

벼의 영화수와 생식 생장기 경엽중, 질소함량 및 비구조 탄수화물함량과의 관계

박동하* · 최일선* · 이변우*†

*서울대학교 농업생명과학대학

Relationship of Spikelet Number with Nitrogen Content, Biomass, and Nonstructural Carbohydrate Accumulation During Reproductive Stage of Rice

Park Dong-Ha*, Cui Ri-Xian* and Lee Byun-Woo*†

*Coll. of Agric. and Life Sci. Seoul Nat'l Univ. Suwon, 441-744, Korea

ABSTRACT : Spikelet number and its components of rice plant are closely associated with nitrogen accumulation and biomass production during panicle formation stage. To elucidate this relationship and also compare the differences of the sink formation efficiency among cultivars, spikelet number, its components, nitrogen content, non-structural carbohydrate content, and plant dry matter were investigated under 5 nitrogen levels with two split application methods and shading treatments by using three rice varieties. The nitrogen amount in shoot at panicle initiation stage and at 15 days after panicle initiation showed significant positive correlation with primary rachis branches per square meter, and that at 15 days after panicle initiation and at heading stage with secondary rachis branches per square meter. Primary and secondary rachis branches per square meter showed positive significant correlation with the shoot dry weight at panicle initiation stage and at 15 days after panicle initiation stage, respectively. The amount of degenerated secondary rachis branches and spikelets per square meter showed significant negative correlation with the dry weight and nonstructural carbohydrate increase of stem during 15 days after panicle initiation, and the contents of nonstructural carbohydrate at 15 days after panicle initiation. Spikelets per unit area showed significant positive correlation with nitrogen amount in shoot and shoot dry weight at heading stage. The sink formation efficiency expressed as the spikelet number produced by the unit amount of nitrogen in shoot at heading stage was higher in Nampoongbyeo than Chocheongbyeo and Hwaseongbyeo. Sink formation efficiency was negatively correlated with the dry weight increase of shoot and stem during reproductive stage, but not significantly with that of leaf in all

varieties. Sink formation efficiency was not significantly correlated with nonstructural carbohydrate, but was significantly negatively correlated with structural carbohydrate increase during reproductive stage.

Keywords : rice, accumulated nitrogen, shoot dry weight, spikelet components, spikelet, sink formation efficiency

벼의 수량 제한요소인 단위면적당 영화수와 수량사이에는 밀접한 상관관계가 있으며(Yoshida, 1981; 王 등, 1997), 벼의 수량은 단위면적당 영화수와 출수기전후의 광합성량과 동화산물의 이삭으로의 전류에 의해 결정되는 등숙율에 의해 최종 결정된다.

벼의 단위면적당 영화수는 단위면적당 수수와 수당 영화수에 의해 결정되며, 분얼기에 질소영양이 결핍하게 되면 분얼수가 감소하고, 또한, 유수형성기간에 질소영양이 부족하게 되면 퇴화영화수의 증가로 수당영화수가 감소하게 된다(松島, 1957; 1965; 和田 등, 1968b; Yoshida, 1981).

단위면적당 영화수는 유수분화개시기로부터 출수기까지의 질소흡수량, 건물중 증가량 및 출수기의 지상부 건물중과 1차직선회귀관계가 성립되며 (Kropff, *et al.*, 1994a; Hasegawa, *et al.*, 1994; 和田, 1969; 深山, 1984), 질소 단위흡수량 또는 단위건물중당 형성된 영화수는 영화수와 이들 요소들간의 1차회귀직선의 기울기이며, 村山(1967)는 이러한 기울기를 영화형성효율이라고 하였다. 영화형성효율은 지역 및 품종에 따라 달라지며, 동일한 질소흡수량에서도 한랭한 지역에서의 영화형성수는 더운 지역보다 많다고 하였다(Hasegawa, *et al.*, 1994; Kropff, *et al.*, 1994a; Yoshida and Parao, 1976; 村山, 1967). 일반계와 인디카 계열(武田, 1984), 구품종과 신품종(速水, 1983), IRRI의 단기성 품종과 장기성 품종(Akida, 1989)들간의

†Corresponding author: (phone) +82-31-290-2303 (E-mail) leebw@snu.ac.kr

<Received December 2, 2002>

영화형성효율을 비교하였는데, 일반계 품종이 인디카 품종보다, 신품종이 구품종보다 그리고 단기성 품종이 장기성 품종보다 영화형성효율이 높았다. 이들의 공통점은 유수분화기 경엽중의 높은 질소농도 조건에 의해 영화의 형성효율이 높아진다는 것이다. 한편, 영화형성기간중의 동화산물의 莖葉과 이삭으로의 배분도 영화형성효율에 영향을 미칠 것으로 추론된다.

이상의 관점에서 본 연구는 통일계인 남품벼와 일반계인 화성벼와 추청벼를 공시하여 질소보유량 및 건물중과 영화구성요소와의 관계, 그리고 영화형성효율의 차이 등에 기초한 품종간의 단위면적당 영화수형성 차이를 검토함으로써 다수확재배 및 품종육성을 위한 기초자료를 얻고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 1991년에 수행하였다. 일반계인 화성벼와 추청벼를, 통일계인 남품벼를 공시하였으며, 1991년 4월 28일 파종하여 6월 1일에 재식거리 30 cm × 15 cm로 주당 3본씩 이앙하였다.

질소 6, 12, 18, 24, 30 kg/10a인 5개의 시비수준을 두었으며 각 시비수준에 대하여 기비중점시비와 수비중점시비를 구분하여 분시하였다. 기비중점시비처리에서는 질소시비량의 50%를 기비로 사용하였고, 25%를 각각 분얼비와 수비로 사용하였다. 수비중점시비방법에서는 기비와 분얼비를 각각 질소시비량의 30%로 사용하였고, 질소시비량의 40%를 수비로 사용하였다. 기비는 이앙직전에 사용하였고, 5월 15일에 분얼비를, 7월 29일에 수비를 각각 사용하였다. 인산과 가리는 질소시비량이 6, 12, 18, 24, 30 kg/10a인 5개의 시비처리구에서 각각 4.5, 9.0, 13.5, 18.0, 22.5 kg/10a씩 전량 기비로 사용하였다.

생식 성장기의 차광처리는 질소사용량이 12 kg/10a과 24 kg/10a인 처리구에서 수행하였으며, 차광처리는 유수분화개시기로부터 15일간 차광한 처리구와 유수분화개시기로부터 30일간 차광한 처리구 그리고 유수분화기이후 15일부터 15일간 차광한 처리구를 설치하였고 따로 대조구도 두었다. 일 평균 차광정도는 65%이었다.

유수분화개시기, 유수분화이후 15일 및 출수기에 분얼수와 각 부위의 건물중을 조사하였으며, 수확기에는 수확구성요소와 수량을 조사하였다.

각 시기별로 조사된 시료에 대하여 부위별 질소함량과 탄수화물함량은 조사하였으며, 질소분석은 Micro Kjeldahl법을 이용하였고, 탄수화물분석은 p-Hydroxybenzoic Acid Hydrazide Analysis 법을 이용하였다.

결과 및 고찰

질소보유량 및 건물중과 영화구성요소 및 영화수와의 관계
유수 발육 각 시기별 질소 흡수량 및 건물중과 품종별 영화

수 및 영화수 구성요소와의 상관을 나타낸 것이 표 1이다.

단위면적당 1차지경수는 유수분화기, 유수분화후 15일, 출수기의 경엽의 질소보유량과 유의한 정의 상관을 보였으며, 그중에서 지상부 건물중과의 상관은 유수분화기에 가장 높았으며 출수기에는 유의한 상관이 인정되지 않았다. 단위면적당 1차지경수는 단위면적당 수수와 수당 1차지경수의 적으로 표현되고, 1차지경의 퇴화는 잘 일어나지 않으며, 질소와 차광처리에 따른 변이도 작았던 점을 감안하면(박, 등, 투고 중) 이와 같은 결과는 주로 단위면적당 수수의 형성과정과 보다 밀접하게 관련이 있는 것으로 판단된다.

단위면적당 2차지경 분화수는 유수분화기, 유수분화 후 15일 및 출수기까지의 질소흡수량과 유의한 정의 상관이 있었으며 유수분화기와 유수분화 후 15일의 지상부 건물중과 유의한 정의 상관이 있었다. 단위면적당 퇴화 2차지경수는 각 시기의 경엽중의 질소 보유량 및 지상부 건물중과의 유의성은 인정되지 않았다. 2차지경 퇴화수와 유수분화가 시작된 후의 15일간과 출수전 15일간의 질소흡수량, 지상부 전체 및 부위별 건물중증가량, 비구조탄수화물 증가량 및 함량과의 상관을 나타낸 것이 표 2, 3이다. 추청벼에서만 2차지경 퇴화수는 유수분화 시작 후 15일간과 출수 전 15일간의 지상부 건물 증가량과 유의한 부의 상관이 있었고 다른 항목들과는 상관이 없었다(표 2). 또한 단위면적당 2차지경 퇴화수는 유수분화 시작 후 15일간의 엽초중의 비구조탄수화물 함량과 유의한 부의 상관이 인정되었다(표 3). 이로부터 2차지경의 퇴화는 유수분화 시작 후 15일간의 광합성산물의 량 및 발육중의 幼穗로의 배분정도에 의하여 주로 결정되는 것으로 판단되었다. 한편, 津野 등(1959)은 유수분화기 질소보유량이 많을수록 건물생산량은 증가하지만 저장탄수화물은 적어지며 이에 따라 퇴화가 많아진다고 하였다.

단위면적당 2차지경수는 유수분화후 15일 및 출수기까지의 지상부의 질소흡수량과 유의한 정의 상관이 있었으며 지상부 건물중과는 품종에 따라서만 유수분화 개시기 또는 유수분화 후 15일에서만 유의한 정의 상관이 있었다. 단위면적당 분화 영화수의 경우도 단위면적당 분화 2차지경수와 유사한 경향을 나타내었는데, 수당 분화영화수는 수당 2차지경의 분화수에 의하여 좌우되기 때문인 것으로 판단되었다.

단위면적당 영화수는 유수분화기 및 유수분화후 15일의 질소흡수량과 건물중과는 정의 상관이 있으나 유의하지는 않았으며 출수기까지의 질소흡수량 및 지상부 건물중과는 유의한 정의 상관이 있어 단위면적당 영화수는 출수기 稻體 질소함유 및 보유량과 높은 정의 상관이 있다는 보고(和田, 1969; Wada et al., 1989; 深山 등, 1984; 和田 등, 1968a)와 동일한 결과를 나타내었다.

영화형성효율

질소 단위흡수량당 또는 단위건물중당 형성된 영화수는 영

Table 1. Correlation coefficients of spikelet m⁻², and its component with shoot nitrogen and shoot dry weigh at each panicle growth stage.

		Panicle ini.(PI)		15 Day after PI		Heading	
		Shoot Nitrogen	Shoot Dry weight	Shoot Nitrogen	Shoot Dry weight	Shoot Nitrogen	Shoot Dry weight
PB	Choochengbyeo	0.786**	0.784*	0.865**	0.911**	0.843**	0.136
	Hwaseongbyeo	0.598*	0.625*	0.482	0.543*	0.734**	0.119
	Nampoongbyeo	0.933**	0.932**	0.710**	0.511*	0.635*	0.185*
	Pooled	0.786**	0.769*	0.689**	0.631**	0.708**	0.407*
DSB	Choochengbyeo	0.746**	0.754**	0.827**	0.886**	0.842**	-0.406
	Hwaseongbyeo	0.491	0.521	0.469	0.515	0.784**	0.152
	Nampoongbyeo	0.968**	0.966**	0.797**	0.627*	0.694*	0.181
	Pooled	0.392*	0.308*	0.219	0.161	0.385*	0.305
SB	Choochengbyeo	0.460	0.469	0.675*	0.770**	0.730**	-0.093
	Hwaseongbyeo	0.479	0.509	0.634*	0.697	0.710*	0.354
	Nampoongbyeo	0.785**	0.783**	0.614*	0.554	0.602*	0.555*
	Pooled	0.318	0.219	0.246	0.241	0.337*	0.422
DESB	Choochengbyeo	0.463	0.463	0.160	0.070	0.067	-0.595*
	Hwaseongbyeo	0.079	0.080	-0.228	-0.253	-0.223	-0.325
	Nampoongbyeo	0.513*	0.513	0.467*	0.268	0.323*	-0.469
	Pooled	0.243	0.255	-0.014	-0.138	0.183	0.189
DSP	Choochengbyeo	0.773**	0.802**	0.604*	0.599*	0.454	-0.692*
	Hwaseongbyeo	0.472	0.482	0.156	0.670*	0.509*	-0.186
	Nampoongbyeo	0.794**	0.794**	0.615*	0.368	0.534*	-0.097
	Pooled	0.695**	0.722**	0.515**	0.443**	0.516**	-0.419*
SP	Choochengbyeo	0.421	0.366	0.571*	0.547*	0.587*	0.084
	Hwaseongbyeo	0.295	0.303	0.556*	0.626*	0.603*	0.618*
	Nampoongbyeo	0.527*	0.529*	0.466	0.498	0.594*	0.739**
	Pooled	0.395*	0.331*	0.425**	0.426**	0.514*	0.407*

PB: primary branches m⁻² DSB: differentiated secondary branches m⁻²
 SB: secondary branches m⁻² DESB: degenerated secondary branches m⁻²
 DSP: differentiated spikelets m⁻² SP: spikelets m⁻²

Table 2. Correlation coefficients of degenerated secondary branches (DESB) and spikelets (DESP) with absorbed nitrogen (△N) and dry weight increase (△W) during 15 days after panicle initiation, and during 15 days before heading.

		15 days after PI		15 days before heading	
		△N	△W	△N	△W
DESB	Choocheong	-0.414	-0.667*	-0.154	-0.593*
	Hwaseong	-0.466	-0.461	0.405	-0.342
	Nampoong	0.203	-0.369	-0.095	-0.480
	Pooled	-0.281	-0.489**	0.231	-0.194
DESP	Choocheong	0.115	0.042	0.024	-0.537*
	Hwaseong	-0.271	-0.313	0.134	-0.475*
	Nampoong	0.399	0.182	0.272	-0.271
	Pooled	-0.012	-0.115	0.170	-0.419*

화수와 이들 요소들간의 1차회귀직선의 기울기이며, 이러한 기울기를 영화형성효율이라고 하는데, 영화형성효율은 품종, 재

배시기, 재배지역 등에 따라 다르다고 한다. 본 연구에서도 출수기까지 질소흡수량 증가에 따라 공시된 세 품종 모두 단위면적당 영화수는 유의하게 직선적인 증가가 있었다. 품종에 따라서는 통일계인 남풍벼가 가장 컸고 추청벼가 가장 낮았다(그림 1). 한편, 丸山 등(1988), 星野 등(1982)은 출수기 지상부 건물중당 영화수 및 출수기 엽신중당 영화수로 나타난 영화형성효율이 일반계보다 통일계와 인디카계에서 높다고 하였고, 和田(1989), 徐 등(1979)은 출수기 단위면적당 영화수로 나타난 영화형성효율이 일반계보다 통일계와 인디카계에서 높다고 하여 본 연구의 결과와 유사하였다.

생식생장기간 중 각 부위의 건물증가량, 출수기의 구조탄수화물함량 등과 영화형성효율과의 관계를 나타낸 것이 그림 2부터 그림 6이다. 영화형성효율은 세 품종 모두에서 생식생장기간 중 莖葉重 성장량이 증가함에 따라 유의하게 감소하는 경향을 보였으며, 동일한 莖葉重에서 비교하여 볼 때, 대체로 통일계인 남풍벼가 일반계인 화성벼, 추청벼보다 다소 높았다(그림 2). 생식생장기간 중의 莖葉 성장량을 엽(그림 3)과 莖

Table 3. Correlation coefficients of degenerated secondary branches (DESB) and spikelets (DESP) with the increases (g m^{-2}) in leaf (ΔLw) and stem (ΔSw) dry weight and total nonstructural carbohydrate of stem (ΔSc) during 15 days after panicle initiation and during 15 days before heading.

		15 days after PI			TNC1	15 days before heading			TNC2
		ΔLw	ΔSw	ΔSc	(%)	ΔLw	ΔSw	ΔSc	(%)
DESB	Choocheong	-0.484	-0.627*	-0.735**	-0.764**	-0.285	-0.663*	-0.493	-0.609*
	Hwaseong	-0.098	-0.652*	-0.612	-0.600*	0.188	-0.479	-0.321	-0.285
	Nampoong	-0.364	-0.177	-0.390	-0.545*	-0.527*	-0.416	-0.344	-0.263
	Pooled	-0.346*	-0.471*	-0.391*	-0.367*	-0.032	-0.231	-0.333*	-0.446**
DESP	Choocheong	-0.472	-0.612*	-0.741**	-0.752**	-0.262	-0.612*	-0.416	-0.547*
	Hwaseong	-0.006	-0.707*	-0.653*	-0.623*	0.093	-0.480	-0.598*	-0.570*
	Nampoong	-0.350	-0.273	-0.483	-0.621*	-0.494	-0.384	-0.475	-0.420
	Pooled	-0.340*	-0.508**	-0.529**	-0.530**	-0.087	-0.363*	-0.325	-0.517**

TNC1 and TNC2 denote total nonstructural carbohydrate of stem at 15 days after panicle initiation and at heading, respectively.

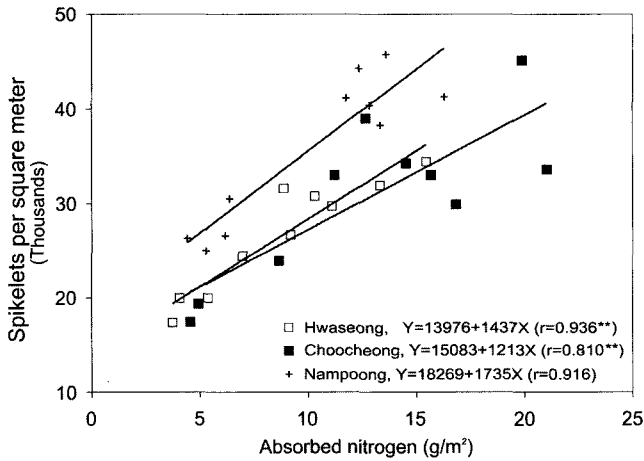


Fig. 1. Relationship between spikelets/m² and nitrogen absorbed by heading stage.

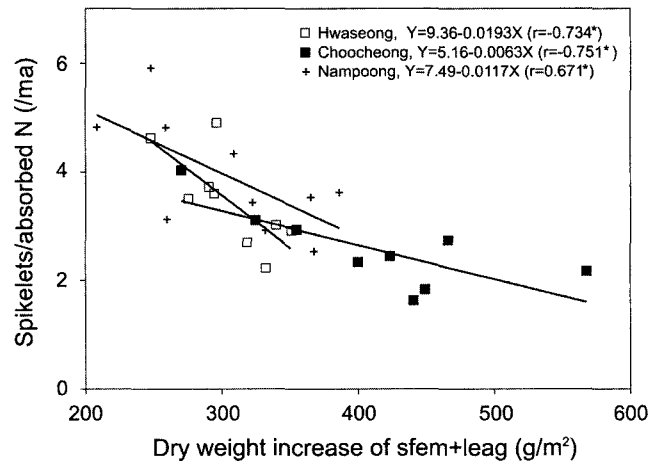


Fig. 3. Relationship between spikelets per unit amount of absorbed nitrogen by heading and dry weight increase of stem during reproductive stage.

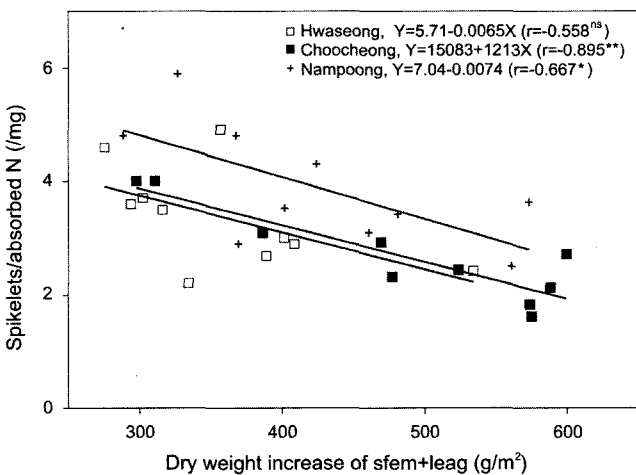


Fig. 2. Relationship between spikelets/m² per unit amount of absorbed nitrogen by heading stage and dry weight increase during reproductive stage.

(그림 4)으로 구별하여 보면, 엽의 성장량과는 상관이 없었으나 경의 성장량과는 유의한 상관이 있어 경의 성장량 증가에 따라 영화형성효율은 모든 품종에서 유의하게 감소하였다. 한편, 이 기간중에 남풍벼와 화성벼의 莠의 성장량이 추청벼보다 적었으며 영화형성효율도 낮았다.

생식성장기간 중의 莠의 생장은 주로 리그닌, 셀룰로스 등 莠의 구조탄수화물 증가와 莠에 축적되는 비구조탄수화물의 증가로 이루어지는데, 영화형성효율은 莠의 비구조탄수화물의 증가와는 상관이 없었으며 구조탄수화물의 증가에 따라 모든 품종에서 유의하게 감소하였다(그림 5). 한편, 출수기 莠 중의 비구조탄수화물함량 증가에 따라서는 영화형성효율이 유의하게 증가하는 경향을 보였다(그림 6). 이는 幼穗가 성장하는 기간중의 동화산물의 다소와 이러한 산물의 각 기관으로의 배분 양상이 영화형성효율에 영향을 한다는 것을 의미하는데, 동화량이 같은 조건이라도 생식성장 기간중에 幼穗의 성장과 동화

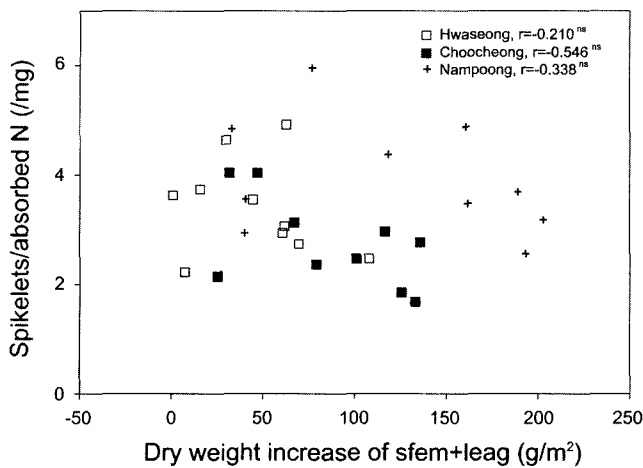


Fig. 4. Relationship between spikelets per unit amount of absorbed nitrogen by heading and dry weight increase of leaf during reproductive stage.

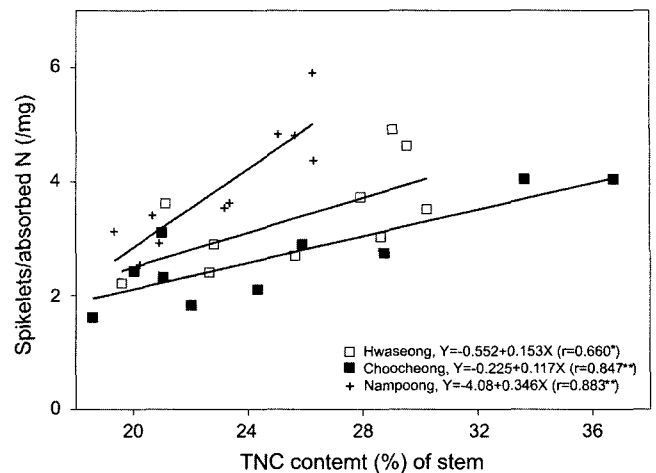


Fig. 6. Relationship between spikelets per unit amount of absorbed nitrogen by heading and total nonstructural carbohydrate content of stem at heading stage.

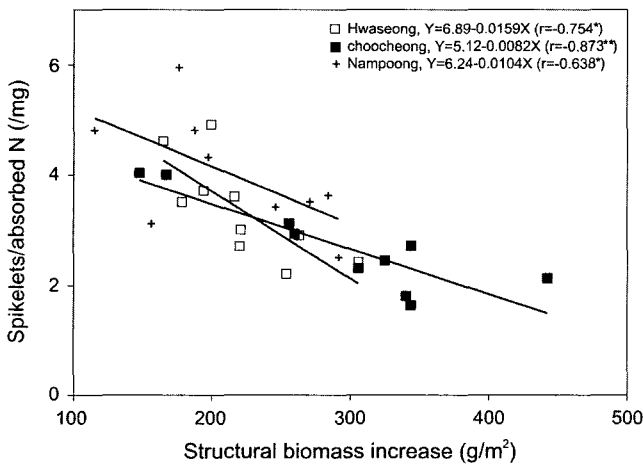


Fig. 5. Relationship between spikelets per unit amount of absorbed nitrogen by heading and dry weight increase of structural biomass of stem during reproductive stage.

물질에 대해 경쟁관계에 있는 莖의 셀룰로스, 헤미-셀룰로스, 리그닌 등 구조탄수화물의 생성에 사용되는 동화물이 많을 경우 상대적으로 幼穗로의 배분량이 적어져 영화형성효율이 낮아지며, 또한 이 기간중 동화를 억제하거나 호흡을 촉진하여 잉여 탄수화물이 적어져 축적탄수화물이 적어지는 경우, 영화형성효율이 낮아지는 것으로 판단할 수 있다. 일본의 暖地보다 寒地에서 영화형성효율이 높다는 村山(1967)의 보고, 한국의 통일계 품종이 한국에서보다 열대에서 영화형성효율이 낮다는 Akita(1989)의 보고 등은 본 연구의 결과와 유사하며, 이는 생식생장기의 높은 온도조건은 호흡소모를 촉진하고 莖葉의 성장을 촉진함으로써 幼穗로의 동화물질 배분은 상대적으로 제약을 받기 때문에 잉여 탄수화물의 양은 적어져 영화형성효율이 저하되는 것으로 추론되었다.

적 요

일반계인 추청벼, 화성벼와 통일계인 남풍벼를 공시하여 질소(5수준), 분시방법(2수준) 및 유수형성기 차광처리(3수준)에 따른 영화수, 지경 분화수, 퇴화수 등 영화수 구성요소, 질소 함량, 건물중, 비구조탄수화물 등을 조사하여 경엽의 질소보유량 및 건물중과 영화수 구성요소와의 관계, 그리고 영화형성효율의 품종간 차이를 검토하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단위면적당 1차지경수는 유수분화기와 그 후 15일 및 출수기, 2차지경수는 유수분화 후 15일 출수기의 경엽중의 질소보유량과 유의한 정(+)의 상관을 나타내었다. 단위면적당 1차지경수는 유수분화기의 경엽중, 2차지경수는 유수분화 후 15일의 경엽중과 유의한 정(+)의 상관이 있었다.
2. 단위면적당 2차지경 퇴화수와 영화의 퇴화수는 유수분화 이후 15일간의 莖重 증가량, 莖中의 비구조탄수화물 증가량, 그리고 이때의 비구조탄수화물 함량과 유의한 부(-)의 상관을 나타내었다.
3. 단위면적당 영화수는 출수기의 莖葉中 질소보유량, 莖葉의 건물중과 유의한 정(+)의 상관관계가 있었다.
4. 출수기 경엽중의 질소보유량당 영화수로 표현한 영화형성효율은 통일계인 남풍벼가 일반계인 화성벼와 추청벼보다 높았으며, 영화형성효율은 건물중이 증가함에 따라 감소하였다. 이 기간중 엽의 건물중과는 상관관계가 없었으나 莖의 건물중 증가에 따라서는 모든 품종에서 유의하게 감소하였다. 생식생장기간 동안의 건물중 증가에 따른 영화형성효율은 구조탄수화물의 증가에 따라서 감소되었으며, 출수기 莖中의 저장탄수화물 함량이 높은 경우 영화형성효율이 높아지는 경향이 있었다.

사 사

이 논문은 과학기술부 21세기 프론티어 연구 프로그램의 작물유전체기능사업단의 연구비지원(CG3312)에 의하여 수행되었음.

인용문헌

- Akita, S., 1989. Improving yield potential in tropical rice. In: Progress in Irrigated Rice Research. International Rice Research Institute, Los Ba os, Philippines. pp: 41-73.
- Hasegawa, T., Koroda, Y., Seligman, N.G., and Horie, T., 1994. Response of spikelet number to plant nitrogen concentration and dry weight in paddy rice. *Agron. J.* 86 : 673-676.
- 星野孝文, 平岡博幸, 八木忠之. 1982. 暖地水稻의品種生態에關する研究. 單位面積當り 籾容量의品種間差異. *九州農試報* 44 : 18.
- Kropff, M.J., Cassman, K.G., Peng, S., Matthews, R.B., and Setter, T.L., 1994a. Quantitative understanding of yield potential. In: Cassman, K.G.(Eds.), *Breaking the Yield Barrier*. International Rice Research Institute, Los Ba os, Philippines. pp: 21-38
- 速水和彦. 1983. 水稻多肥多收性品種의生理生態的特性的解明. 第2報. 光合同化産物의受容系能率, 供給系能率からみた多收多肥性의特性. *東北農試報* 68 : 21-43
- 松島省三. 1965. 稻作의理論と技術. 養賢堂.
- 松島省三. 1957. 水稻收量의成立と豫察에關する作物學的研究. *農技研報* A5 : 1-271.
- 丸山辛夫, 花木信幸, 田島公一. 1988. 日本稻およびインド稻의窒素에對する生育反應. 第1報. 窒素施肥によるわら重と穎花數増加の品種間差異. *日作紀* 57(3) : 470-475.
- 深山正治, 岡部達雄. 1984. 水稻의品種特性と最適窒素保有量. *日土肥誌* 55(1) : 1-8.
- 津野辛人, 清水強. 1959. 主要作物의收量豫測에關する研究. 第5報 水稻群落의乾物生産と體內窒素並びに日射量との關係. *日作紀* 28 : 188-190.
- 村山 登. 1967. 水稻收量水準の停滯とその向上に關する一考察. *植物生理* 6 : 25-32.
- 武田友四郎, 岡三徳, 内村研一. 1984. 暖地における水稻品種の物質生産に關する研究. 第3報. 本邦暖地品種と韓國新品種の乾物生産特性比較. *日作紀* 53 : 22-27.
- 徐錫元, 茶村修語. 1979. 短程多收性の改良インド型水稻品種の特性に關する研究. 第1報. シンク, ソース, 貯藏炭水化物からみた登熟特性. *日作紀* 48(3) : 365-370
- 和田源七, 松島省三, 松崎昭夫. 1968a. 水稻收量の成立原理とその應用に關する作物學的研究. 第83報. 穎花數成立機構に關する作物學的研究. *日作紀* 31 : 23-26.
- 和田源七, 松島省三, 松崎昭夫. 1968b. 水稻收量成立原理とその應用に關する作物學的研究. 第86報. 穎花數の成立内容におよぼす窒素の影響. *日作紀* 37 : 417-422.
- 和田源七. 1969. 水稻收量成立におよぼす窒素營養の影響. *農業技術研究所 A*第16號. 27-167.
- 和田源七. 1989. 熱帶における水稻の窒素吸収パターン. *日作紀* 58(2) : 225-231
- 王余龍, 山本由徳, 蔣軍民, 姚友禮, 蔡建中, 新田洋司. 1997. 中國産日本型水稻9004系統の多收要因の解析. 第3報. 窒素施用時期及び施用量が收量成立に及ぼす影響. *日作紀* 66(1) : 1-10.
- Yoshida, S., 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, Los Ba os, Philippines.