

## Lecture 2

### Botany: An Introduction

what drives life is . . . "a little current, kept up by the sunshine," wrote Nobel laureate Albert Szent-Györgyi. With this simple sentence, he summed up one of the greatest marvels of evolution-photosynthesis.

ما يحرك الحياة هو . . . "تيار صغير، أُبقي من قبل أشعة الشمس ، كتب ألبرت سينت جيورجي الحائز على جائزة نوبل . بهذه الجملة البسيطة لخص واحدة من أعظم معجزات التطور - التركيب (التمثيل) الضوئي.

During the photosynthetic process, radiant energy from the sun is captured and used to form the sugars on which all life, including our own, depends. Oxygen, also essential to our existence, is released as a by-product. The "little current" begins when a particle of light strikes a molecule of the green pigment chlorophyll, boosting one of the electrons in the chlorophyll to a higher energy level. The "excited" electron, in turn, initiates a flow of electrons that ultimately converts the radiant energy from the sun to the chemical energy of sugar molecules.

خلال عملية التركيب (التمثيل) الضوئي، يتم التقاط الطاقة الإشعاعية من الشمس واستخدامها لتكوين السكريات التي تعتمد عليها الحياة كلها، بما في ذلك حياتنا. يتم إطلاق الأكسجين، وهو ضروري أيضاً لوجودنا، على شكل أكسجين ثانوي. يبدأ " التيار الصغير " عندما يضرب جسيم من الضوء جزيء من صبغة الكلوروفيل (البخضور) الخضراء، مما يرفع أحد الإلكترونات الموجودة في الكلوروفيل إلى مستوى طاقة أعلى. الإلكترون " المثار " بدوره ينشأ تدفقاً من الإلكترونات التي في النهاية تحول الطاقة الإشعاعية من الشمس إلى طاقة كيميائية مخزنة في جزيئات السكر.

Only a few types of organisms-plants, algae, and some bacteria-possess chlorophyll, which is essential for a living cell to carry out photosynthesis. Once light energy is trapped in chemical form, it becomes available as an energy source to all other organisms, including human beings. We are totally dependent on photosynthesis, a process for which plants are exquisitely adapted.

فقط أنواع قليلة من الكائنات الحية - النباتات، والطحالب، وبعض الجراثيم - تمتلك البخور (الكلوروفيل)، وهو أمر ضروري للخلية الحية للقيام بعملية التركيب (البناء - التمثيل) الضوئي. بمجرد احتجاز الطاقة الضوئية في شكل كيميائي، يصبح متاحاً كمصدر للطاقة لجميع الكائنات الأخرى، بما في ذلك الإنسان. نحن نعتمد بشكل كامل على عملية التركيب الضوئي، وهي العملية التي تكيّفت لتقوم بها النباتات بشكل رائع.

The word "botany" comes from the Greek botane- , meaning "plant," derived from the verb boskein, "to feed." Plants, however, enter our lives in innumerable ways other than as sources of food. They provide us with fiber for clothing; wood for furniture, shelter, and fuel; paper for books (such as the

page you are reading at this moment); spices for flavor; drugs for medicines; and the oxygen we breathe. We are utterly dependent on plants.

كلمة " علم النبات " تأتي من الكلمة اليونانية " botane " - والتي تعني " نبات " مشتقة من الفعل boskein أي " يطعم ". ولكن النباتات تدخل حياتنا بطرق لا حصر لها بخلاف مصادر الغذاء. أنها توفر لنا الألياف للملابس. الخشب للأثاث والمأوى والوقود؛ ورق للكتب (مثل الصفحة التي تقرأها في هذه اللحظة)؛ بهارات للنكهة؛ مواد فعالة للأدوية؛ والأكسجين الذي نتنفسه. نحن نعتمد بشكل كامل على النباتات.

Plants also have enormous sensory appeal, and our lives are enhanced by the gardens, parks, and wilderness areas available to us. The study of plants has provided us with great insight into the nature of all life and will continue to do so in the years ahead. And, with genetic engineering and other forms of modern technology, we have entered the most exciting period in the history of botany, where plants can be transformed, for example, to resist disease, kill pests, produce vaccines, manufacture biodegradable plastic, tolerate high-salt soils, resist freezing, and provide higher levels of vitamins and minerals in food products, such as maize (corn) and rice.

تمتع النباتات أيضاً بجاذبية حسية هائلة، وتتعزز حياتنا بالحدائق والمتنزهات والمناطق البرية المتاحة لنا. لقد زدتنا دراسة النباتات برؤية عظيمة لطبيعة الحياة كلها، وسوف تستمر في القيام بذلك في السنوات المقبلة. ومع الهندسة الوراثية وغيرها من أشكال التكنولوجيا الحديثة، دخلنا الفترة الأكثر إثارة في تاريخ علم النبات، حيث يمكن تحويل النباتات، على سبيل المثال، لمقاومة الأمراض، وقتل الآفات، وإنتاج اللقاحات، وتصنيع البلاستيك القابل للتحلل، وتحمل درجات عالية من ملوحة التربة، ومقاومة التجمد، وتوفير مستويات أعلى من الفيتامينات والمعادن في المنتجات الغذائية، مثل الذرة والأرز.

## Evolution of Plants

### Life Originated Early in Earth's Geologic History

Like all other living organisms, plants have had a long history during which they evolved, or changed, over time. The planet Earth itself-an accretion of dust and gases swirling in orbit around the star that is our sun-is some 4.6 billion years old.

### تطور النباتات

### نشأت الحياة بشكل مبكر خلال التاريخ الجيولوجي للأرض

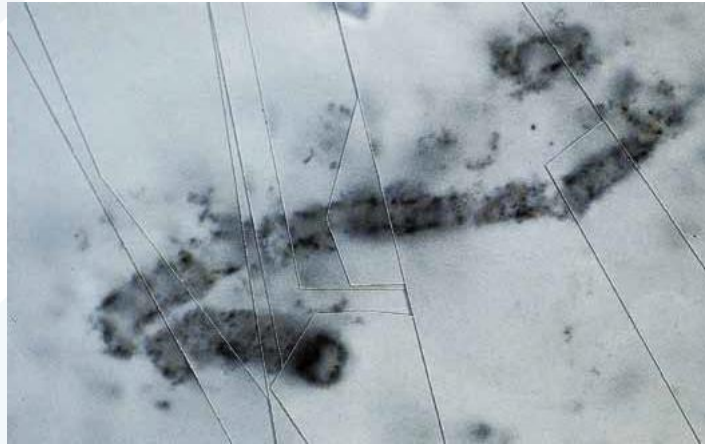
مثل جميع الكائنات الحية الأخرى، كان للنباتات تاريخ طويل حيث تطورت خلاله، أو تغيرت، مع مرور الوقت. كوكب الأرض نفسه كان عبارة عن تراكم من الغبار والغازات التي تدور في مدارها حول النجم الذي هو شمسنا، يبلغ عمره حوالي 4.6 مليار سنة.

It is believed that Earth sustained a lethal meteor bombardment that ended about 3.8 to 3.9 billion years ago. Vast chunks of rubble slammed into the planet, helping to keep it hot. As the molten Earth began to cool, violent storms raged, accompanied by lightning and the release of electrical energy, and widespread volcanism spewed molten rock and boiling water from beneath the Earth's surface.

يعتقد أن الأرض أصيبت بقصف نيزك مدمر الذي انتهى منذ حوالي 3.8 إلى 3.9 مليار سنة. سقطت قطع كبيرة من الأنقاض على الكوكب، مما ساعد على الحفاظ عليه حارًا. وعندما بدأت الأرض المنصهرة تبرد، هبت العواصف العنيفة، يرافقها البرق وإطلاق للطاقة الكهربائية، وقذفت البراكين واسعة النطاق الصخور المنصهرة والماء المغلي من تحت سطح الأرض.

**The earliest known fossils are found in rocks of Western Australia about 3.5 billion years old (Figure 2–1). These microfossils consist of several kinds of small, relatively simple filamentous microorganisms resembling bacteria.**

تم العثور على أقدم المستحاثات (الحفريات) المعروفة في الصخور غرب أستراليا بعمر حوالي 3.5 مليار سنة (الشكل 2 - 1). هذه المستحاثات (الأحافير) الدقيقة تتكون من عدة أنواع من الخيطيات الصغيرة والبسيطة نسبياً من الكائنات الحية الدقيقة التي تشبه الجراثيم.



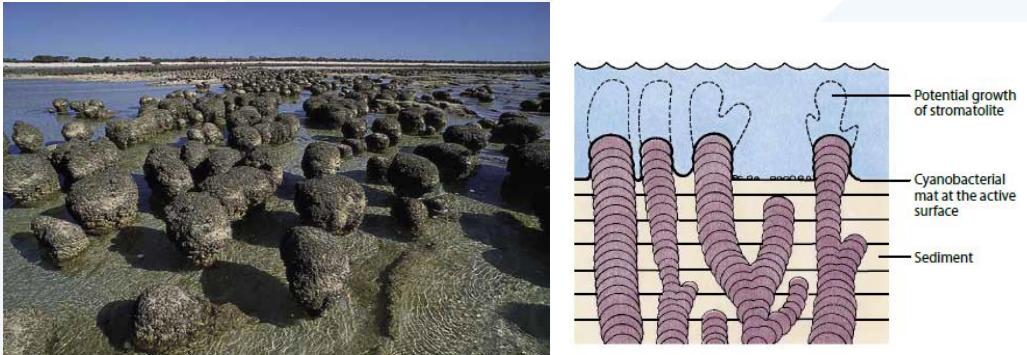
2–1 The earliest known fossils Obtained from ancient rocks in northwestern Western Australia. These so-called microfossils have been magnified 1000 times.

2–1 أقدم المستحاثات (الحفريات) المعروفة التي تم الحصول عليها من الصخور القديمة في شمال غرب أستراليا الغربية. تلك المدعوة بالمستحاثات الدقيقة تم تكبيرها 1000 مرة.

**About the same age as these microfossils are ancient stromatolites-fossilized microbial mats consisting of layers of filamentous (cyanobacterial mats) and other microorganisms and trapped sediment.** Stromatolites continue to be formed today in a few places, such as in the warm, shallow oceans off the shores of **Australia and the Bahamas** (Figure 2–2). By comparing the ancient stromatolites with modern ones, which are formed by cyanobacteria (filamentous photosynthetic

bacteria), scientists have concluded that the ancient stromatolites were formed by similar filamentous bacteria.

بنفس عمر هذه المستحاثات الدقيقة هناك الستروماتوليت القديمة - وهي حصائر دقيقة متحجرة تتكون من طبقات خيطية (حصائر من الجراثيم الزرقاء) وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة والرواسب العالقة. تستمر الستروماتوليت في التشكل حالياً في أماكن قليلة، مثل المناطق الدافئة والضحلة من المحيطات قبالة شواطئ أستراليا وجزر الهامام (الشكل 2 - 2). من خلال مقارنة الستروماتوليت القديمة بالحديثة تلك التي تتشكل بواسطة الجراثيم الزرقاء (الجراثيم الضوئية الخيطية)، خلص (استنتج) العلماء إلى أن الستروماتوليت القديمة تشكلت بواسطة جراثيم خيطية مماثلة.



2-2 Stromatolites.

2-2 صخور الستروماتوليت.

**More complex organisms-those with eukaryotic cellular organization-did not evolve until about 2.1 billion years ago. For about 1.5 billion years, therefore, prokaryotes were the only forms of life on Earth.**

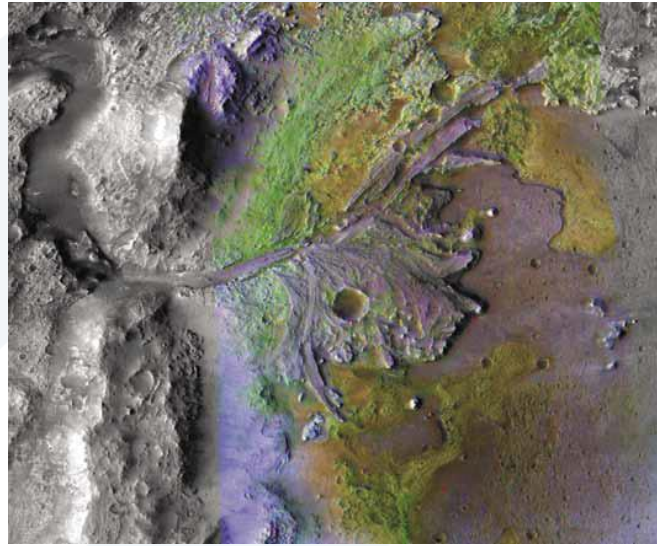
**الكائنات الحية الأكثر تعقيداً - تلك التي لديها تنظيم خلوي حقيقي النواة - لم تتطور حتى حوالي 2.1 مليار سنة مضت. أي ولمدة 1.5 مليار سنة تقريباً، كانت بدائيات النوى هي الشكل الوحيد للحياة على الأرض.**

Whether life originated on Earth or reached Earth through space in the form of spores (resistant reproductive cells) or by some other means is problematic. Life may have formed on Mars, for example, whose early history paralleled that of Earth.

سواء نشأت الحياة على الأرض أو وصلت إلى الأرض عبر الفضاء على شكل أبواغ (خلايا تكاثرية مقاومة) أو ببعض الوسائل الأخرى فإن ذلك يمثل إشكالية. ربما تكون الحياة قد تشكلت على كوكب المريخ، على سبيل المثال، والذي كان تاريخه المبكر يوازي تاريخ الأرض.

Strong evidence, first discovered by the Opportunity rover in 2004, indicated that water once flowed across the planet, raising the possibility that, at one time, Mars could have supported life (Figure 2–3). In 2008, the Phoenix Mars Lander found water ice in abundance near the surface. Moreover, its instruments monitored a diurnal water cycle.

تشير الأدلة القوية، التي اكتشفتها مركبة Opportunity (الفرصة) لأول مرة في عام 2004، إلى أن المياه كانت تتدفق عبر الكوكب، مما يزيد من احتمال أن يكون المريخ في وقت ما قد دعم الحياة (الشكل 2 - 3). في عام 2008، وجدت مركبة Phoenix Mars Lander جليداً مائياً بكثرة بالقرب من السطح. علاوة على ذلك، رصدت أجهزته دورة مائية يومية.



2–3 Life on Mars? This color-enhanced image shows a portion of the Jezero Crater, that once held a lake. Claylike minerals (indicated in green) were carried by ancient rivers into the lake, forming a delta. Because clays are able to trap and preserve organic matter, deltas and lakebeds are promising areas in which to search for signs of ancient life on Mars.

2 - 3 الحياة على المريخ؟ تُظهر هذه الصورة المحسنة بالألوان جزءاً من فوهة (حفرة) جيزيرو، التي كانت تضم بحيرة ذات يوم. معادن طينية (مشار إليها باللون الأخضر) حملتها الأنهار القديمة إلى البحيرة لتشكل دلتا. لأن الطين قادر على احتجاز المواد العضوية والحفاظ عليها، تعد مناطق الدلتا وقيعان البحيرات مناطق واعدة للبحث عنها علامات الحياة القديمة على المريخ.

In 2011, NASA's Mars Reconnaissance Orbiter satellite found evidence of liquid water flowing down slopes and crater walls during the warm month on Mars.

في عام 2011، أطلق القمر الصناعي Mars Reconnaissance Orbiter التابع لناسا حيث وجدت أدلة على تدفق المياه السائلة أسفل المنحدرات وجدران الحفرة خلال الشهر الدافئ على المريخ.



No organic molecules or traces of previous or present biological activity (were detected at the Phoenix landing site). However, one would expect organic molecules to be present in the Martian soil, given the steady influx of certain types of meteorites that contain considerable quantities of organic material. **Meteorites that fall to Earth contain amino acids and organic carbon molecules such as formaldehyde. We will continue to assume, however, that life on Earth originated on Earth.**

لا توجد جزيئات عضوية أو آثار لنشاط بيولوجي سابق أو حالي تم اكتشافه (في موقع هبوط Phoenix). لكن، يتوقع المرء أن تكون الجزيئات العضوية موجودة في تربة المريخ، بالنظر إلى التدفق المستمر لأنواع معينة من النيازك التي تحتوي على كميات كبيرة من المواد العضوية. **تحتوي النيازك التي تسقط على الأرض على أحماض أمينية وجزيئات كربونية عضوية مثل الفورم ألدهيد. لذلك سوف نستمر في الافتراض، وبكل الأحوال (على أية حال)، أن الحياة على الأرض نشأت على كوكب الأرض.**

### **Most Likely, the ancestors of the First Cells Were Simple Aggregations of Molecules**

According to current theories, organic molecules, formed by the action of lightning, rain, and solar energy on gases in the environment or spewed out of hydrothermal vents, accumulated in the oceans. Some organic molecules have a tendency to aggregate in groups, and these groups probably took the form of droplets, similar to the droplets formed by oil in water. Such assemblages of organic molecules appear to have been the ancestors of primitive cells, the first forms of life. According to current theories, these organic molecules may also have served as the source of energy for the earliest forms of life.

### **على الأرجح، كانت أسلاف الخلايا الأولى تجمعات بسيطة من الجزيئات**

وفقاً للنظريات الحالية، تشكلت الجزيئات العضوية بفعل البرق والأمطار والطاقة الشمسية المطبقة على الغازات في البيئة أو المنبعثة من الفتحات الحرارية المائية، المتراكمة في المحيطات. تميل بعض الجزيئات العضوية إلى التجمع في مجموعات، وربما اتخذت هذه المجموعات شكل قطرات تشبه القطرات التي يكونها الزيت في الماء. تظهر مثل هذه التجمعات من الجزيئات العضوية بأنها كانت أسلاف الخلايا البدائية، الأشكال الأولى للحياة. وفقاً للنظريات الحالية، قد تكون هذه الجزيئات العضوية بمثابة مصدر للطاقة في الأشكال الأولى من الحياة.

Today, just about all organisms use an identical genetic code to translate DNA into proteins, whether they are fungi, plants, or animals. It seems quite clear, therefore, **that life as we know it emerged on Earth only once and that all living things share a common ancestor: a DNA-based microbe that lived more that 3.5 billion years ago**

واليوم، تستخدم جميع الكائنات الحية تقريباً شيفرة مورثية (جينية) متماثلة لترجمة الحمض النووي إلى بروتينات، سواء كانت فطريات أو نباتات أو حيوانات. لذلك يبدو الأمر واضحاً تماماً، **أن الحياة كما نعرفها ظهرت على الأرض مرة واحدة فقط وأن جميع الكائنات الحية تشترك في سلف مشترك: جراثيم قوائم على الحمض النووي عاش منذ أكثر من 3.5 مليار سنة.**

Near the end of *On the Origin of Species*, Charles Darwin wrote: "Probably all the organic beings which have ever lived on this earth have descended from some primordial form, into which life was first breathed."

قُرب نهاية كتابه عن أصل الأنواع كتب تشارلز داروين: " من المحتمل أن جميع الكائنات العضوية التي عاشت على هذه الأرض قد انحدرت من شكل بدائي واحد، حيث ظهرت (تنفست: بمعنى أخذت النفس الأول) الحياة لأول مرة. "

### **Autotrophic Organisms Make Their Own Food, but Heterotrophic Organisms Must Obtain Their Food from External Sources**

Evidence of the activities of photosynthetic organisms has been found in rocks 3.4 billion years old, about 100 million years after the first fossil evidence of life on Earth. We can be almost certain, however, that both life and photosynthetic organisms evolved considerably earlier than the evidence suggests. In addition, **there seems to be no doubt that heterotrophs evolved before autotrophs**. With the arrival of autotrophs, the flow of energy in the biosphere (that is, the living world and its environment) came to assume its modern form: radiant energy from the sun channeled through the photosynthetic autotrophs to all other forms of life.

الكائنات ذاتية التغذية تصنع غذائها بنفسها، ولكن الكائنات غيرية التغذية يجب أن تحصل على غذائها من مصادر خارجية

تم العثور على دليل لأنشطة الكائنات الضوئية في صخور عمرها 3.4 مليار سنة، أي حوالي 100 مليون سنة بعد أول دليل أحفوري للحياة على الأرض. نستطيع أن نكون متأكدين تقريباً أن كلاً من الحياة والكائنات التي تقوم بعملية التركيب الضوئي تطورت في وقت أبكر بكثير مما تشير إليه الأدلة. بالإضافة إلى ذلك، ليس هناك شك في أن الكائنات غيرية التغذية تطورت قبل الكائنات ذاتية التغذية. مع وصول (ظهور) الكائنات ذاتية التغذية، أخذ تدفق الطاقة في المحيط الحيوي (أي العالم الحي ومحيطه أو بيئته) شكله الحديث: الطاقة المشعة من الشمس يتم توجيهها من خلال التركيب الضوئي الذاتي إلى كافة أشكال الحياة الأخرى.

### **Photosynthesis Altered Earth's Atmosphere, Which in Turn Influenced the Evolution of Life**

As photosynthetic organisms increased in number, they changed the face of the planet. This biological revolution came about because photosynthesis typically involves splitting the water molecule ( $H_2O$ ) and releasing its oxygen as free oxygen molecules ( $O_2$ ).

أدى التركيب الضوئي إلى تغيير الغلاف الجوي للأرض ، وهو بدوره أثر في تطور الحياة

مع زيادة عدد الكائنات الحية التي تقوم بعملية التركيب الضوئي، فقد غيّرت وجه الكوكب. لقد جاءت هذه الثورة البيولوجية لأن عملية التركيب الضوئي تتضمن عادةً (بشكل نموذجي) تقسيم جزيء الماء ( $H_2O$ ) وإطلاق الأكسجين الموجود فيه على شكل جزيئات أكسجين حرة ( $O_2$ ).

**This increase in oxygen level had two important consequences:**

- **First, some of the oxygen molecules in the outer layer of the atmosphere were converted to ozone ( $O_3$ ) molecules.** When there is a sufficient quantity of ozone in the atmosphere, it absorbs the ultraviolet rays-rays highly destructive to living organisms-from the sunlight that reaches the Earth.

كان لهذه الزيادة في مستوى الأكسجين نتيجتان مهمتان:

- **أولاً، تم تحويل بعض جزيئات الأكسجين الموجودة في الطبقة الخارجية للغلاف الجوي إلى جزيئات الأوزون ( $O_3$ ).** فعندما توجد كمية كافية من الأوزون في الغلاف الجوي، فهو يمتص الأشعة فوق البنفسجية - وهي أشعة مدمرة للكائنات الحية بشكل كبير - من أشعة الشمس التي تصل إلى الأرض.
- **Second, the increase in free oxygen opened the way to a much more efficient utilization of the energy-rich carbon containing molecules formed by photosynthesis. It enabled organisms to break down those molecules by the oxygen-utilizing process known as respiration.**
- **ثانياً، مهّدت الزيادة في الأكسجين الحر الطريق إلى استخدام أفضل (أكثر كفاءة) لجزيئات الكربون الغنية بالطاقة التي تتكون بعملية التركيب الضوئي (أي السكريات).** لقد مكنت الكائنات الحية من تحطيم تلك الجزيئات عن طريق استخدام الأكسجين في عملية تعرف باسم التنفس.

Before the atmosphere accumulated oxygen and became aerobic, the only cells that existed were prokaryotic-simple cells that lacked a nuclear envelope and did not have their genetic material organized into complex chromosomes. **It is likely that the first prokaryotes were heat-loving organisms called "archaea" (meaning "ancient ones").**

قبل أن يتراكم الأكسجين في الجو ويصبح هوائياً، الخلايا الوحيدة الموجودة كانت بدائية النواة - بسيطة الخلايا تفتقر إلى الغلاف النووي وليس لديها مادة وراثية منظمة في صبغيات معقدة. **من المحتمل أن بدائيات النوى الأولى كانت كائنات محبة للحرارة تسمى "عتائق" (وتعني "الجراثيم القديمة").**

**According to the fossil record, the increase of relatively abundant free oxygen was accompanied by the first appearance of eukaryotic cells**-cells with nuclear envelopes, complex chromosomes, and organelles, such as mitochondria (sites of respiration) and chloroplasts (sites of



photosynthesis), surrounded by membranes. Eukaryotic organisms, in which the individual cells are usually much larger than those of the bacteria.

وفقاً لسجل المستحاثات (الحفريات)، فإن الزيادة النسبية للأكسجين الحر الوفير كانت مصحوبة بالظهور الأول للخلايا حقيقية النواة - خلايا ذات غلاف نووي، صبغيات معقدة، وعضيات، مثل الجسيمات الكوندرية أو المتقدرات الحيوية (مواقع التنفس) والصانعات الخضراء (مواقع التركيب الضوئي)، محاطة بواسطة الأغشية. الكائنات حقيقية النواة، التي تكون فيها الخلايا الفردية عادةً أكبر بكثير من تلك الموجودة في الجراثيم.

### Plant Biology Includes Many Different Areas of Study

The study of plants has been pursued for thousands of years, but like all branches of science, it became diverse and specialized only during the twentieth century. **Until the late 1800s, botany was a branch of medicine**, pursued chiefly by physicians who used plants for medicinal purposes and who were interested in determining the similarities and differences between plants and animals for that purpose.

Today, however, plant biology is an important scientific discipline that has many subdivisions:

#### تتضمن بيولوجيا النبات العديد من مجالات الدراسة المختلفة

لقد استمرت (تمت متابعة) دراسة النباتات منذ آلاف السنين، ولكنه وبشكل مماثل لجميع فروع العلوم، أصبح متنوعاً ومتخصصاً فقط خلال القرن العشرين. حتى أواخر القرن التاسع عشر، كان علم النبات فرعاً من فروع الطب، يمارسه بشكل رئيسي الأطباء الذين استخدموا النباتات للأغراض الطبية، والمهتمين بتحديد أوجه التشابه والاختلاف بين النباتات و الحيوانات لنفس الغرض.

اليوم، بكل الأحوال، فإن بيولوجيا النبات (علم الحياة النباتية) هو مجال علمي مهم له عدة أقسام فرعية:

- **Plant physiology**, which is the study of how plants function, that is, how they capture and transform energy and how they grow and develop.
- **plant morphology**, the study of the form of plants.
- **plant anatomy**, the study of their internal structure.
- **plant taxonomy and systematics**, involving the naming and classifying of plants and the study of the relationships among them.
- **فيزيولوجيا النبات (علم وظائف أعضاء النبات)**، وهو دراسة كيفية عمل النباتات، أي كيف يلتقطون الطاقة ويحولونها وكيف ينموون و يتطورون.
- **مورفولوجيا النبات (علم شكل النبات)**، دراسة شكل النباتات.
- **تَشريح النبات**، دراسة بنيتها الداخلية.

- تصنيف النبات وترتيبها (تنظيمها)، بما في ذلك تسمية وتصنيف النباتات ودراسة العلاقات فيما بينها.
- **cytology**, the study of cell structure, function, and life histories.
- **genetics**, the study of heredity and variation.
- **genomics**, the study of the content, organization, and function of genetic information in whole genomes.
- **molecular biology**, the study of the structure and function of biological molecules.
- علم الخلية، دراسة بنية الخلية، ووظيفتها، وتاريخ الحياة.
- علم الوراثة، دراسة الوراثة والاختلاف (التباين).
- علم الجينوم (المجين)، دراسة محتوى المعلومات الوراثية (الجينية) وتنظيمها ووظيفتها في كامل الجينوم النباتي.
- البيولوجيا الجزيئية، دراسة بنية ووظيفة الجزيئات الحيوية.
- **economic botany**, the study of past, present, and future uses of plants by people.
- **ethnobotany**, the study of the uses of plants for medicinal and other purposes by indigenous peoples.
- **ecology**, the study of the relationships between organisms and their environment.
- **paleobotany**, the study of the biology and evolution of fossil plants.
- علم النبات الاقتصادي، دراسة استخدامات الناس للنباتات في الماضي، والحاضر، والمستقبل.
- علم النبات التقليدي (بمعنى الطب البديل أو الطب الشعبي)، دراسة استخدامات النباتات للأغراض الطبية وغيرها من الأغراض من قبل الشعوب الأصلية.
- علم البيئة، دراسة العلاقات بين الكائنات الحية وبيئتها.
- علم النبات القديم (الأحفوري أو المستحاثي)، دراسة حياة وتطور النباتات الأحفورية.

End of lecture