

2 — FISILOGIA DO MILHO

José Vieira Alves Barbosa*

O milho pertence à família *Graminaceae*, subfamília *Panicoidae*, tribo *Maydeae*, gênero *Zea*, nome botânico *Zea mays* L. É uma planta de ciclo curto, de porte variável, com cultivares que atingem até 3,5 m de altura, possui raízes fasciculadas, folhas alternas lanceoladas, colmo cheio, dividido por nós; comumente tem uma a três espigas, inflorescência feminina que sai 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 colioptile, a plúmula e a radícula.

O milho, à semelhança de outras gramíneas, é também uma planta C₄, porque a fixação e redução de CO₂, na fotossíntese, se dá com auxílio de ácidos orgânicos de quatro átomos de carbono, numa sequência de reações que precedem o ciclo de Calvim.

O rendimento da 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.

2.1 — 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 estágio heterotrófico, no qual vive às expensas da reserva 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, enquanto 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 à intensidade da radiação. Em condições de baixa luminosidade, todos estes fenômenos diminuem de intensidade, e podem chegar ao ponto da planta de milho não aumentar o seu peso seco, a fotossíntese líquida será zero 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, sendo os efeitos dessa intensidade variáveis para cada tipo de planta. O milho, nas primeiras semanas, suporta até

*Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo — Sete Lagoas, MG.

dez mil velas - pés de radiação em cada folha, sem atingir o ponto de saturação da fotossíntese. Quando a 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 grupá-las em plantas de dias longos, curtos, neutros, intermediários e alternantes.

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

2.2 — GÁS CARBÔNICO

O gás carbônico (CO_2), juntamente com a água, é indispensável 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 CO_2 por íons hidrogênicos, formando, através de uma seqüência de reações, os carboidratos necessários aos processos vitais da planta.

Durante a fotossíntese, a concentração de CO_2 diminui dentro da folha, podendo, em alguns casos, chegar à mesma concentração de CO_2 produzido na respiração. Neste ponto, a fotossíntese líquida é zero e a planta terá atingido o ponto de comparação para este gás. As plantas não eficientes (plantas C_3) necessitam de uma concentração de CO_2 maior que 50 ppm nas folhas, para que haja acúmulo de matéria seca, enquanto o milho (planta eficiente C_4) aumenta o seu peso seco com concentrações menores que 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 CO_2 é muito grande, podendo se refletir na queda de produção das plantas não eficientes.

Nas plantas de milho, quando a concentração de CO_2 fica em torno de 100 ppm, ocorre a abertura dos estômatos até no escuro. Em concentrações entre 1.200 a 3.000 ppm, os estômatos se fecham mesmo em presença de luz. Em ambientes confinados, concentrações de CO_2 de 1.000 ppm no tecido foliar do milho aumentaram a sua produção em 20%.

2.3 — ÁGUA

A água é essencial para a 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. Trezentas e sessenta partes desta são necessárias para formar uma parte da matéria seca. À 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 ligeiro "stress" na planta nas horas mais quentes do dia. Em tais condições, o potencial hídrico da folha diminui, acarretando difusão mais lenta do CO_2 , afeta a fotossíntese, que

diminui de intensidade ou paralisando-a completamente. A transpiração intensa produz queda do potencial hídrico das células guardadas 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 zero, não há aumento da matéria seca na planta de milho. Este é o ponto de compensação para a água, aspecto bastante variável entre as diversas cultivares.

2.4 – 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 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 maturação fisiológica, cada fase do ciclo da cultura tem uma exigência térmica determinada, a 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 haja condições ideais de luminosidade, concentração de CO₂ 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 déficit hídrico, as condições de "stress" da planta se agravam.

2.5 – GERMINAÇÃO

Durante a germinação da semente de milho, o embrião, o escutelo, a camada de aleurona e o endosperma desempenham funções de vital importância. 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, à 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, independentemente 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 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 déficit de água ocorrido nesta fase pode paralisar definitivamente todo o processo germinativo ou, então, produzir plantas menos vigorosas, com baixa produção.

À 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 a 42°C) impedem a germinação. 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. À 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 fator muito importante a se considerar. Em regiões em que as temperaturas noturnas do solo ficam abaixo de 10°C, a germinação não ocorre.

2.6 – CRESCIMENTO

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

2.6.1 – Emergência ao Florescimento

Com a emergência, a plântula de milho inicia 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 provém 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, e poucas raízes saindo do ponto de enraizamento do colmo. Na terceira semana, a planta apresenta seis folhas abertas, e já é possível determinar seu número total de folhas, uma vez que a gema floral masculina já se formou. Nesta fase, ocorre abscisão da raiz principal, enquanto 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. Seu crescimento, porém, ainda é lento.

Entre os trinta e quarenta dias após a emergência há abertura da 8ª à 10ª folha, as folhas 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 interceptação de luz solar pela planta, chegando muitas vezes a interceptar 90% da radiação incidente. Conseqüentemente, a fotossíntese líquida atinge seus valores máximos, expressos em aumento de

matéria seca. No início do "emborrachamento", o ritmo do crescimento diminui, aumentam a transpiração, a absorção de água pelas raízes e a translocação de assimilados das folhas para a parte terminal do colmo. A planta de milho está pronta para pendoar (emissão de inflorescência masculina).

Um déficit de água na fase de crescimento rápido promove a sua paralisação, refletindo-se na queda de produção; os prejuízos serão tanto maiores quanto mais próximos do pendoamento o déficit ocorrer.

2.6.2 – Florescimento a 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 em quatro a cinco dias o início do aparecimento da espiga, 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, 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 déficit de água no pendoamento acarreta atraso no aparecimento do estilete-estigma, com perda de grande parte da polinização, resultando em grande número de plantas improdutivas. Via de regra, há uma queda de 50% da produção. Se o déficit de água é acompanhado de temperaturas elevadas, as perdas se tornam maiores. Este é um período crítico para a cultura do milho.

2.6.3 – 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 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 às 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 do 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 de água, intensificado pelo sol, calor e ventos, com ligeira queda do seu peso seco. 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 à maturação fisiológica tem duração média de 50 dias e é quase constante para todas as variedades, pouco diferindo em função dos fatores climáticos.

O rendimento de uma cultura de milho também depende da duração da fase do espigamento à 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 déficit de água na formação dos grãos acarreta perda de 30% na produção.

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

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- 1 - ALDRICH, S.R. & LENG, E.R. *Modern corn production* s.l., s.ed. 1972 308 p.
- 2 - ETHERINGTON, J.R. *Environment and plant ecology*. s.l., John Wiley, 1975. 347 p.
- 3 - INSTITUTO BRASILEIRO DE POTASSA. *Cultura e adubação do milho*. São Paulo, 1966. 536 p.
- 4 - MAYER, A.M. & MAYBER, A. P. *The germination of seeds*. s.l., Pergamon, 1975. 192 p.
- 5 - ROBERTS, E. H. *Viability of seeds*. s.l., Chapman and Hall, 1974. 448 p.
- 6 - UNESCO. *Plant response to climatic factors*, by R.O. Slatyer. Paris, 1973. 574 p.
- 7 - WILSIE, C. P. *Crop adaptation and distribution*. s.l., W.E. Freeman, 1962. 448 p.