

Como a Planta de Soja se Desenvolve

O crescimento e o desenvolvimento da soja são medidos pela quantidade de massa seca (matéria seca) acumulada na planta. Com exceção da água, a massa seca consiste em tudo que se encontra na planta, incluindo carboidratos, proteínas, lipídeos e nutrientes minerais. A planta de soja produz a maior parte da sua massa seca por meio de um processo único, denominado fotossíntese. Durante a fotossíntese, a energia luminosa gerada pelo sol promove um processo no interior da planta, onde o dióxido de carbono proveniente do ar junto com a água proveniente do solo combinam-se para produzir açúcares (compostos carbonados longos). Esses açúcares produzidos pela fotossíntese, junto com os nutrientes minerais obtidos do solo, são os ingredientes básicos necessários para a elaboração dos carboidratos, proteínas e lipídeos da matéria seca.

Na prática, o crescimento, desenvolvimento e rendimento da soja resultam da interação entre o potencial genético de um determinado cultivar com o ambiente. Existe interação perfeita entre a planta de soja e o ambiente, de maneira que, quando ocorrem mudanças no ambiente, também ocorrem no desenvolvimento da planta.

Todos os cultivares têm um potencial máximo de rendimento que é geneticamente determinado. Esse potencial de rendimento genético somente é obtido quando as condições ambientais são perfeitas, sendo que estas não existem naturalmente. Em condições de campo, a natureza proporciona a maior parte das influências ambientais sobre o desenvolvimento e rendimento da soja. Entretanto, os produtores, através de práticas de manejo já comprovadas, podem manipular o ambiente de produção.

Logo, é tarefa do produtor providenciar o melhor ambiente possível para o crescimento da soja, usando práticas de manejo tais como cultivo e adubação criteriosa do solo, seleção dos cultivares e densidade de plantas mais adequada, controle das plantas daninhas e das pragas, além de muitas outras.

As combinações dessas práticas variam em diferentes situações de produção e níveis de manejo. Entretanto, independente de uma situação específica, o produtor precisa saber como a soja cresce e se desenvolve. O produtor que conhece a planta de soja pode usar de maneira mais eficiente as práticas de manejo para obter maiores rendimentos e lucros.

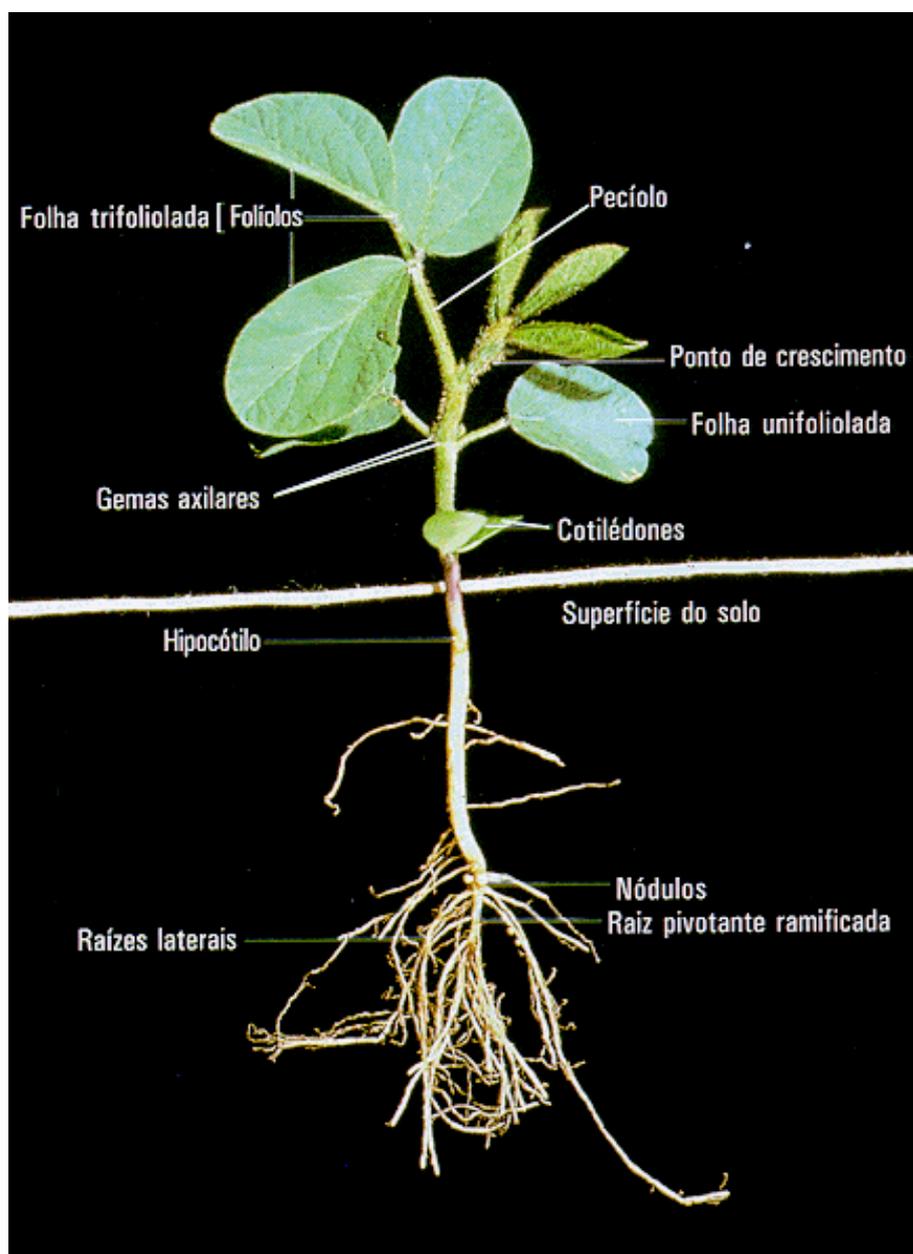


Figura 1. Plântula de soja.

Ilustrando o Desenvolvimento de uma Planta de Soja

Os cultivares de soja são classificados quanto ao seu hábito de crescimento (forma e estrutura morfológica) e pelos seus requerimentos em comprimento de dia e temperatura, necessários para iniciar o desenvolvimento floral ou reprodutivo. O hábito de crescimento indeterminado¹ é típico na maioria dos cultivares de soja utilizados no Cinturão do Milho nos EUA, sendo caracterizado pela continuação do crescimento vegetativo após o início do florescimento. O hábito de crescimento determinado² caracteriza-se pela finalização do crescimento vegetativo a partir do início do florescimento, sendo típico das variedades cultivadas no Sul dos EUA.

A classificação quanto à maturidade ou ciclo de maturação é baseada na adaptabilidade de um cultivar de soja em utilizar efetivamente a estação de crescimento de uma determinada região. Nos EUA, as regiões de adaptação dos diferentes cultivares são delimitadas por longos cinturões (faixas) no sentido Leste-Oeste, porém, relativamente curtos no sentido Norte-Sul (160 a 240 quilômetros de distância). Os cultivares de soja norte-americanos são classificados em diferentes grupos de maturação, os quais recebem como identificação a numeração de 00 a VIII, conforme a sua região de adaptação. Assim, os cultivares de soja mais adaptados às regiões mais ao Norte dos EUA (Norte dos Estados de Minnesota e Dakota do Norte) pertencem ao grupo de maturação 00, enquanto os cultivares mais adaptados às regiões mais ao Sul (incluindo a Flórida e os Estados da Costa do Golfo) pertencem ao grupo de maturação VIII. A maioria dos cultivares pertencentes aos grupos de maturação 00 a IV possui hábito de crescimento indeterminado, enquanto a maioria pertencente aos grupos de maturação V a VIII apresenta, principalmente, hábito de crescimento determinado³.

As figuras, tabelas, gráficos e discussões apresentados neste artigo represen-

tam um cultivar de soja com hábito de crescimento indeterminado pertencente ao grupo II de adaptação, cultivado na região central do Estado de Iowa. Plantas típicas de soja cultivadas no Cinturão do Milho seguiram o mesmo padrão geral de desenvolvimento mostrado e descrito nesta publicação. Porém, o tempo específico de duração entre os estádios de desenvolvimento, o número de folhas formadas e a altura da planta podem variar de acordo com os diferentes cultivares, estações de crescimento (clima), regiões de cultivo, datas (épocas) e padrões de semeadura. Por exemplo:

1. Um cultivar de maturação precoce pode formar menos folhas ou evoluir através das diferentes fases de desenvolvimento a uma taxa mais rápida que a indicada aqui, principalmente quando semeado em época tardia. Um cultivar de maturação tardia pode formar mais folhas ou desenvolver-se mais lentamente que o indicado aqui.
2. Para qualquer cultivar, a taxa de desenvolvimento da planta está diretamente relacionada à temperatura. Assim, a duração de tempo entre os diferentes estádios será variável conforme as variações de temperatura entre e dentro da estação de crescimento.
3. Deficiências de nutrientes, de umidade e outras condições estressantes à planta podem prolongar o tempo de duração entre os estádios vegetativos, porém, encurtam o tempo entre as fases reprodutivas.
4. A soja cultivada em altas densidades tende a crescer mais em altura, ramificar menos e produzir menores quantidades de vagens e sementes por planta que aquela cultivada em baixas densidades. Em altas densidades a soja também terá maior altura de inserção das primeiras vagens e maior tendência a acamar.

As figuras a seguir mostram plantas e partes da planta em diferentes estádios de desenvolvimento morfológico. To-

das as plantas cresceram no campo, com exceção dos estádios relativos à germinação e emergência das plântulas, que ocorreram em condições de casa de vegetação, porém, foram fotografadas em laboratório. As partes de uma planta jovem de soja e respectivos nomes científicos são apresentados na Figura 1.



¹ **Nota do tradutor:** As principais características da planta com hábito de crescimento indeterminado são: a) não apresenta o rácimo terminal na haste principal; b) a gema terminal continua sua atividade vegetativa simultaneamente à fase reprodutiva da planta; c) o florescimento inicia-se no 4º ou 5º nó da haste principal e progride para baixo e para cima; d) no início do florescimento apresenta apenas 50% a 60% da sua altura final; e) para as condições brasileiras, esse tipo é mais adaptado a solos de baixa a média fertilidade em virtude de apresentar maiores tempo de vegetação, crescimento radicular e altura da planta, não sendo recomendável o seu uso em solos de alta fertilidade devido a maior tendência ao acamamento.

² **Nota do tradutor:** As principais características da planta com hábito de crescimento determinado são: a) a haste principal termina com rácimo terminal; b) a gema apical termina a sua atividade vegetativa com o início do florescimento; c) o florescimento inicia-se no 4º ou 5º nó da haste principal e progride em direção ao seu ápice; d) na floração a planta já atingiu cerca de 87% a 90% de sua altura e matéria seca finais; e) para as condições brasileiras, esse tipo é mais adaptado a solos de melhor fertilidade.

³ **Nota do tradutor:** No Brasil, ainda não existe uma classificação quanto à duração do ciclo de maturação fundamentada na adaptabilidade dos cultivares às diferentes latitudes das regiões produtoras de soja, como a existente nos EUA.

Identificando os Estádios de Desenvolvimento

O sistema de representação empregado aqui divide o desenvolvimento da planta em duas fases⁴: vegetativa (V) e reprodutiva (R) (Tabela 1). Subdivisões da fase vegetativa são designadas numericamente como V₁, V₂, V₃, até V_n, menos os dois primeiros estádios que são designados como VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone). O último estádio vegetativo é designado como V_n, onde “n” representa o número do último nó vegetativo formado por um cultivar específico. O valor de “n” varia em função das diferenças varietais e ambientais. A fase reprodutiva apresenta oito subdivisões ou estádios, cujas representações numéricas e respectivos nomes são apresentados na Tabela 1.

A partir do estádio VC, os estádios vegetativos (V) são definidos e numerados à medida que as folhas dos nós superiores se apresentam completamente desenvolvidas. Um nó vegetativo com folha completamente desenvolvida é identificado quan-

do no nó vegetativo acima os folíolos não estão enrolados e nem dobrados. Em outras palavras, quando as extremidades dos folíolos não mais se tocam, em oposição ao ilustrado na Figura 2. O estádio V₃, por exemplo, é definido quando os folíolos do 1º nó vegetativo (unifoliolado) ao 4º nó foliar estão desenrolados. Semelhantemente, o estádio VC ocorre quando as folhas unifolioladas desenrolaram-se.

O nó da folha unifoliolada é o primeiro nó ou ponto de referência a partir do qual começa-se a contagem para identificar o número de nós foliares superiores. Nesse único nó, as folhas unifolioladas (simples) são produzidas em lados opostos da haste e com pecíolos pequenos. Todas as outras folhas verdadeiras formadas pela planta são trifolioladas (compostas), com pecíolos longos, e são produzidas unicamente (em nós diferentes) e alternadamente (de lado a lado) no caule.

Os cotilédones, que são considerados como órgãos de armazenamento na forma de folhas modificadas, também surgem de maneira oposta na haste, abaixo do nó unifoliolado. Quando as folhas unifolioladas são perdidas por dano ou envelhecimento natural, a posição do nó unifoliolado ainda pode ser determinada, localizando-se as duas cicatrizes dessas folhas na região mais baixa do caule, que permanentemente marcam o local onde as folhas unifolioladas cresceram. Essas cicatrizes das folhas unifolioladas estão localizadas exatamente sobre as duas cicatrizes opostas que marcam a posição do nó cotiledonar. Qualquer cicatriz de folha acima das cicatrizes das folhas unifolioladas opostas aparece de maneira única e alternada na haste principal, e marca as posições dos nós onde as folhas trifolioladas cresceram.

Tabela 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da soja¹.

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE - Emergência	R ₁ - Início do florescimento
VC - Cotilédone	R ₂ - Pleno florescimento
V ₁ - Primeiro nó	R ₃ - Início da formação das vagens
V ₂ - Segundo nó	R ₄ - Plena formação das vagens
V ₃ - Terceiro nó	R ₅ - Início do enchimento das sementes
*	R ₆ - Pleno enchimento das vagens
*	R ₇ - Início da maturação
V(n) - enésimo nó	R ₈ - Maturação plena

¹ Este sistema identifica exatamente os estádios da planta de soja. Porém, nem todas as plantas em um dado campo estarão no mesmo estádio ao mesmo tempo. Quando se divide em estádios um campo de soja, cada estádio específico V ou R é definido somente quando 50% ou mais das plantas no campo estão nele ou entre aquele estádio.



Figura 2. Folha do topo da haste com margens dos folíolos se tocando.

⁴ **Nota do tradutor:** A descrição apresentada neste artigo fundamenta-se na Escala Fenológica de Fehr & Caviness (1977), elaborada para a identificação dos sucessivos estádios de desenvolvimento da planta de soja.

Estádios Vegetativos e Desenvolvimento

Germinação e Emergência

A semente de soja inicia a germinação por meio da absorção de água em quantidades equivalentes a 50% de seu peso. Uma vez embebida a semente, evidencia-se a sua germinação com o crescimento da radícula, ou raiz primária, que se prolonga para baixo, fixando-se sozinha no solo (Figura 3)⁵. Logo após o crescimento inicial da raiz primária, o hipocótilo, isto é, a pequena seção do caule situada entre o nó cotiledonar e a raiz primária (Figura 1), inicia a elongação para a superfície do solo, levando consigo os cotilédones⁶. A fixação da raiz primária no solo junto com a elongação do hipocótilo estabelecem uma alavanca que ergue os cotilédones à superfície do solo, caracterizando-se o estágio de emergência, ou VE (Figura 3). O estágio VE ocorre uma a duas semanas após a semeadura, dependendo das condições de umidade e temperatura do solo e da profundidade de semeadura⁷. As raízes laterais iniciam o seu crescimento a partir da raiz primária antes da emergência.

Logo após a emergência (VE), o hipocótilo em forma de gancho endireita-se e cessa seu crescimento, enquanto os cotilédones dobram-se para baixo. O desdobramento dos cotilédones expõe o epicótilo em crescimento (folhas jovens, haste e gema apical de crescimento localizada acima do nó cotiledonar). A posterior expansão e desdobramento das folhas unifolioladas marcam o início do estágio de abertura dos cotilédones (VC), que é seguido pelos demais estádios vegetativos numerados (V).

As reservas nutritivas armazenadas nos cotilédones suprem as necessidades da planta jovem durante os primeiros 7 a 10 dias depois de VE, ou até próximo ao estágio V1. Durante esse período, os cotilédones

perdem 70% do seu peso seco. A perda de um cotilédone tem pequeno efeito na taxa de crescimento da planta jovem, mas a perda de ambos os cotilédones no estágio VE, ou próximo dele, reduzirá os rendimentos em 8% a 9%. A partir de V1, a fotossíntese das folhas em desenvolvimento é suficiente para a planta se sustentar. Entre a abertura dos cotilédones (VC) e o quinto nó vegetativo formado (V5) uma nova folha se forma a cada 5 dias, e a partir do estágio V5, a cada 3 dias até logo após o início da granação das vagens (R5), quando o número máximo de nós vegetativos é atingido.

Guias de Manejo para VE

Na maioria dos casos, a soja deveria ser semeada a uma profundidade de 2,5 a 4,0 cm e nunca em profundidade acima de 5,0 cm⁸. A habilidade da plântula de soja em romper a crosta do solo durante a emergência diminui com semeaduras mais profundas⁹. Alguns cultivares são especialmente sensíveis a semeaduras profundas. Além disso, as temperaturas mais amenas do solo, em maiores profundidades, causam crescimento mais lento e diminuição na disponibilidade de nutrientes.

Doses pequenas de fertilizantes, colocadas em uma faixa de 2,5 a 5,0 cm de profundidade ao lado e ligeiramente abaixo da semente, podem estimular o crescimento inicial da planta, caso as temperaturas do solo ainda estejam baixas. As raízes não são atraídas para essa faixa de colocação dos fertilizantes. Assim, o adubo de semeadura deve ser colocado onde as raízes estarão. A colocação do fertilizante muito próximo ou junto à semente pode causar injúrias na planta jovem.

As plantas daninhas competem com a soja por luz, água e nutrientes. Operações de cultivo, uso de herbicidas, obtenção de estandes uniformes e rotação de culturas são métodos úteis para controlar as plantas daninhas. O cultivador rotativo é uma ferramenta excelente para o controle inicial da planta daninha antes e logo após a emergência da soja.

A inoculação das sementes com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum* geralmente não é recomendada nos EUA, a menos que o solo nunca tenha sido cultivado com soja ou quando o último cultivo de soja tenha ocorrido há 5 anos ou mais¹⁰.



Figura 3. Germinação e emergência.

⁵ **Nota do tradutor:** O processo de germinação da semente de soja sob o solo inicia-se pela saída da radícula através da micrópila da semente e constitui-se em fenômeno irreversível, isto é, uma vez disparado não é possível revertê-lo. Nos dois a três primeiros dias após a semeadura é esperado o crescimento da radícula. Caso o solo não apresente umidade suficiente para garantir a elongação do hipocótilo, haverá falhas de emergência, comprometendo o estande inicial e o rendimento da cultura.

⁶ **Nota do tradutor:** Isto caracteriza a emergência do tipo epígea.

⁷ **Nota do tradutor:** Para as condições brasileiras de clima, solo e manejo espera-se a emergência da cultura de soja entre 5 a 8 dias após a semeadura.

⁸ **Nota do tradutor:** Nas condições brasileiras, a soja é semeada desde 3 cm de profundidade (solos mais argilosos) a até 7 cm (solos mais arenosos).

⁹ **Nota do tradutor:** O problema de formação de crosta superficial nos solos brasileiros é comum nas áreas preparadas convencionalmente (uso abusivo de grades), levando o produtor a gastar mais sementes para tentar contornar as falhas de estande que ocorrerão e resultarão em perdas de rendimento. Neste caso, a semeadura mais superficial (apenas a 2 cm) não resolve, pois as temperaturas mais elevadas na superfície do solo podem deteriorar as sementes, além de matar as bactérias fixadoras de N₂. Já em áreas de soja cultivada no sistema de plantio direto, não é comum a ocorrência de formação de crosta superficial, com deterioração das sementes e morte das bactérias, devido às altas temperaturas. Porém, falhas de estande podem ocorrer, se a semeadura for profunda.

¹⁰ **Nota do tradutor:** Mesmo em solos com histórico de cultivo de soja é recomendável a inoculação anual das sementes pelos seguintes motivos: a) ocorre competição entre as espécies de bactérias fixadoras de N₂ com outros microrganismos (bactérias e fungos) pelos fatores de crescimento (energia + nutrientes) presentes no solo da área de produção, entre safras sucessivas de soja; b) entre os períodos de cultivo da soja (maio a outubro de cada ano) o solo agrícola passa por diferentes regimes térmicos e hídricos, aos quais os microrganismos nativos estão muito mais adaptados que as bactérias fixadoras de N₂, fazendo com que a população destas diminua face à competição descrita no item anterior; c) o custo de inoculação perante os benefícios da mesma é insignificante, correspondendo a menos de 0,5% do custo de produção da cultura, que é totalmente compensado por acréscimos no rendimento advindos dessa prática.

ESTÁDIO V2 (segundo nó)

No estágio V2 as plantas estão com 15 a 20 cm de altura e três nós apresentando folhas com folíolos desdobrados, isto é, o nó unifoliolado e os dois primeiros nós trifoliolados (Figura 4).

As raízes de soja são naturalmente infectadas com bactérias de *Bradyrhizobium japonicum* que desenvolvem estruturas nas raízes com formas circulares ou ovais, chamadas nódulos (Figuras 1 e 5). Milhões dessas bactérias localizam-se dentro de cada nódulo e fornecem boa parte do nitrogênio requerido pela planta de soja, por meio de um processo natural conhecido como fixação de nitrogênio. Através da fixação do nitrogênio as bactérias transformam o N_2 gasoso presente na atmosfera do solo e indisponível à planta em produtos nitrogenados que a planta de soja pode usar. Em troca, a planta fornece o suprimento de carboidratos para as bactérias. Uma relação como essa, onde as bactérias e a planta lucram uma com a outra, é denominada relação simbiótica. Os nódulos que fixam nitrogênio ativamente para a planta mostram-se internamente com coloração rosa ou vermelha, porém, são brancos, marrons ou verdes se a fixação de N_2 não estiver ocorrendo (Figura 6).

Em condições de campo, a formação de nódulos pode ser vista logo após a emergência (VE), porém, a fixação de nitrogênio de maneira mais ativa começa próximo aos estádios V2 a V3. Depois disso, o número de nódulos formados e a quantidade de nitrogênio fixada aumenta até aproximadamente R5.5 (no meio de R5 e R6), quando diminui bruscamente.

Guias de Manejo para V2

A adubação nitrogenada da soja não é recomendada porque geralmente não aumenta o rendimento de grãos. O número total de nódulos radiculares que se forma diminui proporcionalmente com as quantidades crescentes de N aplicado. Além disso, o adubo nitrogenado aplicado a uma planta de soja com nódulos ativos os tor-

nerà inativos ou ineficientes, proporcionalmente à quantidade de N aplicada. Assim, a planta de soja pode utilizar tanto o N fixado pelas bactérias quanto o N existente no solo (mineralizado e N do fertilizante), porém, o N do solo é mais utilizado que o N fixado, se disponível em grandes quantidades.

No estágio V2 as raízes laterais proliferam-se rapidamente nos primeiros 15 cm de solo entre as linhas de plantas. No estágio V5 já ocupam completamente o solo situado entre as linhas. Em razão dessas raízes estarem crescendo perto da superfície do solo, o cultivo para controlar plantas daninhas deve ser raso.



Figura 6. Nódulos radiculares em uma planta de soja no estágio V2; no detalhe, um nódulo ativo fatiado, com coloração vermelha típica.



Figura 4. Planta de soja no estágio V2.



Figura 5. Raízes com nódulos de uma planta de soja no estágio V2.

ESTÁDIOS V3 E V5 (terceiro e quinto nós)

As plantas em V3 possuem 18 a 23 cm de altura e quatro nós, cujas folhas apresentam folíolos desdobrados (Figura 7).

As plantas em V5 apresentam-se com aproximadamente 25 a 30 cm de altura e possuem seis nós, nos quais as folhas estão com folíolos desdobrados (Figura 8).

O ângulo de inserção formado entre a haste principal e um pecíolo foliar é chamado axila. Em cada axila foliar existe uma gema axilar (Figura 1) que é semelhante ao ponto de crescimento (gema apical) da haste principal. Porém, essa gema pode se transformar em um ramo vegetativo, permanecer dormente (inativa) ou desenvolver um agrupamento de flores e, posteriormente, vagens.

O número de ramos que se desenvolve a partir da haste principal aumenta com os espaçamentos mais largos entre as linhas da cultura e com densidades mais baixas de plantas na linha, dependendo também do cultivar em crescimento. Em condições de campo, a planta de soja pode desenvolver nenhum ou até seis ramos. Geralmente, o ramo maior é o de inserção mais baixa na haste principal e, progressi-

vamente, os ramos menores se desenvolvem mais acima. Cada ramo desenvolve folhas trifolioladas, nós, axilas, gemas axilares, flores e vagens, da mesma forma que a haste principal. A Figura 7 mostra o primeiro ramo começando a se desenvolver na axila do primeiro nó da folha trifoliolada.

Cerca de uma semana antes do início do florescimento (estádio V5 no presente artigo), as gemas axilares na parte superior da haste aparecem fechadas e começam a desenvolver agrupamentos de flores chamados ráceros. Um rácermo é uma estrutura pequena semelhante à haste, que produz flores e finalmente vagens ao longo de sua extensão (Figura 21).

O número total de nós que a planta pode produzir é definido em V5. Em uma planta de soja com hábito de crescimento indeterminado, o potencial de formação de nós sobre a haste principal é sempre maior que o número total de nós observado no fim do seu ciclo.

Guias de Manejo para V3-V5

As gemas axilares das folhas unifolioladas e trifolioladas e dos cotilédones permite à planta de soja uma grande capacidade para se recuperar de danos, tais como

os causados pelo granizo. O ápice da haste principal, ou gema apical de crescimento, normalmente exibe dominância sobre as gemas axilares laterais durante o crescimento vegetativo da planta. Se o ápice da haste é cortado ou quebrado, as gemas axilares restantes ficam livres dessa dominância apical e os ramos crescem profusamente. Portanto, a planta possui a habilidade de produzir novos ramos e folhas após a destruição pelo granizo, recuperando praticamente toda folhagem. Cortando-se a planta abaixo do nó cotiledonar ela morrerá, isto porque não há nenhum broto axilar abaixo desse nó¹¹.

ESTÁDIO V6 (sexto nó)

Plantas no estágio V6 têm 30 a 35 cm de altura (Figura 9). Nesse estágio, sete nós têm folhas com folíolos desdobrados e as folhas unifolioladas e os cotilédones já podem ter senescido e caído. Novos estádios de V aparecem agora a cada 3 dias.

As raízes laterais estão completamente presentes no solo entre as linhas de plantas espaçadas a 75 cm¹².

Se 50% de folhas forem perdidas no estágio V6, o rendimento será reduzido em aproximadamente 3%.



Figura 7. Planta de soja no estágio V3.



Figura 8. Planta de soja no estágio V5.



Figura 9. Planta de soja no estágio V6 apresentando ramificação.

¹¹ **Nota do tradutor:** Nas últimas safras brasileiras de soja, esse tipo de problema tem ocorrido em estádios vegetativos mais precoces. Os produtores têm se deparado com o problema do ataque de pombas durante ou logo após a emergência das plântulas. Ao se alimentar, essa ave corta a haste abaixo do ponto de inserção dos cotilédones, causando a morte das plântulas e resultando em significativas falhas de estande.

¹² **Nota do tradutor:** Devido às características da planta com hábito de crescimento indeterminado, e por tradição trazida pela cultura do milho, nos EUA os produtores trabalham com maiores espaçamentos. No Brasil, os espaçamentos entre linhas variam de 40 a 60 cm.

Estádios Reprodutivos e Desenvolvimento

Os oito estádios R (reprodutivos) são divididos em quatro partes: R1 e R2 descrevem o florescimento; R3 e R4 o desenvolvimento da vagem; R5 e R6 o desenvolvimento da semente e R7 e R8 a maturação da planta. O crescimento vegetativo e a produção de novos nós continuam durante alguns estádios reprodutivos, de modo que, nestes, os estádios de R1 a R6 descrevem melhor o desenvolvimento da planta. Neste artigo, a descrição para cada estágio R refere-se apenas ao início do respectivo estágio.

O desenvolvimento geral e a duração dos períodos de crescimento vegetativo, florescimento, desenvolvimento da vagem e enchimento da semente, durante os estádios reprodutivos, estão esquematizados na Figura 10.

ESTÁDIO R1 (início do florescimento)

R1 - uma flor aberta em qualquer nó sobre a haste principal (Figura 11)

As plantas em R1 estão com 38 a 46 cm de altura e apresentam-se nos estádios vegetativo V7 a V10 (7 a 10 nós completamente desenvolvidos)¹³. O florescimento começa entre o terceiro e o sexto nó da haste principal, dependendo do estágio V no momento do florescimento, progredindo para cima e para baixo. Os ramos começam a florescer alguns dias depois da haste principal. O florescimento em um rácemo ocorre da base para o topo (Figura 12). Dessa forma, as vagens da base do rácemo são sempre mais maduras que as vagens do ápice (Figura 21). O florescimento e a frutificação ocorrem principalmente em rácemos primários, mas os rácemos secundários podem se desenvolver ao lado do rácemo primário na mesma axila. O florescimento atinge o auge entre os estádios R2.5 e R3, completando-se ao redor do estágio R5.

Em R1, as taxas de crescimento vertical da raiz aumentam incisivamente e permanecem relativamente altas nos estádios R4 a R5. A proliferação de raízes se-

cundárias e pêlos radiculares até a profundidade de 23 cm no solo também é grande durante esse período, porém, as raízes nessa zona geralmente começam a se degenerar depois disso.

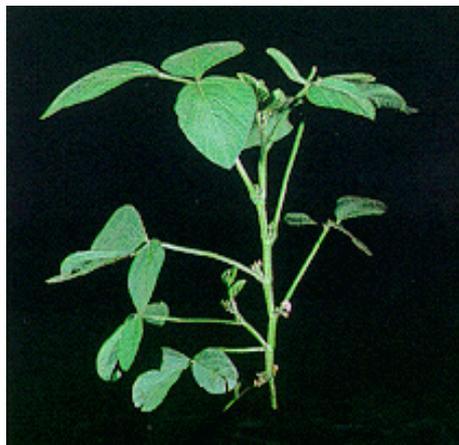


Figura 11. Planta de soja no estágio R1.



Figura 12. Início do florescimento nos rácemos.

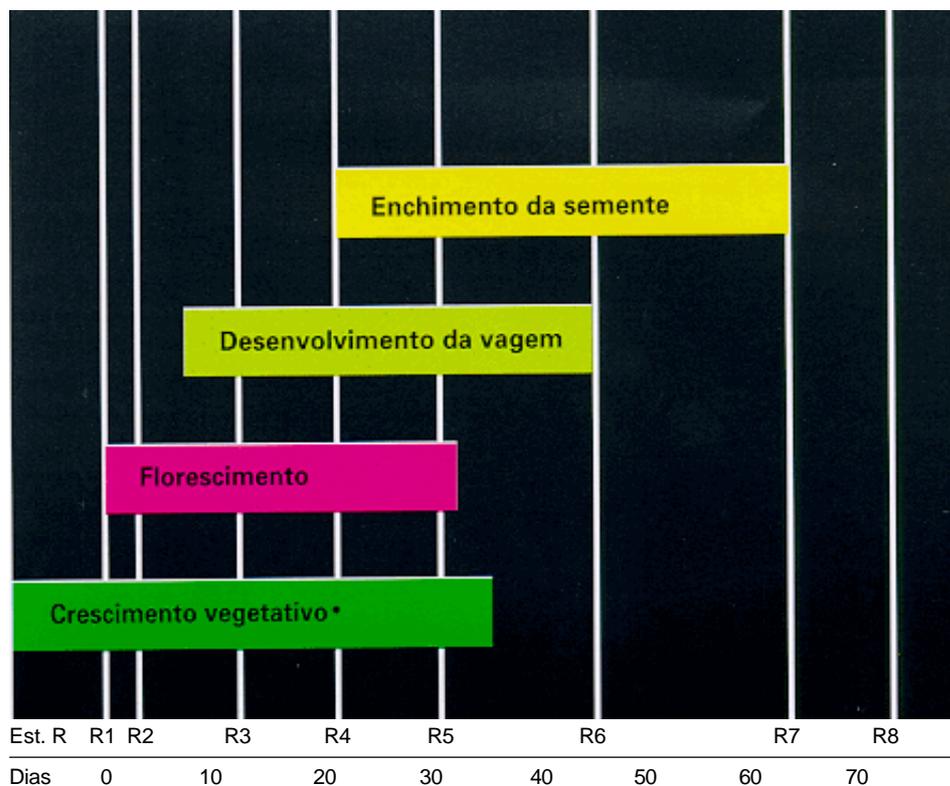


Figura 10. Desenvolvimento e duração dos períodos de crescimento vegetativo, florescimento, desenvolvimento da vagem e enchimento da semente.

* Desenvolvimento da altura da planta e dos nós.

¹³ **Nota do tradutor:** Nas condições brasileiras, a cultura da soja é manejada para que no início do florescimento as plantas apresentem, pelo menos, 60 cm de altura, considerada como mínima para viabilizar a colheita mecânica com o mínimo possível de perdas. O número de nós vegetativos formados até esse estágio é variável em função do cultivar, do ambiente e das práticas culturais adotadas.

ESTÁDIO R2 (pleno florescimento)

R2 - flores abertas em um dos nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida (Figura 13)

As plantas em R2 têm 43 a 56 cm de altura e estão nos estádios V8 a V12. Nessa fase, a planta acumulou somente cerca de 25% de sua matéria seca final e nutrientes, atingiu aproximadamente 50% de sua altura final e desenvolveu cerca de metade do número total de nós¹⁴. Esse estágio marca o início de um período de rápido e constante acúmulo diário das taxas de matéria seca e de nutrientes pela planta, que continuará até logo após o estágio R6 (Figuras 38 a 41). Essa rápida acumulação de matéria seca e nutrientes pela planta inteira inicia-se nas partes vegetativas (folhas, hastes, pecíolos e raízes), deslocando-se gradualmente para as vagens e sementes em formação, enquanto as partes vegetativas finalizam o seu desenvolvimento. Além disso, a taxa de fixação de nitrogênio pelos nódulos radiculares também aumenta rapidamente no estágio R2. A Figura 14 mostra que um grande número de nódulos radiculares pode se desenvolver em uma única planta.

Nesse estágio, o sistema radicular apresenta-se completamente desenvolvido no espaço entre linhas de 102 cm (40 polegadas), com várias raízes laterais direcionando o seu crescimento para baixo. Essas raízes, junto com a principal, continuam se aprofundando no perfil do solo até logo após o estágio R6.5.

Se 50% de folhas forem perdidas no estágio R2, o rendimento será reduzido em aproximadamente 6%.

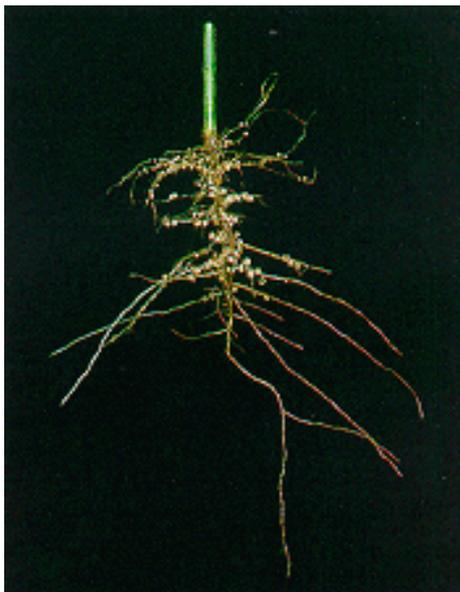


Figura 14. Elevado número de nódulos radiculares formados numa única planta de soja.



Figura 13. Planta de soja no estágio R2.

¹⁴ **Nota do tradutor:** O comportamento descrito pelos autores é válido somente para os cultivares com hábito de crescimento indeterminado, tais como IAC Foscarim 31, IAC-16 e Ocepar 3, cuja altura de planta e número de nós vegetativos no estágio R2 podem ser maiores que os apresentados neste artigo. No Brasil, predominam os cultivares com hábito de crescimento determinado, que no estágio R2 acumulam cerca de 87% a 90% de sua altura e matéria seca finais.

ESTÁDIO R3 (início da formação da vagem)

R3 – vagem com 5 mm de tamanho em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida (Figuras 15 e 16)¹⁵

As plantas em R3 apresentam-se com 58 a 81 cm de altura e estão no estágio V11 a V17. Nesse período é comum encontrar vagens em desenvolvimento, flores murchas, flores abertas e botões florais na mesma planta¹⁶. As vagens em desenvolvimento localizam-se nos nós mais baixos da haste principal, onde o florescimento se iniciou primeiro.

Se as densidades de plantas forem adequadas, o rendimento (peso total de sementes) pode ser dividido em três componentes: o número total de vagens produzidas por planta, o número de sementes produzidas por vagem e o peso por semente (tamanho da semente). Aumentos ou decréscimos de rendimento podem ser justificados pelo aumento ou diminuição de um ou mais desses três componentes.

Geralmente, a maioria dos ganhos na produção resulta de aumentos no número total de vagens por planta, principalmente quando se obtêm maiores rendimentos. Os limites superiores para o número de sementes por vagem e tamanho da semente são definidos geneticamente, porém, esses dois componentes ainda podem variar o suficiente para produzir aumentos consideráveis de rendimento.

Condições estressantes, como temperatura alta ou deficiência de umidade, reduzem o rendimento devido à redução em um ou mais dos componentes. As reduções em um dos componentes de produção da planta, porém, podem ser compensadas por outro componente. Assim, as produções não são alteradas significativamente. O componente do rendimento da planta que será reduzido ou aumentado depende do estágio reprodutivo em que a soja se encontra quando ocorre o estresse. Conforme a planta de soja se desenvolve do estágio R1 ao R5.5 diminui a sua habilidade para compensar as perdas decorrentes de uma condição de estresse, aumentando assim o potencial de redução da produção causada pelo estresse.

Guias de Manejo para R1-R3

Nas condições do Cinturão do Milho, nos EUA, aproximadamente 60% a 75% de todas as flores de soja produzidas abortam e, portanto, não contribuem para a produção. Cerca de metade desse aborto ocorre antes das flores se desenvolverem em vagens jovens e a outra metade é devido ao aborto da vagem. A produção excedente de flores e vagens e o longo período de florescimento (de R1 a R5) é desejável, pois permite um certo grau de escape a pequenos períodos de estresse. As condições de estresse (que causam altas taxas de aborto) de R1 a R3 geralmente não reduzem muito o rendimento porque, para compen-

sar, algumas flores (e suas respectivas vagens) ainda podem ser produzidas até o estágio R5. Além disso, o estresse nesses estágios pode resultar em um aumento no número de sementes por vagem e no peso por semente, que também ajuda a compensar o abortamento das flores e das vagens jovens.

Os pesquisadores e os agricultores ainda não conseguiram aproveitar todo o potencial da planta de soja. Práticas como adubação, espaçamento reduzido, estande adequado, irrigação e controle das plantas daninhas são tentativas para reduzir a taxa de abortamento de flores e de vagens e aumentar, assim, a produtividade.



Figura 15. Planta de soja no estágio R3 (detalhe do 4º nó superior da haste principal com três vagens jovens).



Figura 16. Planta de soja no estágio R3.

¹⁵ Nota do tradutor: No Brasil, os produtores de soja identificam esse estágio como a fase de formação de “canivetes” ou “canivetinhos”.

¹⁶ Nota do tradutor: Comportamento típico de plantas de soja com hábito de crescimento indeterminado.

ESTÁDIO R4 (vagem formada)

R4 – vagem com 2 cm de comprimento em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida (Figuras 17 e 18)

As plantas em R4 apresentam-se com 70 a 100 cm de altura e estão nos estádios V13 a V20. Este período é caracterizado pelo rápido crescimento da vagem e pelo início do desenvolvimento da semente.

O período compreendido entre R4 e logo após R5.5 é um período de rápida e constante acumulação de matéria seca pelas vagens. Algumas vagens localizadas nos nós mais inferiores da haste principal já se encontram com o seu tamanho final ou próximo dele, porém, a maioria atingirá esse tamanho no estágio R5 (Figuras 18 e 25)¹⁷. Normalmente, as vagens atingem o maior comprimento e largura antes das sementes começarem a fase de rápido desenvolvimento (Figura 27). Assim, próximo ao final desse período, algumas sementes dentro das vagens localizadas nos nós inferiores iniciam rápido crescimento.

As últimas flores que ocorrem na planta localizam-se na extremidade da haste principal, onde surge um ráculo floral (Figura 20)¹⁸. Esse ráculo consiste de flores axilares agrupadas na extremidade da haste. O florescimento nos nós superiores dos ramos também ocorre por último na planta.

Guias de Manejo para R4

O estágio R4 marca o início do período mais crítico de desenvolvimento da planta quanto à determinação do rendimento em sementes. Estresse (umidade, luz, deficiências nutricionais, geada, acamamento ou desfolha), ocorrendo a qualquer momento entre os períodos de R4 a logo após R6 reduzirá mais a produção do que a ocorrência do mesmo estresse em qualquer outro período de desenvolvimento. O período de R4.5 (formação das últimas vagens) a aproximadamente R5.5 é muito crítico porque o florescimento completa-se e não pode ser compensado, uma vez que as vagens e



Figura 17. Planta de soja no estágio R4.



Figura 18. Haste principal da soja com vagens no estágio R4.

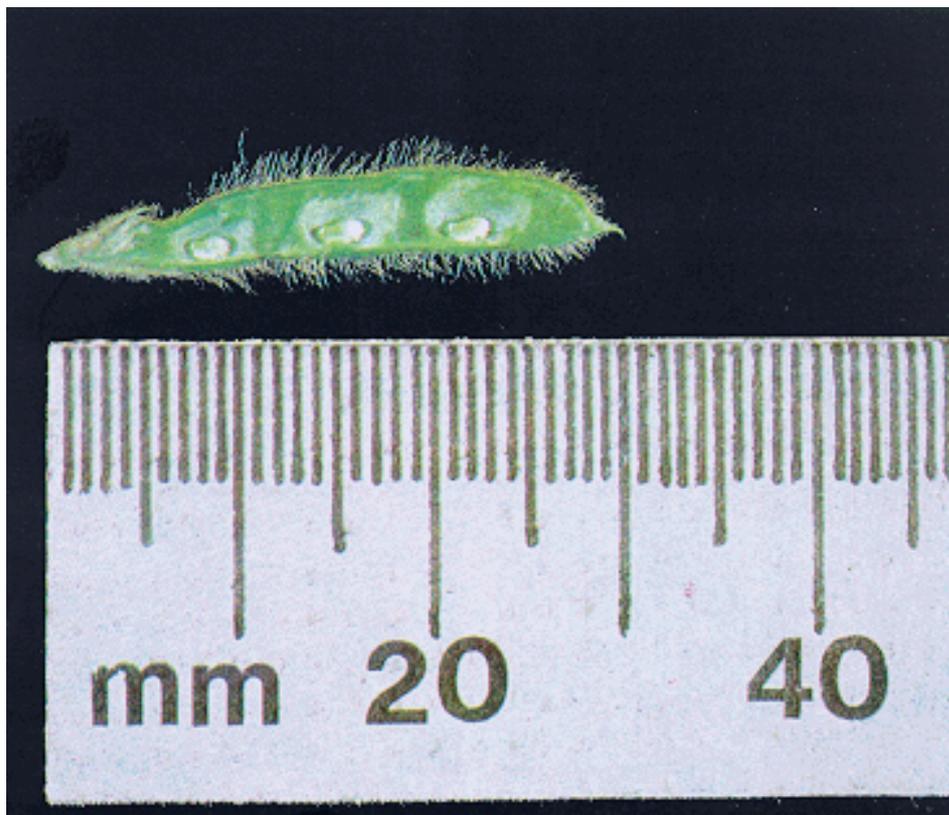


Figura 19. Corte longitudinal de uma vagem jovem de soja.

¹⁷ **Nota do tradutor:** Pelo fato de ser uma planta com hábito de crescimento indeterminado, é evidente o desenvolvimento total das primeiras vagens localizadas no terço inferior da haste principal, onde iniciou-se o florescimento.

¹⁸ **Nota do tradutor:** Provavelmente, o cultivar de soja utilizado pelos autores deste artigo apresenta hábito de crescimento semi-determinado, isto é, característica de planta intermediária entre os hábitos de crescimento determinado e indeterminado.

sementes novas são mais propensas a abortar sob estresse que as vagens e sementes mais velhas¹⁹. As perdas de produção ocorridas nesse período devem-se principalmente à redução no número total de vagens por planta do que à redução no número de sementes por vagem ou no tamanho da semente. De fato, o tamanho da semente pode compensar um pouco se as condições de crescimento forem favoráveis após R5.5. Porém, a compensação através do tamanho da semente é limitada geneticamente. Assim, a planta possui limitadas habilidades em compensar o aborto de flores e vagens causado por estresses ocorridos nos estádios de R4.5 a R5.5.

Quando possível, deve-se irrigar a lavoura nesses períodos cruciais para garantir umidade adequada.



Figura 20. Rácemo floral de soja na extremidade apical da haste principal.



Figura 21. Rácemo floral com vagens em formação.



Figura 22. Seqüência do desenvolvimento das vagens de soja.

¹⁹ Nota do tradutor: A ocorrência de veranicos nessa fase reprodutiva é que tem causado as maiores quebras de safra de soja em muitas regiões brasileiras.

ESTÁDIO R5 (início da formação da semente)

R5 – semente com 3 mm de tamanho em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida (Figuras 23, 24, 25 e 26)

Plantas em R5 têm 75 a 110 cm de altura e encontram-se nos estádios V15 a V23. Esse período é caracterizado pelo rápido crescimento ou início do enchimento das sementes (Figuras 27 e 28) e redistribuição da matéria seca e nutrientes das partes vegetativas para as sementes em formação (Figuras 38, 39 e 40).

No início de R5, o desenvolvimento reprodutivo apresenta desde flores quase abertas até vagens contendo sementes com 11 mm de comprimento (Figura 27). Entre os estádios R5 e R6, vários eventos acontecem quase ao mesmo tempo. Perto de R5.5 tem-se: (1) a planta atinge seus máximos em altura, número de nós e área foliar; (2) as altas taxas de fixação de nitrogênio atingem o seu auge e em seguida começam a diminuir rapidamente; (3) as sementes iniciam um período de rápido e constante acúmulo de matéria seca e nutrientes. Logo após R5.5 ocorre o máximo acúmulo de matéria seca e de nutrientes nas folhas, pecíolos e ramos, iniciando a seguir a sua redistribuição (translocação) dessas partes da planta para as sementes em desenvolvimento. O período de rápida e constante acumulação de matéria seca na semente continua até logo após R6.5, no qual a semente está com aproximadamente 80% da sua matéria seca total.

O rendimento em grãos depende da taxa e da duração do tempo de acúmulo de matéria seca nas sementes. Entre os cultivares adaptados existem pequenas diferenças quanto à taxa de acúmulo de matéria seca, porém, com relação à duração de tempo de acúmulo de matéria seca nas sementes as diferenças são maiores²⁰. Estresses podem influenciar tanto a taxa como a duração do tempo de acúmulo de matéria seca nas sementes.

Guias de Manejo para R5

A demanda por água e nutrientes é alta ao longo do período de enchimento das sementes. Durante todo esse período, as



Figura 23. Planta de soja no estágio R5.



Figura 24. Colmos no estágio R5.



Figura 25. Colmos nos estádios R4 (imagem à direita) e R5 (imagem à esquerda).



Figura 26. Vagem de soja no estágio R5 retirada do 4º nó da haste principal.

²⁰ Nota do tradutor: De todos os nutrientes requeridos pela planta de soja, apenas o N é fixado pelas bactérias nos nódulos radiculares.

sementes adquirem aproximadamente metade do seu N, P e K através da redistribuição pelas partes vegetativas da planta, e aproximadamente metade pela absorção do solo e atividade do nódulo (no caso do N). Esta redistribuição de nutrientes pelas partes vegetativas da planta ocorre de maneira independente da disponibilidade dos nutrientes no solo. As deficiências hídricas podem reduzir a disponibilidade dos nutrientes porque as raízes não podem absorvê-los e nem crescer nas camadas superficiais e mais secas do solo. Dessa forma, parte do P e do K deve ser colocada mais em profundidade, onde o solo estará úmido e os nutrientes disponíveis à planta²¹.

Se ocorrer 100% de desfolha (devido a granizo, por exemplo) entre os estádios R5 e R5.5, o rendimento pode ser reduzido em aproximadamente 75%. Condições de estresse podem causar grandes reduções no rendimento se ocorrerem entre os estádios R5.5 e R6. Reduções de rendimento nesse período acontecem principalmente devido ao menor número de vagens formadas por planta e ao menor número de sementes por vagem e, em menor grau, devido ao menor peso por semente.



Figura 27. Rápido desenvolvimento de vagens e de sementes durante o estágio R5, com grãos de 3, 5, 7, 8, 10 e 11 mm de tamanho.

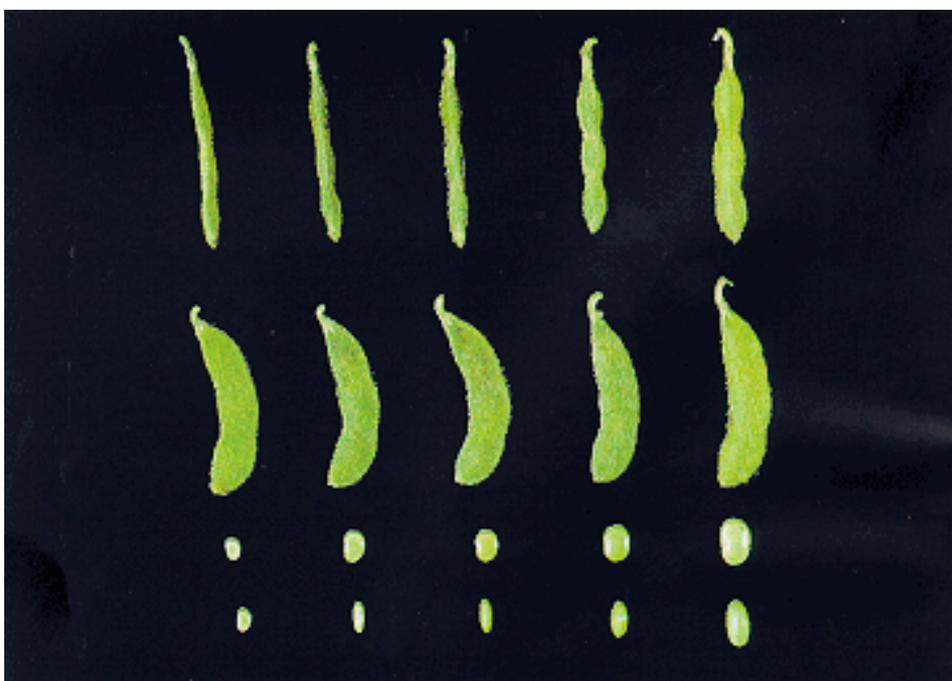


Figura 28. Vista lateral de vagens e sementes em desenvolvimento durante R5. Grãos com 5, 7, 8, 10 e 11 mm de tamanho.

²¹ Nota do tradutor: Tais diferenças se devem às variações na duração dos ciclos de maturação dos diferentes cultivares.

ESTÁDIO R6 (semente cheia)

R6 – vagem contendo sementes verdes que preenchem totalmente a cavidade da vagem localizada em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida (Figuras 29 e 30)

Plantas em R6 têm 80 a 120 cm de altura e encontram-se nos estádios V16 a V25. Devido à altura da planta e ao número de nós atingirem os valores máximos em R5.5, pequenos acréscimos nessas características são evidentes entre R5 e R6.

A semente em R6 ou “semente verde” é caracterizada por apresentar largura igual à da cavidade da vagem, porém, sementes de todos os tamanhos podem ser observadas na planta, nesse momento (Figuras 27, 28 e 31). Nesse estágio o peso total das vagens da planta é máximo²².

A taxa de crescimento dos grãos e da planta nessa fase ainda é muito rápida. Na planta, a rápida taxa de acúmulo de matéria seca e de nutrientes começa a diminuir logo após o estágio R6, e nas sementes, logo após R6.5. O acúmulo de matéria seca e de nutrientes na planta é máximo logo após R6.5, e nas sementes, próximo a R7 (Figuras 38, 39 e 40).

O rápido amarelecimento das folhas (senescência visual) começa logo após R6 e continua acentuadamente até R8, ou até que todas as folhas caiam. A senescência e queda foliar inicia-se nos nós inferiores da planta (região mais velha) e subsequente-mente estende-se para cima até as folhas mais jovens. Três a seis folhas trifolioladas podem ter caído dos nós mais inferiores antes do início do rápido amarelecimento foliar.

O crescimento da raiz completa-se logo após R6.5.



Figura 29. Planta de soja no estágio R6.

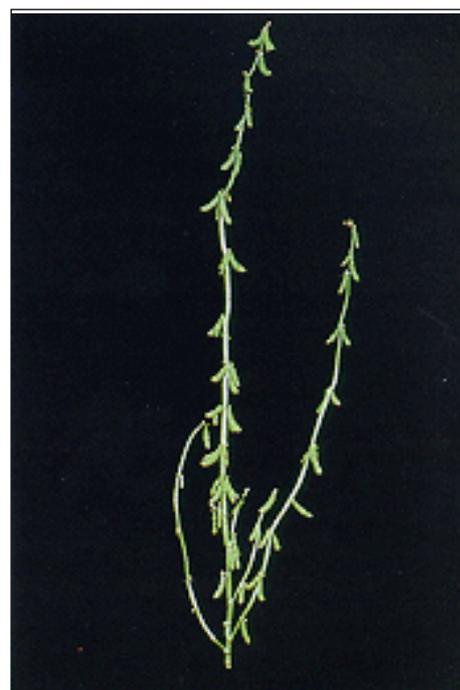


Figura 30. Colmos da soja com vagens no estágio R6.



Figura 31. Vagem de soja no estágio R6 retirada do 4º nó superior da haste principal.

²² **Nota do tradutor:** No Brasil predomina o uso de cultivares precoces e semi-precoces com hábito de crescimento determinado, que são mais exigentes em ambiente. Para esses tipos de cultivares, quando ocorre veranico e/ou deficiência nutricional entre os estádios R5 e R6, as reduções no rendimento serão devidas ao abortamento das vagens em início de granação ou ao abortamento das sementes, caracterizando a formação de vagens chochas. Quando esses estresses ocorrem entre R6 e R7, também ocorrerão quedas de produção, devido às menores taxas de acúmulo de matéria seca nas sementes, determinando a formação de sementes mais leves.



Figura 32. Planta de soja no estágio R7.

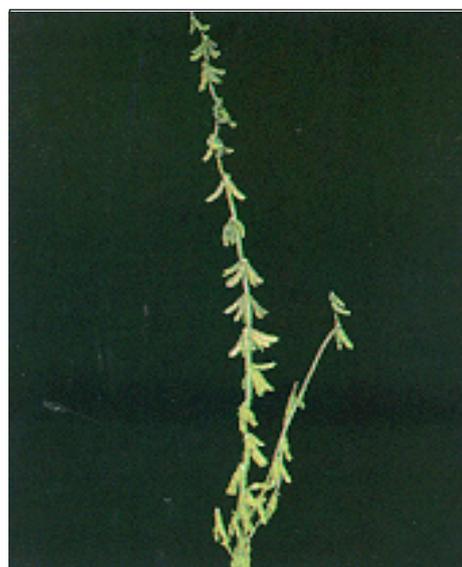


Figura 33. Colmos da soja com vagens no estágio R7.



Figura 34. Vagens de soja nos estádios R6 (verde), R7 (amarela) e R8 (marrom).

ESTÁDIO R7 (início da maturidade)

R7 – uma vagem normal na haste principal que tenha atingido a cor de vagem madura, normalmente marrom ou palha, dependendo do cultivar (Figuras 32 e 33)

A maturidade fisiológica de uma semente de soja acontece quando cessa o acúmulo de matéria seca. Isso ocorre quando a semente (e geralmente a vagem) torna-se amarela ou tenha perdido completamente a cor verde. Embora nem todas as vagens numa planta em R7 tenham perdido a sua cor verde, a planta essencialmente se encontra na maturidade fisiológica porque muito pouca matéria seca adicional será acumulada (Figuras 32 e 33). A semente de soja na maturidade fisiológica possui aproximadamente 60% de umidade e contém todas as partes da planta necessárias para começar sua próxima geração.

A Figura 34 mostra uma vagem e grãos verdes no estágio R6, uma vagem e grãos completamente amarelos na maturidade fisiológica e uma vagem e grãos com cor característica para a colheita.

Guias de Manejo para R6-R7

À medida que vagens e sementes amadurecem, elas ficam menos propensas a abortar. Assim, o número total de vagens por planta e o número de grãos por vagem

são fixados gradualmente com a maturidade da planta. Embora uma semente mais velha não possa abortar (cair da planta) sob condições de forte estresse, a duração do período de rápido acúmulo de matéria seca na semente pode ser encurtada, resultando na formação de sementes menores e na redução do rendimento.

Como após R6 a planta de soja já amadurece, o potencial de redução de rendimento por estresse declina gradualmente. De R6 a R6.5 o estresse pode causar grandes reduções de rendimento, a maioria das vezes pela redução no tamanho da semente, mas também pela redução de vagens formadas por planta e de grãos por vagem. Reduções de rendimento motivadas por estresse ocorrido entre R6.5 e R7 são menores pelo fato das sementes já terem acumulado quantidades consideráveis de matéria seca. Estresse a partir de R7 não afeta o rendimento.

A Figura 35 mostra o redirecionamento do crescimento das folhas em direção ao sol de uma planta de soja parcialmente acamada. A tendência para acamamento aumenta com o crescimento em altura das plantas. Altas populações de plantas, irrigação e ocorrência de chuvas torrenciais aumentam a altura da planta e o acamamento. O acamamento reduz o rendimento devido a um aumento nas perdas de colheita a ao uso ineficiente da luz solar pela planta²³.



Figura 35. Planta de soja acamada no estágio R6.

²³ **Nota do tradutor:** O acamamento é uma característica genética com expressão variável conforme o cultivar, que pode ser modificada por práticas de manejo adotadas e/ou fatores do ambiente, tais como: densidade de plantas na linha da cultura, espaçamento entre as linhas, fertilidade do solo e/ou adubações, umidade e temperatura, entre outras. Lavouras acamadas tendem a apresentar maiores índices de perdas na colheita.

ESTÁDIO R8 (maturidade completa)

R8 – 95% das vagens apresentam-se maduras (Figura 36). São necessários de 5 a 10 dias de clima seco após R8 para que a soja atinja menos de 15% de umidade

A Figura 37 ilustra as mudanças de cor e de tamanho das vagens e grãos de soja a partir do estágio R6, com vagens e sementes verdes até grãos maduros prontos para a colheita. Na mesma figura, a segunda vagem e respectivos grãos, a partir da direita, apresentam cor característica para colheita, porém não atingiram a forma e o grau de umidade para a realização desta. Assim, cor de vagem madura nem sempre indica ponto de colheita para os grãos em seu interior. Com ambiente seco favorável a soja perderá umidade rapidamente.

Guias de Manejo para R8

Erros de baixas densidades de semeadura, com os vazios no campo, tornam-se visíveis por ocasião da colheita. Já, altas densidades de plantio causam acamamento da lavoura, dificultando a colheita, reduzindo, assim, o potencial de rendimento no campo. Menores estandes promovem mais ramificações, porém com menor altura de inserção de vagem. Ramificações muito carregadas de vagens tornam-se pesadas e podem quebrar facilmente, caindo ao chão. Da mesma forma, vagens muito próximas ao solo são difíceis ou, às vezes, impossíveis de serem colhidas mecanicamente.

O momento certo de colheita é muito crucial para a soja. A umidade ideal nos grãos para colheita e armazenamento é 13%. Embora a colheita possa ser iniciada com maiores porcentagens de umidade, alguns custos com secagem serão necessá-

rios para um armazenamento seguro. Por outro lado, o atraso na colheita, com umidade abaixo de 13%, causa aumento nas perdas durante a colheita e no número de grãos danificados, e diminui o peso dos grãos para comercialização.

Para reduzir perdas de colheita deve-se: dirigir em velocidade apropriada, conferir a abertura do côncavo, a velocidade do cilindro, as peneiras e a velocidade do ar da ventilação. Estar certo de que as velocidades do molinete e do deslocamento da máquina estejam sincronizadas para diminuir as perdas por quebra na plataforma de corte. Regular a altura de corte para minimizar perdas. A 9 cm de altura perde-se 5% da produção, e a 16,5 cm de altura perde-se 12%.



Figura 36. Planta de soja no estágio R8.



Figura 37. Sequência de maturação de vagens e grãos de soja. Da esquerda para a direita, evolução da cor verde (estágio R6) para a cor marrom (ponto de colheita).

RESUMO

Como a Planta de Soja Cresce

A taxa de incremento de matéria seca na planta de soja é pequena no início, porém aumenta gradativamente durante os estádios vegetativos de desenvolvimento até o R1, quando aumentam o desenvolvimento das folhas e a cobertura do solo. Em torno de R2, a taxa diária de acúmulo de matéria seca pela planta é essencialmente constante até o gradativo decréscimo durante o período de enchimento das sementes (logo após R6), terminando após R6.5 (Figura 38). O acúmulo de matéria seca inicia-se nas partes vegetativas da planta, porém, entre R3 e R5.5 transloca-se gradativamente para as vagens e grãos em formação (Figuras 10 e 38).

A taxa de crescimento das folhas, pecíolos e hastes segue o mesmo padrão da planta como um todo até o início de formação das vagens e grãos, ou seja, até aproximadamente R4. Logo após R5.5 a matéria seca é máxima nessas partes vegetativas, quando então inicia-se rapidamente a sua translocação para os grãos em formação. A perda de folhas e pecíolos começa entre os estádios V4 e V5, nos nós vegetativos e pecíolos mais baixos, e progride muito lentamente para o ápice da planta até logo após o estádio R6 (Figura 38). A partir desse momento, a perda de matéria seca torna-se rápida e contínua até o estádio R8, quando normalmente todas as folhas e pecíolos caem (Figura 36).

O crescimento radicular começa com a emergência da raiz primária a partir da germinação da semente. Sob condições favoráveis, a raiz primária e várias raízes laterais crescem rapidamente e podem alcançar profundidades de 0,8 a 1,0 m no estádio V6. Durante os estádios vegetativos mais adiantados e próximo ao florescimento (de V6 a R2) o sistema radicular se expande na sua maior velocidade. A maior parte desse crescimento ocorre nos primeiros 30 cm de solo, desde que haja umidade adequada. Algumas raízes podem estar nos 2,5 cm superficiais do solo. Em R6, sob condições favoráveis, as raízes de soja podem atingir profundidades maiores que 1,8 m e se estender lateralmente de 25 a 50 cm. Nesse estádio, as raízes crescem muito lentamente, porém, algumas continuam o seu crescimento até a maturidade fisiológica (R7).

Parte do nitrogênio utilizado pela planta de soja é proveniente da fixação do nitrogênio do ar, realizada pela bactéria *Bradyrhizobium japonicum* presente nos nódulos radiculares. Essa bactéria infecta as raízes causando a produção de nódulos logo no estádio V1 (Figura 1).

Ao longo dos estádios vegetativos de desenvolvimento, o número de nódulos aumenta junto com a taxa de fixação do N_2 (Figura 14).

Por volta do estádio R2, a taxa de fixação do N_2 aumenta significativamente, atingindo o seu pico no estádio R5.5, e cai rapidamente a seguir.

O florescimento inicia-se no estádio R1 com a abertura da primeira flor entre o terceiro e sexto nó vegetativo da haste principal, progredindo daí para cima e para baixo. As primeiras flores geralmente aparecem na base de um rácemo (Figura 13). Com o tempo, o rácemo se alonga, enquanto novas flores aparecem progressivamente em direção ao seu ápice (Figura 21). No estádio R5 a planta completou a maior parte do seu florescimento, porém, um pouco de flores ainda pode abrir nos ramos e nos nós superiores da haste principal. A maioria das flores de soja se autofecunda no momento ou um pouco antes da sua abertura.

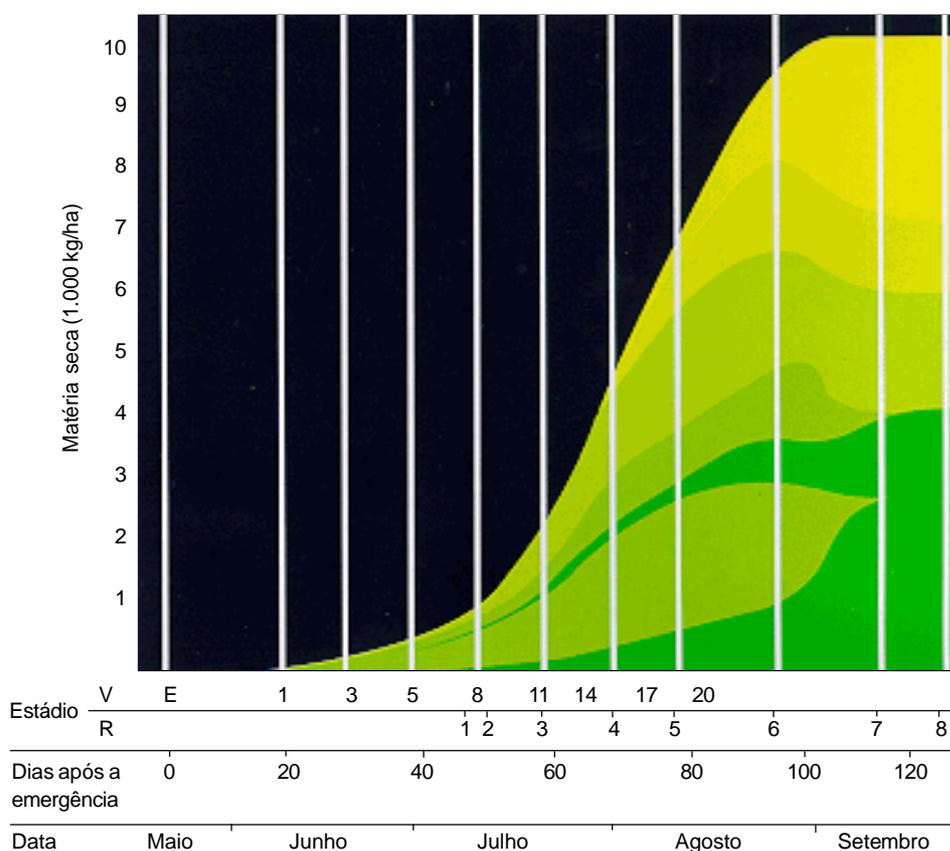


Figura 38. Acúmulo total de matéria seca em diferentes partes da planta de soja.

Três a quatro dias após a abertura da flor, suas pétalas murcham e a vagem (fruto) começa a alongar-se. Entre 2 e 2,5 semanas após a abertura de uma flor, a vagem formada apresenta-se com o seu comprimento máximo. O desenvolvimento das vagens na planta é rápido entre R4 e R5, pois apenas poucas vagens totalmente formadas estão presentes nos nós vegetativos mais baixos na haste principal durante o estágio R4 (Figura 18). Muitas vagens atingem o tamanho final em R5 (Figuras 24 e 25) e quase todas estão completamente desenvolvidas no estágio R6 (Figura 30).

Os grãos (sementes) no interior de uma vagem não iniciam o seu rápido desenvolvimento enquanto a vagem não tenha atingido o seu comprimento final e os grãos se apresentam com 7 a 8 mm de comprimento. Numa planta em R5, a partir do momento em que um grão apresenta-se com 8 mm de comprimento, o mesmo inicia rapidamente o acúmulo de matéria seca (Figura 27). Em torno de R5.5 a taxa de acúmulo de matéria seca por todas as vagens em uma planta de soja é rápida e constante. Esse rápido crescimento de todas as vagens de uma planta começa a diminuir logo após o estágio R6.5 e não é mais possível de ser mensurado no estágio R7.

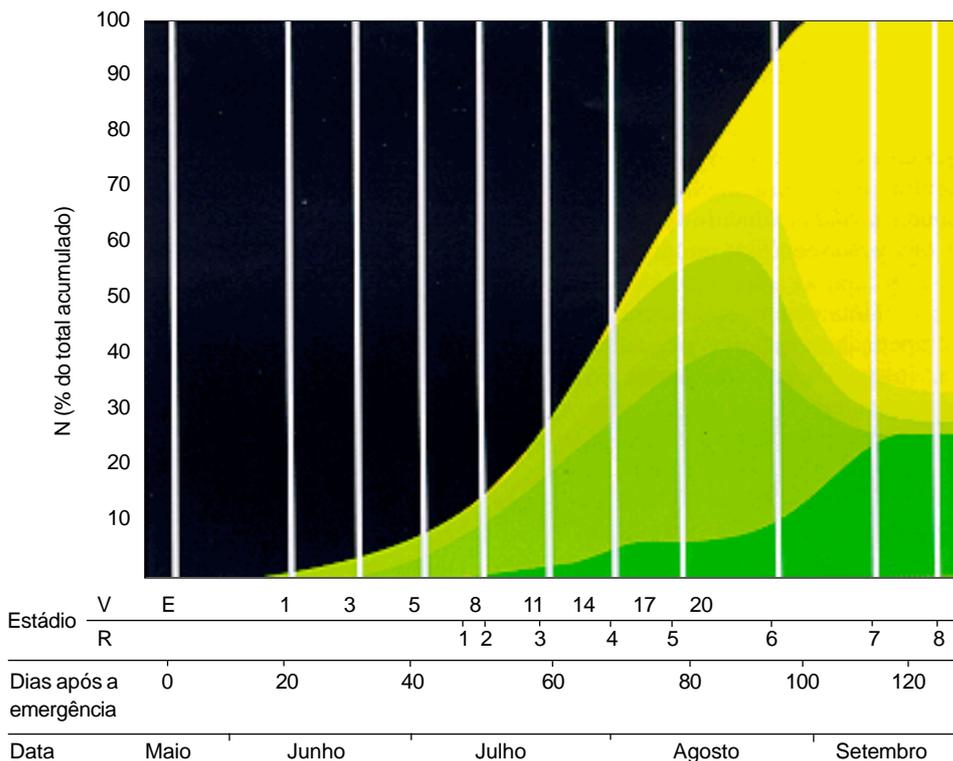


Figura 39. Acúmulo total de nitrogênio em diferentes partes da planta de soja.

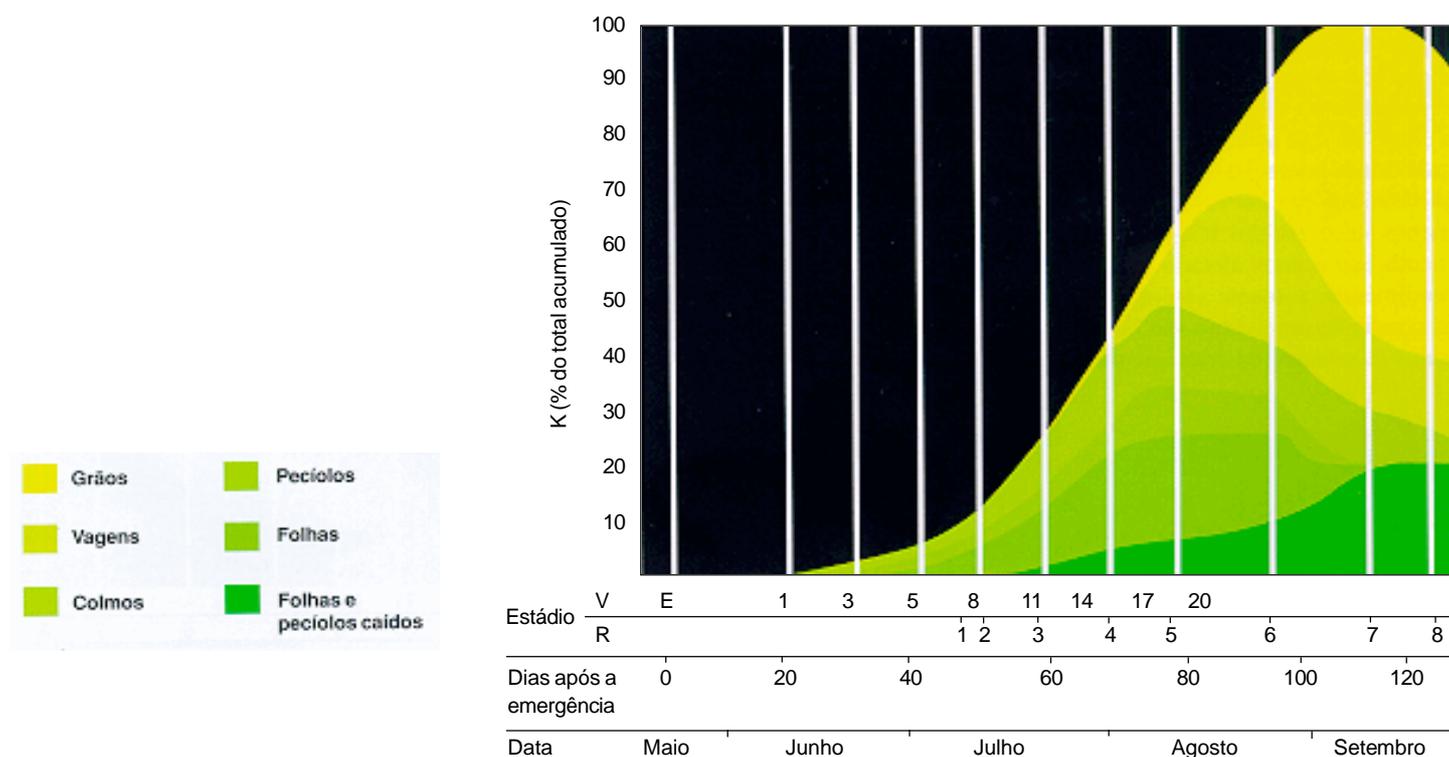


Figura 40. Acúmulo total de potássio em diferentes partes da planta de soja.

O rendimento de soja, ou seja, o peso total das sementes, pode ser descrito pela seguinte equação:

Rendimento = número médio de plantas por hectare x número médio de vagens por planta x número médio de grãos por vagem x peso médio de um grão.

Uma planta de soja crescendo sem competição com outras plantas irá ramificar intensamente, formando uma planta com arquitetura mais aberta. Aumentando-se o número de plantas na área (densidade de plantas) aumenta-se a altura destas e a tendência ao acamamento, reduzindo-se a ramificação e o número de vagens por planta. Porém, admite-se um valor ótimo para densidade de plantas visando-se mais vagens e grãos por unidade de área. Essa densidade ótima de plantas difere com os cultivares e ambientes de crescimento.

O ambiente no qual um determinado cultivar de soja cresce influencia extremamente o desenvolvimento e o rendimento da planta. A ocorrência de estresse ambiental em qualquer estágio de desenvolvimento da soja irá reduzir o seu rendimento. Estresses tais como: deficiências nutricionais, umidade inadequada, danos por geada, granizo, pragas ou acamamento, causam enormes reduções de rendimento quando ocorrem entre os estádios R4 e logo após o R6. Dentro dessa faixa fenológica, o período entre os estádios R4.5 e R5.5 é especialmente sensível ao estresse. Como a planta de soja amadurece depois do R6, a quantidade potencial de redução de produção causada por estresse diminui gradualmente até o estágio R7, quando o rendimento não é mais afetado por este. Altos rendimentos somente são obtidos quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento da soja.

Requerimentos e Absorção de Nutrientes pela Soja

A planta de soja (bem como a bactéria simbiótica associada a ela) requer os seguintes nutrientes minerais: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), boro (B), manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e molibdênio (Mo). A maior parte desses nutrientes é absorvida do solo, porém, parte do nitrogênio é obtida por meio da fixação realizada pelas bactérias no interior dos nódulos e um pouco do enxofre é absorvido do ar (como SO₂ e H₂S). Os nutrientes são absorvidos junto com a água pelas raízes da planta e movem-se no interior desta até as folhas e outros órgãos vegetativos.

As quantidades de nutrientes disponíveis variam com o tipo de solo, profundidade de amostragem e práticas de cultivo, e são influenciadas pelas condições de

temperatura e umidade no solo. As raízes não crescem em solo seco e a umidade deve ser adequada para que o sistema radicular possa absorver os nutrientes. Por outro lado, o excesso de umidade no solo limita a aeração das raízes, as quais necessitam de oxigênio para crescer.

Os padrões de sazonalidade de acúmulo dos diferentes nutrientes pelas diferentes partes da planta são apresentados nas Figuras 39, 40 e 41. As quantidades de nutrientes absorvidas pelas plantas no início da estação de crescimento são pequenas porque as plantas são pequenas. Entretanto, a concentração de nutrientes em uma folha individual de plantas bem nutridas é alta durante esse período como nas folhas individuais em períodos mais adiantados. A absorção e o acúmulo de alguns nutrientes é contínua ao longo da estação de crescimento até a maturidade da planta (Figura 41), enquanto a absorção de outros é completada no estágio R6 (Figura 39).

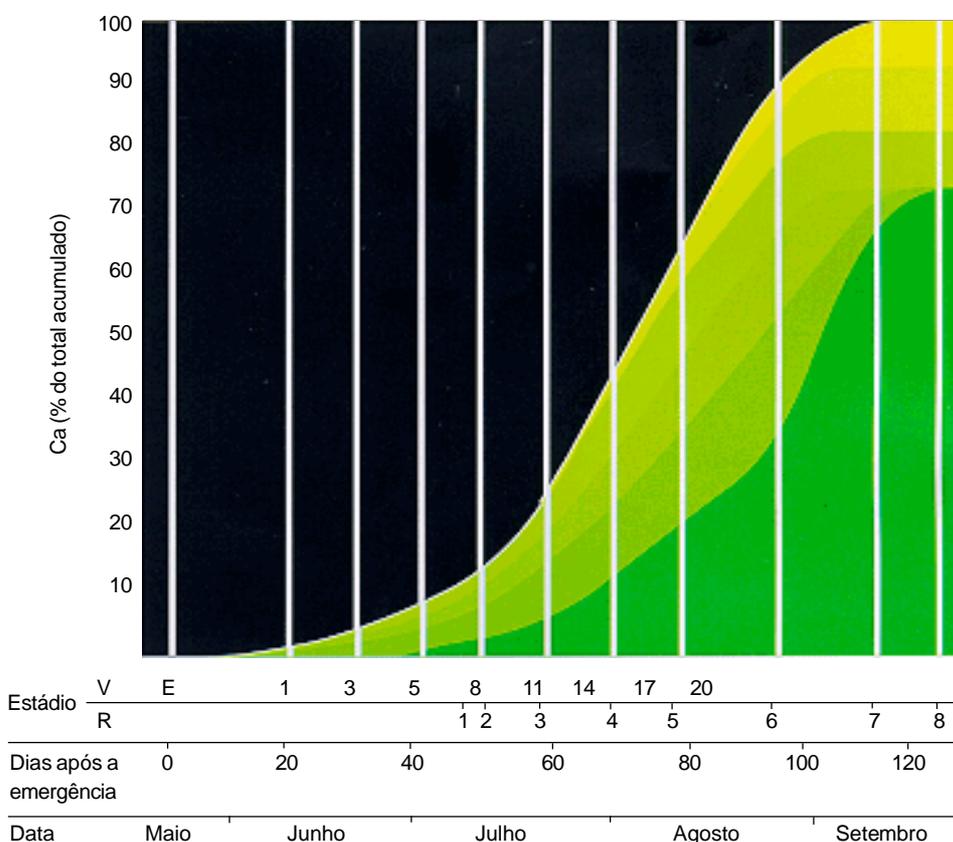


Figura 41. Acúmulo total de cálcio em diferentes partes da planta de soja.



A redistribuição dos nutrientes minerais a partir de partes mais velhas da planta para as mais novas em crescimento é a fonte primária de alguns nutrientes. Alguns nutrientes são muito móveis na planta e são prontamente translocados de um órgão velho para um mais novo. A redistribuição de N (Figura 39), P e S constitui-se na fonte primária desses nutrientes para os grãos em formação e resulta em significativa diminuição desses elementos nas folhas, pecíolos, hastes e vagens, durante o período mais avançado de enchimento das sementes. Entretanto, alguns nutrientes como o Ca são muito imóveis nas plantas, existindo pequena redistribuição dos mesmos das partes mais velhas para as mais novas em crescimento. A translocação dos nutrientes móveis das folhas para as sementes em formação, exceto a do cálcio, faz com que este nutriente apresente-se com maior concentração nas folhas ao final do ciclo de maturação (Figura 41).

A redistribuição de outros nutrientes na planta geralmente segue um padrão intermediário entre os extremos de alta mobilidade do N e imobilidade do Ca. P e S são muito semelhantes ao N. O K é redistribuído das partes vegetativas para as sementes em formação, porém, não é redistribuído a partir das vagens. Zn e Cu são redistribuídos, mas não na mesma intensidade do N. Mn, Mg, Fe, B e Mo são relativamente imóveis, mas não tanto quanto o Ca. Diferenças marcantes quanto à mobilidade do Fe têm sido verificadas entre os diferentes cultivares.

Uso de Fertilizantes e Manejo da Fertilidade

Quando o solo não pode suprir as necessidades em nutrientes da planta, fertilizantes e/ou esterco podem ser adicionados para atender a nutrição das plantas. A absorção de nutrientes adicionados ao solo nem sempre é um processo eficiente. Em boas condições, a recuperação do fósforo e potássio adicionados varia de 5 a 20% e de 30 a 60%, respectivamente, no mesmo ano de adubação. Entretanto, os nutrientes adicionados são recuperados nos anos posteriores.

Nutrientes Normalmente Deficientes

1. Nitrogênio: é fixado e prontamente disponível à soja pelas bactérias presentes no interior dos nódulos radiculares. Em áreas onde a soja nunca foi cultivada há necessidade de inoculação das sementes para suprir a planta com bactérias. A calagem de solos ácidos é benéfica. Em condições favoráveis à fixação do N_2 , a necessidade de adubação mineral nitrogenada é reduzida ou eliminada.

2. Fósforo e Potássio: a disponibilidade desses nutrientes para altos rendimentos de soja não é adequada em muitos solos, de maneira que a adição de fertilizantes contendo esses nutrientes deve ser feita. Dependendo do pH do solo a calagem pode ser necessária²⁴.

3. Em solos onde existam condições de deficiência nutricional, a aplicação de outros nutrientes pode ser necessária para atender os requerimentos da planta. S, Fe, B, Mn ou Zn são os elementos que ocasionalmente se apresentam deficientes²⁵.

Considerações para Altos Rendimentos de Soja

As figuras apresentadas neste artigo indicam que o rendimento produzido pela planta de soja depende da taxa e do tempo de acúmulo de matéria seca. Entretanto, para se obter altos rendimentos, é necessário conhecer todas as práticas culturais compatíveis com uma produção econômica, aplicadas para maximizar a taxa de acúmulo de matéria seca no grão.

Considerar as seguintes práticas de manejo:

1. Calagem e adubação fundamentadas em amostragem e análise de solo confiáveis.
2. Não cultivar ou plantar em solos muito úmidos.
3. Semear em épocas recomendadas para sua região.
4. Escolher os cultivares melhor adaptados à sua região.
5. As máximas produtividades são obtidas em espaçamentos entre linhas menores (20-40 cm) que os ainda utilizados nos EUA, isto é, 75 a 100 cm.
6. Ajustar o estande em função do espaçamento de entre-linhas adotado.
7. Não semear muito profundo: 2 a 4 cm de profundidade é o ótimo na maioria dos solos.
8. Monitorar e controlar plantas daninhas, pragas e doenças sempre que preciso.
9. Reduzir ao mínimo possível as perdas de colheita.

²⁴ **Nota do tradutor:** Com relação aos solos brasileiros, principalmente aqueles localizados no Brasil Central (cerrado), fósforo, potássio e enxofre têm sido os macronutrientes com maior necessidade de correção via adubação, e cálcio e magnésio, via calagem, e manutenção, visando a busca de altas produtividades.

²⁵ **Nota do tradutor:** Além das necessidades de correção e manutenção da fertilidade com macronutrientes nos solos brasileiros, ultimamente vem merecendo destaque a necessidade de aplicação de alguns micronutrientes, tais como B, Co, Cu, Mn, Mo e Zn. Estes podem ser fornecidos à cultura no momento da semeadura, através de fórmulas fertilizantes completas. No caso de Co e Mo, pode-se fornecê-los via semente, por ocasião do tratamento destas com fungicidas. Uma vez instalada a cultura, preventivamente os micronutrientes B, Co, Cu, Mn e Mo podem ser adicionalmente fornecidos por meio da adubação foliar, quando a soja se encontra nos estádios V4 a V5.

A HISTÓRIA DO POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE

HÁ MAIS DE 63 ANOS, o Instituto Americano de Potassa iniciava uma importante e única experiência de cooperação.

A data era julho de 1935. O local, Washington, D.C., cerca de três blocos da Casa Branca. A pessoa falando era Dr. J.W. Turrentine, o primeiro presidente do novo Instituto e químico de grande reputação. Era autoridade mundial na produção e uso de potássio.

Na ocasião falava não para grande platéia de cientistas, mas para grupo de apenas oito pessoas, o primeiro Conselho de Diretores do Instituto que se formava. Era grupo do alto gerenciamento das maiores empresas produtoras de potássio da época, homens de negócios realistas, com o objetivo de vender potássio.

A mensagem do Dr. Turrentine foi curta e direta: "Cavalheiros, o uso de potássio depende do seu reco-

nhecimento como nutriente de planta, que é fator agrônômico, e da possibilidade do agricultor em comprá-lo, que é fator econômico. Assim, o uso agrícola de potássio deve ser aumentado apenas quando for requerido pela cultura e lucrativo para o agricultor".

A indústria americana de potássio aceitou esta filosofia e, através do Instituto, por mais de 63 anos aplicou o conceito da integridade científica na direção de seus negócios. Em 1977, com a inclusão de P no programa, o nome foi mudado para Potash & Phosphate Institute... mas o enfoque científico para desenvolvimento de mercado permaneceu o mesmo.

Cooperação tem sido a base fundamental. Cooperação de milhares de pesquisadores, professores, extensionsistas, consultores e autoridades governamentais ligados à agricultura – com vendedores, dealers e agricultores lá no campo – na dedicada e sincera busca da verdade.



Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato
Rua Alfredo Guedes nº 1949 - Edifício Rácz Center - sala 701 - Fone/Fax: (019) 433-3254
Endereço Postal: Caixa Postal 400 - CEP 13400-970 - Piracicaba-SP - Brasil

Sócios mantenedores:
Potash & Phosphate Institute (USA)
Potash & Phosphate Institute of Canada



ENTREGUE AOS CORREIOS
NESTA DATA

POTAFOS