

10. ECOFISIOLOGIA DO MILHO

Max Whendell de Paula Lima

Clélia Aparecida Iunes Lapera

Muriel Silva Vilarinho

O tema em questão é fascinante, uma vez que envolve os principais pilares da sobrevivência de organismos, como o milho. Trata-se da gênese e sua constituição atual por meio da genética e do desempenho de suas funções, considerando a relação com o meio ambiente e suas diversidades pela fisiologia que, por sua vez, constitui-se em um ramo da fisiologia comparativa.

Para que não hajam dúvidas sobre o assunto, a ecologia pode ser descrita como sendo a ciência que se preocupa com o comportamento dos organismos perante o meio em que vivem, ou seja, a inter-relação ou a interação de componentes bióticos e abióticos.

Quando se considera os diversos setores diretamente relacionados às ciências agrárias, o conhecimento sobre a ecofisiologia das culturas e dos animais torna-se indispensável, uma vez que se busca, na atualidade, o retorno econômico obtido com manejo sustentável, lembrando que em ciências agrárias, na maioria dos casos, não se consegue controle absoluto sobre as questões ambientais, tais como o clima.

Nesse sentido, os profissionais do agronegócio devem possuir conhecimento muito bem fundamentado sobre genética e fisiologia das espécies, pois necessitarão tomar decisões rápidas e acertadas acerca das problemáticas envolvidas.

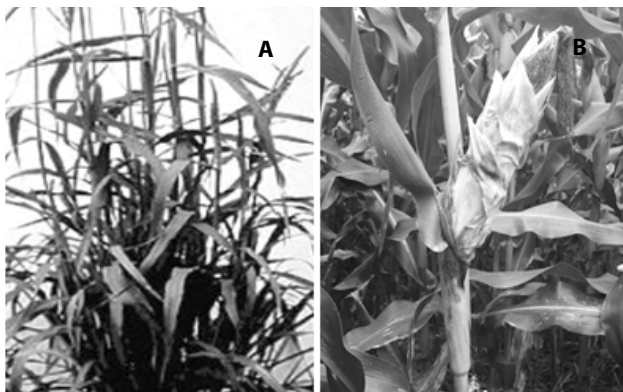
Na cultura do milho a importância talvez seja ampliada, pois considera-se a espécie como cosmopolita e sua representatividade econômica - tanto como matéria prima quanto produto industrializado ou processado - é de grande relevância.

Sendo assim, estudos sobre a adaptabilidade e estabilidade de comportamento da cultura do milho para o meio em que se destina, resulta na obtenção de variedades comerciais com excelente potencial produtivo. Tal potencial produtivo depende da constituição genética e do manejo empregado durante os estádios que compõem seu ciclo de vida. Cada fase de desenvolvimento da cultura é fundamental para a produtividade final, visto que se trata de um processo contínuo e interligado.

Como já dito anteriormente, é fundamental que se tenha conhecimento a respeito da planta, seu funcionamento e seu comportamento com o meio ambiente. Então, um breve relato sobre a origem e botânica do milho será exposto.

A espécie *Zea mays*, como é atualmente, passou por vários procedimentos evolucionistas conforme consta na teoria da evolução proposta por Charles Darwin em 1859. Na Figura 1, observa-se o ascendente do milho cultivado, o Teosinte, ancestral que não desapareceu. Tendo seu centro de origem nas regiões montanhosas do sul do México e norte da Guatemala, as mudanças ocorreram mais pronunciadamente na arquitetura externa da planta devido a mudanças geográficas e também por mutações.

Figura 1: Planta de Teosinte ancestral do milho cultivado
B- Milho cultivado. Atenção para o perfilhamento



Fonte: Max Whendell de Paula Lima.

Estudos realizados por Willian José da Silva, agrônomo e pesquisador, concluíram que nas questões de hereditariedade, ou seja, de genes entre o Teosinte e o milho, não havia grandes diferenças mas houve processos evolutivos relacionados a mudanças de ambiente, além de mutações. A Figura 2 mostra diferenças nas inflorescências femininas entre estas duas espécies.

Figura 2: Inflorescências: teosinte à direita e do milho à esquerda



Fonte: Max Whendell de Paula Lima.

Por falar em proximidades genéticas entre espécies, quanto mais próximas, mais facilmente se dará o cruzamento entre elas, resultando em progênes férteis interespecíficas. Considerando apenas o milho, este possui um mecanismo de reprodução que necessita trocar alelos entre indivíduos diferentes, denominado de alogamia. Para este tipo de mecanismo reprodutivo, é necessário que ocorra a polinização cruzada, ou seja, entre indivíduos diferentes, caso contrário, ocorrerá um fenômeno de queda de vigor, conhecido como depressão por endogamia, mas se ocorrer autofecundação do mesmo indivíduo. Essa depressão será mais acentuada ou não, dependendo da espécie em questão.

O milho é bastante sensível e sofre com a depressão por endogamia, e isto, fez com que desenvolvesse mecanismos que promovam a polinização cruzada, como a monoícia. Uma planta é considerada monóica, quando possui as inflorescências masculina e feminina em um mesmo indivíduo, entretanto, em posições diferentes de sua arquitetura. Outro mecanismo para evitar a autofecundação no milho, se dá pelo grão de pólen ser extremamente leve, fazendo com que ele não alcance os seus próprios estilos estigmas e não ocorra a autofecundação. As barreiras promovidas pelas folhas também dificultam a sua autopolinização. A protândria, definida como a maturidade fisiológica da inflorescência masculina que ocorre primeiro que a feminina, também está presente para promover a fecundação cruzada.

Figura 3: Detalhes das inflorescências femininas e a barreira física promovida pelas folhas. A esquerda inflorescência feminina ainda sem emissão dos estilos estigmas. A direita estilos estigmas já sendo emitidos, estando receptivos à fertilização



Fonte: Max Whendell de Paula Lima.

Figura 4: A esquerda, detalhe da inflorescência masculina da planta de milho. A direita, detalhe dos grãos de pólen



Fonte: Max Whendell de Paula Lima.

Não somente a morfologia e fisiologia reprodutiva são influenciadas pelos fatores edafoclimáticos, pois em um ciclo de vida todos os estádios de desenvolvimento do vegetal traduzirão na estabilidade de produção e os mesmos se correlacionam desde a germinação.

Tem-se o sistema radicular que dá sustentação à planta no solo, absorve água e nutrientes para que o vegetal realize suas funções básicas. As raízes são mais superficiais, o que dificulta sua adaptação em solos secos. O comprimento do sistema radicular pode chegar a 3m, entretanto, a definição também está associada a fatores como pH, umidade e compactação no solo. O suprimento de carboidratos produzidos e acumulados nas partes aéreas também é determinante no crescimento das raízes.

No desenvolvimento vegetativo da parte aérea estão o colmo e as folhas e, como já dito, responsáveis pela produção de fotoassimilados que são destinados como suprimento de todos os órgãos que compõem o vegetal. Aliás, colmo e, principalmente, as folhas são consideradas como fonte de carboidratos e os demais órgãos não fotossintetizantes, denominados de drenos que também podem ser armazenadores de carboidratos para posterior utilização.

Toda essa estrutura funcional está engrenada e são participes dos fenômenos da fotossíntese e da respiração. É válido lembrar que os dois fenômenos não se confundem, principalmente considerando a captação de CO_2 como matéria-prima para a fotossíntese e a utilização de O_2 para a respiração.

A interação com o meio, ou seja, a relação entre fatores bióticos e abióticos estão intimamente ligados, pois, é necessário que haja também, além de gás carbônico e oxigênio, luz solar, água e nutrientes, todos disponíveis na sua quantidade ideal de funcionamento, o que também se relaciona diretamente com as questões genéticas. Um exemplo seria a capacidade fotossintética de uma determinada espécie e/ou variedade que pode ser de maior ou menor eficiência.

A questão da eficiência no uso da água deve ser considerada quando em cultivos. No caso do milho, que é uma planta do tipo C_4 , é mais eficiente que a cultura da soja que é C_3 . Tal fator está relacionado a abertura e fechamento dos estômatos, sendo complexo pelo fato de propiciar a perda de água pela planta por meio da transpiração. Situações em que não se tem água em grandes quantidades disponíveis à planta, aliada a temperaturas altas e com forte incidência de raios solares, principalmente em determinadas horas do dia e épocas do ano, a planta pode perder grandes volumes de água e entrar em seu ponto de murcha, que dependendo da situação é irreversível (ponto de murcha permanente).

A transpiração nos vegetais é muito importante, uma vez que, trata-se de um bombeamento promovido pelo sol, então não há gasto de energia pela planta e isso é fundamental, pois, a água está presente em todas as células e órgãos, propicia todas as funções dos organismos e, por isso, é utilizada em grandes quantidades. Entretanto, deve haver um equilíbrio entre entrada e saída de água nas plantas.

Em horas mais quentes do dia, os vegetais fazem esta regulação pelo fechamento dos estômatos, total ou parcial. Acontece que pelos estômatos é que o CO_2 será captado em grandes quantidades, como também é nestas horas mais quentes e de maior incidência de luz, que a planta pode fazer mais fotossíntese, havendo então, um descompasso entre perda de água e captação de CO_2 . As plantas C_3 necessitam estar com os estômatos abertos nas horas de maior incidência solar, para captar CO_2 , e isso pode ser danoso ao seu funcionamento. Já o milho, em sendo uma planta C_4 , consegue reduzir a abertura de seus estômatos, visando equilibrar a perda de água por transpiração, uma vez que, neste sistema de metabolismo, ela consegue armazenar CO_2 durante a noite e nas horas mais amenas do dia, para depois utilizá-lo durante o dia e nas horas de maior incidência de luz, permanecendo com seus estômatos fechados. Existem as espécies que possuem o metabolismo simbolizado de CAM, sendo estes, mais eficientes que as de metabolismo C_4 .

O sombreamento também é determinante para o cultivo do milho e, isto também se relaciona com a eficiência fotossintética. A quantidade de cloroplastos presentes nos órgãos de coloração verde é fundamental para que a fase luminosa ou clara da fotossíntese seja efetiva. O milho necessita que ocorra a incidência direta de luz solar em suas folhas para que os fotossistemas I e II possam desempenhar suas funções. E, não havendo o suprimento do quantitativo ideal, as funções fotossintéticas serão reduzidas, reduzindo-se também, a produtividade da planta.

Nesse sentido, um fator que deve ser considerado é a arquitetura das plantas, e do ângulo de inserção entre colmo e folha. Quanto mais eretas estiverem as folhas, ou seja, com menor ângulo, melhor será a penetração dos raios solares até as folhas mais baixas, que também fazem fotossíntese. Por isso, nos trabalhos de melhoramento do milho, consideram-se as questões de arquitetura de planta.

Quanto ao arranjo espacial de sementeira do milho, pode-se adotar convenientemente, diferentes espaçamentos entre linhas e entre plantas, visando adequar equipamentos e manejos. Entretanto, deve-se respeitar a composição genética dos diferentes materiais de milho, pois existe uma correlação alta e negativa entre densidade populacional de plantio e prolificidade. Este termo é utilizado para inferir sobre a quantidade de espigas produzidas por cada planta. Se um material é pouco prolífico, você não deverá colocar um número exagerado de plantas em um hectare, pois, com toda certeza, haverá plantas que não produzirão nenhuma espiga, reduzindo sua produtividade. O comportamento de correlação entre as duas características se dá de forma que, quando se aumenta uma das características, automaticamente, reduz-se a expressão da outra característica.

Por exemplo, considere uma variedade comercial cuja recomendação do fabricante seja para uma população de 55 mil plantas por hectare, poder-se-á alterar o arranjo espacial entre plantas e entre linhas, desde que não ultrapasse a densidade populacional recomendada. Caso seja colocado um quantitativo de plantas por hectare abaixo do recomendado, haverá o estímulo para aumentar o número de espigas por planta. Diante dessas informações de interação entre as duas variáveis, se o objetivo for a utilização do milho para silagem, situação em que aumenta-se o número de plantas por área, pois necessita-se de volume, deve-se dar preferência a variedades que tenham um comportamento altamente prolífico, visto a necessidade de obter proteína na silagem.

São inúmeros os fatores que incorrem em interações de genótipos por ambiente podendo alterar o comportamento da fisiologia do vegetal, sendo conferido pela expressão do fenótipo, como é caso de uma variedade de milho com enorme potencial produtivo, cultivada no Japão, e, por exemplo, de ciclo normal ou tardio, se plantada no Brasil, região de Cerrado, pode não produzir conforme seu local de recomendação, pelo fato do seu ciclo apresentar-se nessa nova condição edafoclimática, como sendo precoce ou superprecoce, não havendo tempo suficiente para o seu total desenvolvimento vegetativo. Trata-se do fotoperíodo que se refere ao acúmulo de horas de escuro. O quantitativo dessas horas é computado pelas plantas, que quando atingem o seu limite específico, a cultura passa do estágio vegetativo, para o estágio reprodutivo, sendo assim, se ela não se desenvolveu vegetativamente como esperado, a produtividade sofrerá alta redução, se chegar a produzir.

As amplitudes dos ciclos das espécies vegetais são definidas pela duração do estágio vegetativo, porque, passado para o estágio reprodutivo todas as variedades de uma determinada espécie têm a mesma duração. Para o milho existem alguns sistemas para a determinação dos estádios de desenvolvimento, mas devido à reação das plantas a diferentes ambientes/estresses, tornam-se imprecisos. Contudo, neste estudo, será abordado o sistema de “colar” foliar, desenvolvido pela Universidade do Estado de Iowa, nos Estados Unidos.

A caracterização para a classificação do estágio de desenvolvimento das plantas de milho, por “colar” foliar se dá pela presença visível do mesmo, neste caso, a folha será considerada como totalmente expandida. Este colar é a linha de demarcação entre o limbo ou lâmina foliar e a bainha foliar (FIGURA 5).

Figura 5: Parte de uma planta de milho mostrando a folha totalmente expandida e a inflorescência feminina



Fonte: Max Whendell de Paula Lima.

Quanto à fenologia do milho, os estádios de desenvolvimento serão descritos em dois grandes estádios, são eles, o vegetativo (V) e o reprodutivo (R), sendo estes, subdivididos, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1: Subdivisões dos estádios vegetativos e reprodutivos

Estádios Vegetativos		Estádios Reprodutivos	
VE	Emergência	R1	Embocamento
V1	Primeira folha	R2	Bolha d'água
V2	Segunda folha	R3	Leitoso
V3	Terceira folha	R4	Pastoso
Vn	Enésima folha	R5	Dente
VT	Pendoamento	R6	Maturidade

Obs.: os estádios reprodutivos são caracterizados pela emergência dos estilos estigmas (embocamento) e pelo surgimento e desenvolvimento de grãos na espiga.

A maturidade fisiológica dos grãos se dá em R6 e a umidade deverá estar em torno de 35%. Neste momento, as células da ponta do grão se rompem formando uma camada marrom ou preta, conhecida como “camada preta” (FIGURA 6). A formação desta camada preta, facilita a identificação a nível de campo.

Figura 6: Grãos de uma planta em R6, destacando a “camada preta”



Fonte: Max Whendell de Paula Lima.

Perante a toda incerteza climática que assola todas as regiões produtoras de milho, depara-se com os efeitos sintomáticos denominados de estresses, que podem ser decorrentes de diversos

fatores, como a falta de água e pelo frio, principalmente na germinação das sementes e na passagem para o estágio reprodutivo. Tais agentes de estresse promovem perdas altamente significativas na produtividade da cultura, que por sua vez, promove alteração no seu funcionamento fisiológico, na tentativa de burlar as severas pressões, podendo ocasionar em adaptações da cultura em nível de indivíduo ou mesmo em evolução da espécie.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A visão do homem como sendo o centro de todo o Universo, promoveu desde o início de sua racionalidade e até a atualidade, alterações constantes nos ecossistemas. Tais ações são revertidas em complicações nas inter-relações entre os componentes bióticos e abióticos, deixando sua sobrevivência e de todas as demais espécies sob prova de constantes pressões que resultam até mesmo em extinção.

Na busca pela sobrevivência, as espécies agem instintivamente por sua natureza, em que sobrevive a descendência mais forte, ou seja, mais adaptada às novas condições edafoclimáticas. Entretanto, o homem com avidez, busca adaptação daquilo que lhe convém, indo, na maioria das vezes, contra o que se diz natureza.

Para lhe conferir satisfação, as espécies de interesse econômico foram domesticadas e promovidos melhoramentos de acordo com seus objetivos. Entretanto, tem-se hoje, um agronegócio pleno e muito bem fundamentado, tanto na questão da genética (potencial produtivo) e da fisiologia (interação de comportamento com os diferentes ambientes). Inclui-se também as diversas tecnologias que promovem um manejo adequado e, nos dias de hoje, sustentável.

Com a cultura do milho não é diferente e, seu cultivo cosmopolito lhe exige fundamento científico e tecnológico visando alcançar e

superar produtividades constantemente crescentes, o que é plenamente atingível com o nível de controle das condições edafoclimáticas que se tem atualmente, resultando em previsões acertadas quanto ao manejo, aliando essa previsibilidade ao conhecimento sobre o comportamento fisiológico das plantas de milho perante as adversidades.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF. EMBRAPA Informação Tecnológica, 2008.

DIEGUEZ, F. O milho e seus avós: os ancestrais do cereal. **Revista Superinteressante**. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/saude/o-milho-e-seus-avos-os-ancestrais-do-cereal/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

MAHANNA, B., B. SEGLAR, F. OWENS, S. DENNIS, AND R. NEWELL. **Silage Zone Manual**. DuPont Pioneer, Johnston, IA. 2014.

RAMALHO, M. A. P.; DOS SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B.; DE SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; DE SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 5ª ed. Lavras.. Editora UFLA., 2012.

RIO, E. S.; LIMA, M. W. P. Org. **Pesquisas acadêmicas do agronegócio 2**. Uberlândia. Edibrás. 2017.

THE NEW YORK TIMES. Pesquisadores rastreiam as origens do milho. **The New York Times**. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/ciencia/pesquisadores-rastreiam-as-origens-do-milho/n1237639445472.html>>. Acesso em: 09 fev. 2018.