

# 벼 품종들의 出穗期에 따른 同化產物 生産能力 및 受容器官 크기 변화

李錫榮\* · 權容雄\*\*

## Changes in Sink capacity and Source Activity of Rice Cultivars in Response to Shift of Heading date

Sok Young Lee\* and Yong Woong Kwon\*\*

**ABSTRACT** : In temperate zone planting rice at different date subjects the crop to different climatic condition. The present study aimed at comparison of the change in source-sink relationship of the Japonica(J) and that of Indica×Japonica(I×J) type rice cultivars caused by shift of heading date. Two J- and two I×J-type cultivars were made to head on August 16, August 26, and September 5. Sink capacity was changed by shift of heading date in different mode between the types of cultivars. In both types major determinant of sink capacity was number of effective tillers, and the number of spikelets per panicle was the minor. In J-type earlier planting/heading was beneficial to increased panicle numbers and this was due mainly to a larger diurnal difference in temperature. I×J-type cultivars favored a higher daily mean temperature to increase the sink capacity. The ability of source at heading, in terms of leaf area per panicle, chlorophyll content per spiklet, photosynthetic ability of leaves per unit area at 25°C, carbohydrate and N contents of leaves, was not so different among different heading dates in both types. However, the source activity was governed principally by temperature during grain filling. The J-type cultivars headed on Sept. 5 and I×J-type cultivars headed later than August 16 could not have had sufficient source activity in grain filling due to lower temperature.

**Key words** : Sink capacity, Source activity, Grain filling, Photosynthetic ability

Japonica(일본형) 품종과 Indica×Japonica(통일형) 품종에 있어서 재배시기가 다를 경우 수량의 변화는 수량구성요소들의 크기와 同化產物 생산기관인 잎몸의 광합성능력의 변화가 중요한 결정요소이다. 이앙기가 달라져서 출수기가 변할 경우 벼의 收量構成要素는 생육기간의 長短 및 생

육기간 중의 환경에 영향을 받는데<sup>3,9)</sup>, 생육기간의 환경은 온도와 광이 가장 중요한 제한요인이다<sup>2)</sup>. 作物體 요인으로서 동화산물의 생산에 기여하는 것은 잎이나<sup>7)</sup>, 지나친 잎면적의 증대는 상호차광으로 인 해 受光率이 저하되어 건물생산증가에 부의 방향으로 작용한다<sup>6)</sup>. 그러므로 잎은 면적 요인

\* 農業科學技術院(Agricultural Science and Technology Institute, RDA Suwon, 441-707, Korea)

\*\*서울대학교 農業生命科學大學(Dept. of Agronomy, Seoul National Univ., Suwon, 441-744, Korea) ('95. 1. 28. 接受)

뿐만 아니라 체내양분 및 엽록소 함량, 光合成 能力 등으로 지표를 삼고 있는 잎의 활력이 중요한 요소가 된다<sup>4)</sup>. 또 출수전에 저장되었던 동화산물은 登熟초기의 기상환경이 불량할 경우 受容기관의 요구에 대한 효과적인 공급원이 되며<sup>2, 5)</sup>, 種實 蓄積에 대한 기여도는 10-40% 정도라 하였다<sup>5)</sup>.

우리나라는 國土面積이 좁음에도 다양한 환경 조건을 가지고 있어 좋은 조건에서 벼를 재배할 경우 생산량이 세계적인 수준이나, 산간지대, 고냉지 등 온도가 낮은 지역이나 二毛作으로 이앙기가 늦어질 경우 收量減少의 정도가 크다. 이 실험은 출수기를 조정하기 위해 이앙기를 달리할 경우 수량 구성요소의 어느 부분이 감수의 원인이 되고 동화산물 生産器官으로 중요한 역할을 하고 있는 잎몸의 광합성능력 및 엽록소함량의 변화 양상이 日本型과 統一型 품종간에 어떻게 다른가를 알기 위해 실시되었다.

## 재료 및 방법

본 실험에는 일본형 품종으로 상풍과 진흥을, 통일형 품종으로 금강과 밀알23호를 이용하였다. 출수기의 조정은 평년기온을 고려하여 셋으로 정하였는데 제1 出穗期는 일본형과 통일형 供試 品種 모두 정상적인 등숙이 가능하다고 여겨지는 출수기인 8월 16일(출수기-40일 후 평년기온: 26-18℃)로 하였고, 제2 출수기는 일본형 品種에서는 정상등숙이 가능하고 통일형 品種에서는 등숙후기에

기온이 문제가 되리라고 여겨지는 8월 26일(24-16℃)로 하였으며, 제3 출수기는 일본형 및 통일형 品種 모두에서 登熟後期에 기온이 문제가 될 것으로 여겨지는 9월 5일(22-12℃)로 정하였으며, 出穗期를 맞추기 위해 6회에 걸쳐 이앙을 하였다.

출수기에 수량구성요소, 葉綠素含量, 체내 탄수화물 함량, 全窒素含量 및 엽면적을 조사하였고 출수후 시간 경과에 따라 엽록소 함량과 광합성 능력을 조사하였으며 수확 후 수량 및 수량구성요소에 대하여 조사하였다.

엽록소 함량, 탄수화물 함량, 질소함량은 YOSHIDA 등<sup>10)</sup>의 방법으로 최상위 3엽에 대하여 4반복 조사하였고, 광합성 능력은 잎몸을 지름 3.5mm의 cork-borer로 얻은 후 산소전극을 이용하여 25℃와 15℃에서 10절편을 1반복으로 3반복 측정하였으며 이때 0.05mM MgCl<sub>2</sub>를 포함한 50mM K-phosphate(pH7.2) 완충용액을 사용하였고 용액에 0.625M NaHCO<sub>3</sub>용액 0.1ml를 가한 후 300uEIN/sec.의 백열등 光度 아래서 측정하였다.

## 결과 및 고찰

출수기를 조정할 경우 영양생장 기간이 달라짐을 볼 수 있는데 특히 移秧에서 출수까지의 기간의 변화가 뚜렷하다. 이앙에서 出穗까지의 기간은 일본형에서 출수기를 늦게할 경우일수록 짧아지는 경향이 뚜렷하여 각각 82일, 70일, 65일로 된 반면 통일형에서는 금강에서 82일, 86일, 87일로, 밀알

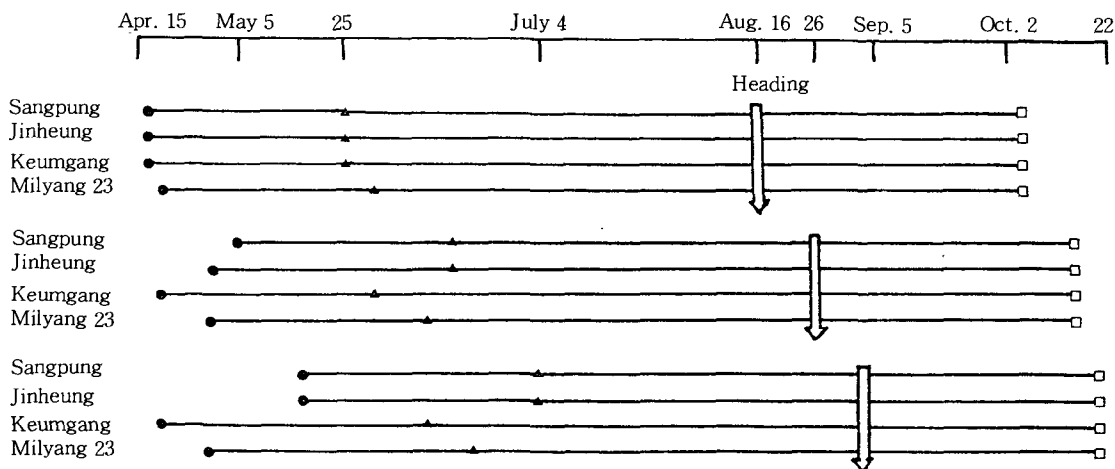


Fig. 1. Sowing(●), transplanting(▲), heading(↓) and harvesting(■) date of rice cultivars.

23호에서는 75일, 78일, 77일로 그 기간이 길어지는 경향이였다(그림 1).

수도는 幼穗形成期 이전까지는 영양성장만 진행되고 幼穗形成期에서부터 출수 개화기까지는 영양생장과 생식생장이 병행하여 진행되며 출수·개화하여 수정이 끝난 후에는 생성된 同化産物의 대부분이 종실에 축적되는데 이용되기 때문에 동화기관의 크기 및 활력이 종실축적에 영향을 바가 크다고 할 수 있으며 동화산물 受容器官의 형성도 영양생장기의 환경조건에 따라 변화할 수 있는 소지가 크다. 그런 의미에서 출수기에 있어서 1株의 受容器官의 크기로서 주당 이삭수와 이삭당 영화수를 조사해 본 결과는 표 1과 같다.

株當 穎花數로 나타낸 1株 수용기관 크기에 있어서 일본형 품종은 8월 16일 출수한 것이 가장 크고, 8월 26일 출수한 것은 약 7%{(상품+진홍)/2}, 9월 5일 출수한 것은 25-32% 정도가 8월 16일 출수한 것에 비하여 감소한데 비하여, 통일형에서는 8월 16일 출수한 것에 비하여 8월 26일 출수한 것이 8% 증가했고, 9월 5일 출수한 것이 26% 정도 감소했음을 볼 수 있다. 그런데 1株 收容器官의 크기는 주당 이삭수, 이삭당 영화수, 한 영화의 평균 크기의 積으로 나타내야 할 것이나 여기에서 한 영화의 크기는 출수기에 따른 변이가 크지 않을 것으로 생각하여 調査하지 않았다.

受容器官의 크기 결정에 미치는 주당 이삭수와

이삭당 영화수의 영향을 살펴보면 일본형 품종에서는 8월 26일 출수한 것에서 이삭당 영화수가 4% 정도 감소한데 대해 주당 이삭수는 3% 정도 감소했고, 9월 5일 출수한 것에서는 이삭당 영화수가 3%정도 증가한데 대하여 주당 이삭수는 27~34% 정도 감소함으로써 수용기관의 크기 결정에는 주당 이삭수가 결정적으로 작용함을 알 수 있다. 통일형에서 보면 8월 26일 출수한 것에서 수용기관의 크기 변화는 주당 이삭수와 이삭당 영화수가 약간씩 增加하였으나, 9월 5일 출수한 것에서 수용기관 크기의 감소는 이삭당 영화수가 4% 정도이고 주당 이삭수는 23% 정도를 차지해 일본형과 마찬가지로 어느 한계 이상 이양기가 늦어질 경우 수용기관의 크기는 주당 이삭수에 의해 좌우됨을 알 수 있다.

또한 생산된 동화산물을 채울수 있는 곳은 수정이 된 영화에 대하여만 가능하므로 실제 수량에 접근하는 수용기관에 대한 정보를 얻고자 할 때에는 稔實粒에 대하여만 수용기관으로 여길수 있어 이후의 수용기관의 구성요소인 이삭당 영화수는 임실립에 한정하였다. 실제 수용기관의 크기를 결정하는 임실립은 本 研究에서 품종과 출수기의 이동에 따른 차이가 없었으며, 출수전 35일부터 출수기까지의 溫度要素(최고온도 각 출수기 모두 34.7℃, 평균온도:26.3-27.1℃, 최저온도:18.1-22.4℃)와 개화. 수정기인 출수후 5일간의 온도(최고온

Table 1. Changes in sink capacity and fertility ratio of rice cultivars as affected by shift of heading date

Cultivars	Heading date	Spikelets per panicle(Index)	Panicles per hill	Spikelets per hill(×100)	Percent fertility
Sangpung	8.16	114 (100)	17.2 (100)	19.6 (100)	89
	8.26	111 (97)	16.2 (97)	18.4 (94)	90
	9.05	117 (103)	12.6 (73)	14.7 (75)	89
Jinheung	8.16	119 (100)	16.7 (100)	19.9 (100)	93
	8.26	113 (95)	16.2 (97)	18.3 (92)	93
	9.05	123 (103)	11.1 (67)	13.6 (68)	88
Keumgang	8.16	146 (100)	15.5 (100)	22.6 (100)	92
	8.26	155 (106)	15.8 (102)	24.5 (108)	88
	9.05	143 (98)	11.6 (75)	16.5 (73)	86
Milyang23	8.16	143 (100)	14.9 (100)	21.2 (100)	94
	8.26	150 (105)	15.4 (103)	23.0 (108)	89
	9.05	134 (94)	11.8 (79)	15.8 (75)	90
LSD. 05	Cultivar	10	1.0	1.6	6.2
	Heading time	9	1.6	1.6	4.1

Table 2. Relationship between effective tiller numbers and climatic condition of the period for 15, 20 and 25 days after transplanting

Climatic factors	Period after transplanting		
	15	20	25days
Diurnal change of temperature	0.627*	0.621*	0.544*
Accumulated temperature	-0.797**	-0.763**	-0.755**
Amount of insolation	0.630*	0.618*	0.479 <sup>NS</sup>

\* Denotes significance at the 5% level.

\*\* Denotes significance at the 1% level. <sup>NS</sup> means non-significance

도:28.4-34.0℃, 평균온도:23.2-26.8℃, 최저온도:15.0-20.0℃)를 조사해본 결과 온도조건 역시 영화의 受精에 제한적으로 작용하지는 않았다고 여겨진다.

한편, 이와 같이 作期移動에 따른 受容器官의 크기 變動에 제일 크게 영향을 미치는 株當 이삭수는 대체로 이양후 25일 이내에 決定된다고 하며, 따라서 이삭수에 관여하는 環境要因들 중 이양후 15일간, 20일간, 25일간의 적산 일교차, 적산 일사량, 적산온도와 이삭수(有效莖數)와의 관계를 살펴보면 表 2에서와 같이 日較差나 일사량은 이삭수와 정의 相關關係를 나타내어 생육적온 이상에서 일교차나 일사량은 크고 많을수록 이삭수의 증가에 좋으며, 적산온도와는 고도로 유의한 부의 상관관계가 인정되어 온도가 밤낮으로 높을 경우 분얼수는 적어짐을 알 수 있다.

同化產物 생산기관의 活力에 관여하는 요인으로서 엽록소함량, 잎몸 및 잎집의 炭水化合物 含量, 질소 함량, 엽면적 등을 조사해본 결과 葉面積은 일본형 품종에 있어서는 출수기에 따른 차이를 보였고, 통일형에서도 8월 16일, 26일 출수한 것에 비하여 9월 5일 출수한 것에서 엽면적이 현저히 감소하였다. 그러나 단위 잎 生體重에 대한 엽록소 함량이나 登熟粒 1粒에 해당하는 엽록소 함량도 品種間 출수기간에 차이가 없었다(表 3 참조).

잎의 질소함량에 있어서 일본형에서는 출수기에 의해 영향받지 않았고 통일형에서 9월 5일 출수한

것이 8월 16일 출수한 것에 비하여 떨어지나 2% 이상으로서 식물체의 生理作用에 영향을 줄 정도로 낮은 농도는 아니었다. 잎집의 炭水化合物 含量은 일본형의 경우 8월 26일 출수한 상품과 진홍의 잎집에서 유의하게 높았고, 9월 5일 출수한 통일형에서는 두 품종 모두 잎몸에서의 함량이 유의하게 높았다.

광합성 산물 供給器官의 활력을 나타내는 요소로서 매우 중요한 엽록소 함량을 임실립당 엽록소 함량으로 평가해 보고자 그림 2에서와 같이 한 이삭에 있어서 최상부 3개엽의 총 엽록소 함량을 임실립수로 나누어 본 바 임실립당 엽록소 함량은 일본형에서는 출수 후 25일까지 출수기와 비슷한 수준을 유지해 오다가 그후 감소하기 시작하여 登熟이 끝날 무렵인 출수 40일 후에는 출수기의 45% 정도에 달했다. 통일형에서는 8월 16일, 26일 출수한 것에서는 등숙이 끝날 때까지 출수기와 그 함량이 비슷했으나 9월 5일 출수한 것에서는 출수 25일 이후에 감소를 보이기 시작해 30일 정도에는 70%, 출수 40일경에는 출수기의 10% 미만이었다. 이러한 결과는 언뜻 이해가 어려울지 모르나 실제 포장에 있어서 계속 관찰한 바 출수기가 이를 경우에 통일형은 일본형에 비해 녹색의 변화가 심하지 않았으며 일본형은 지엽밑으로 2엽째 또는 잎의 가장자리에서 고사하기 시작했으나 통일형에서는 등숙 후기까지 거의 변화가 없었다(그림 2).

光合成 能力의 측정은 벼의 생육에 제한이 되지 않는 온도인 25℃와 그보다 10℃ 낮고 온도가 여러 생리작용에 제한이 된다고 알려진 온도인 15℃에서 실시하였다. 잎몸의 당 光合成 能力은 25℃의 條件에서 측정해 본 결과 일본형에서는 출수후 40일이 되어서도 출수기의 광합성 능력의 80%에 달했으며 출수기에 따른 차이는 없었다. 통일형에서는 8월 16일, 26일 출수한 것에서는 출수후 40일 경에 출수기의 광합성 능력의 60% 정도에 달하는 점진적인 감소를 보였으나 9월 5일 출수한 것은 출수후 25일 경에 출수기 능력의 60%선에 달했으며 출수후 40일 경에는 출수기의 10% 정도의 능력에 그쳤고, 15℃에서 측정한 결과도 이와 유사하였다(그림 3).

이와 같은 出穗前과 登熟期間중의 여러 生理作用들과 受容器官의 크기 변화에 따른 總合的 結果로 나타난 수량구성요소와 등숙률 및 수량의 변화를 보면 표 4에서와 같이 10a 당 收量에서 일본형은 8월 26일 출수한 것이 8월 16일 출수한 것과

Table 3. Leaf-area per panicle and content of chlorophyll, carbohydrate, and nitrogen of upper 3 leaves of rice cultivars as affected by heading date

Cultivars	Heading date	Chlorophyll content		Carbohydrate(%)		Nitrogen (%)	Leaf area (cm <sup>2</sup> /panicle)
		(mg/g F.W.)	(mg/spikelet)	Leaf sheath	Leaf blade		
Sangpung	8.16	2.05	30	5.5	3.3	2.7	154
	8.26	2.15	31	10.8	4.8	2.5	119
	9.05	2.10	29	5.3	5.8	2.7	128
Jinheung	8.16	2.15	33	4.1	3.1	2.8	159
	8.26	2.25	34	7.4	8.0	2.8	127
	9.05	2.20	33	4.6	5.5	2.7	127
Keumgang	8.16	2.10	32	8.5	5.5	2.7	174
	8.26	2.20	28	9.0	5.0	2.6	172
	9.05	2.15	26	8.2	11.1	2.3	125
Milyang23	8.16	2.10	31	6.8	4.2	2.8	179
	8.26	2.20	30	8.7	5.7	2.6	177
	9.05	2.25	26	8.9	13.2	2.2	127
LSD, 05	Cultivars	0.23	6	2.4	2.2	0.7	12.5
	Heading date	0.24	6	2.6	2.9	0.8	11.5

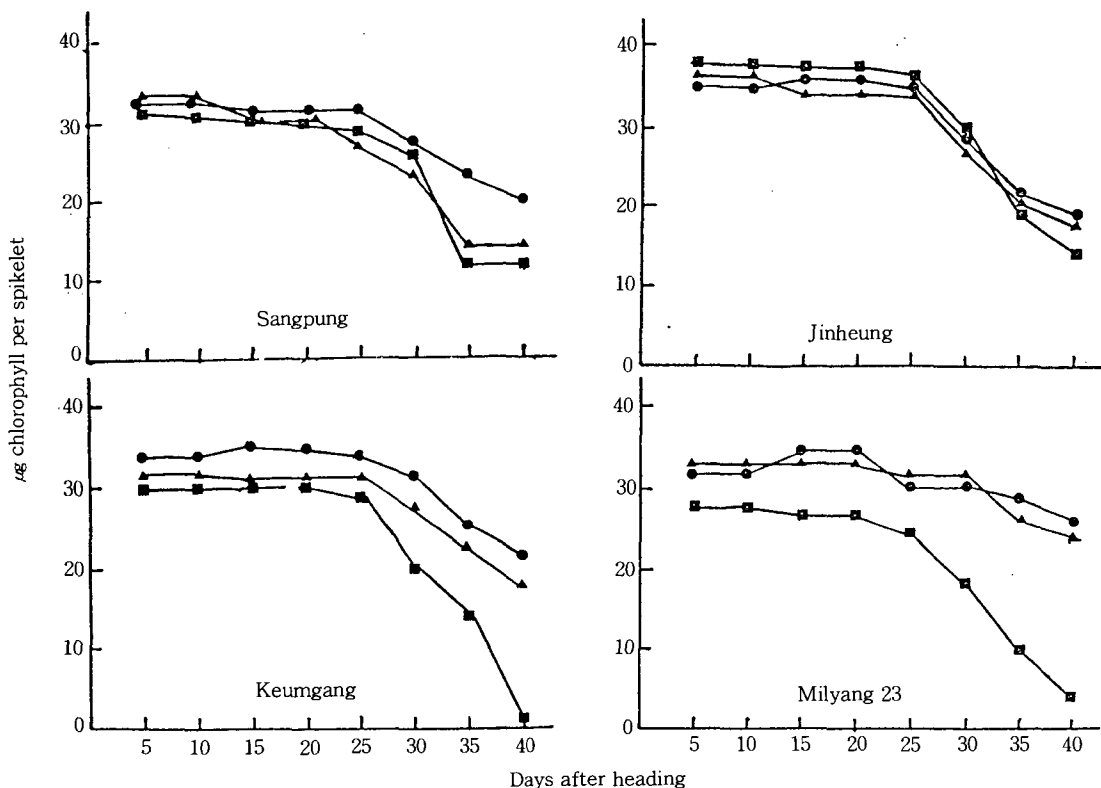


Fig. 2. Changes in chlorophyll content(mg chlorophylls per spikelet) of upper 3 leaves of 4 rice cultivars as affected by shift of heading date.

(Note) : Heading date: Aug. 16(●), 26(▲), and Sept. 5(■)

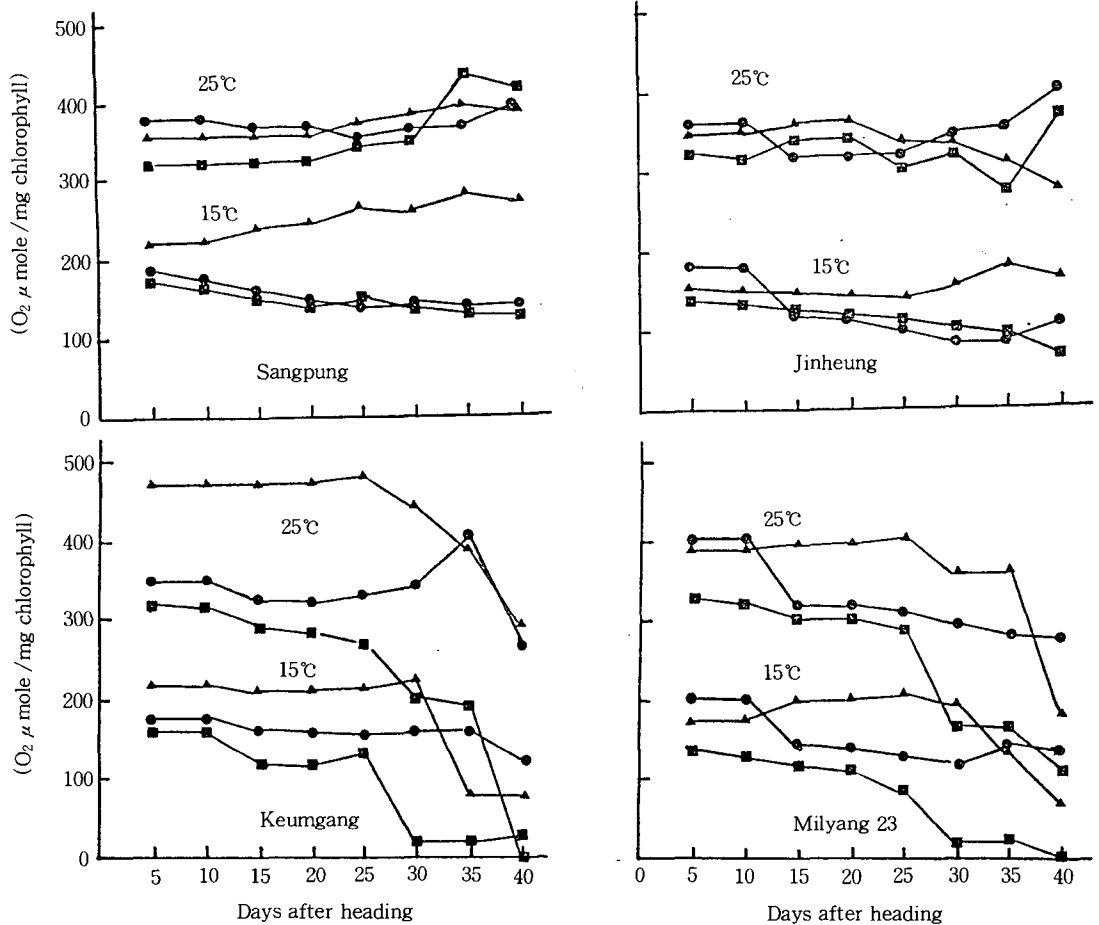


Fig. 3. Changes in photosynthetic ability (O<sub>2</sub> mole per mg chlorophylls) of upper 3 leaves measured at 15 and 25°C of 4 rice cultivars headed on Aug. 16(●), 26(▲) and Sept. 5(■).

비슷하게 나타났다. 이는 8월 26일 출수한 것에서 이삭 당 영화수나 주당이삭수는 8월 16일 출수한 것보다 6% 정도 감소했음에도 등숙률과 千粒重에서 증가한 결과였다. 그리고 9월 5일 출수한 것은 이삭당 穎花數를 제외하고는 주당 이삭수와 등숙률의 감소가 수량 감소의 주요한 요인들이었다.

통일형에서는 출수기가 늦어질 경우 수량이 감소했는데 8월 26일 출수한 것이 8월 16일 출수한 것보다 주당 이삭수나 이삭당 영화수는 증가했음에도 불구하고 등숙률과 천립중이 감소하여 감소되었는데 출수기까지의 作物體 및 氣象要因들의 문제가 아니고 登熟期間中の 生育適溫보다 낮은 溫度條件이 登熟을 左右하는 것으로 判明된다. 특히 9월 5일 출수한 것은 수량에 관련된 모든 요소가 減少되었으며, 8월 16일 출수한 것에 비해 42%

의 收量減少를 보였는데 이러한 점은 溫度要求度가 큰 통일형 품종들은 中北部 地方에서는 作期可變性이 거의 없는 것으로 생각된다.

## 適 要

출수기를 調整하기 위하여 이앙기를 달리할 경우 광합성 산물을 공급하는 기관과 축적되는 기관 사이에 어떠한 변화가 있는가를 알기 위하여 일본형 벼 품종 상품과 진흥, 통일형 벼 금강과 밀양23호를 가지고 실시한 실험의 결과는 다음과 같이 요약된다.

1. 출수기가 늦어짐에 따라 일본형 벼 품종에서는 이앙에서 출수까지의 期間이 짧아지는 경향을 보였으나 통일형에서는 이와 반대의 현상을 보

Table 4. Yield and yield components of 4 rice cultivars as affected by shift of heading date.

Cultivars	Heading date	Spikelets per panicle(Index)	Panicle per hill	Percent ripeness	1000 Grain weight(g)	Yield (kg/10a)
Sangpung	8.16	114(100)	17.2(100)	81.6 (100)	26.1(100)	710 (100)
	8.26	111 (97)	16.2 (97)	84.7 (103)	26.8(103)	700 (99)
	9.05	117(103)	12.6 (73)	60.9 (74)	24.8 (96)	480 (68)
Jinheung	8.16	119(100)	16.7(100)	80.5 (100)	28.2(100)	730 (100)
	8.26	113 (95)	16.2 (97)	85.5 (106)	28.8(102)	720 (99)
	9.05	123(103)	11.1 (67)	59.1 (79)	26.0 (92)	480 (66)
Keumgang	8.16	146(100)	15.5(100)	77.8 (100)	26.2(100)	905 (100)
	8.26	155(106)	15.8(102)	68.1 (87)	25.2 (96)	805 (89)
	9.05	143 (98)	11.6 (75)	60.6 (79)	25.0 (96)	513 (57)
Milyang23	8.16	143(100)	14.9(100)	80.1 (100)	25.8(100)	921 (100)
	8.26	150(105)	15.4(103)	71.1 (88)	26.2 (90)	832 (90)
	9.05	134 (94)	11.8 (79)	67.5 (84)	24.3 (59)	540 (59)
LSD.05	Cultivar	10	1.0	7.5	1.2	42.4
	Heading time	9	1.6	9.2	1.2	40.6

었다.

- 유효분얼수와 온도 및 일사량과의 관계에 있어서 日較差가 클수록, 日射量이 많을수록 양성한 分蘖을 유도하였으며, 積算溫度와는 負의 상관관계를 보였고, 온도에 대한 영향은 통일형보다 일본형에서 커서 일본형은 이앙기의 온도가 생육에 저해를 받지 않는 한 일교차가 큰 조기에 이앙할수록 이삭수를 증가시킬 수 있으며, 통일형은 그보다 늦은 시기에 有效分蘖이 많아 분얼적온에 대한 차이를 보였다.
- Sink capacity로 나타낼 수 있는 주당 영화수의 경우 일본형에서는 8월 16일 이후로 출수기가 늦어짐에 따라 감소하였는데, 통일형에서는 8월 26일 출수한 구에서 최대의 크기를 보여 일반형과 통일형 사이에 受容器官의 크기형성에 필요한 온도조건이 다름을 알 수 있었다.
- Source activity의 지표로 측정된 葉綠素, 질소 및 탄수화물 함량과 광합성 능력은 출수기에는 각 품종간 출수기 차이에 따른 차이가 없었다. 그러나 9월 5일 출수할 경우 엽록소 함량과 광합성 능력이 출수후 20일 경부터 급격한 감소를 보이기 시작하였으며 이러한 경향은 통일계에서 심하였다.
- 통일형의 경우 8월 26일 출수한 것이 8월 16일 출수한 것에 비하여 수용기관의 크기가 컸음에도 불구하고, 수량이 낮아졌는데 통일형

이 일본형에 비해 登熟適溫이 높고 따라서 安全登熟期間의 폭이 좁으며, 출수기가 8월 16일에서 8월 26일로 늦어질 경우 이삭당 영화수는 약간 늘지만 등숙률이 크게 감소하였다.

## 引用文獻

- 安壽奉. 1973. 수도등숙의 品種間 差異와 그 향상에 관한 研究. 한작지 14:1-59.
- 安壽奉, 李鍾喆. 1981. 登熟期의 溫度 및 照度가 수도품종의 光合成과 호흡에 미치는 영향. 최현옥박사 회갑기념 논문집 131-136pp
- 崔海椿. 1980. 水稻의 등숙특성 및 Sink/Source ratio의 품종간 차이와 作期移動에 따른 변화. 서울대학교 석사학위 논문.
- 崔海椿, 權容雄. 1985. 벼의 Source 및 Sink 관련형질의 품종간 차이와 環境變異의 평가. 한작지 30(4):460-470.
- 이주열. 1976. 수도 생육후기 광합성 능력과 영양환경이 건물생산과 수량구성요소에 미치는 영향. 한작지. 21(2):187-202
- 趙龍九. 1985. 수도품종의 生長解析과 最適葉面積 指數의 추정. 서울대학교 석사학위 논문
- 村田吉男, 猪山純一郎, 姬田正美, 泉清一, 河邊愛宏, 補前芳信. 1966. 光合成と物質生産力具た水稻の深耕密植栽培の研究. 日本 農業技術研究所 研究報告 D 15:1-53.

8. 村山登, 吉野實, 大島正男, 塚原貞雄, 川原崎裕司. 1955. 水稻の生育に伴う炭水化物の集積過程に関する研究. 日本 農業技術研究所 研究報告. 134:123-166
9. 申辰澈, 權容雄. 1985. 作期移動에 따른 수도 F2 세대의 登熟特性 分離樣相의 변화. 서울대 농학연구. Vol. 10(2):47-61
10. Yoshida S., D. Forno, J.H. Cock, K. A. Gomez 1972. Laboratory manual for physiological studies of rice. 2nd edition, IRRI.