

Sink와 Source 관련형질 변이가 벼 종실중 및 종실질소함량 변이에 미치는 영향

이충근* · 권영업* · 이재은* · 서종호* · 신진철* · 이변우**†

*국립식량과학원, **서울대학교 농업생명과학대학

Effect of Sink and Source Related Characteristics on Grain Weight and Grain Nitrogen Content in Rice

Chung-Kuen Lee*, Young-Up Kwon*, Jae-Eun Lee*, Jong-Ho Seo*, Jin-Chul Shin*, Byun-Woo Lee**†

**National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

**College of Agriculture and Life Science, Seoul Nat'l Univ., Seoul 151-742, Korea

ABSTRACT This experiment was conducted to clarify the effects of source and sink related characteristics on grain weight increase and grain nitrogen accumulation in rice. Source was modified by leaf removing treatment with no sink modification in 2002 and sink and source were modified at the same time by different sowing dates, N fertilization rates, row spacings, and thinning treatments at heading in 2007. Grain weight (GW) and grain assimilates produced by photosynthesis during grain-filling (GW_p) increased with the increase of source, while the grain assimilates retranslocated from leaf and stem (GW_T) decreased. Among the source-related characters, shoot dry weight were most closely related with GW . GW was dependant on GW_p rather than on GW_T . Grain nitrogen content (GN) and grain nitrogen absorbed from soil during grain-filling (GN_S) increased with the increase of source, while the grain nitrogen retranslocated from leaf and stem (GN_T) decreased. Shoot nitrogen content among the source-related characters was related most closely with GN . The contribution of GN_T to GN was relatively large although GN depended more largely on GN_S than GN_T . In addition, GN was supplied firstly from GN_S or from GN_S and GN_T at the same time.

Keywords : rice, sink, source, grain weight, grain nitrogen content, leaf area index, shoot dry weight, shoot nitrogen content, grain number

벼의 수량은 광합성에 의한 동화산물의 공급부위(source)와 이들 동화산물을 축적하는 수용부위(sink) 그리고 동화산물

의 이동통로인 전류부위의 상호작용에 의해서 결정된다. 즉, 벼의 수량증대를 위해서는 주로 source의 기능을 하는 엽면적을 크게 하고 활력이 오래 유지되도록 하며, 생성된 동화산물이 순조롭게 전류되도록 하여 최종적으로 sink에 동화산물 축적이 원활하게 이루어지도록 해야 한다. 벼에서 동화산물이 이삭으로 전류되는 속도와 양은 source/sink 비율, sink와 source 관련형질의 활력, 온도와 일사량에 의하여 크게 영향을 받는데, sink를 제한하면 전류속도는 늦어 지지만(Wardlaw, 1976), 종실당 가용탄수화물이 증가하여 종실중이 증가하고(정, 1985; 조 & 이, 1974; Lee 등, 1979), 경엽에 탄수화물의 축적량이 높으며, 고차분열이 발생한다고 하였다. 또한 source를 제한하면 sink간에 탄수화물에 대한 경쟁이 생겨 sink strength가 커지는데(Evans & Evans, 1976), 이때 동화산물의 전류에 중요한 역할을 하는 것은 sink의 크기 보다는 sink의 활력이라고 하였다(Zeevart, 1979).

Jenner 등(1991)은 질소와 전분의 축적 속도와 기간은 각기 다른 요인에 의하여 조절되거나 영향을 받는 독립적인 것이라고 하였고, 여기에서 sink와 source 관계에 근거하여 종실 단백질 축적은 외부 공급 요인에 주로 의존하며, 매우 건조한 조건을 제외하고는 source에 의해 지배된다고 하였다. 또한 Jamieson & Semenov(2000)도 종실의 질소요구도는 영화수보다는 식물체 총질소함량에 가장 잘 반응한다고 하여 Jenner 등(1991)의 보고와 일치하였다.

그러나 sink와 source가 종실중 및 종실질소함량에 미치는 영향을 종합적으로 연구한 바가 드물며, Matre 등(2003)은 질소 전류의 sink-source 조절에 근거하여 종실 질소 축적을 모델링하는 접근방법을 시도하였으나, 그들의 연구는 종실 질소의 구성성분에 집중되었으며, Zhu 등(2007)은 등숙기간 중 종실 질소의 축적을 토양으로부터의 흡수되는 것

†Corresponding author: (Phone) +82-2-880-4544
(E-mail) leebw@snu.ac.kr <Received August 4, 2008>

과 잎과 줄기로부터 전류되는 것으로 분류하여 설명하는 모델을 만들었으나 파라미터를 추정하는 과정이 불명확하였다. 따라서 본 연구에서는 2002년도에는 sink는 변화를 주지 않고 엽제거에 의해 source의 크기를, 2007년에는 파종기, 질소시비량 및 재식밀도를 달리하여 sink와 source의 크기를 조절한 후 이들이 종실중 및 종실질소함량의 형성과정 및 이들 최종산물에 미치는 영향을 분석하여 종실중 및 종실질소함량 예측모델을 만들기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 1. source가 벼 종실중 및 종실질소함량에 미치는 영향

Sink가 고정된 상태에서 source가 벼 종실중 및 종실질소함량에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 2002년도에 자포니카인 화성벼, 일품벼와 통일계인 다산벼를 시험품종으로 하여 4월 25일에 파종한 후 5월 25일에 이앙하였다. 질소시비는 ha당 110 kg을 기비, 분얼비, 수비로 각각 40, 30, 30% 분시하였으며, 인산은 ha당 45 kg을 전량기비로, 칼륨은 57 kg을 기비와 수비로 각각 70%와 30% 분시하였다. 출수 직후 포장상태에서 지엽, 지엽과 2엽 및 모든 잎을 제거하였으며, 무처리와 함께 출수 후 7일, 14일, 21일, 35일과 49일에 각 처리별로 식물체를 채취하였으며, 이들로부터 각 부위별 건물중과 질소농도를 조사하였다. 질소농도는 잘 건조된 시료를 40 mesh로 분쇄한 후 칼달법 및 비색법으로 측정하였다.

실험 2. sink와 source의 상호작용이 벼 종실중과 종실질소함량에 미치는 영향

파종기 및 이앙기, 시비량, 재식밀도 처리를 통해 출수기 때 sink와 source를 조절하여 이들이 벼의 종실중과 종실질소함량에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 2007년에 일품벼를 시험품종으로 하여 4월 10일, 4월 25일, 5월 10일에 각각 파종하여 30일 육묘 후 5월 10일, 5월 25일, 6월 9일에 이앙하였다. 질소시비량은 ha당 0 kg, 90 kg, 180 kg으로, 기비, 분얼비, 수비로 각각 50, 30, 20% 분시하였으며, 인산은 45 kg을 전량 기비로, 칼륨은 57 kg을 기비와 수비로 각각 70%와 30% 분시하였다. 재식밀도는 질소 0 kgN/ha 처리에서는 30×7, 30×14 cm, 90 kgN/ha 처리에서는 30×7, 30×14, 30×28 cm, 180 kgN/10a 처리에서는 30×14, 30×28 cm로 처리하였다. 또한 출수기에 0 kgN/ha 처리에서는 30×7 cm, 90 kgN/ha 처리에서는 30×7와 30×14 cm, 180 kgN/ha 처리에서는 30×14 cm 처리구 중 일부를 솟아내어 재식밀

도를 1/2로 조정하였다. 유수분화기와 출수기, 출수 후 10일 간격으로 50일까지 각 처리별로 식물체를 채취하였으며, 이들로부터 엽면적, 각 부위별 건물중 및 질소함량을 조사하였다. 엽면적은 Li-3100(Licor)을 이용하여 조사하였으며, 질소는 잘 건조된 시료를 40 mesh로 분쇄한 후 CNS2000(LECO)을 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

Sink와 source 관련형질 변이

출수기의 벼 생육상태, 즉 sink와 source의 크기는 등숙기 전반에 걸쳐 벼 생육에 영향을 주기 때문에 출수기는 벼 연구에서 매우 중요한 시기이다. 2002년도에는 출수기에 sink의 변화를 주지 않고 엽제거를 통해 source의 크기를 직접적으로 조절하였으나, 전엽 또는 절영에 의해 sink와 source의 크기를 인위적으로 조절하게 되면 식물체에 불필요한 스트레스를 유발하거나 식물체 생육에 불균형을 초래하여 분석에 혼선을 줄 수 있기 때문에 2007년도에는 파종기, 질소시비량, 재식밀도 및 출수기 솟아내기를 통해 sink와 source의 크기를 조절하였다. 그러나 출수기의 엽면적지수는 1.6~6.4, 지상부 총건물중은 364.8~944.6 g/m², 종실질소함량은 3.5~14.0 g/m², 영화수는 19962~42628개의 변이를 보여 다양한 크기의 sink와 source를 얻었다(표 1). 그러나 표 2에서 보는 바와 같이 모든 sink와 source 관련 형질이 서로 매우 밀접하게 관련되어 있어 등숙기간 중 종실중 및 종실질소함량에 미치는 sink 또는 source 관련형질의 개별효과를 분석하기는 어려웠다.

전체적으로 sink와 source 관련형질은 파종기가 빠르고, 질소시비량이 많을수록, 그리고 재식밀도가 클수록 모두 커지는 경향이였다. 적기(4월 25일)에 파종을 하였을 때 sink와 source 관련형질 모두 큰 값을 보였으며, 파종기가 빠르거나(4월 10일) 파종기가 늦었을 때(5월 10일) 작아지는 경향이였다. 또한 질소시비량이 낮을 때는 sink와 source 관련형질들의 재식밀도 간 차이가 컸으나, 질소시비량이 많을 때는 재식밀도 간 차이가 크지 않았다(표 1).

종실중 및 종실중 구성인자와 sink-source와의 관계

등숙기간 중의 이삭중(PDW) 변화는 출수기의 이삭중(PDW_H)과 출수기 이후 이삭중 증가량(PDW_G)의 합으로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$PDW = PDW_H + PDW_G$$

Table 1. Leaf area, shoot dry weight, shoot N content, and grain number at heading of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

Sowing date (day-month)	N fertilization rate (kg/ha)	Row spacing (cm)	Leaf area index (m ² /m ²)	Shoot dry-weight (g/m ²)	Shoot N content (g/m ²)	Grain number
10-Apr	0	7	2.7	585.8	6.6	26586
		14	1.6	364.8	3.5	22064
	90	7	4.9	891.1	11.5	39536
		14	4.6	795.9	10.5	31536
	180	28	5.4	765.1	9.0	36200
		14	6.4	889.3	13.5	42628
25-Apr	0	7	2.8	623.7	6.3	25662
		14	3.2	586.2	6.1	24641
	90	7	5.4	944.6	9.3	33926
		14	4.4	852.5	9.2	34837
	180	28	4.3	739.3	8.6	33926
		14	5.9	887.6	12.0	37621
10-May	0	7	2.3	559.0	4.7	19962
		14	2.1	505.3	4.4	20999
	90	7	5.7	924.0	11.9	33994
		14	5.1	804.8	10.4	32801
	180	28	4.0	660.7	8.6	30719
		14	6.1	867.3	13.2	37940
LSD (0.05)		28	5.2	753.8	13.1	40924
			1.2	119.8	2.9	5610

Table 2. Correlation among the sink-source related characteristics at heading of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

	LAI	TDW	TNU	GNO
LAI	1.0000	0.9314***	0.9503***	0.9303***
TDW		01.000	0.8642***	0.8472***
TNU			1.0000	0.9500***
GNO				1.0000

LAI: leaf area index (m²/m²), TDW: shoot dry weight (g/m²)
 TNU: shoot nitrogen content (g/m²), GNO : grain number (No./m²)

벼가 개화 수정된 후에는 광합성에 의하여 동화된 탄수화물과 출수전에 동화되어 경엽에 축적되었던 저장탄수화물이 이삭으로 전류되어 축적된다(이, 1971; 이 등, 1974). 따라서 PDW_G 는 광합성에 의한 증가량(PDW_P)과 출수전 경엽에 축적되었던 것 중 이삭으로 전류된 동화산물(PDW_T)의 합으로 아래의 식으로 표현 된다.

$$PDW_G = PDW_P + PDW_T$$

이삭중과 마찬가지로 지상부 건물중(TDW)도 출수기 지상부 건물중(TDW_H)과 출수기 이후 지상부 건물중 증가량(TDW_G)의 합으로 계산될 수 있으므로 다음의 식과 같다.

$$TDW = TDW_H + TDW_G$$

또한 등숙기간 중 뿌리로부터 또는 뿌리로 전류되는 동화산물은 극히 미미하기 때문에 지상부 건물중의 증가량(TDW_G)은 순수하게 광합성에 의존하므로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$TDW_G = TDW_P$$

여기에서 등숙기간 중 광합성에 의해 생성된 모든 동화산물이 이삭으로 전류된다고 가정한다면 출수 이후 광합성에

의한 지상부 건물중 증가량(TDW_P)은 광합성에 의한 이삭중 증가량(PDW_P)과 같다.

$$TDW_P = PDW_P$$

따라서 PDW_T 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$PDW_T = PDW_G - TDW_G$$

종실중(GW) 또한 이삭중과 마찬가지로 출수기 종실중(GW_H)

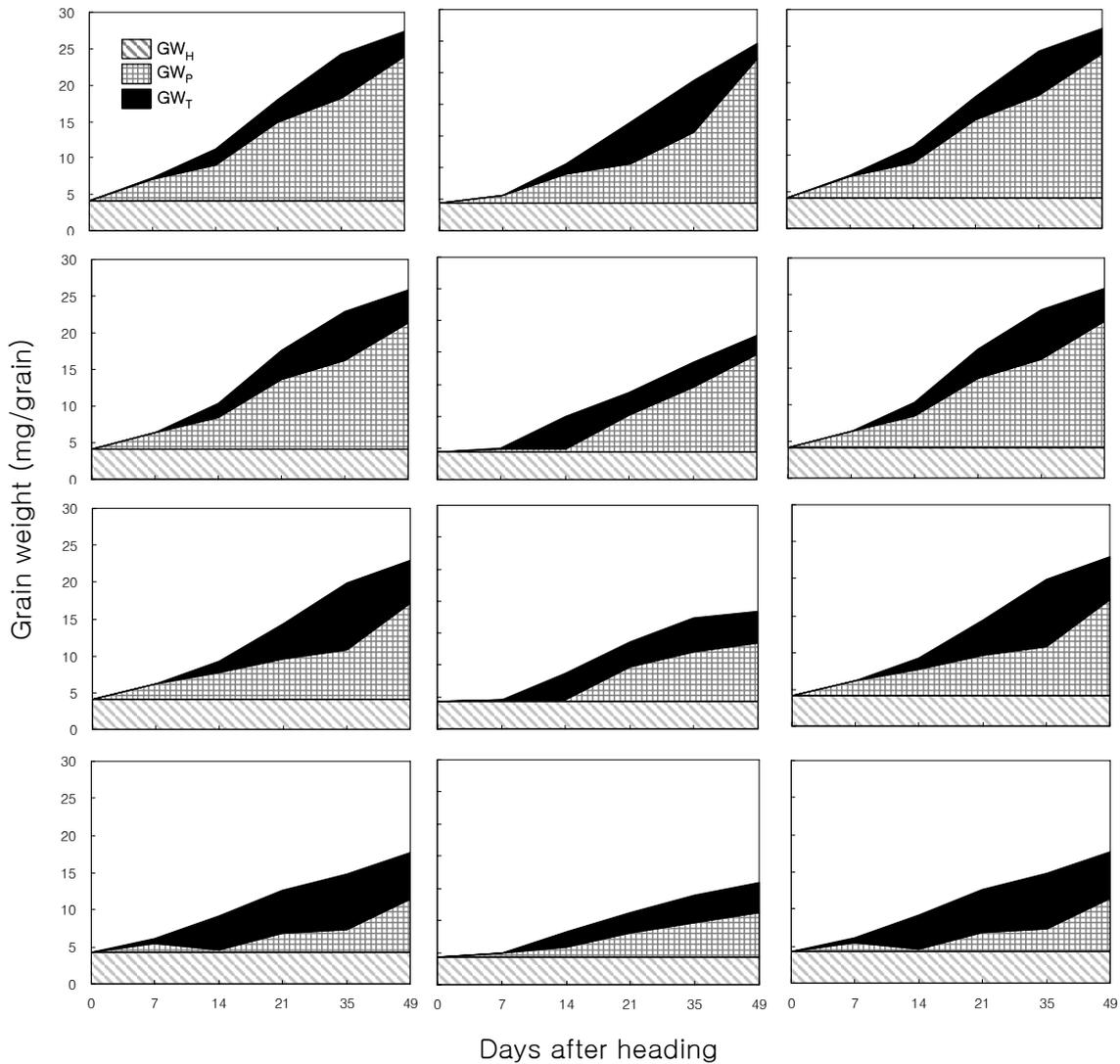


Fig. 1. Changes in the grain weight at heading (GW_H) and the grain assimilates produced by photosynthesis (GW_P) and retranslocated from leaves and stems (GW_T) during grain-filling period. 1st, 2nd, 3rd and 4th row represents no leaf removal, 1st leaves removal, 1st+2nd leaves and all leaves removal, respectively, and 1st, 2nd and, 3rd culm represents cultivar ‘Dasan’, ‘Hwaseong’ and ‘Ilpum’ respectively.

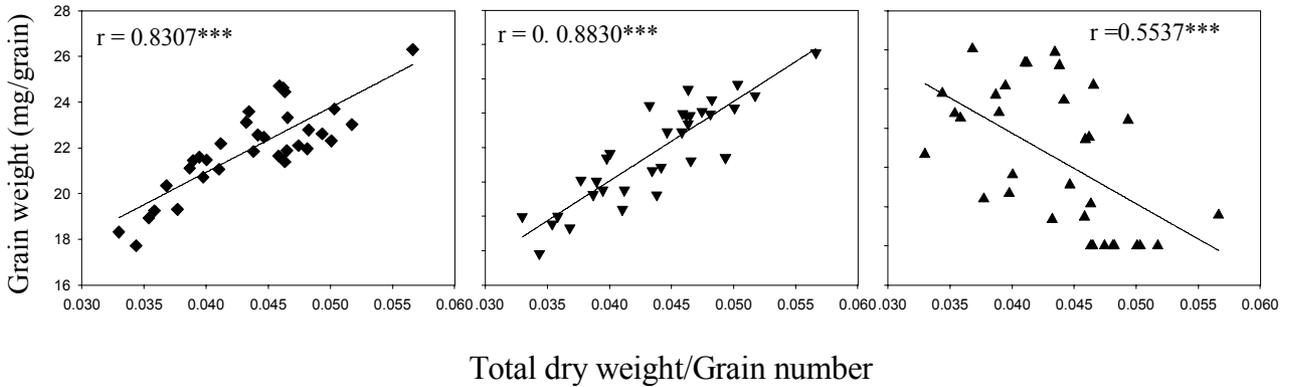


Fig. 2. Relationship between source-sink ratio of total dry weight and the grain weight (GW , ◆), the grain assimilates produced by photosynthesis (GW_p , ▼) and retranslocated from leaves and stems (GW_t , ▲) at maturity of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

과 출수 이후 종실중 증가량(GW_G)으로 다음의 식과 같으며,

$$GW = GW_H + GW_G$$

GW_G 는 광합성에 의한 증가량(GW_p)과 출수전 경엽에 축적되었던 것 중 종실로 전류된 동화산물(GW_t)의 합으로 다음의 식과 같이 표현될 수 있다.

$$GW_G = GW_p + GW_t$$

여기에서 이삭중에서 지경의 무게는 전체 종실중에 비하여 매우 작으므로 무시하고 이삭중을 영화수(GNO)로 나누어 종실중을 구할 수 있으므로, GW_p 와 GW_t 는 각각 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$GW_p = PDW_p/GNO$$

$$GW_t = PDW_t/GNO$$

위 과정을 통해 등숙기간 중 종실중을 구성하는 인자를 출수기까지 이미 생산된 동화산물, 즉 왕겨의 무게와 등숙기간 중 광합성에 의해 생산된 동화산물, 그리고 출수전 저장되었다가 등숙기간중 종실로 전류된 동화산물로 구분하여 계산 할 수 있다.

실험 1에서 sink는 변화를 주지 않고 source의 크기를 조정하였을 때 source의 크기에 관계없이 화성벼에 비하여 일품벼와 다산벼에서 종실중의 구성인자 중 출수전 저장되었다가 종실로 전류된 동화산물(GW_t)이 많았다. Source 크기 별로 살펴보면, 정도의 차이는 있으나 세 품종 모두 source의 크기가 작을수록 등숙기 광합성에 의하여 생산된 동화산

물(GW_p)이 적었다. GW_t 는 화성벼의 경우 처리간에 큰 차이를 보이지 않았지만 일품벼와 다산벼에서는 source의 크기가 작을수록 오히려 증가하는 경향이 있었다(그림 1). 이는 Evans & Evans(1976)의 보고와 같이 source가 제한되면 sink strength가 커져서 저장 동화산물의 이삭으로의 전류량을 증가시켰기 때문으로 생각된다. 전체적으로 종실중은 source의 크기에 의하여 크게 영향을 받았는데, GW_p 가 GW_t 에 비해 source 크기에 더 민감하게 반응하였다.

재식밀도, 재배시기, 질소시비량 및 출수기 숙아내기를 통해 source와 sink를 조절한 실험 2에서는 앞서 살펴보았듯이 sink와 source 관련형질이 매우 밀접하게 연관되어 있으므로 이들의 개별효과를 분석하기 어려웠다. 따라서 성숙기 때의 source 관련형질인 지상부 총건물중, 엽면적, 지상부 총질소함량을 sink 관련형질인 영화수로 나누어 각각의 source-sink ratio를 구한 다음, 이들 source-sink ratio와 종실중 및 종실중 구성인자와의 관계를 분석하였다. source-sink ratio(지상부 건물중/영화수)는 종실중 및 GW_p 와 정의 상관관계가 있었으나 GW_t 와는 부의 상관관계가 있었다(그림 2). 엽면적지수 및 지상부 총질소함량을 분모로하여 계산한 source-sink ratio는 GW_p 와는 정의 상관관계가, GW_t 와는 부의 상관관계가 있었으나 종실중과는 상관관계가 인정되지 않았다(그림 3, 그림 4).

실험 1과 2의 결과를 종합하여 보았을 때, source가 클수록 종실중과 GW_p 는 증가하는 경향이었으나, GW_t 는 감소하는 경향이였다. 또한 source 관련형질중 지상부 총건물중이 종실중과 그 구성인자에 대한 영향력이 가장 컸으며, 구성인자 중에서는 GW_p 가 GW_t 에 비해 종실중에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

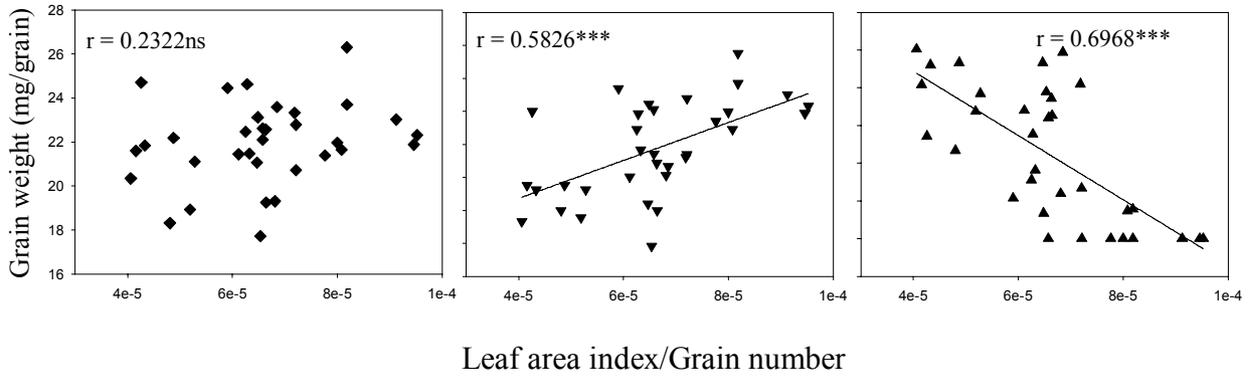


Fig. 3. Relationship between source-sink ratio of leaf area index(LAI) and the grain weight (GW , \blacklozenge), the grain assimilates produced by photosynthesis (GW_P , \blacktriangledown) and retranslocated from leaves and stems (GW_T , \blacktriangle) at maturity of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

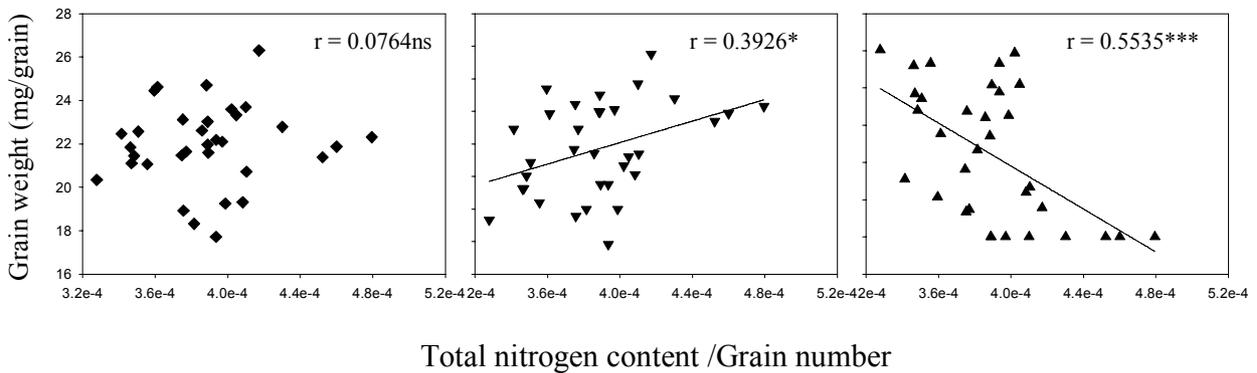


Fig. 4. Relationship between source-sink ratio of total nitrogen content and the grain weight (GW , \blacklozenge), the grain assimilates produced by photosynthesis (GW_P , \blacktriangledown) and retranslocated from leaves and stems (GW_T , \blacktriangle) at maturity of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

종실질소함량 및 종실질소함량 구성인자와 sink-source와의 관계

이삭 질소함량(PNU)은 이삭중과 마찬가지로 출수기 이삭 질소함량(PNU_H)과 출수기 이후 이삭의 질소 축적량(PNU_G)으로 다음의 식과 같다.

$$PNU = PNU_H + PNU_G$$

등숙기간 중 벼 이삭 또는 종실을 구성하는데 많은 양의 질소가 요구되는데 이 기간 중 토양으로부터 흡수되는 질소의 양은 이삭 및 종실에 필요한 질소에 비해 현저히 적기 때문에 많은 양의 질소는 출수전 저장되었던 영양생장기관 특히 엽신으로부터 아미노산의 형태로 이삭 및 종실로 전류된다고 한다(Mae, 1997). 따라서 PNU_G 는 토양으로부터 흡수된 질소(PNU_S)와 출수전 경엽에 축적되었던 것 중 이삭으로 전류된 질소(PNU_T)의 합인 아래의 식으로 표현 된다.

$$PNU_G = PNU_S + PNU_T$$

지상부 질소함량(TNU)도 출수기 지상부 질소함량(TNU_H)와 출수기 이후 등숙기 지상부 질소 축적량(TNU_G)의 합으로 계산될 수 있으므로 다음의 식과 같다.

$$TNU = TNU_H + TNU_G$$

뿌리로부터의 질소의 전류는 없다고 가정하였을 때 출수 후 지상부 질소함량의 증가는 전부 토양으로부터 흡수된 것으로 간주할 수 있으므로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$TNU_G = TNU_S$$

여기에서 등숙기간 중 토양으로부터 흡수된 모든 질소가 이삭 또는 종실로 전류된다고 가정한다면 출수이후 토양으

로부터 흡수된 지상부 질소함량(TNU_S)은 토양으로부터 흡수된 이삭의 질소함량(PNU_S)과 같다.

$$TNU_S = PNU_S$$

따라서 PNU_T 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$PNU_T = PNU_G - TNU_G$$

중실질소함량(GN) 또한 이삭 질소함량과 만찬가지로 출수기 중실질소함량(GN_H)과 출수 이후 중실질소 축적량(GN_G)로 다음의 식과 같으며,

$$GN = GN_H + GN_G$$

GN_G 는 토양으로부터 흡수되어 중실로 집적된 질소(GN_S)와 출수전 경엽에 축적되었던 것 중 중실로 전류된 질소(GN_T)의 합으로 다음의 식과 같이 표현될 수 있다.

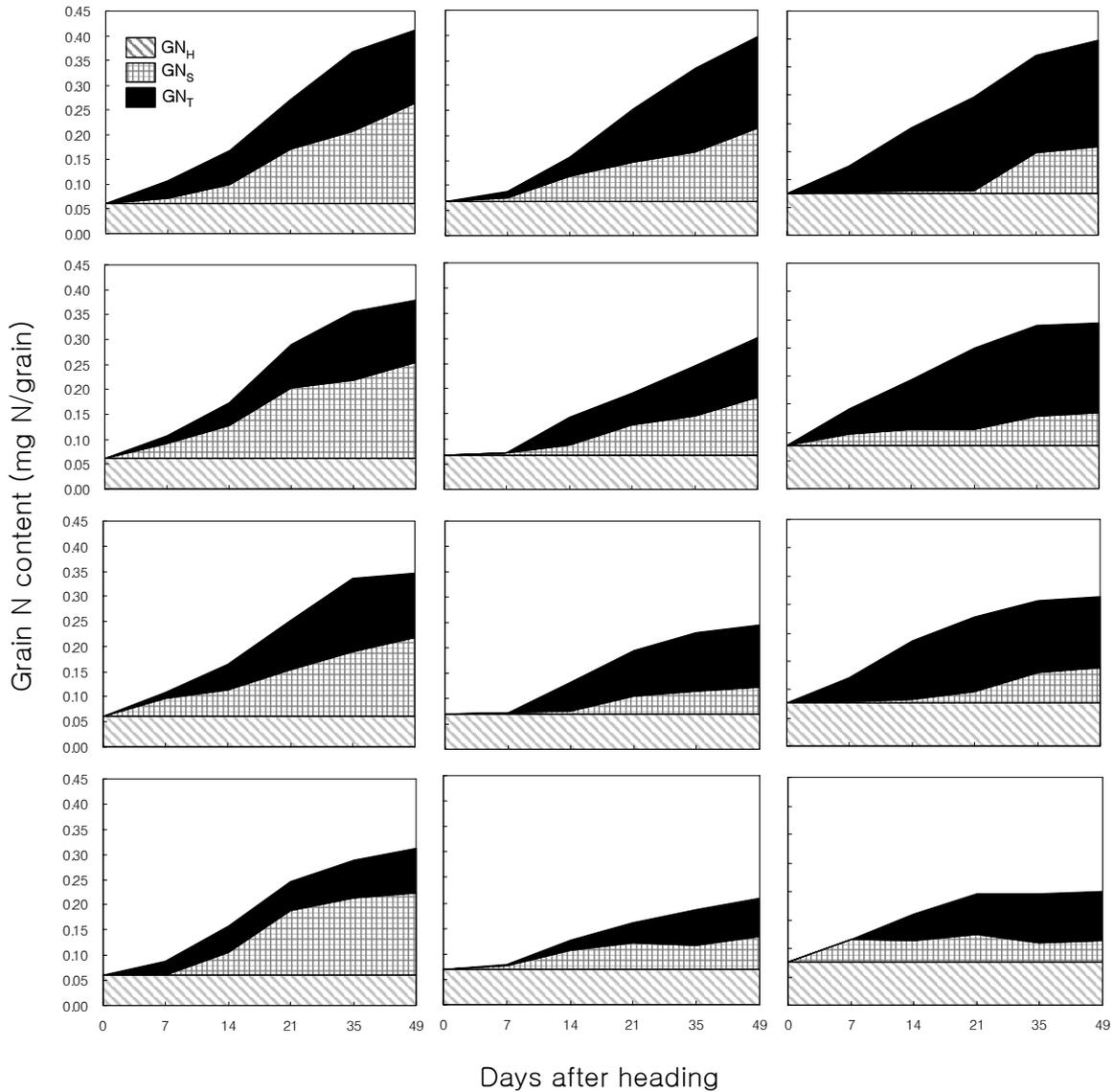


Fig. 5. Changes in the grain N content at heading (GN_H) and the grain nitrogen content absorbed from soil (GN_S) and retranslocated from leaves and stems (GN_T) during grain-filling period. 1st, 2nd, 3rd and 4th row represents no leaf removal, 1st leaves removal, 1st+2nd leaves and all leaves removal, respectively, and 1st, 2nd and, 3rd culm represents cultivar 'Dasan', 'Hwaseong' and 'Ilpum', respectively.

$$GN_G = GN_S + GN_T$$

여기에서 이삭 질소함량에서 지경의 질소함량은 전체 종실질소함량의 합에 비하여 매우 작으므로 무시하고 이삭질소함량을 영화수(GNO)로 나누어 종실질소함량을 구할 수 있으므로, GN_S 와 GN_T 는 각각 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$GN_S = PNU_S/GNO$$

$$GN_T = PNU_T/GNO$$

위 과정을 통해 등숙기간 중 종실질소함량을 구성하는 인자를 출수기까지 이미 생산된 질소, 즉 왕겨의 질소함량, 등숙기간 중 토양으로부터 흡수된 질소, 그리고 출수전 경엽에 저장되었다가 등숙기간 중 종실로 전류된 질소로 구분하여 계산할 수 있다.

Sink는 변화를 주지 않고 전엽에 의하여 source의 크기를

조정한 실험 1(그림 5)의 경우 화성벼와 일품벼에 비하여 다산벼에서 등숙기간 중 뿌리로부터 흡수된 질소(GN_S)의 비율이 높았으며, 일품벼는 전류된 질소(GN_T)의 비율이 다른 품종에 비하여 높은 경향이였다. 전엽에 의하여 source가 작을수록 GN_T 와 GN_S 모두 적은 경향이었는데, 특히 GN_T 에서 그 경향이 심하였다.

재식밀도, 재배시기, 질소시비량 및 출수기 속아내기를 통해 source와 sink를 조절한 실험 2에서는 종실중과 마찬가지로 source sink ratio와 종실질소함량 및 그 구성인자와의 관계를 분석하였다. 지상부 총건물중 및 엽면적지수에 의한 source-sink ratio는 종실질소함량과 GN_S 와는 정의 상관관계가 있었으나 GN_T 와는 부의 상관관계가 있었으며(그림 6, 그림 7), 지상부 총질소함량에 의한 source-sink ratio는 GN_S 및 GN_T 와는 상관관계가 인정되지 않았으나 종실질소함량과는 고도로 유의한 정의 상관관계가 있었다(그림 8). 종합하여 보았을 때, source가 클수록 종실질소함량과

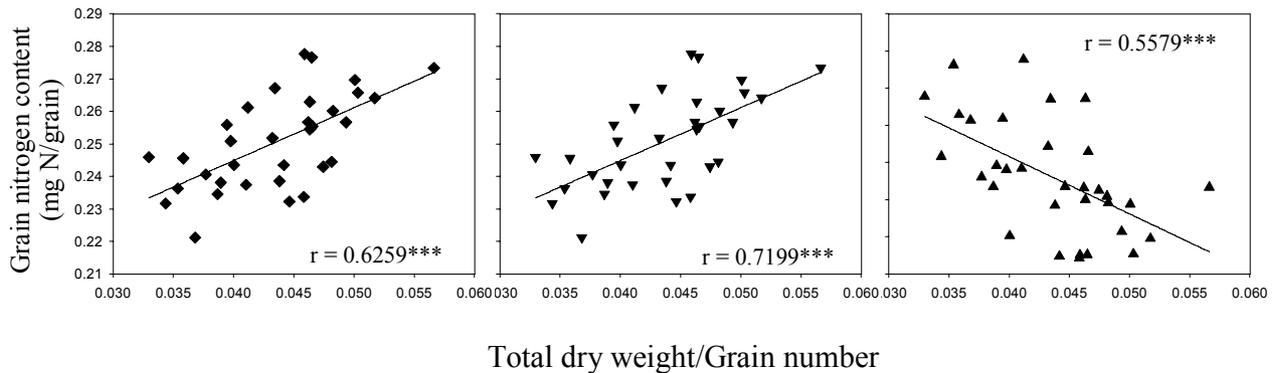


Fig. 6. Relationship between source-sink ratio of total dry weight and the grain nitrogen content (GN , \blacklozenge), the grain nitrogen absorbed from soil (GN_S , \blacktriangledown) and retranslocated from leaves and stems (GN_T , \blacktriangle) at maturity of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

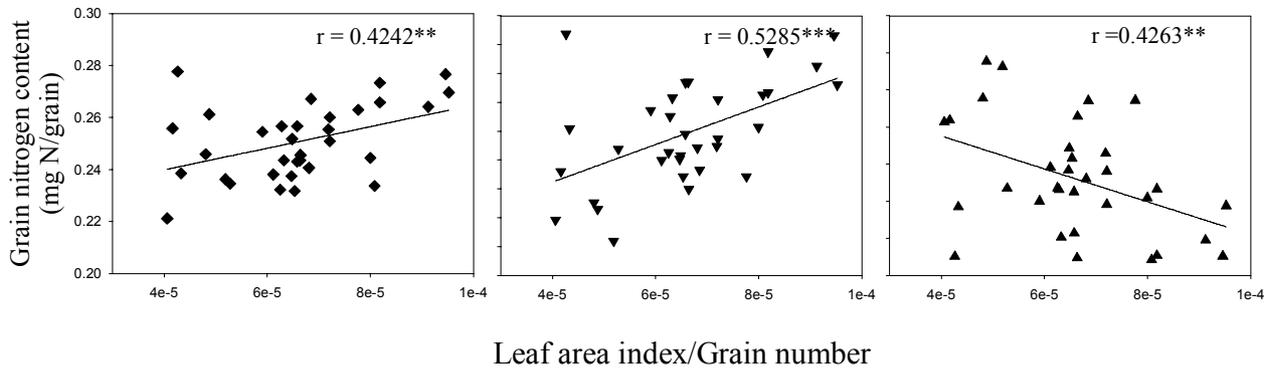


Fig. 7. Relationship between source-sink ratio of leaf area index(LAI) and the grain nitrogen content (GN , \blacklozenge), the grain nitrogen absorbed from soil (GN_S , \blacktriangledown) and retranslocated from leaves and stems (GN_T , \blacktriangle) at maturity of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

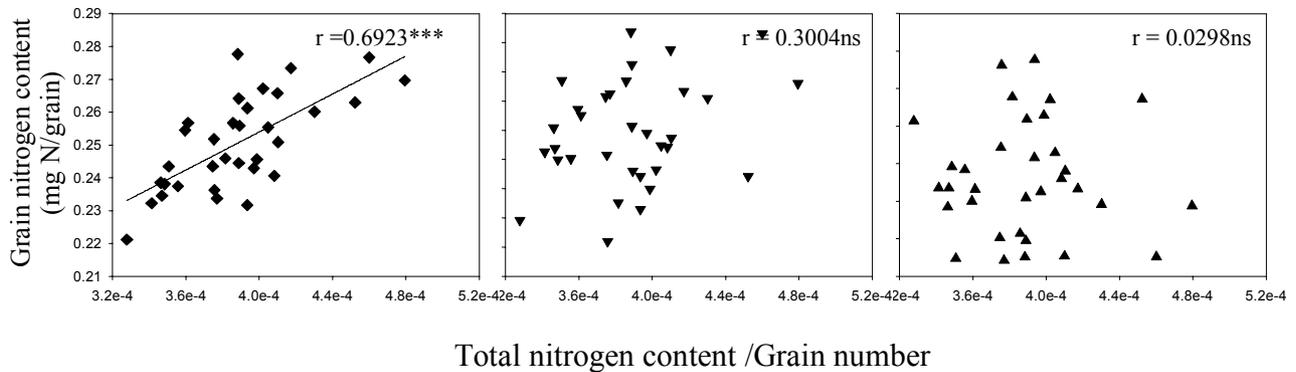


Fig. 8. Relationship between source-sink ratio of total nitrogen content and the grain nitrogen content (GN , \blacklozenge), the grain nitrogen absorbed from soil (GN_S , \blacktriangledown) and retranslocated from leaves and stems (GN_T , \blacktriangle) at maturity of rice sown at different dates, transplanted with different row spacings and fertilized with three N levels in 2007.

GN_S 는 증가하는 경향이었으나, GN_T 는 감소하는 경향으로 인위적으로 엽제거를 통해 source의 크기를 조절하였을 때와는 다른 경향이였다. 이것은 등숙기간 중 종실로 전류되는 질소는 대부분이 잎에 저장되어 있던 것으로 엽제거를 통해 source의 크기를 줄일 때 종실로 전류되어야 할 질소 또한 소실되었기 때문으로 생각된다. 그러나 여기에서처럼 source-sink ratio를 통해 분석할 때 source-sink ratio가 크다는 것은 sink에 비하여 상대적으로 source가 크다는 것을 의미하며, 따라서 GN_S 의하여 충분히 종실에서 요구하는 질소를 감당하여 상대적으로 GN_T 가 적어졌기 때문으로 생각된다. 이것은 종실에서의 질소의 축적은 주로 source에 의존한다는 Jenner 등(1991)의 결과와 일치하였다. Jamieson & Semenov(2000)는 밀 생육모델인 SIRIUS에서 종실질소는 가장 먼저 노화되고 있는 잎과 줄기로부터 전류되는 질소(GN_T)에 의하여 공급되며, 이들로부터의 공급이 충분하지 못하면 토양으로부터 질소(GN_S)를 흡수하고, 이것 또한 충분하지 않을 경우 노화되지 않은 엽으로부터 질소를 공급받아 엽의 노화를 촉진한다고 가정하였다. 그러나 본 연구에서는 등숙기간 중 종실 질소는 토양으로부터 먼저 공급되거나 적어도 잎 또는 줄기로부터의 전류와 토양으로부터의 공급이 동시에 이루어지는 것으로 나타났다. 종실질소의 구성인자 중에서는 GN_S 가 GN_T 에 비해 종실질소함량에 큰 영향을 주었으나 종실중과는 GN_T 가 종실질소함량을 차지하는 비중이 비교적 컸다.

적 요

2002년도에는 sink는 변화를 주지 않고 엽제거에 의해 source의 크기를, 2007년에는 파종기, 질소시비량 및 재식

밀도를 달리하여 sink와 source의 크기를 조절한 후 이들이 종실중 및 종실질소함량의 형성과정에 미치는 영향을 분석하고자 하였던 바 이에 대한 결과는 다음과 같다.

1. 엽제거를 통해 source의 크기를 직접적으로 조절하였을 때는 출수전 엽에 저장되었던 동화산물과 질소에 직접적으로 영향을 주어 해석에 혼란을 주었으며, 파종기, 질소시비량 및 재식밀도 조정과 출수기 수확내기를 통해 sink와 source의 크기를 조절할 경우에는 다양한 크기의 sink와 source를 얻었지만 모든 sink와 source 관련 형질이 서로 매우 밀접하게 관련되어 있어 등숙기간 중 종실중 및 종실질소함량에 미치는 sink 또는 source 관련형질의 개별효과를 분석하기는 어려웠다

2. source가 클수록 종실중과 GW_P 는 증가하는 경향이었으나, GW_T 는 감소하는 경향이였으며, sink는 source와는 반대의 경향을 보였다. 또한 source 관련형질중 지상부 총건물중이 종실중과 그 구성인자에 대한 영향력이 가장 컸으며, 구성인자 중에서는 GW_P 가 GW_T 에 비해 종실중에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다.

3. source가 클수록 종실질소함량과 GN_S 가 많은 경향이였으나, GN_T 는 감소하는 경향이였으며, sink는 source와는 반대의 경향을 보였다. 또한 source 관련형질중 지상부 총질소함량이 GN 에 대한 영향이 가장 컸으며, 구성인자 중에서는 GN_S 가 GN_T 에 비해 종실질소함량에 큰 영향을 주었으나 종실중과는 달리 GN_T 가 종실질소함량을 차지하는 비중이 비교적 컸다.

4. 등숙기간 중 종실 질소는 토양으로부터 먼저 공급되거나 적어도 잎 또는 줄기로부터의 전류와 토양으로부터의 공급이 동시에 이루어지는 것으로 나타났다.

인용문헌

- Cho, D. S. 1975. Studies on the productivity of individual leaf blade of paddy rice. Korean J. Crop Sci. 18 : 1-27.
- Choi, H. C. 1984. Studies on the inheritance and selection of some characters related to source and sink in rice (*Oryza sativa* L.). Ph.D Thesis, Seoul National University.
- Choi, H. C. and Y. W. Kwon. 1985. Evaluation of varietal difference and environmental variation for some characters related to source and sink in the rice plant. Korean J. Crop Sci. 30(4) : 460-470.
- Evans, M. G. and L. T. Evans. 1976. Effect of sink size, geometry and distance from source on the distribution of assimilates in wheat in "Transport and transfer processes in plants" Edited by I. F. Wardlaw and J. B. Passioura. Academic Press, New York : 393-400.
- Jamieson, P. D. and M. A. Semenov. 2000. Modelling nitrogen uptake and redistribution in wheat. Field Crops Res. 68, 21-29.
- Jenner, C. F., T. D. Ugalde, and D. Aspinall. 1991. The physiology of starch and protein deposition in the endosperm of wheat. Aust. J. Plant Physiol. 18, 211-226.
- Kim, K. H., Y. J. Lee, and S. J. Kim. 1982. Effect of defoliation and panicle removal at heading stage on grain weight in rice plant. Korean J. Crop Sci. 27(1) : 20-27.
- Lee, H. J. and G. W. Mckee. 1979. Translocation of ¹⁴C-assimilates during grain filling and influence of defoliation and emasculation on grain weight in oats. Korean J. Crop Sci. 24(4) : 38-44.
- Mae, T. 1997. Physiological nitrogen efficiency in rice: nitrogen utilization, photosynthesis, and yield potential. Plant and Soil, 196 : 201-210.
- Martre, P., J. R. Porter, P. D. Jamieson, and E. Triboi. 2003. Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand the sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. Plant Physiol. 133, 1959-1967.
- Wardlaw, I. F. 1976. Assimilate partitioning cause and effect. in "Transport and transfer process in plants". Edited by I.F. Wardlaw and J. B. Passioura. Academic Press, New York : 381-391.
- Zaevart, J. A. D. 1979. Regulation of assimilate partitioning. In partitioning of assimilates. Report4. Summary reports of a workshop. Michigan state Univ. pp. 23.
- Zhu, Y, W. Li, Q. Jing, W. Cao, and T. Horie. 2007. Modeling grain protein formation in relation to nitrogen uptake and remobilization in rice plant. Agric. China 1(1) : 8-16.
- 이은웅, 이호진, 이인정. 1974. 재배시기 및 시용조건이 수도의 등숙과 수량성에 미치는 영향 및 품종간의 차이. 서울대학교 논문집 생농계 24절 별책 : 1-23.
- 이은웅. 1971. 한국에 있어서 출수기전후의 수도의 영양상태와 기후적 조건이 현미중 구성에 미치는 영향. 춘계 최범열박사 회갑기념논문집.
- 정봉현. 1985. 수도품종의 절엽 및 제영에 대한 등숙반응. 서울대학교 대학원 석사학위 논문 : pp. 50.
- 조동삼, 이은웅. 1974. 질소, 인산, 가리의 시용량의 차이 및 전엽처리가 수도의 등숙 및 수량에 미치는 영향. 한작지. 15 : 61-67.