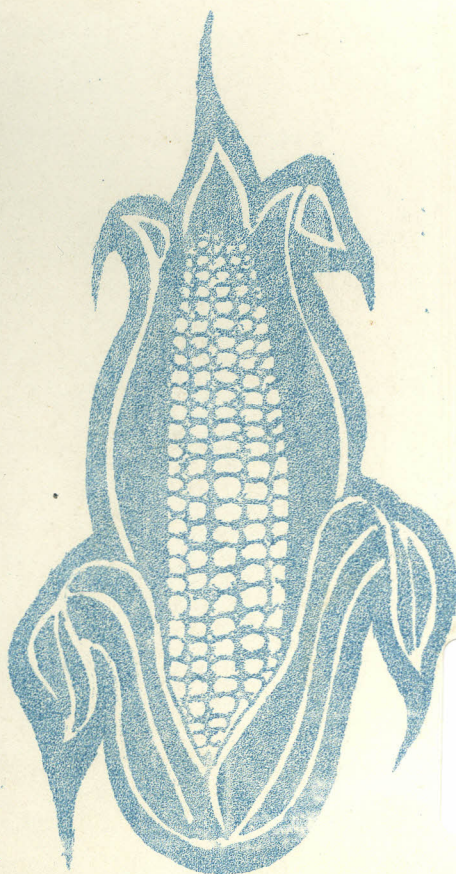




**EMBRAPA**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

**FISIOLOGIA DO MILHO**



Fisiologia do milho.

FL - FOL.0514



9282 - 1

**CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO**

**SETE LAGOAS - MG**



EMBRATER

Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural  
Vinculada ao Ministério da Agricultura

## APRESENTAÇÃO

A EMBRATER (Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural), objetivando concentrar esforços para execução de um programa de difusão de tecnologia para a cultura do milho, promove o treinamento de seus extensionistas a níveis Estadual e Regional.

Dentro desta sistemática patrocina também, a elaboração de apostilas, procurando iniciar o "Manual Técnico para a Cultura do Milho", material básico para técnicos que trabalham com a cultura no país.

9282  
A iniciativa da EMBRATER, sem dúvida, além de promover a transferência de conhecimentos aos extensionistas e técnicos, incentiva o relacionamento e cooperação com técnicos e instituições de pesquisas nas mais diversas áreas.

RICARDO MAGNAVACA

Chefe do Centro Nacional de  
Pesquisa de Milho e Sorgo

# FISIOLOGIA DO MILHO

José Vieira Alves Barbosa\*

## 1. INTRODUÇÃO

O milho pertence a família Graminaceae, sub-família Panicoideae, tribu Maydeae, gênero *Zea*, nome botânico *Zea mays* L. É uma planta de ciclo curto, de porte variável, tendo-se cultivares que atingem até 3,5 m de altura, possui raízes fasciculadas, folhas alternas lancioladas, colmo cheio dividido por nós, comumente tem uma a três espigas, inflorescência feminina que saem das axilas das folhas; na parte terminal do colmo está a flecha (inflorescência masculina em forma de espiga composta). O milho é uma planta monóica, em que o tipo de polinização principal é anemófila. O grão de milho é o fruto seco cariopse onde se tem, da periferia para o seu interior, o pericarpo, a camada de aleurona, o endosperma, unindo este ao embrião está o escutelo. No embrião destaca-se a coleóptilo, a plúmula e a radícula.

O milho, a semelhança de outras gramíneas, é também uma planta C<sub>4</sub> porque a fixação e redução de CO<sub>2</sub> na fotossíntese se dá com auxílio de ácidos orgânicos de quatro átomos de carbono, numa sequência de reações que precedem o ciclo de Calvin.

O rendimento de uma cultura de milho depende dos materiais genéticos selecionados e perfeitamente adaptados a condições ambientais diferentes; das condições de luz, temperatura, umidade e fertilidade do solo; das fórmulas de adubação usadas e do controle de plantas invasoras, pragas e doenças.

## 2. LUZ

A radiação solar é de suma importância na fase de enverdecimento das folhas, quando ocorre a síntese da clorofila e, a planta passa de um

---

\* Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo.

estágio eterotrófico, no qual vive as despesas da reservas do endosperma, para um estágio autotrófico, em que, através da fotossíntese sintetiza os carboidratos necessários ao seu completo desenvolvimento.

Na cultura do milho alguns fenômenos são afetados pela intensidade da radiação solar, já outros, dependem da duração da radiação, ou mais precisamente do período contínuo de falta de luz. Assim, o movimento dos estômatos, a fotossíntese, o balanço hídrico, os processos físicos e reações bioquímicas, dependentes de energia e temperatura, ocorridas na planta, estão intimamente relacionados a intensidade da radiação. Em condições de baixa luminosidade todos estes fenômenos diminuem de intensidade e podem chegar ao ponto da plantade milho não aumentar o seu peso seco, a fotossíntese líquida será 0 e, a planta terá atingido o ponto de compensação para este fator; isto é, aquele nível metabólico em que os assimilados sintetizados na fotossíntese são consumidos na respiração e em outros processos vitais. Em contraposição, a alta intensidade luminosa pode causar a saturação da fotossíntese, esta intensidade é variável para cada tipo de planta. O milho nas primeiras semanas suporta até 10.000 velas pés de radiação em cada folha, sem atingir o ponto de saturação da fotossíntese. Quando esta cultura, atinge um índice de área foliar de 0,6, devido ao rápido aumento da área foliar, torna-se difícil conseguir a saturação da fotossíntese pelo aumento da intensidade da radiação.

Segundo as plantas apresentem ou não fenômenos regulados pela duração da radiação luminosa, pode-se agrupá-las em plantas de dias longos, curtos, neutros, intermediárias e alternantes.

É comum algumas gramíneas necessitarem de fotoperíodo longo para perfilharem e crescer e, fotoperíodo curto para o florescimento. O milho necessita de dias curtos para florescer, muito embora, esta exigência seja bem variável entre as diversas cultivares.

### 3. GAZ CARBÔNICO

O gaz carbônico ( $\text{CO}_2$ ) juntamente com a água são indispensáveis para que haja fotossíntese. É através deste fenômeno que a planta acumula matéria orgânica e o seu peso seco aumenta. Na fotossíntese há captação de energia radiante pela molécula de clorofila e a sua conversão em energia química, com a redução do  $\text{CO}_2$  por íons hidrogênios, formando através de uma sequência de reações, os carboidratos necessários aos processos vitais da

planta.

Durante a fotossíntese a concentração de  $\text{CO}_2$  diminui dentro da folha, podendo, em alguns casos, chegar a mesma concentração de  $\text{CO}_2$  produzido na respiração, neste ponto a fotossíntese líquida é 0, a planta terá atingido o ponto de compensação para este gás. As plantas não eficientes (plantas  $\text{C}_3$ ) necessitam de uma concentração de  $\text{CO}_2 > 50$  ppm nas folhas para que haja acúmulo de matéria seca, enquanto que o milho (planta eficiente -  $\text{C}_4$ ) aumenta o seu peso seco com concentrações  $< 5$  ppm. Este fato deve ser considerado todas as vezes que se cultivar grandes áreas de milho consorciado com feijão, porque a competição das plantas eficientes pelo  $\text{CO}_2$  é muito grande, podendo refletir na queda de produção das plantas não eficientes.

Nas plantas de milho quando a concentração de  $\text{CO}_2$  fica em torno de 100 ppm ocorre a abertura dos estômatos até no escuro, em concentrações entre 1200 a 3000 ppm, os estômatos se fecham mesmo em presença de luz. Em ambientes confinados concentrações de  $\text{CO}_2$  de 1000 ppm no tecido foliar do milho aumentou a sua produção em 20%.

#### 4. ÁGUA

A água é essencial para fisiologia da planta desde a germinação até o final do seu ciclo.

Os processos físicos de difusão, transporte em fluxo de massa, distensão da parede celular, variação do potencial hídrico dos tecidos, etc, bem como, as múltiplas reações bioquímicas de todos os processos metabólicos, como ainda, o movimento dos estômatos, a transpiração a gutação, a fotossíntese, etc, são fenômenos extremamente dependentes do teor de água nos tecidos das plantas.

O milho em face da sua apreciável área foliar, transpira intensamente, sendo por isso mesmo, exigente em água. 360 partes desta são necessários para formar uma parte da matéria seca. A medida que a temperatura diurna aumenta, a sua transpiração se intensifica; como as raízes do milho não conseguem repor imediatamente as necessidades de água dos seus tecidos, ocorre um ligeiro stress na planta nas horas mais quentes do dia. Em tais condições o potencial hídrico da folha diminui, acarretando uma difusão mais lenta do  $\text{CO}_2$ , a fotossíntese é imediatamente afetada, diminuindo de intensidade ou parализando completamente. A transpiração intensa produz

uma queda do potencial hídrico das células guardas da epiderme da folha e os estômatos se fecham. Alguns sistemas enzimáticos situados principalmente nas folhas decrescem de atividade; dependendo da duração do stress ocorre o bloqueio de vários processos metabólicos, refletindo-se na queda da produção da planta.

Há um teor de água nos tecidos em que a fotossíntese líquida é 0, não há aumento de matéria seca na planta de milho, este é o ponto de compensação para água e, parece que é um aspecto bastante variável entre as diversas cultivares.

## 5. TEMPERATURA

Ocorrem nas plantas inúmeros processos físicos e reações bioquímicas envolvidos direta ou indiretamente com o metabolismo, extremamente dependentes da temperatura. A germinação, a transpiração, o movimento dos estômatos, a fotossíntese, a respiração, constituem alguns exemplos dos processos que são afetados por variações físicas e bioquímicas a diferentes temperaturas.

O crescimento e desenvolvimento de uma planta de milho depende mais da temperatura do que de qualquer outro fator. Da germinação até a maturação fisiológica cada fase do ciclo da cultura tem uma exigência térmica determinada, que tem que ser preenchida, para que a planta de milho complete o seu desenvolvimento. Esta exigência é expressa em graus térmicos por dia, que a planta deve receber, acima da temperatura média da região.

Como os demais fatores, a temperatura para a cultura do milho tem, também um mínimo de 8 a 10°C, e um máximo de 40 a 44°C, em que o crescimento cessa, mesmo que hajam condições ideais de luminosidade, concentração de CO<sub>2</sub> e de umidade no solo. A temperatura ótima para o crescimento está entre 30 a 32°C. Estas temperaturas cardiais devem ser usadas com certo cuidado porque acima de 30°C, quando há um deficit hídrico as condições de stress da planta se agravam.

## 6. GERMINAÇÃO

Durante a germinação da semente de milho o embrião, o escutelo, a camada de aleurona e o endosperma desempenham funções de vital importân-

cia. O embrião controla a síntese de ácido giberélico, e outras substâncias e é rico em lipídios. O escutelo é um tecido que se liga ao embrião, a camada de aleurona e ao endosperma, por onde se translocam as substâncias sintetizadas pelo embrião para as diversas partes da semente, bem como os assimilados provenientes do endosperma para o embrião. A camada de aleurona tem várias enzimas hidrolíticas, ácidos nucleicos e proteínas. No endosperma estão armazenados os carboidratos de elevado peso molecular, aminoácidos, peptídios, proteínas, enzimas, etc, capazes de assegurar a germinação e o desenvolvimento da plântula até 20 dias, independente das condições de fertilidade do solo, necessitando apenas de umidade adequada.

Logo no início da embebição da semente, algumas enzimas hidrolíticas entram em atividade, se desencadeia uma série de reações de hidrólise, o metabolismo dos ácidos nucleicos na camada de aleurona é ativado, a respiração se intensifica, há uma grande liberação de açúcares de pequeno peso molecular, de aminoácidos, peptídios etc. Há uma intensa translocação de assimilados, principalmente do endosperma para os locais de síntese, onde novas enzimas, proteínas e açúcares são sintetizados; novos processos entram em atividade promovendo o crescimento do embrião e a continuidade de outras atividades vitais da semente durante a germinação.

A água é o agente da embebição, da translocação de assimilados, participa das reações de hidrólise e, grande parte da energia consumida no início da germinação provém do rompimento da sua molécula. Um deficit de água ocorrido nesta fase pode paralizar definitivamente todo o processo germinativo ou então, produzir plantas menos vigorosas com baixa produção.

A semelhança de outros processos biológicos, a germinação de milho tem uma temperatura mínima de 10°C, uma temperatura ótima de 26 a 30°C e uma temperatura máxima de 40 a 42°C, para ocorrer. Variações de temperatura fora dos limites extremos (10°C - 42°C) a germinação não se passa. Em condições de campo, temperaturas ao redor de 10°C não dão uma boa porcentagem de germinação e a emergência se dá com oito ou nove dias. A medida que a temperatura aumenta a porcentagem de germinação também aumenta e a 18°C a semente de milho dá quase 100% de germinação e a sua emergência ocorre aos três dias.

Durante a germinação do milho a temperatura do solo é um fator muito importante a se considerar. Em regiões em que as temperaturas noturnas do solo ficam abaixo de 10% a germinação não ocorre.

## 7. CRESCIMENTO

Com o propósito de estudar a fenologia da cultura do milho, as fases de seu desenvolvimento tem sido apresentados de várias maneiras em diversos trabalhos, sendo a mais corrente aquela que considera da germinação a emergência; da emergência ao florescimento (pendoamento); do florescimento ao espigamento; do espigamento a maturação fisiológica. A primeira fase já foi abordada na germinação.

### 7.1. Emergência ao Florescimento

Com a emergência a plântula de milho inicia a sua fase vegetativa que termina no final do emborrachamento com a emissão da inflorescência masculina (pendoamento). No início desta fase o crescimento é lento, há necessidade de limitadas quantidades de água, as substâncias nutritivas provêm do endosperma, a transpiração da plântula é muito pequena. Logo na primeira semana o milho apresenta duas folhas abertas, uma raiz principal bem longa e ramificada, poucas raízes saindo do ponto de enraizamento do colmo. Na terceira semana a planta apresenta seis folhas abertas, já é possível determinar o seu número total de folhas uma vez que a gema floral masculina já se formou. Nesta fase ocorre abscisão da raiz principal, enquanto que, as raízes fasciculadas crescem e se ramificam pouco abaixo da superfície do solo, começando a se aprofundar. A área foliar aumenta, a fotossíntese, a transpiração e a respiração são mais intensas e a planta agora retira os nutrientes do solo, porém, o seu crescimento ainda é lento.

Entre os trinta e quarenta dias após a emergência há abertura da 8ª a 10ª folha, estas continuam a crescer bem e, na inserção das bainhas com os nós a gema floral feminina se diferencia. As raízes crescem lateralmente e em profundidade, ocupando a rizosfera um apreciável volume de solo. A capacidade de absorção de água e nutrientes aumenta. O índice de área foliar está em torno de 0,6. Todos os processos fisiológicos se intensificam e a planta de milho inicia um crescimento rápido e contínuo. Nesta fase o índice de área foliar cresce rapidamente, aumentando a interseção de luz solar pela planta, chegando muitas vezes, a interceptar 90% da radiação incidente. Conseqüentemente, a fotossíntese líquida atinge os seus valores máximos, expressos em aumento de matéria seca. No início de "emborrachamento" o ritmo do crescimento diminui, aumenta a transpiração, a absorção de água pelas raízes e, a translocação de assimilados das folhas a parte terminal do colmo, a planta de milho está pronta para pendoar (emissão

de inflorescência masculina).

Um deficit de água na fase de crescimento rápido promove a sua paralização, refletindo-se na queda de produção e os prejuizos serão tanto maiores, quanto mais próximos do pendoamento este ocorrer.

### 7.2. Florescimento ao Espigamento

No momento em que a planta emite a inflorescência masculina (pendoamento) o crescimento da parte aérea cessa e o da raiz se torna muito pequeno.

O pendoamento antecede o início do aparecimento da espiga 4 a 5 dias, quando há temperaturas um pouco elevadas e boa disponibilidade de água no solo. Na verdade considera-se que houve o espigamento quando 75% das espigas apresentam o estilete-estigma visível.

Apesar desta fase ser de curta duração ela é sumamente importante para a produção, pois, o aparecimento da inflorescência feminina e a sua polinização, são processos que vão determinar o número de grãos na espiga e a quantidade de espigas férteis.

Um deficit de água no pendoamento acarreta um atraso no aparecimento do estilete-estigma, com perda de grande parte da polinização, resultando em um grande número de plantas improdutivas; via de regra, há uma queda de 50% da produção. Se o deficit de água é acompanhado de temperaturas elevadas as perdas se tornam maiores. Este é um período crítico para a cultura do milho.

### 7.3. Espigamento a Maturação Fisiológica

Com a polinização há a fertilização da inflorescência feminina e o crescimento agora se concentra todo na espiga e nos grãos. Nas primeiras duas semanas há um rápido crescimento dos primórdios da espiga, sabugo, folhas da espiga e dos grãos, que acumulam reservas continuamente aumentando de peso seco até a quarta semana. Este aumento de peso seco dos grãos se dá quase que as expensas dos assimilados acumulados no colmo, pouco dependendo da fotossíntese realizada nesta fase.

No processo de enchimento dos grãos a temperatura é o fator mais significativo no aumento do seu peso seco. O nível de umidade do solo também é importante neste processo, estando relacionado com o número de grãos

por fila dentro da espiga, peso de grãos e rendimento total por espiga.

No amadurecimento fisiológico a planta de milho passa por um processo contínuo de perda d'água, intensificado pelo sol, calor e ventos, com uma ligeira queda do seu peso. O fim da maturação fisiológica é reconhecido pelo aparecimento do corpo preto na base do grão e, a sua umidade deve estar entre 18 a 22%.

A fase do espigamento a maturação fisiológica tem uma duração média de 50 dias e é quase constante para cada variedade, pouco variando em função dos fatores climáticos.

O rendimento de uma cultura de milho também depende da duração fase do espigamento a maturação fisiológica e, da taxa diária de acumulação de assimilados nos grãos. Estas características variam em função do genótipo de cada cultivar e das condições ambientais.

A água é muito importante nesta fase até a quarta semana após a polinização. Um deficit de água na formação dos grãos acarreta uma perda de 30% na produção.

O período de enchimento dos grãos é mais afetado por um deficit hídrico ocorrido na fase de crescimento rápido, devido a redução da área foliar, diminuição da eficiência fotossintética da planta, caracterizado por um menor acúmulo de reserva nas folhas e posteriormente no colmo.

## 8. LITERATURA CITADA

ALDRICH, S.R. and LENG, E.R. Modern corn production, 1-308, 1972.

BERGER, J. Maize production and the manuring of maize, Center D'Étude de L'Azote 5 Geneva, 1 a 307, 1972.

ETHERINGTON, J.R. Environment and plant ecology, John Wiley & Sons, 1-347, 1975.

HANWAY, J.J. How a corn plant develops, Sciences and Technology, Cooperation Extension Services. Iowa State University, 1-17, June, 1971.

INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. Cultura e adubação do milho, 11-536, 1966.

MAYER, A.M. and MAYBER, A.P. The germination of seeds, Pergamon Press, 1-192, 1975.

ROBERTS, E.H. Viability of seeds, Chapman and Hall Ltd. 1-448, 1974.

SLATYER, R.O. Plant response to climatic factors, UNESCO, 1-574, 1973.

WILSIE, C.P. Crop adaptation and distribution, W.E. Freeman and Company, 3-448, 1962.