

Exigências climáticas do milho em Sistema Plantio Direto

Wilson Jesus da Silva¹
Luiz Marcelo Aguiar Sans²
Paulo César Magalhães³
Frederico Ozanan Machado Durães⁴

Resumo - A produtividade do milho depende do número de grãos potencialmente capazes de se desenvolver, e o enchimento desses grãos, dos fatores ambientais. A intensidade com que a cultura do milho expressa seu potencial genético é determinada por sua interação com o regime de radiação solar, com a temperatura, com o déficit de pressão de vapor, com a velocidade do vento e com as características físico-hídricas do solo. Aparentemente, não existe limite máximo de temperatura para a produção de milho, no entanto, a produtividade tende a diminuir com o aumento dela. As exigências térmicas do milho, da emergência à maturação fisiológica, associadas ao conhecimento da fenologia da cultura, podem definir a época de plantio, evitando as conseqüências dos veranicos, a utilização de insumos, fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas e da colheita dos grãos ou silagem. No plantio direto na palha e com a rotação de culturas é necessário manejar a época de plantio e as densidades das plantas. O consumo total de água pelas plantas de milho varia muito com o nível de manejo e com a disponibilidade de água no solo. A quantidade de água necessária à planta do milho poderá ser estimada utilizando-se dados climáticos.

Palavras-chave: *Zea mays*. Radiação solar. Temperatura. Disponibilidade hídrica. Evapotranspiração. Coeficiente de cultura. Ecofisiologia vegetal.

INTRODUÇÃO

O milho, mediante seleção de genótipos e com o aprimoramento de métodos de manejo, vem sendo cultivado em regiões compreendidas entre os paralelos 58° N (Canadá e Rússia) e 40° S (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes, abaixo do nível do mar (região do mar Cáspio) até as regiões com 2.500 m de altitude (região dos Andes Peruano). Independente da tecnologia aplicada, o período e as con-

dições climáticas em que a cultura é submetida constituem preponderantes fatores de produção (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O Brasil por sua enorme expansão territorial, o que lhe confere a característica de país continental, tem variabilidade ambiental muito grande, principalmente no que se refere às condições térmicas e hídricas. Existe desde região semi-árida como os sertões nordestinos, quente e seca o tempo

todo, até região superúmida, como a Amazônia, onde há excessos de umidade e temperaturas elevadas durante todo o ano. Além da variabilidade espacial climática do Brasil, defronta-se ainda com a variabilidade temporal, ou seja, grandes variações climáticas dentro do ano ou entre anos. Portanto, como o requerimento de energia e de água pelo milho está condicionado às condições ambientais, a produtividade vai variar entre as diferentes condições

¹Eng^o Agr^o, D.Sc., Pesq. EMBRAPA/EPAMIG-CTTP, Caixa Postal 351, CEP 38001-970 Uberaba-MG. Correio eletrônico: wilson@epamig.uberaba.com.br

²Eng^o Florestal, D.Sc., Pesq. EMBRAPA-CNPMS, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: lsans@cnpmis.embrapa.br

³Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. EMBRAPA-CNPMS, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: pcesar@cnpmis.embrapa.br

⁴Eng^o Agr^o, Pós-Doc, Pesq. EMBRAPA-CNPMS, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: fduraes@cnpmis.embrapa.br

edafoclimáticas. Deve-se, também, ressaltar a resposta diferencial da planta, devido as suas características ecofisiológicas e ao manejo que irá receber por influenciarem na eficiência do uso da energia e da água.

O milho, por ser gramínea anual, pertencente ao grupo de plantas do tipo C_4 , possui ampla adaptação climática. Conforme o fotoperíodo, esse cereal é considerado planta neutra ou de dias curtos.

No estado de Minas Gerais, a cultura do milho tem apresentado alta expansão, tornando-se importante fonte de divisa. Esta expansão deve-se ao crescimento da área cultivada e, principalmente, ao respaldo dado pela pesquisa no que se refere ao melhoramento genético, controle fitossanitário, manejo de solo e densidade de plantio. Dentre os diversos fatores que afetam a produção agrícola, os elementos meteorológicos destacam-se entre aqueles que podem apresentar variações mais bruscas de ano para ano. Essas variações são fontes geradoras de oscilações na produção agrícola, causando expectativa sobre a produção final de grãos nos setores produtivo, de transporte, comercialização e armazenamento.

O emprego de métodos inadequados de mecanização intensiva, como aração e uso de grades pesadas, tem destruído o solo, expondo-o a intensas erosões hídricas, eólica e solar, entre outros. Técnicas eficientes de redução dessas erosões, como plantio direto na palha, evolução no relacionamento com o solo, motivam cada vez mais agricultores, mas ainda são relativamente pouco usadas.

Quando há interesse em conhecer qual o comportamento da cultura em relação ao clima, procura-se determinar quais as funções biológicas responsáveis pelo seu crescimento e desenvolvimento, que estão diretamente ligadas com os diferentes elementos meteorológicos. Especificamente, com o objetivo de determinar a influência dos elementos meteorológicos na produção de grãos, torna-se necessário associar os estudos agroclimáticos com as observações fenológicas.

O meio ambiente da cultura é complexo e difícil de ser conhecido, devido ao seu dinamismo e variações constantes. Porém, seu importante papel no crescimento, desenvolvimento e produção dos grãos de milho não permite que seja desprezado, quando se quer maximizar a produção. Como em todas as culturas, o rendimento dos grãos de milho está intimamente ligado a fatores do meio, principalmente os meteorológicos. Assim, neste estudo, serão discutidos a ecofisiologia da cultura do milho e a ação da radiação, da temperatura, o uso de água pela planta e, posteriormente, o efeito da limitação ou excesso desses elementos na produção.

EFEITOS DA RADIAÇÃO SOLAR E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS

Radiação solar

A avaliação da intensidade da radiação solar sobre os solos tropicais é importante para a agricultura, passando a exigir nova abordagem técnica. A radiação solar pode ser identificada por conceito específico, como erosão solar, capaz de colocá-la em evidência junto a outros fatores condicionantes da produção tropical, como aquela causada pela água ou pelo vento. Não há como realizar agricultura produtiva e sustentada nos trópicos sem levar em conta a erosão solar. Na Europa Central (latitude de 47° a 34° N), a intensidade da radiação solar é de 3.349 a 4.186 MJ m^{-2} . Na Europa Oriental (latitude de $41^\circ 20'$ a $53^\circ 30'$ N) é de 3.349 a 5.204 MJ m^{-2} . No Brasil (latitude de 5° N a 34° S) fica entre 5.024 e 6.699 MJ m^{-2} , portanto, 50% mais forte que na Europa Central (BLEY JUNIOR, 1999).

A intensidade com que a cultura do milho expressa seu potencial genético é determinada por sua interação com o regime de radiação solar, temperatura do ar, déficit de pressão de vapor, velocidade do vento e características físico-hídricas do solo.

Cultivares precoces, principalmente as superprecoces exigem maior densidade de plantio em relação às cultivares normais ou tardias, para expressarem seu máximo ren-

dimento. São plantas de menor altura e menor massa vegetativa. Estas características morfológicas determinam menor sombreamento dentro da cultura, o que permite pequeno espaçamento entre plantas para melhor aproveitamento de luz. Mesmo entre cultivares normais existem diferenças de densidade, conforme a arquitetura da planta. Sempre que a radiação fotossinteticamente ativa interceptada for reduzida e houver disponibilidade hídrica e de nutrientes, observa-se que a densidade deve ser aumentada para atingir o máximo rendimento de grãos. Verifica-se tendência de utilizar cada vez mais espaçamentos reduzidos para aumentar a eficiência na utilização de luz solar, água, nutrientes e obter melhor controle de plantas daninhas, em função do fechamento rápido dos espaços disponíveis e redução do impacto das chuvas e dos raios solares no solo, evitando erosões hídrica e solar. Já existem agricultores usando para o milho o mesmo espaçamento preconizado para a soja (ARGENTA et al., 2001).

A escolha adequada do arranjo de plantas é uma das práticas de manejo mais importantes para otimizar o rendimento de grãos de milho, pois afeta diretamente a interceptação da radiação solar, fator determinante da produtividade (ARGENTA et al., 2001). Cabe destacar que a densidade ótima é aquela que apresenta área máxima de interceptação da radiação solar (índice de área foliar máximo), sem provocar auto-sombreamento. Setter e Flannigan (1986), em experimento onde se utilizou sombreamento artificial durante o crescimento dos grãos, não observaram alterações na taxa de crescimento, mas reduções no tempo de crescimento, resultando em grãos mais leves.

A produtividade dos grãos de milho (Y), segundo Andrade (1992), pode ser expressa pela seguinte equação:

$$Y = Ro \cdot Ei \cdot Ec \cdot p,$$

em que "Ro" é a radiação solar incidente; "Ei" é a eficiência da interceptação da radiação solar incidente; "Ec" é a eficiência de conversão da radiação solar interceptada

pela biomassa vegetal e "p" é a partição de fotoassimilados de interesse comercial. Acontece que a radiação solar incidente é função da localização geográfica da área de produção (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura ao longo do ano. A eficiência da interceptação depende da idade da planta, da arquitetura, do arranjo espacial das plantas e da população empregada, ao passo que a eficiência de conversão, dentre outros fatores, depende principalmente da temperatura. A participação dos fotoassimilados é função do genótipo e das relações de fonte-dreno (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

No plantio direto na palha e com rotação de culturas, é necessário manejar a época de plantio e as densidades das plantas. Em plantios mais cedo, é possível aumentar a densidade de plantas, devido à maior disponibilidade de radiação solar, em virtude da maior área foliar.

Temperatura

As variações de temperatura no solo, elemento estreitamente ligado à radiação solar, podem ser atenuadas por práticas culturais agrícolas adequadas. Em estudos realizados em Ponta Grossa (PR), em plantio convencional, a temperatura do solo a 3 cm passou de 23°C, às 8 horas, para 43°C, às 14 horas. No plantio direto na palha, nos mesmos horários, a variação foi de 19°C a 36°C. Os microorganismos do solo não resistem mais que algumas horas a temperaturas acima de 40°C. A morte ou paralisação de suas atividades interrompe o ciclo de transformação dos minerais em nutrientes para as plantas (BLEY JUNIOR, 1999).

Temperatura elevada, na faixa de 30°C a 35°C aumenta a velocidade de decomposição da matéria orgânica liberando CO₂ na atmosfera. Se os agricultores continuarem no sistema convencional de plantio, a matéria orgânica dos solos tropicais tende a se exaurir, pois não está havendo reposição como nos ambientes intactos. Para manter a atividade biológica nos solos e, com isso, sustentar a produção agrícola em solos

tropicais e subtropicais, é essencial repor os estoques de carbono (BLEY JUNIOR, 1999).

Leopold (1964) considera a intensidade luminosa como a principal variável que afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Para ele, a temperatura tem efeitos muito complexos sobre os vegetais, interagindo com a luz e a água. A temperatura é o aspecto mais expressivo da intensidade da energia calorífica. De acordo com Shaw (1977), as maiores produções de milho ocorrem onde as temperaturas nos meses mais quentes oscilam de 21°C a 27°C. Aparentemente, não existe um limite máximo de temperatura para a produção de milho, no entanto, a produtividade tende a diminuir com o aumento da temperatura.

O milho é cultura de clima quente e requer calor e umidade elevados, desde o plantio até o final da floração. Inúmeras evidências experimentais apontam a temperatura como sendo elemento de produção mais importante e decisivo para o desenvolvimento do milho. Em regiões cujo verão apresenta temperatura média diária inferior a 19°C e noites com temperaturas médias abaixo de 12,8°C, não são recomendadas para o cultivo de qualquer cultivar de milho (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C prejudicam sensivelmente a germinação, ao passo que aquelas entre 25°C e 30°C proporcionam as melhores condições para o desencadeamento dos processos de germinação das sementes e emergência das plântulas. A temperatura durante o período que vai desde a emergência até o aparecimento das flores é muito importante para determinar a época da floração. Noites frias desaceleram o crescimento anterior à floração (BERGER, 1962).

Por ocasião dos períodos de florescimento e de maturação, temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas fases, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem prontamente retardá-las (BERGER, 1962). O requerimento de temperaturas adequadas

torna o período compreendido entre 15 dias antes e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina extremamente crítico. Daí, a razão pela qual esta fase deve ser criteriosamente planejada, com o intuito de coincidir com o período estacional que apresente temperaturas favoráveis de 25°C a 30°C (FRATTINI, 1975).

No período de enchimento dos grãos, a temperatura é o elemento do ambiente que mais afeta o seu rendimento, devido ao efeito dela na taxa de acúmulo de massa seca nos grãos. Quando a acumulação de massa seca nos grãos ocorre com temperaturas em declínio, ou seja, em plantios muito tardios, a taxa de crescimento efetiva é menor. A diminuição progressiva da temperatura após o pendoamento aumenta o período efetivo de crescimento dos grãos, reduzindo sua taxa de crescimento e o seu peso final (MAGALHÃES; JONES, 1990a). O tempo quente não interfere na aceleração do amadurecimento. Com base em dados experimentais, Fancelli e Dourado Neto (2000) relatam que a cada grau de temperatura média diária superior a 21,1°C, nos primeiros 60 dias após a semeadura, pode apressar o florescimento em dois a três dias. A produtividade do milho pode ser reduzida, bem como a composição protéica do grão pode ser alterada, em decorrência das temperaturas acima de 35°C. Tal efeito está relacionado com a diminuição da atividade de redutase do nitrato e, conseqüentemente, interfere no processo de transformação do nitrogênio (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Em terrenos áridos, as temperaturas extremamente altas são prejudiciais ao milho. Nessa condição, as plantas são mais sensíveis às altas temperaturas na época da floração. A combinação de altas temperaturas e baixas umidades pode causar morte das folhas e flores, impedindo a polinização. Temperaturas abaixo de 12,8°C reduzem apreciavelmente o rendimento do milho.

Temperaturas noturnas maiores que 24°C promovem consumo energético elevado, em função do incremento da respi-

ração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda na produtividade. Da mesma maneira, temperaturas acima de 32°C reduzem sensivelmente a germinação do grão de pólen, por ocasião de sua emissão (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Segundo Wislie (1962), a temperatura mínima para o crescimento satisfatório do milho é de 10°C, sendo que a ótima varia de 28°C a 35°C e a máxima de, aproximadamente, 45°C. Este autor, ainda, considera que as maiores taxas de crescimento foram alcançadas entre 29°C e 32°C. O conceito de temperatura ótima deve ser revisto com cautela, pois esta temperatura varia com o estágio de desenvolvimento da planta. Por exemplo, a temperatura ótima para a germinação não é a mesma para a floração ou frutificação. Verifica-se que a maioria dos genótipos atuais não se desenvolve em temperaturas inferiores a 10°C, todavia, segundo Berlato e Sutili (1976), a temperatura basal de genótipos tardios é maior do que a dos genótipos precoces.

A temperatura quantifica, em valores numéricos, o nível de energia interna, o que possibilita trocas com o sistema e o meio, provocando estímulos, ativando ou desativando funções vitais (OMETO, 1981). Segundo Villa Nova et al. (1972), a quantidade de energia exigida por uma cultura tem sido expressa em graus-dia, ou unidades térmicas de desenvolvimento, ou exigência térmica, ou calórica, ou unidade de calor. A base teórica para essa técnica é que, dos processos envolvidos no desenvolvimento da cultura, todos são sensíveis à temperatura do ar. Cabe enfatizar que a resposta das plantas a essa temperatura obedece a limites inferior e superior e é extensiva ao desenvolvimento total da cultura.

Está comprovado que o método satisfatório, para determinar as etapas de desenvolvimento do milho, leva em consideração as exigências calóricas ou térmicas. Admite-se que a temperatura base possa variar em função da idade ou da fase fenológica da planta, mas é comum adotar uma úni-

ca temperatura base para todo o ciclo da planta por ser mais fácil a sua aplicação (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). A cultura do milho apresenta as seguintes exigências térmicas em graus-dia, da emergência à maturação fisiológica (BRUNINI et al., 1983; BERLATO et al., 1984; GARCIA, 1993; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000):

- híbridos tardios: graus-dia superior a 890;
- híbridos precoce: graus-dia superior a 831 e inferior a 890;
- híbridos superprecoces: graus-dia inferior a 830.

As exigências térmicas do milho, da emergência à maturação fisiológica, associadas ao conhecimento da fenologia da cultura, podem definir a época de plantio, evitando as conseqüências dos veranicos, a utilização de insumos, fertilizantes, inseticidas, fungicidas e herbicidas, e a época de colheita dos grãos ou de silagem.

EXIGÊNCIAS DE ÁGUA

O consumo de água pelo milho é um diferencial nas fases de crescimento e desenvolvimento da planta, sendo função do

padrão da demanda sazonal da atmosfera, ou seja, dos fatores físicos que governam a evaporação. Pode-se utilizar o coeficiente cultural (Kc) para verificar esse diferencial uso de água, uma vez que esse coeficiente integra os efeitos das características da cultura no campo. No Gráfico 1, observa-se que há um padrão geral de consumo de água pelas plantas. Embora os valores máximos de Kc estejam entre 1,2 e 1,4, a literatura mostra valores inferiores a 0,9 (MATZENAUER et al., 1998) e acima de 2 (KEIROZ, 2000). Além da variabilidade genética, as diferentes curvas de Kc podem ser atribuídas aos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (MATZENAUER et al., 1998; PEREIRA et al., 2005) e ao intervalo de tempo em que foi estabelecido o coeficiente.

Há divergência de valores dos Kc de região para região, o que torna difícil a recomendação de valores desse coeficiente, para estimar o consumo de água pela cultura do milho. Como sugestão, utilizar os coeficientes estabelecidos pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), uma vez que os valores obtidos nas diversas regiões estão relativamente próximos dos encontrados pela FAO.

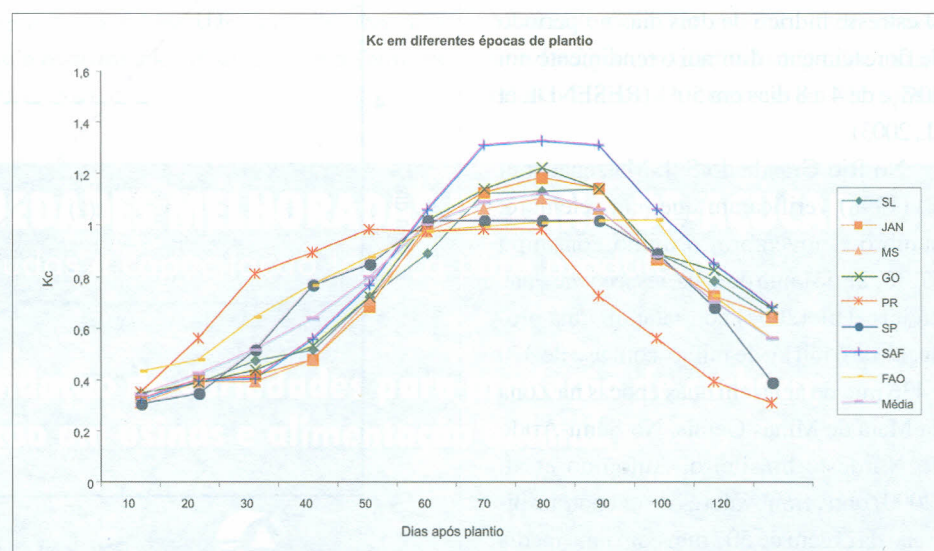


Gráfico 1 - Valores do coeficiente cultural (Kc) para o milho safrinha (SAF) obtido em Minas Gerais - Sete Lagoas (SL), Janaúba (JAN); Mato Grosso do Sul (MS), em Goiás (GO), no Paraná (PR) e em São Paulo (SP), e de critérios da FAO Production Yearbook (1985)

O consumo total de água pelo milho varia muito com o nível de manejo e com a disponibilidade de água no solo. Nos trabalhos desenvolvidos por Robins e Domingo (1953), Deanmead e Shaw (1960) e Claassen e Shaw (1970); verificou-se que aproximadamente 50 dias após o plantio há redução de 3% na produção, por dia de estresse. No estágio de florescimento, esse decréscimo pode atingir 13%, com média em torno de 6%-7%. Se o grau de fertilidade for elevado, a redução da produtividade pode cair para 3%-4% por dia. Durante o período de enchimento do grão, a redução média é em torno de 4% ao dia.

Nas diversas regiões brasileiras, o milho consome, em média, de 450 a 600 mm de água durante todo o seu ciclo (FEPAGRO, 1996; MATZENAUER et al., 1998; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), exigindo um mínimo de 350 mm, para que a produção não seja significativamente afetada. Em condição de clima quente e seco, o consumo não excede a 3 mm dia⁻¹, quando a planta estiver com menos de 30 cm de altura e, entre o período de florescimento até maturação, pode atingir valores de 5 a 7 mm. Daker (1970 apud FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), afirmam que o consumo de água pode ser de até 10 mm dia⁻¹ em climas de intenso calor e baixíssima umidade. O estresse hídrico de dois dias no período de florescimento diminui o rendimento em 20% e de 4 a 8 dias em 50% (RESENDE et al., 2003).

No Rio Grande do Sul, Matzenauer et al. (1998) verificaram que, em setembro, outubro e novembro, o milho consumiu 570, 572 e 541 mm de água, respectivamente. Freitas et al. (2004) constataram uma produção de 6 mil kg de milho, com uso de 370 e 436 mm de água em duas épocas na Zona da Mata de Minas Gerais. No Semi-Árido do Nordeste brasileiro, Antonino et al. (2000) obtiveram valores de evapotranspiração da ordem de 507 mm com uma média diária de 4,2 mm dia⁻¹, porém nesse local este valor chega a 7,42 mm dia⁻¹. Foram utilizados 2 m³ de água para cada quilo de massa produzida do milho. Valores similares

de uso de água podem resultar em diferentes produtividades, devido à água não ser o único elemento definidor.

Pelos resultados de pesquisa, pode-se concluir que o milho expressa elevada potencialidade de produção, quando atinge sua máxima área foliar, com a maior disponibilidade de radiação solar e não tendo déficit hídrico no solo. Daí a importância de se conhecer e quantificar os processos que envolvem a relação planta-clima, principalmente as relações hídricas. Cowan (1965) resumiu no Gráfico 2 a influência da umidade no solo no consumo de água pela planta e ratifica que o consumo de água depende da demanda atmosférica. No Gráfico 2, as quebras de linhas representam a existência de algum grau de estresse e as diferentes linhas representam os diferentes consumos de água com diferentes demandas de água pela atmosfera.

Pode-se estimar o uso de água pelo milho a partir de dados climáticos, e levando-se em conta duas condições: quando não há déficit hídrico no solo e quando o solo não tem água suficiente para suprir a de-

manda da planta. À medida que o solo vai secando, tanto a evaporação da superfície do solo quanto a transpiração da planta decrescem. Essa fase é a que Tanner (1977) denominou "fase de taxa de decréscimo". Vale a pena ressaltar que a zona radicular não seca uniformemente nem mesmo quando a planta atinge o ponto de murchamento (BORG, 1980). Essa falta de uniformidade da extração de água pela zona radicular torna difícil prever o quanto de água será extraído para uma cultivar num determinado tipo de solo, sob condição climática específica. Tentaram-se várias relações diretas entre transpiração e depleção de água no solo. Os melhores resultados alcançados encontram-se no Gráfico 3. O que se tem feito é relacionar ET/ETmax com a água disponível numa dada profundidade do solo. Água disponível, como preconizado, não viabiliza a avaliação do efeito da distribuição de raízes na absorção de água, portanto, passou a utilizar água extraível que nada mais é que o teor de água disponível na zona radicular. O Gráfico 3 representa a média dos resultados medidos e

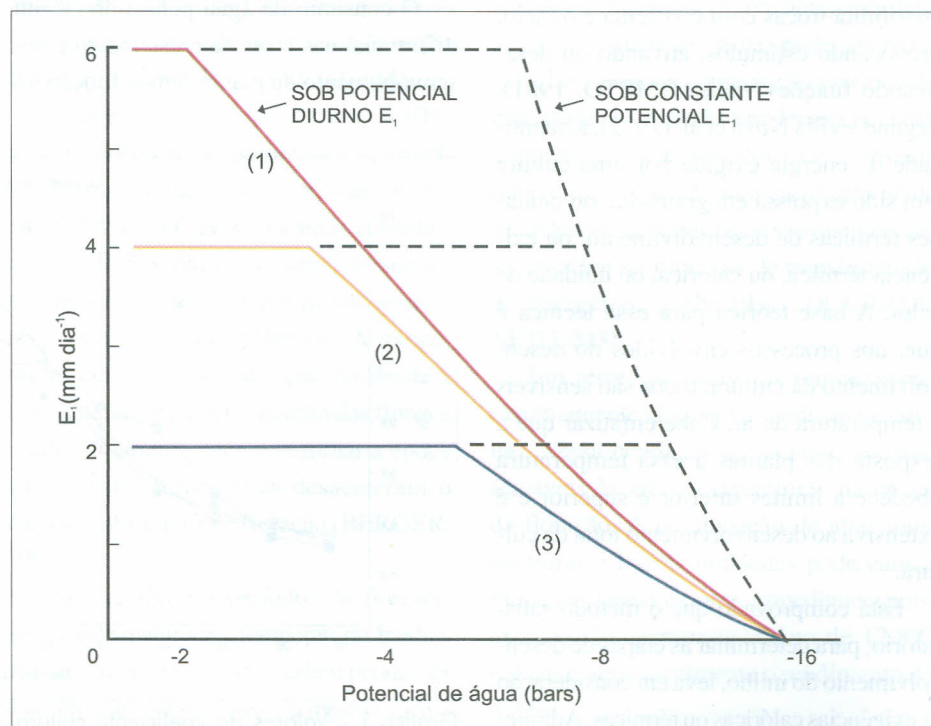


Gráfico 2 - Transpiração direta da cultura e potencial de água no solo com três níveis de evapotranspiração potencial

FONTE: Cowan (1965).

encontrados na literatura. Nesse Gráfico 3 podem-se ver duas fases distintas de consumo de água:

- a) fase de taxa constante: quando o consumo de água pela planta atinge seu máximo, ou seja, é governado pelas condições atmosféricas. Pode-se calcular a evapotranspiração (ET) a partir da estimativa da evapotranspiração máxima (ET_{max}):

em que:

Θ é a depleção de água no solo;

P e I são precipitação e irrigação, respectivamente;

- b) fase de taxa de decréscimo ($\theta_c < \theta < \theta_t$)

em que:

θ_t é a umidade no solo na capacidade de campo.

$$\Theta = \int ET \, \delta t - \int (P+I) \, \delta t = \int ET_{max} \, \delta t - \int (P+I) \, \delta t$$

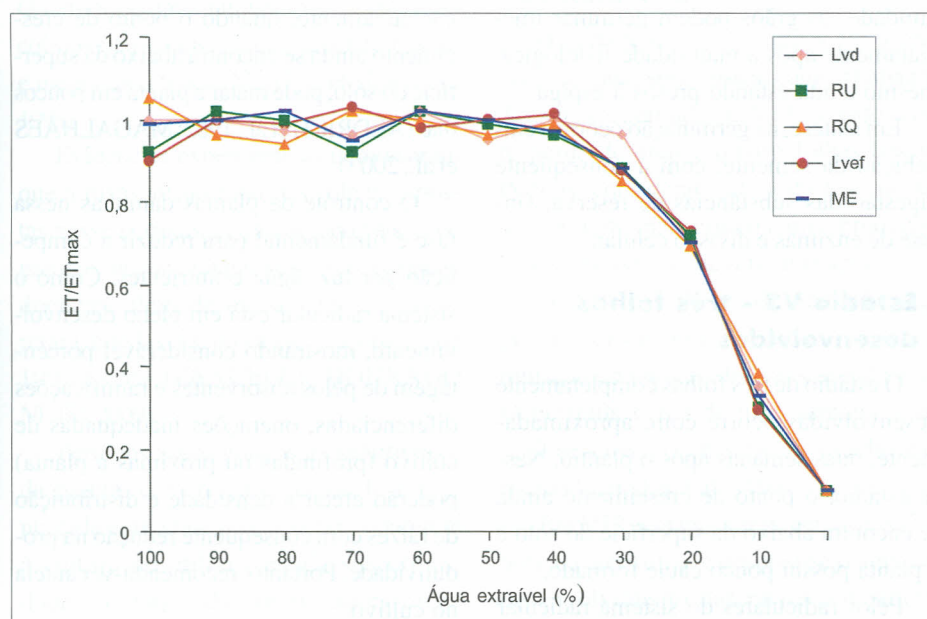


Gráfico 3 - Consumo de água pela cultura do milho em: Latossolo Vermelho Distrófico (LVd), neossolo flúvico (RU), neossolo quartzarênico (RQ), Latossolo Vermelho eutrófico (LVef), chernossolo erbânico (ME)

Quando as depleções são maiores que o ponto crítico (θ_c), ET/ET_{max} decresce linearmente, com o aumento de depleção de água.

ET/ET_{max} pode ser expressa na equação:

$$ET/ET_{max} = 1 - S(\theta_c - \theta)$$

em que:

S é a declividade da curva que na realidade é: $S = 1 / (\theta_t - \theta_c)$ e é determinada experimentalmente para uma dada cultura e solo.

Assim, a ET diária pode ser encontrada por meio da equação:

$$ET = \frac{ET_{max}}{\exp \left[- \int_{\theta_c}^{\theta_t} ET_{max} / (\theta_t - \theta_c) \right]}$$

Determinação da evapotranspiração de referência (E_{T0})

É vasta a literatura relativa aos métodos de estimar a evapotranspiração de referência (TANNER, 1967; PEREIRA et al., 1997; ALLEN et al., 1998).

A American Society of Civil Engineers (Asce) fez um estudo sobre os diversos métodos e concluiu que o da FAO-Penman Monteith deve ser recomendado como *standard*, por ser aplicável em grande quantidade de locais e climas e em situações

AVALIAÇÃO DE VARIEDADES MELHORADAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

Produção de mudas e capacitação técnica para produtores

Avaliação e recomendação de variedades para produção de cachaça, utilização em usinas e alimentação animal.



EPAMIG

Centro Tecnológico do Centro-Oeste

Rod. MG-424 km 64 - Caixa Postal 295 - CEP 35701-970 - Prudente de Moraes - MG

Telefax: (31) 3773-1980 - e-mail: ctco@epamig.br

que carecem de informações a curto período.

Quando o solo apresenta teor de água extraível acima de 30%-40%, a evapotranspiração é dependente unicamente da demanda atmosférica. Quando o teor de água nos solos é inferior a 30%-40% da água extraível, pode-se também determinar o consumo de água pela cultura por meio de equações, em que a variável é a evapotranspiração de referência.

ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

Estádio VE - germinação e emergência

Em condições normais de campo, as sementes de milho plantadas absorvem água, incham e começam a crescer. A radícula é a primeira a se alongar, seguida pelo coleótilo com plúmula incluída. O estágio VE é atingido pela rápida elongação do mesocótilo, o qual empurra o coleótilo em crescimento para a superfície do solo. Em condições de temperatura e umidade adequadas, a planta emerge dentro de quatro a cinco dias, porém, em condições de baixa temperatura e pouca umidade, a germinação pode demorar até duas semanas ou mais. Assim que a emergência ocorre e a planta expõe a extremidade do coleótilo, o mesocótilo pára de crescer.

O sistema radicular seminal, que são as raízes oriundas diretamente da semente, tem o seu crescimento nesta fase e a profundidade onde elas se encontram depende da profundidade do plantio. O crescimento dessas raízes, também conhecido como sistema radicular temporário, diminui após o estágio VE e é praticamente não existente no estágio V3.

O ponto de crescimento da planta de milho, nesse estágio, está localizado cerca de 2,5 a 4,0 cm abaixo da superfície do solo e encontra-se logo acima do mesocótilo. Essa profundidade, onde se acha o ponto de crescimento, é também a profundidade onde vai originar o sistema radicular definitivo do milho, conhecido como raízes nodais ou fasciculadas. A profundidade do

sistema radicular definitivo independe da profundidade de plantio, uma vez que a emergência da planta vai depender do potencial máximo de alongamento de mesocótilo (RITCHIE; HANWAY, 1989).

O sistema radicular nodal inicia-se, portanto, no estágio VE, e o alongamento das primeiras raízes inicia-se no estágio V1, indo até o R3, após o qual muito pouco crescimento ocorre (MAGALHÃES et al., 1994).

No milho não é constatada a presença de fatores inibitórios ao processo de germinação, visto que, sob condições ótimas de umidade, os grãos podem germinar imediatamente após a maturidade fisiológica, mesmo ainda estando presos à espiga.

Em síntese, na germinação ocorre a embebição da semente, com a conseqüente digestão das substâncias de reserva, síntese de enzimas e divisão celular.

Estádio V3 - três folhas desenvolvidas

O estágio de três folhas completamente desenvolvidas ocorre com, aproximadamente, duas semanas após o plantio. Nesse estágio, o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo e a planta possui pouco caule formado.

Pêlos radiculares do sistema radicular nodal estão agora em crescimento e o desenvolvimento das raízes seminais é paralisado (MAGALHÃES et al., 1994).

Todas as folhas e espigas que a planta eventualmente irá produzir estão sendo formadas no V3. Pode-se dizer, portanto, que o estabelecimento do número máximo de grãos ou a produção potencial estão sendo definidos nesse estágio. No estágio V5 (cinco folhas completamente desenvolvidas), tanto a iniciação das folhas como das espigas vai estar completa e a iniciação do pendão já pode ser vista microscopicamente na extremidade de formação do caule, logo abaixo da superfície do solo (MAGALHÃES et al., 1994, 1995).

O ponto de crescimento, que se encontra abaixo da superfície do solo, é bastante afetado pela temperatura do solo nesses

estádios iniciais do crescimento vegetativo. Assim, temperaturas baixas podem aumentar o tempo decorrente entre um estágio e outro, alongando, assim, o ciclo da cultura, podendo aumentar o número total de folhas, atrasar a formação do pendão e diminuir a disponibilidade de nutrientes para a planta. Uma chuva de granizo ou vento nesse estágio vai ter muito pouco ou nenhum efeito na produção final de grãos, uma vez que o ponto de crescimento estará protegido no solo. Disponibilidade de água nesse estágio é fundamental, por outro lado o excesso de umidade ou encharcamento, quando o ponto de crescimento ainda se encontra abaixo da superfície do solo, pode matar a planta em poucos dias (ALDRICH et al., 1982; MAGALHÃES et al., 2003).

O controle de plantas daninhas nessa fase é fundamental para reduzir a competição por luz, água e nutrientes. Como o sistema radicular está em pleno desenvolvimento, mostrando considerável porcentagem de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas, operações inadequadas de cultivo (profundas ou próximas à planta) poderão afetar a densidade e distribuição de raízes com conseqüente redução na produtividade. Portanto, recomenda-se cautela no cultivo.

Estádio V6 - seis folhas desenvolvidas

Neste estágio, o ponto de crescimento e o pendão estão acima do nível do solo, o colmo está iniciando o período de alongamento acelerado. O sistema radicular nodal (fasciculado) está em pleno funcionamento e em crescimento.

Pode ocorrer o aparecimento de eventuais perfilhos, os quais se encontram diretamente ligados à base genética da cultivar, ao estado nutricional da planta, ao espaçamento adotado, ao ataque de pragas e às alterações bruscas de temperatura (baixa ou alta). No entanto, existem poucas evidências experimentais que demonstram a sua influência negativa na produção (MAGALHÃES et al., 1995, 2002).

No estágio V8, inicia-se a queda das primeiras folhas e o número de fileiras de grãos é definido. Durante este estágio constata-se a máxima tolerância ao excesso de chuvas. No entanto, encharcamento por períodos maiores que cinco dias poderão acarretar prejuízos consideráveis e irreversíveis.

Estresse hídrico nessa fase pode afetar o comprimento de internódios, provavelmente pela inibição da elongação das células em desenvolvimento, concorrendo desse modo para a diminuição da capacidade de armazenagem de açúcares no colmo. O déficit de água também vai resultar em colmos mais finos, plantas de menor porte e menor área foliar (MAGALHÃES et al., 1998).

Evidências experimentais demonstram que a distribuição total das folhas expostas nesse período, mediante ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas e doenças, além de outros agentes, acarretará quedas na produção da ordem de 10% a 25% (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Períodos secos aliados à conformação da planta, característica dessa fase (conhecida como fase do cartucho), conferem à cultura do milho elevada suscetibilidade ao ataque da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), o que exige constante vigilância. Do V6 até o estágio V8 deverá ser aplicada a adubação nitrogenada em cobertura (RITCHIE; HANWAY, 1989; ALDRICH et al., 1982).

Estádio V9

Neste estágio, muitas espigas são facilmente visíveis, se for feita a dissecação da planta. Todo nó da planta tem potencial para produzir uma espiga, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão. Assim, a planta de milho teria potencial para produzir várias espigas, porém, apenas uma ou duas (caráter prolífico) espigas conseguem completar o crescimento.

Ocorre alta taxa de desenvolvimento de órgãos florais, o pendão inicia rápido desenvolvimento e o caule continua alongando-

se. O alongamento do caule ocorre através dos entrenós. Após o estágio V10, o tempo de aparição entre um estágio foliar e outro vai encurtar, geralmente isso ocorre a cada dois ou três dias (MAGALHÃES et al., 1994, 1999).

Próximo ao estágio V10, a planta de milho inicia rápido e contínuo crescimento com acumulação de nutrientes e massa seca, que continuarão até os estádios reprodutivos. Há grande demanda no suprimento de água e nutrientes para satisfazer as necessidades da planta (MAGALHÃES; JONES, 1990b).

Estádio V12

O número de óvulos (grãos em potencial) em cada espiga, assim como o tamanho da espiga, é definido em V12, quando ocorre perda de duas a quatro folhas basais. Pode-se considerar que nesta fase inicia-se o período mais crítico para a produção, o qual estende-se até a polinização.

O número de fileiras de grãos na espiga já foi estabelecido, no entanto, a determinação do número de grãos/fileira só será definida cerca de uma semana antes do florescimento, em torno do estágio V17 (MAGALHÃES et al., 1994).

Em V12, a planta atinge cerca de 85% a 90% da área foliar, e observa-se o início de desenvolvimento das raízes adventícias (esporões).

Estádio V15

Este estágio representa a continuação do período mais importante e crucial para o desenvolvimento da planta, em termos de fixação do rendimento. Desse ponto em diante, o novo estágio foliar ocorre a cada um ou dois dias. Os estilos-estigmas iniciam os seus crescimentos nas espigas (MAGALHÃES et al., 2002).

Por volta do estágio V17, as espigas atingem crescimento tal que suas extremidades já são visíveis no caule, assim como a extremidade do pendão já pode também ser observada (MAGALHÃES et al., 1994).

Estresse de água, que ocorre no período de duas semanas antes, até duas semanas após o florescimento, vai causar grande

redução na produção de grãos. Porém, a maior redução na produção poderá ocorrer com déficit hídrico na emissão dos estilos-estigmas (início de R1). Isso é verdadeiro também para outros tipos de estresse como deficiência de nutrientes, alta temperatura ou granizo. O período de quatro semanas em torno do florescimento é o mais importante para irrigação (MAGALHÃES et al., 2003).

Estádio V18

É possível observar que os “cabelos” ou estilos-estigmas dos óvulos basais alongam-se primeiro em relação aos “cabelos” dos óvulos da extremidade da espiga. Raízes aéreas, oriundas dos nós acima do solo, estão em crescimento neste estágio. Essas raízes contribuem na absorção de água e nutrientes.

Em V18, a planta do milho encontra-se a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga continua em ritmo acelerado.

Estresse hídrico nesse período pode afetar mais o desenvolvimento do óvulo e espiga que o do pendão. Com esse atraso no desenvolvimento da espiga pode haver problemas na sincronia entre emissão de pólen e recepção pela espiga. Caso o estresse seja severo, ele pode atrasar a emissão do “cabelo” até a liberação do pólen terminar, ou seja, os óvulos que porventura emitir o “cabelo” após a emissão do pólen não serão fertilizados e, por conseguinte, não contribuirão para o rendimento (MAGALHÃES et al., 1994, 1995, 1999, 2002).

Pendoamento, VT

Este estágio inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os “cabelos” não tenham ainda emergido. A emissão da inflorescência masculina antecede de dois a quatro dias a exposição dos estilos-estigmas, no entanto, 75% das espigas devem apresentar seus estilos-estigmas expostos, após o período de 10-12 dias posterior ao aparecimento do pendão. O tempo decorrente entre VT e R1 pode

variar consideravelmente dependendo do híbrido e das condições ambientais. A perda de sincronismo entre a emissão dos grãos de pólen e a receptividade dos estilos-estigmas da espiga concorre para o aumento da porcentagem de espigas sem grãos nas extremidades. Em condições de campo, a liberação do pólen geralmente ocorre nos finais das manhãs e início das noites. Neste estágio, a planta atinge o máximo desenvolvimento e crescimento. Estresse hídrico e temperaturas elevadas (acima de 35°C) podem reduzir drasticamente a produção. Um pendão de tamanho médio chega a ter 2,5 milhões de grãos de pólen, o que equivale dizer que a espiga em condições normais dificilmente deixará de ser polinizada pela falta de pólen, uma vez que o número de óvulos está em torno de 750 a 1.000 (MAGALHÃES et al., 1994, 1999; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

A planta apresenta alta sensibilidade ao encharcamento nessa fase, o excesso de água pode contribuir inclusive com a inviabilidade dos grãos de pólen.

Nos estádios de VT a R1, a planta de milho é mais vulnerável às intempéries da natureza que qualquer outro período, devido ao pendão e a todas as folhas estarem completamente expostas. Remoção de folha neste estágio por certo resultará em perdas na colheita (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O período de liberação do pólen estende-se por uma a duas semanas. Durante esse tempo, cada “cabelo” individual deve emergir e ser polinizado para resultar em um grão.

Estádio R1 - embonecamento e polinização

Este estágio inicia-se quando os estilos-estigmas estão visíveis, ou seja, para fora das espigas. A polinização ocorre quando o grão de pólen liberado é capturado por um dos estilos-estigmas.

O grão de pólen, em contato com o “cabelo”, demora cerca de 24 horas para percorrer o tubo polínico e fertilizar o óvulo, geralmente o período requerido para todos os estilos-estigmas em uma espiga

serem polinizados é de dois a três dias. Os “cabelos” da espiga crescem cerca de 2,5 a 4,0 cm por dia e continuam a se alongar até serem fertilizados (MAGALHÃES et al., 1994).

O número de óvulos que será fertilizado é determinado nesse estágio. Óvulos não fertilizados evidentemente não produzem grãos.

Estresse ambiental nesta fase, especialmente o hídrico, causa baixa polinização e baixa granação da espiga, uma vez que sob seca tanto os “cabelos” como os grãos de pólen tendem à dissecação. Insetos como a lagarta-da-espiga, que se alimenta dos “cabelos” devem ser combatidos caso haja necessidade. A absorção de potássio (K) nessa fase está completa, enquanto nitrogênio (N) e fósforo (P) continuam sendo absorvidos.

A liberação do grão de pólen pode iniciar ao amanhecer, estendendo-se até o meio-dia, no entanto, esse processo raramente exige mais de quatro horas para sua complementação. Ainda sob condições favoráveis, o grão de pólen pode permanecer viável por até 24 horas. Sua longevidade, entretanto, pode ser reduzida quando submetido à baixa umidade e a altas temperaturas (MAGALHÃES et al., 1994).

O estabelecimento do contato direto entre o grão de pólen e os pêlos viscosos do estigma estimula a germinação do primeiro, dando origem a uma estrutura denominada tubo polínico, que é responsável pela fecundação do óvulo inserido na espiga. A fertilização ocorre de 12 a 36 horas após a polinização, período esse variável em função de alguns fatores envolvidos no processo, tais como teor de água, temperatura, ponto de contato e comprimento do estilo-estigma (MAGALHÃES et al., 1994; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Estádio R2 - grão bolha d'água

Os grãos neste estágio apresentam-se brancos na aparência externa e com aspectos de uma bolha d'água. O endosperma, portanto, está com coloração clara, assim como o seu conteúdo, que é basicamente

um fluido, cuja composição são açúcares. Embora o embrião esteja ainda desenvolvendo vagarosamente nesse estágio, a radícula, o coleóptilo e a primeira folha embrionária já estão formados. Assim, dentro do embrião em desenvolvimento já se encontra uma planta de milho em miniatura. A espiga está próxima de atingir seu tamanho máximo.

Os estilos-estigmas tendo completado sua função no florescimento estão agora escurecidos e começando a secar (MAGALHÃES et al., 1994, 2002).

A acumulação de amido está-se iniciando, passando pela fase anterior à sua formação que é a de açúcares, fluido claro presente nos grãos. Esses grãos estão iniciando o período de rápida acumulação de massa seca; esse rápido desenvolvimento continuará até próximo ao estágio R6. N e P continuam sendo absorvidos e a realocação desses nutrientes das partes vegetativas para a espiga tem início nesse estágio. A umidade de 85% nos grãos nessa fase, começa a diminuir gradualmente até a colheita (MAGALHÃES; JONES, 1990ab; MAGALHÃES et al., 1994).

Estádio R3 - grão leitoso

Esta fase é iniciada normalmente 12 a 15 dias após a polinização. O grão apresenta-se com aparência amarela e no seu interior contém um fluido de cor leitosa, o qual representa o início da transformação dos açúcares em amido, contribuindo assim para o incremento de massa seca. Tal incremento ocorre, devido à translocação dos fotoassimilados presentes nas folhas e no colmo para a espiga e grãos em formação. A eficiência dessa translocação, além de ser importante para a produção, é extremamente dependente de água (MAGALHÃES; JONES, 1990a; MAGALHÃES et al., 1998). Embora nesse estágio o crescimento do embrião ainda seja considerado lento, ele já pode ser visto, caso haja dissecação. Esse estágio é conhecido como aquele em que ocorre a definição da densidade dos grãos (MAGALHÃES et al., 1994; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Os grãos nesta fase apresentam rápida acumulação de massa seca, com cerca de 80% de umidade, e as divisões celulares dentro do endosperma apresentam-se essencialmente completas. O crescimento, a partir desse momento, é devido à expansão e enchimento das células do endosperma com amido.

O rendimento final depende do número de grãos em desenvolvimento e do tamanho final que eles alcançarão. Um estresse hídrico nesta fase, embora menos crítico que na fase anterior, pode afetar a produção. Com o processo de maturação dos grãos, o potencial de redução na produção final de grãos, devido ao estresse hídrico, vai diminuindo. Embora, nesse período, a planta deva apresentar considerável teor de sólidos solúveis prontamente disponíveis, objetivando a evolução do processo de formação de grãos, a fotossíntese mostra-se imprescindível. Em termos gerais, considera-se como importante caráter condicionador de produção a extensão da área foliar que permanece fisiologicamente ativa após a emergência da espiga. Períodos nublados ou de reduzida intensidade luminosa acarretarão, nessa fase, a redução da fotossíntese e aumento do nível de estresse da planta, implicando na redução da taxa de acúmulo de massa seca do grão e, conseqüentemente, redução na produção final de grãos, além de favorecer a incidência de doenças do colmo (MAGALHÃES et al., 1998, 2002).

Ainda nesse estágio, evidencia-se a translocação efetiva de N e P para os grãos em formação (MAGALHÃES; JONES, 1990b; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Estádio R4 - grão pastoso

Este estágio é alcançado com cerca de 20 a 25 dias após a emissão dos estilos-estigmas, os grãos continuam se desenvolvendo rapidamente, acumulando amido. O fluido interno dos grãos passa do estado leitoso para uma consistência pastosa, e as estruturas embrionárias de dentro dos grãos encontram-se totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante

acentuada, caracterizando um período exclusivamente destinado ao ganho de peso por parte do grão. Em condições de campo, tal etapa do desenvolvimento é prontamente reconhecida, pois, quando os grãos presentes são submetidos à pressão imposta pelos dedos, mostram-se relativamente consistentes, embora ainda possam apresentar pequena quantidade de sólidos solúveis, cuja presença em abundância caracteriza o estágio R3 (grão leitoso) (MAGALHÃES et al., 1994).

Os grãos encontram-se com cerca de 70% de umidade em R4 e com a metade do peso que eles atingirão na maturidade. A ocorrência de adversidades climáticas, sobretudo falta de água, resultará numa maior porcentagem de grãos leves e pequenos, o que comprometeria definitivamente a produção.

Estádio R5 - formação de dente

Este período é caracterizado pelo aparecimento de uma concavidade na parte superior do grão, comumente designada “dente”, coincide normalmente com o 36º dia após o princípio da polinização.

Nessa etapa, os grãos encontram-se em fase de transição do estado pastoso para o farináceo. A divisão desses estádios é feita pela chamada linha divisória do amido ou linha do leite. Essa linha aparece logo após a formação do dente e, com a maturação, vem avançando em direção à base do grão. Devido à acumulação do amido, acima da linha é duro e abaixo, macio. Nesse estágio, o embrião continua se desenvolvendo, e, além do acentuado acréscimo de volume experimentado pelo endosperma, mediante aumento das células, observa-se também a completa diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior dos grãos (MAGALHÃES et al., 1994; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Alguns genótipos do tipo “duro” não formam dente, o que torna esse estágio, nos referidos materiais, mais difícil de ser notado, podendo estar apenas relacionado com o aumento gradativo da dureza dos grãos.

Estresse ambiental nessa fase pode

antecipar o aparecimento da formação da camada preta, indicadora da maturidade fisiológica. A redução na produção estaria relacionada com o peso dos grãos e não com o número de grãos. Os grãos neste estágio apresentam-se com cerca de 55% de umidade (MAGALHÃES et al., 1994).

Materiais destinados à silagem devem ser colhidos nesse estágio. O milho colhido nessa fase apresenta as seguintes vantagens: significativo aumento na produção de massa seca por área; decréscimo nas perdas de armazenamento pela diminuição do efluente e aumento significativo no consumo voluntário da silagem produzida (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Estádio R6 - maturidade fisiológica

Este é o estágio em que todos os grãos na espiga alcançam o máximo de acumulação de massa seca e vigor, ocorre cerca de 50 a 60 dias após a polinização. A linha do amido já avançou até a espiga e a camada preta já está formada. Essa camada preta ocorre progressivamente da ponta da espiga para a base. Nesse estágio, além da paralisação total do acúmulo de massa seca nos grãos, acontece também o início do processo de senescência natural das folhas das plantas, as quais gradativamente começam a perder a sua coloração verde característica (MAGALHÃES et al., 1994; FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

O ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita ou ponto de máxima produção, com 30%-38% de umidade, podendo variar entre híbridos. No entanto, o grão não está ainda em condições de ser colhido e armazenado com segurança, uma vez que deveria estar com 13% a 15% de umidade, para evitar problemas com a armazenagem. Com cerca de 18% a 25% de umidade, a colheita já pode acontecer, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser armazenado.

A qualidade dos grãos produzidos pode ser avaliada pela porcentagem de grãos ardidos, que interfere notadamente na des-

tinação do milho em qualquer segmento da cadeia de consumo. A ocorrência de grãos ardidos está diretamente relacionada com o híbrido de milho e com o nível de empalhamento a que estão submetidas as suas espigas. Ainda, de forma indireta, a presença de pragas, adubações desequilibradas e período chuvoso no final do ciclo, atraso na colheita e incidência de algumas doenças podem influir no incremento do número de grãos ardidos (RITCHIE; HANWAY, 1989; MAGALHÃES et al., 1994).

A partir do momento da formação da camada preta, que nada mais é do que a obstrução dos vasos, rompe-se o elo de ligação da planta-mãe e o fruto, passando este a apresentar vida independente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O plantio direto constitui-se em um dos mais eficientes sistemas de prevenção e controle das erosões hídrica, eólica e solar, o que seria suficiente para justificar a sua adoção. Além dessa importante vantagem esse sistema proporciona:

- maior conservação de umidade no solo;
- melhor aproveitamento da água disponível pelas plantas;
- menor amplitude térmica no solo, favorecendo a fisiologia e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas;
- maior tolerância a períodos de estímulos (veranicos).

Uma vez que se conheça o comportamento climático e o balanço hídrico da região, a ecofisiologia da cultura do milho e as necessidades calóricas do genótipo a ser utilizado podem-se determinar a melhor época para o seu plantio.

Densidades de plantas acima e abaixo de ótimo têm efeito negativo na eficiência com a qual a cultura converte radiação interceptada em massa seca de grãos. E o aumento no rendimento de grãos resultante de menores espaçamentos deve-se ao maior aproveitamento da radiação solar.

REFERÊNCIAS

- ALDRICH, S. R.; SCOTT, W. O.; LENG, E. R. **Modern corn production**. 2.ed. Champaign: A & L, 1982. 371p.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 56).
- ANDRADE, F.H. **Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz**. Buenos Aires: INTA, 1992, 34p. (INTA. Boletín Técnico, 106).
- ANTONINO, A. C. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; DALL'OLIO, A.; SALCEDO, I.H. Balanço hídrico em solo com cultivos de subsistência no semi-árido do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.1, p.29-34, jan./abr. 2000.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGAOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, nov./dez. 2001.
- BLEY JUNIOR, C. Erosão solar: risco para a agricultura nos trópicos. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v.25, n.148, p. 24-29, abr. 1999. Disponível em: <http://www.pfilosofia.pop.com.br>. Acesso em: 15 mar. 2005.
- BERGER, J. **Maize production and the manuring of maizes**. Geneva: Center D'Estude de l'Azote, 1962. 315p.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. Relação entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.20, n.1, p.111-132, 1984.
- _____; SUTILI, V.R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência-pendocimento e emergência-espigamento de 3 genótipos de milho. In: REUNIÃO TÉCNICA DE MILHO E SORGO, 21.; REUNIÃO TÉCNICA DO SORGO GRANÍFERO, 5., 1976, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: IPAGRO, 1976. p.26.
- BORG, H. **Plant available water**. 1980. 76p. Tese (M.S.) – University of Wisconsin, Madison.
- BRUNINI, O.; ALFONSI, R. R.; PAES DE CAMARGO, M.B. Efeito dos elementos climáticos no desenvolvimento da cultura de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO, 1983, Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR/EMBRAPA- CNPMS, 1983. p.21-40.
- CLAASSEN, M.M.; SHAW, R.H. Water deficit effects on corn – II: grain component. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, n.5, p.652-655, Sept./Oct. 1970.
- COWAN, I.R. Transport of water in the soil-plant-atmosphere. **Journal Applied Ecology**, v.3, p.221-239, 1965.
- DEANMEAD, O.T.; SHAW, R.H. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, p.272-274, 1960.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FAO PRODUCTION YEAR BOOK. Rome: FAO, v.39, 1985.
- FEPAGRO. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1996. 121p. (FEPAGRO. Boletim Técnico, 30).
- FRATTINI, J.A. **Cultura do milho**. Campinas: CATI, 1975. 26p.
- FREITAS, P. S. L. de; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, L. C. Simulação da produtividade do milho pelo modelo CERES-Mayze em função da lâmina e da uniformidade de aplicação de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.2/3, p.225-232, maio/dez. 2004.
- GARCIA, B.I.L. **Determinação de temperatura-base e influência de variáveis climáticas na duração do ciclo e na produção do milho (*Zea mays* L.)**. 1993. 81p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- KEIROZ, J.E. Estimativa da evapotranspiração potencial da cultura do milho doce na Região Norte Fluminense. In: JORNADA DE JOVENS TALENTOS PARA CIÊNCIA, 2., 2000, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: FAPERJ, 2000.

LEOPOLD, A.C. **Plant growth and development**. New York: McGraw-Hill, 1964. 465p.

MAGALHÃES, P. C. Aspectos fisiológicos da cultura do milho irrigado. In: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.E.P. de; COUTO, L. (Ed.). **A cultura do milho irrigado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo/Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. cap.3, p.43-66.

_____; DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, A.C. de. Efeitos do quebraamento do colmo no rendimento de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p. 279-289, jul./set. 1998.

_____; _____. GAMA, E.E.G. e. Efeitos de diferentes técnicas de despendoamento na produção de milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.1, p.77-82, jan./mar. 1999.

_____; _____. PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1995. 27p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 20).

_____; _____. CARNEIRO, N.P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 22).

_____. JONES, R. Aumento de fotoassimilados na taxa de crescimento e peso final dos grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v.25, n.12, p.1747-1754, dez. 1990a.

_____. Aumento de fotoassimilados sobre os teores de carboidratos e nitrogênio em

milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.12, p.1755-1761, 1990b.

_____. RESENDE, M.; OLIVEIRA, A.C. de; DURÃES, F.O.M.; SANS, L.M.A. Caracterização morfológica das plantas de milho de diferentes ciclos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., 1974, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABMS, 1994. p.190.

MATZENAUER, T.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, H.A. Evapotranspiração – II: relações com a evapotranspiração do tanque classe A e com evapotranspiração de referência e com radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, v.6, n.1, p.15-21, 1998.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425p.

PEREIRA, A.R.; VILA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREIRA, A.S.; SANTOS, E.H. dos; EVANGELISTA, S.R.M.; ASSAD, E.D.; ROMANI, L.A.S.; OTAVIAN, A.F. Compilação de coeficientes culturais (kc) determinados em condições brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Agrometeorologia, agroclimatologia e agronegócios. Campinas: UNICAMP, 2005. p.165.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science

and Technology - Cooperative Extension Service, 1989. (Iowa State University of Science and Technology. Special Report, 48).

ROBINS, J.S.; DOMINGO, C.E. Some effects of severe soil moisture deficits at specific growth stages of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.45, n.12, p.618-621, Dec. 1953.

SETTER, T.L.; FLANNIGAN, B.A. Sugar and starch redistribution in maize in response to shade and ear temperature treatment. **Crop Science**, Madison, v.26, n.3, p.575-579, May/June 1986.

SHAW, R.H. Climatic requirements. In: CORN and corn improvement. Madison: American Society of Agronomy, 1977. p.591-623. (ASA. Agronomy, 18).

TANNER, C.B. Measurements of evapotranspiration. **Agronomy**, v.11. p.534-574, 1967.

_____. **Relation of climate to leaching of solutes and pollutants through soils**. Madison, 1977. 36p. Mimeografado. (Report to Environmental Data Service. NOAA Grant. NG-34-72).

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máximas e mínimas. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, n.30, p.1-8, 1972.

WISLIE, C.P. **Crop adaptation and distribution**. San Francisco: W. H. Freeman, 1962. 448p.



Árvores Nativas e Exóticas

Um livro para os amantes da natureza!

São mais de 500 espécies, com descrição botânica e principais utilizações.

Um rico acervo de informações para profissionais de Ciências Agrárias e instituições públicas e privadas.

Informações:
 EPAMIG/Setor de Publicação
 Telefax: (31) 3488-6688
 e-mail: publicacao@epamig.br

