

# 질소영양지수와 지상부 건물중을 이용한 벼의 단위면적당 영화수 추정

이변우, 최일선

서울대학교 농업생명과학대학 식물생산과학부

## Estimation of Spikelet Number of Rice with Shoot Dry Weight and Nitrogen Nutrition Index

Byun-Woo Lee and Ri-Xian Cui

College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University

### 1. 서론

벼의 수량은 일차적으로 결정되는 단위면적당 영화수와 출수기 전후의 광합성량과 동화산물의 이삭으로의 전류에 의해 결정되는 등숙율에 의해 최종 결정된다. 또한, 단위면적당 영화수의 증가는 수량증대에 중요한 역할을 하며(Ying et al., 1998; Kropff, et al., 1994a), 단위면적당 영화수는 벼 수량변이의 약 80% 이상을 설명할 수 있다고 하였다(Yoshida and Parao, 1976).

벼의 단위면적당 영화수는 분얼기 및 생식성장기간의 질소흡수량과 건물증가와 유의한 상관성이 있다(Kropff, et al. 1994a; Hasegawa, et al. 1994; Wang, et al. 1997). 벼의 다수확을 위해서는 일차적으로 벼의 수량 제한요소인 단위면적당 영화수를 확보하여야 하며, 단위면적당 영화수의 확보하는데는 벼의 건물생산 및 질소영양의 흡수가 중요하다. 한편, 유수분화기, 영화분화기 질소흡수량 및 이 시기의 건물중과 단위면적당 영화수와의 상관성은 지역 및 품종에 따라 그 상관정도가 달라지며(Hasegawa, et al., 1994; Kropff, et al., 1994a; Yoshida and Parao, 1976), 일부 벼 성장모델에서는 단위면적당 영화수와 건물중간의 유의한 상관관계를 이용하여 생식성장기간의 건물중증가량에 의해 영화수를 추정한다(Kropff et al., 1994b).

한편, 일부 작물에서는 이미 한계질소농도회색곡선에 관한 연구가 이루어져 있으며(Justes et al, 1994; Plénet and Lemaire, 1999; Colnenne et al., 1998), 한계질소농도회색곡선은 작물의 질소영양상태를 파악하는데 이용되고 있다. 그 중의 한 지표로서 질소영양지수(nitrogen nutrition index: NNI)를 들 수 있는데(Justes et al. 1994; Justes et al. 1997; Jeuffroy and Bouchard, 1999), 질소영양지수(NNI)는 작물의 질소 영양상태를 수량화한 것이다.

본 연구의 목적은 벼에서의 한계질소농도곡선에 의해 얻어진 질소영양지수와 지상부 건물을 이용하여 벼의 단위면적당 영화수를 추정하기 위한 것이다.

### 2. 재료 및 방법

본 실험은 1999년과 2000년에 건담직파재배(실험1)와 이앙재배(실험 2~8)로 나누어 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장에서 수행되었으며, 실험포장은 사질식양토로 유기물함량과 CEC가 비교적 낮은 산성토양이었다.

연도별 질소 시비처리 및 공시품종은 다음 표1 및 표2와 같다. 2000년도의 120~480kg/ha 질소 시비 실험에서는 벼의 생장에 있어서 질소 결핍을 가져오지 않게 하기 위하여 관행과는 달리 약 2주 간격으로 비료를 나누어 사용하였다. 12kg 질소시비처리에서 인산은 성분량으로 80kg/ha, 그 외의 질소시비처리에서는 100kg/ha를 전량 기비로 사용하였고, 가리는 처리1에서는 성분량으로 80kg/ha, 그 외의 처리에서는 100kg/ha를 기비 70%, 수비 30%로 사용하였다.

이앙재배 실험에서는 손이앙으로 1주 3분, 재식밀도 30×15cm로 이앙하였으며, 건담직파재배에

서는 30cm의 간격으로 출아한 종자를 파종하였다.

모든 실험에서 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 시험기간 중 10~14일 간격으로 매 처리구마다 3주씩 채취하여 지상부 건물중, 엽면적을 조사하였다. 벼의 지상부는 각 부위별로 건물중을 조사한 후 시료는 보관하여 전질소분석에 사용하였다. 출수기에는 출수기를 조사하였으며, 수확기에는 처리구 당 3.3m<sup>2</sup>의 벼를 수확하여 수량을 조사하였다.

Table 1. Summary of transplanted rice field experiments.

No.	Year	Cultivars	N fertilizer treatment (kg ha <sup>-1</sup> )	Transplanting or seeding date	sampling times(before heading)
1	1999	Hwasung(Japonica)	0-75-150-200-225-300 <sup>a</sup>	May 9(seeding date)	11
2	1999	Hwasung(Japonica)	60-120-180-240-360 <sup>b</sup>	May 16(Transplanting date)	9
3	1999	Dasan(Tongil type)	60-120-180-240-360 <sup>b</sup>	May 16( " )	9
4	2000	Hwasung(Japonica)	0-140-220 <sup>b</sup>	May 27( " )	9
5	2000	Dongjin(Japonica)	0-140-220 <sup>b</sup>	May 27( " )	9
6	2000	Odae(Japonica)	0-140-220 <sup>b</sup>	May 27( " )	9
7	2000	Hwasung(Japonica)	120-240-360-480 <sup>c</sup>	May 19( " )	7
8	2000	Dasan(Tongil type)	120-240-360-480 <sup>c</sup>	May 19( " )	7

<sup>a</sup> Nitrogen fertilizer application treatments were shown in table 2.

<sup>b</sup> The basal, tillering and panicle fertilizer were applied in the ratio of 40%, 30% and 30%, respectively.

<sup>c</sup> N fertilizer were splitted five times at an interval of 14 days from May 18.

Table 2. Summary of nitrogen split application treatments in dry direct-seeding rice culture in 1999.

Treatment	Basal Fertilizer (kg ha <sup>-1</sup> )	Tillering Fertilizer (kg ha <sup>-1</sup> )	Panicle Fertilizer (kg ha <sup>-1</sup> )	Total (kg ha <sup>-1</sup> )
1-1	0	0	0	0
1-2	0	0	75	75
1-3	0	75	0	75
1-4	0	75	75	150
1-5	0	75	150	225
1-6	0	150	0	150
1-7	0	150	75	225
1-8	0	150	150	300
1-9	50	75	75	200
1-10*				200
1-11**				300

\* 25kg N ha<sup>-1</sup> was applied eight times at an interval of 10 days from 4-leaf stage to heading

\*\* 375 kg N ha<sup>-1</sup> was applied eight times at an interval of 10 days from 4-leaf stage to heading

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 본 연구에서 얻어진 한계질소농도회석곡선인데, 지상부 건물중이 1.7t/ha 이상일 때에는  $N_c = 5.19W^{-0.4253}$  ( $r^2 = 0.9637$ )으로 표현되었다. 이 한계질소농도회석곡선으로 얻어진 한계질소농도로 다음의 식 (1)에 의해 벼의 질소영양지수를 계산할 수 있는데, 이 식에서  $N_m$ 은 실측된 지상부의 질소함량이고,  $N_c$ 은 실측된 지상부건물중으로 계산한 한계질소농도이다.

$$NNI = \frac{N_m}{N_c} \quad (1)$$

NNI값이 1과 같을 때에는 작물이 최적의 질소영양상태에 있는 것이며, 1보다 클 때에는 질소영양이 과도한 상태이며 1보다 작을 경우에는 질소영양이 결핍된 상황이다.

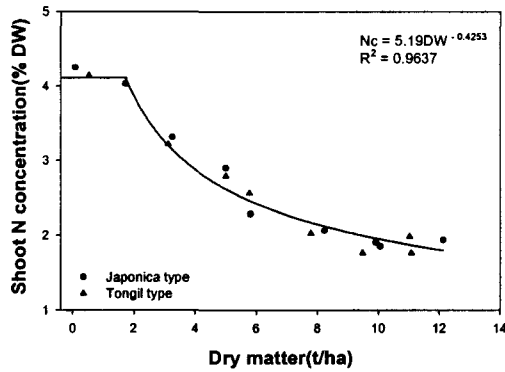


Fig. 1. Critical shoot nitrogen dilution curve obtained by pooling the data for two types (Japonica and Tongil type) of rice variety.

Table 3. Regression model for estimating grain number using NNIp, NNih and shoot dry weight (DW, DWP and DWH).

Model	R <sup>2</sup>
$GN = 42164.6 \cdot NNIp^{0.3560} \cdot NNih^{0.5191}$	0.8836
$GN = 3646.5 \cdot DWH^{0.3461} \cdot NNIp^{0.2976} \cdot NNih^{0.2460}$	0.9158
$GN = 18546.2 \cdot DWP^{0.1313} \cdot NNIp^{0.3124} \cdot NNih^{0.4254}$	0.8951
$GN = 5321.9 \cdot DW^{0.3189} \cdot NNIp^{0.3321} \cdot NNih^{0.2490}$	0.9173

\* GN: grain number m<sup>-2</sup>, NNIp, NNih: NNI values at panicle initiation and heading, DWH, DWP: shoot dry weight at panicle initiation and heading, DW: dry weight increase during reproductive stage

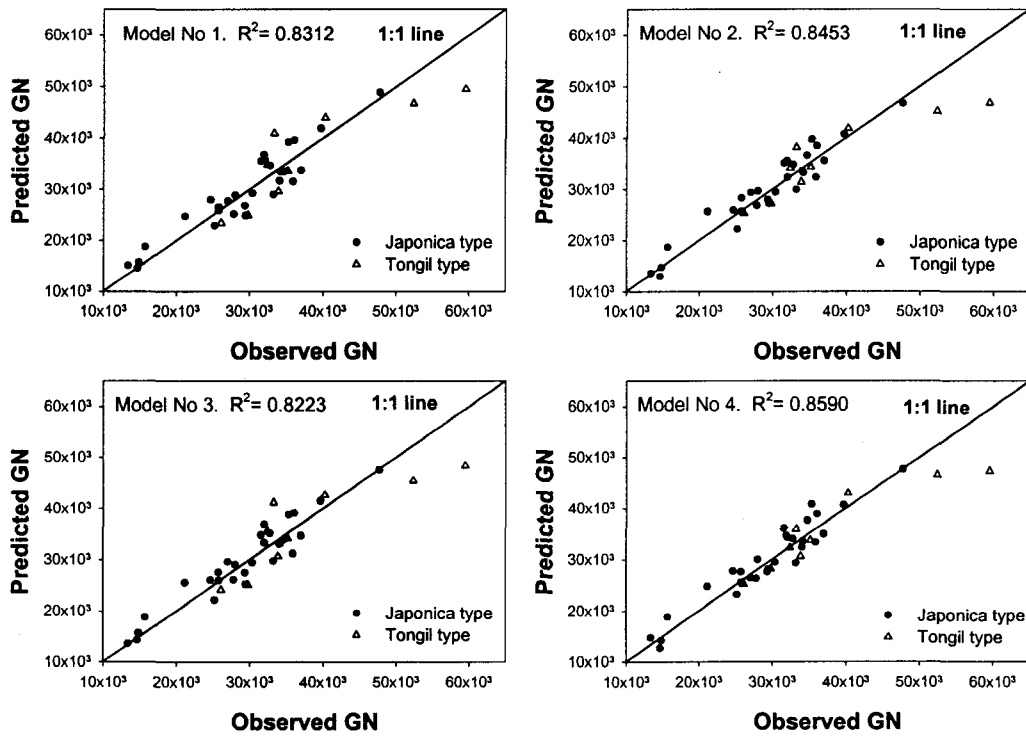


Fig. 2. Relationship between observed and predicted grain number per m<sup>2</sup>.

단위면적당 영화수와 질소영양 관련 지수들간에는 유의한 상관성이 있었으며, 이러한 관계를 이용하여 단위면적당 영화수를 추정하는 회귀모델을 작성하였다. 이 회귀모델에서 단위면적당 영화수가 반응변수가 되며(회귀모델의 Y) 회귀를 해석하는 변수는 질소영양 관련 지표들인 NNIp, NNih, 출수기와 유수분화 개시기의 지상부 건물중(DWP, DWH) 및 생식생장기간의 건물증가량

(DW)이다. 질소영양지수와 출수기 및 유수분화개시기의 지상부 건물 중 및 유수형성기간의 건물 증가량 등을 이용한 단위면적당 영화수의 추정모델은 표3에 나타난 바와 같다. 이러한 회귀모델에 의해 단위면적당 영화수의 약 90% 이상의 변이를 설명할 수 있었다. 또한, 본 회귀모델들에 의해 추정한 값과 실제 측정된 값을 비교하였는데, 각 회귀모델의 실측값과 추정한 값간의  $R^2$  값은 각각 0.8312, 0.8453, 0.8223 및 0.8590으로서 회귀모델 모두에서 추정한 값이 실측값을 잘 반영하였다. 그 중에서도 Japonica 계열 품종의 영화수는 정확한 추정이 가능하였지만 통일형 품종에서는 영화수가 약 5만을 초과할 경우에는 네 가지 회귀모델 모두에서 정확한 추정이 이루어지지 않았으며, 이는 본 회귀모델들이 품종특성(Japonica 계열의 품종은 수수형 품종이고, 통일계는 수중형 품종임)에 큰 차이가 있는 재료들을 통합하여 작성하였기 때문에 수수형 품종의 영화수 변화특성 특히 수당 영화수의 특성을 정확히 반영하지 못한데서 기인된 것이라 판단되었다.

## 사 사

본 연구는 농촌진흥청에서 시행한 대형공동연구과제 및 BK21사업 지원에 의하여 수행된 것임.

## 참고문헌

- Colnenne, C., Meynard, J.M., Reau, R., Justes, E., and Merrien, A., 1998. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter oilseed rape. *Ann. Bot.* 81:311-317.
- 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.
- Jeuffroy M.H. and C. Bouchard, 1999. Intensity and duration on nitrogen deficiency on wheat grain number. *Crop Sci.* 39: 1385-1393.
- Justes, E., Mary, B., Meynard, J.M., Machet, J.M. and Thelier-huches, L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Ann. Bot.* 74:397-407.
- Justes, E., M. H. Jeuffroy and B. Mary. 1997. Wheat, barley, and durum wheat. In : Lemaire G. ed. *Diagnosis of the nitrogen status in crops.* Springer-Verlag:73-91.
- 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. (Ed.), *Breaking the Yield Barrier.* International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. pp: 21-38
- Kropff, M.J., van Laar, H.H., and Matthews R.B., 1994b. *Oryza1 an ecophysiological model for irrigated rice production.* International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Plénet, D. and G. Lemaire. 1999. Relationship between dynamics of nitrogen and drymatter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant and Soil.* 216:65-82.
- Wang, Y.L., Yamamoto, Y., Jiang, J.M., Yao, Y.L., Cai, J., and N., Youji, 1997. Analysis of the factors of high yielding ability for a japonica type rice line, 9004: III. The effects of stage and amount of nitrogen application on yield formation. *Jpn. J. Crop Sci.* 66(1): 1-10.
- Ying, J., S. Peng, Q. He, C. Yang, R.M. Visperas and K.G. Cassman, 1998. Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments: I. Determinants of grain and dry matter yields. *Field Crops Res.* 57: 71-84.
- Yoshida, S., and Parao, F.T., 1976. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: *Climatic and rice.* International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. pp: 471-494.