

População e distribuição espacial de plantas

Durval Dourado Neto¹; Pedro Abel Vieira Júnior² & Paulo Augusto Manfron³



Introdução

Considerando as dificuldades inerentes à melhoria no processo de fixação do CO₂, sugerem-se alterações na arquitetura do dossel com ênfase na otimização da interceptação e uso pela fotossíntese da radiação (LARCHER, 1995; MACHADO, 1995; SACHULZE & CALDWELL, 1995; HORTON, 2000).

A transmissão da luz no dossel está relacionada com a transmitância pelas folhas, com a área foliar acumulado na profundidade do dossel e com a profundidade do dossel, sendo que a fotossíntese potencial reduz diretamente em relação à profundidade no dossel. A transmitância pelas folhas é determinada, principalmente, pelas características óticas do mesófilo e pela concentração e disposição dos cloroplastos, sendo variável entre os indivíduos como consequência do ambiente de crescimento da plantas (HORTON, 2000; TERASHIMA, 1989; ALLEN et al., 1964).

O número total e a distribuição vertical das folhas no dossel são variáveis entre e dentro das espécies como resultado da adaptação ao meio. Cita-se como exemplo que no milho as folhas situadas acima da inserção da espiga têm maior participação relativa no rendimento de grãos que as situadas abaixo, sendo descrito, em alguns casos, que o par de folhas imediatamente acima do solo apresenta metabolismo C3. As folhas devem estar distribuídas de modo a estabelecer camadas verticais, sendo que as folhas da camada superior devem dispor de aparato fotossintético apto às radiações de maior comprimento de onda e as camadas inferiores devem ser aptas aos comprimentos transmitidos pelas camadas superiores. Estudos sugerem que a distância vertical entre folhas deve ser no mínimo igual ao dobro do comprimento da folhas. Apesar da importância do fator, no caso do milho, há carência de estudos determinado a transmitância e a refletância da radiação no dossel (ALLEN et al., 1964; ANDRADE et al., 1991; VIEIRA JR, 1999; BOEDHRAM et al., 2001; DOURADO NETO et al., 2001).

O estabelecimento de camadas de folhas no dossel, ou seja, área foliar por área de solo ocupada pela planta (cm² folha.cm⁻² de solo), denominado índice de área foliar (IAF), é resultado das disposição espacial das folhas, a qual é consequência da distribuição espacial das plantas. Estudos demonstram que a produção fotossintética não aumenta linearmente com o IAF, sendo limitada pela sobreposição, a qual é mínima durante a fase inicial das culturas. No caso do milho, o IAF ótimo, quando considerado a produção de grãos, é entre 5 a 7, com maior frequência de 6 (SAN PIETRO et al., 1969; MONTEITH, 1969; GIFFORD & EVANS, 1981; SACHULZE & CALDWELL, 1995; STEWART &

¹Professor Titular. Dr. Departamento de Produção Vegetal, ESALQ, USP. C.P. 9, CEP 13.418-900, Piracicaba, SP. Bolsista CNPq.

E-mail: dourado@esalq.usp.br.

²Pesquisador. Dr. Embrapa SNT Campinas, SP.

³Professor Titular. Dr. Departamento de Fitotecnia, UFSM. Santa Maria, RS.

DWYER, 1999; VIEIRA JR, 1999; POMMEL et al., 2002).

O milho apresenta folhas alternas e oposta ao longo do perfil da planta, com seus posicionamentos no colmo definidos durante a organogênese, o que lhe confere uma projeção de copa elíptica. Na cultura do milho, normalmente, a distribuição espacial das plantas não é aleatória, sendo distribuídas em linhas espaçadas regularmente. O posicionamento das folhas no colmo definido na organogênese sugere, portanto, que a orientação azimutal das folhas, traduzida como a orientação das folhas em relação à linha de semeadura, é resultado do posicionamento da semente na semeadura. Entretanto, estudos com vários genótipos e sistemas de semeadura demonstram não haver uma distribuição ao acaso do azimute das folhas, independente do padrão de semeadura, como resultado da habilidade da planta em modificar a orientação das folhas (LARCHER, 1995; STEWART & DWYER, 1999; VIEIRA JR, 1999; MADDONNI et al., 2000; POMMEL et al., 2002). Em geral, 70% das folhas apresentam o eixo maior da projeção elíptica com desvio máximo de 20° em relação à normal da linha de semeadura, como resultado da plasticidade morfológica da espécie (MADDONNI et al., 2000; MADDONNI et al., 2001).

Espaçamento entre plantas de milho

Considerando a importância do IAF e da distribuição espacial de plantas na linha e na entre linha da cultura do milho, DOURADO NETO et al. (2001), propuseram, para distribuição hexagonal das plantas, as equações 1 a 4, nas quais P (pl. ha^{-1}) refere-se à população de plantas, para estimar a distância (e_1 , m) entre as plantas na linha de semeadura (Equação 1), a distância (e_2 , m) entre as linhas (Equação 2), a área útil (Au , $\text{m}^2.\text{pl}^{-1}$) explorada por planta (Equação 3) e a área bruta (Ap , $\text{m}^2.\text{pl}^{-1}$) explorada por planta (Equação 4).

$$e_1 = \frac{20}{3^{\frac{1}{4}}} \left(\frac{50}{P} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$e_2 = 10 \times 3^{\frac{1}{4}} \left(\frac{50}{P} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$Au = \frac{5000\pi\sqrt{3}}{3P} \quad (3)$$

$$Ap = \frac{10000}{P} \quad (4)$$

Entretanto, considerando a distribuição vertical das folhas no colmo formando camadas, a maximização do IAF será obtida com plantas espaçadas regularmente com o eixo maior da elipse da projeção da copa normal à linha e com os bordos das folhas contíguos, ou seja, as medidas da linha e da entre linha devem considerar as dimensões das folhas (STEWART & DWYER, 1999).

O ângulo de inserção foliar, ângulo formado entre a superfície adaxial da folha e o colmo da planta, afeta a interceptação da radiação pelas folhas e, conseqüentemente, a penetração da radiação no dossel. Teoricamente, o ângulo foliar ideal é aquele que posiciona as superfícies adaxiais das folhas perpendiculares à direção da radiação (KINIRY et al., 2002), pois, simulações demonstram que em baixas latitudes, copas planas e estreitas apresentam maior eficiência na interceptação da radiação, enquanto em latitudes maiores que 50° copas estreitas e verticalmente longas foram mais eficientes (PUKKALA & KUULUVAINEN, 1987).

No milho são observadas diferenças no ângulo foliar entre genótipos, sendo considerado que a espécie não apresenta movimentos helitrópicos na folha, entretanto, verifica-se que as plantas de mesmo genótipo apresentam variações diaheliotropicas nos ângulos foliares de até 20° segundo o local e a época de cultivo, demonstrando plasticidade morfológica dessa característica para espécie (SAILAJA et al., 1997; KOLLER, 2000; MADDONNI, 2001).

O ângulo da radiação solar sobre um plano horizontal em um dado ponto da superfície terrestre pode ser estimado pelo ângulo zenital, que é resultado da posição da terra em relação ao sol, variando segundo o local, definido pela latitude (δ , °), o ângulo entre o raio vetor do sol e o plano do equador terrestre, denominado declinação em que Π refere-se ao dia juliano variando entre 1 e 365, e a hora do dia, definida pelo ângulo horário (h , °) (VIANELLO, 2000).

Considerando os movimentos relativos do sol e a interceptação da radiação pelas folhas, folhas com formato semi-esférico podem ser consideradas ideais, entretanto, como as folhas de milho são planas, deve-se propor ângulos foliares que maximizem a interceptação da radiação durante os períodos do dia de maior atividade fotossintética, considerando a plasticidade morfológica do dossel (SAILAJA et al., 1997; KOLLER, 2000).

Com o surgimento de novos genótipos e técnicas de manejo para a cultura de milho, estudos têm sido realizados para a determinação do melhor espaçamento e densidade de semeadura (Pereira Filho et al., 1998). Entretanto, SANGOI et al. (2002), MOLIN (2000) e PALHARES (2003) consideram essenciais, e ao mesmo tempo escassos no Brasil, informações para quantificar o efeito do aumento da população de plantas sobre a cultura. Também foi considerado essencial identificar características morfológicas, fisiológicas, fenológicas e alométricas, notadamente se considerar as modificações introduzidas nos genótipos, como menor estatura das plantas e de inserção da espiga, angulação mais ereta de folhas e elevado potencial produtivo (ARGENTA, 2001). Apesar da carência de informações, alguns agricultores têm adotado com sucesso populações de plantas de até 7,2 plantas m^{-2} e espaçamento entre linhas de 0,4 m (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000).

Considerando o exposto sobre a importância do IAF e do ângulo foliar sobre o rendimento da cultura do milho, bem como, os efeitos da população e distribuição espacial de plantas de milho sobre os fatores considerados, além da dependência da população e distribuição espacial de plantas com relação às dimensões das folhas, o objetivo do presente trabalho foi propor equações para estimar a distância entre plantas na linha (e_1 , m), a distância entre as linhas (e_2 , m) e a área útil (Au , $\text{m}^2.\text{pl}^{-1}$) explorada por planta, em função do comprimento (Cf , m), da largura (Lf , m) e do ângulo foliar ($\hat{\alpha}$, °) médios das folhas. Ainda com o propósito de subsidiar a escolha de cultivares em função da época de cultivo e da latitude, bem como programas de melhoramento, propor-se uma equação para estimar o ângulo foliar ($\hat{\alpha}$, °) que propicie a melhor interceptação da radiação em função da data e do local, definido pela latitude (δ , °).

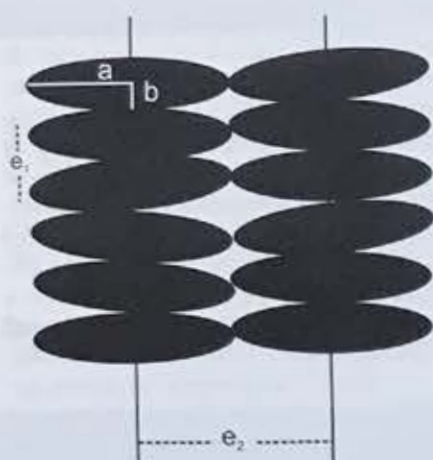


Figura 1. Distribuição das projeções elípticas da copa do milho, ilustrando os semi-eixos a e b, o espaçamento entre plantas (e_1) e o espaçamento entre fileiras (e_2).

Distribuição de plantas de milho

Para definição da melhor distribuição de plantas de milho, pode-se fazer as seguintes suposições: (i) a projeção da copa da planta de milho tem forma elíptica (Figura 1), cuja área define a área útil (A_u , $m^2.pl^{-1}$) explorada por planta; (ii) a área da elipse é calculada por

em que a e b são os semi-eixos da elipse, conforme apresentado na Figura 1; e (iii) a área bruta explorada por planta (A_p , $m^2.pl^{-1}$) é calculada em função da população de plantas (P , $pl.ha^{-1}$), independente da distribuição, conforme equação 4.

Considerando as suposições anteriores, se estabelecerão equações para determinação do espaçamento entre plantas na linha (e_1 , m) e entre linhas de semeadura (e_2 , m), bem como, para cálculo da área útil (A_u , $m^2.pl^{-1}$) explorada por planta (Figura 1). Para tanto, foram considerados o formato elíptico da projeção da copa, o comprimento (C_f , m), a largura (L_f , m) e o ângulo médio das folhas (α , $^\circ$).

Aplicando-se as medidas contidas na Tabela 1 às equações deduzidas, calculou-se a distância entre plantas na linha (e_1 , m), a distância entre linhas de semeadura (e_2 , m), a população de plantas ($pl.ha^{-1}$) e a área útil (A_u , $m^2.pl^{-1}$), comparando-se os resultados de calculados de população às recomendações de população de plantas indicadas para cada genótipo.

Considerando-se a população calculada, a área útil calculada e o número de folhas, calculou-se o índice de Área Foliar (IAF) para cada genótipo.

Para definição do melhor ângulo foliar em plantas de milho, foram feitas as seguintes suposições: (i) o ângulo da radiação solar sobre um plano horizontal, ângulo zenital (Z , $^\circ$), é definido pela latitude (δ , $^\circ$), pela declinação (α , $^\circ$) e pelo ângulo horário (h , $^\circ$); (ii) o ângulo de um plano perpendicular à orientação da radiação em relação ao plano horizontal local é definido pelo ângulo zenital, portanto, o ângulo foliar perpendicular ao vetor da radiação será dado pelo complemento ao ângulo reto do ângulo zenital calculado; (iii) os maiores valores de

Tabela 1. Medidas do comprimento médio da folha (C_f , m), da largura média da folha (L_f , m), do ângulo foliar médio (α , $^\circ$), número de folhas na planta e população de plantas (P , 1000 $pl.ha^{-1}$) recomendadas de 20 genótipos de milho.

Genótipo	Ângulo foliar médio (α , $^\circ$)	Comprimento médio da folha (C_f , m)	Largura média da folha (L_f , m)	Número de folhas na planta	População recomendada (1000 $pl.ha^{-1}$)
1	17	1,05	0,21	16	65 a 70
2	27	1,02	0,23	15	50 a 55
3	24	1,08	0,24	14	50 a 55
4	21	1,03	0,23	15	55 a 60
5	24	0,94	0,24	14	50 a 55
6	29	0,98	0,24	15	50 a 55
7	26	0,76	0,23	12	65 a 70
8	35	0,69	0,21	13	65 a 70
9	32	0,71	0,21	14	65 a 70
10	21	0,83	0,23	12	70 a 75
11	30	0,65	0,22	14	65 a 70
12	18	0,74	0,23	12	75 a 80
13	24	0,77	0,23	13	65 a 70
14	16	0,91	0,23	13	75 a 80
15	29	0,81	0,24	12	55 a 60
16	26	0,64	0,24	12	70 a 75
17	31	0,77	0,22	15	65 a 70
18	37	0,67	0,25	13	50 a 55
19	32	0,65	0,27	14	55 a 60
20	17	0,83	0,23	13	75 a 80

radiação são obtidos ao meio dia solar, ou seja, quando o ângulo horário (h) for igual a zero; (iv) o melhor ângulo foliar será aquele que definir a superfície adaxial da folha perpendicular ao vetor da radiação ao meio dia solar; e (v) o ângulo foliar do milho apresenta plasticidade morfológica de até 20°.

Considerando as suposições sobre o ângulo foliar, foram estimados os ângulos foliares diários entre 7:00 e 12:00, a intervalos de uma hora, para latitudes (δ), variando a cada 5°, compreendidas entre a linha do equador (0°) e 35° S, ou seja, a região do Brasil em que é cultivado milho. Para tanto, foram calculadas as declinações diárias (ā, °) entre o dia 1° de janeiro e 31 de dezembro e os ângulos horários (h, °) entre 7:00 e 12:00 horas, aplicando-se as equações 6 e 7, respectivamente.

Com os valores de declinação solar e ângulo horário, estima-se o ângulo foliar (á, °) (entre 7:00 e 12:00 horas) perpendicular à orientação da radiação entre os dias 1 de janeiro e 31 de dezembro.

Considerando a plasticidade morfológica de 20° para o ângulo foliar em milho, foram selecionados, para cada latitude e dia do ano, os melhores ângulos foliares.

A seguir, considerando um ciclo de 120 dias, foi calculado, para cada latitude estudada, a maior variação de ângulo foliar requerida durante o ciclo, quando considerado a melhor curva horária de ângulo foliar, para semeaduras diárias entre o dia 1° de Janeiro e 31 de Dezembro.

Espaçamento e população de plantas

O espaçamento entre plantas na linha de semeadura (e_1 , m) será igual à largura média das folhas (Lf, m) e o espaçamento entre fileiras (e_2 , m), considerando o comprimento (Cf, m) e o ângulo de inserção (á, °) médios das folhas, será calculado por:

$$e_2 = 2Cf \times \cos(90 - \alpha) \quad (5)$$

A área útil (Au , $m^2 \cdot pl^{-1}$) explorada por planta será igual à área da elipse da projeção da copa, calculada por:

$$Au = a \times b \times \pi \quad (6)$$

Considerando que os semi-eixos a e b da elipse são iguais ao produto do comprimento médio da folha pelo cosseno médio do ângulo foliar e à metade da largura média da folha, respectivamente, tem-se:

$$Au = \pi \times [Cf \times \cos(90 - \alpha)] \times \frac{Lf}{2} \quad (7)$$

Considerando a equação 4, as dimensões médias de comprimento (Cf, m) e largura (Lf, m) da folha e o ângulo foliar médio (á, °), a população de plantas (P, $pl \cdot ha^{-1}$) é calculada por:

$$P = \frac{10000}{Lf \times [2Cf \times \cos(90 - \alpha)]} \quad (8)$$

Considerando que a Área útil (Au , m^2) representa a projeção média da copa e que o seu produto pela metade do número de folhas na planta (Nf) representa a área foliar da planta, é possível calcular o Índice de Área Foliar (IAF, m^2 área foliar. m^2 de solo) da cultura:

$$IAF = \frac{Au \times \frac{Nf}{2}}{10000} \quad (9)$$

Aplicando-se os dados e ângulo foliar (á, °), comprimento da folha (Cf, m), largura da folha (Lf, m) e número de folhas por planta (Tabela 1) às equações 8, 10 e 11, calculou-se o espaçamento entre linhas de semeadura (e_2 , m), a área útil (Au , m^2) e a população de plantas (P, $1000 \text{ pl} \cdot ha^{-1}$), respectivamente (Tabela 2).

As populações recomendadas são resultado de avaliações de diferentes populações dos genótipos em diferentes ambientes, determinando a população que maximiza o rendimento de grãos. Observa-se que, com exceção dos genótipos 6, 12, 17 e 20, a equação para o cálculo da população determinou resultados de população com variação inferior à 10% (Tabela 2) do limite mais próximo daquela recomendada (Tabela 1), portanto, é possível estimar a população de plantas a partir das dimensões médias de comprimento e largura da folha. É importante considerar que, para genótipos com ângulo foliar menor que 20°, a equação superestima a população de plantas.

Observa-se (Tabela 2) que, com exceção dos genótipos 7, 10, 12, 15 e 16, os IAFs estimados estão entre 5 e 7 e, portanto, adequados aos recomendados para a cultura do milho, o que corrobora a estimativa da melhor população de plantas considerando-se as dimensões de comprimento e largura da folha.

Com relação ao ângulo foliar horário (á, °) em função da latitude do local (δ, °) e do dia, foram calculadas as declinações solares (ā, °) para os dias entre 1° de Janeiro e 31 de dezembro.

Os ângulos horários (h, °), para 7:00, 8:00, 9:00, 10:00, 11:00 e 12:00, resultaram em -75, -60, -45, -30, -15 e 0°, respectivamente.

Foram calculados os ângulos foliares (á, °) em que a superfície adaxial da folha é normal ao vetor da radiação, às 7:00, 8:00, 9:00, 10:00, 11:00 e 12:00 para as latitudes compreendidas entre o equador (0°) e 35°S a cada 5°.

Observou-se que latitudes menores requerem maior ângulo foliar quando comparadas às maiores. Calculando-se as diferenças diárias entre os ângulos foliares, observou-se que latitudes menores requerem maior plasticidade do ângulo foliar, pois, a exemplo dos casos da linha do equador e 35°S, para que a superfície adaxial da folha permaneça perpendicular à radiação durante todo o dia, ela deverá variar o ângulo foliar em 75° e 53°, respectivamente. Esta característica possibilita que em latitudes maiores a folha permaneça maior período do dia com sua superfície adaxial perpendicular à radiação solar. Tomando-se novamente os exemplos da linha do equador e 35°S e considerando a plasticidade morfológica do ângulo foliar de 20°, observa-se que, para a linha do equador, as superfícies adaxiais das folhas permanecem menos que duas horas e trinta minutos perpendiculares à radiação, destacando que, nos períodos entre os dias 20/2 a 20/4 e 18/8 a 20/10 serão menos que duas horas diárias. Já no caso de 35°S, com exceção do período entre os dias 10/5 a 2/8, as folhas permanecem com suas superfícies adaxiais mais que duas horas e trinta minutos perpendiculares à radiação, chegando em três horas e quarenta minutos, entretanto, quando considerado a produção fotossintética, é possível que o maior período não compense a diferença na intensidade de radiação entre as localidades.

Tabela 2. Medidas calculadas do espaçamento entre plantas na linha de semeadura (e_1 , m), entre linhas de semeadura (e_2 , m), da população de plantas (P, 1000 pl.ha⁻¹), da área útil explorada por planta (Au, m²) e do Índice de Área Foliar (IAF, m².m⁻² de solo) de 20 genótipos de milho.

Genótipo	Espaçamento entre plantas (e_1 , m)	Espaçamento entre linhas (e_2 , m)	População Calculada (P, 1000 pl.ha ⁻¹)	Diferença de população (DP, %)	Área útil (Au, m ²)	IAF (m ² .m ⁻²)
1	21	62	77	10	1016,5	6,3
2	23	91	48	-5	1647,5	5,9
3	24	86	48	-4	1629,5	5,5
4	23	74	59	-2	1331,0	5,9
5	24	77	54	-1	1447,5	5,5
6	24	93	45	-11	1761,1	5,9
7	23	67	65	1	1202,1	4,7
8	21	78	61	-6	1287,3	5,1
9	21	74	65	-1	1216,8	5,5
10	23	59	74	-2	1065,1	4,7
11	22	64	71	1	1112,9	5,5
12	23	46	95	19	823,9	4,7
13	23	61	71	1	1110,7	5,1
14	23	49	88	10	891,6	5,1
15	24	77	54	-2	1455,3	4,7
16	24	56	74	-1	1056,0	4,7
17	22	79	58	-11	1365,1	5,9
18	25	81	50	-1	1583,4	5,1
19	27	68	54	-1	1444,8	5,5
20	23	49	90	13	870,1	5,1

Considerando que a maior demanda por fotoassimilados em milho ocorre durante o período reprodutivo, o qual coincide com a área foliar máxima, e que nos estádios iniciais da cultura não há limitação de radiação por auto-sombreamento, é possível, identificar o melhor ângulo foliar para as diferentes latitudes (ϕ , °). Citam-se como exemplos semeaduras na linha do equador e 35°S em 20/11 e período vegetativo de 60 dias para ambos locais. Os melhores ângulos foliares são 58 e 23°, respectivamente, ou seja, os ângulos foliares correspondentes a data do início do período reprodutivo (20/2).

Considerando os melhores ângulos foliares horários para cada latitude e ciclo de 120 dias, observou-se que as menores latitudes requerem menor variação do ângulo foliar durante o ciclo da planta. No caso da linha do equador a maior variação durante o ciclo foi de 20°, ou seja, é possível a

planta adequar o ângulo foliar durante todo o ciclo. Já no caso de latitudes maiores que 20°S, apenas para semeaduras nos períodos entre os dias 17 e março a 31 de maio e 22 de setembro a 22 de novembro, a variação no ângulo foliar durante o ciclo é menor que o limite da plasticidade.

Considerando o exposto e as limitações por baixas temperaturas em latitudes maiores que 25°S, é possível inferir que, em latitudes maiores que 25°S, são recomendadas semeaduras entre os dias 22 de setembro a 22 de novembro e cultivares com ângulos foliares próximos a 40°. Já em latitudes menores que 20°S, são recomendadas semeaduras entre 15 de fevereiro a 1° de julho e 20 de setembro a 23 de novembro, sendo os períodos ampliados progressivamente até o equador com semeadura durante todo o ano, utilizando cultivares com ângulos foliares de, aproximadamente, 60 e 50°, respectivamente aos períodos.

Considerações finais

A indicação da população de plantas para a cultura do milho deve considerar as dimensões médias do comprimento e da largura da folhas, as quais determinam a distribuição espacial das plantas.

A latitude do local e o período do ano em que ocorre o estágio reprodutivo da planta devem ser considerados

para otimização da interceptação da radiação solar, sendo o ângulo foliar inverso à latitude do local entre o solstício de verão e o de inverno.

As equações e metodologias descritas devem ser validadas pela comparação dos resultados de rendimento, obtidos de genótipos com diferentes arquiteturas de copa, cultivados em diferentes latitudes e períodos do ano.

Referências bibliográficas

- ANDRADE, F.H.; UAR, S.; ARGUISSAIN, G. **Rendimiento potencial de maíz en Balcarce: analisis de los factores que lo determinan**. Balcarce: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 11p. (Boletín Técnico, 101), 1991.
- BOEDHRAM, N.; ARKEBAUER, T.J.; BATCHELOR, W.D. Season-long characterization of vertical of leaf area in corn. *Agronomy Journal*, v. 93, p.1235-1242. 2001.
- DOURADO NETO, D.; FANCELLI, A.L.; LOPES, P.P. Milho: população e distribuição de plantas. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (ed) **Milho: tecnologia da produtividade**. Piracicaba: ESALQ, Departamento Produção Vegetal, 2001. p.120-125.
- GIFFORD, R.M.; EVANS, L.T. Photosynthesis, carbon partitioning and yield. *Annual Review of Plant Physiology*, v.32, p.485-509, 1981.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- HORTON, P. Prospects for crops improvement through the genetic manipulation of photosynthesis: morphological and biochemical aspects of light capture. *Journal of Experimental Botany*, v.51, p. 475-485. 2000.
- KOLLER, D. Plants in search sunlight. *Advances in Botanical Research*, v.33, p.35-131. 2000.
- KINIRY, J.R.; GERIK, T.J.; XIE, Y. Similarity of maize seed number responses for a diverse set of sites. *Agronomie*, v.22, n.3, p.265-272, 2002.
- LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 506p.
- MACHADO, E.C. Eficiência fotossintética. In: SEMINÁRIO DE BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA, Piracicaba, 1985. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.175-200.
- MADDONI, G.A.; OTEGUI, M.E.; CIRILO, A.G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Fields Crops Research*, v.71, p.183-193. 2001.
- MOLIN, R. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Castro: Fundação ABC, 2000. 72p.
- PEREIRA FILHO, I.A.P.; OLIVEIRA, A.C.; CRUZ, J.C. Milho verde: espaçamentos, densidades de plantas, cultivares e épocas de semeadura, influenciando o rendimento e algumas características de espigas comerciais (compact disc). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO 22., Recife, 1998. **Anais**. Recife: Embrapa, 1998.
- POMMEL, B.; MOURAUX, D.; CAPPELLEN, O.; LEDENT, J.F. Influence of delayed emergence and canopy skips on the growth and development of maize plants: a plant scale approach with CERES-Maize. *European Journal of Agronomy*, v.16, n.4, p.263-277, 2002.
- SAN PIETRO, A.; GREER, E.A.; ARMY, T.J. (ed) **Harvesting the sun**. New York: Academic Press Inc, 1969. 342p.
- SACHULZE, E.D.; CALDWELL, M.M. **Ecophysiology of photosynthesis**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 576p.
- SAILAJA, M.V.; CHANDRASEKHAR, D.; NARAYANA, D.; RAMA, V.S. Laser-induced chlorophyll fluorescence ratio in certain plants exhibiting leaf heliotropism. *Journal Plant Physiological*, v.24, p.159-164. 1997.
- STEWART, D.W.; DWYER, L.M. Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. *Crop Science*, v.39, p.422-427. 1999.
- TERASHIMA, I. **Productive structure of a leave**. In: Photosynthesis. New York: Alan Liss Inc, 1989. p.207-226.
- VIANELLO, R.L. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV. 2000. 448p.
- VIEIRA JR, P.A. Milho. In: CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. (ed.). **Ecofisiologia dos cultivos anuais**. São Paulo: Nobel. p.41-72. 1999.



Revista ISSN 16778081

PLANTIO DIRETO

Ano XVI - Número 100 - Julho/Agosto de 2007

Exemplar de assinante

Trigo:
Alteração da
sensibilidade de
alguns fungicidas
a raças de
ferrugem da folha

Milho

- População e distribuição espacial de plantas
- Consórcio com braquiária: forragem e palha para o plantio direto

• *Uso da matemática no Sistema Plantio Direto*

• *Soja: inoculação por quê, quando e onde*