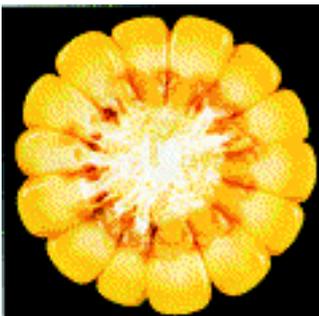


COMO A PLANTA DE MILHO SE DESENVOLVE¹

Steven W. Ritchie²
John J. Hanway³
Garren O. Benson⁴



Um campo de produção de milho é mais complicado do que parece à primeira vista. Um modo de encarar a situação é considerar a plantação de milho como uma comunidade complexa e em constante mudança. É uma comunidade industrial, com muitos milhares de “fábricas” altamente organizadas e altamente eficientes por hectare. Basicamente, as matérias-primas para as fábricas (plantas) são água e nutrientes minerais provenientes do solo e dióxido de carbono e oxigênio provenientes da atmosfera.

O maquinário interno que transforma essas matérias-primas em produtos úteis (produção) é impulsionado pela luz solar. Os produtos, denominados matéria seca, consistem de diferentes combinações de carboidratos, proteínas, óleos e nutrientes minerais. As diferenças em crescimento e produtividade entre os híbridos são o resultado das diferenças no maquinário interno das fábricas.

O conceito geral de produção de milho é que as matérias-primas e a luz solar (energia) combinam-se com o maquinário interno do híbrido que está sendo cultivado para produzir matéria seca. Isto significa que o crescimento e a produtividade de uma planta de milho são funções do potencial genético da planta para reagir às condições ambientais sob as quais ela está crescendo.

Embora a natureza forneça a maior parte da influência ambiental sobre o crescimento e a produtividade do milho, um produtor pode manipular o ambiente utilizando práticas de manejo testadas e aprovadas. Tais operações incluem preparação do solo e fertilização, irrigação, controle de invasoras e de insetos e muitas outras práticas.

Combinações dessas práticas variam para diferentes situações de produção e de níveis de manejo. Porém, independentemente da situação específica, o produtor precisa entender como ocorrem o crescimento e o desenvolvimento da planta de milho. Um produtor que compreende a planta de milho pode usar práticas de produção mais eficientemente para obter maiores produtividades e, conseqüentemente, maiores lucros.

Esta publicação tem como objetivo auxiliar aqueles que estão envolvidos na produção de milho a entender mais completamente como a planta de milho se desenvolve. O seu conteúdo é tanto básico quanto aplicado. A informação básica explica o crescimento e o desenvolvimento do milho dentro de um ciclo de vida. Os Guias de Manejo apontam as práticas requeridas para a obtenção de ótimo crescimento da planta e ótima produção.

AS ILUSTRAÇÕES

As ilustrações e a discussão nesta publicação representam um híbrido de meia estação no centro do Estado de Iowa (EUA). Cada planta desenvolve 20-21 folhas totais, floresce cerca de 65 dias após a emergência e atinge a maturidade fisiológica cerca de 125 dias após a emergência¹. As plantas e as partes das plantas são mostradas em estádios identificados do desenvolvimento morfológico (forma e estrutura). Todas as plantas, com exceção daquelas mostradas na Figura 5 e na Figura 6 (as quais foram produzidas em casa de vegetação), foram cultivadas no campo e fotografadas no laboratório.

Todas as plantas normais de milho seguem esse mesmo padrão geral de desenvolvimento, mas os intervalos de tempo específicos entre os estádios e os números totais de folhas desenvolvidas podem variar entre diferentes híbridos, estações do ano, datas de plantio e locais. Por exemplo: um híbrido de maturação precoce pode desenvolver menos folhas ou passar pelos diferentes estádios mais rapidamente do que o indicado aqui. Um híbrido de maturação tardia pode desenvolver mais folhas ou passar pelos diferentes estádios mais lentamente do que o indicado aqui.

¹ Nota dos revisores: Nas condições em que a cultura do milho é explorada no Brasil, o ciclo das diversas cultivares varia entre 110 e 180 dias (período compreendido entre a semeadura e a colheita). Para uma mesma cultivar, a duração das fases fenológicas varia bastante entre regiões, anos e datas de semeadura, em razão das freqüentes mudanças das condições climáticas.

¹Fonte: How a Corn Plant Develops, Special Report nº 48, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1993; ²Agrônomo, Pesquisador Assistente; ³Professor de Agronomia aposentado; ⁴Agrônomo extensionista.

Tradução: Suzana Oellers Ferreira, Engenheira Agrônoma, Goiânia, GO, fone: (62) 281-3438, e-mail: suzanaoellers@hotmail.com.

Revisão e adaptação: Dr. Renzo Garcia Von Pinho, Professor Adjunto de Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras - UFLA, fone: (35) 3829-1315, e-mail: renzo@ufla.br e Eng. Agrônomo MSc. Ramon Correia de Vasconcelos, Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, fone: 35 38291315, e-mail: ramonagm@ufla.br.

Agradecimentos: À Iowa State University Extension, pela permissão concedida à POTAFOS para tradução e impressão desta publicação, e em especial a Barb Abbott.

A taxa de desenvolvimento da planta para qualquer híbrido está diretamente relacionada com a temperatura, de tal forma que o período de tempo entre os diferentes estádios variará de acordo com as variações de temperatura, tanto dentro de uma safra quanto entre safras².

Os estresses ambientais, tais como deficiências de nutrientes ou de umidade, podem dilatar o tempo entre os estádios vegetativos, porém encurtando o tempo entre os estádios reprodutivos.

O número de grãos que se desenvolvem, o tamanho final dos grãos, a taxa de incremento no peso dos grãos e a duração do período de crescimento reprodutivo variarão entre diferentes híbridos e condições ambientais.

A familiaridade com os nomes e as localizações de certas partes da planta de milho é útil para compreender como a planta se desenvolve. Deste modo, as ilustrações com legendas de uma plântula de milho, da parte inferior de um colmo, de uma espiga e do grão de milho são primeiramente introduzidas como uma referência nas Figuras 1 a 4.

IDENTIFICAÇÃO DOS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO

O sistema de estádios empregado aqui divide o desenvolvimento da planta em estádios vegetativos (V) e reprodutivos (R), os quais são mostrados na Tabela 1³.

As subdivisões dos estádios V são designadas numericamente como V1, V2, V3, etc., até V(n), no qual (n) representa o último estágio foliar antes de VT para o híbrido específico considerado. O primeiro e o último estádios de V são designados como VE (emergência) e VT (pendoamento). O (n) variará de acordo com o híbrido e as diferenças ambientais. As seis subdivisões dos estádios reprodutivos são designadas numericamente, sendo apresentados seus nomes comuns na Tabela 1.

Cada estágio foliar é definido de acordo com a folha de inserção mais alta cuja aurícula seja visível. A primeira parte da aurícula que é visível

Tabela 1. Estádios vegetativos e reprodutivos de uma planta de milho*.

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE – emergência	R1 – florescimento
V1 – primeira folha	R2 – grão leitoso
V2 – segunda folha	R3 – grão pastoso
V3 – terceira folha	R4 – grão farináceo
V6 – sexta folha	R5 – grão farináceo-duro
V9 – nona folha	R6 – maturidade fisiológica
V12 – décima segunda folha	
V15 – décima quinta folha	
V18 – décima oitava folha	
VT – pendoamento	

* Este sistema identifica com precisão os estádios de uma planta de milho. Entretanto, todas as plantas de uma determinada plantação não estarão no mesmo estágio ao mesmo tempo. Quando se estiver estabelecendo o estágio de desenvolvimento de uma plantação de milho, cada estágio específico de V ou de R é definido somente quando 50% ou mais das plantas no campo estiverem naquele estágio ou além dele.

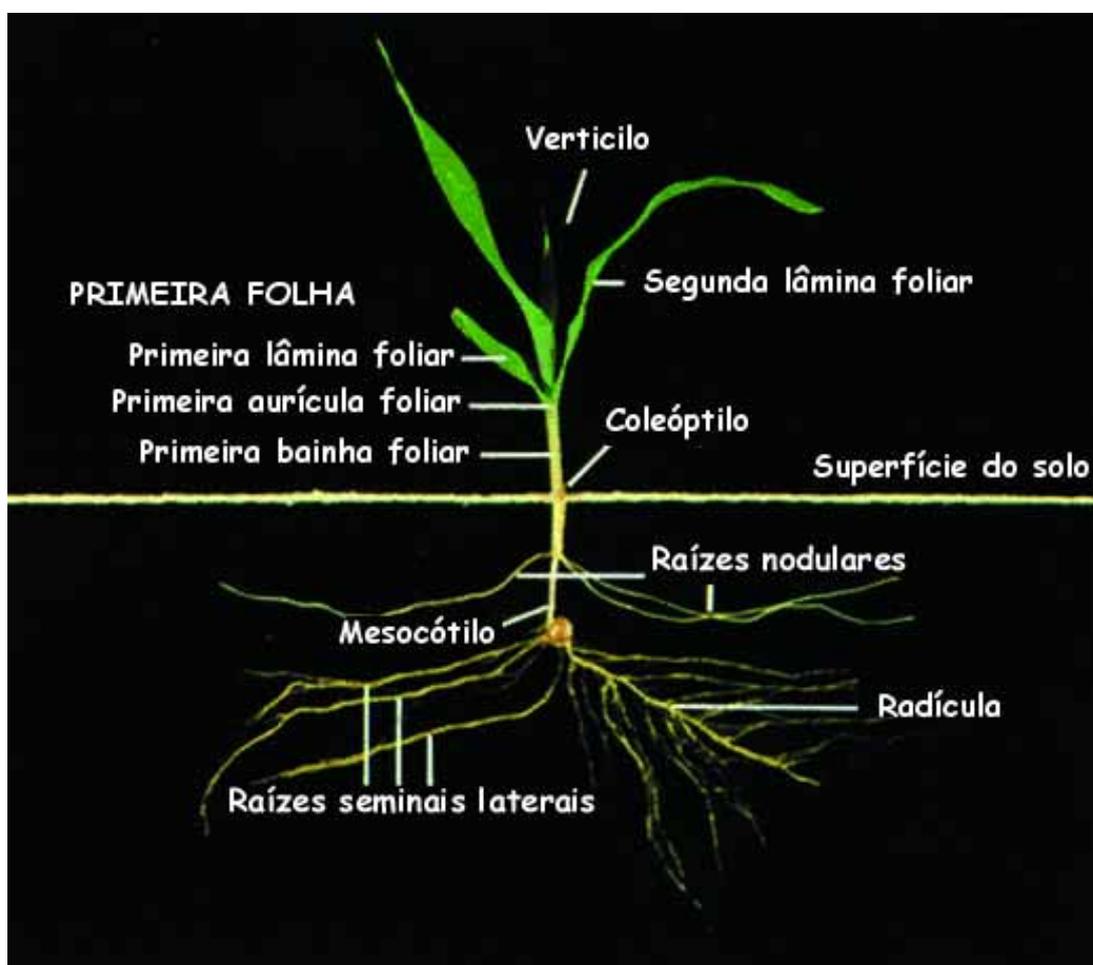


Figura 1. Plântula V2.

² **Nota dos revisores:** No Brasil, a classificação das cultivares quanto à duração do ciclo de maturação é fundamentada no acúmulo de graus-dia até o florescimento. O conceito de graus-dia baseia-se em observações de que o crescimento e o desenvolvimento das plantas em diversos ecossistemas são mais relacionados com o acúmulo de temperatura acima de um certo valor base (10° C para o milho) do que apenas com o tempo. A diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura base (10° C) nos fornece o valor diário de graus-dia. Quando a temperatura máxima for maior do que 30° C considera-se este valor. A classificação é a seguinte: milhos Hiperprecoce < 790 GD; Precoce > 790 e < 830 GD; Precoce/Intermediários > 830 e < 889 GD e Semiprecoce/Tardios > 890 GD.

³ **Nota dos revisores:** A divisão do ciclo da cultura do milho em estádios distintos de desenvolvimento (vegetativos "V" e reprodutivos "R") permite o estabelecimento de relações entre elementos ligados à fisiologia da planta, ao clima, aos aspectos fitotécnicos e fitossanitários e o desempenho da cultura.



Figura 2. Parte inferior do colmo.

é o verso, o qual aparece como uma linha descolorida entre a lâmina foliar e a bainha (Figura 1 e Figura 3). A primeira folha, que é caracteristicamente ovalada, é um ponto de referência para contar de baixo para cima até a aurícula visível de inserção mais alta. Entretanto, começando por volta do estágio V6, o aumento do crescimento do colmo e das raízes nodulares combinam-se para remover as pequenas folhas de inserções mais baixas da planta, resultando em degeneração e eventual perda das folhas. Para determinar o estágio foliar após a perda das folhas inferiores, divida o colmo da parte de baixo da planta no sentido do comprimento (Figura 2) e inspecione a elongação do internódio. O primeiro nó acima do primeiro internódio do colmo geralmente é o nó da quinta folha. Este internódio geralmente tem 1 cm de comprimento. Este nó da quinta folha pode ser usado como ponto de referência para a contagem até a lígula da folha de inserção mais alta.

ESTÁDIOS VEGETATIVOS E DESENVOLVIMENTO

GERMINAÇÃO E EMERGÊNCIA (VE)

Sob condições adequadas no campo, a semente absorve água e começa seu crescimento⁴. A radícula é a primeira a apresentar

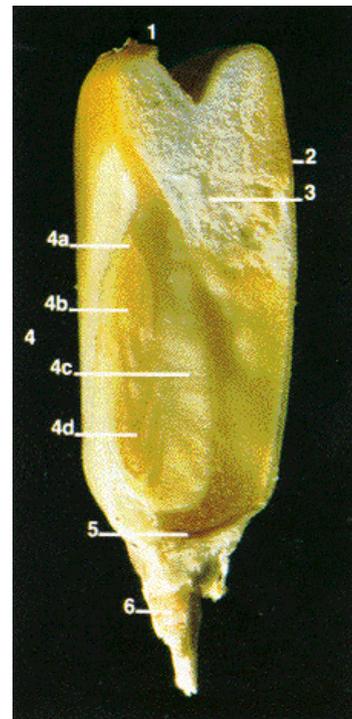
⁴ **Nota dos revisores:** Inicialmente ocorre rápida absorção de água pela semente e um grande aumento na sua atividade metabólica, aumentando a taxa de respiração e incrementando a divisão e o crescimento de células, especialmente as da coleoriza, que rompem o pericarpo. Com o aproveitamento de aminoácidos e carboidratos solúveis, armazenados no embrião, ocorre crescimento em extensão e aumento da divisão celular. Grande quantidade de giberelina é secretada na região do escutelo, difundindo-se para a camada de aleurona que circunda o endosperma, estimulando a síntese e a liberação de enzimas hidrolíticas, particularmente a alfa-amilase e proteases, as quais induzem a produção de açúcares, que logo são transferidos através do escutelo. Vários compostos são produzidos, como citocininas e auxinas, os quais promovem o crescimento do embrião.

⁵ **Nota dos revisores:** Ao observar a Figura 5 nota-se que o milho tem a emergência do tipo hipógea, isto é, o cotilédone permanece abaixo da superfície do solo durante a germinação da semente.



- | | |
|--------------------|------------------|
| 1. Folha da espiga | 6. Haste |
| 2. Cabelos | 7. Colmo |
| 3. Grãos | 8. Nó da espiga |
| 4. Sabugo | 9. Lígula foliar |
| 5. Palha | |

Figura 3. Espiga de milho.



- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. Cicatriz da espiga | 4c. Escutelo |
| 2. Envoltório da semente | 4d. Radícula |
| 3. Endosperma | 5. Zona preta de abscisão |
| 4. Embrião | 6. Pedicelo |
| 4a. Coleóptilo | |
| 4b. Plúmula | |

Figura 4. Grão de milho.

elongação (Figura 5), a partir do grão inchado, seguida pelo coleóptilo com a plúmula fechada (planta embrionária) e as três a quatro raízes seminais laterais. O estágio VE (emergência) é finalmente atingido pela rápida elongação do mesocótilo, o qual empurra o coleóptilo em crescimento para a superfície do solo, que é a linha branca vista na Figura 5⁵. Sob boas condições de calor e umidade, a emergência da planta ocorrerá dentro de quatro a cinco dias após a semente, mas sob condições de temperaturas baixas ou de seca, podem ser necessárias duas semanas ou mais.



Figura 5. Germinação e emergência da semente de milho.

Quando ocorre a emergência e a exposição da ponta do coleóptilo à luz solar, a alongação do coleóptilo e do mesocótilo pára. Neste momento, a região de crescimento (extremidade apical) da planta está a 2,5-3,8 cm sob a superfície do solo e está localizada logo abaixo do mesocótilo. As folhas embrionárias, que estão se desenvolvendo rapidamente, então crescem através da extremidade do coleóptilo e o desenvolvimento da planta acima do solo se inicia.

Devido ao fato de a radícula e as raízes seminais laterais (denominadas sistema radicular seminal no conjunto) iniciarem seu crescimento diretamente a partir da semente, a profundidade do solo na qual elas inicialmente se desenvolvem depende da profundidade de semeadura. O crescimento dessas raízes, entretanto, fica mais lento logo após o estágio VE, tornando-se praticamente inexistente em torno do estágio V3. Embora o sistema radicular seminal continue a funcionar durante a maior parte da vida da planta de milho, sua mais importante contribuição ocorre antes de as raízes nodulares tornem-se bem estabelecidas.

A profundidade no solo do ponto de crescimento no estágio VE também determina a profundidade na qual começará o crescimento inicial da raiz nodular. Esta profundidade (2,5-3,8 cm) é relativamente constante a diferentes profundidades de semeadura, devido à alongação do mesocótilo (Figura 6)⁶.

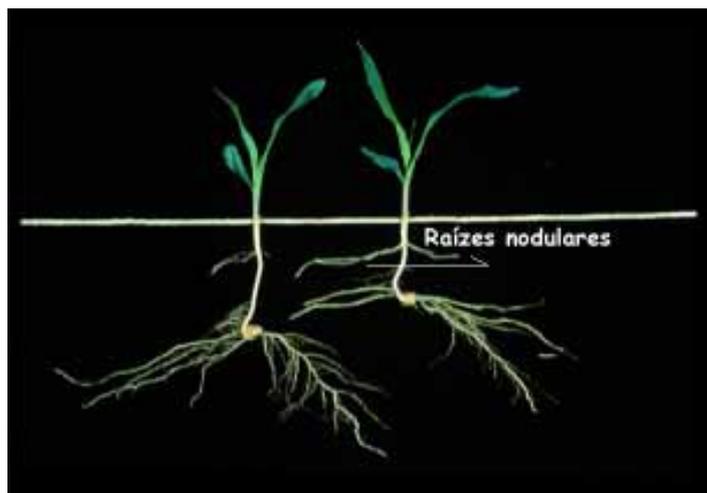


Figura 6. Estádio VE: crescimento inicial da raiz nodular.

O sistema radicular nodular é iniciado em torno do estágio VE e o primeiro conjunto de raízes nodulares (verticilo) começa sua alongação a partir do primeiro nó durante o estágio V1. Desde o estágio V1 até em torno do estágio R3 (após o que o crescimento radicular é muito limitado), um conjunto de raízes nodulares começa seu desenvolvimento em cada nó progressivamente mais alto no

colmo, até um total de 7 a 10 nós. Em torno do estágio V6, o sistema radicular nodular torna-se o principal fornecedor de água e de nutrientes para a planta.

Todas as raízes, exceto as radículas, inicialmente tendem a crescer em um ângulo de 25° a 30° com a horizontal. O crescimento inicial das radículas, porém, pode ocorrer em qualquer direção (exceto para cima) para orientar a semente. O crescimento das raízes nodulares começa a tornar-se mais vertical à medida que a temperatura aumenta e ocorre a secagem das camadas superiores do solo.

Guias de manejo – Germinação e emergência (VE)

Posto que os híbridos de ciclo mais longo geralmente apresentam maiores produtividades do que os híbridos de ciclo mais curto, escolha um híbrido adaptado à sua região e realize a semeadura na época adequada para atender às suas necessidades específicas. Também utilize densidades de semeadura (espaçamento entre linhas e população de plantas) de acordo com o recomendado para a cultivar na região, de maneira que o genótipo atinja todo o seu potencial de produção.

A ocorrência de temperaturas baixas por ocasião do plantio geralmente restringe a absorção de nutrientes do solo e provoca crescimento lento⁷. Isto pode ser parcialmente eliminado pela colocação de pequenas quantidades de fertilizantes em faixas ao lado e ligeiramente abaixo da semente⁸. Este fertilizante em faixas deve entrar em contato com o sistema radicular seminal antes do estágio VE.

Para germinação e emergência mais rápidas em semeaduras com datas antecipadas, a semeadura rasa se beneficia das temperaturas do solo mais favoráveis perto de sua superfície. Para semeaduras mais tardias, as temperaturas do solo são geralmente adequadas para todas as profundidades de semeadura e o teor de umidade do solo torna-se o fator limitante para o rápido crescimento. As maiores profundidades de semeadura geralmente proporcionam melhor teor de umidade para as semeaduras tardias, a menos que tenha ocorrido chuva recentemente.

ESTÁDIO V3 – TERCEIRA FOLHA

A planta V3 dissecada (Figura 8) é mostrada com as folhas arranjadas alternadamente (de um lado e de outro) em sucessão, como elas aparecem naturalmente na planta intacta de milho. Esta mesma apresentação foi usada para todos os estádios subsequentes apresentados. Observe na planta V3 dissecada que a extremidade apical (região de crescimento) ainda se encontra abaixo da superfície do solo e que ocorreu pouquíssima alongação do colmo⁹.

Os pêlos radiculares estão crescendo a partir das raízes nodulares nesta época e o crescimento do sistema radicular seminal virtualmente cessou.

⁶ **Nota dos revisores:** A profundidade de semeadura recomendada para a cultura do milho no Brasil varia de acordo com a textura do solo: de 5 a 8 cm em solos arenosos e em torno de 4 cm quando os solos forem argilosos. Em sistema de cultivo convencional é comum após uma chuva demorada, o aparecimento de uma crosta na superfície do solo, prejudicando o processo de emergência e causando falhas no estande de plantas.

⁷ **Nota dos revisores:** De modo geral, a semente de milho germina em 5 ou 6 dias quando a temperatura ambiente e do solo está entre 21° C e 30° C. Mesmo com umidade adequada, à medida que a temperatura diminui, a semente leva mais tempo para emergir, podendo chegar até 18 dias quando as temperaturas estão por volta de 13° C. Nesse caso, além da obtenção de um estande desuniforme, vários fungos de solo irão se beneficiar em detrimento do desenvolvimento da plântula.

⁸ **Nota dos revisores:** No Brasil, a adubação da cultura do milho é realizada de maneira a que o fertilizante fique situado abaixo e ao lado da semente. Para tanto, existem no mercado brasileiro semeadoras-adubadoras que fazem as duas operações de uma só vez e de maneira adequada.

⁹ **Nota dos revisores:** Nesse instante, a planta está na segunda semana após a emergência. A fotossíntese já exerce sua função na planta e as reservas da semente estão se exaurindo.



Figura 7. Planta de milho no estágio V3.

Todas as folhas e as inflorescências femininas (espigas potenciais) que a planta eventualmente produzirá estão sendo iniciadas (formadas) agora. Em torno do estágio V5, a iniciação das folhas e das inflorescências femininas estará completada e um pendão microscópico tem início na ponta da extremidade apical. A extremidade apical na iniciação do pendão está situada logo abaixo ou no nível da superfície do solo, embora a altura total da planta abaixo da superfície do solo seja de cerca de 20 cm.

Guias de manejo – Estádio V3

A região de crescimento abaixo da superfície do solo durante os primeiros estádios foliares é especialmente afetada pelas temperaturas do solo. Baixas temperaturas do solo podem aumentar o tempo entre os estádios foliares, aumentar o número total de folhas formadas, atrasar a formação do pendão e reduzir a disponibilidade de nutrientes¹⁰.

O granizo destrutivo, os ventos ou as geadas que danifiquem as folhas expostas no estágio V3 terão pouco ou nenhum efeito sobre a região de crescimento abaixo da superfície do solo ou sobre a produção final de sementes.

Inundações em qualquer época em que a região de crescimento estiver abaixo do nível da água podem matar a planta de milho em poucos dias, especialmente se as temperaturas estiverem altas.

O controle de invasoras reduz a competição por luz, água e nutrientes. O uso de defensivos, cultivo mecânico e práticas de

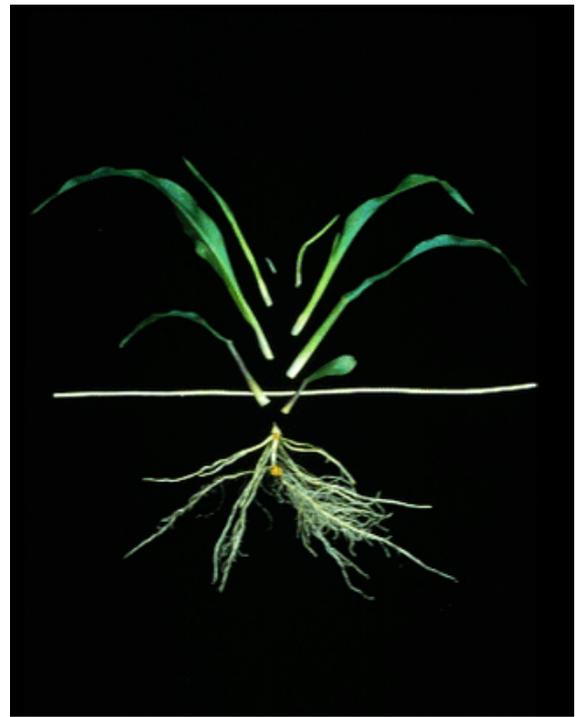


Figura 8. Planta V3 dissecada.

manejo, tais como densidades de plantio mais altas ou rotação de culturas, ou combinações dessas, são práticas efetivas de controle de invasoras. O cultivo muito profundo ou muito perto da planta depois do estágio V2 destruirá parte do sistema radicular nodular; portanto, faça o cultivo com cuidado¹¹.

ESTÁDIO V6 – SEXTA FOLHA

No estágio V6 (Figura 9 e Figura 10), a região de crescimento e o pendão (Figura 11) estão acima da superfície do solo e o colmo está iniciando um período de grande incremento da elongação¹². Abaixo da superfície do solo, o sistema radicular nodular é agora o principal sistema radicular em funcionamento, com conjuntos de raízes alongando a partir dos três ou quatro nós mais baixos do colmo.

Algumas inflorescências femininas e/ou perfilhos, que inicialmente parecem muito semelhantes, são visíveis nesta época. Elas são mostradas na planta dissecada (Figura 10) logo abaixo da folha que cresceu a partir do mesmo nó. Os perfilhos¹³ (também denominados ramos ladrões) geralmente serão formados nos nós que estão situados abaixo da superfície do solo, mas podem nunca

¹⁰ **Nota dos revisores:** Temperaturas baixas nesse estágio expõem as plântulas por mais tempo ao ataque das pragas iniciais (cupins, percevejo castanho, vaquinha, larva angorá, coró, larva arame, lagarta elasmó, entre outras) e aos fungos de solo (principalmente os dos gêneros *Pythium* e *Fusarium*) que atacam as sementes e as plântulas causando tombamento. O tratamento de sementes com inseticidas e fungicidas tem sido eficiente no controle das pragas iniciais (até duas semanas após a semeadura) e contra os patógenos de solo e aqueles veiculados pelas sementes. Os inseticidas mais utilizados são: carbofuran, carbosulfan, furatiocarb e tiodicarb, e os fungicidas mais utilizados são o captan, eficiente contra fungos de solo, e o tiabendazole, que tem ação erradicante contra os patógenos veiculados pelas sementes.

¹¹ **Nota dos revisores:** A época ideal para o controle da vegetação infestante varia com cada situação, dependendo do tipo de erva e do estágio de desenvolvimento em que ela se encontra, das condições ambientais e de outros fatores. No entanto, resultados de pesquisas no Brasil indicam que o controle deve ser realizado entre os primeiros 15 a 30 dias após a emergência, podendo, em alguns casos, se estender até os 45 dias. Nos cultivos de milho com alta tecnologia tem-se realizado o controle das plantas invasoras em pré-semeadura do milho, em pós-semeadura e pré-emergência do milho e em pós-emergência precoce e inicial. Para tanto, o mercado brasileiro dispõe de uma gama de herbicidas com diferentes princípios ativos, que são usados de forma isolada ou em associações, dependendo da situação específica da lavoura.

¹² **Nota dos revisores:** Nesse instante a planta está com três semanas após a emergência.

¹³ **Nota dos revisores:** Os perfilhos são geralmente mantidos em dormência por meio da dominância apical. Essa dormência pode ser quebrada quando ocorre um dano (destruição) do meristema apical ou quando ocorre um desbalanço hormonal.



Figura 9. Planta de milho no estágio V6.



Figura 10. Estádio V6: planta de milho dissecada.

apresentar desenvolvimento avançado, como mostrado na Figura 14. O grau de desenvolvimento do perfilho variará com a escolha da cultivar, a densidade de plantio, a fertilidade e outras condições ambientais¹⁴.

A degeneração e a perda das duas folhas mais baixas pode já ter ocorrido no estágio V6.

Guias de manejo – Estádio V6

A colocação precisa do fertilizante é menos crítica agora, pois o sistema radicular nodular está bem distribuído no solo.



Figura 11. Estádio V6: pendão acima da superfície do solo.

Todavia, observe se há sinais de deficiências de macro e micronutrientes na planta e proceda ao tratamento correto. Embora as deficiências de nutrientes possam ser controladas por meio de aplicações foliares ou no solo, a prevenção das deficiências antes do aparecimento dos sintomas é normalmente mais desejável. A adubação com nitrogênio em cobertura lateral deve ser executada até por volta do estágio V8 se o fertilizante for colocado em solo úmido e se for evitado excesso de danos às raízes¹⁵.

Também observe se há sinais de danos por insetos, tais como atrofia da planta causada por lagartas das raízes ou consumo de folhas por pragas do milho.

ESTÁDIO V9 – NONA FOLHA

Muitas inflorescências femininas (espigas) agora são facilmente visíveis pela dissecação de uma planta V9 (Figura 13)¹⁶. Uma inflorescência feminina se desenvolverá a partir de cada um dos nós acima da superfície do solo, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão. Inicialmente, cada inflorescência feminina se desenvolverá mais rápido do que as inflorescências femininas que se originaram acima dela no colmo. Entretanto, o crescimento das inflorescências femininas de inserções mais baixas no colmo eventualmente fica mais lento e somente uma ou duas inflorescências femininas em posição superior na planta se desenvolverão em espigas produtivas.

Os híbridos que produzem mais de uma espiga produtiva no colmo principal são denominados prolíficos. A tendência de uma planta apresentar prolificidade aumenta em baixas densidades de plantio.

¹⁴ **Nota dos revisores:** Para cada situação de clima, solo e cultivar, a lavoura de milho exigirá um determinado arranjo de plantas (espaçamento e densidade) que proporcione melhor produtividade. Atualmente, as cultivares de milho utilizadas no Brasil têm porte mais baixo e melhor arranjo de folhas (arquitetura mais ereta), o que permite aumento na densidade de plantas e ganhos na produtividade. Tem-se recomendado de 50 mil a 70 mil plantas ha⁻¹ e espaçamentos de 70 cm a 90 cm entre fileiras. Em algumas situações, a adoção de espaçamentos mais reduzidos, 45 cm entre fileiras por exemplo, tem proporcionado ganhos na produtividade de grãos.

¹⁵ **Nota dos revisores:** A definição da quantidade de nitrogênio para a cultura do milho dependerá da produção esperada, da cultivar, da fertilidade do solo, da cultura anterior, da tecnologia e das condições ambientais.

¹⁶ **Nota dos revisores:** Nesse instante a planta está na sexta semana após a emergência.

O pendão começa a se desenvolver rapidamente e o colmo continua em rápida elongação. A elongação do colmo, de fato, ocorre por intermédio da elongação de seus internódios. Cada internódio começará sua elongação antes do internódio localizado acima dele no colmo, de modo semelhante ao desenvolvimento inicial das inflorescências femininas.

Em torno do estágio V10, o tempo entre o aparecimento dos novos estádios foliares encurtará, geralmente ocorrendo a cada dois ou três dias.



Figura 12. Planta de milho no estágio V9.



Figura 13. Estádio V9: inflorescências femininas visíveis.



Figura 14. Estádio V9: perfilhos formados nos nós abaixo da superfície do solo, pouco desenvolvidos.

Guias de manejo – Estádio V9

Por volta do estágio V10, a planta de milho inicia um aumento rápido e constante de acúmulo de nutrientes e de peso seco, o qual continuará avançando até os estádios reprodutivos (Figura 53 e Figura 54)¹⁷. Neste estágio há maior demanda de nutrientes e de suprimento de água do solo para satisfazer as necessidades do aumento na taxa de crescimento.

ESTÁDIO V12 – DÉCIMA SEGUNDA FOLHA

Embora as inflorescências femininas (espigas potenciais) tenham sido formadas um pouco antes da formação do pendão (V5), o número de óvulos (grãos potenciais) em cada inflorescência feminina e o tamanho da espiga estão sendo agora determinados no estágio V12 (Figuras 15-19)¹⁸.

O número de fileiras de grãos em cada espiga (Figura 18) já foi estabelecido, mas a determinação do número de grãos por fileira não será completada até cerca de uma semana do florescimento ou em torno do estágio V17.

A inflorescência feminina mais alta (Figura 19) ainda é menor do que as inflorescências femininas inseridas mais abaixo; porém, muitas das espigas superiores têm aproximadamente o mesmo tamanho.

Guias de manejo – Estádio V12

Desde que o número de óvulos e o tamanho da espiga estão sendo determinados neste momento, as deficiências de umidade e de nutrientes nesta época podem reduzir seriamente o número potencial de sementes e o tamanho das espigas colhidas. O potencial desses dois fatores também está relacionado com o período de tempo disponível para sua determinação, geralmente desde em torno

¹⁷ **Nota dos revisores:** A partir de agora, as pragas que mais oferecem problemas para a cultura do milho são as lagartas do cartucho e dos capinzais e as cigarrinhas, que são transmissoras de mollicutes (fitoplasmas e espiroplasmas). O produtor deve dar ênfase ao manejo integrado de pragas, valorizando a integração e a implementação de práticas de controle, com base na previsão de conseqüências econômicas, ambientais ou sociais (controle cultural, biológico natural e aplicado e controle químico). O uso de inseticidas seletivos é de fundamental importância para a manutenção das populações de inimigos naturais.

¹⁸ **Nota dos revisores:** Nesse estágio a planta poderá perder as quatro folhas mais velhas e atingir de 85% a 95% da sua área foliar, além de dar início à formação das raízes adventícias aéreas.



Figura 15. Planta de milho no estágio V12.



Figura 16. Estádio V12: determinação do tamanho da espiga.



Figura 17. Estádio V12: planta de milho dissecada.



Figura 18. Estádio V12: número de fileiras de grãos já estabelecido.



Figura 19. Estádio V12: inflorescência feminina superior ainda é menor do que as inseridas mais abaixo.

do estágio V10 até o estágio V17. Os híbridos de maturação precoce geralmente passarão por esses estádios em um tempo mais curto e geralmente terão espigas menores do que os híbridos de maturação tardia. Portanto, maiores densidades de semeadura são necessárias para que os híbridos de maturação precoce tenham produções de sementes comparáveis aos de maturação tardia.

ESTÁDIO V15 – DÉCIMA QUINTA FOLHA

A planta de milho V15 (Figura 20 e Figura 21) está a aproximadamente 10-12 dias (seis estádios V) do estágio R1 (florescimento). Este estágio é o início do período mais crítico do desenvolvimento da planta em termos de determinação da produção de grãos.

O desenvolvimento das inflorescências femininas com inserção na parte superior da planta já superou aquele das inflorescências femininas de inserções mais baixas (Figura 22) e uma nova folha está sendo formada a cada um-dois dias. Nessa época, os estilos-estigmas estão começando a crescer nas inflorescências femininas localizadas na parte superior da planta (Figura 23).



Figura 20. Planta de milho no estágio V15.

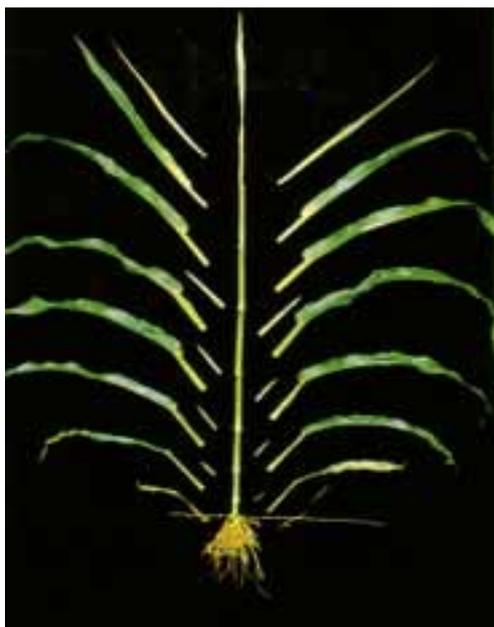


Figura 21. Estádio V15: planta de milho dissecada.

Em torno do estágio V17, as inflorescências femininas de inserções superiores devem ter crescido o suficiente para que suas pontas estejam visíveis (sem dissecação) na parte superior das bainhas foliares que as circundam. A extremidade do pendão deve também estar visível no estágio V17.

Guias de manejo – Estádio V15

Maior redução da produção de grãos resultará se ocorrer estresse hídrico entre duas semanas antes a duas semanas depois do florescimento em comparação com estresse similar em qualquer outro período de crescimento. A maior redução da produção de grãos resultará de estresse no florescimento (início do estágio R1), com reduções menores resultando quanto mais distante do flores-

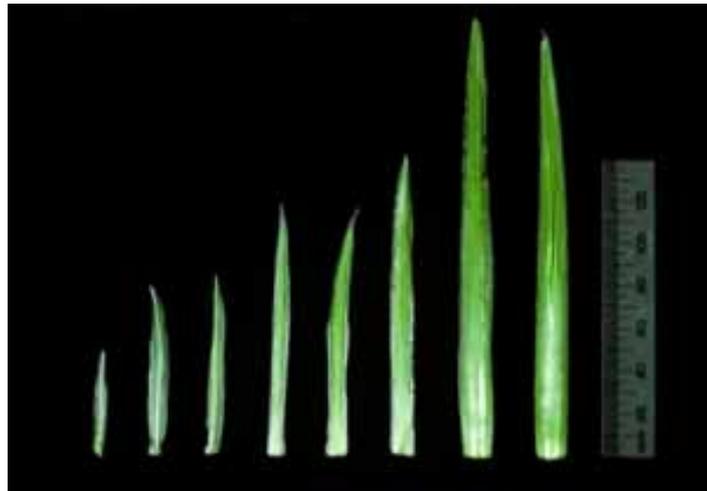


Figura 22. Maior desenvolvimento das inflorescências femininas com inserção na parte superior da planta, comparado às das inserções inferiores.



Figura 23. Estádio V15: estilos-estigmas começando a crescer nas inflorescências femininas superiores.

cimento o estresse ocorrer. Isto também é válido para outros tipos de estresse ambiental, tais como deficiências de nutrientes, altas temperaturas ou granizo. Este período de quatro semanas em torno do florescimento é a época mais importante para a irrigação¹⁹.

ESTÁDIO V18 – DÉCIMA OITAVA FOLHA

São mostrados detalhes do desenvolvimento da inflorescência feminina localizada na parte superior da planta na Figura 26 e Figura 27. Observe que os estilos-estigmas dos óvulos basais da inflorescência feminina são os primeiros a se alongar e os estilos-estigmas dos óvulos da ponta da espiga são os últimos a se alongar.

¹⁹ **Nota dos revisores:** A partir de 30 dias após a emergência até próximo ao florescimento o colmo e as folhas da planta de milho passarão por um período de grande alongação e crescimento, com acúmulo acentuado de matéria seca. A partir desse instante não mais ocorrerá diferenciação celular, mas apenas crescimento e multiplicação do número de células na planta. Caso venham a ocorrer períodos de estresse hídrico, ocorrerão colmos mais finos, menores e folhas de menor tamanho, acarretando menor capacidade de acúmulo de reservas, o que afetará a produção final da planta de milho. Enquanto a planta estiver com altura inferior a 30 cm, o consumo de água da planta raramente excede 3,0 mm dia⁻¹. Durante a maturação do grão esse consumo pode chegar a 7,5 mm dia⁻¹.

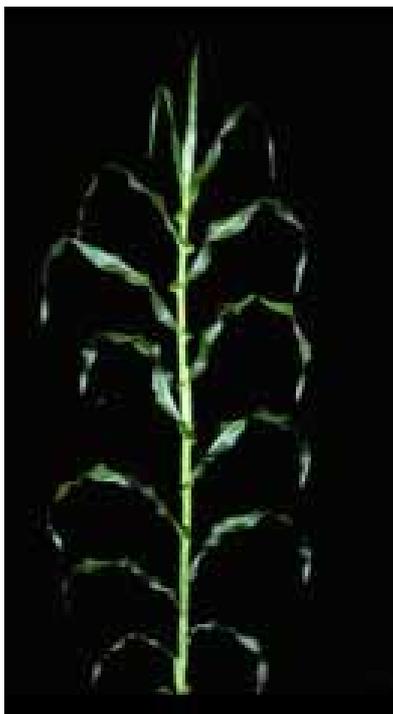


Figura 24. Planta de milho no estágio V18.



Figura 25. Estádio V18: planta de milho dissecada.

As ilustrações representam cerca de oito a nove dias de desenvolvimento da inflorescência feminina.

As raízes adventícias ou de sustentação (também denominadas raízes aéreas nodulares – Figura 31) estão agora crescendo a partir dos nós acima da superfície do solo. Elas ajudam a dar suporte para a planta e a explorar as camadas superficiais do solo em busca de água e nutrientes durante os estádios reprodutivos.

Guias de manejo – Estádio V18

A planta de milho agora está a uma semana do florescimento e o desenvolvimento da espiga está continuando rapidamente.

Estresse durante este período atrasa o desenvolvimento da espiga e dos óvulos mais do que o desenvolvimento do pendão. O atraso no desenvolvimento da espiga causará retardamento entre o



Figura 26. Estádio V18: desenvolvimento da inflorescência feminina localizada na parte superior da planta.

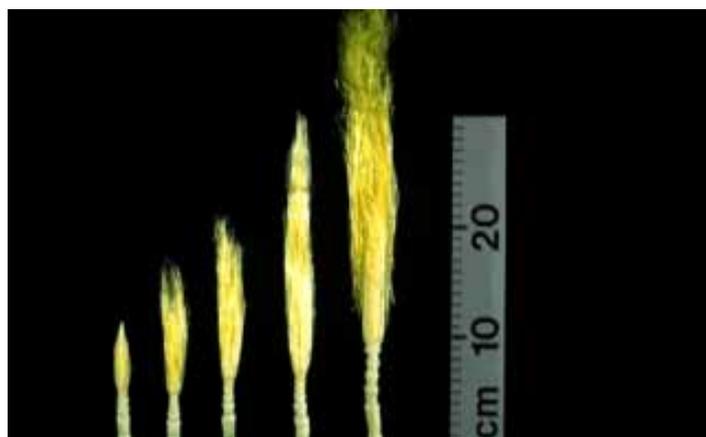


Figura 27. Estádio V18: os estilos-estigmas dos óvulos basais da inflorescência feminina são os primeiros a se alongar.

começo da polinização e o começo do florescimento. Se o estresse for suficientemente severo, pode atrasar o florescimento até que a polinização esteja parcialmente ou em grande parte concluída. Os óvulos que amadurecerem depois que a polinização estiver terminada não serão fertilizados e não contribuirão para a produtividade.

Os híbridos não-prolíficos (fortemente caracterizados pela produção de uma única espiga) terão produtividades gradualmente mais baixas com o aumento da exposição ao estresse, mas podem tender a ter produtividade mais alta do que os híbridos prolíficos sob condições sem estresse. Os híbridos prolíficos têm produtividades razoavelmente estáveis sob condições variáveis de estresse (exceto sob severo estresse) por que o desenvolvimento da espiga é menos inibido pelo estresse.

ESTÁDIO VT – PENDOAMENTO

O estágio VT (Figura 28 e Figura 29) inicia-se quando o último ramo do pendão está completamente visível e os estilos-estigmas ainda não emergiram (não são visíveis) (ver Figura 30). O estágio VT começa aproximadamente dois-três dias antes da emergência do cabelo, período durante o qual a planta de milho atingirá quase que sua altura total e começará a polinização²⁰.

²⁰ **Nota dos revisores:** A natureza protândrica do milho favorece a polinização cruzada; contudo, há alguma autofecundação. Cerca de 97% dos óvulos são polinizados por outras plantas (fecundação cruzada) e em apenas 3% ocorre a autofecundação.



Figura 28. Início do estágio VT: último ramo do pendão completamente visível.

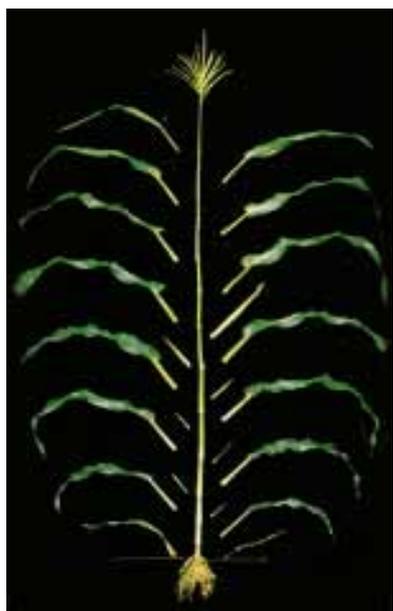


Figura 29. Estádio VT: planta de milho dissecada.

O período entre os estádios VT e R1 pode variar consideravelmente, dependendo do híbrido e das condições ambientais. Sob condições de campo, a polinização (também chamada de queda dos grãos de pólen) geralmente ocorre no fim da manhã e no começo da noite.

Guias de manejo – Estádio VT

Entre os estádios VT e R1 a planta de milho é mais vulnerável aos danos causados por granizo do que em qualquer outro período,

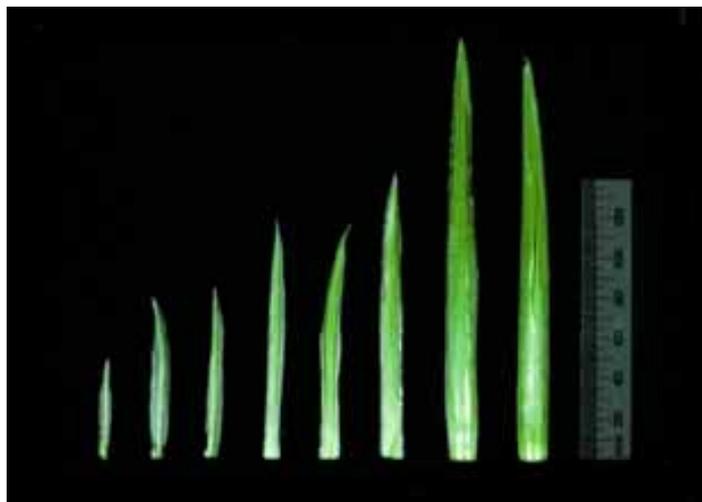


Figura 30. Estádio VT: estilos-estigmas ainda não são visíveis.



Figura 31. Raízes adventícias ou de sustentação crescem a partir dos nós acima da superfície do solo.

por que o pendão e todas as folhas estão completamente expostos. A remoção total das folhas pelo granizo neste estágio resultará em completa perda da produção de grãos.

O período da polinização se estenderá por uma a duas semanas. Durante este tempo, cada estilo-estigma deverá emergir para que a polinização e o desenvolvimento do grão ocorra²¹.

O crescimento e o desenvolvimento do pendão estão resumidos na Figura 32 e na Figura 33, desde o estágio V9 até a polinização.

²¹ **Nota dos revisores:** O grão de pólen é viável por até 24 horas a partir da sua liberação, quando as condições de temperatura e umidade relativa do ar são favoráveis. Apesar de sua dispersão durar até duas semanas, em média é de 5 a 8 dias, com um máximo no terceiro dia. O grão de pólen pode ser levado pelo vento até uma distância de 500 metros sem perder a viabilidade. Uma planta libera, em média, 2 milhões a 5 milhões de grãos de pólen para fertilizar aproximadamente 1.000 óvulos por planta. Tempo seco nessa fase é prejudicial, porque o estilo-estigma seca rapidamente e pode não conter umidade suficiente para permitir a germinação do tubo polínico e/ou a fecundação.

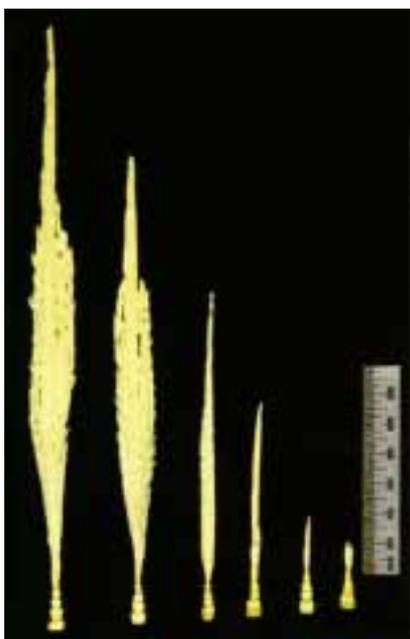


Figura 32. Estádio VT: crescimento e desenvolvimento do pendão.



Figura 33. Crescimento e desenvolvimento do pendão do estágio V9 até a polinização.

As Figuras 34 e 35 mostram um segmento do pendão antes e durante a polinização.



Figura 34. Segmento do pendão antes da polinização.



Figura 35. Segmento do pendão durante a polinização.

ESTÁDIOS REPRODUTIVOS E DESENVOLVIMENTO DOS GRÃOS

Os seis estádios reprodutivos discutidos aqui dizem respeito basicamente ao desenvolvimento do grão e de suas partes. Todas as descrições dos estádios referem-se ao início do estádio, a não ser nos casos em que se determinem outras condições. As descrições dos grãos dos estádios R2, R3 e R4 geralmente são aplicadas a todos os grãos da espiga, mas os grãos do meio da espiga devem ser aqueles usados para julgar o estádio. As descrições dos grãos dos estádios R5 e R6 referem-se a todos os grãos da espiga. A espiga de inserção mais alta de uma planta prolífica deve ser usada para julgar o estádio, a menos que o estádio das espigas de inserções mais baixas seja especificamente desejado.

Estádio R1 – florescimento

Estádio R2 – grão leitoso (10-14 dias após o florescimento)

Estádio R3 – grão pastoso (18-22 dias após o florescimento)

Estádio R4 – grão farináceo (24-28 dias após o florescimento)

Estádio R5 – grão farináceo-duro (35-42 dias após o florescimento)

Estádio R6 – maturidade fisiológica (55-65 dias após o florescimento).

ESTÁDIO R1 – FLORESCIMENTO

O estágio R1 começa quando qualquer estilo-estigma é visível fora da palha (Figura 36)²². A polinização ocorre quando os grãos de pólen que estão sendo liberados caem nos estilos-estigmas novos. Um grão de pólen capturado leva cerca de 24 horas para descer o estilo-estigma até o óvulo, local onde ocorre a fertilização e a formação do grão. Em geral, dois a três dias são necessários para que todos os estilos-estigmas de uma única espiga sejam expostos e polinizados. Os estilos-estigmas crescerão de 2,5 a 3,8 cm por dia e continuarão a alongar até que sejam fertilizados.

²² **Nota dos revisores:** Uma das formas de exploração da cultura do milho é a produção de minimilho. Também conhecido como “baby corn”, o minimilho é o nome dado à espiga jovem, em desenvolvimento, não-fertilizada, ou ao sabugo jovem da espiga de uma planta de milho. O ponto ideal de colheita do minimilho é no início do estágio R1. Geralmente se faz o despendoamento para evitar a fertilização e estimular a brotação de gemas laterais, o que possibilita a realização de duas a três colheitas por planta, dependendo da cultivar e da época de semeadura.

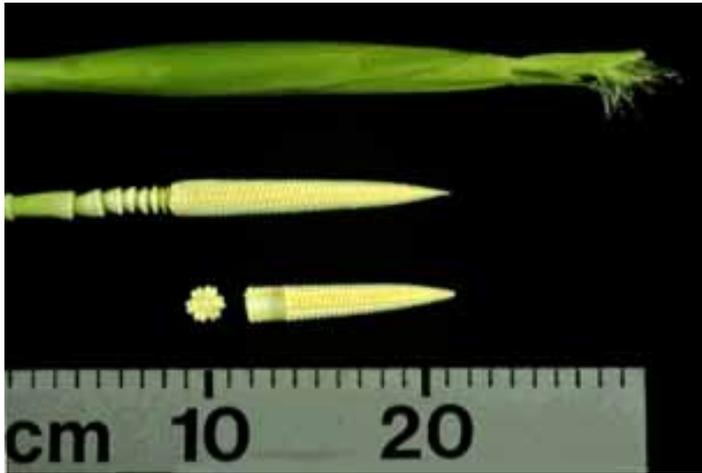


Figura 36. Início do estágio R1: estilo-estigma visível fora da palha.

O óvulo ou grão R1 é branco por fora e está quase completamente mergulhado ao redor dos materiais do sabugo (tecnicamente denominados glumas, lemas e páleas). O material interno do grão R1 é claro e tem muito pouco fluido presente. O embrião ou germe ainda não é visível quando o grão é dissecado com uma lâmina (ver Figura 37). A haste e a palha atingem tamanho total entre os estádios R1 e R2.

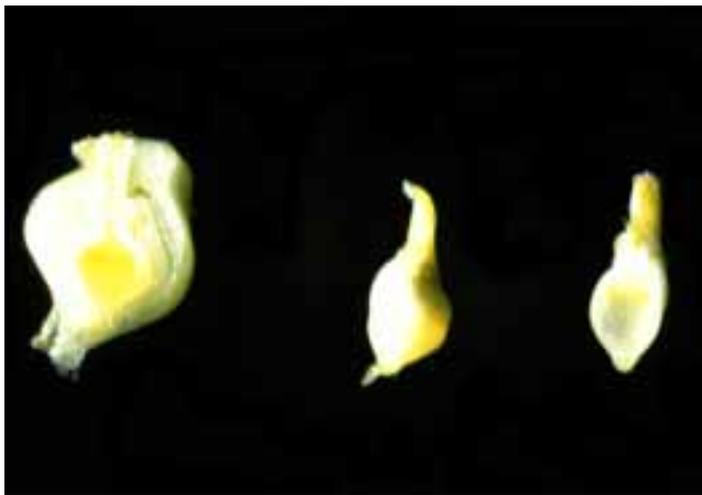


Figura 37. Da esquerda para a direita: grão R1 (1) com os materiais circundantes, (2) sem os materiais circundantes e (3) cortado ao meio para revelar o material interno.

A Figura 37 mostra (da esquerda para a direita) o grão R1 (1) com os materiais circundantes, (2) sem os materiais circundantes e (3) cortado ao meio para revelar o material interno. A Figura 38 revela a presença de cabelos, os quais podem ajudar a capturar o pólen.



Figura 38. Os cabelos podem ajudar a capturar os grãos de pólen.

Guias de manejo – Estádio R1 – florescimento

O número de óvulos que serão fertilizados está sendo determinado neste período. Os óvulos que não são fertilizados não produzirão grãos e, eventualmente, degenerarão.

O estresse ambiental neste período causa falhas na polinização e na formação do grão, especialmente o estresse hídrico, o qual tende a dessecar os estilos-estigmas e os grãos de pólen. O estresse normalmente resultará em espiga defeituosa, principalmente com a ponta chocha²³.

Observe a ocorrência de besouros e de lagartas das raízes do milho alimentando-se dos estilos-estigmas e proceda ao controle se necessário²⁴.

A absorção de potássio está basicamente completa e as absorções de nitrogênio e de fósforo estão rápidas. A análise foliar para verificar o teor de nutrientes na planta neste estágio está altamente correlacionada com a produção final de grãos e a resposta em termos de produção às aplicações de fertilizantes²⁵.

ESTÁDIO R2 – GRÃO LEITOSO (10-14 DIAS APÓS O FLORESCIMENTO)

Os grãos no estágio R2 são brancos externamente e lembram uma bolha em sua forma (Figura 39 e Figura 40). O endosperma e seu agora abundante fluido interno são de cor clara e o minúsculo embrião pode ser visto em cuidadosa dissecção. Embora o embrião ainda esteja se desenvolvendo lentamente nesta época, a radícula, o coleóptilo e a primeira folha embrionária já estão formados. Deste modo, dentro do embrião em desenvolvimento há uma miniatura de planta de milho se desenvolvendo.

²³ **Nota dos revisores:** Após o florescimento e o início da maturação dos grãos há uma combinação de redução na fotossíntese e um desbalanço na distribuição de açúcares em favor dos grãos. Estes acontecimentos, associados a estresses pós-florescimento (veranicos, solos compactados, tempo nublado, altas densidades, redução de área foliar), podem favorecer o desenvolvimento de fungos que causam as podridões do colmo.

²⁴ **Nota dos revisores:** Nesse estágio, duas pragas são muito importantes para a lavoura por causarem danos que vão desde a diminuição direta na produção até a perda da qualidade dos grãos: as lagartas da espiga e do cartucho. A forma adulta desses insetos faz suas posturas nos estigmas expostos; após a eclosão dos ovos, as larvas consomem os estigmas e os grãos da ponta da espiga. O milho doce e o milho verde podem ser rejeitados pelo consumidor que exige uma espiga de bom aspecto e livre de pragas. Os danos não compensam a adoção de métodos de controle químico. O controle biológico, por meio de inimigos naturais, é uma das formas eficientes de supressão das pragas, destacando-se a tesourinha (*Doru spp.*).

²⁵ **Nota dos revisores:** A análise foliar se constitui numa importante ferramenta de diagnose para o produtor checar a eficácia da adubação. O momento correto para a realização da análise foliar é quando ocorre o aparecimento da inflorescência feminina. Retira-se a folha imediatamente abaixo da espiga. São necessárias aproximadamente 30 folhas por hectare. As folhas devem ser colocadas em sacos de papel identificados e levadas imediatamente ao laboratório.



Figura 39. Estádio R2: grãos brancos externamente.



Figura 40. Estádio R2, da esquerda para a direita: grão (1) com os materiais circundantes, (2) intacto, como visualizado a partir do lado oposto ao embrião, (3) com o lado do embrião cortado longitudinalmente para revelar a parte frontal do embrião jovem e (4) cortado longitudinalmente através do centro.

Grande parte do grão já cresceu para fora dos materiais circundantes do sabugo no estágio R2 e o sabugo está próximo de seu tamanho total ou já o atingiu. Os estilos-estigmas, já tendo completado sua função de florescimento, agora estão escurecendo e começando a secar. A cor do estilo-estigma é influenciada pelas condições ambientais: condições quentes e secas proporcionam cabelos mais escuros.

A Figura 40 mostra (da esquerda para a direita) o grão R2 (1) com os materiais circundantes, (2) intacto, como visualizado a partir do lado oposto ao embrião, (3) com o lado do embrião cortado longitudinalmente para revelar a parte frontal do embrião jovem e (4) cortado longitudinalmente através do centro.

A Figura 41 mostra (da esquerda para a direita) grãos de espigas que estavam 7, 10, 12 (R2) e 18 (R3) dias após o florescimento. Cada fileira corresponde à mesma disposição mostrada para os grãos da Figura 40.

Guias de manejo – Estádio R2 – grão leitoso

O amido começou a se acumular no endosperma aquoso e os grãos estão começando um período de rápido e constante acúmulo de matéria seca ou de enchimento de grãos. Este rápido desenvolvimento dos grãos continuará até próximo do estágio R6. Embo-



Figura 41. Estádio R2, da esquerda para a direita: grãos de espigas com 7, 10, 12 (R2) e 18 (R3) dias após o florescimento.

ra o nitrogênio e o fósforo totais da planta estejam se acumulando rapidamente, a realocação desses nutrientes das partes vegetativas da planta para suas partes reprodutivas já se iniciou.

Os grãos apresentam agora cerca de 85% de umidade e seu teor de umidade gradualmente declinará desde este período até a colheita.

ESTÁDIO R3 – GRÃO PASTOSO (18-22 DIAS APÓS O FLORESCIMENTO)

Os grãos no estágio R3 apresentam coloração externa amarela e o fluido interno agora está leitoso devido ao acúmulo de amido (Figura 42). Embora seu desenvolvimento inicial seja lento, o embrião agora está crescendo rapidamente e é facilmente visualizado quando da dissecação. A maior parte dos grãos no estágio R3 já cresceu para fora dos materiais circundantes do sabugo e os cabelos nesta época estão marrons e secos ou começando a secar.



Figura 42. Estádio R3: Grãos com coloração externa amarela e fluido interno leitoso devido ao acúmulo de amido.

A Figura 43 mostra (da esquerda para a direita) o grão R3 (1) com os materiais circundantes, (2) intacto, como visualizado a partir do lado oposto ao embrião, (3) cortado longitudinalmente para

revelar a parte frontal do embrião jovem e (4) cortado longitudinalmente através do centro.

A Figura 44 mostra espigas cortadas (da esquerda para a direita) nos estádios R3, R4 e R5.



Figura 43. Estádio R3, da esquerda para a direita: grão (1) com os materiais circundantes, (2) intacto, como visualizado a partir do lado oposto ao embrião, (3) cortado longitudinalmente para revelar a parte frontal do embrião jovem e (4) cortado longitudinalmente através do centro.



Figura 44. Da esquerda para direita: espigas cortadas nos estádios R3, R4 e R5.

Guias de manejo – Estádio R3 – grão pastoso

Os grãos estão agora em sua fase de rápido acúmulo de matéria seca e têm cerca de 80% de umidade. As divisões celulares dentro do endosperma estão basicamente completas em torno do

estádio R3; portanto, o crescimento agora é devido, em sua maior parte, à expansão celular e ao enchimento das células com amido.

A produção final depende do número de grãos que se desenvolverão e do tamanho e peso finais dos grãos. Embora não seja tão severo como no estágio R1, o estresse agora ainda pode ter profundo efeito sobre a produção devido à redução de ambos esses fatores. À medida que os grãos amadurecem, a porcentagem de redução da produção potencial devida a estresse torna-se menor²⁶.

ESTÁDIO R4 – GRÃO FARINÁCEO (24-28 DIAS APÓS O FLORESCIMENTO)

O acúmulo contínuo de amido no endosperma agora faz com que o fluido interno leitoso fique mais espesso, atingindo uma consistência pastosa (Figura 45). Geralmente, quatro folhas embrionárias já se formaram até esse momento e o embrião no estágio R4 aumentou bastante em tamanho desde o estágio R3. O sabugo é de um vermelho-claro a rosa devido ao início de mudança de coloração dos materiais circundantes (lemas e páleas).



Figura 45. Estádio R4: grãos farináceos, com consistência pastosa.

Até o meio do estágio R4, a largura do embrião vai aumentar até atingir cerca de mais da metade da largura do grão. Os grãos devem ser dissecados longitudinalmente através do centro, como foi feito com o grão mais à direita na Figura 46, para que isso possa ser observado. A redução do fluido e o aumento dos sólidos dentro do grão nesta época produzem uma consistência de massa.

Um pouco antes do estágio R5, os grãos ao longo do comprimento da espiga começam a ficar farináceo-duros ou a secar na parte superior. A quinta e última folha embrionária e as raízes seminais laterais já estão formadas nesta época. Essas cinco folhas embrionárias são as mesmas primeiras folhas que aparecerão no próximo plantio após a germinação no estágio VE.

²⁶ **Nota dos revisores:** No estágio R3 as espigas já podem ser colhidas para serem comercializadas como milho verde. A comercialização na forma de atacado é feita por meio de sacas de 25 kg e no varejo, em bandejas de isopor contendo, em média, cinco espigas. As espigas são muito perecíveis, perdendo rapidamente o sabor em razão da transformação da sacarose em amido nos grãos. A 21° C, o teor de sacarose pode ser reduzido em mais de 30% ao dia. As características desejáveis em uma cultivar de milho verde são: espigas grandes, cilíndricas, bem empalhadas e bem granadas, grãos tipo dentado, cor clara, cabelo solto, sabugo de coloração branca e grãos com endurecimento lento, possibilitando uma colheita demorada.

Guias de manejo – Estádio R4 – grão farináceo

O embrião continua a se desenvolver muito rapidamente durante este estágio. Os grãos agora têm cerca de 70% de umidade e já acumularam cerca de metade de seu peso seco da maturação.

ESTÁDIO R5 – GRÃO FARINÁCEO-DURO (35-42 DIAS APÓS O FLORESCIMENTO)

No estágio R5 todos ou quase todos os grãos estão farináceo-duros e o sabugo está vermelho-escuro (Figura 48). Os grãos estão secando agora, começando na ponta, onde uma camada branca e dura de amido está se formando. Esta camada de amido aparece logo depois que os grãos ficam farináceo-duros como uma linha ao longo do grão quando ele é visto do lado oposto ao embrião (ver Figura 49). Com a maturidade, a camada dura e a linha de amido avançarão em direção à base do grão (em direção ao sabugo). Devido ao fato de o amido acumulado ser duro acima da linha mas ainda macio abaixo dela, pressionar o grão com a unha do polegar pode ajudar sua detecção.



Figura 48. Estádio R5: todos ou quase todos os grãos estão farináceo-duros.

A Figura 49 detalha o desenvolvimento da linha de amido nos grãos e nos cortes de grãos desde o estágio R4 (à esquerda), passando por três estágios avançados de R5. Os grãos foram cortados lateralmente a partir das áreas de sua ponta, do meio e da base.

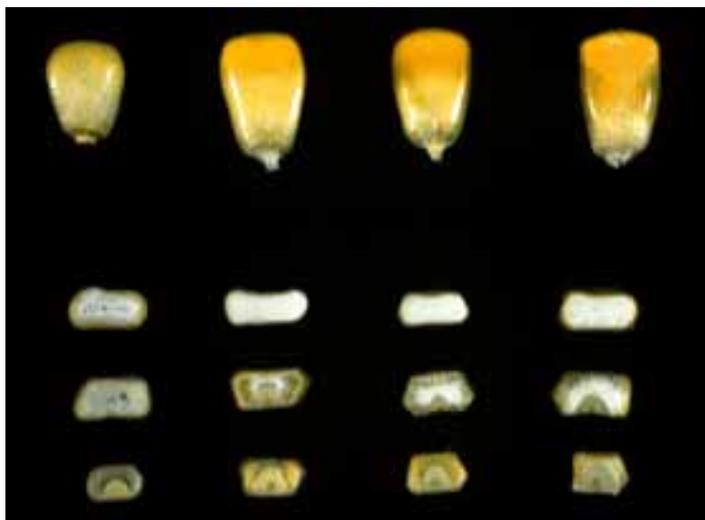


Figura 49. Desenvolvimento da linha de amido nos grãos e nos cortes de grãos desde o estágio R4 (à esquerda), passando por três estágios avançados de R5. Os grãos foram cortados lateralmente a partir das áreas de sua ponta, do meio e da base.

Guias de manejo – Estádio R5 – grão farináceo-duro

Se ocorrer estresse neste estágio haverá redução da produção devido à redução do peso dos grãos e não do número de grãos. Uma geada forte antes do estágio R6 pode interromper o acúmulo de matéria seca e causar formação prematura da camada preta (ver estágio R6). Isto também pode reduzir a produtividade por causar atraso nas operações de colheita devido ao fato de o milho danificado por geada demorar a secar.

No início do estágio R5, os grãos têm cerca de 55% de teor de umidade.

ESTÁDIO R6 – MATURIDADE FISIOLÓGICA (55-65 DIAS APÓS O FLORESCIMENTO)

O estágio R6 (Figura 50) é atingido quando todos os grãos da espiga tiverem atingido seu máximo peso seco ou máximo acúmulo de matéria seca.

A camada dura de amido já avançou completamente para o sabugo e uma camada preta ou marrom de abscisão se formou (Figura 51). A formação da camada preta ocorre progressivamente a partir dos grãos da ponta da espiga até aqueles que se encontram na base dela. Também é uma boa indicação do máximo peso seco (maturidade fisiológica) e sinaliza o final do crescimento dos grãos. As palhas e muitas folhas não estão mais verdes, embora o colmo ainda possa estar²⁷.

A Figura 52 mostra um grão no estágio R6 no lado oposto ao do embrião (esquerda) e cortes feitos lateralmente a partir das áreas de sua ponta, do meio e da base.

Guias de manejo – Estádio R6 – maturidade fisiológica



Figura 50. Estádio R6: todos os grãos da espiga estão com seu máximo peso seco ou máximo acúmulo de matéria seca.

²⁷ Nota dos revisores: Do florescimento até a maturidade fisiológica decorrem aproximadamente 50 dias, podendo variar de 40 a 60 dias dependendo das condições climáticas.

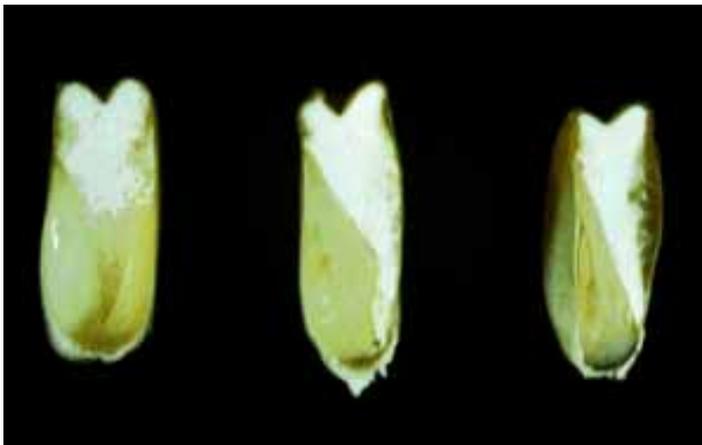


Figura 51. Estádio R6: a camada dura de amido já avançou completamente para o sabugo e formou-se uma camada preta ou marrom de abscisão.



Figura 52. Grão no estágio R6 no lado oposto ao do embrião (esquerda) e cortes feitos lateralmente a partir das áreas de sua ponta, do meio e da base (à direita).

O teor de umidade médio do grão no estágio R6 (formação da camada preta) é de 30-35%; porém, isto pode variar consideravelmente entre híbridos e dependendo das condições ambientais. O grão ainda não está pronto para um armazenamento seguro, o que requer teor de umidade de 13-15% para milho em espiga. A colheita no estágio R6 ou logo após este estágio seria muito dispendiosa por que a secagem dos grãos é cara. Poderia ser vantajoso deixar que a cultura secasse parcialmente no campo após o estágio R6 antes de colhê-la, desde que as perdas no campo não se tornem um problema. A taxa de secagem no campo após o estágio R6 depende do híbrido e do ambiente.

Para fazer silagem, proceda à colheita no estágio R6 ou um pouco antes²⁸.

²⁸ **Nota dos revisores:** Pode-se realizar a silagem da planta inteira ou fazer somente a silagem dos grãos, quando estes ainda estão úmidos. A planta de milho estará pronta para ser cortada para silagem quando apresentar teor de matéria seca de 30% a 40%, ou seja, teor de umidade de 70% a 60%. Nesse ponto, o grão de milho está no estágio farináceo-duro (linha do leite em 2/3 do grão). A produção máxima de matéria seca ocorre em torno do teor de 35%. Abaixo de 30% de matéria seca a silagem apresentará problemas de efluentes, devido ao excesso de umidade; acima de 40% de matéria seca haverá comprometimento da compactação da silagem, o que prejudicará a fermentação e a qualidade final da silagem. Já na silagem de grãos úmidos, o momento ideal é quando aparece a camada preta na extremidade do grão.

²⁹ **Nota dos revisores:** Os nutrientes essenciais ao desenvolvimento de uma planta de milho são os não-minerais (C, H, O) fornecidos pelo ar e pela água e os minerais, que são fornecidos pelo solo. Estes últimos estão divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), absorvidos em grandes quantidades e em micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn), absorvidos em pequenas quantidades.

CONCLUSÕES

COMO UMA PLANTA DE MILHO SE DESENVOLVE

A planta de milho aumenta de peso lentamente durante seu ciclo. Mas, à medida que mais folhas são expostas à luz solar, ocorre um aumento gradual da taxa de acúmulo de matéria seca.

As folhas da planta são produzidas primeiro, seguidas das bainhas das folhas, do colmo, da palha, do pedúnculo da espiga, dos estilos-estigmas, do sabugo e, finalmente, dos grãos. Por volta do estágio V10 já há suficiente número de folhas expostas à luz solar para que a taxa de acúmulo de matéria seca seja rápida.

Sob condições favoráveis, esta rápida taxa de acúmulo de matéria seca nas partes da planta que estão acima da superfície do solo continuará em uma taxa diária praticamente constante até próximo da maturidade (ver Figura 53).

A divisão celular nas folhas ocorre na região de crescimento da ponta da lâmina foliar. As folhas ficam maiores, se tornam verdes e aumentam seu peso seco à medida que elas emergem do verticilo e são expostas à luz, mas não ocorre divisão celular ou crescimento das folhas depois que elas são expostas. Todas as folhas atingem seu tamanho final em torno do estágio V12, mas somente cerca de metade das folhas estão expostas à luz solar.

Se uma planta de milho cresce sob condições de baixa densidade de semeadura, isto pode resultar em prolificidade. O aumento do número de plantas em uma dada área reduz o número de espigas por planta e o número de grãos por espiga. Esta redução é maior para alguns híbridos do que para outros. A produção de grãos por hectare aumentará com o aumento do número de plantas por hectare até que a vantagem do maior número de plantas por hectare seja suplantada pela redução do número de grãos por planta. A população de plantas ótima é diferente para diferentes híbridos e diferentes condições ambientais.

As maiores produtividades serão obtidas somente quando as condições ambientais forem favoráveis em todos os estádios de crescimento da planta.

As condições desfavoráveis nos estádios iniciais de crescimento podem limitar o tamanho das folhas (a fábrica fotossintetizadora). Nos estádios mais avançados, as condições desfavoráveis podem reduzir o número de estilos-estigmas produzidos, o que resultará em baixa polinização dos óvulos e restringirá o número de grãos que se desenvolverão; ou então, o crescimento pode ser interrompido prematuramente e restringir o tamanho dos grãos produzidos.

NUTRIENTES/FERTILIZAÇÃO

Absorção de nutrientes

A maior parte do peso seco da planta consiste de materiais orgânicos carbônicos resultantes da fotossíntese e dos processos subsequentes. Pelo menos 13 elementos nutricionais devem ser absorvidos para que a planta de milho cresça e se desenvolva normalmente²⁹. O suprimento adequado de cada nutriente em cada estágio é essencial para o crescimento ótimo em todos os estádios.

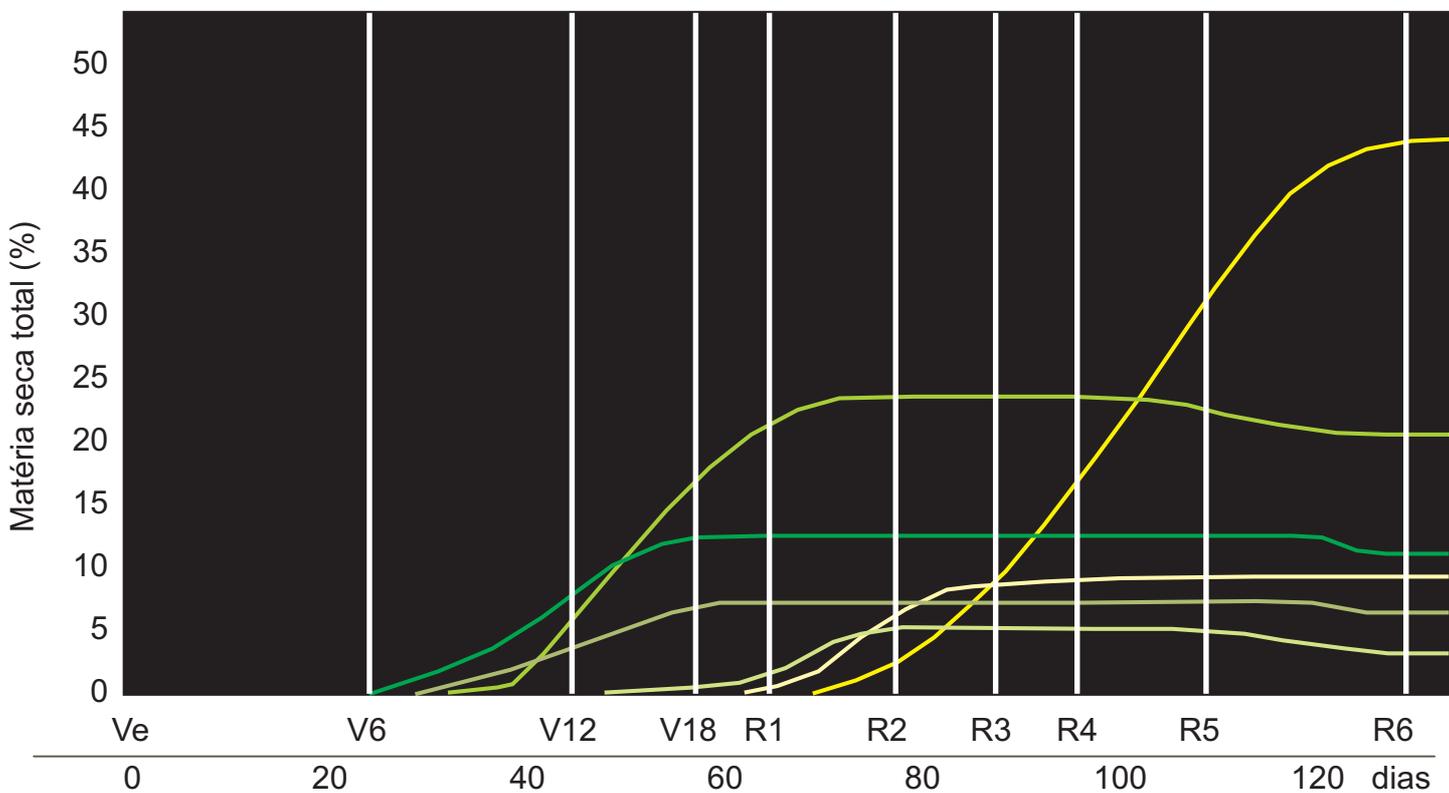
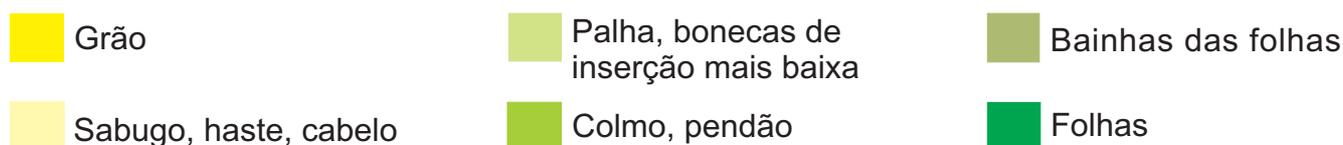
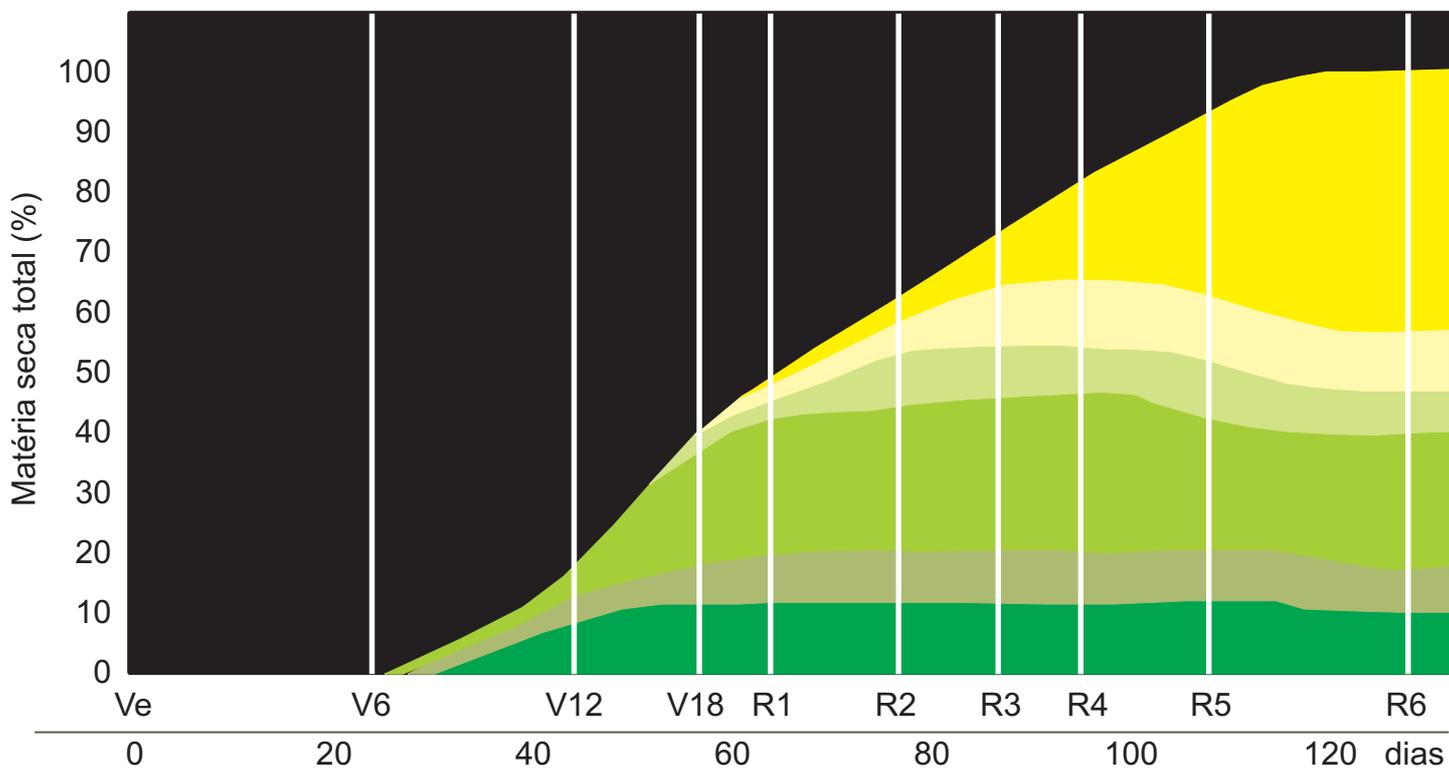
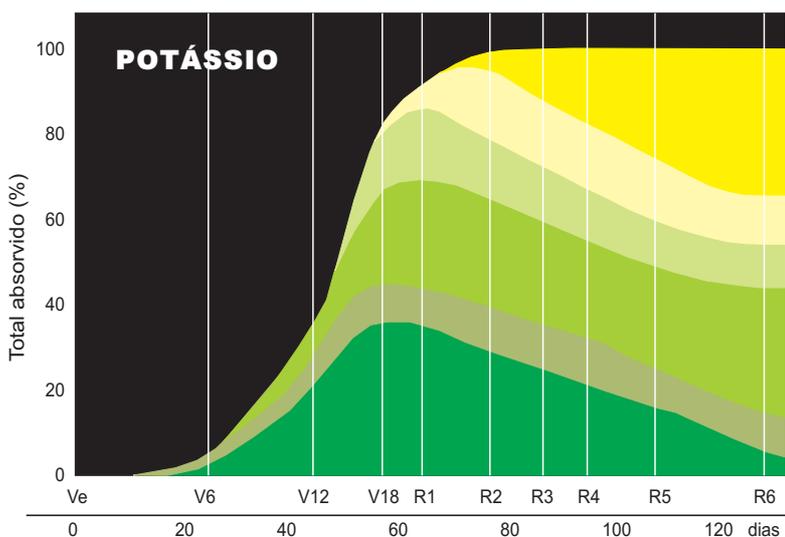
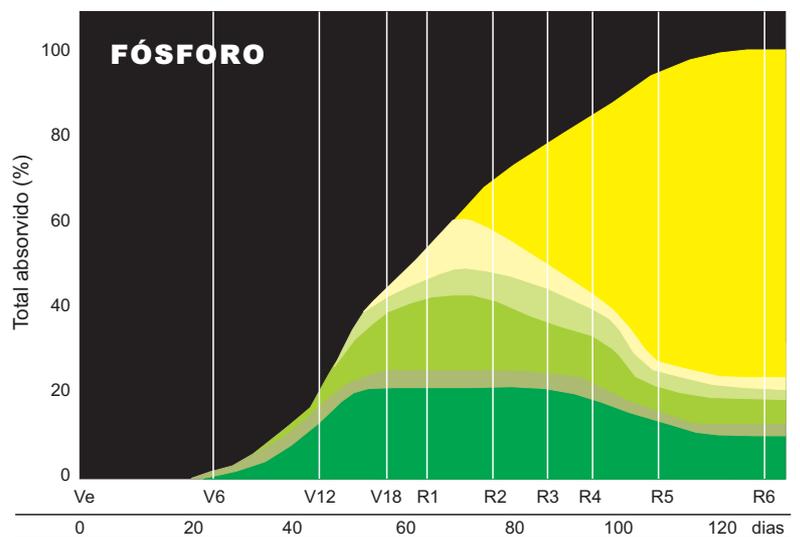
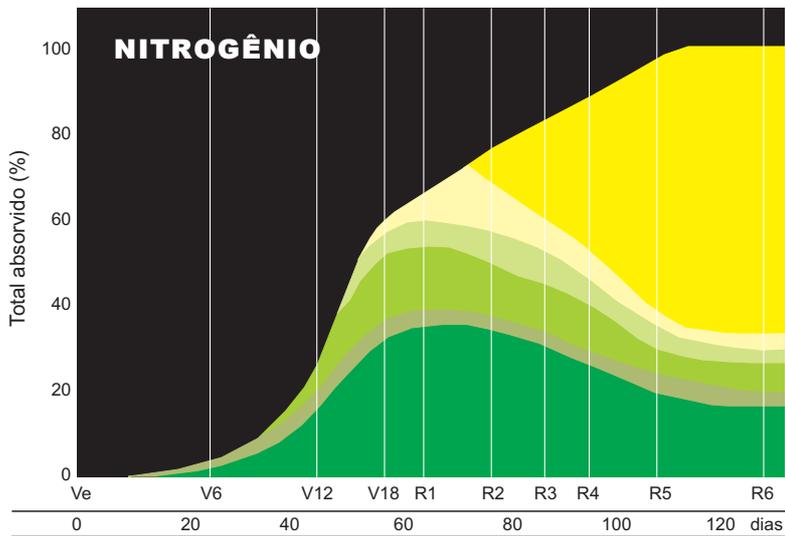


Figura 53. O acúmulo de matéria seca nas partes da planta que estão acima da superfície do solo continua a uma taxa diária praticamente constante até próximo da maturidade.



- | | | |
|---|---|--|
|  Grão |  Palha, bonecas de inserção mais baixa |  Bainhas das folhas |
|  Sabugo, haste, cabelo |  Colmo, pendão |  Folhas |

Figura 54. O padrão sazonal de acúmulo de nutrientes na planta é semelhante ao de acúmulo de matéria seca.

O padrão sazonal do acúmulo de nutrientes na planta é semelhante ao do acúmulo de matéria seca (ver Figura 54). Entretanto, a absorção de nutrientes começa antes mesmo de a planta emergir do solo. As quantidades de nutrientes absorvidas no início do ciclo da planta são pequenas, mas as concentrações de nutrientes no solo que circunda as raízes da pequena planta naquele estágio geralmente devem ser altas.

A absorção de potássio é completada logo após o florescimento (ver Figura 55), mas a absorção dos outros nutrientes essenciais, tais como nitrogênio e fósforo, continua até próximo da maturidade³⁰. Grande parte do nitrogênio, do fósforo e de alguns outros nutrientes é translocada das partes vegetativas da planta para o grão em desenvolvimento posteriormente no ciclo. Esta translocação pode resultar em deficiências de nutrientes nas folhas, a menos que a quantidade adequada de nutrientes esteja disponível para a planta durante aquele período.

Uma grande parte do nitrogênio e do fósforo absorvidos pela planta é removida nos grãos que são colhidos, mas a maior parte do potássio absorvido é devolvida ao solo pelas folhas, colmos e outros resíduos da planta, a não ser que essas partes da planta sejam removidas para fazer silagem ou outras formas de alimentação³¹.

Apliação de fertilizantes

Embora apenas quantidades relativamente pequenas de nutrientes provenientes de fertilizantes sejam requeridas nos estádios iniciais de crescimento da planta, altas concentrações de nutrientes na zona radicular nesta época são benéficas para promover o crescimento inicial da planta. Este é o período no qual todas as diferentes partes da planta estão sendo iniciadas e começam a crescer. Mesmo que a quantidade de nutrientes em absorção seja relativamente pequena, o tamanho final das folhas, das espigas e de outras partes da planta depende, em grande parte, da existência de suprimento adequado de nutrientes disponíveis para a planta durante esta parte inicial do seu ciclo.

Durante o crescimento inicial, o sistema radicular é limitado e o solo geralmente está frio. O sistema radicular seminal, que está alongando quando a planta emerge do solo, funciona como o sistema radicular principal durante as primeiras semanas após a emergência da planta. A colocação de fertilizantes em uma faixa a cerca de 5 cm lateralmente à semente e ligeiramente abaixo dela é importante para que as raízes seminais possam interceptar essa faixa de fertilizantes. As raízes vão se ramificar e proliferar dentro e perto da faixa de fertilizantes após seu contato com ela; mas as raízes não são atraídas para a faixa de fertilizantes e, portanto, os fertilizantes devem ser colocados onde as raízes estarão.

A colocação dos fertilizantes muito perto das sementes pode resultar em danos por salinização à pequena planta.

Em estádios mais avançados de crescimento, as plantas requerem quantidades de nutrientes muito maiores. Esses nutrientes devem estar em solo úmido para que ocorra absorção efetiva pelas raízes. Para todos os sistemas de cultivo, um solo que tenha revelado em análise altos teores de fósforo e de potássio deve fornecer quantidades adequadas de nutrientes e a localização dos fertilizantes não é uma das maiores preocupações. Para sistemas de cultivo conservacionistas em solos pobres em fósforo e em potássio, a aplicação de fertilizantes fosfatados e potássicos em faixas a uma profundidade de 15-20 cm pode ser mais vantajosa do que a aplicação a lanço³². A época e a localização dos fertilizantes nitrogenados devem ser baseadas na maior eficiência, minimizando as perdas potenciais e se ajustando ao sistema de produção³³.

As raízes nodulares começam a se desenvolver acima do nó do coleóptilo ao redor do estágio VE. Dentro de duas ou três semanas após a emergência da planta, as raízes nodulares tornam-se o principal sistema radicular da planta. Este sistema radicular nodular torna-se bem distribuído no solo, então a localização precisa do fertilizante é menos crítica após o desenvolvimento dessas raízes.

Deve-se tomar cuidado para que as raízes não sejam destruídas pelo cultivo ou pela colocação dos fertilizantes em linhas ao lado das sementes depois que o sistema radicular da planta estiver estabelecido.

COMO UMA PLANTA DE MILHO SE DESENVOLVE

RESUMO

A quantidade de grãos produzida pela planta de milho dependerá da taxa e do período de tempo de acúmulo de matéria seca. Tire vantagem dessas implicações utilizando esses indicadores para obter altas produtividades:

- Aplique os fertilizantes de acordo com as análises de solo para o nível de produtividade que você deseja;
- Selecione o híbrido que melhor se adapte às condições de sua propriedade.
- Escolha a população correta no espaçamento correto (densidade);
- Elimine a competição das invasoras, das doenças e dos insetos;
- Execute todas as outras práticas culturais para maximizar a taxa e o período de tempo de acúmulo de matéria seca no grão.

³⁰ **Nota dos revisores:** Em média, para cada tonelada de grãos produzida, a planta de milho extrai do solo 24,9 kg de nitrogênio, 5,9 kg de fósforo, 26,7 kg de potássio, 6,6 kg de cálcio, 7,9 kg de magnésio, 2,5 kg de enxofre, 66,6 g de zinco, 21 g de boro e 21,2 g de cobre.

³¹ **Nota dos revisores:** Considerando uma tonelada de grãos produzida, do total extraído do solo pela planta de milho, são exportados para os grãos 15,6 kg de nitrogênio, 4,8 kg de fósforo, 5,1 kg de potássio, 0,4 kg de cálcio, 2,2 kg de magnésio, 1,2 kg de enxofre, 24,4 g de zinco, 3,8 g de boro e 2,1 g de cobre.

³² **Nota dos revisores:** Atualmente no Brasil, com o cultivo contínuo de soja causando alta exportação de potássio, o uso de fórmulas com baixas concentrações de potássio, culturas com alta produtividade e o maior uso do milho para silagem, tem-se aumentado a dose recomendada de potássio para a lavoura de milho. Entretanto, para não ocorrerem danos à semente, a dose máxima na linha de adubação não deve ultrapassar 50 kg ha⁻¹. O fósforo é um nutriente de baixa solubilidade e que se movimenta apenas alguns milímetros do ponto de aplicação. Logo, melhores respostas são obtidas quando se coloca o adubo fosfatado na linha de semeadura.

³³ **Nota dos revisores:** Parte do nitrogênio é aplicada no sulco de semeadura e o restante em uma ou duas adubações de cobertura. O adubo deve ser incorporado entre 5 cm e 10 cm de profundidade e a uma distância de 20 cm da linha de milho. Quando for realizar uma adubação de cobertura, esta deve ser efetivada quando a planta estiver com quatro a seis folhas abertas. Quando for realizar duas adubações de cobertura, a primeira deve ser efetivada quando a planta estiver com três e quatro folhas abertas e a segunda adubação deve ser realizada um pouco mais distante da linha de milho (aproximadamente 30 cm), quando a planta estiver com seis a oito folhas abertas. Normalmente se faz uma adubação de cobertura quando se utilizam doses baixas e médias de N (até 100-120 kg ha⁻¹) e em solos com textura média e argilosa. A adubação nitrogenada de cobertura é parcelada quando se utilizam doses elevadas de N (acima de 120 kg ha⁻¹), em solos de textura arenosa e em áreas sujeitas a chuvas de alta intensidade. Em áreas onde está ocorrendo a implantação do sistema plantio direto pode ocorrer deficiência de nitrogênio nas fases iniciais. Nessas situações é recomendável antecipar a adubação de cobertura para próximo da época de semeadura, ou antes da semeadura em solos argilosos com alto teor de matéria orgânica.