수는 3품종 모두 웃거름으로 요소를 표준시비량의 200%를 시비한 처리구에서 각각 많게 나타나 시비량이 수당립수에 영향을 주는 것으로 나타났으며, 이는 Kim *et al.* (2013)의 수당립수는 비료종류나 시비량 같은 재배조건보다는 품종특성에 의한 영향이 크다는 보고와 다른 경향을 보였다.

m<sup>2</sup>당 수수는 금강, 수안 및 고소가 각각 평균 599.7, 646.7 및 627.0개로 질소시비 수준에 따라 유의적인 차이를 보였으며, 3품종 모두 200% 처리구에서 수당립수가 가장 많은 것으로 나타났다. 이는 시비량에 따라서 차이를 보여준다는 Kim *et al.* (2013)의 보고와 같은 경향이였다.

반면에 천립중은 금강, 수안 및 고소의 각각 평균이 40.3, 40.0 및 38.9 g으로 질소시비수준 및 품종간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 품종 고유특성의 영향이라고 생각되며, Kim *et al.* (2013)도 같은 결과를 보고하였다. Hobbs (1953)는 시비량에 따른 천립중의 증대는 이삭수나 수당립수의 증가보다는 상대적으로 작다고 보고하였는데 이러한 결과를 종합해보면 천립중은 품종 고유 특성에 의한 영향을 더 받고 있음을 뒷받침하고 있었다.

10a당 수량성은 금강, 수안 및 고소 각각의 평균이 452.4,

487.3 및 496.7 kg으로 고소, 수안, 금강 순으로 높았으며, Table 6과 같이 질소시비수준 간, 품종 간 유의적인 차이가 인정되었다. 가장 많은 수량을 보인 품종 및 처리는 고소의 200% 처리구로 521.6 kg/10a였다. 또한 3품종 모두 웃거름 질소시비량이 많을수록 수량성이 높아지는 결과를 보여주었는데, 이는 밀의 수량을 가장 크게 좌우하는 것이 질소라는 보고(Worzella, 1943; Cook *et al.*, 1938; Black *et al.*, 1946)와 시비량이 증가함에 따라 밀의 최종 산물인 종실 수량성이 증가한다는 Kim *et al.* (2013)의 보고와 같은 경향이였다.

## 벼 생육 및 수량특성

### 이앙기 및 주간간격에 따른 생육특성

천안지역 논의 밀-벼 이모작 작부체계에서 이앙기 및 주간간격에 따른 벼의 생육특성은 Table 7과 같다. 이앙부터 출수까지의 기간은 조평이 평균 51일로 가장 짧았으며, 운광과 해당은 각각 평균 53, 54일이 소요되었다. 국립식량과학원 벼 품종특성(RDA, 2017)과 비교하였을 때 조평은 평균 17일, 운광과 해당은 각각 16일이 단축된 것으로 조사되어 이앙기가 늦어질수록 출수기가 빨라졌다. 이는 Ku (2011) 및 Jeong (2017)의 벼 후기작 재배를 위해 7월 이후 이앙하였을 때 생육기간이 단축되었다는 보고와 같은 경향이였으며 이는 이앙 후 출수기까지 적산온도가 낮았기 때문이라

**Table 7.** Growth characteristics of rice according to transplanting date and planting distance.

Variety	Trans-planting date (mm/dd)	Planting distance (cm)	Heading date (mm/dd)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /m <sup>2</sup>	No. of grains /panicle	
Unkwang	6/29	33×14		75.7	21.7	303	123	
		33×16	8/19 (52) <sup>z</sup>	73.8	22.8	299	123	
		33×20		75.8	22.2	281	131	
	7/6	33×14		67.9	21.2	358	125	
		33×16	8/26 (52) <sup>z</sup>	69.8	20.7	355	118	
		33×20		68.7	19.9	359	125	
	7/13	33×14		69.4	21.7	366	113	
		33×16	9/4 (54) <sup>z</sup>	67.9	21.5	345	115	
		33×20		68.5	22.0	339	118	
		Mean		(53) <sup>z</sup>	70.8	21.5	334	121
	Jopyeong	6/29	33×14		83.0	21.8	312	109
			33×16	8/17 (50) <sup>z</sup>	83.2	21.5	306	126
33×20				84.6	21.0	308	127	
7/6		33×14		76.6	20.8	341	123	
		33×16	8/25 (50) <sup>z</sup>	78.0	20.4	317	116	
		33×20		78.3	20.0	336	111	
7/13		33×14		80.1	20.1	414	105	
		33×16	9/3 (53) <sup>z</sup>	78.5	20.4	408	101	
		33×20		79.3	20.3	387	105	
		Mean		(51) <sup>z</sup>	80.2	20.7	348	114
Haedam		6/29	33×14		74.4	19.6	367	97
			33×16	8/20 (53) <sup>z</sup>	74.7	19.7	342	101
	33×20			76.9	19.4	327	115	
	7/6	33×14		69.9	19.6	338	99	
		33×16	8/27 (53) <sup>z</sup>	71.7	19.0	336	92	
		33×20		70.0	19.8	306	112	
	7/13	33×14		70.0	19.7	409	90	
		33×16	9/6 (56) <sup>z</sup>	69.8	19.0	398	90	
		33×20		71.2	19.3	376	97	
		Mean		(54) <sup>z</sup>	72.1	19.5	355	99
	Varieties			**	**	**	**	
	Transplanting date			**	**	**	**	
Planting distance			ns	ns	**	*		
Varieties×Transplanting date			ns	**	**	ns		
Varieties×Planting distance			ns	ns	ns	ns		

# ANOVA's test; \*, \*\*: 95, 99% significant, ns: non-significant  
( )<sup>z</sup>Days from transplanting to heading.

고 분석되었다.

간장은 이앙기 및 품종 간 유의적인 차이를 보였고, 3품종 모두 이앙기가 빠를수록 간장이 길어지는 경향이었으며 평균 간장은 조평 80.2, 해담 72.1 및 운광 70.8 cm 순이었

다. 그리고 수장은 이앙기 및 품종 간 유의적인 차이가 있었으며, 3품종 모두 간장과 마찬가지로 이앙기가 빠를수록 수장이 길어지는 경향이었는데 수장의 평균길이는 운광 21.5, 조평 20.7 및 해담 19.5 cm 순이었다. 이는 Kim *et al.* (2013)

의 보고와 같이 이앙기가 늦을수록 가소영양생장기간이 고온 단일조건에 의해서 짧아지고 빠르게 생식생장으로 전환이 이뤄진 결과로 판단되었다.

m<sup>2</sup>당 수수는 운광, 조평 및 해당 각각의 평균이 334, 348 및 355개로 이앙기, 주간간격 및 품종 간에 유의적인 차이를 보였다(Table 7). 전체적으로 m<sup>2</sup>당 수수는 7월 13일 이앙시에 가장 많았고 6월 29일 이앙시 가장 적었으며, 주간간격 33×14 cm에서 가장 많았고 33×20 cm일 때 가장 적었다. 품종에서는 해당, 조평, 운광 순으로 많은 것으로 나타났다. 품종 간에는 조평의 7월 13일 이앙한 33×14 cm 처리구에서 414개/m<sup>2</sup>로 가장 많았고, 운광에서도 7월 13일 이앙한 33×14 cm 처리구에서 366개/m<sup>2</sup>로 가장 많았으며, 해당에서는 7월 13일 이앙한 33×14 cm 처리구에서 409개/m<sup>2</sup>로 가장 많았다. 반면에, 운광의 6월 29일 이앙한 33×20 cm 처리구에서 281개/m<sup>2</sup>로 가장 적었고, 조평의 6월 29일 이앙한 33×16 cm 처리구와 해당의 7월 6일 이앙한 33×16 cm 처리구에서 각각 306개/m<sup>2</sup>로 적게 나타내었다. 이러한 결과는 대체로 이앙기가 늦을수록, 주간간격이 좁을수록 많아지는 경향이었는데 이는 재식밀도의 증가와 함께 이삭수가 많아졌다는 보고(Choi *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2010)와 같은 경향이였다.

수당립수는 이앙기 간에는 6월 29일 이앙구에서 가장 많았고 7월 13일 이앙시 가장 적었으며, 주간간격 33×20 cm에서 가장 많았고 33×14, 16 cm일 때는 각각 평균 109개로 적었다. 품종 간에는 운광, 조평, 해당이 각각 121, 114, 99개 순으로 많게 나타났다. 가장 많은 수당립수는 운광의 6월 29일 이앙한 33×20 cm 처리구에서 131개이었고, 조평에서는 6월 29일 이앙한 33×20 cm 처리구에서 127개로 가장 많았으며, 해당에서는 6월 29일 이앙한 33×20 cm 처리구에서 115개로 가장 많은 것으로 조사되었다. 3품종 모두 6월 29일 이앙한 처리구에서 가장 많았으며 늦게 이앙한 처리구에서 가장 적었고, 품종, 이앙기, 주간간격 간 모두 유의적인 차이가 있었다. 한편, 수당립수가 가장 적게 나타난 처리구는 해당의 7월 13일 이앙한 33×14 및 33×16 cm 처리구로 90개였으며, 조평의 경우 7월 13일 이앙한 33×16 cm 처리구에서 101개, 운광의 7월 13일 이앙한 33×14 cm 처리구에서 113개 순으로 품종간 가장 적게 나타내었다. 따라서 수당립수는 대체로 이앙기가 빠를수록, 주간간격이 넓을수록 많아지는 경향이였으며 이는 수당립수는 밀식할수록 적어진다는 보고(Kang *et al.*, 2015; Park *et al.*, 2010)와 같은 경향이였다.

### 이앙기 및 주간간격에 따른 벼의 수량특성

이앙기 및 주간간격에 따른 벼의 수량특성을 보면 품종 간에는 수량을 제외한 등숙비율, 정현비율 및 천립중에서, 이앙기 간에는 등숙비율, 정현비율, 천립중 및 수량성에서 유의적인 차이가 인정되었으나, 주간간격은 등숙비율과 천립중에서만 유의적인 차이를 나타냈다(Table 8).

등숙비율은 전체적으로 6월 29일 이앙시에 가장 높았고 7월 13일 이앙시 가장 낮았으며, 주간간격 33×20 cm에서 가장 높았고 33×14 cm에서 가장 낮았다. 품종에서는 해당, 조평, 운광 순으로 높게 나타났다. 이앙기가 빠를수록, 재식밀도가 넓을수록 높아지는 경향이였지만, 품종 간에는 6월 29일 이앙한 33×16 cm 처리구에서 각각 해당 93.0%, 조평 90.3% 및 운광 88.7% 순으로 높았다. 반면에 7월 13일 이앙한 운광의 33×14 cm 처리구에서 61.0%로 가장 낮았으며, 조평과 해당의 7월 13일에 이앙한 33×16 cm 처리구에서 각각 68.7%, 72.3% 순으로 낮았다. 또한, 운광의 경우 재식밀도가 넓을수록 등숙비율이 높아지는 경향을 보였으나 조평이나 해당은 일정하지 않았는데, 이 같은 결과는 등숙비율이 재식밀도 보다는 빠르게 이앙할수록 온도 및 일조시간 등 등숙기 기상환경의 영향을 더 크게 받을 것으로 판단되었으며 이는 Kang *et al.* (2015) 및 Choi *et al.* (2006)의 보고와도 같은 경향이였다.

정현비율 역시 전체적으로 6월 29일 이앙시에 가장 높았고 7월 13일 이앙시 가장 낮았으며, 주간간격 간에는 유의적인 차이가 없었다. 품종 간에는 해당, 조평, 운광이 각각 81.0, 80.6, 79.9% 순으로 높게 나타났다. 이앙기 간에는 6월 20일, 7월 6일, 7월 13일에 각각 82.0, 80.4, 79.2%로 이앙기가 빠를수록 높았고, 주간간격 간에는 33×20 cm에서 80.7%, 33×16 cm에서 80.4% 및 33×14 cm에서 80.3%로 주간간격이 넓을수록 높았다. 품종 간에는 조평의 6월 29일 이앙한 33×16 cm 처리구에서 83.3%로 가장 높았고, 해당의 6월 29일 이앙한 33×14 cm 처리구에서, 운광의 6월 29일 이앙한 33×16 cm 처리구에서 높게 조사되었으며, 해당이 평균 81%로 가장 높았다. 한편 7월 13일에 이앙한 운광의 33×16 cm 처리구와 조평의 33×14 cm 처리구에서 78.0%로 가장 낮게 나타났으며, 해당에서는 7월 13일 이앙한 33×14 cm 처리구가 79.6%로 가장 낮게 나타냈다. 다만 정현비율은 주간간격 간의 차이가 거의 없어 등숙비율과 마찬가지로 재식밀도보다는 이앙기에 따른 등숙기 기상환경 및 품종특성에 더 크게 영향을 받은 것이라고 판단되었다.

천립중은 운광 22.6 g, 조평 22.5 g 및 해당 23.3 g으로 이앙기 간에는 6월 29일 이앙시에 가장 무거웠고 7월 13일 이앙시 가장 가벼웠으며, 주간간격 간에는 33×14 cm에서 가

**Table 8.** Yield Characteristics of rice according to transplanting date and planting distance.

Variety	Trans-planting date (mm/dd)	Planting distance (cm)	Ripened grain ratio (%)	Brown rice ratio (%)	1000 grain weight (g)	Yield of milled rice (kg/10a)	
Unkwang	6/29	33×14	76.7	81.6	23.0	524.3	
		33×16	88.7	82.0	22.8	540.3	
		33×20	85.0	81.0	22.8	541.6	
	7/6	33×14	71.0	78.3	23.0	436.3	
		33×16	79.3	80.3	23.0	452.0	
		33×20	83.3	81.0	21.6	496.6	
	7/13	33×14	61.0	78.6	23.8	320.6	
		33×16	70.0	78.0	22.6	327.0	
		33×20	70.7	78.3	21.2	398.0	
		Mean		76.2	79.9	22.6	448.5
	Jopyeong	6/29	33×14	89.0	81.6	22.4	519.6
			33×16	90.3	83.3	22.8	538.6
33×20			88.3	82.6	22.6	508.0	
7/6		33×14	85.3	81.0	23.4	490.6	
		33×16	77.0	79.0	22.4	422.6	
		33×20	82.0	81.0	22.7	425.6	
7/13		33×14	73.0	78.0	23.1	383.6	
		33×16	68.7	79.6	22.2	372.6	
		33×20	72.3	79.6	21.2	371.6	
		Mean		80.7	80.6	22.5	448.1
Haedam		6/29	33×14	92.0	82.3	24.3	546.3
			33×16	93.0	81.3	24.1	508.0
	33×20		91.3	82.0	23.9	506.3	
	7/6	33×14	89.3	81.3	23.4	497.0	
		33×16	80.3	80.0	23.0	447.6	
		33×20	86.0	81.3	23.0	455.0	
	7/13	33×14	74.3	79.6	22.8	405.6	
		33×16	72.3	80.6	23.4	376.0	
		33×20	81.0	80.3	22.0	409.6	
		Mean		84.4	81.0	23.3	461.3
	Varieties		**	*	**	ns	
	Transplanting date		**	**	*	**	
Planting distance		**	ns	**	ns		
Varieties×Transplanting date		ns	ns	ns	**		
Varieties×Planting distance		**	ns	ns	**		

# ANOVA's test; \*, \*\*: 95, 99% significant, ns: non-significant

장 무거웠고 33×20 cm에서 가장 가벼웠다. 품종 간에는 해담, 운광, 조평이 각각 23.3, 22.6, 22.5 g순으로 높게 나타났으며 주간간격 및 품종 간에 유의적인 차이를 보였다. 이는 이앙기 간에 유의적인 차이가 없었다는 Kim *et al.* (2013)

의 보고와는 같은 경향이었으나, 재식밀도 간의 유의차이가 나타나지 않았다는 Kang *et al.* (2015)의 보고와는 일치하지 않았다.

백미수량은 이앙기가 빠를수록 증수하였으나, 재식밀도

간에는 유의적인 차이가 없었다. 이앙기 간에는 6월 29일 이앙시에 가장 많았고 7월 13일 이앙시 가장 적었으며, 재식간격 간에는 주간간격 33×14 cm에서 가장 많았고 33×16 cm에서 가장 적었다. 품종에서는 해당, 운광, 조평이 각각 461.3, 448.5, 448.1 kg/10a 순으로 많이 나타났다. 최대수량은 해당의 6월 29일 이앙한 33×14 cm 처리구에서 546.3 kg/10a로 가장 많았고, 운광의 6월 29일 이앙한 33×20 cm 처리구의 541.6 kg/10a, 조평의 6월 29일 이앙한 33×16 cm 처리구의 538.6 kg/10a 순으로 높게 나타났다. 또한 최저수량은 운광의 7월 13일 이앙한 33×14 cm 처리구에서 320.6 kg/10a로 가장 적었으며, 조평의 7월 13일 이앙한 33×20 cm 처리구에서 371.6 kg/10a, 해당의 7월 13일 이앙한 33×16 cm 처리구의 376 kg/10a 순으로 낮게 나타내었다. 3품종의 이앙기 간 평균수량은 6월 29일 이앙 처리구는 평균 525.9 kg/10a, 7월 6일 이앙 처리구는 평균 458.1 kg/10a였으며 7월 13일 이앙 처리구는 평균 373.8 kg/10a로 나타났다. 이 같은 결과는 출수 후 등숙기 적산온도 800°C이하에서 등숙이 종료되었을 때 수량이 크게 감소하였다는 Ku (2011)의 보고와 같은 경향이었다.

## 적 요

본 연구에서는 천안지역의 논에서 밀-벼 이모작 작부체계 기술을 확립하여 천안지역 호두과자 원료곡인 국산밀 생산 증진과 경지이용률 증대에 기여하고자 최근 변화하고 있는 기상여건을 분석하여 이모작 재배여건에 대한 타당성을 검토코자 2015년부터 2017년에 걸쳐 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 밀 후작으로 벼는 출수 후 40일간의 적산온도 범위는 840~920°C이었으며, 안전출수 한계 800°C를 감안할 때 6월 29일, 7월 6일 이앙은 적합하였으나, 7월 13일 이앙은 필요적산온도에 미치지 못하였다. 일조시간은 전체적으로 최적 일조시간인 6.0~6.1시간보다 약간 높은 6.3~6.5시간으로 조사되었다.
2. 옷거름 질소시비수준에 따른 밀의 간장 및 수장과 관련된 특성은 질소시비수준이 높을수록 간장 및 수장이 높았고, 특히 식물체의 질소농도는 고도의 상관성을 보여주었다.
3. 10a당 밀의 수량성은 질소시비량이 많을수록 증가하는 경향이였으며, 수당립수, m<sup>2</sup>당 수수도 같은 경향이었다. 밀의 품종 간 10a당 평균수량은 수안 > 고소 > 금강 순으로 높았다.

4. 벼의 이앙~출수까지의 소요일수는 조평, 운광, 해당 순으로 짧았다. 10a당 백미수량은 이앙기가 빠를수록 증수하였으며, 6월 29일 이앙하였을 때는 3품종 모두 500 kg/10a 이상의 수량성을 보여주었다.
5. 본 시험을 통하여 천안지역 기후조건하의 논에서 이모작 적합품종은 고소밀-해담벼였다.

## 사 사

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(No.316032-5).

## 인용문헌(REFERENCES)

- Black, C. A., L. B. Nelson, and Pritchett, W. C. 1946. Nitrogen utilization by wheat as effected by rate of fertilization. *Soil Sci. Amer. Proc.* 11 : 393-396.
- Choi, W. Y., S. H. Moon, H. K. Park, M. G. Choi, S. S. Kim, and C. K. Kim. 2006. Optimum plating density in low fertilizing culture of machine transplanting in rice. *Korean J. Crop Sci.* 51(5) : 379-385.
- Cook, R. L., and W. D. Baten. 1938. The effect of fertilizer on the length of winter wheat head. *J. Amer. Soc. of Agronomy*, 30 : 735-742.
- Hobbs, J. A. 1953. The effect of spring nitrogen fertilization on plant characteristics of winter wheats. *Soil Sci. Amer. Proc.* 17 : 39-42.
- IPCC. 2001. Summary for policymakers, *Climate Change 2001: Mitigation - Contribution of working group III to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. pp. 1-20.
- IPCC. 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of working group I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* IPCC, Geneva, Switzerland. pp. 151.
- Jeong, S. M. 2017. Study in the rice double-cropping cultivation technology in southern coastal province of Korea. PhD thesis, Sunchon National University, Sunchon, Korea.
- Kang, C. S., K. H. Kim, Y. W. Seo, S. H. Woo, M. R. Heo, B. K. Choo, J. N. Hyun, K. J. Kim, and C. S. Park. 2014. Current regional cultural situation and evaluation of grain characteristics of Korean wheat. I. Survey of production practices in Korean wheat cultivar growers by region. *Korean J. Crop Sci.* 59(1) : 1-15.
- kang, S. G., Y. D. Kim, B. I. Ku, W. G. Sang, M. H. Lee, H. K. Park, J. Y. Shon, W. H. Yang, and J. H. Lee. 2015.

- Study on the optimum planting density of pot seedling for mid-late maturing rice variety in wheat-rice double cropping system in honam plain area. *Korean J. Crop Sci.* 60(3) : 257-265.
- Kang, Y. S., J. H. Lee, and B. L. Lee. 2010. Global warming on double cropping in north Korea. *Korean J. Crop Sci.* 55(3) : 214-219.
- Kim, H. S., Y. J. Kim, K. H. Kim, H. H. Park, C. S. Kang, K. H. Kim, J. N. Hyun, and K. J. Kim. 2013. Difference of agricultural characteristics and quality with fertilizer types in wheat cultivation. *Korean J. Crop Sci.* 58(1) : 15-19.
- Kim, Y. D., S. G. Kang, B. I. Ku, M. K. Choi, H. K. Park, W. G. Sang, M. H. Lee, and B. K. Kim. 2013. Growth and yield of pot seedling rice as affected by different transplanting times in double cropping. *Korean J. Intl. Agri.* 25(2) : 153-158.
- KMA. 2017. Weather information. KMA, Seoul, Korea.
- Ku, B. I. 2011. Study on rice double cropping in Korea. PhD thesis, Seoul National University, Suwon, Korea.
- Ku, B. I., M. K. Choi, S. K. Kang, T. S. Park, Y. D. Kim, H. K. Park, B. K. Kim, and B. W. Lee. 2012. Effects of Pot Raising Seedling in Extremely Late Seasonal Cultivation for the Increase of Rice Production. *Korean J. Crop Sci.* 57(4) : 441-448.
- NIAS. 2010. Fertilizer recommendation standards for various crops. RDA, Wan-ju, Korea.
- NICS. 2008. Standard cultivation method for rice. RDA, Suwon, Korea.
- Park, H. K., B. I. Ku, M. G. Choi, T. S. Park, J. K. Ko, Y. D. Kim, J. S. Choi, and K. J. Kim. 2010. Effect of growth and panicle traits of rice by planting density and variety on low nitrogen fertilizer application. *Korean J. Intl. Agri.* 22(3) : 246-252.
- Park, H. K., W. Y. Choi, K. Y. Kim, B. I. Ku, Y. D. Kim, C. K. Kim, and J. K. Ko. 2008. Forecasting optimum heading date and yield of rice depending on weather condition. *Korean J. Intl. Agri.* 20(4) : 320-330.
- RDA. 2011. Standard textbook for agronomy; Wheat. RDA, Jeon-ju, Korea.
- RDA. 2012. Agricultural science and technology of analysis based on research. RDA, Jeon-ju, Korea.
- Tanaka, M. 1950. Practical studies on the injuries of cool weather in rice plant, II. Temperature and heading date need to full development of rice grains. *Japaness J. Crop Sci.* 19(1) : 57-61.
- Worzella, W. W., 1943, Response of wheat varieties to different levels of soil productivity. *J. Amer. Soc. of Agronomy*, 35 : 114-124.
- Yang, W. H., K. J. Choi, J. Y. Shon, S. G. Kang, S. H. Shin, K. B. Shim, J. H. Kim, H. Y. Jung, J. H. Jang, J. S. Jeong, C. Y. Lee, Y. T. Yun, S. J. Kwon, K. N. An, J. H. Shin, and S. M. Bae. 2015. Effects of temperature and sunshine hours during grain filling stage on the quality-related traits of high quality rice varieties in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 60(3) : 273-281.