

UNIDADE XII
FRUTIFICAÇÃO

FRUTIFICAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

O fruto é formado, geralmente, por um ou mais ovários maduros da mesma flor ou de flores diferentes de uma inflorescência, embora em algumas espécies, outros tecidos da flor também se desenvolvam, como, por exemplo, o pedúnculo no caju e o receptáculo na pêra e na maçã. Dentro do ovário, o desenvolvimento dos óvulos fecundados irá dar origem às sementes. Os frutos representam o estágio final da reprodução sexual e eles são, portanto, os órgãos disseminadores das angiospermas, promovendo a dispersão das sementes.

Na sua forma mais simples, tais como os frutos de ervilha e de feijão, o fruto consiste de sementes inclusas dentro de um ovário expandido (vagem). Em milho, o fruto consiste de uma única semente fundida com a parede do ovário. Em muitos casos, no entanto, o pericarpo se desenvolve consideravelmente, produzindo os frutos carnosos. Principalmente nestes casos, o fruto sofre intensas divisões e expansões celulares, além das mudanças qualitativas durante o seu desenvolvimento. O crescimento e as mudanças qualitativas são regulados, em parte, por mudanças na concentração de hormônios que ocorrem durante o desenvolvimento do fruto.

2. CRESCIMENTO DAS FLORES

As flores das angiospermas consistem, usualmente, de quatro partes (verticilos): sépalas, pétalas, estames e pistilo (Figura 1). Quando a parte feminina (pistilo) e masculina (estame) são encontradas na mesma flor, ela é denominada hermafrodita ou perfeita. Certas espécies, no entanto, produzem flores unissexuais ou imperfeitas, sendo que se podem encontrar flores masculinas e femininas na mesma planta (monóicas) ou em plantas diferentes (dióicas)

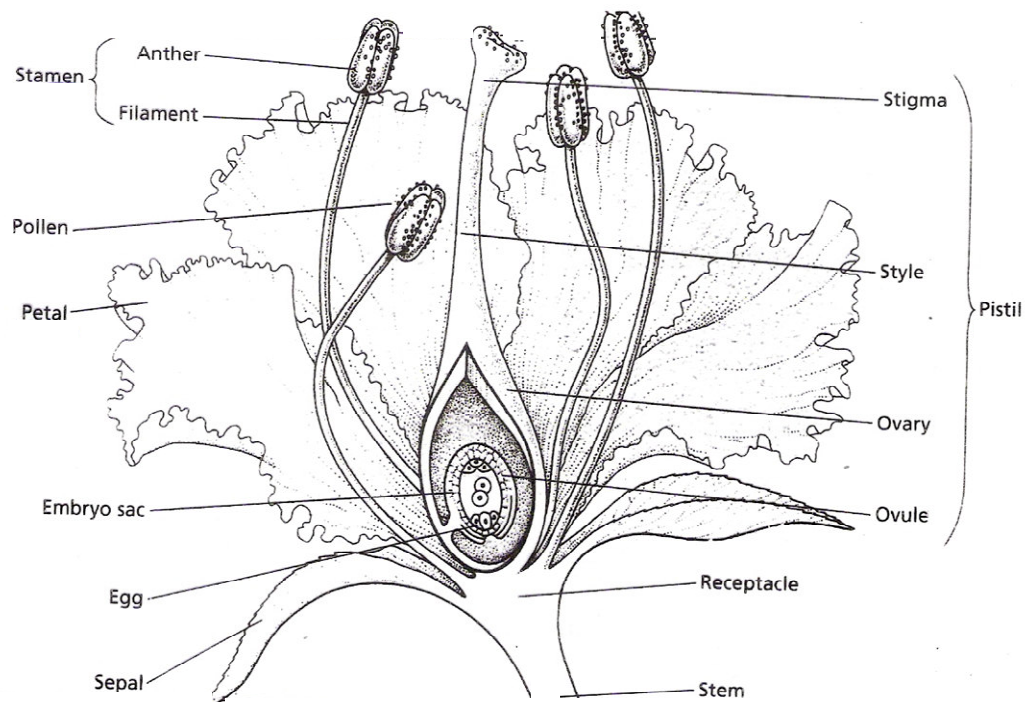


Figura 1 – Esquema mostrando uma flor perfeita de angiosperma (Taiz & Zeiger, 1998).

As diferentes partes florais afetam diferentemente o crescimento da flor. Remoção dos estames do botão floral provoca redução na mobilização de açúcares para a flor e parada da atividade mitótica do ovário. O ovário, por sua vez, tem importante papel no desenvolvimento da flor, sendo uma rica fonte de auxina. Geralmente, remoção do ovário durante o desenvolvimento da flor provoca a abscisão desse órgão. Em *Coleus*, a remoção do estigma causou abscisão da flor e, neste caso, nem aplicação de auxina nem de pólen (rico em auxinas) foi efetiva em prevenir essa abscisão. Entretanto, em muitos casos, aplicação de auxinas ou de giberelinas, em concentrações adequadas, retardam a abscisão floral.

O crescimento do pedicelo, em muitas espécies, está diretamente relacionado a estímulos produzidos pelo botão floral. Em *Fritillaria* e *Cyclamem* ocorrem dois máximos de crescimento: o crescimento mais rápido ocorre antes da abertura da flor; há então uma parada no crescimento que corresponde à abertura da flor; e outra fase de crescimento que ocorre simultaneamente ao estabelecimento do fruto. As duas etapas de rápido crescimento coincidem com os períodos de máxima produção de auxinas pela flor (Figura 2).

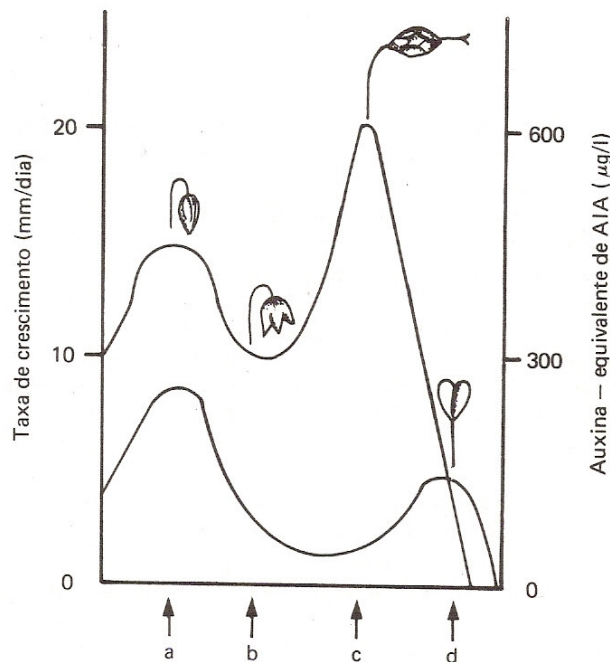


Figura 2 – Taxa de crescimento do pedicelo e concentração de auxinas em *Fritillaria meleagris*. Note que existem dois picos de crescimento (curva inferior) e dois pontos máximos de difusão de auxinas do pedicelo (curva superior). a = botão floral; b = antese; c = fruto jovem; d = fruto adulto (Ferri, 1985)

Além de grandes quantidades de auxinas produzidas pelo pólen e pelo ovário, há provas de que as pétalas de algumas flores também produzem auxinas durante sua abertura. Acredita-se que as auxinas produzidas nessas partes florais atuem no retardamento da abscisão da flor.

A formação de flores unissexuais, por sua vez, parece envolver a supressão do crescimento de uma das partes florais, visto que, numa flor feminina são encontrados rudimentos das partes masculinas e em flores masculinas são encontrados rudimentos do pistilo. Esse processo de determinação do sexo é geneticamente regulado, porém, ele é também influenciado por fatores ambientais, tais como fotoperíodo e “status” nutricional, e estes efeitos ambientais podem ser mediados por giberelinas, auxinas e etileno. Em milho, por exemplo, flores masculinas são restritas ao pendão e as femininas às espigas. Exposição

dessas plantas a dia curto ou frio durante a noite provoca aumento de cerca de 100 vezes no nível de giberelinas endógenas e, simultaneamente, isto causa feminilização das flores do pendão. Por outro lado, aplicações de auxinas, em concentrações relativamente altas, também estimulam a formação de flores femininas em pepino e abóbora. Como as concentrações de auxinas utilizadas estimulam a produção de etileno endógeno, é provável que as auxinas atuem indiretamente, estimulando a síntese de etileno. Nestes casos, o papel primário dos hormônios vegetais parece ser a supressão do desenvolvimento do estame.

3. POLINIZAÇÃO

O grão de pólen, produzido na antera, é o gametófito masculino das plantas superiores. Em angiospermas são encontrados dois tipos de grãos de pólen: Um tipo mais primitivo é binucleado, apresentando, no estágio de micrósporo, um núcleo vegetativo e outro generativo; Os grupos de angiospermas mais avançados (Compositae, Gramínea, etc.) possuem pólen trinucleados. Quando o pólen dessas plantas é liberado ele possui um núcleo vegetativo e dois núcleos generativos.

OBS: Microsporogênese é o processo que conduz à formação de micrósporos ou grãos-de-pólen jovens;

Macrosporogênese é o processo que conduz à formação do macrósporo ou saco embrionário jovem.

A polinização consiste na deposição do grão-de-pólen sobre o estigma do pistilo, e ela ocorre por diversas maneiras (vento, insetos, artificial, autofecundação, etc.). Após a polinização, o grão-de-pólen germina, se o estigma for receptivo, produzindo um tubo polínico. Enzimas secretadas pelo pólen intensificam o crescimento do tubo polínico através do estilete e, eventualmente, através da micrópila. Já as substâncias produzidas no pistilo parecem causar um crescimento quimiosmótico positivo do tubo polínico. Além disso, um gradiente de Ca^{2+} do estigma até o óvulo, parece estar relacionado, também, com a orientação e crescimento do tubo polínico (quimiotropismo).

Após a polinização e a germinação do grão-de-pólen, ocorre a dupla fecundação. No caso do pólen binucleado, o núcleo generativo divide-se mitoticamente após a germinação para formar o esperma. Pólen trinucleados já possuem dois núcleos generativos que se diferenciam em gametas funcionais. Quando o pólen alcança o óvulo, os dois núcleos generativos são depositados no saco embrionário, onde um deles se funde com a célula ovo para produzir o zigoto diplóide e o outro se funde com dois núcleos polares. O zigoto poderá se desenvolver para formar o embrião (2n), enquanto o tecido triplóide, resultante da fusão de um núcleo espermático com os dois núcleos polares, poderá originar ou não o endosperma (3n).

4. MECANISMOS DE FECUNDAÇÃO CRUZADA

A importância da reprodução sexual está no cruzamento de genomas separados e no vigor e na adaptabilidade genética. Para que isso ocorra, o óvulo deve ser fertilizado por pólen de outras plantas. A polinização pode ser direta, a qual permite a autofecundação, ou cruzada, a qual favorece a fecundação cruzada. A proximidade do pólen da mesma flor

proporciona uma alta probabilidade de autopolinização, a não ser que ocorram mecanismos que facilitem a polinização e a fecundação cruzada. Dentre estes mecanismos podemos destacar: autoesterilidade masculina, protandria (dicogamia na qual os órgãos sexuais masculinos se desenvolvem antes dos femininos), protoginia (órgãos sexuais femininos amadurecem antes dos masculinos), heterostilia, monoicia (flores unissexuais na mesma planta) e dioicia (flores unissexuais em plantas diferentes).

Os mecanismos que facilitam a polinização cruzada e, conseqüentemente, a fecundação cruzada, está relacionada com agentes polinizadores, como vento, insetos, etc. Por exemplo, as espécies polinizadas pelo vento produzem enormes quantidades de pólen, os quais podem apresentar projeções em formas de asas que facilitam sua flutuação no ar, e também podem apresentar adaptações do pistilo, o qual pode ser longo e filamentosos.

A polinização por insetos, por sua vez, é restrita às angiospermas. Os insetos são atraídos pela forma, pela cor e pelo odor da flor. Em membros de Aracea, por exemplo, justamente antes da polinização, os tecidos da inflorescência exibem um dramático aumento na taxa de respiração via oxidase alternativa (rever RESPIRAÇÃO). Esse tipo de respiração provoca aumento de temperatura e, como conseqüência, a liberação de compostos voláteis, cujos odores servem como atraentes para insetos.

Em muitos casos, mesmo que ocorra a autopolinização, a autofecundação pode ser **evitada** por reações de incompatibilidade que ocorrem entre o pólen ou o tubo polínico e as partes do gineceu (estigma, estilete e ovário). Muitas vezes, o ovário inibe a germinação e o crescimento do tubo polínico. Em pólenes trinucleados é comum a auto-incompatibilidade por inibição da germinação do pólen. Inibidores no estilete podem, também, evitar o crescimento do tubo polínico, se a germinação de um pólen da mesma planta ocorrer. Mesmo que o tubo polínico cresça, a fertilização pode ser prevenida, podendo o óvulo ser outro local de incompatibilidade.

Por outro lado, existem alguns mecanismos que podem favorecer a autopolinização e, conseqüentemente, a autofecundação. Por exemplo, em certas espécies de *Epilobium*, o estilete cresce continuamente e, caso não ocorra a polinização cruzada, ele acaba entrando em contato direto com as anteras da mesma flor. Nas plantas clistogâmicas, a autopolinização é a regra. Em violeta, por exemplo, o pólen germina dentro da antera, atravessando as paredes e atingindo o estilete, ainda quando o botão floral é bem jovem.

5. RECEPTIVIDADE DO ESTIGMA

A capacidade da flor de se desenvolver e produzir o fruto depende da receptividade das partes femininas ao pólen. Essa receptividade pode durar somente algumas horas, como no caso da mangueira (*Mangifera indica*), ou além de uma semana, como no caso do tomate. Em algumas espécies, a receptividade do ovário é indicada pela secreção de material viscoso no estigma, o qual retém o grão-de-pólen, além de servir, provavelmente, como nutriente. Em muitos casos, a receptividade do ovário aparece antes da abertura da flor e, em muitas espécies cultivadas, as reações de incompatibilidade somente se desenvolvem após a abertura da flor. Isso permite a utilização da técnica de polinização artificial, ou seja, abre-se o botão floral e procede-se a polinização.

6. ESTABELECIMENTO DO FRUTO (Desenvolvimento inicial do ovário)

Na maioria das plantas com flores acredita-se que o estímulo inicial para o desenvolvimento do fruto resulte da polinização. Havendo sucesso na polinização, inicia-se o crescimento do óvulo, um processo conhecido como Estabelecimento do Fruto. A polinização e não a fertilização é que corresponde ao estímulo inicial.

Não se sabe exatamente como a polinização estimula o desenvolvimento inicial do fruto. No entanto, o pólen é uma excelente fonte de auxinas e, é provável que as auxinas produzidas no pólen atuem no estabelecimento do fruto. Por exemplo, em algumas espécies, frutos sem sementes podem ser produzidos naturalmente ou elas podem ser induzidas a produzir tais frutos pelo tratamento de **flores** não polinizadas com auxinas (PARTENOCARPIA). Em adição, o ovário em desenvolvimento também produz auxina, a qual juntamente com outros hormônios (giberelinas e etileno) contribuem para a regulação do desenvolvimento do fruto.

OBS: A produção de frutos partenocárpico pode ocorrer por três diferentes maneiras:

- Desenvolvimento do ovário sem que ocorra polinização (variedades de Citrus, banana, abacaxi, tomate, pimentão, abóbora, pepino, etc.);
- Ocorrendo polinização sem fertilização (orquídeas);
- Através do aborto de embriões (uvas, pêssego, cereja).

7. DESENVOLVIMENTO DOS FRUTOS

Uma vez que o fruto esteja estabelecido e o ovário em expansão, o processo de maturação ocorre. Maturação pode ser definida como o processo que leva o fruto até o seu crescimento final (o órgão atingiu o ápice do seu desenvolvimento). Após a maturação, ocorrem mudanças qualitativas que são referidas como amadurecimento (termo empregado para muitos frutos carnosos).

a) Maturação dos frutos

A maturação de frutos é um processo duplo. Em um o pericarpo (tecido materno) se desenvolve até o seu tamanho final através de divisão e expansão celulares. No outro, os tecidos formados pela união dos gametas do pólen (masculino) e do saco embrionário (feminino), se desenvolvem como embrião e endosperma, os quais formam a semente. Estes dois processos podem ocorrer simultaneamente e, portanto, pode haver competição por nutrientes (orgânicos e minerais). Acredita-se que a coordenação entre esses dois processos é feita pelos fitohormônios.

Muitos frutos crescem de acordo com uma típica curva sigmóide (Figura 3). Por exemplo, a curva de crescimento de frutos de maçã, pêra, morango, pepino, banana, tomate, laranja, abacate, melão e abacaxi são tipicamente sigmóides. Nesta curva, três fases podem usualmente ser detectada: uma fase logarítmica, uma fase linear e uma fase de declínio até o final da maturação.

Na fase logarítmica, o tamanho (V) aumenta exponencialmente com o tempo (t). Isto significa que a taxa de crescimento (dV/dt) é lenta inicialmente, porém aumenta continuamente. A taxa é proporcional ao tamanho do organismo; quanto maior o organismo, mais rapidamente ele cresce.

Na fase linear, o aumento em tamanho continua constante, usualmente em taxa máxima por algum tempo. Não é muito claro por que a taxa de crescimento nesta fase é constante e não proporcional ao incremento no tamanho do organismo.

A fase de declínio é caracterizada pela queda na taxa de crescimento e ocorre quando o fruto atinge o estágio final de maturação.

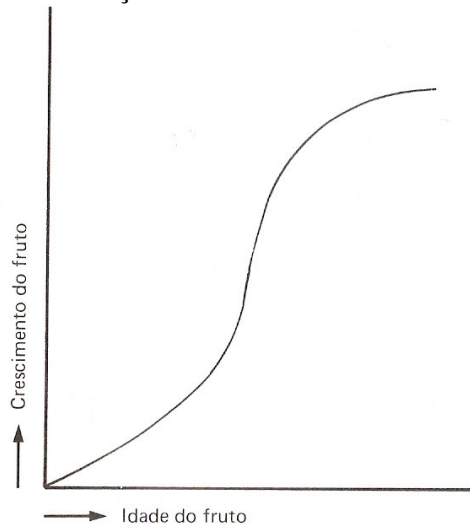


Figura 3 – Curva de crescimento de um fruto do tipo baga, representada por uma típica curva sigmóide (Ferri, 1985)

Outros frutos, tais como uva, figo, oliva, groselha, e os frutos simples com caroço (cereja, damasco, pêssago, ameixa) apresentam uma interessante curva dupla-sigmóide, na qual a primeira fase de crescimento lento (período quiescente) é seguida por uma fase logarítmica, produzindo uma segunda parte sigmóide da curva (Figura 4). Em parte, este aparente período quiescente corresponde ao período de rápida maturação da semente e pode ser o resultado da competição por nutrientes entre o desenvolvimento do ovário (fruto) e o desenvolvimento dos óvulos (sementes).

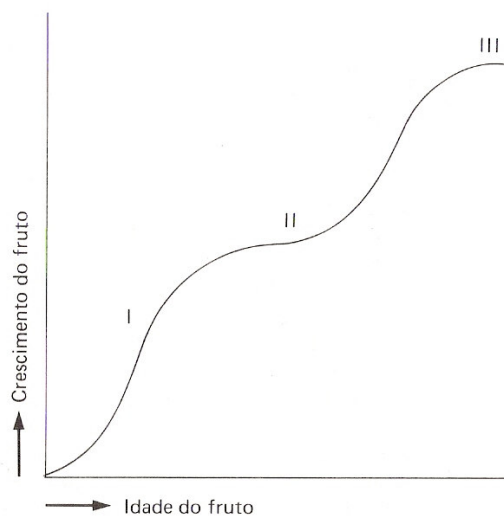


Figura 4 – Curva de crescimento de um fruto do tipo drupa, representada por uma sigmóide dupla (Ferri, 1985)

Como mencionado anteriormente, o desenvolvimento inicial do fruto é correlacionado com a auxina produzida no pólen. Em adição, os frutos durante a maturação produzem etileno e giberelinas, os quais, juntamente com as auxinas produzidas nas sementes em desenvolvimento, contribuem para a maturação do fruto.

Um aspecto importante da maturação do fruto é a intensidade de mobilização de fotoassimilados das folhas para os frutos. Durante o desenvolvimento vegetativo, os ápices da raiz e da parte aérea são os principais drenos da planta. Durante o desenvolvimento reprodutivo, os frutos tornam-se os principais drenos para a importação de carboidratos, aminoácidos e outros materiais translocados pelo floema. Isso ocorre devido a alta atividade nos frutos (lembre-se que a força do dreno é função do tamanho e da atividade do dreno)

O tamanho final do fruto é limitado pela característica genética da espécie vegetal, porém, ele varia dentro de um amplo limite, dependendo dos fatores ambientais e de certos fatores endógenos. Em parte, o tamanho do fruto é uma função do número de células. Em vários tipos de frutos, como morango e maçã, o tamanho do fruto é proporcional ao número de sementes (Figura 5). No caso do morango, os aquênios têm um papel extremamente importante no desenvolvimento do pseudofruto (o receptáculo). A remoção total das sementes (aquênios) paralisa o crescimento do pseudofruto e a remoção parcial altera a sua forma.

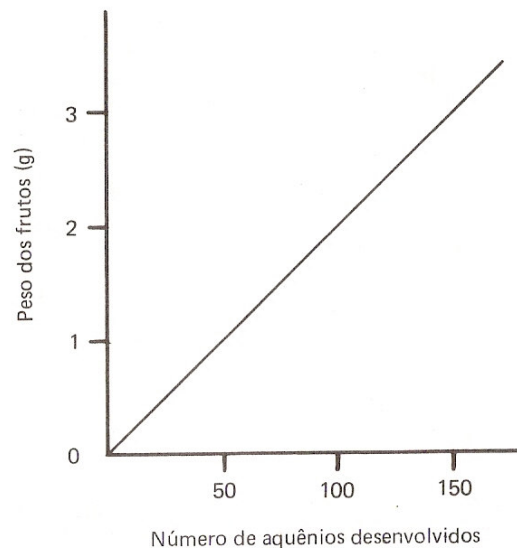


Figura 5 – Proporcionalidade entre o número de aquênios desenvolvido e o peso dos receptáculos de morangos da mesma idade (Ferri, 1985)

Um outro aspecto do desenvolvimento do fruto é a sua queda ou abscisão. Essa queda pode estar associada com excessiva taxa de respiração devido a condições climáticas (como alta temperatura) ou com problemas na translocação de nutrientes para dentro do fruto.

b) Amadurecimento de frutos

No final do período de maturação **várias** mudanças qualitativas ocorrem dentro do fruto (frutos carnosos). Estas mudanças são coletivamente conhecidas como amadurecimento do

fruto. Tais mudanças incluem o amolecimento devido a quebra enzimática da parede celular, hidrólise de amido e de outras macromoléculas, acúmulo de açúcares e redução nos teores de ácidos orgânicos e compostos fenólicos, incluindo tanino. Também se observa degradação de clorofila e acúmulo de outros pigmentos, como carotenóides (nos cromoplastos) e antocianina (nos vacúolos), nas células da epiderme desses frutos. Além disso, é comum a produção de compostos voláteis (ésteres aromáticos, aldeídos, etc.), os quais dão o cheiro característico de cada fruto.

IMPORTANTE: A parte final do desenvolvimento de frutos secos (muitas vagens, por exemplo) é completamente diferente. Nestes frutos, após a maturação fisiológica ser atingida, se observa o espessamento das paredes celulares e a desidratação dos tecidos. A deiscência, se ocorrer, pode também ser considerada parte do processo. Vale salientar, que tanto nos frutos carnosos como nos secos, o processo final de desenvolvimento do fruto é considerado um tipo de senescência, a qual contribui para a dispersão das sementes.

OBS: Em geral, o termo amadurecimento é mais empregado para frutos carnosos.

Mudanças na taxa de respiração também ocorrem durante o amadurecimento de frutos (Figura 6). Em todos os frutos, a taxa de respiração é alta quando eles são jovens, um período caracterizado pelo rápido crescimento (altas taxas de divisão e expansão celulares). A taxa de respiração então decresce e mantém-se aproximadamente constante durante a maturação e mesmo durante o amadurecimento. Alguns frutos, como *citrus*, uva, abacaxi e morango seguem esse comportamento. Na realidade, esses frutos (uvas, laranjas, limões, etc.) amadurecem ainda nas árvores. Quando eles são colhidos antes do amadurecimento, a sua respiração continua em uma taxa que decresce gradualmente. Por outro lado, em outras espécies (banana, maçã, tomate, abacate, etc.) não se observa o comportamento descrito acima, sendo observado um nítido aumento na taxa de respiração, antes do amadurecimento, o qual é conhecido como CLIMATÉRIO (Figura 6). Nestes frutos (banana, maçã, tomate e abacate), a colheita acelera ou induz o amadurecimento.

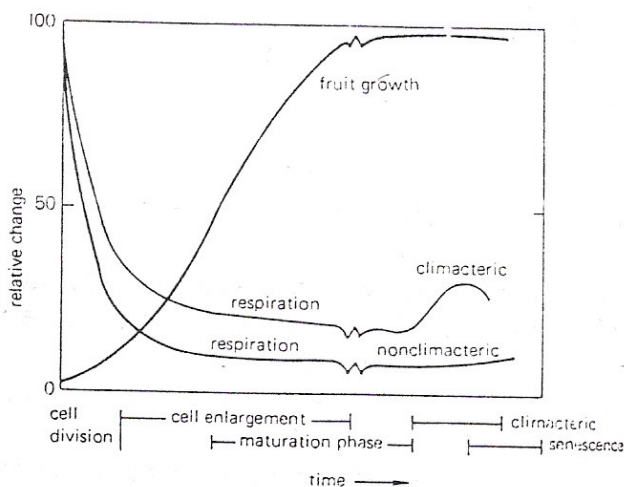


Figura 6 – Alterações na taxa de respiração durante o desenvolvimento de frutos climatéricos e não climatéricos (Salisbury & Ross, 1992)

Por muitos anos, o etileno tem sido reconhecido como o hormônio que acelera o amadurecimento de frutos comestíveis. No entanto, nem todos os frutos respondem ao etileno. Os frutos que amadurecem em resposta ao etileno são aqueles que exibem o climatério. Tais

frutos mostram um pico de produção de etileno imediatamente antes do aumento na respiração. Frutos como, maçã, banana, abacate e tomate, são exemplos de frutos climatéricos. Em contraste, frutos como *Citrus*, abacaxi e uva, não exibem aumento nem na produção de etileno nem na respiração, e são conhecidos como frutos não climatéricos.

OBS: No abacate, o climatério somente é observado após a colheita do fruto.

Quando frutos climatéricos não maduros são tratados com etileno, a iniciação do aumento no climatério é acelerada. Por outro lado, quando frutos não climatéricos são tratados da mesma maneira, o aumento na taxa respiratória é proporcional à concentração de etileno. No entanto, o tratamento não induz a produção de etileno endógeno e também não acelera o amadurecimento. A elucidação do papel do etileno no amadurecimento de frutos climatéricos tem resultado em muitas aplicações práticas que objetivam uniformizar ou retardar o amadurecimento.

A relação causal entre o nível endógeno de etileno e o amadurecimento do fruto tem sido estudada através da aplicação de inibidores da biossíntese (AVG e AOA) ou da ação (Ag^+ e CO_2) do etileno. O uso destes inibidores retarda ou previne o amadurecimento de frutos climatéricos. Estudos com mutantes também confirmam o papel do etileno no amadurecimento de frutos. Por exemplo, estudos com plantas transgênicas de tomate deficientes em etileno (esses mutantes são incapazes de produzir etileno devido alterações nas enzimas sintase do ACC e oxidase do ACC), mostraram completo bloqueio no amadurecimento do fruto e, o amadurecimento foi promovido pela aplicação exógena de etileno. Estes experimentos mostraram, inequivocamente, o papel do etileno no amadurecimento do fruto.

8. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS FRUTOS

a) Tipos de frutos

De modo geral, classificam-se os frutos como:

- Simples – frutos que resultam do desenvolvimento de um ovário. Temos como exemplo as bagas (tomate, uva, caqui, etc.) e as drupas (pêssego, manga, etc.);
- Múltiplo ou agregado – Frutos que se desenvolvem a partir de um ovário dialicarpelar (morango, framboesa);
- Composto ou inflorescência – Frutos que se desenvolvem a partir de ovários de diferentes flores de uma inflorescência (abacaxi);
- Complexos ou pseudofrutos – Frutos que se desenvolvem de outras partes da flor, além do ovário. Temos os casos da maçã e da pêra, nos quais além do ovário se desenvolve o receptáculo. Outro exemplo é o caju, no qual se desenvolve o pedicelo (produz o pedúnculo).

OBS: O receptáculo (maçã e pêra) e o pedúnculo (caju) que se desenvolvem são considerados **Pseudofrutos**

b) Crescimento diurno e noturno

Quando mudanças no diâmetro dos frutos são seguidas continuamente, observa-se que o crescimento não é uniforme durante as 24 horas. Por exemplo, em maçã a taxa de aumento em volume durante a noite foi cerca de 25 vezes maior do que a observada durante o dia. Esse fenômeno ocorre também em outras espécies (abacate, cereja, pêsego, e muitos frutos de espécies não cultivadas). As menores taxas de crescimento ocorrem quando a capacidade de evaporação do ar e as taxas de transpiração são altas. Nestas condições, o movimento de água para os frutos é reduzido e pode-se observar, em casos extremos, encolhimento dos frutos durante o meio dia.

OBS: lembre-se que para haver crescimento celular é necessário que a pressão de turgescência atue sobre as paredes celulares.

$$TC = m (P - Y)$$

c) Divisão celular durante o desenvolvimento

Em muitos frutos a divisão celular é limitada ao início do desenvolvimento do fruto. Em tomate, praticamente não ocorre divisão celular após a fecundação. Neste caso, o crescimento deve-se basicamente à expansão celular. Em outros frutos, a divisão celular ocorre até poucas semanas após a fecundação. Em abacate, no entanto, ocorre divisão celular praticamente durante todo o desenvolvimento.

d) Conteúdo de água

Em geral, o conteúdo de água dos frutos é mais alto do que o de folhas vizinhas na mesma planta. Por exemplo, em maçã e pêra, o conteúdo de água nas folhas é de cerca de 60%, enquanto que nos frutos é de 85%.

e) Composição química

A composição química de frutos comestíveis e as transformações que ocorrem durante o amadurecimento têm sido amplamente estudadas. Em algumas espécies, como limão, não se observa acúmulo de amido em nenhuma fase do desenvolvimento do fruto. Em outras, como banana, maçã e pêsego, se observa grande acúmulo de amido durante a fase de maturação do fruto (esse amido é degradado durante o amadurecimento). Já em outras poucas espécies, como abacateiro e oliveira, se observa acúmulo de lipídios nos frutos.

Em maçãs, a concentração de amido aumenta até um máximo (final da maturação) e então decresce até a colheita, sendo o mesmo convertido para açúcares (durante o amadurecimento). Em maçãs e pêras, a frutose é o principal açúcar que se acumula durante o amadurecimento, embora possam ser encontradas, também, pequenas quantidades de glucose e de sacarose. Já em uvas e cerejas, se observa igual montante de glucose e de frutose, porém praticamente não se detecta a presença de sacarose.

Durante o amadurecimento de laranjas, uvas e abacaxis, o conteúdo de ácidos orgânicos (principalmente, ácido málico, ácido cítrico, ácido isocítrico e ácido tartárico) decresce e o de açúcares aumenta, de modo que os frutos tornam-se doces. Em limões, no entanto, o conteúdo

de ácidos orgânicos aumenta durante o amadurecimento, ocorrendo um decréscimo no pH e o fruto permanece azedo.

OBS: A maioria dos frutos contém vários ácidos orgânicos, embora, freqüentemente, um dos ácidos seja o predominante, como o ácido málico em maçã, o ácido cítrico em laranjas e o ácido tartárico em uvas.

f) Conteúdo mineral

Em comparação com as folhas, os níveis de macronutrientes nos frutos são geralmente mais baixos. Em abóbora, por exemplo, o nível de Ca^{2+} nas folhas é 23 vezes maior do que nos frutos.

BIBLIOGRAFIA

FERRI, M. G. (Coord.) **Fisiologia Vegetal**, volumes 1. e 2. 2nd ed. São Paulo: EPU, 1985, 361p.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000, 512p.

SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. **Plant Physiology**. 4th ed. California: Wadsworth Publishing Company, Inc., 1991, 682p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 1st ed. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991, 559p.

ESTUDO DIRIGIDO Nº 13

ASSUNTO: FRUTIFICAÇÃO

- 1 – Descreva o processo de determinação do sexo em flores de angiospermas e comente sobre os fatores que podem alterar a proporção de flores masculinas e femininas.
- 2 – Qual o papel da oxidase alternativa (rever CTE) na polinização de espécies da família Aracea?
- 3 – Comente sobre as reações de incompatibilidade que ocorrem entre o pólen e o gineceu.
- 4 – Como a polinização pode estimular o estabelecimento de frutos?
- 5 – Defina maturação e amadurecimento de frutos.
- 6 – Qual o tipo de curva de crescimento de um fruto simples com caroço? Descreva essa curva.
- 7 – Quais as principais diferenças entre o amadurecimento de frutos carnosos e o desenvolvimento final de frutos secos?
- 8 – Defina climatério. Mostre graficamente a relação entre a taxa de respiração e a idade de frutos climatéricos e não climatéricos. Dê exemplos de frutos climatéricos e não climatéricos e diga qual dos dois tipos é estimulado a amadurecer após a colheita? Qual o papel do etileno no amadurecimento de frutos?
- 9 – Por que o crescimento de frutos durante o período diurno é normalmente menor do que durante o período noturno?
- 10 – Comente sobre a composição química (amido, frutose, glucose, sacarose, ácidos orgânicos, pigmentos e compostos voláteis) de alguns frutos durante o período de maturação e após o amadurecimento.