

29 Maret/2 April 2010

## Lecture 4 – Tatap Muka 5

### Struktur dan Fungsi Tumbuhan II

- A. Reproduksi Angiosperma
- B. Respon Tumbuhan

#### Kompetensi:

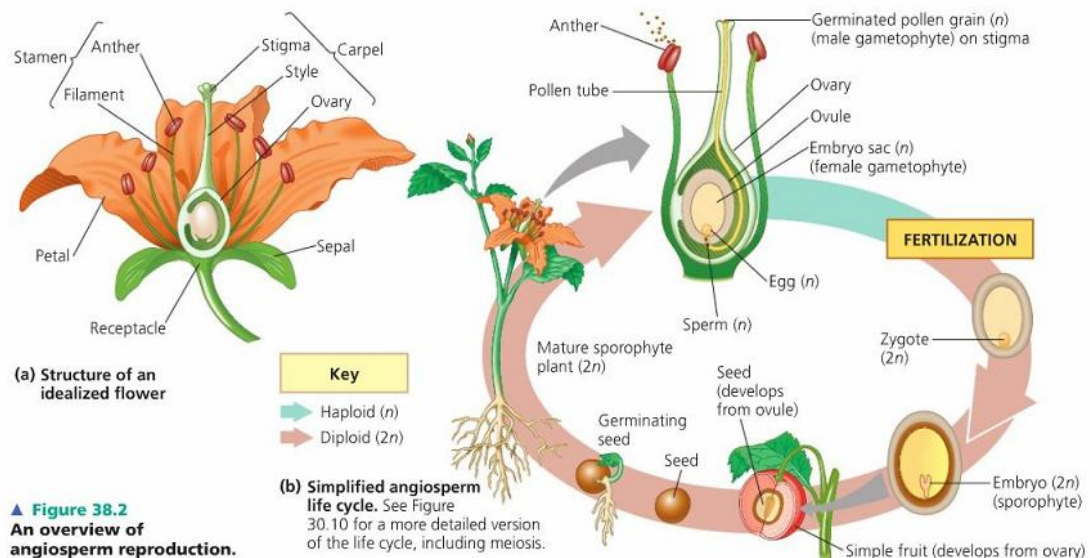
1. Mahasiswa mampu menerangkan perkembangan tanaman
2. Mahasiswa mampu menerangkan pertumbuhan tanaman
3. Mahasiswa mampu menerangkan macam-macam respon tanaman

### A. Reproduksi Angiosperma

Konsep kunci 1: Bunga, fertilisasi ganda, dan buah merupakan sifat unik dari siklus hidup tumbuhan angiospermae

#### Struktur Bunga dan Fungsinya

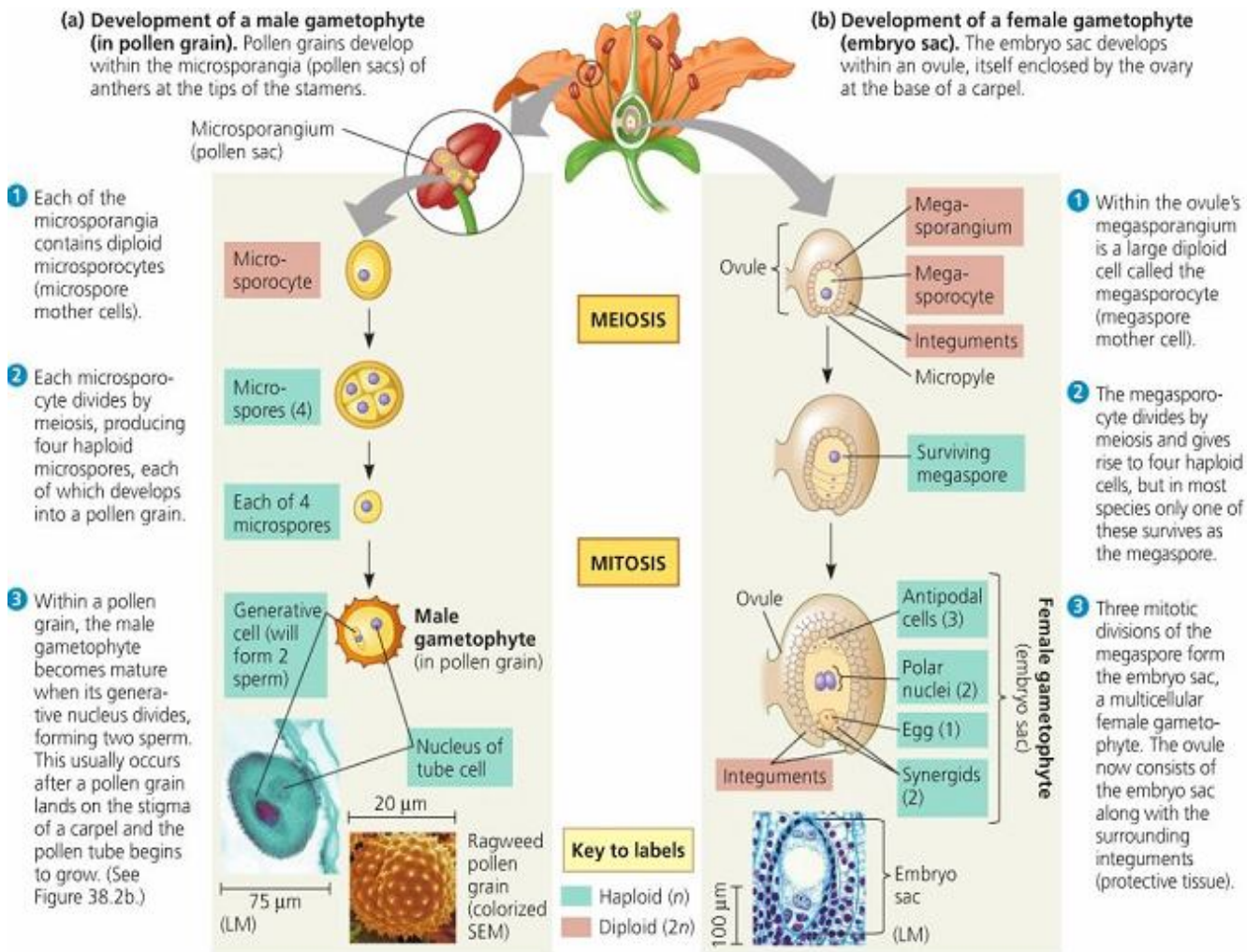
Organ bunga yaitu **sepal**, **petal**, **stamen**, **karpel** melekat pada batang yang disebut **reseptakel**. Stamen dan karpel merupakan organ reproduksi sedangkan sepal dan petal bersifat steril. Stamen tersusun atas tangkai (filamen) dan **anther**. Di dalam anther terdapat ruangan yang disebut mikrosporangia (kantong polen) yang menghasilkan polen. Karpel memiliki **ovari** pada bagian pangkalnya dan leher panjang yang disebut **stile**. Di ujung stile pada umumnya terdapat struktur lengket yang disebut **stigma** yang berfungsi sebagai tempat mendaratnya polen. Di dalam ovarium terdapat satu atau lebih **ovule** (Figure 38.2).



▲ **Figure 38.2**  
An overview of angiosperm reproduction.

## Perkembangan Gametofit Jantan di dalam Butiran Polen

Tiap anther memiliki empat mikrosporangia (kantong polen). Di dalam mikrosporangia terdapat sel diploid yang disebut mikrosporosit (sel induk mikrospora) (Figure 38.3a). Tiap mikrosporosit mengalami meiosis menghasilkan empat **mikrospora** haploid yang masing-masing membentuk gametofit jantan. Tiap-tiap mikrospora mengalami mitosis menghasilkan gametofit jantan yang terdiri atas dua sel: sel generatif dan sel tube. Kedua sel ini dan dinding spora membentuk **butiran polen**. Dinding spora tersusun atas material yang dihasilkan oleh mikrospora dan anther. Selama pemasakan gametofit jantan sel generatif memasuki sel tube. Jika mikrosporangium pecah maka polen akan terbebas dan ditransfer menuju permukaan stigma. Di sini sel tube menghasilkan **tube polen** sel yang tumbuh memanjang dan memindahkan sperma menuju gametofit betina. Tube polen memanjang didalam stile, diman sel generatif membelah diri dan menghasilkan dua sel sperma dan tetap berada di dalam sel tube. Tube polen tumbuh dalam stile menuju ovari dimana sel sperma kemudian dilepaskan di dekat gametofit betina.



**Figure 38.3** The development of male and female gametophytes in angiosperms.

## Perkembangan Gametofit Betina (Kantong Embrio)

Keseluruhan proses terjadi di dalam ovarium, di dalam jaringan dari tiap-tiap ovule yang disebut megasporangium. Dua integumen (lapisan dari jaringan pelindung sporofit yang akan berkembang menjadi kulit biji) melingkari tiap-tiap megasporangium kecuali pada bagian yang disebut mikropile. Perkembangan gametofit betina dimulai ketika satu sel di dalam megasporangium dari tiap ovule (megasporosit/sel induk megaspora) membesar dan melakukan meiosis menghasilkan empat **megaspora** haploid (Figure 38.3b). Hanya satu megaspora yang hidup sedangkan yang lain mengalami disintegrasi (terpisah).

Megaspora yang hidup terus tumbuh dan nukleusnya mengalami mitosis sebanyak tiga kali tanpa sitokinesis sehingga menghasilkan satu sel besar yang memiliki delapan nuklei haploid. Membran kemudian memisahkan massa tersebut menjadi gametofit betina multiseluler. Tiga sel terletak di dekat mikropile (satu sel telur dan dua sel sinergid yang membantu mengarahkan tube polen menuju kantong embrio). Pada ujung yang berlawanan dari kantong embrio ini terdapat tiga sel antipodal yang belum diketahui fungsinya. Dua sel yang lain yang disebut nuklei polar tidak terpisah menjadi dua sel tetapi berbagi sitoplasma.

## Polinasi

Polinasi adalah pemindahan polen menuju stigma. Hal ini dapat dilakukan oleh adanya angin, air atau hewan (Figure 38.4).

▼ Figure 38.4

## Exploring Flower Pollination

Some angiosperm species can self-pollinate, but such species are limited to inbreeding in nature. Most angiosperm species rely on a living (biotic) or nonliving (abiotic) pollinating agent that can move pollen from the anther of a stamen of a flower on one plant to the stigma of a carpel of a flower on another plant. Approximately 80% of all angiosperm pollination is biotic, employing animal go-betweens. Among abiotically pollinated species, 98% rely on wind and 2% on water.

### Abiotic Pollination by Wind

About 20% of all angiosperm species are wind-pollinated. Since their reproductive success does not depend on attracting pollinators, there was no selective pressure favoring colorful or scented flowers. Accordingly, the evolution of wind-pollinated species has resulted in flowers that are often small, green, and inconspicuous, and they produce neither nectar nor scent. Most temperate trees and grasses are wind-pollinated. The flowers of hazel (*Corylus avellana* shown here) and many other temperate, wind-pollinated trees appear in the early spring, when leaves are not present to interfere with pollen movement. The relative inefficiency of wind pollination is compensated for by production of copious amounts of pollen grains. Wind tunnel studies reveal that wind pollination is often more efficient than it appears because floral structures can create eddy currents that aid in pollen capture.



▲ Hazel staminate flowers (stamens only)

◀ Hazel carpellate flower (carpels only)





▲ Common dandelion under normal light



▶ Common dandelion under ultraviolet light

## Pollination by Bees

About 65% of all flowering plants require insects for pollination; the percentage is even greater for major crops. Bees are the most important insect pollinators, and there is great concern in Europe and North America that honeybee populations have shrunk. Pollinating bees depend on nectar and pollen for food. Typically, bee-

pollinated flowers have a delicate, sweet fragrance. Bees are attracted to bright colors, primarily yellow and blue. Red appears dull to them, but they can see ultraviolet radiation. Many bee-pollinated flowers, such as the common dandelion (*Taraxacum vulgare*), have markings called "nectar guides" that help insects locate the nectaries but are only visible to human eyes under ultraviolet light.

## Pollination by Moths and Butterflies

Moths and butterflies detect odors, and the flowers they pollinate are often sweetly fragrant. Butterflies perceive many bright colors, but moth-pollinated flowers are usually white or yellow, which stand out in low light (as at night). A yucca plant (shown here) is typically pollinated by a single species of moth with appendages that pack pollen onto the stigma. The moth then deposits eggs directly into the ovary. The larvae eat some developing seeds, but this cost is outweighed by the benefit of an efficient and reliable pollinator. If a moth deposits too many eggs, the flower aborts and drops off, selecting against individuals that overexploit the plant.



▲ Moth on yucca flower

## Pollination by Flies

Fly-pollinated flowers are reddish and fleshy, with an odor like rotten meat. Blowflies visiting carrion flowers (*Stapelia*

species) mistake the flower for a rotting corpse and lay their eggs on it. In the process, the blowflies become dusted with pollen that they carry to other flowers. When the eggs hatch, the larvae find no carrion to eat and therefore die.



▲ Blowfly on carrion flower

## Pollination by Birds

Bird-pollinated flowers, such as poro flowers, are usually large and bright red or yellow, but they have little odor. Since birds often do not have a well-developed sense of smell, there was no selective pressure favoring scent production. However, the flowers produce copious nectar that helps meet the high energy demands of the pollinating birds. Nectar is a sugary solution produced by nectaries at the base of many flowers.



▲ Hummingbird drinking nectar of poro flower

Nectar's primary function is to "reward" the pollinator. The petals of such flowers often fuse, forming a bent floral tube that fits the curved beak of the bird.

? What are the benefits and dangers to a plant of having a highly specific animal pollinator?

## Pollination by Bats

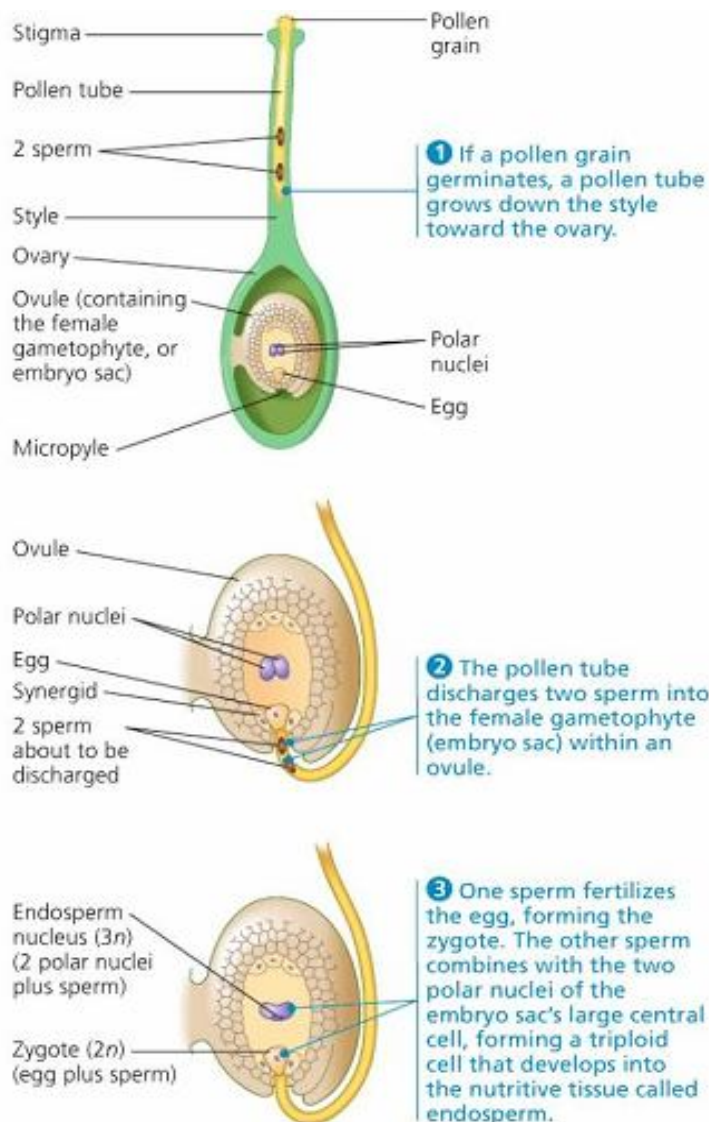
Bat-pollinated flowers, like moth-pollinated flowers, are light-colored and aromatic, attracting their nocturnal pollinators. The lesser long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae yerbabuena*) feeds on the nectar and pollen of agave and cactus flowers in the southwestern United States and Mexico. In feeding, the bats transfer pollen from plant to plant. Long-nosed bats are on the federal list of endangered species.



▲ Long-nosed bat feeding on cactus flower at night

## Fertilisasi Ganda

Pada saat polinasi terjadi, butiran polen hidup umumnya terdiri atas sel tube dan sel generatif. Sesudah mendarat pada stigma, butiran polen mengabsorpsi air dan berkecambah menghasilkan tube polen yang tumbuh diantara sel-sel stile menuju ke ovarium (Figure 38.5). Nukleus sel generatif membelah secara mitosis membentuk dua sel sperma. Dipandu oleh substansi kimiawi yang dihasilkan oleh dua sinergid, ujung tube polen memasuki ovule melalui mikropile dan mengeluarkan dua sel spermanya didekat atau di dalam gametofit betina (kantong embrio). Satu sperma memfertilisasi sel telur membentuk zigot sedangkan satu sperma lainnya bergabung dengan dua nuklei polar membentuk nukleus triploid ( $3n$ ) di tengah gametofit betina. Sel yang besar ini akan membentuk **endosperma** yaitu jaringan penyimpan makanan dari biji. Bergabungnya dua sel sperma dengan dua nuklei yang berbeda di dalam gametofit betina disebut **fertilisasi ganda**.



▲ **Figure 38.5** Growth of the pollen tube and double fertilization.

### Perkembangan Biji, Struktur dan Fungsi

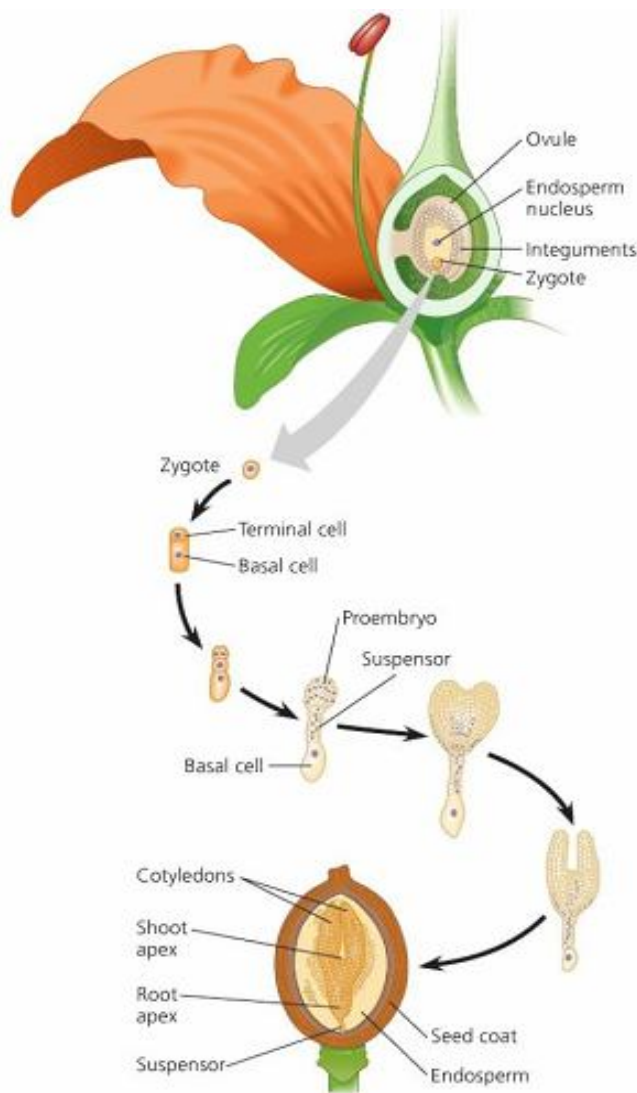
Sesudah terjadi fertilisasi ganda, tiap ovule berkembang menjadi biji dan ovarium berkembang menjadi buah yang menutupi biji.

### Perkembangan Endosperma

Endosperma pada umumnya berkembang sebelum embrio berkembang. Sesudah terjadi fertilisasi ganda, nukleus triploid melakukan pembelahan membentuk "sel-super" multinukleat yang memiliki kekentalan seperti susu. Masa liquid ini (disebut endosperma) menjadi multiseluler karena sitokinesis. Pada akhirnya sel-sel menghasilkan dinding sel dan endosperm memadat.

## Perkembangan Embrio

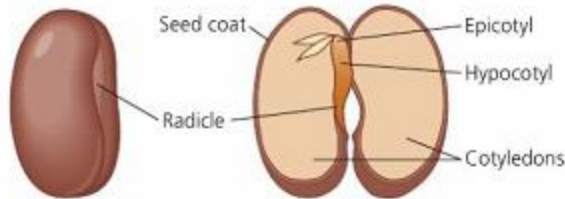
Pembelahan mitosis pertama dari zigot membentuk sel basal dan sel terminal (Figure 38.7). Sel terminal pada akhirnya membentuk embrio sedangkan sel basal terus membelah menghasilkan sel berbentuk benang yang disebut suspensor, yang mengkaitkan embrio pada tumbuhan induk. Suspensor ini membantu mentransfer nutrient dari tumbuhan induk menuju embrio (pada beberapa spesies tumbuhan dari endosperma menuju embrio). Perpanjangan suspensor mendorong embrio ke dalam jaringan nutritif dan protektif. Sementara itu sel terminal membelah beberapa kali dan membentuk proembryo yang melekat pada suspensor. Kotiledon mulai terbentuk. Pada eudikotil yang memiliki dua kotiledon pada level ini kotiledon berbentuk seperti hati. Embrio tumbuh memanjang dan diantara dua kotiledon terdapat apex batang yang mengandung meristem apikal batang. Pada sisi dimana suspensor melekat terdapat apex akar yang mengandung meristem apikal akar.



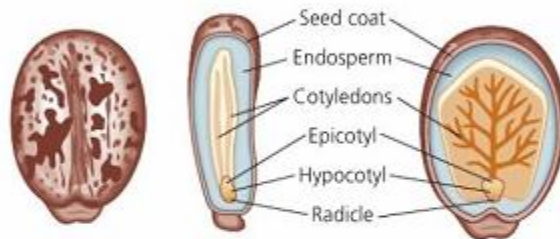
▲ **Figure 38.7** The development of a eudicot plant embryo. By the time the ovule becomes a mature seed and the

## Struktur Biji yang telah Masak

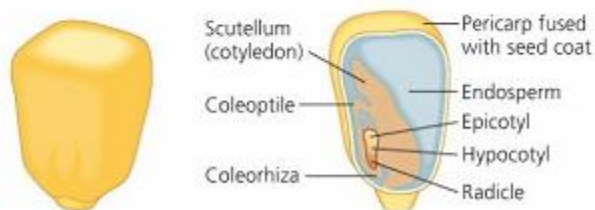
Pada saat maturasi biji mengalami dehidrasi hingga memiliki kadar air 5-15% dari berat biji. Embrio yang dikelilingi oleh makanan (kotiledon, endosperma atau keduanya) memasuki **dormansi**. Embrio dan suplai makanan dilindungi oleh kulit biji yang terbentuk dari integumen ovule. Figure 38.8 menyajikan Struktur biji.



(a) **Common garden bean, a eudicot with thick cotyledons.** The fleshy cotyledons store food absorbed from the endosperm before the seed germinates.



(b) **Castor bean, a eudicot with thin cotyledons.** The narrow, membranous cotyledons (shown in edge and flat views) absorb food from the endosperm when the seed germinates.



(c) **Maize, a monocot.** Like all monocots, maize has only one cotyledon. Maize and other grasses have a large cotyledon called a scutellum. The rudimentary shoot is sheathed in a structure called the coleoptile, and the coleorhiza covers the young root.

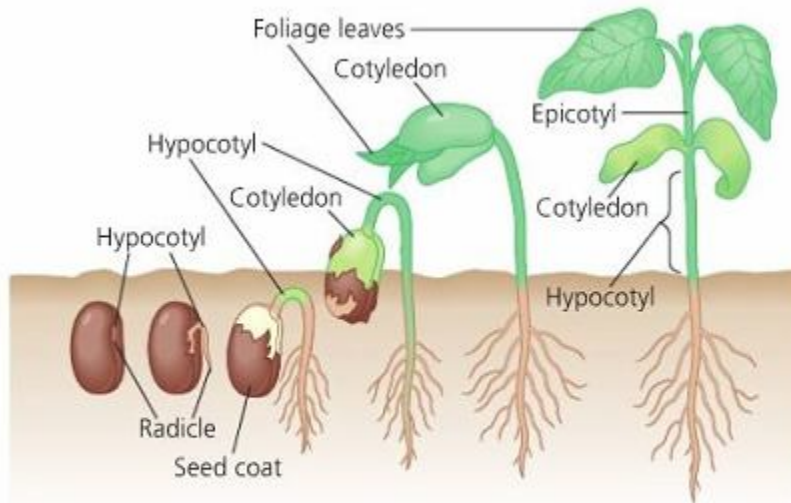
▲ **Figure 38.8 Seed structure.**

## Perkecambahan Biji dan Perkembangan Kecambah

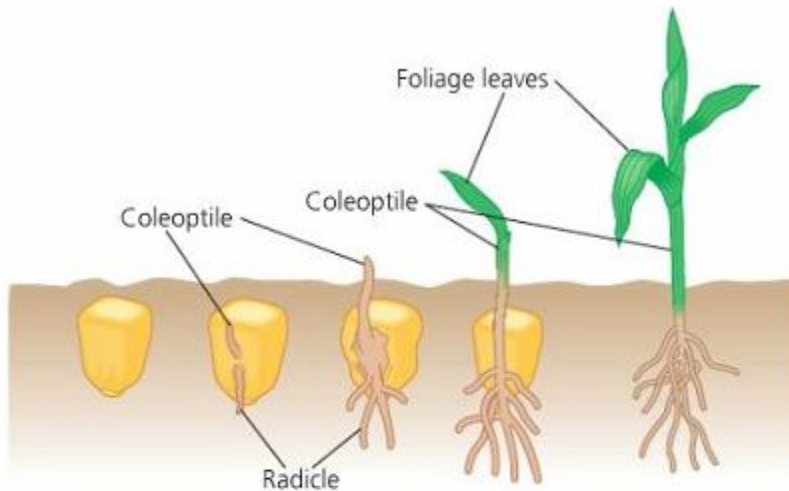
Perkecambahan tergantung dari **imbibisi** yaitu pengambilan air karena rendahnya potensial air di dalam biji yang kering. Pengambilan air menyebabkan biji mengembang sehingga merusak kulit biji dan memacu perubahan-perubahan metabolisme dalam embrio sehingga mampu memulai pertumbuhan. Sesudah terjadi hidrasi enzim-enzim mulai memecah materi tersimpan pada endosperma atau kotiledon dan nutrisi transfer terjadi menuju area pertumbuhan dari embrio.

Organ pertama yang muncul dari perkecambahan biji adalah radikel (akar embrionik) (Figure 38.9a). Stimulasi cahaya menyebabkan batang menjadi tegak. Figure 38.9b memberikan gambaran perkembangan monokotil.





(a) **Common garden bean.** In common garden beans, straightening of a hook in the hypocotyl pulls the cotyledons from the soil.



(b) **Maize.** In maize and other grasses, the shoot grows straight up through the tube of the coleoptile.

▲ **Figure 38.9 Two common types of seed germination.**

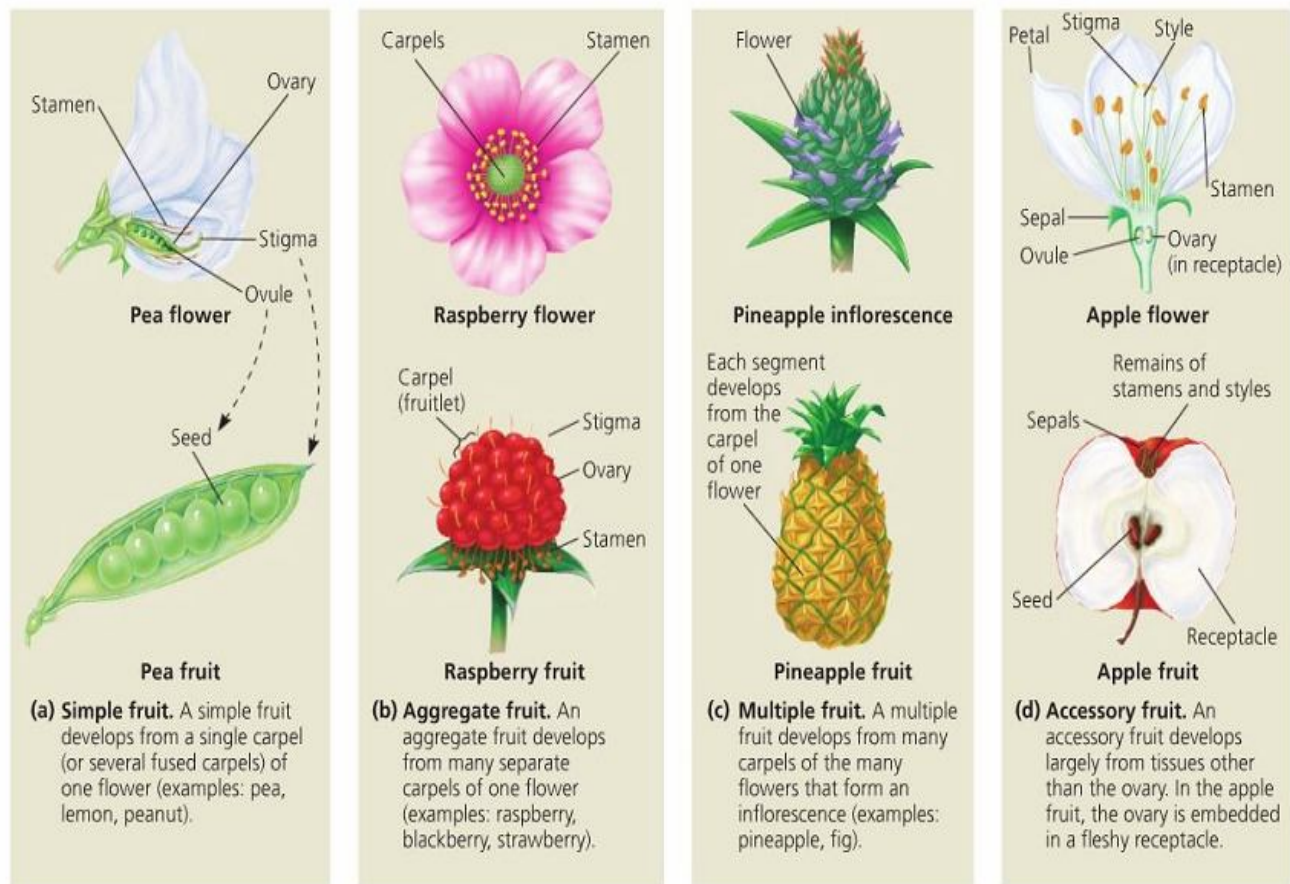
**?** How do bean and maize seedlings protect their shoot systems as they push through the soil?

### Struktur dan Fungsi Buah

Jika biji berkembang dari ovule, maka ovarium bunga berkembang menjadi buah. Fertilisasi memacu perubahan hormon yang menyebabkan ovarium mengalami transformasi menjadi buah. Jika bunga tidak mengalami polinasi, buah tidak akan berkembang. Selama perkembangan buah, dinding ovarium menjadi pericarp, yaitu dinding tebal dari buah.

Buah dapat dikelompokkan dalam beberapa tipe tergantung dari asal perkembangannya. Sebagian besar buah berkembang dari karpel tunggal atau beberapa karpel yang berfusi dan disebut **buah sederhana** (Figure 38.10a). **Buah agregat**

dihasilkan dari bunga tunggal yang memiliki lebih dari satu karper yang terpisah, masing-masing membentuk satu buah kecil (Figure 38.10b). **Buah multipel** berkembang dari kelompok bunga yang bergerombol secara bersama-sama dengan erat. Ketika dinding ovarium mulai mengeras, ovarium bergabung menjadi satu membentuk satu buah (Figure 38.10c). Pada angiosperma terdapat **buah aksesori** dimana bagian bunga yang lain menjadi bagian dari buah. Sebagai contoh pada bunga apel, ovarium tertanam dalam reseptakel, bagian berdaging pada buah berasal dari reseptakel yang membesar, hanya bagian tengah dari buah apel yang berkembang dari ovarium (Figure 38.10d).



▲ **Figure 38.10** Developmental origin of fruits.

## B. Respon Tumbuhan

Konsep kunci 1: hormon tumbuhan membantu mengkoordinasikan pertumbuhan, perkembangan, dan respon terhadap stimuli

Banyak dari ahli biologi tumbuhan yang menggunakan istilah *pengatur pertumbuhan tanaman* (plant growth regulator) untuk menggantikan istilah hormon tumbuhan karena pengertian yang berbeda.

## Hormon Tumbuhan

Kajian awal tentang fototropisme (pertumbuhan menuju atau menghindari cahaya) merupakan dasar dari penelitian tentang hormon. Table 39.1 menyajikan kelompok besar hormon tanaman: auxin, giberelin, sitokinin, brasinosteroid, asam abisi dan etilen. Hormon tanaman diproduksi dalam konsentrasi yang rendah namun jumlah yang sedikit mampu memberikan efek besar terhadap pertumbuhan dan perkembangan organ tanaman. Secara umum hormon mengendalikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan cara mempengaruhi pembelahan, pemanjangan, dan diferensiasi sel.

Table 39.1 Overview of Plant Hormones		
Hormone	Where Produced or Found in Plant	Major Functions
Auxin (IAA)	Shoot apical meristems and young leaves are the primary sites of auxin synthesis. Root apical meristems also produce auxin, although the root depends on the shoot for much of its auxin. Developing seeds and fruits contain high levels of auxin, but it is unclear whether it is newly synthesized or transported from maternal tissues.	Stimulates stem elongation (low concentration only); promotes the formation of lateral and adventitious roots; regulates development of fruit; enhances apical dominance; functions in phototropism and gravitropism; promotes vascular differentiation; retards leaf abscission.
Cytokinins	These are synthesized primarily in roots and transported to other organs, although there are many minor sites of production as well.	Regulate cell division in shoots and roots; modify apical dominance and promote lateral bud growth; promote movement of nutrients into sink tissues; stimulate seed germination; delay leaf senescence.
Gibberellins	Meristems of apical buds and roots, young leaves, and developing seeds are the primary sites of production.	Stimulate stem elongation, pollen development, pollen tube growth, fruit growth, and seed development and germination; regulate sex determination and the transition from juvenile to adult phases.
Brassinosteroids	These compounds are present in all plant tissues, although different intermediates predominate in different organs. Internally produced brassinosteroids act near the site of synthesis.	Promote cell expansion and cell division in shoots; promote root growth at low concentrations; inhibit root growth at high concentrations; promote xylem differentiation and inhibit phloem differentiation; promote seed germination and pollen tube elongation.
Abscisic acid (ABA)	Almost all plant cells have the ability to synthesize abscisic acid, and its presence has been detected in every major organ and living tissue; may be transported in the phloem or xylem.	Inhibits growth; promotes stomatal closure during drought stress; promotes seed dormancy and inhibits early germination; promotes leaf senescence; promotes desiccation tolerance.
Ethylene	This gaseous hormone can be produced by almost all parts of the plant. It is produced in high concentrations during senescence, leaf abscission, and the ripening of some types of fruits. Synthesis is also stimulated by wounding and stress.	Promotes ripening of many types of fruit, leaf abscission, and the triple response in seedlings (inhibition of stem elongation, promotion of lateral expansion, and horizontal growth); enhances the rate of senescence; promotes root and root hair formation; promotes flowering in the pineapple family.

## Konsep kunci 2: Respon terhadap cahaya penting untuk kesuksesan tumbuhan

### Fotoperiodisme dan Respon terhadap Musim

Musim merupakan faktor penting dalam siklus hidup tumbuhan. Perkecambahan biji, perbungaan, dan pecahnya dormansi pada umumnya terjadi di waktu tertentu sepanjang tahun. Stimulus lingkungan yang paling sering digunakan oleh tumbuhan untuk mendeteksi waktu dalam setahun adalah fotoperiod (lama relatif siang dan malam). Respon fisiologi terhadap fotoperiod seperti perbungaan disebut **fotoperiodisme**.

### Fotoperiodisme dan Kontrol Perbungaan

Petunjuk pertama yang digunakan untuk mengetahui bagaimana tumbuhan mampu mendeteksi perubahan musim berawal dari tumbuhan tembakau varietas mutan yang tumbuh meninggi tetapi gagal berbunga selama musim panas. Tumbuhan ini akhirnya berbunga ketika ditumbuhkan di dalam green house pada musim dingin. Para peneliti akhirnya mengetahui bahwa siang hari yang lebih singkat (kurang dari 14 jam) pada musim dingin menstimulasi varietas ini untuk berbunga (keterangan: di daerah empat musim, siang hari menjadi lebih singkat pada musim dingin dan menjadi lebih lama pada musim panas).

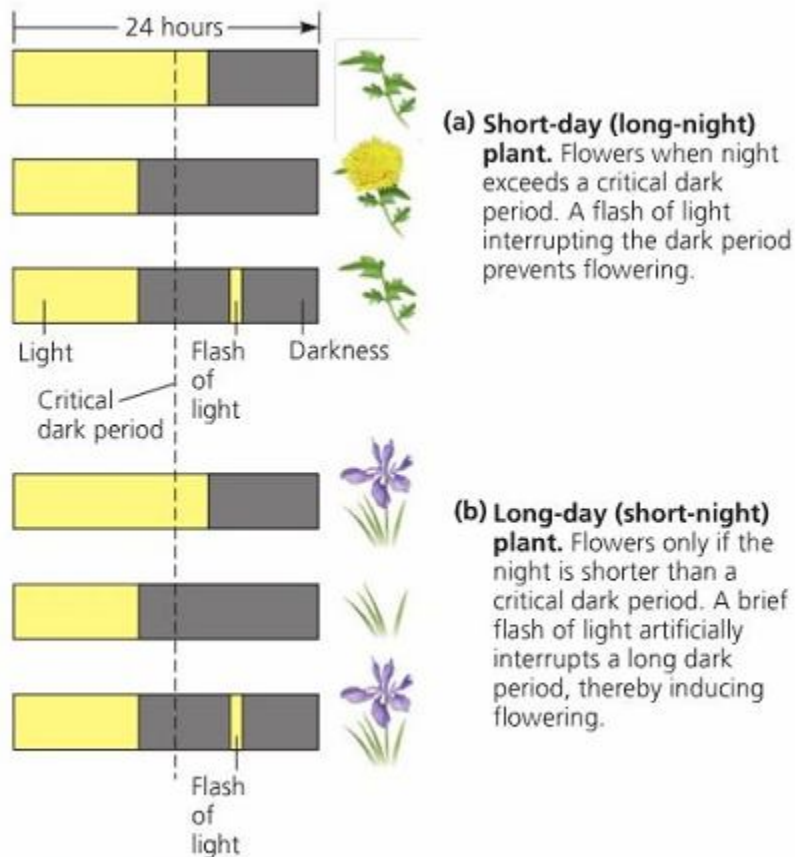
Para peneliti menyebut tumbuhan tembakau varietas mutan tersebut sebagai **short-day plant** (tumbuhan yang membutuhkan siang hari singkat) karena nampaknya tumbuhan tersebut membutuhkan periode cahaya lebih pendek untuk berbunga. Contohnya adalah krisan, poinseta, beberapa varietas kedelai. Kelompok lain tumbuhan hanya mampu berbunga jika periode sinar terjadi lebih lama (siang lebih lama) (disebut **long-day plant**). Sebagai contoh tanaman bayam berbunga jika siang hari lebih dari 14 jam. **Day-neutral plant** seperti tomat, padi dan dandelion tidak terpengaruh oleh fotoperiod dan berbunga pada saat tumbuhan tersebut mencapai tingkat kematangan tertentu tanpa dipengaruhi panjang pendek siang hari.

### Critical Night Length

Pada tahun 1940an, para ahli mempelajari bahwa perbungaan dan respon lain terhadap fotoperiod sesungguhnya dikendalikan oleh lamanya malam, bukan lamanya siang. Para ahli ini meneliti *Xanthium strumarium* suatu spesies short-day plant yang hanya berbunga jika siangnya kurang atau sama dengan 16 jam dan malam paling sedikit 8 jam. Para ahli ini menemukan bahwa jika proporsi siang hari dari fotoperiod diganggu dengan kegelapan tidak terdapat pengaruh terhadap perbungaan. Namun jika waktu malam diganggu dengan adanya cahaya, tumbuhan tidak berbunga. Beberapa spesies short-day plants menunjukkan hasil yang sama (Figure 39.21a). *X. strumarium* tidak responsive terhadap panjang siang hari tetapi membutuhkan paling sedikit 8 jam kegelapan secara kontinyu untuk dapat berbunga. Short-day plant sebenarnya adalah long-night plant dan long-day plant sebenarnya adalah short-night plant. Long-day plant yang ditumbuhkan pada fotoperiod long-night yang secara normal tidak berbunga akan berbunga jika periode kegelapannya diinterupsi oleh cahaya selama beberapa menit (Figure 39.21b).

Tumbuhan mampu mendeteksi lamanya malam secara tepat. Beberapa spesies tanaman short-day tidak akan berbunga jika lamanya siang kurang dari critical length

(lama minimum malam hari untuk short-day plants atau maksimum untuk long-day plants yang harus ada agar tanaman dapat berbunga) walaupun hanya satu menit. Beberapa spesies tanaman berbunga pada hari yang sama setiap tahunnya. Nampaknya tumbuhan menggunakan jam biologinya dipandu oleh panjangnya waktu malam dengan bantuan fitokrom (reseptor cahaya pada tumbuhan yang umumnya mengabsorpsi sinar merah dan mengatur beberapa respon tanaman) untuk mendeteksi musim setiap tahunnya.

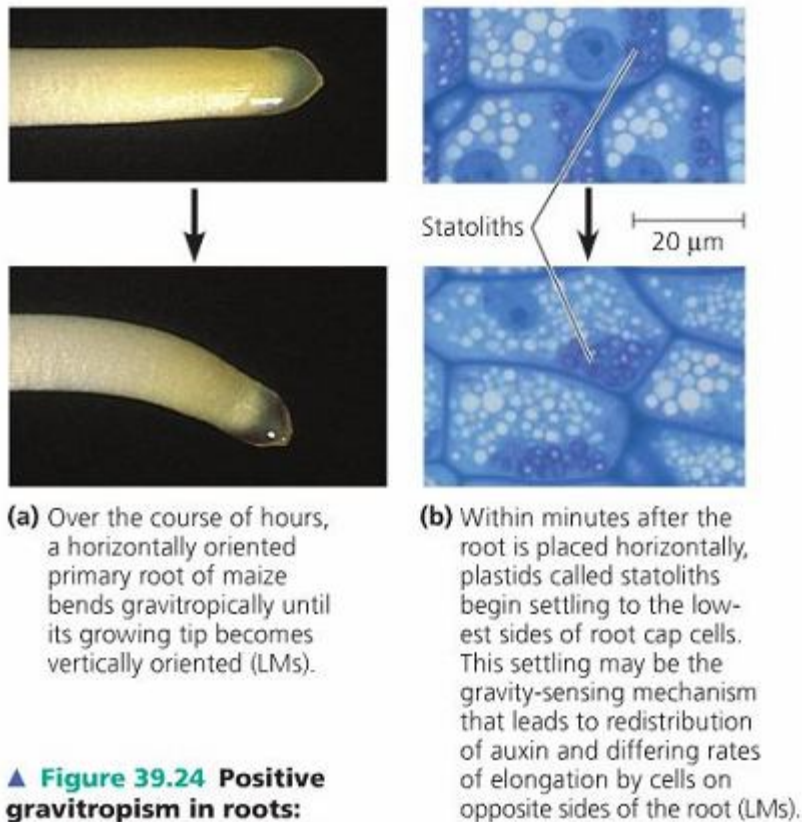


▲ **Figure 39.21 Photoperiodic control of flowering.**

### Konsep kunci 3: Tumbuhan merespon stimuli selain cahaya **Gravitasi**

Jika tanaman diletakkan menyamping (horizontal) maka tanaman tersebut akan menyesuaikan pertumbuhannya dimana batang akan membelok keatas dan akarnya membelok ke bawah. Dalam merespon gravitasi (**gravitropisme**) akar menunjukkan gravitropisme positif (Figure 39.24a) dan batang menunjukkan gravitropisme negatif. Gravitropisme terjadi pada saat biji berkecambah menyebabkan akar tumbuh ke dalam tanah dan batang tumbuh ke arah sinar matahari (walaupun letak biji tidak beraturan). Auxin memiliki peran kunci dalam gravitropisme.

Tumbuhan mendeteksi gravitasi dengan menempatkan **statolith** (plastida khusus yang mengandung butiran pati) pada proporsi bawah sel (Figure 39.24b). Di dalam akar statolith terletak di dalam sel-sel tertentu dari tudung akar. Karena kepadatannya, statolith mampu meningkatkan sensor gravitasi.



▲ **Figure 39.24 Positive gravitropism in roots: the statolith hypothesis.**

### Stimuli Mekanik

Istilah **thigmomorphogenesis** merujuk pada perubahan bentuk karena adanya gangguan mekanik. Tumbuhan sangat sensitif terhadap stress mekanik: bahkan mengukur panjang daun dengan penggaris mampu mengubah pertumbuhan tanaman. Menggosok batang tanaman muda dua kali dalam sehari menghasilkan tanaman yang tumbuh lebih pendek dibandingkan dengan tanaman kontrol (Figure 39.25).

Sebagian besar tumbuhan merambat memiliki tendril yang tumbuh melingkari pendukung tanaman (Figure 35.7). Organ ini pada umumnya tumbuh lurus hingga menyentuh benda. Sentuhan ini menstimuli respon pertumbuhan melingkar/spiral yang disebabkan oleh pertumbuhan sel-sel yang terdeferensiasi pada sisi yang berlawanan dari tendril. Pertumbuhan terarah sebagai respon terhadap sentuhan disebut **thigmotropisme**.

Contoh lain adalah tumbuhan yang secara cepat menggerakkan daunnya sebagai respon terhadap stimulasi mekanik. Daun dari *Mimosa pudica* yang disentuh akan merespon dengan menutup daunnya (Figure 39.26). Respon ini dihasilkan dari hilangnya turgor secara cepat didalam sel di dalam pulvini yaitu organ motor khusus yang terletak pada sambungan daun. Sel motor tiba-tiba menjadi flaccid (lembek) sesudah terjadi stimulasi karena sel-sel tersebut kehilangan potasium yang menyebabkan air meninggalkan sel melalui proses osmosis. Tumbuhan membutuhkan sekitar 10 menit untuk kembali pada kondisi turgor sebelum mendapatkan stimulasi mekanik.



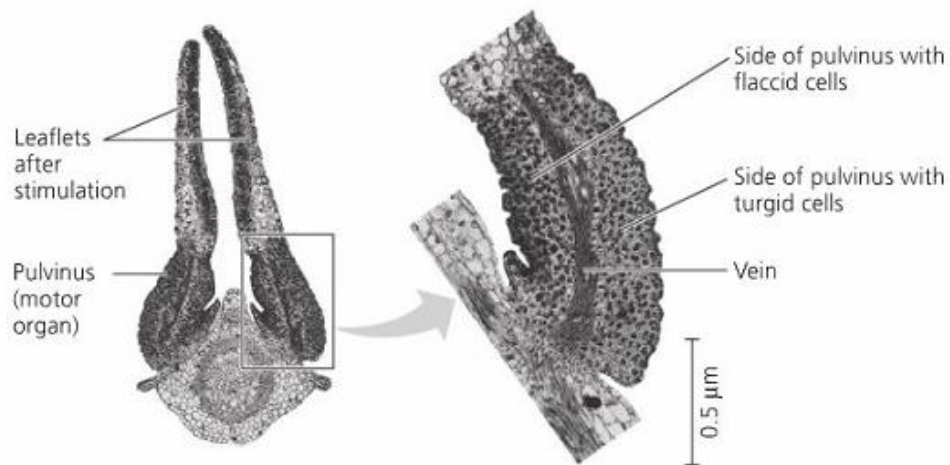
▲ **Figure 39.25 Altering gene expression by touch in *Arabidopsis*.** The shorter plant on the left was rubbed twice a day. The untouched plant (right) grew much taller.



(a) Unstimulated state (leaflets spread apart)



(b) Stimulated state (leaflets folded)



(c) **Cross section of a leaflet pair in the stimulated state (LM).** The curvature of a pulvinus (motor organ) is caused when motor cells on one side of the pulvinus lose water and become flaccid while cells on the opposite side retain their turgor.