

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Milho e Sorgo  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*



**SORGO**

***O produtor pergunta, a Embrapa responde***

*Israel Alexandre Pereira Filho  
José Avelino Santos Rodrigues*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
Brasília, DF  
2015

# 2 Fisiologia da Produção



*Paulo César Magalhães  
Thiago Correa de Souza  
Alyne Oliveira Lavinsky*

23

**Qual é a importância de se identificar e acompanhar o desenvolvimento de uma lavoura por meio dos estádios de crescimento da planta?**

O desenvolvimento da lavoura depende das condições climáticas, que variam de ano para ano agrícola. Assim, torna-se inviável acompanhar o desenvolvimento da



lavoura utilizando o número de dias após a semeadura. Recomenda-se planejar quaisquer medidas de manejo via acompanhamento dos estádios de desenvolvimento da cultura (número de folhas formadas ou estágio de formação do grão). Os estádios de crescimento (EC) da planta de sorgo se dividem em três etapas: EC1 – que vai do plantio até a iniciação da panícula (sete a oito folhas formadas); EC2 – que compreende desde a iniciação da panícula até o florescimento; e EC3 – que vai do florescimento até a maturação fisiológica.

24

**Caso ocorra alguma intempérie que destrua parcial ou totalmente a parte aérea da planta, deve-se realizar o replantio do sorgo?**

Até o estágio de seis folhas totalmente desenvolvidas, não há necessidade de replantio, pois o ponto de crescimento das plantas ainda vai estar abaixo da superfície do solo e elas irão recuperar-se. Após o estágio de sete a oito folhas, o ponto de crescimento vai estar acima da superfície do solo, e qualquer problema que ocorra com a parte aérea afetará o ponto de crescimento matando a planta. Neste caso, faz-se necessário o replantio.

## Quais são os estádios de desenvolvimento da planta mais suscetíveis à ocorrência de algum tipo de estresse?

Cada etapa de crescimento tem a sua importância, porém algumas são mais críticas por afetar diretamente a produtividade final de grãos. São elas:

- Emergência e estabelecimento – a formação de estande no sorgo é primordial para que se tenha uma cultura de sucesso, portanto a umidade do solo deverá estar presente para a germinação ocorrer.
- Estádio de sete a oito folhas (quando ocorre a diferenciação do ponto de crescimento) – neste estágio, a água e os nutrientes são fundamentais, pois aqui se define o tamanho potencial da panícula.
- Florescimento – o estresse hídrico ou nutricional poderá comprometer a fecundação dos grãos e, conseqüentemente, a sua produção.
- Enchimento de grãos – neste estágio, ocorrerá o depósito de matéria seca, fato que contribui para o aumento do peso de grãos. A ocorrência de estresse nesta fase vai afetar a fotossíntese e, em última análise, o peso final de grãos.

## Como funciona o perfilhamento no sorgo?

O perfilhamento é influenciado pelo grau de dominância apical, que é regulado por fatores hormonais, ambientais e genéticos. O perfilhamento pode ser basal ou axilar. O basal origina-se de gemas basais (primeiro nó), logo após o início do desenvolvimento das raízes secundárias ou depois do florescimento. O axilar origina-se nas axilas das folhas. Todas as gemas dos nós são morfológicamente idênticas e possuem potencial para formar perfilho. No entanto, os perfilhos são mantidos em dormência por meio do fenômeno da dominância apical.

27

### **Quais são as vantagens e desvantagens do perfilhamento em sorgo?**

As vantagens e desvantagens dependem do tipo de sorgo. Em sorgo forrageiro, o perfilhamento é característica vantajosa. Por sua vez, em sorgo granífero, o perfilhamento pode ter efeito negativo no rendimento pelo fato de sombrear as folhas da planta-mãe e de competir pelo uso de água e nutrientes do solo, sobretudo quando não há coincidência de maturação entre planta-mãe e perfilhos.

28

### **O sistema radicular do sorgo é tido como o principal responsável pela sua tolerância à seca. Isso é mito ou realidade?**

É realidade. Não resta a menor dúvida de que um dos fatores mais importantes que afetam o uso de água e a tolerância à seca é um sistema radicular eficiente. Comparando-se as raízes primárias de milho e de sorgo, ambas as culturas apresentam basicamente a mesma quantidade de massa radicular; porém as raízes secundárias do sorgo são, no mínimo, o dobro daquelas encontradas no milho. Além do mais, o sistema radicular do sorgo é mais extenso, fibroso e possui maior número de pelos absorventes.

29

### **O sorgo é sensível ao fotoperíodo? Em termos práticos o que isso significa para a planta?**

O sorgo é sensível ao fotoperiodismo, que pode ser definido como a resposta do crescimento à duração dos períodos de luz e de escuro. O comprimento do dia varia de acordo com a estação do ano e com a latitude. O sorgo é uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em noites longas. Em cultivares sensíveis, a gema vegetativa (terminal) permanece ativa até que os dias encurtem o bastante para haver a sua diferenciação em gema floral; esse é, portanto, o que se chama fotoperíodo crítico.

No sorgo, o fotoperíodo crítico poderia ser explicado da seguinte maneira: se o comprimento do dia aumenta, a planta não floresce, ao passo que, se o comprimento do dia decresce, a planta floresce. A grande maioria dos materiais comerciais de sorgo granífero foi melhorada geneticamente para insensibilidade ao fotoperíodo, e somente os genótipos de sorgo forrageiro são sensíveis ao fotoperíodo.

30

### **O que faz o sorgo ser mais eficiente que outras culturas com relação à tolerância à seca?**

Hoje se sabe que o sorgo possui, além de traços estruturais e morfofisiológicos evolutivos que permitem aumentar a eficiência de uso da água, cópias extras de inúmeros genes associados com a adaptação à seca. Análise de transcriptoma em folhas de sorgo em resposta à desidratação e ao estresse osmótico revelou um aumento de 100 vezes na expressão do gene que codifica para expansinas, com efeito na extensibilidade da parede celular dessas folhas.

As expansinas são uma classe de proteínas de parede celular que mediam um aumento na flexibilidade da parede celular dependente de pH, provavelmente por quebrar pontes de hidrogênio entre a celulose e a matriz de glicanos. Tal aumento permite uma desidratação mais lenta de suas folhas, mantendo, assim, a integridade celular. Considerando-se o crescente número de evidências sobre a existência de coordenação entre traços da planta localizados abaixo e acima do solo, não seria descartada a possibilidade de aumento similar na expressão de genes que codificam para expansinas em raízes de sorgo em resposta à seca. O aumento na extensibilidade da parede celular nas zonas apical e subapical de raízes de sorgo sob déficit hídrico, com concomitante decréscimo no módulo de elasticidade e no coeficiente de viscosidade, ajudaria a explicar o pronunciado aumento no alongamento radicular, principalmente de raízes finas, em alguns genótipos de sorgo cultivados nessa condição. Ressalta-se que apenas plantas com características conservativas de

ambientes áridos apresentam melhoras na eficiência de captura de água por produzirem raízes muito finas.

31

### Como o sorgo se posiciona em relação a outras culturas no tocante à eficiência do uso da água?

Quando comparado com outras culturas, o sorgo requer menos água para se desenvolver, ou seja, possui maior eficiência do uso da água, e o florescimento é o período mais crítico no que se refere à falta de água. Para ilustrar melhor essa afirmativa, a Tabela 1 apresenta uma comparação do sorgo com várias outras culturas.

**Tabela 1.** Quantidade de água requerida por diversas espécies para produzir um quilo de massa seca.

Espécie	Quantidade de água requerida para produzir 1 kg de massa seca (kg)
Sorgo	271
Milho	372
Trigo	505
Cevada	521
Algodão	562
Aveia	635
Alfafa	858

Fonte: Aldrich et al. (1982).

32

### Quais são os mecanismos utilizados pela planta de sorgo para conviver com a seca?

A resistência à seca é uma característica complexa, pois envolve simultaneamente aspectos de morfologia, fisiologia e bioquímica. A literatura cita três mecanismos relacionados à seca: resistência, tolerância e escape. O sorgo parece apresentar duas características: escape e tolerância. O escape ocorre por meio

de um sistema radicular profundo e ramificado, o qual é eficiente na extração de água do solo. Já a tolerância está relacionada ao nível bioquímico. Sob estresse hídrico, a planta de sorgo diminui o metabolismo, murcha (hiberna) e tem o poder extraordinário de recuperação quando o estresse é interrompido.

33

### Quais são os prejuízos advindos da falta de água nas três etapas de crescimento do sorgo?

Quando acontece no estágio EC1, o déficit hídrico provoca menos danos à planta do que em EC2, estágio no qual a escassez de água vai resultar na redução das taxas de crescimento da panícula e das folhas e no número de sementes por panícula. Esses efeitos se devem provavelmente aos seguintes fatores: redução na área foliar, resistência estomática aumentada, fotossíntese diminuída e desorganização do estado hormonal da panícula em diferenciação. Quando a falta de água acontece no EC3, o resultado é a senescência rápida das folhas inferiores, com consequente redução no rendimento de grãos.



34

### Quais são os efeitos da luz solar no desenvolvimento da planta de sorgo?

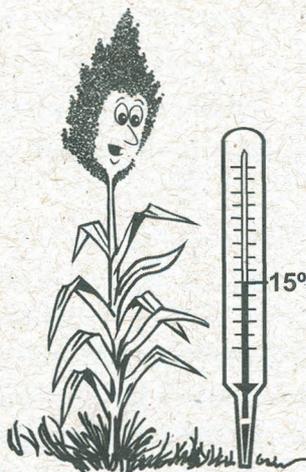
Por ser uma planta C4, o sorgo é exigente no que se refere à luz solar. Em condições não estressantes ou normais, a fotossíntese na planta de sorgo é afetada pela quantidade de luz fotossinteticamente ativa (entre 400 nm e 700 nm), pois uma proporção dessa luz é interceptada pela estrutura do dossel e pela distribuição ao longo do dossel. A taxa de fotossíntese das folhas de sorgo gira em torno de 30  $\mu\text{mol}$  de  $\text{CO}_2$  por  $\text{m}^2/\text{s}$ , dependendo do material genético,

da intensidade de luz fisiologicamente ativa e da idade das folhas. Folhas de sorgo contêm um grande número de estômatos. Estima-se que elas possuem 50% a mais de estômatos por unidade de área do que a planta de milho; porém os estômatos do sorgo são menores. O efeito do sombreamento no sorgo, com a conseqüente redução da fotossíntese, tem um efeito menor quando acontece em EC1 do que quando em EC2 e EC3. Isso pode ser explicado pela maior atividade metabólica da planta nesses dois estádios. Além da maior atividade, a demanda por fotoassimilados (açúcares oriundos da fotossíntese) também é maior; portanto, requer da planta uma taxa fotossintética alta para satisfazer os órgãos reprodutivos em crescimento.

35

### Como a variação de temperatura afeta o crescimento e o desenvolvimento do sorgo?

A temperatura ótima para crescimento e desenvolvimento do sorgo varia entre 29 °C e 33 °C. Em temperaturas acima de 38 °C e abaixo de 16 °C, a produtividade desse cereal é severamente diminuída. Baixas temperaturas causam redução na área foliar, no perfilhamento, na altura, além de acúmulo de matéria seca e atraso na floração. Também afeta o desenvolvimento da panícula, principalmente por seu efeito sobre a esterilidade das espiguetas. Por sua vez, temperaturas mais altas geralmente tendem a antecipar a antese e podem causar aborto floral. A extensão do dano ocasionado por temperaturas elevadas, entretanto, é menor do que os danos causados por temperaturas mais baixas. O desenvolvimento floral e a fertilização dos grãos, por exemplo, podem ocorrer até com temperaturas de 40 °C a 43 °C, desde que haja umidade disponível no solo.



**36**

### **A adubação química interfere na fisiologia da planta de sorgo?**

Sim. O uso da adubação química na cultura do sorgo pode gerar grandes incrementos de produtividade. O sorgo é uma cultura exigente em nutrientes minerais que possam influenciar o metabolismo do carbono, direta ou indiretamente, pela síntese de novos tecidos e crescimento. Os efeitos diretos sobre a fotossíntese e a respiração resultam da incorporação dos minerais em metabólitos, coenzimas e pigmentos ou de sua participação direta como ativadores no processo da fotossíntese.

**37**

### **Qual é o significado do índice de colheita e sua utilidade?**

Índice de colheita (IC) é a relação entre o peso seco dos grãos e a massa seca de toda a planta. Ele mede a eficiência do material genético em translocar fotoassimilados para os grãos, ou seja, o índice de partição. Quanto maior o índice, melhor e mais produtiva será a cultivar. Os valores do índice de colheita vão depender do genótipo, porém, em geral, variam de 0,10 a 0,60. Convém salientar que adversidades ambientais na maioria das vezes redundam em menor IC. Estudos têm mostrado que o IC de uma cultura é marcadamente influenciado pela densidade de plantio, disponibilidade de água e nutrientes e temperatura.

**38**

### **Qual é o componente do rendimento que se correlaciona diretamente com a produção final de grãos?**

O rendimento final de grãos em sorgo geralmente está correlacionado com o número de grãos na panícula. Existe uma compensação entre os componentes de rendimento na planta de sorgo, o que resulta na manutenção do rendimento dentro de certos limites. Por exemplo: se existem condições quase ótimas durante EC1 e EC2, mas por alguma razão a população final de plantas é

baixa, a planta compensa com um aumento de perfilhamento e do tamanho de panículas, o que conduz a um aumento no número de grãos por superfície plantada. Por sua vez, quando ocorre estresse durante EC1 e EC2, a população, o perfilhamento e a diferenciação da panícula são comprometidos, e isso resulta em menor número de sementes. As sementes, no entanto, vão compensar essas perdas com o aumento de seu peso durante a etapa seguinte de crescimento (EC3). O limite de incremento na semente varia de 15% a 20%.

39

### **Como é feita a classificação do sorgo em relação à presença de tanino derivado do metabolismo secundário das plantas no grão?**

Taninos são compostos químicos derivados do metabolismo secundário de plantas conhecidos como polifenóis. No passado, era comum encontrar a classificação de sorgo nos grupos I, II e III, representando, respectivamente, teores baixos, médios e altos de tanino. Hoje, sabe-se que o tanino está presente ou ausente no grão. Na verdade, a presença do tanino no grão de sorgo depende da constituição genética do material. Os genótipos que possuem os genes dominantes B1 e B2 são considerados sorgo com presença de tanino.

40

### **Como é feita a determinação da presença de tanino no grão de sorgo?**

A determinação da presença dos taninos no grão de sorgo apresenta vários problemas, uma vez que os métodos colorimétricos geralmente não diferenciam taninos de outros compostos fenólicos. Outra dificuldade é a obtenção de substâncias adequadas para serem utilizadas como padrão para esses métodos. Após várias pesquisas realizadas no laboratório de fisiologia vegetal da Embrapa Milho e Sorgo, chegou-se à conclusão que o método azul da Prússia é o mais rápido e sensível para determinar o percentual de fenóis totais no grão. Convencionou-se que, em percentuais de fenóis totais  $\leq 0,70\%$ , não há presença de tanino. Esse método apresenta como vantagem a sua correlação negativa com o desempenho de aves.

41

### **Além da análise laboratorial, existe alguma outra metodologia prática capaz de detectar o tanino no grão?**

A presença da testa no grão é fator determinante da presença de tanino no grão. A testa é um tecido altamente pigmentado, localizado abaixo do pericarpo. Com uma simples análise física do grão, por meio de uma pequena raspagem, é possível detectar sua presença ou não. Para que se tenha certeza da presença do tanino, o ideal é realizar tanto a análise física quanto a química.

42

### **Quais são as vantagens e desvantagens dos taninos presentes no sorgo?**

As principais vantagens dos taninos presentes no sorgo estão relacionadas à resistência contra o ataque de pássaros, insetos e fungos causadores da podridão no grão antes da colheita, bem como à redução na germinação de grãos na panícula. Entre as vantagens do tanino, a resistência a pássaros é talvez a mais importante, pois, em algumas regiões produtoras, o dano causado por pássaros é tão severo que a perda da cultura pode ser total.

Por sua vez, além de conferir cor indesejável à ração, o tanino possui efeito antinutricional, causado pelo complexo tanino-proteína, o qual provoca uma diminuição na palatabilidade e na digestibilidade em animais não ruminantes e nos seres humanos, com efeito no seu ganho de peso.

43

### **Quais são as características a serem avaliadas em plantas de sorgo, visando à seleção de genótipos tolerantes ao estresse gerado pelo déficit hídrico do solo?**

As características secundárias são aquelas a serem avaliadas, pois podem aumentar a eficiência de seleção sob condições de déficit hídrico do solo (seca). Salienta-se que tais características devem possuir: 1) claro valor adaptativo sob estresse; 2) relativamente alta

herdabilidade; 3) significativa correlação genética com rendimento de grãos; 4) fácil mensuração.

#### 44 O sorgo pode ser considerado tolerante a solos ácidos?

Sim, o sorgo tem tolerância a solos ácidos e acredita-se que, pelo desenvolvimento do seu sistema radicular, também apresenta tolerância à acidez do solo. No entanto, de uma forma geral, os vegetais diferem grandemente em relação ao seu comportamento em presença de alumínio tóxico, e essa variabilidade é encontrada tanto em plantas de espécies diferentes como entre cultivares da mesma espécie. Portanto, a utilização da prática de calagem e de adubações mais racionais, juntamente com o emprego de genótipos de sorgo bem adaptados às condições de solo ácido, são estratégias de maior potencial para uma utilização viável dos solos dos cerrados, elevando-se, assim, a eficiência de produção.

#### 45 Quais são as causas de tombamento do sorgo em final de ciclo?

Afastando os problemas relacionados a pragas e doenças, o tombamento e/ou quebramento do colmo do sorgo pode ser atribuído a fatores fisiológicos. Na cultura do sorgo, a maior demanda por fotoassimilados ocorre ao final do estágio de enchimento de grãos por fotoassimilados. Como as folhas per se não conseguem satisfazer essa necessidade, uma mobilização adicional de fotoassimilados oriundos do colmo para a panícula torna-se crucial. Enfraquecido, o colmo tende a tomar e/ou quebrar. Ressalta-se que, quanto mais produtivo for o genótipo, maior a probabilidade de tombamento



e/ou quebraimento de seu colmo. Tal condição pode ser agravada quando a planta é exposta ao estresse gerado por situações adversas do ambiente, bem como pelo uso de altas densidades de semeadura.

46

### **O que significa *stay green* – nome muito usado como característica importante do sorgo sob déficit de água?**

*Stay green* é uma denominação em inglês que significa “permanecer verde”. É uma característica genética da planta de permanecer verde mesmo quando a panícula já se encontra em adiantado estágio de maturação e é muito influenciada pelo meio ambiente. O fato de as plantas permanecerem verdes por mais tempo pode trazer duas vantagens básicas. A primeira é ligada à translocação de carboidratos por um período maior; uma vez que as plantas têm possibilidade de realizar fotossíntese e aumentar o rendimento de grãos. A segunda vantagem é manter a planta de pé, ou seja, evitar o quebraimento e/ou acamamento, pois estruturas de caules verdes fazem que as plantas se tornem mais resistentes.

47

### **Qual é a importância de se reduzir a altura do sorgo sacarino por meio da aplicação de redutores de crescimento?**

Esta redução em altura é importante, pois o efeito do redutor de crescimento pode viabilizar a colheita mecânica ou semimecanizada de variedades de porte alto de sorgo sacarino, como é o caso da BRS 506. Ressalta-se que um dos gargalos atuais para a expansão da cultura na dimensão e escala que o setor sucroalcooleiro demanda é a produção e a disponibilidade de sementes de qualidade de sorgo sacarino.

**48**

**A técnica de uso de reguladores de crescimento é viável? Quais são os seus efeitos na germinação de sementes, no vigor e no rendimento da cultura?**

Sim, o uso de reguladores de crescimento é perfeitamente viável. Esses reguladores têm forte ação na alongação dos entrenós, o que reduz a estatura da planta e evita, dessa forma, o acamamento e as perdas na produtividade. Os reguladores que reduzem a estatura de plantas apresentam normalmente ação antagônica à das giberelinas e agem modificando seu metabolismo. Pesquisas realizadas em campo na Embrapa Milho e Sorgo demonstraram que o regulador Moddus (trinexapac-etil) reduziu a altura de plantas de sorgo, não influenciou na qualidade fisiológica das sementes e tampouco na produtividade.

**49**

**Qual é a dose recomendada do regulador de crescimento e o estágio da planta para aplicação do produto?**

A dose recomendada do regulador de crescimento está entre 0,4 L/ha e 0,8 L/ha, e os estádios de crescimento para aplicação do produto entre V6 e V10 (seis e dez folhas totalmente desenvolvidas, respectivamente). Nas pesquisas realizadas, tanto as doses como os diferentes estádios de crescimento não resultaram em diferenças no rendimento final e na qualidade das sementes. Deve-se, no entanto, evitar a aplicação em estádios muito jovens (V3 a V5), assim como em estádios tardios. As aplicações em estádios de crescimento anteriores ao recomendado provocam efeito pequeno na estatura da planta, pois o efeito redutor vai ocorrer principalmente nos primeiros entrenós, que, por natureza, já são curtos. Além disso, aplicações tardias reduzem sensivelmente o tamanho das plantas, pois o efeito maior ocorre sobre os entrenós superiores, que são longos. Essa redução excessiva pode provocar prejuízos no rendimento de grãos.