

*Ecofisiologia*

# Cultivo racional e sustentável requer maior conhecimento sobre planta do milho

Antonio Luiz Fancelli \*



RODRIGO ALMEIDA

*Conhecer a fisiologia e as condições ideais de desenvolvimento da planta de milho é fundamental para altas produtividades*

Comparativamente com outras espécies cultivadas, o milho tem evidenciado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo, bem como naquelas concernentes à ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão sobre suas relações com o ambiente e o homem. Tais interações mostram-se fundamentais ao exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos, no sistema produtivo. Assim, torna-se premente a ampliação do conhecimento sobre a planta de milho e sobre seu ambiente de produção, aliada à avaliação presente e futura do cenário agrícola, objetivando o estabelecimento de sistemas de produção eficientes e racionais, assim como a obtenção de resultados satisfatórios quanto a produtividade, qualidade do produto, lucros e sustentabilidade da atividade.

## **EXIGÊNCIAS CLIMÁTICAS E ECOFISIOLOGIA**

Sendo uma planta de origem tropical, o milho exige, durante seu ciclo vegetativo, calor e água para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando rendimentos compensadores. Os processos de fotossíntese, respiração, transpiração e evaporação se dão em função direta da energia disponível no ambiente, comumente designada por calor, ao passo que o crescimento, desenvolvimento e translocação de fotoassimilados se encontram ligados à disponibilidade hídrica do solo, sendo seus efeitos mais pronunciados em condições de altas temperaturas, nas quais a taxa de evapotranspiração é elevada.

Por muitos séculos, o milho vem sendo utilizado como alimento e, em decorrência de sua extrema importância, o homem tem procurado estender os limites geográficos da sua produção. Atualmente, a referida espécie, mediante a seleção

orientada de genótipos, bem como o aprimoramento de métodos de manejo, vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá e Rússia) a 42° de latitude Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes, estabelecendo-se desde as localidades situadas abaixo do nível do mar (região do Mar Cáspio) até as regiões que apresentam mais de 2.500 m de altitude, como os Andes peruanos.

Independentemente da tecnologia aplicada, do período de tempo e das condições climáticas a que a cultura é submetida, todos esses fatores se constituem preponderantes para a produção. Dentre os elementos de clima conhecidos para se avaliar a viabilidade e a estação de implantação das mais diversas atividades agrícolas, a temperatura e a precipitação pluvial (chuva) são os mais estudados. Assim, para Fancelli (1988), algumas condições ideais de caráter genérico para o desenvolvimento deste cereal podem ser apontadas, quais sejam:

Por ocasião da semeadura, o solo deverá apresentar-se com temperatura superior a 15°C (ideal: superior a 18°C), aliada à umidade próxima à capacidade de campo, possibilitando o desencadeamento normal dos processos de germinação e emergência.

Durante a etapa vegetativa da planta, a temperatura do ar deverá oscilar entre 25°C e 30°C e encontrar-se associada à adequada disponibilidade de água no solo, além de abundância de luz.

Temperatura e luminosidade favoráveis, elevada disponibilidade de água no solo e umidade relativa do ar superior a 70% são requerimentos básicos durante a floração e enchimento dos grãos.

Ocorrência de períodos predominantemente secos por ocasião da maturidade fisiológica e da colheita.

## **TEMPERATURA**

Inúmeras evidências experimentais apontam que a temperatura constitui

um dos fatores de produção mais importantes e decisivos ao desenvolvimento do milho, embora água e demais componentes climáticos exerçam diretamente sua influência no processo. Regiões cujos verões apresentem temperaturas médias diárias inferiores a 19°C e noites com temperaturas médias abaixo de 12,8°C não são recomendadas para a espécie. Temperaturas do solo inferiores a 10°C e superiores a 42°C prejudicam sensivelmente a germinação das sementes, ao passo que aquelas situadas entre 25°C e 30°C propiciam as melhores condições para o desencadeamento do referido processo.

Assim, a cultura de milho não deve ser implantada quando a temperatura do solo for inferior a 15°C, principalmente se estiver aliada a elevada umidade, pois tal combinação implicará o aumento da taxa de plântulas anormais. Também a baixa temperatura e o solo úmido na etapa de embebição ou reidratação das sementes podem reduzir a germinação e a emergência, devido à desestruturação de membranas e a alterações na síntese e na ação de enzimas. Contudo, em locais frios (regiões ou locais com latitude e/ou altitude elevadas), se houver necessidade de realização da semeadura de milho com solo apresentando temperatura inferior a 18°C, Fancelli (2013) recomenda a implementação das seguintes medidas: (1) reforçar o tratamento de sementes, valendo-se para tanto de fungicidas específicos de ação comprovada; (2) não efetuar a semeadura profunda (profundidade máxima = 3 cm); (3) utilizar sementes íntegras (sem fissuras ou danificações mecânicas) e vigorosas (obtenção de valor satisfatório no teste de frio) e (4) usar qualquer tipo de estrutura ativa ou passiva acoplada à semeadora, possibilitando a retirada da palha de cima do sulco de semeadura (faixa de 2 a 4 cm de largura). Ressalte-se que esta última providência objetiva o favorecimento do aquecimento do local de deposição



Milho tem evidenciado avanços significativos na ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão sobre suas relações com o ambiente e o homem

das sementes (sulco), propiciando a aceleração do processo de germinação e emergência, resultando em menores taxas de perdas de estande inicial.

Por ocasião do período de florescimento e enchimento de grãos, temperaturas médias diárias superiores a 26°C podem promover a aceleração dessas etapas, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5°C podem retardá-las significativamente. Ainda, o rendimento do milho, bem como a composição proteica de seus grãos, pode ser alterado por ocasião da ocorrência de temperaturas superiores a 35°C durante o período de enchimento de grãos. Tais efeitos estão relacionados à diminuição da atividade da enzima nitrato-redutase, acarretando, conseqüentemente, em interferência no processo de assimilação do nitrogênio por parte da planta.

Temperaturas elevadas prevalentes no período noturno (superior a 24°C) provocam consumo energético elevado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, além de contribuir para a redução do ciclo da planta (ampliação

da soma térmica), bem como de sua área foliar, e resultando em queda na produtividade. Do mesmo modo, temperaturas acima de 32°C reduzem, sensivelmente, a germinação e a viabilidade do grão de pólen. A maioria dos genótipos atuais não se desenvolve em temperaturas inferiores a 10°C, considerada basal para a espécie. Todavia, segundo alguns trabalhos de pesquisa, a temperatura basal para genótipos de ciclo tardio pode ser maior do que para aqueles de ciclo precoce.

O milho, em função de suas etapas de desenvolvimento, necessita acumular quantidades distintas de energia térmica ou calor, designadas como unidades calóricas (UC), unidades térmicas de desenvolvimento (UTD) ou graus-dia (GD). Graus-dia, segundo Villa Nova et al. (1972), é a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura basal exigida por uma espécie, cuja expressão matemática básica para o seu cálculo é:  $GD = [(T^{\circ}C \text{ máxima} + T^{\circ}C \text{ mínima}) - T^{\circ}C \text{ basal}] \cdot 2^{-1}$  (onde:  $T^{\circ}C \text{ máxima} < 35^{\circ}C$ ;  $T^{\circ}C \text{ mínima} > 10^{\circ}C$  e  $T^{\circ}C \text{ basal} = 8 \text{ a } 10^{\circ}C$ ).

## RADIAÇÃO SOLAR

A energia solar que atinge a Terra é constituída por um conjunto de radiações cujos comprimentos de onda variam de forma contínua desde 0,2 a 4 micra, aproximadamente. O referido conjunto de radiações é denominado de espectro solar e a radiação fotossinteticamente ativa é aquela que induz resposta no processo da fotossíntese, sendo, geralmente, relacionada aos limites de 0,4 a 0,7 micron. As radiações de valor fisiológico presentes no espectro usado na fotossíntese são absorvidas, primariamente, pela clorofila e, em seguida, utilizadas na transformação de CO<sub>2</sub> em carboidratos. O pigmento primário, a clorofila A, é um composto de cadeia tetrapirrólica unida ao íon magnésio, que se encontra concentrada nos grana dos cloroplastos. A clorofila B (pigmento acessório) possui estrutura semelhante, porém, seu teor em relação à clorofila A corresponde a 1/3, na maioria dos vegetais.

Com relação à luz, a cultura do milho responde com altos rendimentos a crescentes intensidades luminosas, em virtude de pertencer ao grupo de plantas "C<sub>4</sub>", o que lhe confere alta produtividade biológica. Originalmente, é uma planta de dias curtos, embora os limites do número de horas de luz **não sejam idênticos**, nem bem definidos para os diferentes tipos de genótipos. A ocorrência de dias longos pode promover o aumento de sua fase vegetativa e do número de folhas emitidas, ocasionando atraso no florescimento. Segundo alguns autores, o milho apresenta resposta ao fotoperíodo quando cultivado em latitudes superiores a 33°. No Brasil, por essa razão, a espécie apresenta comportamento fotoneutro, visto que o alongamento ou o encurtamento da fase vegetativa é resultante da disponibilidade de calor (soma térmica), e não do número de horas de luz (ou de escuro) a que a planta estiver submetida.

Todavia, a redução de 30% a 40% da intensidade luminosa ocasiona, na cultura do milho, atraso na maturação dos grãos,

principalmente em materiais genéticos de ciclos tardios que se mostram mais sensíveis à deficiência de luz. A maior sensibilidade à variação de luminosidade é verificada no período próximo à fase reprodutiva; ou seja, na fase correspondente à emissão da 12ª a 14ª folha até os grãos leitosos. Nesse período, a redução da disponibilidade de radiação luminosa ocasiona a diminuição drástica do número e densidade dos grãos (massa específica).

O aproveitamento efetivo da luz pelo milho é decisivamente influenciado pela distribuição espacial das plantas na área, pelo arranjo das folhas na planta (arquitetura foliar), pela extensão (ou duração) da área foliar presente e pela declinação solar. Nesse contexto, o aproveitamento efetivo do espectro solar pode ser incrementado pela melhor distribuição espacial de plantas na área, mediante combinações adequadas entre o espaçamento entrelinhas e o número de plantas na linha, não excedendo à população de 85.000 plantas/ha (Fancelli, 1988).

## ÁGUA

A água constitui um dos mais importantes elementos de seleção do tipo de vegetação que se desenvolve numa região. A necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais decorre das múltiplas funções que ela desempenha na fisiologia das plantas, pois praticamente todos os processos metabólicos são influenciados por sua presença. Para o milho, as maiores exigências de água se concentram na fase de emergência, florescimento e formação do grão. Todavia, entre 15 dias antes (emborrachamento) e 15 dias após o aparecimento da inflorescência masculina (grãos leitosos), o requerimento de suprimento hídrico satisfatório, aliado a temperaturas adequadas, tornam tal período extremamente crítico. Portanto, a mencionada etapa deve ser criteriosamente planejada, com o intuito de assegurar sua coincidência com condições estacionais que apresentem temperaturas favoráveis

(25 a 30°C) e chuvas frequentes, porém, de curta duração.

A cultura do milho exige entre 400 mm e 600 mm de precipitação para que produza a contento, sem a necessidade da utilização da prática de irrigação. A falta de água, além de ocasionar a redução do vigor vegetativo (taxa de crescimento) na altura e na área foliar da planta, também está associada à interferência nos processos de síntese de proteína e RNA, na fisiologia do florescimento e no enchimento de grãos. Condições de estresse representadas pela ocorrência de deficiência hídrica, nebulosidade prolongada e deficiências nutricionais próximas ao florescimento, além de elevada população de plantas, afetam o sincronismo pendão-espiga, provocando, principalmente, o retardamento da emissão dos estilos-estigma e a ausência de grãos na extremidade da espiga.

Períodos de deficiência hídrica de uma semana, por ocasião do pendoamento, podem provocar queda na produção, ao redor de 50%, ao passo que, sob as mesmas condições, deficiência hídrica posterior à etapa de fecundação acarretará danos da ordem de 25% a 32% na produção. O consumo de água por parte do milho, em condições normais, raramente excede a 3,0 mm/dia, enquanto a planta apresentar até sete a oito folhas. Todavia, durante o período compreendido entre o florescimento e os grãos farináceos, o consumo pode se elevar entre 5,0 e 7,5 mm diários. Assim, para fins de planejamento e manejo, recomenda-se considerar 4,5 mm/dia como sendo o consumo médio diário de água, por parte da planta, independentemente do estágio fenológico considerado.

Cumprir ressaltar que a quantidade de água disponível para a cultura depende ainda da profundidade explorada pelas raízes, da capacidade de armazenamento de água do solo e da densidade radicular da planta. Assim, o manejo racional do solo e da cultura reveste-se de suma importância para o crescimento e distribuição

do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento eficiente da água. Entretanto, para estimar o fator água no clima de uma região, não bastam as informações de precipitação pluvial; é indispensável considerar as perdas hídricas por meio da evapotranspiração. A evapotranspiração pode ser caracterizada como potencial ou real. A primeira considera a perda natural da água para a atmosfera de um solo inteiramente vegetado, sem restrições de umidade; a segunda diz respeito à quantidade real de água que retorna à atmosfera, conforme o estado de umidade do solo. O cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948) é baseado em dados de temperatura média e da latitude do lugar, valendo-se para tanto de monogramas e tabelas apropriadas. Assim, o balanço entre esses processos meteorológicos opostos — a precipitação e a evapotranspiração —, denominado “balanço hídrico”, pode indicar, de forma mais consistente, a disponibilidade hídrica de uma região no decorrer de um ano. Sua avaliação contribuirá, efetivamente, para o planejamento da cultura, além de propiciar o fornecimento de valiosas informações concernentes à prática da irrigação. 

---

\* **Antonio Luiz Fancelli** é engenheiro agrônomo, mestre, doutor e docente do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ ([lfancelli@usp.br](mailto:lfancelli@usp.br)).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FANCELLI, A. L. *Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho* (*Zea mays* L.). Piracicaba: USP/ESALQ, 1988. 172 p. (Tese de Doutorado).
- FANCELLI, A. L. *Escolha do tipo de cultivar de milho*. Piracicaba: USP/ESALQ/Departamento de Agricultura, 1989. 8 p.
- FANCELLI, A. L. *Milho: estratégias de manejo*. Piracicaba: USP/ESALQ/LPV, 2013. 180 p.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, New York, v. 38, n. 1. p. 55-94, 1948.
- VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno de Ciências da Terra*, São Paulo, 1972. 8 p.