

MODELO DE ESTIMATIVA DO CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA NA CULTURA DE MILHO EM FUNÇÃO DE GRAUS-DIA ACUMULADOS

Durval Dourado Neto^{1,7}, Antonio Roberto Pereira^{2,7}, Luis Gonzaga Medeiros de Figueredo Junior³, Pedro Abel Vieira Junior⁴, Paulo Augusto Manfron⁵, Reinaldo Antonio Garcia Bonnacarrère^{6,7}

Introdução

Os modelos são representações simplificadas de um sistema enquanto simulação é a arte de construir modelos (Wit, 1982). A simulação é uma ferramenta útil para prever resultados de ensaios ou ações que não podem ser testados experimentalmente.

Whisler et al. (1986) cataloga em três categorias básicas as razões para a construção de modelos: (i) como auxílio na interpretação de resultados experimentais; (ii) como ferramenta para a pesquisa agrônoma; (iii) como ferramenta de desenvolvimento agrônomo. Segundo os mesmos autores, muitos modelos de cultivo ou parte deles foram construídos para ajudar o pesquisador a entender a operação de alguma parte de um sistema agrônomo, como o fluxo de água no solo, controle de abertura e fechamento de estômagos, movimento de nutrientes no solo e o crescimento e desenvolvimento de uma cultura.

Com o objetivo de estimar o acúmulo de massa seca da parte aérea e rendimento de grãos da cultura de milho, apresentou-se um método prático do tipo explanatório.

Material e métodos

Para determinar a variação temporal da massa seca durante o ciclo da cultura e estimar o rendimento de grãos foram realizados dois experimentos inteiramente casualizados, com três repetições cada, na área experimental da ESALQ, USP, em Piracicaba, SP (22°42' S, 47°38' W e 546 m de altitude).

No experimento (I) para a calibração do método, semeou-se três híbridos (F-5013, BR-206 e P-4071) em 18/10/1996, sendo a colheita realizada em 01/03/1997. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Cada repetição foi constituída com 3,2m de largura (4 linhas com espaçamento de 0,8m) com 30m de comprimento. Cada híbrido foi contemplado com 96 m²/repetição (288 m²/híbrido), em populações de 58000 plantas/ha.

No experimento (II) com o objetivo de estimar a variação da massa seca da parte aérea de plantas e o rendimento de grãos da cultura de milho, semeou-se três híbridos (C-901, C-333-B e C-806) em 20/10/1997, sendo a colheita em 11/03/1998. Cada parcela constava de 3,6 m de largura (4 linhas com espaçamento de 0,9m) com 30 m de comprimento. Cada híbrido ocupava 108m²/repetição (324 m²/híbrido), em populações

de 60.000 plantas/ha, 50.000 plantas/ha e 50.000 plantas/ha, respectivamente.

O modelo do cosseno foi proposto para prever a variação temporal diária da massa seca relativa total (W_r) da parte aérea da planta:

$$W_r = \cos^q \left\{ \frac{\pi}{2} (1 - D_r) \right\} \quad (q \in R / q > 2) \quad (1)$$

$$\text{Sendo que: } W_r = \frac{W_i}{W_m} \quad (2)$$

em que W_i e W_m referem-se às massas secas totais por unidade de área (kg.m⁻²), da parte aérea no i -ésimo dia após a emergência e no ponto de maturidade fisiológica, respectivamente, e q ao fator de forma da curva de crescimento. Para a obtenção do modelo do cosseno foram definidas as seguintes suposições:

$$(a) \ D_r=0 \Rightarrow W_r=0 \text{ e } (b) \ D_r=0 \Rightarrow \frac{dW_r}{dD_r} = 0;$$

ocorrem no instante da emergência ($D_r=0$), e não há acúmulo de massa seca da parte aérea ($W_r=0$) e a taxa de acúmulo de massa seca é desprezível ($\frac{dW_r}{dD_r} = 0$). (c) $D_r=1 \Rightarrow W_r=1$ e (d) $D_r=1 \Rightarrow \frac{dW_r}{dD_r} = 0$;

ocorrem no ponto de maturidade fisiológica ($D_r=1$), logo o acúmulo de massa seca é máximo ($W_r=1$) e a taxa de acúmulo de massa seca é nula ($\frac{dW_r}{dD_r} = 0$). (e) $0 < D_r < 1 \Rightarrow \frac{d^2W_r}{dD_r^2} = 0$;

$$(f) \ 0 < D_r < 1 \quad \left(\frac{d^2W_r}{dD_r^2} = 0 \right)$$

$$\Rightarrow \frac{d^2W_r}{dD_r^2} > 0; \quad (g) \ D_r \left(\frac{d^2W_r}{dD_r^2} = 0 \right) < D_r < 1 \Rightarrow$$

$\frac{d^2W_r}{dD_r^2} < 0$; ocorrem durante o ciclo da cultura ($0 < D_r < 1$). Existe, portanto, um único ponto de máxima taxa de acúmulo de massa seca ($\frac{d^2W_r}{dD_r^2} = 0$).

Na estimativa do fator de forma (q), através de análise de regressão não linear, utilizou-se o método iterativo de Newton-Raphson Para estimativa do desenvolvimento relativo da cultura referente à taxa máxima de acúmulo de massa seca (D_{r_a} , kg.m⁻².dia⁻¹) foi utilizada a seguinte equação:

$$D_{r_a} = 1 - \frac{2}{\pi} \arctg \left(\frac{1}{\sqrt{q-1}} \right) \quad (3)$$

¹ Dr. Prof. Associado. Departamento de Produção Vegetal. ESALQ – USP. Piracicaba, SP. dourado@esalq.usp.br.

² Dr. Prof. Titular. Departamento de Ciências Exatas. ESALQ – USP. Piracicaba, SP. arpereir@esalq.usp.br

³ Engenheiro Agrônomo. Doutorando em Irrigação e Drenagem. ESALQ – USP. Piracicaba, SP. lgfigue@esalq.usp.br

⁴ Engenheiro Agrônomo. Doutorando em Fitotecnia. ESALQ – USP. Piracicaba, SP. pavieira@cnpms.embrapa.br.

⁵ Dr. Prof. Titular. Departamento de Fitotecnia, CCR, UFSM, Santa Maria, RS. manfron@ccr.ufsm.br

⁶ Engenheiro Agrônomo. Doutorando em Fitotecnia. ESALQ – USP. rabonnec@esalq.usp.br.

⁷ Bolsista CNPq

No experimento foi realizada a determinação da massa seca em 15 plantas por híbrido (5 plantas por repetição com três repetições para cada um dos três híbridos) por época (sete épocas para os híbridos 1 - C-901 - e 3 - C-806, e oito épocas para os híbrido 2 - C-333-B). O material coletado foi levado a secagem em estufa com circulação de ar forçado com temperatura regulada para 60°C).

O modelo utilizado para estimativa da massa seca da parte aérea, da cultura de milho foi:

$$MSpa_i = a + bsen^2\left(\frac{2\pi GD_i}{d} + c\right) \quad (4)$$

Para estimativa do rendimento tem-se o seguinte modelo fitotécnico:

$$R = P.Pr.Fe.Gf \cdot \frac{Mg}{1000} \quad (5)$$

em que R se refere ao rendimento de grãos (kg/ha), P à população de plantas (plantas/ha), Pr à prolificidade média (espigas/planta), Fe ao número médio de fileiras por espiga (fileiras/espiga), Gf ao número médio de grãos por fileira (grãos/fileira) e Mg à massa média do grão (g/grão).

Resultados e Discussão

O fator de forma da curva (q) de acúmulo de massa seca dos híbridos foram: 0,754 (F-5013); 0,746 (BR-206) e 0,756 (P-4071).

A variação da massa seca da parte aérea em função da soma calórica (°C.dia) e Tb 10°C na cultura de milho, é apresentada na Tabela 1.

Os modelos explanatórios (modelos estritamente estatísticos) foram obtidos no intuito de se obter curvas referentes à cultura de milho que melhor minimizam a soma dos quadrados dos desvios. Para tal, adotou-se a soma calórica (GD, °C.dia) da cultura como variável independente e a massa seca da parte aérea como variável dependente.

O modelo estritamente estatístico é limitado pela sua concepção (extrapolação limitada), e a sua aplicabilidade é restrita a explicar apenas os dados observados ou prever processos ou valores de atributos em condições similares às condições estudadas.

A informação de pesquisa é sempre uma definição de ordem de grandeza. O pesquisador deve explicitar os resultados de forma extrapolável utilizando, sempre que possível, grandezas intensivas (usualmente as grandezas intensivas são obtidas pela relação entre duas grandezas extensivas no intuito de extrapolar e/ou comparar resultados).

A Tabela 2 apresenta os valores médios referentes ao número de fileiras por espiga (Fe), número de grãos por espiga (Ge), massa do grão (Mg) e rendimento de grãos (R). Os valores de rendimento estimado estão dentro do esperado para uma lavoura irrigada e com alto nível tecnológico.

Conclusão

O modelo sugerido pode ser utilizado para representar a variação temporal do acúmulo de massa seca na cultura de milho, bem como para prever o rendimento.

Referências Bibliográficas

WIT, C.T. Simulation of living systems. In: PENNING DE VRIES, F. W.T.; VAN LAAR, H.H (ed.). Simulation of plant growth and crop production. Wageningen, Pudoc, 1982. p.3-8.

WHISLER, F.D.; ACOCK, B.; BAKER, D.N.; FYE, R.E.; HODGES, H.F.; LAMBERT, J.R.; LEMMON, H.E.; MCKINION, J.M.; REDDY, V.R. Crop simulation models in agronomic systems. Advances in Agronomy, New York, v.40, p.141-208, 1986.

Tabela 1. Valores observados e estimados da massa de matéria seca da parte aérea (MSpa, g/pl) em função da soma calórica (GD, °C.dia) dos três híbridos de milho utilizados (modelo estatístico tipo V).

GD	MSpa, g/pl		Limite de confiança (95%)	
	Observado	Estimado ¹	Inferior	Superior
Híbrido 1 (C-901)				
0,0	0,000	-0,785	-66,880	65,310
236,0	2,279	1,232	-54,912	57,375
447,4	23,130	28,793	-28,425	86,010
648,1	78,357	73,949	18,054	129,844
877,2	135,825	140,613	85,095	196,132
1095,1	222,336	209,312	151,364	267,260
1328,1	263,474	276,743	219,610	333,877
1560,6	331,099	326,642	259,985	393,299
Híbrido 2 (C-333-B)				
0,0	0,000	2,145	-42,795	47,086
236,0	2,428	-1,356	-39,505	36,792
447,4	27,083	26,838	-11,850	65,526
648,1	74,460	77,333	38,921	115,745
877,2	158,863	154,635	117,093	192,178
1095,1	225,407	236,132	197,695	274,569
1328,1	329,863	317,618	278,346	356,891
1560,6	373,844	379,269	340,877	417,660
1770,2	409,702	409,037	364,114	453,959
Híbrido 3 (C-806)				
0,0	0,000	5,172	-64,170	74,515
236,0	3,133	-5,152	-64,246	53,943
447,4	26,579	26,511	-33,760	86,782
648,1	87,273	86,531	27,600	145,462
877,2	168,940	176,218	117,600	234,836
1095,1	258,034	263,581	202,552	324,611
1328,1	353,571	337,520	277,621	397,418
1560,6	366,340	373,488	303,632	443,343

$$1 \text{ Modelo: } MSpa_i = a + bsen^2\left(\frac{2\pi GD_i}{d} + c\right)$$

Tabela 2. Rendimentos calculados referentes aos três híbridos utilizados.

Híbrido	Fe fil/esp	Ge gr/esp	Mg g/gr	R kg/ha
C-901	16	532	0,32	11222
C-333-B	15	531	0,35	10351
C-806	14	544	0,34	10301
Média	15	536	0,34	10625