

窒素 濃度가 다른 水稻葉의 光合成 Modelling

* 서울대학교 農業生命科學大學 農學科 李 泮 雨, 明 乙 在

Modelling Photosynthesis of Rice Leaves with Varying Concentrations of Nitrogen

College of Agriculture and Life Science, SNU Byun Woo Lee, Eul Jae Myung*

實驗 目的

본 연구는 수도군락의 성장모형을 구축하기 위한 一環으로 엽의 광합성 모형을 만들기 위한 것으로서, Farquhar 등의 이론 모델의 파라미터 들을 葉窒素濃度, 온도 등에 대하여 매개변수화(Parameterization)하고, 그 실용성을 검증하고자 수행하였다.

材料 및 方法

圃場의 다양한 질소시비조건(6, 12, 18, 24, 30kg/10a)에서 재배된 南豊벼와 花成벼를 광합성 측정 1주일 전(幼穗分化期, '93. 7. 4)에 포트에 옮겨 野外條件에서 재배하다가 측정당일 室内로 옮겨 完全展開葉의 광합성을 携帶用光合成測定機(LCA-3, ADC Co., open system)로 다양한 광도(Quartz-halogen lamp, 200-1500 μ E/m²/s, 온도는 26 \pm 0.5 $^{\circ}$ C), 온도(20-35 $^{\circ}$ C, CO₂분압은 32 \pm 1Pa), CO₂분압(10-35Pa, 온도는 26 \pm 0.5 $^{\circ}$ C)조건에서 측정하였다. 그리고 광합성을 측정한 잎을 切斷하여 葉面積, 乾物重을 측정하고 질소함량을 분석하였다. 여기서 측정된 자료를 이용하여 氣孔傳導度 예측을 위한 통계모형을 작성하였으며, Farquhar 등이 개발한 C₃식물의 생화학적 광합성모델의 파라미터들을 추정하였다. 한편 모델의 파라미터 추정에 사용한 광합성자료와는 별도로 포장에서 휴대용광합성측정기(LI-6000, closed system)로 측정된 자료를 가지고 모델을 檢證하였다.

결과 및 고찰

1. 기공전도도(g_s , mmol H₂O/m²/s)는 순광합성량(A, mmolCO₂/m²/s), 상대습도(RH, %)와 CO₂ 분압(Ca, Pa)에 의하여 계산된 氣孔指數(A·RH/Ca)와 $g_s = 185.31 + 1.80(A \cdot RH/Ca)^2$ 의 관계를 보였으며 R² = 0.8439(n=46)이었고, 常數와 係數 모두 1%수준에서 유의하였다.
2. C₃식물 광합성모델의 最大 carboxylation 速度(V_{cmax})와 最大電子傳達速度(J_{max})는 葉窒素濃度(gN/m², leaf blade)의 1차 회귀직선으로, 온도에 대한 반응은 효소의 활성화 에너지, 불활성화에너지, 엔트로피를 변수로 하는 指數函數로 잘 표현되었다.
3. 文獻으로부터 引用한 파라미터와 推定된 파라미터들을 가지고 계산한 광합성은 추정모델에 이용한 광합성 자료뿐아니라 이와는 別個로 圃場에서 측정된 광합성자료와도 잘 일치하였다.
4. 본 모델을 광범위한 환경조건에서 이용하기 위해서는 에너지 轉換效率(α)과 J_{max}의 온도에 대한 파라미터들을 보다 다양한 조건에서 매개변수화할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

Table 1. Parameter values used to describe the temperature dependence (Harley et al, 1992).

Parameter	Units	Temperature parameter		Units
		Name	Value	
Kc	PaCO ₂	c	35.79	-
		ΔH _c	80.47	KJ/mol
Ko	kPaO ₂	c	9.59	-
		ΔH _k	14.31	KJ/mol
τ	-	c	-3.9189	-
		ΔH _τ	-28.72	KJ/mol
e	mol electron mol photon		0.219	-

Table 2. List of model parameters, and parameters estimated to describe their temperature and leaf nitrogen dependence.

Parameter	Units	Temperature and nitrogen parameter		Units
		Name	Value	
Vcmax	μmolO ₂ /s ² /s	a	6.4304	-
		b	42.0712	-
		c	41.3178	-
		ΔH _a	109.9887	KJ/mol
		ΔH _b	201.0180	KJ/mol
Jmax	μmol electrons/s ² /s	ΔS	(0.65)	KJ/K/mol
		a	-230.3452	-
		b	399.5452	-
		c	28.1882	-
		ΔH _a	70.0154	KJ/mol
Rd	μmolO ₂ /s ² /s	ΔH _c	255.3812	KJ/mol
		c	(0.65)	KJ/K/mol
		a	20.8448	-
		b	52.6776	-
		ΔH _a	-	KJ/mol

Note: Those values of ΔS were held constant and not determined in the model.

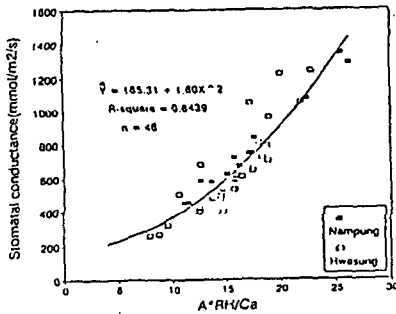


Fig. 1. Stomatal conductances to water vapor plotted against the product of net assimilation rate (A, μmol/m²/s) and relative humidity (RH, %) divided by external CO₂ concentration (C_a, Pa).

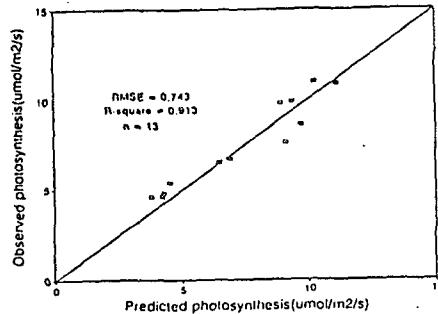


Fig. 2. Comparison of observed values of net photosynthesis with values predicted by the model parameterized for leaf nitrogen dependence of potential electron transport rate (Jmax). For Jmax parameterization data measured at below 350 μE/m²/s of PPFD were used. The following was obtained: Jmax = -6.43 + 42.07N.

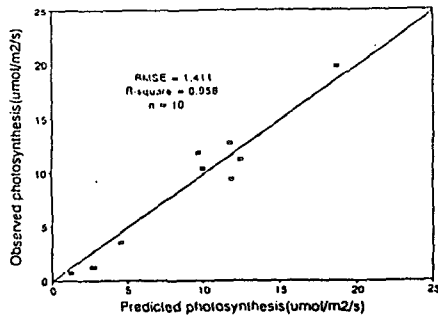


Fig. 3. Comparison of observed values of net photosynthesis with values predicted by the model parameterized for the leaf nitrogen dependence of maximum carboxylation rate (Vcmax). For Vcmax parameterization data measured at above 1450 μE/m²/s of PPFD and below 26 Pa of C_i. The following was obtained: Vcmax = -230.30 + 399.55N.

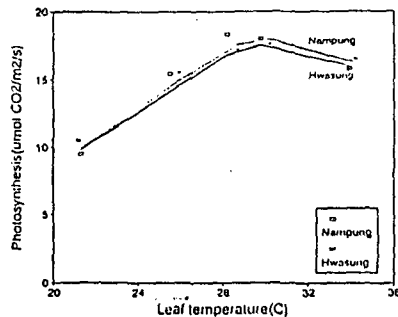


Fig. 4. Temperature dependence of net photosynthesis measured and predicted by the fully parameterized model.

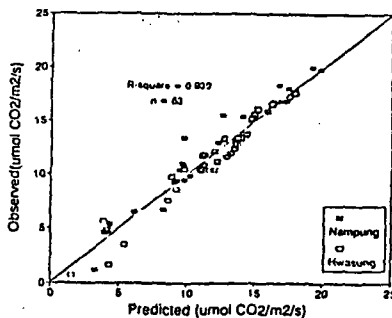


Fig. 5. Measured net photosynthesis plotted against the values predicted by the fully parameterized model.

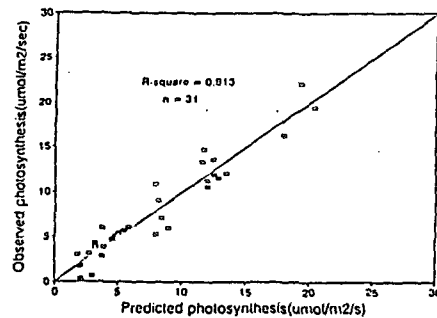


Fig. 6. Comparison of the values of net photosynthesis measured in the field independently of the model parameterization with the values predicted by the fully parameterized model.