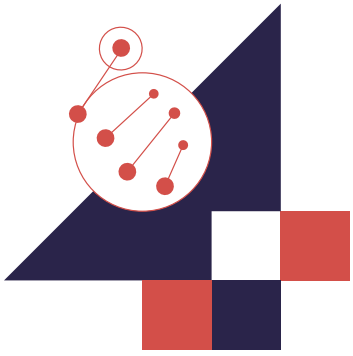
وزارة التعليم
Ministry of Education
موهبة
Mawhiba
نسمو
NSMO

أولمبياد العلوم و الرياضيات الوطني "نسمو"

الحقيبة التدريبية لمسـار الأحياء

مسابقـة الفرق الـوطنية 2026م



الأحيـــاء

الفهرس

الباب الأول فسيولوجيا الفقاريات

الفصل الأول

نظرية الخلية

- مبادئ نظرية الخلية ..... (ص ١٦)
- محدودية حجم الخلية ..... (ص ١٦)
- المجاهر وقوة الفصل ..... (ص ١٧)
- أنواع المجاهر ..... (ص ١٧)
- المجاهر الضوئية ..... (ص ١٧)
- المجاهر الإلكترونية ..... (ص ١٧)
- تقنيات الصبغ لزيادة الوضوح ..... (ص ١٨)
- التراكيب الأساسية المشتركة في الخلايا ..... (ص ١٨)
- المادة الوراثية المركزية ..... (ص ١٨)
- السيتوبلازم ..... (ص ١٨)
- الرايبوسومات ..... (ص ١٨)
- الغشاء البلازمي ..... (ص ١٨)

الفصل الثاني

تنظيم جسم الفقاريات

- مستويات التنظيم في جسم الفقاريات ..... (ص ٢٠)
- الخلايا والأنسجة ..... (ص ٢٠)
- الأعضاء والأجهزة العضوية ..... (ص ٢٠)
- خطة الجسم العامة والتجاويف ..... (ص ٢٠)
- النسيج الطلائي ..... (ص ٢١)
- الخصائص والوظائف الرئيسية ..... (ص ٢١)
- تصنيف الأنسجة الطلائية ..... (ص ٢٢)
- الغدد ..... (ص ٢٢)
- الأنسجة الضامة ..... (ص ٢٣)
- النسيج العضلي ..... (ص ٢٤)
- وظائف العضلات الثلاث ..... (ص ٢٤)
- النسيج العصبي ..... (ص ٢٥)
- تنظيم الجهاز العصبي ..... (ص ٢٥)

- التصنيف الوظيفي للأجهزة العضوية.....(ص ٢٥)
- التواصل والتكامل.....(ص ٢٦)
- الدعم والحركة.....(ص ٢٦)
- التنظيم والإدامة.....(ص ٢٦)
- الدفاع.....(ص ٢٧)
- التكاثر والتكوين الجنيني.....(ص ٢٧)

الفصل الثالث

الجهاز الهيكلي

- أنواع الأجهزة الهيكلية.....(ص ٢٩)
- الهيكل الهيدروستاتيكي.....(ص ٢٩)
- الهيكل الخارجي.....(ص ٢٩)
- الهيكل الداخلي.....(ص ٣٠)
- نظرة فاحصة على العظم في الفقاريات.....(ص ٣٠)
- تكوين العظم.....(ص ٣٠)
- تركيب العظم.....(ص ٣٠)
- إعادة تشكيل العظم.....(ص ٣١)
- المفاصل وآلية الحركة.....(ص ٣١)
- آلية انقباض العضلات الهيكلية.....(ص ٣٢)
- التركيب المجهري للعضلات.....(ص ٣٢)
- دورة الجسور العرضية.....(ص ٣٢)
- دور الكالسيوم في التنظيم.....(ص ٣٣)
- أنواع الألياف العضلية.....(ص ٣٤)
- أنماط حركة الحيوان.....(ص ٣٤)

الفصل الرابع

الجهاز العصبي

- التنظيم الأساسي للجهاز العصبي.....(ص ٣٦)
- أنواع الخلايا العصبية.....(ص ٣٦)
- أقسام الجهاز العصبي.....(ص ٣٦)
- تركيب الخلية العصبية.....(ص ٣٧)
- الخلايا الداعمة (الدبق العصبي).....(ص ٣٨)
- السيال العصبي: لغة الجهاز العصبي.....(ص ٣٨)
- جهد الراحة.....(ص ٣٨)

- جهد الفعل.....(ص ٣٨)
- التشابك العصبي.....(ص ٣٩)
- آلية التشابك الكيميائي.....(ص ٣٩)
- التكامل التشابكي.....(ص ٤٠)
- الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي).....(ص ٤٠)
- الدماغ.....(ص ٤٠)
- الحبل الشوكي.....(ص ٤٠)
- الجهاز العصبي الطرفي.....(ص ٤١)
- الجهاز العصبي الجسمي.....(ص ٤١)
- الجهاز العصبي الذاتي.....(ص ٤١)

الفصل الخامس

الجهاز الغطائي

- نظرة عامة عن الجهاز الغطائي.....(ص ٤٤)
- الجلد: التركيب والوظائف.....(ص ٤٤)
- ملحقات الجلد.....(ص ٤٥)
- الشعر.....(ص ٤٥)
- الأظافر.....(ص ٤٥)
- غدد الجلد.....(ص ٤٥)
- تنوع الغطاء الخارجي في الحيوانات.....(ص ٤٦)
- سرطان الجلد.....(ص ٤٦)
- الأنواع الرئيسية لسرطان الجلد.....(ص ٤٦)
- علامات الخطر.....(ص ٤٦)

الفصل السادس

الجهاز الهضمي

- مبادئ الهضم وأنماط التغذية.....(ص ٤٨)
- رحلة الطعام في الجهاز الهضمي.....(ص ٤٨)
- الفم والأسنان.....(ص ٤٨)
- المريء والمعدة.....(ص ٤٩)
- الأمعاء الدقيقة.....(ص ٤٩)
- الأمعاء الغليظة.....(ص ٥٠)
- الأعضاء الهضمية المساعدة.....(ص ٥١)
- تكيفات هضمية متخصصة.....(ص ٥١)

- تنظيم عملية الهضم.....(ص ٥٢)
- التغذية والطاقة.....(ص ٥٢)

الفصل السابع

الجهازين الدوري والتنفسي

- الجهاز الدوري.....(ص ٥٤)
- أجهزة الدوران في اللافقاريات.....(ص ٥٤)
- الدورة الدموية في الفقاريات.....(ص ٥٤)
- القلب والأوعية الدموية في الثدييات.....(ص ٥٦)
- مكونات الدم والجهاز الليمفاوي.....(ص ٥٧)
- الجهاز التنفسي.....(ص ٥٨)
- مبادئ تبادل الغازات.....(ص ٥٨)
- تنوع الأعضاء التنفسية.....(ص ٥٩)
- الجهاز التنفسي في الثدييات والطيور.....(ص ٥٩)
- نقل الغازات في الدم.....(ص ٥٩)
- التنفس القسري.....(ص ٦٠)
- أنواع التنفس القسري.....(ص ٦٠)

الفصل الثامن

الجهاز المناعي

- نظرة عامة: خطوط الدفاع الثلاثة.....(ص ٦٢)
- خط الدفاع الأول.....(ص ٦٢)
- خط الدفاع الثاني.....(ص ٦٢)
- الخلايا المناعية الفطرية.....(ص ٦٢)
- البروتينات المضادة للميكروبات.....(ص ٦٤)
- خط الدفاع الثالث.....(ص ٦٤)
- أساسيات الاستجابة التكيفية.....(ص ٦٤)
- المناعة الخلوية.....(ص ٦٤)
- المناعة السائلة.....(ص ٦٥)
- أعضاء الجهاز المناعي.....(ص ٦٥)
- تطبيقات وخلل الجهاز المناعي.....(ص ٦٦)
- زمر الدم ورفض الأعضاء.....(ص ٦٦)
- تهرب مسببات المرض.....(ص ٦٦)

الفصل التاسع

الجهاز الإخراجي

- الفضلات النيتروجينية.....(ص ٦٨)
- أشكال الفضلات النيتروجينية.....(ص ٦٨)
- الجهاز البولي في الثدييات.....(ص ٦٨)
- التركيب العام والوظائف الأساسية.....(ص ٦٨)
- النيفرون: الوحدة الوظيفية للكلية.....(ص ٦٩)
- أجزاء النيفرون الرئيسية.....(ص ٦٩)
- آلية تكوين البول وتركيزه.....(ص ٧٠)

الباب الثاني علم النبات

الفصل الأول

تركيب النبات الوعائية، نموها وتكوينها

- تمتلك النباتات تنظيمًا هرميًا يتكون من أعضاء وأنسجة وخلايا.....(ص ٨٩)
- أعضاء النبات الوعائية الأساسية: الجذور والسيقان والأوراق.....(ص ٨٩)
- أنسجة البشرة والأنسجة الوعائية والأنسجة الأرضية.....(ص ٩٢)
- الأنواع الشائعة من الخلايا النباتية.....(ص ٩٣)
- تولد الخلايا الإنشائية.....(ص ٩٥)
- النمو الأولي.....(ص ٩٦)
- نمو وتشريح الساق.....(ص ٩٨)
- نمو وتشريح الأوراق.....(ص ٩٩)
- النمو الثانوي.....(ص ١٠٠)
- التحكم الجيني في الأزهار.....(ص ١٠٠)

الفصل الثاني

الحصول على الموارد ونقلها في النباتات الوعائية

- عمليات التكيف للحصول على الموارد .....(ص ١٠٣)
- تكيفات الجذور والأوراق لاكتساب الموارد.....(ص ١٠٣)
- آليات مختلفة لنقل المواد لمسافات قصيرة أو طويلة.....(ص ١٠٣)
- نقل الماء لمسافات قصيرة عبر الغشاء البلازمي.....(ص ١٠٣)
- الأكوابورينات: تسهيل انتشار الماء.....(ص ١٠٥)
- أبوبلاست وسيمبلاست: استمرارية النقل.....(ص ١٠٥)
- النقل لمسافات طويلة.....(ص ١٠٦)
- امتصاص الماء والأملاح.....(ص ١٠٦)

- صعود عصارة الخشب.....(ص ١٠٧)
- التكيفات التي تقلل فقدان الماء.....(ص ١٠٨)
- نقل السكريات من المصادر.....(ص ١٠٨)
- نقل السكر عبر اللحاء.....(ص ١٠٨)

الفصل الثالث

التربة والتغذية في النبات

- التربة نظام بيئي حي ومعقد.....(ص ١١١)
- العناصر الأساسية.....(ص ١١١)
- غالبًا ما تتضمن تغذية النبات علاقات مع الكائنات الحية الأخرى.....(ص ١١١)
- دور بكتيريا التربة في تغذية النبات بالنيتروجين.....(ص ١١١)
- بكتيريا الجذور.....(ص ١١٢)
- الفطريات وتغذية النبات.....(ص ١١٣)
- طرق أخرى لحصول أنواع من النباتات على غذائها.....(ص ١١٣)

الفصل الرابع

تكاثر مغطاة البذور

- الأزهار والإخصاب المزدوج والفواكه في دورة حياة مغطاة البذور.....(ص ١١٥)
- تركيب الزهرة ووظيفتها.....(ص ١١٥)
- طرق التلقيح.....(ص ١١٦)
- دورة حياة كاسيات البذور.....(ص ١١٦)
- نمو البذور وتركيبها.....(ص ١١٧)
- إنبات البذور.....(ص ١١٩)
- تركيب الفاكهة ووظيفتها.....(ص ١١٩)
- انتشار الثمار والبذور.....(ص ١٢٠)

الفصل الخامس

استجابات النبات للإشارات

- تساعد الهرمونات النباتية في تنسيق النمو والتكوين والاستجابة للمنبهات.....(ص ١٢٣)
- دراسة الهرمونات النباتية.....(ص ١٢٣)
- المزيد من الهرمونات النباتية المكتشفة حديثًا.....(ص ١٢٤)
- تعتبر الاستجابات للضوء فترة حرجة لنجاح النبات.....(ص ١٢٥)
- المستقبلات الضوئية فيتوكروم.....(ص ١٢٥)
- الفترة الضوئية والاستجابات للمواسم.....(ص ١٢٥)

- طول فترة الظلام الحرجة.....(ص ١٢٥)
- تستجيب النباتات لمجموعة متنوعة من المحفزات غير الضوء.....(ص ١٢٧)

المراجع العامة للحقيبة.....(ص ١٤١)

فهرس الاشكال

- شكل 1: مستويات التنظيم في جسم الفقاريات ٢٠
- شكل 2: أنواع الانسجة الطلائية ٢٢
- شكل 3 أنواع النسيج الضام الأصيل ٢٣
- شكل 4: أنواع النسيج الضام الخاص ٢٤
- شكل 5: أنواع الانسجة العضلية ٢٤
- شكل 6: تركيب الخلية العصبية ٢٥
- شكل 7: أنظمة أعضاء الجسم ٢٧
- شكل 8: التركيب العضلي في جسم دودة الأرض ٢٩
- شكل 9: آلية حركة دودة الأرض من خلال انقباض وانبساط العضلات الطولية والدائرية ٢٩
- شكل 10: آلية حركة قنديل البحر في الماء ٢٩
- شكل 11: مكونات الهيكل الداخلي ٣٠
- شكل 12: التركيب الداخلي للعظم الطويل ٣١
- شكل 13: أنواع المفاصل في الهيكل العظمي ٣١
- شكل 14: التركيب المجهري للعضلة الهيكلية ٣٢
- شكل 15: آلية انقباض الليفات العضلية (نظرية الخيوط المنزلقة) ٣٣
- شكل 16: دورة الجسور العرضية في انقباض العضلة ٣٣
- شكل 17: آلية الدفع والحركة في الأسماك ٣٤
- شكل 18: أنواع الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي والطرفي ٣٦
- شكل 19: مخطط يوضح تقسيمات الجهاز العصبي المركزي والطرفي ووظائفه ٣٧
- شكل 20: تكوين غمد المايلين حول المحور العصبي ٣٨
- شكل 21: آلية عمل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم في غشاء الخلية ٣٩
- شكل 22: تركيب منطقة التشابك العصبي ٣٩
- شكل 23: آلية انتقال السيال العصبي عبر التشابك العصبي ٤٠
- شكل 24: تركيب الحبل الشوكي ومسار السيال العصبي بين الجلد والعضلات ٤١
- شكل 25: تأثير الجهاز العصبي الودي ونظير الودي على أعضاء الجسم ٤٢
- شكل 26: التركيب التشريحي لطبقات الجلد وأجزائه ٤٤
- شكل 27: التركيب التشريحي للظفر وأجزائه ٤٥
- شكل 28: بقع جلدية ذات حدود ولون غير منتظمين ٤٦
- شكل 29: شامة بارزة على سطح الجلد ٤٦

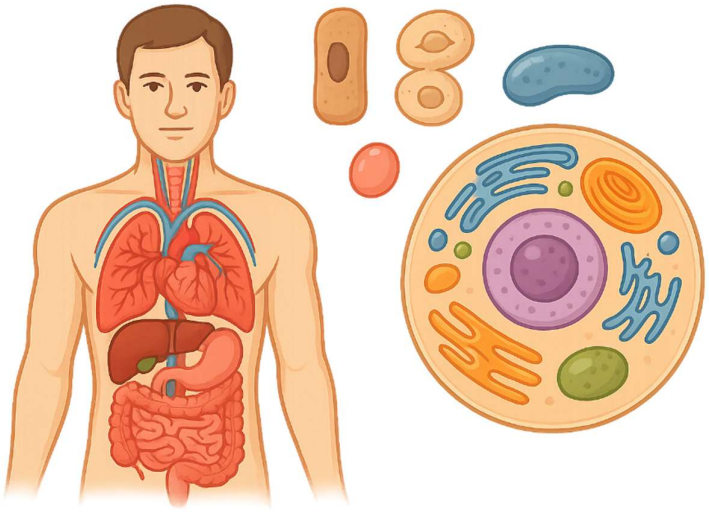
- شكل 30: التركيب التشريحي للهيدرا وآلية التغذية ٤٨
- شكل 31: التركيب التشريحي للجهاز الهضمي في جسم الإنسان ٤٨
- شكل 32: التركيب التشريحي لجدار القناة المعدية المعوية ٤٩
- شكل 33: التركيب الداخلي لجدار المعدة والغدد المعدية ٤٩
- شكل 34: التركيب التشريحي للبنكرياس ٥١
- شكل 35: الدورة الدموية في الأسماك ٥٤
- شكل ٣٦: الصمامات القلبية في وضعي الفتح والإغلاق ٥٥
- شكل ٣٧: مخطط الدورة الدموية في جسم الإنسان وآلية تدفق الدم في القلب ٥٥
- شكل ٣٨: خطوات قياس ضغط الدم باستخدام جهاز قياس الضغط وسماعة الطبيب ٥٦
- شكل ٣٩: تركيب الأوعية الدموية: الشرايين، الأوردة، والشعيرات الدموية ٥٦
- شكل ٤٠: مخطط رسم القلب الكهربائي (ECG) يوضح موجات P-QRS-T ٥٧
- شكل ٤١: مسار انتقال السيال العصبي في القلب عبر العقد والألياف العصبية ٥٧
- شكل ٤٢: مكونات الدم ٥٨
- شكل ٤٣: مراحل تخثر الدم وتكوين الجلطة الدموية لإيقاف النزيف ٥٨
- شكل ٤٤: آليات تبادل الغازات في الكائنات الحية المختلفة ٥٩
- شكل ٤٥: تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والأنسجة عبر الدورة الدموية ٦٠
- شكل ٤٦: آلية عمل الخلايا القاتلة الطبيعية في الدفاع المناعي ضد الخلايا المستهدفة ٦٣
- شكل ٤٧: استجابة الجهاز المناعي الفطري عند حدوث جرح ودخول البكتيريا ٦٣
- شكل ٤٨: آلية عمل الخلايا التائية السامة (CD8) في الاستجابة المناعية الخلوية ٦٤
- شكل ٤٩: التركيب العام للأجسام المضادة ومكوناتها الأساسية ٦٥
- شكل ٥٠: التركيب التشريحي للجهاز البولي والكلى ووحدة النفرون ٦٩
- شكل ٥١: التركيب الدقيق للنفرون ومسار الدم والبول داخل الكلي ٧٠
- شكل ٥٢: نظرة عامة الى نبات زهري ٨٩
- شكل ٥٣: الشعيرات الجذرية ٩٠
- شكل ٥٤: الجذور الداعمة ٩٠
- شكل ٥٥: جذور الدعامة ٩٠
- شكل ٥٦: الجذور التخزينية ٩٠
- شكل ٥٧: الجذور الهوائية ٩٠
- شكل ٥٨: تحورات السيقان ٩٠
- شكل ٥٩: الورقة البسيطة والمركبة ٩١
- شكل ٦٠: تحورات الاوراق ٩١

- شكل ٦١: نظام الانسجة في النبات ٩٢
- شكل ٦٢: الانسجة البرنشيمية ٩٣
- شكل ٦٣: الانسجة الكولنشيمية ٩٣
- شكل ٦٤: الانسجة السكلارنشيمية ٩٣
- شكل ٦٥: خلايا الخشب ٩٤
- شكل ٦٦: خلايا اللحاء ٩٤
- شكل ٦٧: فترات النمو في النبات كل عام ٩٥
- شكل ٦٨: النمو الاولي في النبات ٩٥
- شكل ٦٩: النمو الثانوي في النبات ٩٦
- شكل ٧٠: قطاع في القمة النامية للجذر ٩٦
- شكل ٧١: التركيب الداخلي للجذر في ذوات الفلقة والفلقتين ٩٧
- شكل ٧٢: قطاع في القمة النامية للساق ٩٨
- شكل ٧٣: تركيب الساق في ذوات الفلقة والفلقتين ٩٨
- شكل ٧٤: قطاع عرضي في الورق ٩٩
- شكل ٧٥: النمو الاولي والثانوي في الساق الخشبية ١٠٠
- شكل٧٦: فرضية ABC لعمل جينات هوية العضو في الزهرة ١٠١
- شكل٧٧: منظر جانبي للزهور الاصلية والزهور مع طفرات هوية العضو ملاحظة : اذا تم قمع الجين A او الجين C سيتم التعبير عن الجين الاخر ١٠١
- شكل٧٨: لمحة عامة عن اكتساب الموارد ونقله في النبات ١٠٣
- شكل ٧٩: تأثير جهد الماء على امتصاص وفقدان الماء بواسطة خلية نباتية حية ١٠٤
- شكل٨٠: طرق النقل لمسافات قصيرة في الخلايا النباتية ١٠٥
- شكل ٨١: نقل المياه والمعادن من الشعيرة الجذرية الى نسيج الخشب ١٠٦
- شكل ٨٢: صعود عصارة الخشب ١٠٧
- شكل ٨٣: الية فتح واغلاق الثغور ١٠٨
- شكل ٨٤: اليات النقل في عناصر اللحاء ١٠٩
- شكل ٨٥: التدفق الكتلي بالضغط الإيجابي في الانبوب الغربالي ١٠٩
- شكل ٨٦: دور بكتيريا التربة في تثبيت النيتروجين ١١٢
- شكل ٨٧:مراحل تكوين العقدة الجذرية ١١٢
- شكل ٨٨: من اليمين النباتات المتطفلة والهوائية وآكلات اللحوم ١١٣
- شكل ٨٩: تركيب الزهرة النموذجية ١١٥
- شكل ٩٠: دورة حياة كاسيات البذور ١١٧

- شكل ٩١: نمو الاجنة في بذور النباتات ١١٨
- شكل ٩٢: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقة ١١٨
- شكل ٩٣: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقتين ١١٨
- شكل ٩٤: مراحل انبات البذور في ذوات الفلقتين والفلقة ١١٩
- شكل ٩٥: بذور تشبه المظلة ١٢١
- شكل ٩٦: بذور نبات البطيخ المتسلق ١٢١
- شكل ٩٧: ثمار شجرة السرو ١٢١
- شكل 98: نباتات الحشائش الصحراوية ١٢١
- شكل ٩٩: ثمار نبات التريبلوس ١٢١
- شكل ١٠٠: تجربة توضح أن انحناء السويقة نحو الضوء يعتمد على القمة النامية، وأن الإشارة المسؤولة تنتقل منها عبر مادة نافذة فقط ١٢٣
- شكل ١٠١: تأثير سيادة القمة النامية عند ازالة القمة النامية ١٢٣
- شكل ١٠٢: تأثير الجبرلين على استضافة الساق ونمو الثمار ١٢٤
- شكل ١٠٣: تجميع العناصر الغذائية بواسطة الجبرلين اثناء إنبات بذور الحبوب ١٢٤
- شكل ١٠٤: آلية التبديل بين جزيئي الفيتو كروم ١٢٥
- شكل ١٠٥: توضح الصورة أن الإزهار يعتمد على طول الفترة المظلمة؛ فالضوء المفاجئ الذي يقطع الظلام يمنع الإزهار في كلا النوعين من النباتات ١٢٦
- شكل ١٠٦: تبيّن الصورة أن إزهار نباتات النهار القصير أو الطويل يعتمد على طول فترة الظلام، وأن الضوء الأحمر يمكنه إيقاف الإزهار بينما يعكسه الضوء الأحمر البعيد (FAR-RED). ١٢٧

الباب الأول

فسيولوجيا الفقاريات



مقدمة

تُعد فسيولوجيا الفقاريات أحد الفروع الأساسية في علم الأحياء، حيث تهتم بدراسة الوظائف الحيوية لأجهزة وأعضاء الكائنات الفقارية مثل الإنسان والحيوان. وتكمن أهمية هذا العلم في كونه يفسّر كيف تعمل الأعضاء المختلفة بشكل متكامل للحفاظ على الاتزان الداخلي (Homeostasis) وضمان استمرار الحياة.

إن فهم آليات عمل الجسم الفقاري – كالتنفس، والدوران، والإخراج، والهضم، والجهاز العصبي، والعضلي يساعد في تفسير الظواهر الحيوية، وتطوير التطبيقات الطبية والبيطرية، وتحسين الإنتاج الحيواني، وكذلك تعزيز المعرفة العلمية الأساسية حول طبيعة الحياة.

الأهداف العامة

١. التعرف على الأسس الوظيفية لأعضاء وأجهزة الفقاريات.
٢. فهم آليات التنظيم والتكامل بين الأجهزة الحيوية في جسم الكائن الحي.
٣. تطبيق المفاهيم الفسيولوجية في المجالات الطبية والبيطرية والبحثية.
٤. تطوير القدرة على تحليل وتفسير الظواهر الفسيولوجية المختلفة لدى الكائنات الفقارية.

الأهداف الخاصة

١. دراسة وظائف أجهزة الجسم مثل الجهاز العصبي، والهضمي، والدوري، والتنفسي، والإخراجي، والتناسلي.
٢. التعرف على الاختلافات الفسيولوجية بين أنواع الفقاريات (الأسماك، البرمائيات، الزواحف، الطيور، والثدييات).
٣. توضيح العلاقة بين التركيب التشريحي والوظيفة الفسيولوجية لكل جهاز.
٤. تدريب الطالب على إجراء التجارب الفسيولوجية وتحليل نتائجها علميًا.
٥. ربط المفاهيم الفسيولوجية بالحياة اليومية والتطبيقات العملية في مجالات الصحة والزراعة والبيئة.

الفصل الأول

نظرية الخلية

تُعَد نظرية الخلية حجر الزاوية في علم الأحياء الحديث، حيث تنص على مبادئ أساسية تصف بنية ووظيفة الكائنات الحية. تاريخيًا، لم يكن من الممكن رؤية الخلايا إلا بعد اختراع المجهر في القرن السابع عشر، حيث كان روبرت هوك أول من وصفها عام ١٦٦٥، تلاه أنطون فان ليفينهوك الذي كان أول من شاهد خلايا حية. وفي القرن التاسع عشر، أدت أعمال شلايدن وشوان إلى بلورة النظرية رسميًا.

مبادئ نظرية الخلية

تقوم النظرية في شكلها الحديث على ثلاثة مبادئ أساسية:

١. وحدة البناء والوظيفة: جميع الكائنات الحية تتكون من خلية واحدة أو أكثر، وداخل هذه الخلايا تحدث جميع العمليات الحيوية الأساسية كالأيض والوراثة.
٢. الوحدة الأساسية للحياة: الخلية هي أصغر وحدة حية، وتمثل اللبنة الأساسية في تنظيم جميع الكائنات.
٣. أصل الخلايا: لا تنشأ الخلايا إلا من انقسام خلايا كانت موجودة مسبقًا، مما يؤكد استمرارية الحياة من سلف مشترك.

محدودية حجم الخلية

يعتبر حجم الخلية الصغير سمة مميزة، ويُعزى ذلك بشكل أساسي إلى القيود المادية التي يفرضها الانتشار وتبادل المواد مع البيئة المحيطة. يتم تحديد كفاءة الخلية من خلال نسبة مساحة السطح إلى الحجم.

عندما يزداد حجم الخلية، ينمو حجمها (متناسبًا مع مكعب نصف القطر، r^3) بمعدل أسرع بكثير من مساحة سطحها المتناسبة مع مربع نصف القطر (r^2) هذا يعني أنه كلما كبرت الخلية، أصبحت مساحة سطحها غير كافية لتلبية المتطلبات الأيضية لحجمها المتزايد، مما يؤدي إلى بطء في نقل المواد الغذائية والتخلص من الفضلات.

وللتغلب على هذه المشكلة، طورت بعض الخلايا الكبيرة تكيفات متخصصة؛ فالخلايا العصبية طويلة ونحيلة لتبقى جميع أجزاء السيتوبلازم قريبة من الغشاء، بينما تحتوي خلايا العضلات الهيكلية على أنوية متعددة لتسهيل إدارة وظائفها الخلوية على امتدادها الكبير.

المجاهر وقوة الفصل

نظرًا لأن قطر معظم الخلايا يقل عن ٥٠ ميكروميتر، فإنها أصغر من أن تُرى بالعين المجردة. يعود السبب في ذلك إلى قوة الفصل **Resolution** المحدودة للعين البشرية، والتي تُعرَّف بأنها أقل مسافة يمكن عندها تمييز نقطتين كجسمين منفصلين، وتبلغ هذه المسافة حوالي ١٠٠ ميكروميتر. لدراسة الأجسام الأصغر من هذا الحد، لا بد من استخدام المجاهر.

أنواع المجاهر:

١. المجاهر الضوئية (Light Microscopes)

تعمل المجاهر الضوئية، وخاصة المجاهر المركبة **Compound Microscopes** على زيادة قوة الفصل عن طريق استخدام مجموعة من العدسات الزجاجية لتكبير الصورة على مراحل.

- المبدأ: تستخدم الضوء المرئي وعدسات متعددة لتكبير العينات.
- الحدود: تصل قوة فصلها إلى حوالي ٢٠٠ نانومتر. لا يمكنها تمييز تراكيب أصغر من ذلك (مثل غشاء الخلية البالغ سُمكه ٥ نانومترات) بسبب تداخل أشعة الضوء المنعكسة عندما تكون الأجسام متقاربة جدًا، وهو ما يفرضه الطول الموجي للضوء المرئي.

٢. المجاهر الإلكترونية (Electron Microscopes)

لتجاوز حدود المجاهر الضوئية، تم تطوير المجاهر الإلكترونية التي تستخدم شعاعًا من الإلكترونات بدلًا من الضوء، حيث أن للإلكترونات طولًا موجيًا أقصر بكثير، مما يسمح بقوة فصل فائقة.

أنواع المجهر الإلكتروني:

- المجهر الإلكتروني النفاذ **Transmission Electron Microscopy** (**TEM**) تنفذ الإلكترونات من خلال العينة، مما يوفر صورًا عالية الدقة للتراكيب الداخلية، وبقوة فصل تصل إلى ٠,٢ نانومتر (بحجم ذرتي هيدروجين).
- المجهر الإلكتروني الماسح **Scanning Electron Microscope** (**SEM**) تمسح الإلكترونات سطح العينة، مما ينتج صورًا ثلاثية الأبعاد (D٣) مذهلة للتفاصيل السطحية.

تقنيات الصبغ لزيادة الوضوح

لتحسين رؤية التراكيب الخلوية ، تُستخدم أصباغ كيميائية. من أبرز التقنيات الحديثة الكيمياء النسيجية المناعية ، والتي تعتمد على:

١. إنتاج أجسام مضادة متخصصة ترتبط ببروتينات معينة داخل الخلية وربطها بجزيئات ملونة أو أنزيمات
٢. عند إضافة هذه الأجسام المضادة إلى الخلايا، فإنها تلتصق بالبروتين المستهدف فقط، مما يجعله مرئيًا

التراكيب الأساسية المشتركة في الخلايا:

على الرغم من التنوع الكبير في أشكال ووظائف الخلايا، إلا أنها جميعًا تشترك في أربع مكونات أساسية تضمن قيامها بالعمليات الحيوية. هذه المكونات هي:

١. المادة الوراثية المركزية

تحتوي كل خلية على مادة وراثية (DNA) تحمل الجينات المسؤولة عن تصنيع البروتينات. في بدائيات النواة يوجد الـ DNA في منطقة مركزية غير محاطة بغشاء تُسمى نظير النواة، في حقيقيات النواة يتم حفظ الـ DNA داخل النواة.

٢. السيتوبلازم (Cytoplasm)

هو مادة شبه سائلة ذات قوام هلامي تملأ الخلية، ويتكون من محاليل السكريات، والأحماض الأمينية، والبروتينات، والأيونات. في الخلايا حقيقية النواة، يُقسم السيتوبلازم إلى:

السائل الخلوي (**Cytosol**) و العُضيات (**Organelles**)

٣. الرايبوسومات (Ribosomes)

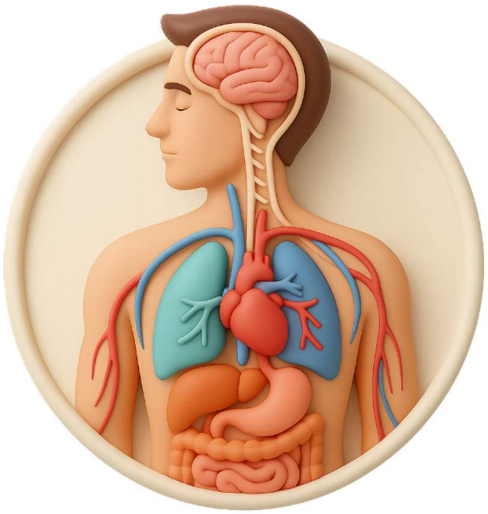
هي التراكيب المسؤولة عن تصنيع البروتينات بناءً على التعليمات المشفرة في الـ DNA.

٤. الغشاء البلازمي (Plasma Membrane)

هو غلاف رقيق (بسمك ٥ إلى ١٠ نانومتر) يحيط بالخلية، ويفصل محتوياتها الداخلية عن البيئة الخارجية. يتكون أساسًا من طبقة مزدوجة من الدهون المفسفرة تتخللها جزيئات بروتينية، مما ينظم مرور المواد من وإلى الخلية.

الفصل الثاني

تنظيم جسم الفقاريات



مستويات التنظيم في جسم الفقاريات

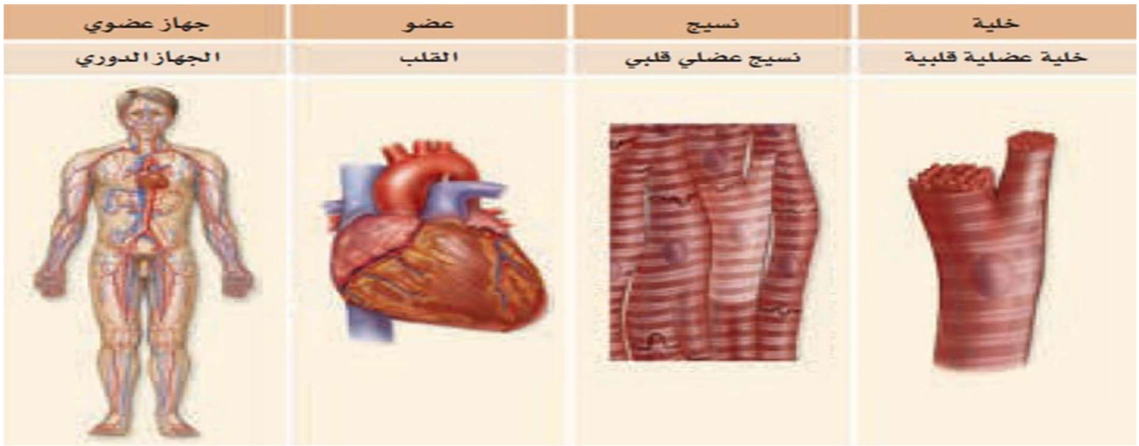
يتبع تنظيم الجسم في الفقاريات تسلسلاً هرميًا متدرجًا يبدأ من الوحدات البسيطة وصولًا إلى الأنظمة المعقدة، ويتألف من أربعة مستويات رئيسية:

١. الخلايا والأنسجة

- الخلايا (**Cells**) هي الوحدة الأساسية للحياة. يتكون جسم الحيوان الفقري من مئات الأنواع المختلفة من الخلايا المتخصصة (يصل عددها إلى ٢١٠ أنواع في الإنسان).
- الأنسجة (**Tissues**) هي مجموعات من الخلايا المتشابهة في التركيب والوظيفة. تنشأ جميع الأنسجة أثناء التطور الجنيني من ثلاث طبقات جرثومية أساسية: الإكتودرم (الخارجية)، الميزودرم (الوسطى)، والإندوديرم (الداخلية). في الحيوان البالغ، تتميز أربعة أنواع من الأنسجة الأساسية: الطلائي ،الضام ، العضلي، والعصبي.

٢. الأعضاء والأجهزة العضوية

- الأعضاء (**Organs**) هي وحدات تركيبية ووظيفية تتكون من أنواع مختلفة من الأنسجة التي تعمل معًا. فالقلب، على سبيل المثال، يتألف من أنسجة عضلية، وضامة، وطلائية، وعصبية.
- الأجهزة العضوية (**Organ Systems**) هي مجموعة من الأعضاء التي تتعاون لأداء وظيفة حيوية رئيسية. الجهاز الدوري، الذي يشمل القلب والأوعية الدموية، هو مثال على ذلك. يمتلك جسم الفقاريات ١١ جهازًا عضويًا رئيسيًا.



شكل 1: مستويات التنظيم في جسم الفقاريات

٣. خطة الجسم العامة والتجاويف

تتميز الفقاريات بخطة جسم عامة وهيكلية محددة:

- هيكل "أنبوب داخل أنبوب": يتكون الجسم من أنبوب خارجي رئيسي مدعوم بهيكل عظمي داخلي، ويحتوي بداخله على أنبوب داخلي هو القناة الهضمية.
- تجاويف الجسم: ينقسم الجسم إلى تجويفين رئيسيين:
  - التجويف الظهري: يشمل الجمجمة والعمود الفقري.
  - التجويف البطني: في الثدييات، يقسمه عضلة الحجاب الحاجز إلى التجويف الصدري (يحتوي على القلب والرئتين) والتجويف البطني الحوضي (يحتوي على أعضاء الهضم والإخراج).

هذه التجاويف هي بقايا السيلوم (**Coelom**)، وهو التجويف الجنيني الناشئ من طبقة الميزودرم، والذي يتقلص في الحيوان البالغ ليُشكّل أغشية متخصصة تحيط بالأعضاء مثل التجويف البريتوني حول أعضاء البطن، والتجويف الشغافي (البريكاردي) حول القلب، والتجويفان البلوريان حول الرئتين.

النسيج الطلائي (Epithelial Tissue)

يُعرَّف النسيج الطلائي بأنه النسيج الذي يغطي جميع أسطح الجسم الخارجية ويبطن تجاويفه وأعضائه الداخلية. ينشأ هذا النسيج من الطبقات الجرثومية الثلاث (الإكتودرم، الميزودرم، والإندودرم) ويشكل أيضًا الوحدات الوظيفية في الغدد.

الخصائص والوظائف الرئيسية:

يتميز النسيج الطلائي بمجموعة من الخصائص التي تحدد وظائفه المتعددة:

١. وظيفة الحاجز (**Barrier Function**) يشكل حاجزًا انتقائيًا ينظم حركة المواد بين البيئة الخارجية وأعضاء الجسم. فهو يوفر الحماية من الجفاف ومسببات الأمراض (كما في الجلد)، ويسمح بالامتصاص الانتقائي للمغذيات (في الأمعاء)، ويتيح الانتشار السريع للغازات (في الرئة).
٢. الترابط الخلوي: تتميز خلاياه بترابطها الوثيق، مما يقلل الفراغات بينها ويعزز وظيفتها كحاجز.
٣. القطبية (**Polarity**) تمتلك خلاياه سطحين مختلفين: سطح قمي (**Apical**) حر يواجه التجويف أو البيئة الخارجية، وسطح قاعدي (**Basal**) يرتكز على غشاء ليفي متخصص (الغشاء القاعدي) يربطه بالنسيج الضام الذي يليه.
٤. القدرة على التجدد: يمتلك قدرة هائلة على الانقسام وتجديد خلاياه باستمرار، وهو أمر حيوي للأسطح المعرضة للتلف مثل الجلد (يتجدد كل أسبوعين) وبطانة المعدة (تتجدد كل ٢-٣ أيام).

تصنيف الأنسجة الطلائية

يُصنَّف النسيج الطلائي بناءً على عدد طبقات الخلايا وشكل الخلايا في الطبقة السطحية.

شكل 2: أنواع الانسجة الطلائية

الغدد (Glands)

هي تراكيب متخصصة من النسيج الطلائي وظيفتها الإفراز.

- الغدد خارجية الإفراز (**Exocrine Glands**) تحتفظ باتصالها بالسطح الطلائي عبر قنوات، وتفرز منتجاتها (مثل العرق واللعاب) إلى سطح الجسم أو داخل تجاويفه.
- الغدد الصماء (**Endocrine Glands**) تفقد اتصالها بالسطح وتفرز منتجاتها (الهرمونات) مباشرة في

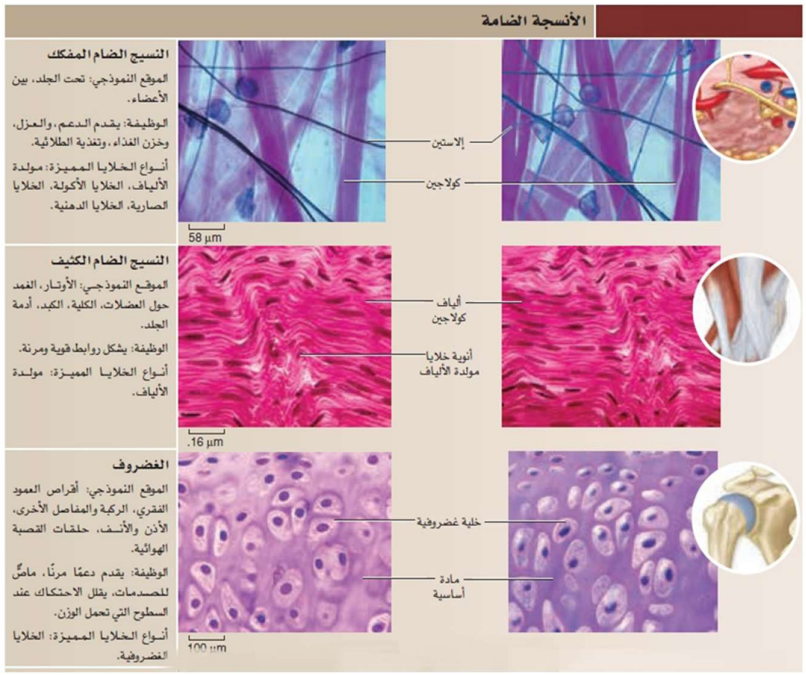
مجرى الدم.

الأنسجة الضامة (Connective Tissues)

تُشتق الأنسجة الضامة من طبقة الميزودرم الجنينية، وتتميز عن غيرها من الأنسجة بوجود مادة بينية (خارج خلوية) وفيرة تفصل بين خلاياها المتباعدة. تتكون هذه المادة البينية من ألياف بروتينية ومادة أساسية، وتختلف طبيعتها من سائلة (في الدم) إلى صلبة (في العظم)، مما يمنح كل نسيج خصائصه الفريدة. تُصنّف الأنسجة الضامة بشكل أساسي إلى مجموعتين رئيسيتين.

١. النسيج الضام الأصيل (Connective Tissue Proper)

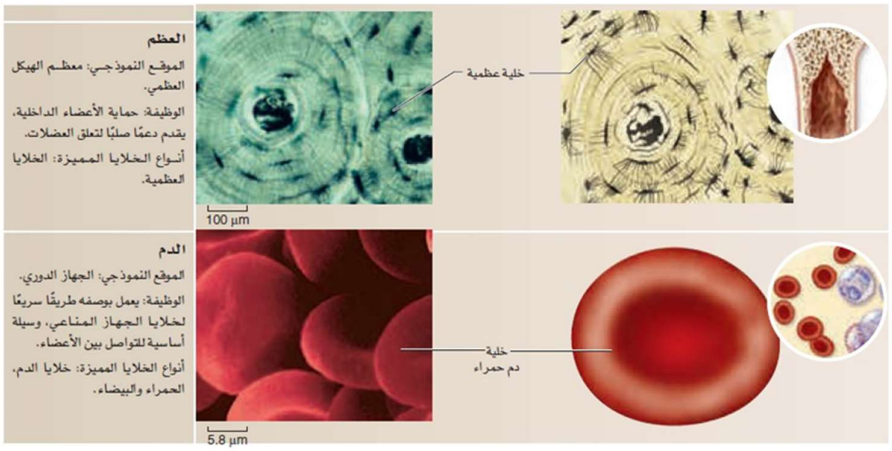
تُنتج خلايا مولدة الألياف (**Fibroblasts**) المادة البينية في هذا النوع، والذي ينقسم إلى:



شكل 3 أنواع النسيج الضام الأصيل

٢. النسيج الضام الخاص (Specialized Connective Tissue)

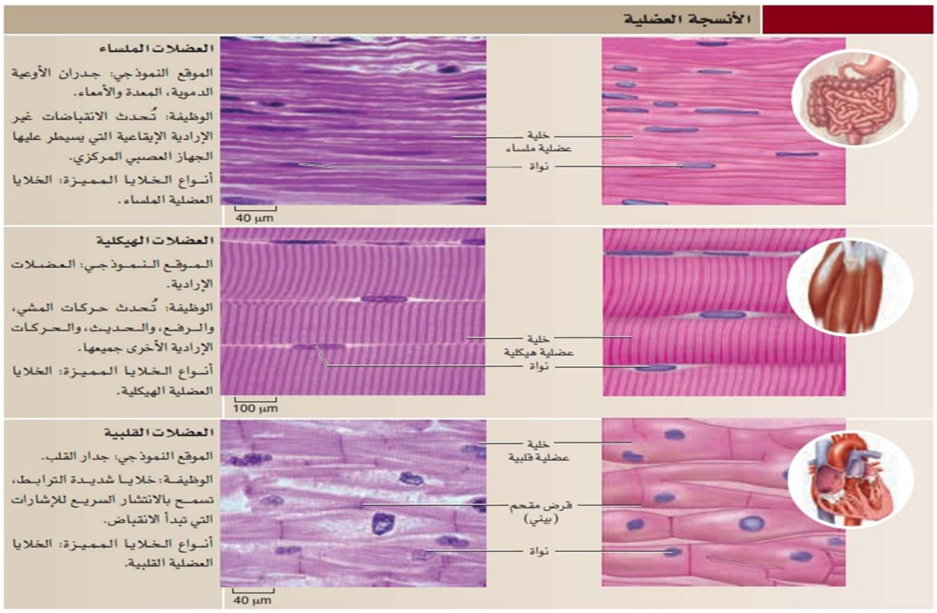
على الرغم من تنوعها الهائل في الشكل والوظيفة، تشترك جميع الأنسجة الضامة في أصلها الجنيني الواحد (الميزوديرم) وفي بنيتها الأساسية المكونة من خلايا متناثرة ضمن مادة بينية خارج خلوية.



شكل 4: أنواع النسيج الضام الخاص

النسيج العضلي (Muscle Tissue)

يُعد النسيج العضلي مسؤولًا عن الحركة في جسم الفقاريات. تتميز خلاياه بوفرة وتنظيم دقيق لخيوط بروتيني الأكتين (**Actin**) والميوسين (**Myosin**) مما يمنحها قدرة متخصصة على الانقباض. تمتلك الفقاريات ثلاثة أنواع رئيسية من العضلات.

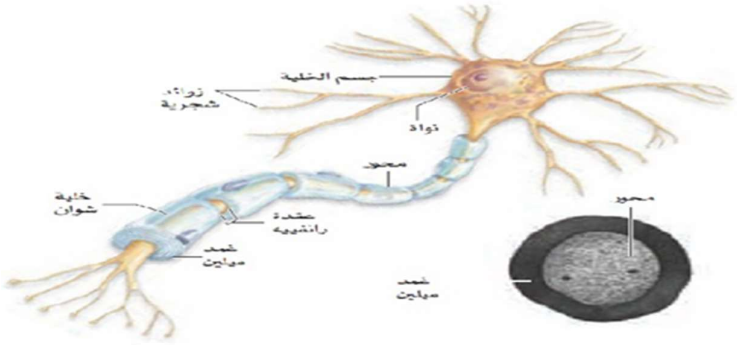


شكل 5: أنواع الانسجة العضلية

تنجز الأنواع الثلاثة من العضلات وظائف حيوية متباينة؛ فالعضلات الملساء تؤدي وظائف الأعضاء الداخلية، والعضلات الهيكلية تُحرّك الجسم، بينما تشكل العضلات القلبية المضخة العضلية للقلب.

النسيج العصبي (Nervous Tissue)

يُشكل النسيج العصبي رابع أنواع الأنسجة الرئيسية في الفقاريات، وهو المسؤول عن التنسيق والاتصال داخل الجسم. يتألف هذا النسيج من نوعين رئيسيين من الخلايا: الخلايا العصبية (**Neurons**) وهي الوحدات الوظيفية الأساسية، وخلايا الدبق العصبي (**Neuroglia**) التي توفر الدعم والحماية.



شكل 6: تركيب الخلية العصبية

١. تنظيم الجهاز العصبي

ينقسم الجهاز العصبي إلى قسمين رئيسيين:

- الجهاز العصبي المركزي (**CNS**) يتكون من الدماغ والحبل الشوكي. وظيفته هي معالجة وتكامل المعلومات الواردة من الجسم وإصدار الأوامر.
- الجهاز العصبي الطرفي (**PNS**) يتكون من الأعصاب (حزم من المحاور) والعُقد العصبية (تجمعات لأجسام الخلايا العصبية). وظيفته هي توصيل الإشارات بين الجهاز العصبي المركزي وبقية أعضاء الجسم كالعضلات والغدد.

التصنيف الوظيفي للأجهزة العضوية في الفقاريات

يمكن فهم العلاقة بين تركيب ووظيفة الأجهزة العضوية في الفقاريات من خلال تصنيفها إلى خمس مجموعات وظيفية رئيسية، تعمل كل مجموعة منها على أداء مهام حيوية متكاملة.

١. التواصل والتكامل (Communication and Integration) تختص هذه المجموعة برصد المنبهات وتنسيق استجابات الجسم.

- الجهاز العصبي (**Nervous System**): يتكون من الدماغ، الحبل الشوكي، والأعصاب؛ ويعمل على جمع المعلومات من البيئة الداخلية والخارجية ومعالجتها وإصدار الاستجابة المناسبة.
- جهاز الإحساس (**Sensory System**): يُعد جزءًا من الجهاز العصبي، ويشمل الأعضاء المتخصصة في استقبال المنبهات الحسية كالرؤية والسمع والشم.
- جهاز الغدد الصماء (**Endocrine System**): يُصدر إشارات كيميائية (هرمونات) تنظم العمليات الأيضية والوظائف الحيوية في مختلف أجهزة الجسم

٢. الدعم والحركة (Support and Movement)

تُمكن هذه الأجهزة الحيوان من الحفاظ على شكله وأداء الحركات المختلفة.

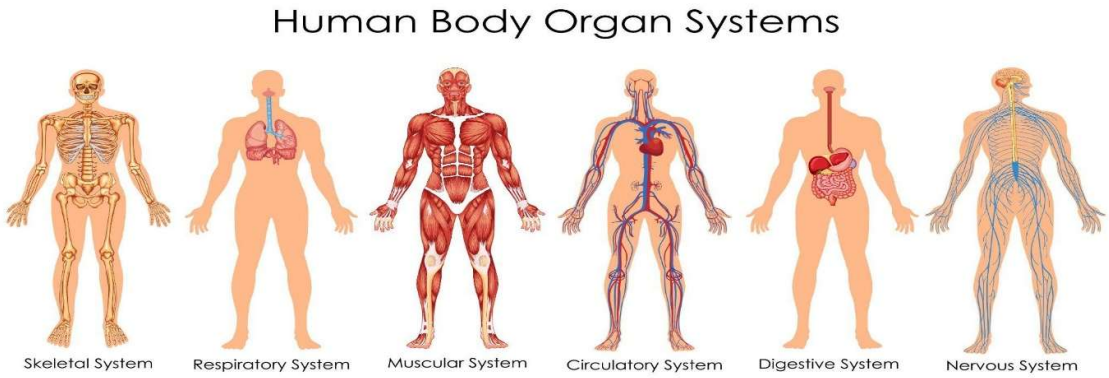
- الجهاز الهيكلي (**Skeletal System**) يوفر هيكلاً داخليًا صلبًا يوفر الدعم للجسم ويشكل مرتكزًا للعضلات..
- الجهاز العضلي (**Muscular System**): مسؤول عن توليد القوة اللازمة للحركة عن طريق الانقباض والسحب ضد الجهاز الهيكلي.

٣. التنظيم والإدامة (Regulation and Maintenance)

تعمل هذه المجموعة على الحفاظ على استقرار البيئة الداخلية للجسم (الاتزان الداخلي).

- الجهاز الهضمي (**Digestive System**) مسؤول عن تناول الغذاء وهضمه وامتصاصه والتخلص من الفضلات الصلبة.
- الجهاز الدوري (**Circulatory System**) يضخ الدم لتوزيع الأكسجين والمواد الغذائية والهرمونات في جميع أنحاء الجسم.
- الجهاز التنفسي (**Respiratory System**) يزود الجسم بالأكسجين ويتخلص من ثاني أكسيد الكربون.

- الجهاز البولي (**Urinary System**) ينظم توازن السوائل والأملاح في الجسم (التنظيم الأسموزي) ويتخلص من الفضلات الأيضية السائلة.



شكل 7: أنظمة أعضاء الجسم

٤. الدفاع (Defense)

تحمي هذه الأجهزة الجسم من مسببات الأمراض والأضرار الخارجية.

- الجهاز الغطائي (الجلدي) (**Integumentary System**) يشكل الجلد خط الدفاع الأول ضد الميكروبات والعوامل البيئية الضارة.
- الجهاز المناعي (**Immune System**) يوفر خط الدفاع الثاني، حيث يهاجم الأجسام الغريبة التي تخترق خط الدفاع الأول عبر خلايا متخصصة وأجسام مضادة.

٥. التكاثر والتكوين الجنيني (Reproduction and Development)

تضمن هذه المجموعة استمرارية النوع.

- جهاز التكاثر (**Reproductive System**) ينتج الأمشاج (الجاميتات) ويوفر الآليات اللازمة للإخصاب. وغالبًا ما يوفر بيئة لاحتضان الجنين النامي في الأنثى.
- التكوين الجنيني (**Development**) هي العملية التي يتطور من خلالها الزيجوت (البيضة المخصبة) عبر انقسامات خلوية وتتمايز إلى كائن بالغ متعدد الخلايا.

الفصل الثالث

الجهاز الهيكلي

أنواع الأجهزة الهيكلية

لإجراء الحركة، تحتاج العضلات إلى هيكل تعمل ضده. تمتلك الحيوانات ثلاثة أنواع رئيسية من الأجهزة الهيكلية:

أ. الهيكل الهيدروستاتيكي (Hydrostatic Skeleton)

شكل 8: التركيب العضلي في جسم دودة الأرض

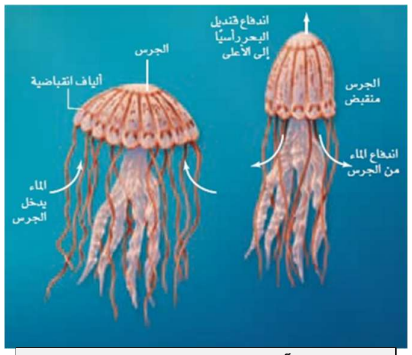
يستخدم ضغط سائل محصور داخل تجويف الجسم. يوجد في اللافقاريات الرخوة مثل دودة الأرض والكائنات البحرية كقنديل البحر والحبار.

- آلية الحركة (دودة الأرض): يتم التبادل بين انقباض العضلات الدائرية (التي تجعل الجسم رفيعًا وطويلاً) والعضلات الطولية (التي تجعله قصيرًا وسميكًا). تعمل هذه الانقباضات على ضغط السائل الداخلي، وتساعد

شكل 9: آلية حركة دودة الأرض من خلال انقباض وانبساط العضلات الطولية والدائرية

- الأشواك (**Setae**) على تثبيت الجسم بالأرض، مما ينتج عنه حركة دودية إلى الأمام.
- الدفع النفاث (الحيوانات المائية): تستخدم كائنات مثل قنديل البحر والحبار الماء الخارجي كوسيط. فالحبار يملأ تجويف عباءته بالماء ثم يقذفه بقوة عبر السيفون، مما يدفعه للخلف بسرعة عالية، وهي آلية فعالة للهروب.

ب. الهيكل الخارجي (Exoskeleton)



شكل 10: آلية حركة قنديل البحر في الماء

غطاء خارجي صلب يحيط بالجسم، كما في المفصليات (الحشرات والقشريات).

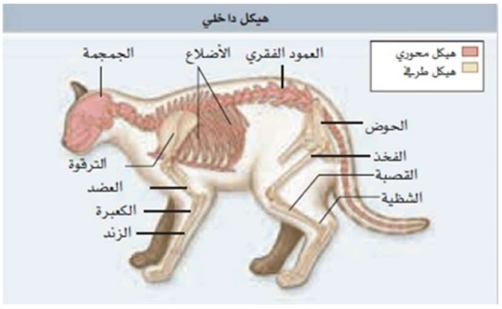
- التركيب والوظيفة: يتكون من مادة الكايتين (**Chitin**)، ويوفر الحماية، الدعم، ونقاط اتصال للعضلات الداخلية.

- العيوب: يجب طرحه دوريًا (عملية الانسلاخ) للسماح بالنمو، مما يجعل الحيوان ضعيفًا. كما أنه يحد من الحجم الأقصى للحيوان بسبب وزنه وقيود الجهاز التنفسي.

ج. الهيكل الداخلي (Endoskeleton)

إطار صلب داخلي، يوجد في الفقاريات وشوكيات الجلد.

- التركيب: يتكون من العظم والغضروف في الفقاريات، ومن كربونات الكالسيوم (الكالسيت) في شوكيات الجلد. العظم أصلب وأقل مرونة من الغضروف، الذي يعمل كوسادة في المفاصل.



شكل 11: مكونات الهيكل الداخلي

- أقسامه في الفقاريات:
  - الهيكل المحوري: يشمل الجمجمة، العمود الفقري، الأضلاع، والقص.
  - الهيكل الطرفي: يشمل عظام الأطراف والأحزمة الصدرية والحوضية.

نظرة فاحصة على العظم في الفقاريات

العظم نسيج ضام حيوي وديناميكي يخضع لعمليات بناء وتطور وإعادة تشكيل مستمرة.

أ. تكوين العظم (Ossification)

- التكوين داخل الغشائي: تتكون فيه العظام (مثل عظام الجمجمة المسطحة) مباشرة داخل طبقات من النسيج الضام. تقوم الخلايا البانية للعظم (**Osteoblasts**) بإفراز بلورات هيدروكسي أباتيت (فوسفات الكالسيوم) على ألياف الكولاجين.
- التكوين الغضروفي الداخلي: تتكون فيه معظم العظام (مثل عظام الأطراف الطويلة) عن طريق استبدال نموذج غضروفي أولي بنسيج عظمي حي.

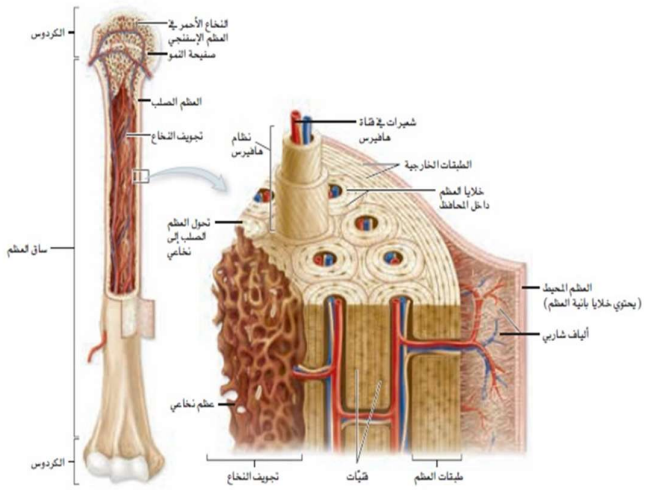
ب. تركيب العظم:

- الخلايا: يتكون من خلايا بانِية للعظم (**Osteoblasts**)خلايا عظمية (**Osteocytes**) محاطة بالمادة الصلبة، وخلايا هادِمة للعظم (**Osteoclasts**)مسؤولة عن إعادة التشكيل.
- الأنواع: يُصنّف إلى عظم صلب (مصمت) خارجي، وعظم إسفنجي داخلي.

- نظام هافيرس: في العظم الصلب، تترتب الخلايا بشكل دوائر متحدة المركز حول قنوات هافيرس التي تحتوي على أوعية دموية وأعصاب، مما يبقي النسيج حيًا.

ج. إعادة تشكيل العظم (Bone Remodeling)

يستجيب العظم للضغوط الميكانيكية. فالقوى المتكررة (مثل التمارين الرياضية) تولد تأثيرًا كهربائيًا ضغطيًا (**Piezoelectric effect**) في بلورات الهيدروكسي أباتيت، مما يحفز الخلايا البانية للعظم لزيادة كثافة العظم وقوته.

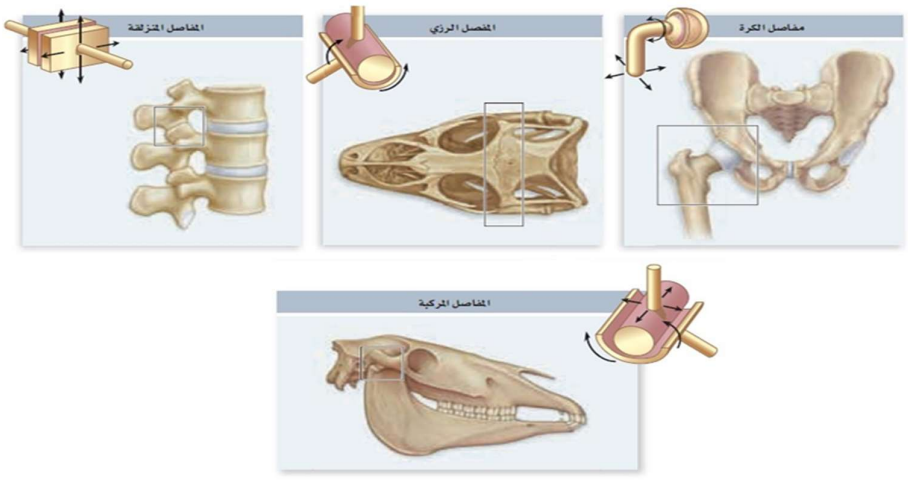


شكل 12: التركيب الداخلي للعظم الطويل

المفاصل وآلية الحركة

تحدث الحركة عند المفاصل، وهي نقاط التقاء العظام.

- أنواع المفاصل: تُصنف إلى عديمة الحركة (درزات الجمجمة)، قليلة الحركة (بين الفقرات)، وحرة الحركة (المفاصل الزلالية كالركبة والورك).



شكل 13: أنواع المفاصل في الهيكل العظمي

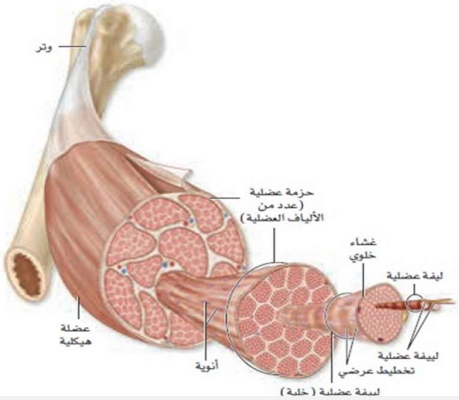
- عمل العضلات: ترتبط العضلات بالعظام عبر الأوتار (**Tendon**). لكل عضلة أصل **Origin** (نقطة الارتباط الثابتة) ومرتكز (**Insertion**) (نقطة الارتباط المتحركة). تعمل العضلات في أزواج متعاكسة: عضلة رائدة (**Agonist**) تسبب الحركة، وعضلة مضادة (**Antagonist**) تعكسها.

آلية انقباض العضلات الهيكلية

يتم انقباض العضلات على المستوى الجزيئي وفقًا لـنظرية الخيوط المنزلقة.

أ. التركيب المجهري

يتكون الليف العضلي من لُييفات، وهذه بدورها تتكون من وحدات متكررة تسمى القطعة العضلية (**Sarcomere**). تحتوي كل قطعة عضلية على نوعين من الخيوط:



شكل 14: التركيب المجهري للعضلة الهيكلية

- خيوط غليظة: تتكون من بروتين الميوسين (**Myosin**) ذي الرؤوس المتحركة.
- خيوط رفيعة: تتكون بشكل أساسي من بروتين الأكتين (**Actin**)

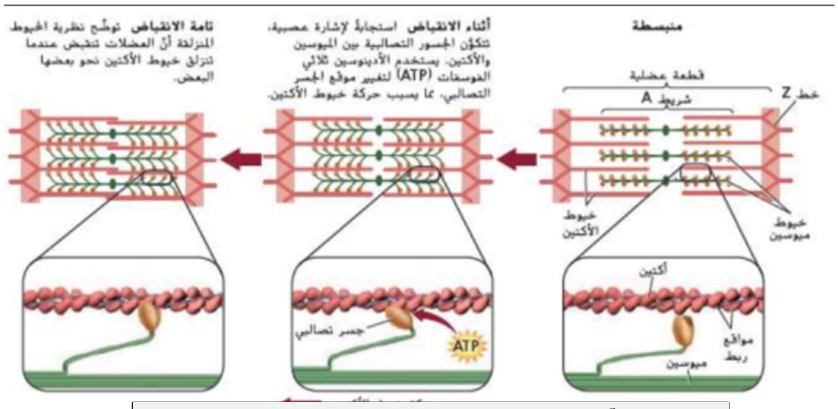
ب. دورة الجسور العرضية

١. الارتباط: يرتبط رأس الميوسين (بعد تنشيطه بجزيء ATP) بموقع نشط على خيط الأكتين، مكونًا جسرًا عرضيًا.

٢. شوط القوة: يقوم رأس الميوسين بالانثناء، ساحبًا خيط الأكتين نحو مركز القطعة العضلية، مما يقصرها ويسبب الانقباض.

٣. الانفصال: يرتبط جزيء ATP جديد برأس الميوسين، مما يجعله ينفصل عن الأكتين.

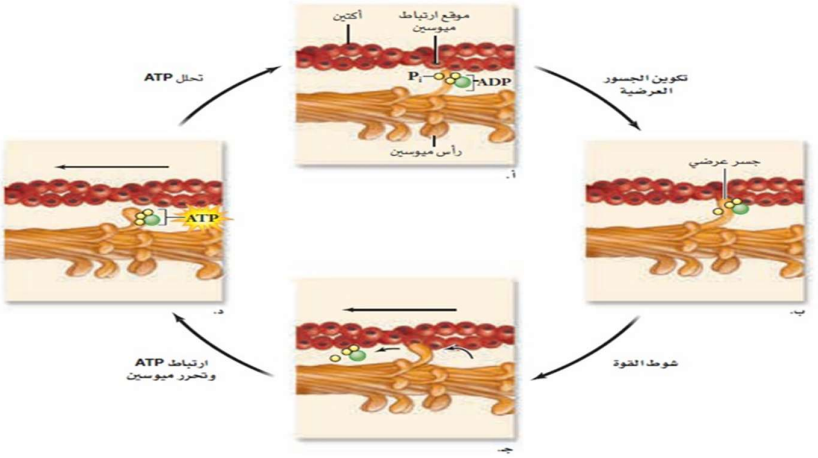
٤. تتكرر الدورة طالما أن العضلة مُحفَّزة.



شكل 15: آلية انقباض الليفات العضلية (نظرية الخيوط المنزلقة)

ج. دور الكالسيوم في التنظيم

- في حالة الراحة، تقوم بروتينات التروبوميوسين والتروبونين الموجودة على خيط الأكتين بحجب مواقع ارتباط الميوسين.
- عند وصول سيال عصبي، يتم إطلاق أيونات الكالسيوم **Ca^{+2}** من الشبكة العضلية البلازمية.
- يرتبط الكالسيوم ببروتين التروبونين، مما يغير شكله ويُزيح التروبوميوسين، كاشفًا بذلك مواقع ارتباط الميوسين، فتبدأ دورة الجسور العرضية ويحدث الانقباض.



دورة الجسر العرضي في انقباض العضلة:

أ. إن تحطم ATP عن طريق ميوسين يُنتج تغيرًا في شكل رأس ميوسين. ويحوله إلى الوضع النشط. ويبقى ADP وP_i ملتصقين برأس ميوسين الذي يستطيع الآن الارتباط بأكتين.

ب. يرتبط ميوسين بأكتين ليشكلا الجسر العرضي.

ج. يعود ميوسين إلى شكله الأصلي خلال شوط القوة، ويطلق ADP و P_i.

د. يرتبط جزيء ATP برأس ميوسين. فيسبب انفكاك الجسر العرضي. يتبعه تحطم ATP ليعيد رأس ميوسين إلى الحالة النشطة لتبدأ الدورة من جديد.

شكل 16: دورة الجسور العرضية في انقباض العضلة

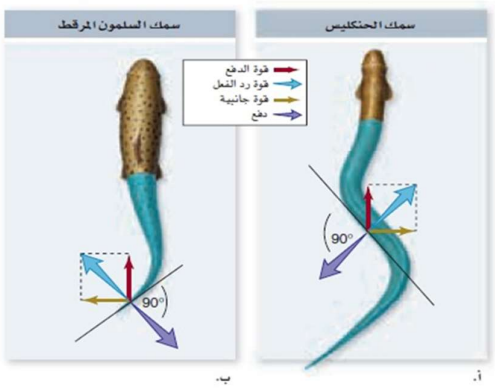
د. أنواع الألياف العضلية

- ألياف بطيئة الومضة (حمراء): غنية بالميتوكوندريا والميوجلوبين، تعتمد على التنفس الهوائي، وتتميز بقدرتها على التحمل ومقاومة التعب.
- ألياف سريعة الومضة (بيضاء): تعتمد على التنفس اللاهوائي والجليكوجين، تنقبض بقوة وتصاب بالتعب

أنماط حركة الحيوان

تتنوع طرق الحركة بتنوع البيئات، ولكن المبادئ الفيزيائية تبقى واحدة.

- الحركة في الماء: التحدي الرئيسي هو الاحتكاك تتغلب عليه الحيوانات بالدفع الهيدروليكي (الحبار)، أو الحركة التموجية للجسم (الأسماك)، أو باستخدام أطرافها كالمجاديف (البط والسلاحف).
- الحركة على اليابسة: التحدي الرئيسي هو الجاذبية. تطورت الأطراف للدعامة والدفع. زيادة عدد الأرجل (في المفصليات) تزيد من الاتزان، ولكنها تحد من السرعة، بينما تسمح الأرجل الأربع (في الفقاريات) بأنماط حركة سريعة كالركض والقفز.
- الطيران: يعتمد على توليد قوة رفع عن طريق دفع الهواء للأسفل بالأجنحة، والاستفادة من فرق الضغط بين سطحي الجناح العلوي والسفلي



شكل 17: آلية الدفع والحركة في الأسماك

الفصل الرابع

الجهاز العصبي

التنظيم الأساسي للجهاز العصبي

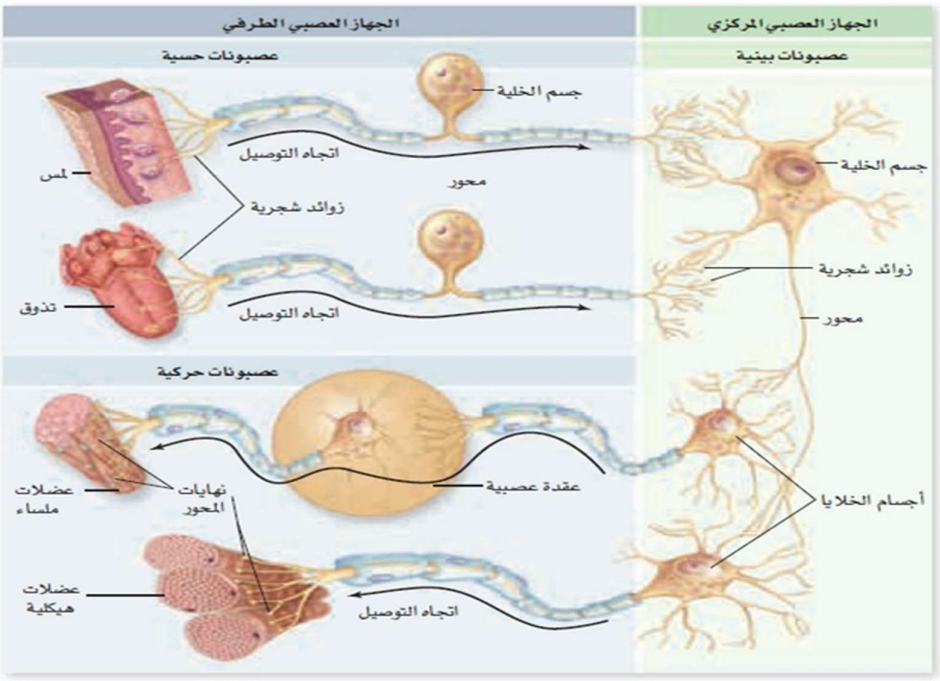
يعمل الجهاز العصبي كنظام اتصال وتحكم سريع، حيث يقوم بجمع المعلومات ومعالجتها وإصدار الأوامر للحفاظ على الاتزان الداخلي والاستجابة للمنبهات. يتكون من وحدات أساسية ووظيفية محددة.

أ. أنواع الخلايا العصبية:

١. الخلايا الحسية (الواردة): تنقل المعلومات من المستقبلات الحسية (مثل الجلد والعين) إلى الجهاز العصبي المركزي.

٢. الخلايا الحركية (الصادرة): تنقل الأوامر من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المستجيبة (العضلات والغدد).

٣. الخلايا البينية (الرابطة): توجد داخل الجهاز العصبي المركزي، وتقوم بمعالجة المعلومات وربط الخلايا العصبية الحسية بالحركية، وهي أساس الوظائف المعقدة كالتعلم والذاكرة.

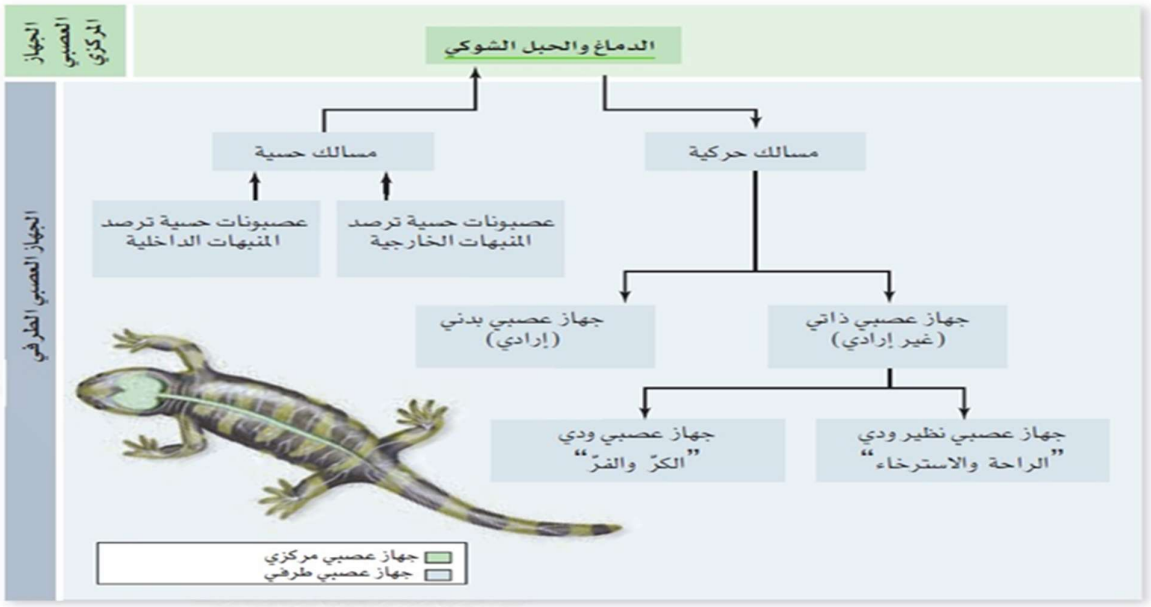


شكل 18: أنواع الخلايا العصبية في الجهاز العصبي المركزي والطرفي

ب. أقسام الجهاز العصبي

- الجهاز العصبي المركزي **Central Nervous System** (**CNS**) مركز التحكم، ويتكون من الدماغ والحبل الشوكي.

- الجهاز العصبي الطرفي **Peripheral Nervous System** (**PNS**) يتكون من الأعصاب والعقد العصبية خارج الجهاز المركزي، ويعمل كشبكة توصيل بينه وبين باقي أجزاء الجسم.



شكل 19: مخطط يوضح تقسيمات الجهاز العصبي المركزي والطرفي ووظائفه

الخلية العصبية (العصبون):

هي الوحدة التركيبية والوظيفية للجهاز العصبي، وتتميز بتركيب فريد يدعم وظيفتها.

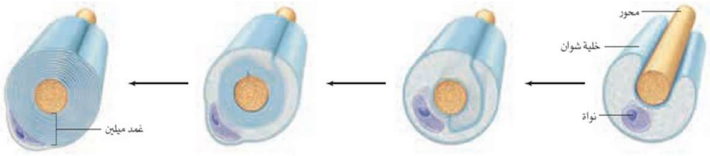
أ. تركيب الخلية العصبية

- جسم الخلية: يحتوي على النواة.
- الزوائد الشجرية (**Dendrites**)امتدادات متفرعة تستقبل الإشارات من الخلايا العصبية الأخرى.
- المحور (**Axon**) امتداد طويل ومفرد ينقل السيال العصبي بعيدًا عن جسم الخلية.

ب. الخلايا الداعمة (الدبق العصبي)

هي خلايا غير عصبية تدعم الخلايا العصبية وتفوقها عددًا.

- الوظيفة: توفر الغذاء، تزيل الفضلات، وتدعم الخلايا العصبية هيكليًا.
- غمد المايلين (**Myelin Sheath**) أهم وظائفها هو تكوين غلاف دهني عازل حول المحاور. تقوم به خلايا شوان في الجهاز الطرفي، وخلايا الدبق قليلة الزوائد في الجهاز المركزي. هذا الغلاف يزيد من سرعة نقل السيال العصبي بشكل كبير.
- عُقد رانفييه: هي فجوات غير معزولة على طول المحور المايليني، "يقفز" السيال العصبي بينها في عملية تُعرف بـالنقل الوثبي.



شكل 20: تكوين غمد المايلين حول المحور العصبي

السيال العصبي: لغة الجهاز العصبي

تتواصل الخلايا العصبية عبر إشارات كهربائية تنتج عن حركة الأيونات عبر غشائها البلازمي.

أ. جهد الراحة (Resting Potential)

عندما تكون الخلية العصبية غير محفزة، تحافظ على فرق جهد كهربائي عبر غشائها يبلغ حوالي -70 mV، حيث يكون داخل الخلية سالبًا مقارنة بخارجها. ينشأ هذا الجهد بسبب:

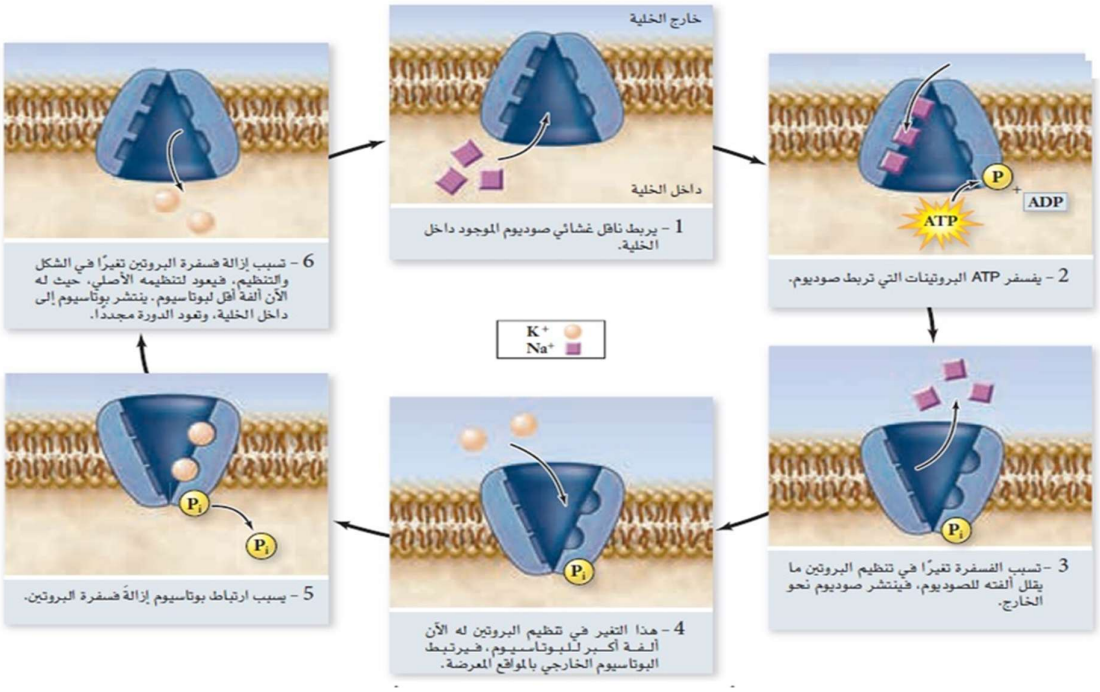
١. مضخة الصوديوم-البوتاسيوم: تضخ ٣ أيونات صوديوم Na^+ للخارج مقابل أيوني بوتاسيوم K^+ للداخل.
٢. قنوات التسريب: وجود عدد كبير من قنوات تسريب البوتاسيوم المفتوحة دائمًا، مما يسمح بخروج شحنات موجبة من الخلية.

ب. جهد الفعل (Action Potential)

هو التغير السريع والمؤقت في جهد الغشاء الذي يشكل السيال العصبي. وهو حدث من نوع "الكل أو العدم".

١. إزالة الاستقطاب (الطور الصاعد): عند وصول منبه كافٍ إلى عتبة التنبيه (حوالي -55 mV)، تُفتح قنوات الصوديوم المبوبة بفرق الجهد، فيتدفق Na+ إلى داخل الخلية، مما يعكس الشحنة لتصبح موجبة.
٢. إعادة الاستقطاب (الطور الهابط): تُغلق قنوات الصوديوم وتُفتح قنوات البوتاسيوم المبوبة بفرق الجهد، فيتدفق K+ إلى خارج الخلية، ليعود الجهد إلى السالب.

٣. ينتشر جهد الفعل كنقطة إثارة متجددة على طول المحور حتى نهايته.

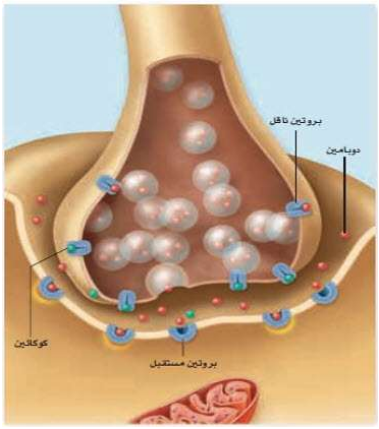


شكل 21: آلية عمل مضخة الصوديوم والبوتاسيوم في غشاء الخلية

التشابك العصبي: نقطة الاتصال

هو منطقة الاتصال بين خلية عصبية وأخرى، أو بين خلية عصبية وخلية مستجيبة (عضلية أو غدية).

- التشابك الكهربائي: نادر في الفقاريات، يتم فيه نقل الإشارة مباشرة عبر مفاصل فجوية.
- التشابك الكيميائي: هو السائد، يتم فيه تحويل الإشارة الكهربائية إلى إشارة كيميائية.



شكل 22: تركيب منطقة التشابك العصبي

آلية التشابك الكيميائي:

١. وصول جهد الفعل إلى نهاية المحور.

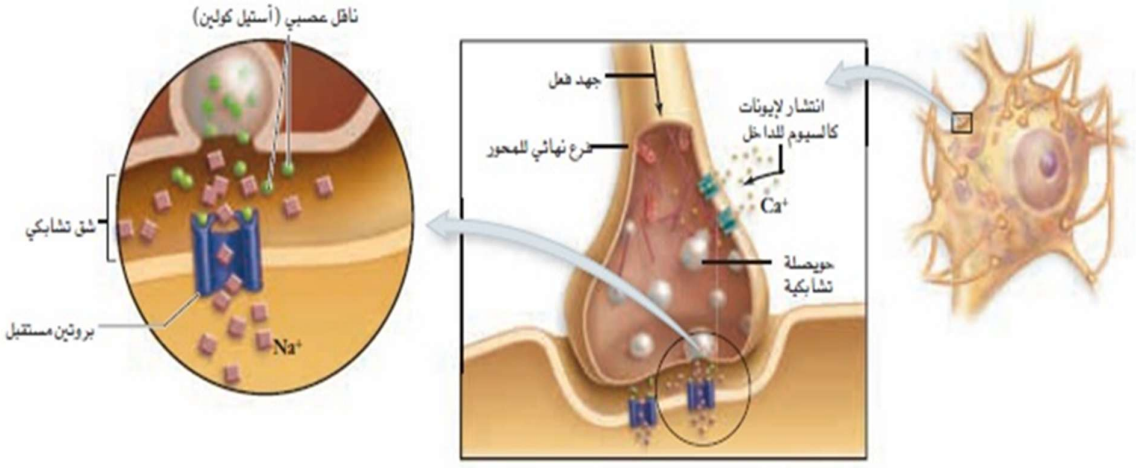
٢. فتح قنوات الكالسيوم (Ca^{+2}) المبوبة بفرق الجهد، مما يسمح بدخول الكالسيوم.

٣. يحفز الكالسيوم الحويصلات التشابكية على الاندماج مع الغشاء وتحرير النواقل العصبية في الشق التشابكي.

٤. ترتبط النواقل العصبية بمستقبلات على غشاء الخلية بعد التشابكية، مما يسبب استجابة فيها (إما تهييج أو تثبيط).

التكامل التشابكي

يتلقى العصبون الواحد آلاف الإشارات المهيجة والمثبطة في نفس الوقت. ويقوم بدمجها (التجميع المكاني والزماني)، فإذا وصل مجموع هذه الإشارات إلى عتبة التنبيه، يُطلق العصبون جهد فعل.



شكل 23: آلية انتقال السيال العصبي عبر التشابك العصبي

الجهاز العصبي المركزي (الدماغ والحبل الشوكي)

أ. الدماغ

مركز معالجة المعلومات والتحكم الأعلى. تطور بشكل كبير في الفقاريات، خاصة الدماغ الأمامي الذي أصبح مهيمنًا.

- المخ (**Cerebrum**) أكبر أجزاء دماغ الإنسان، ومسؤول عن الوظائف العليا. سطحه الخارجي (قشرة المخ) هو موقع الوعي، التفكير، اللغة، والذاكرة.
- المخيخ (**Cerebellum**) ينسق الحركات الإرادية والتوازن.
- جذع الدماغ: ينظم الوظائف الحيوية الأساسية كالتنفس ومعدل ضربات القلب.

ب. الحبل الشوكي

يمتد من الدماغ عبر العمود الفقري.

- الوظيفة: يعمل كطريق سريع لنقل المعلومات بين الدماغ والجسم، كما أنه مركز للتحكم في الأفعال

الانعكاسية (**Reflexes**) السريعة واللاإرادية.

الجهاز العصبي الطرفي

يتكون من الأعصاب التي تربط الجهاز المركزي بباقي الجسم.

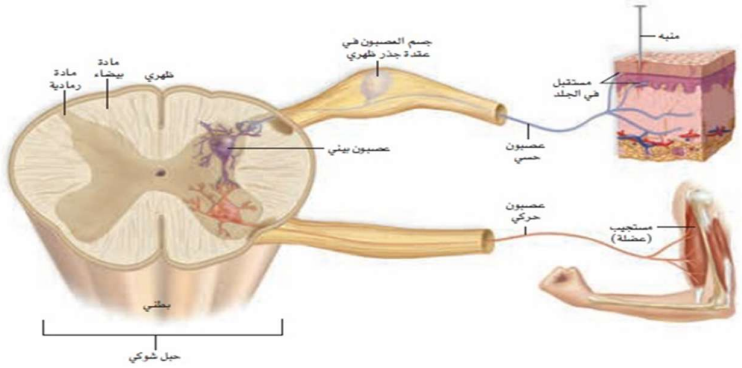
أ. الجهاز العصبي الجسمي (Somatic)

- الوظيفة: يسيطر على الحركات الإرادية للعضلات الهيكلية.

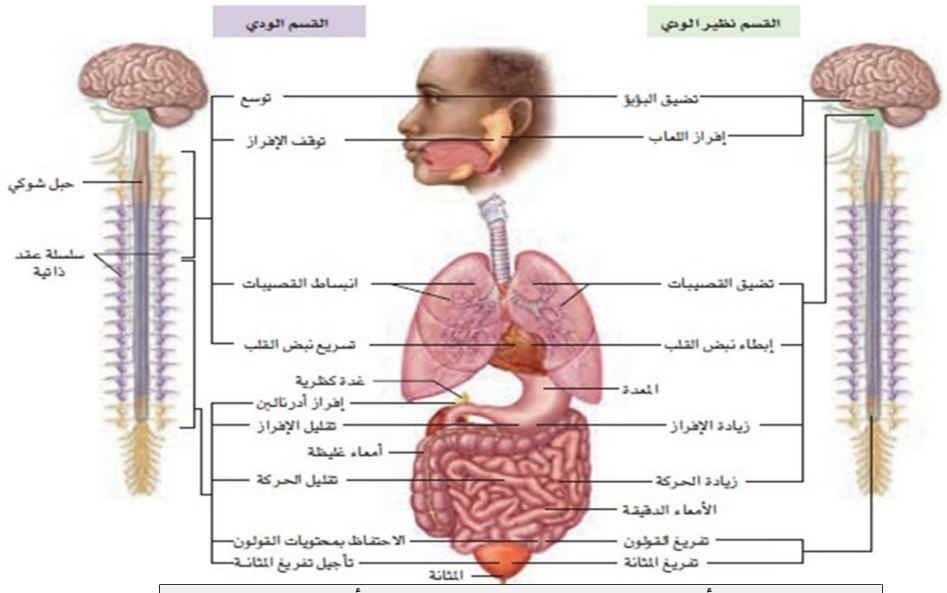
ب. الجهاز العصبي الذاتي (Autonomic)

- الوظيفة: ينظم الوظائف اللاإرادية للأعضاء الداخلية (القلب، الأوعية الدموية، الغدد).
- القسم السمبثاوي (**Sympathetic**) يهيئ الجسم لحالات الطوارئ (استجابة "الكر أو الفر")
- القسم جار السمبثاوي (**Parasympathetic**) يهيمن في حالات الراحة (استجابة "الراحة والهضم").

يعمل القسمان بشكل متعاكس للحفاظ على اتزان الجسم.



شكل 24: تركيب الحبل الشوكي ومسار السيال العصبي بين الجلد والعضلات



شكل 25: تأثير الجهاز العصبي الودي ونظير الودي على أعضاء الجسم

الفصل الخامس

الجهاز الغطائي

نظرة عامة عن الجهاز الغطائي:

يُعرَّف الجهاز الغطائي بأنه الغلاف الخارجي الذي يغطي جسم الكائن الحي ويفصله عن بيئته. يتكون بشكل أساسي من الجلد وملحقاته (الشعر، الأظافر، الغدد) والأغشية المخاطية المبطنة للممرات الداخلية.

وظيفته الأساسية هي العمل كـ خط دفاع مناعي أول، حيث يشكل حاجزًا فيزيائيًا وكيميائيًا يمنع دخول الميكروبات المسببة للأمراض. كما يعتبر الجلد موطنًا لمجتمع من الميكروبات المتعايشة (**Normal flora**) التي تساعد في الحماية من الجراثيم الضارة.

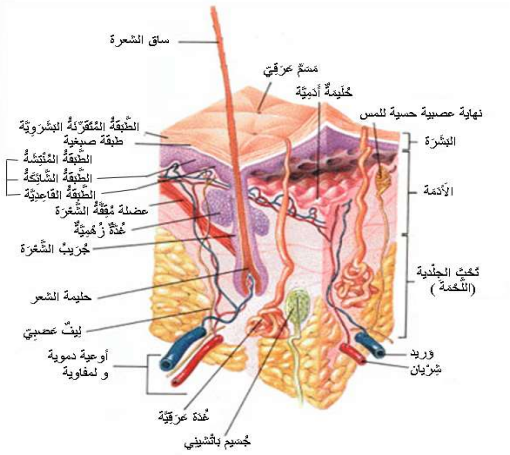
الجلد: التركيب والوظائف

يُعد الجلد أكبر عضو في الجسم من حيث الوزن والمساحة، ويتكون من ثلاث طبقات رئيسية:

- البشرة (**Epidermis**)الطبقة الخارجية الرقيقة، وتتجدد باستمرار. خلاياها السفلية (الطبقة القاعدية) تنقسم وتهاجر للأعلى، وتُنتج بروتين الكيراتين الذي يمنحها الصلابة والمقاومة للماء، ثم تموت وتنسلخ من الطبقة المتقرنة السطحية.
- الأدمة (**Dermis**) طبقة سميكة من النسيج الضام تقع تحت البشرة، وتوفر الدعم الهيكلي. تحتوي على الأوعية الدموية، الأعصاب، بصيلات الشعر، والغدد.
- تحت الأدمة (**Hypodermis**) الطبقة الأعمق، وتتكون بشكل أساسي من نسيج دهني يعمل كعازل حراري وواقٍ من الصدمات.

لجلد الإنسان وظائف حيوية متعددة، أهمها:

- الحماية: من العوامل الفيزيائية، الكيميائية، والأشعة فوق البنفسجية.
- منع فقدان السوائل: يحافظ على رطوبة الجسم ويمنع الجفاف.
- التنظيم الحراري: عن طريق إفراز العرق أو توسيع أو تضييق الأوعية الدموية.
- الإحساس: يحتوي على نهايات عصبية تستشعر اللمس، الضغط، الحرارة، والألم.



شكل 26: التركيب التشريحي لطبقات الجلد وأجزائه

- الإخراج: يخلص الجسم من بعض الفضلات عبر العرق.
- تصنيع فيتامين د: عند التعرض لأشعة الشمس.
- الدور المناعي: يحتوي على خلايا مناعية متخصصة.

ملحقات الجلد:

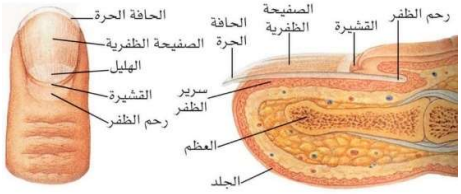
هي تراكيب متخصصة تنشأ من البشرة وتؤدي وظائف إضافية.

أ. الشعر (Hair)

خيوط قرنية صلبة تتكون من جذر مدفون في بصيلة (**Follicle**) داخل الأدمة، وساق يبرز فوق سطح الجلد. تتصل بكل شعرة عضلة ناصبة دقيقة وغدة دهنية.

ب. الأظافر (Nails):

صفائح قرنية صلبة تغطي نهايات الأصابع. تنمو من جذر الظفر وتنزلق فوق سرير الظفر. تُعد المخالب والحوافر في الحيوانات الأخرى تراكيب متحورة ومناظرة للأظافر.



شكل 27: التركيب التشريحي للظفر وأجزائه

ج. غدد الجلد (Skin Glands)

- الغدد الدهنية (**Sebaceous Glands**) تفرز مادة زيتية (الزهم) لترطيب الشعر والجلد. ترتبط عادة ببصيلات الشعر.
- الغدد العرقية العادية (**Eccrine Sweat Glands**) منتشرة في معظم أنحاء جسم الإنسان، وتفرز العرق الذي يتبخر ليبرد الجسم، وهي أساسية في التنظيم الحراري.
- الغدد العرقية القمية:**(Apocrine Sweat Glands)** توجد في مناطق محددة (كالإبطين)، تنشط بعد البلوغ، ويسبب تحلل إفرازها الغني بالمواد العضوية بواسطة البكتيريا رائحة الجسم المميزة.

تنوع الغطاء الخارجي في الحيوانات

يظهر الجهاز الغطائي تنوعًا كبيرًا وتكيفات مختلفة في المملكة الحيوانية.

- الفقاريات: تمتلك الأسماك حراشف وغددًا مخاطية وسامة. والبرمائيات جلدًا رطبًا غنيًا بالغدد يسمح بـالتنفس الجلدي.
- الطيور: يغطي جسمها الريش، وهو حراشف متحورة وخفيفة الوزن توفر العزل وتسمح بالطيران.
- المفصليات: تمتلك هيكلًا خارجيًا صلبًا يتطلب عملية الانسلاخ (**Molting**) الدورية للسماح بالنمو.

سرطان الجلد

هو نمو غير طبيعي لخلايا الجلد، غالبًا ما يحدث بسبب التعرض المفرط للأشعة فوق البنفسجية.

شكل 28: بقع جلدية ذات حدود ولون غير منتظمين

أ. الأنواع الرئيسية:

١. سرطان الخلايا القاعدية والحرشفية: هما الأكثر شيوعًا والأقل خطورة، وينشآن في خلايا البشرة غير الصبغية.

٢. الميلانوما (**Melanoma**) ينشأ من الخلايا الصبغية (الميلانينية)، وهو النوع الأكثر خطورة وقابلية للانتشار.

ب. علامات الخطر (الفرق بين الشامة والسرطان)

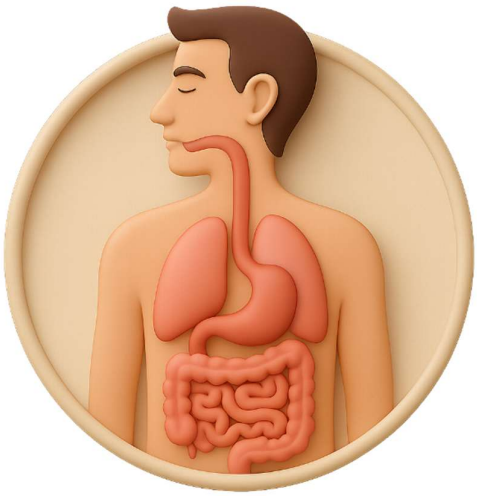
يجب فحص أي شامة (وحمة) تظهر عليها إحدى العلامات التالية:

شكل 29: شامة بارزة على سطح الجلد

- عدم التماثل (**Asymmetry**) نصفها غير متشابهين.
- الحدود (**Border**) حدودها غير منتظمة أو واضحة.
- اللون (**Color**) لونها غير موحد وتحتوي على عدة درجات.
- القطر (**Diameter**) قطرها أكبر من ٦ ملم.
- التطور (**Evolving**) يتغير حجمها أو شكلها أو لونها مع مرور الوقت.

الفصل السادس

الجهاز الهضمي

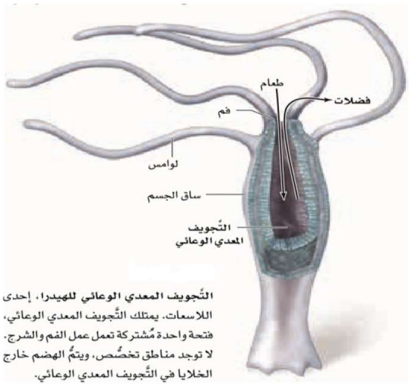


مبادئ الهضم وأنماط التغذية

الهضم هو عملية تحويل جزيئات الطعام الكبيرة والمعقدة إلى وحدات بنائية صغيرة قابلة للامتصاص.

تُصنّف الحيوانات بناءً على مصدر غذائها إلى:

- آكلات الأعشاب (**Herbivores**) تتغذى على النباتات.
- آكلات اللحوم (**Carnivores**) تتغذى على حيوانات أخرى.
- القارتة (**Omnivores**) تتغذى على النباتات والحيوانات.



شكل 30: التركيب التشريحي للهيدرا وآلية التغذية

تتم عملية الهضم إما داخل الخلايا (كما في الإسفنجيات) أو خارج الخلايا في تجويف هضمي، وهو الأسلوب السائد في معظم الحيوانات. ويتخذ الجهاز الهضمي شكلين رئيسيين:

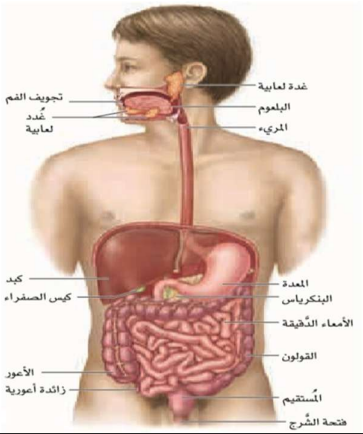
١. التجويف المعوي الوعائي: جهاز هضمي بسيط له فتحة واحدة تعمل كفم وشرج (مثل اللاسعات).
٢. القناة الهضمية: أنبوب متخصص يمتد من الفم إلى الشرج، مما يسمح بتخصص كل منطقة في وظيفة معينة (هضم، امتصاص، تخزين).

رحلة الطعام في جهاز الفقاريات الهضمي

يتكون جهاز الفقاريات الهضمي من قناة أنبوبية وأعضاء مساعدة، وتمر عملية الهضم عبر عدة مراحل متسلسلة.

أ. الفم والأسنان

- الوظيفة: تبدأ عملية الهضم هنا بالتقطيع والطحن الميكانيكي للطعام بواسطة الأسنان (المضغ)، والترطيب والتحليل الكيميائي الأولي للنشويات بواسطة اللعاب الذي يحتوي على إنزيم الأميليز اللعابي.
- تكيف الأسنان: يعكس شكل الأسنان طبيعة الغذاء؛ فآكلات اللحوم لها أنياب حادة للتمزيق، وآكلات الأعشاب لها أضراس مسطحة للطحن، بينما يمتلك الإنسان أسنانًا خليطة.
- البلع: عملية مُنسّقة تبدأ إراديًا ثم تصبح لا إرادية، حيث يدفع اللسان الطعام إلى البلعوم، ويقوم لسان المزمار

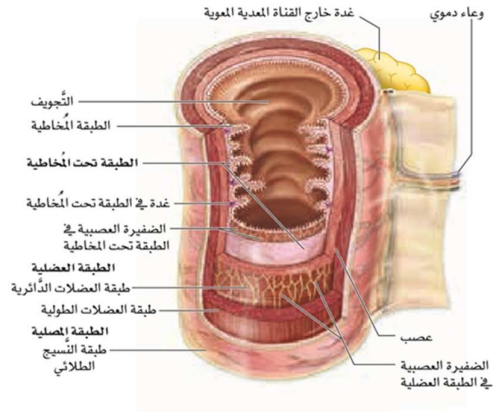


شكل 31: التركيب التشريحي للجهاز الهضمي في جسم الإنسان

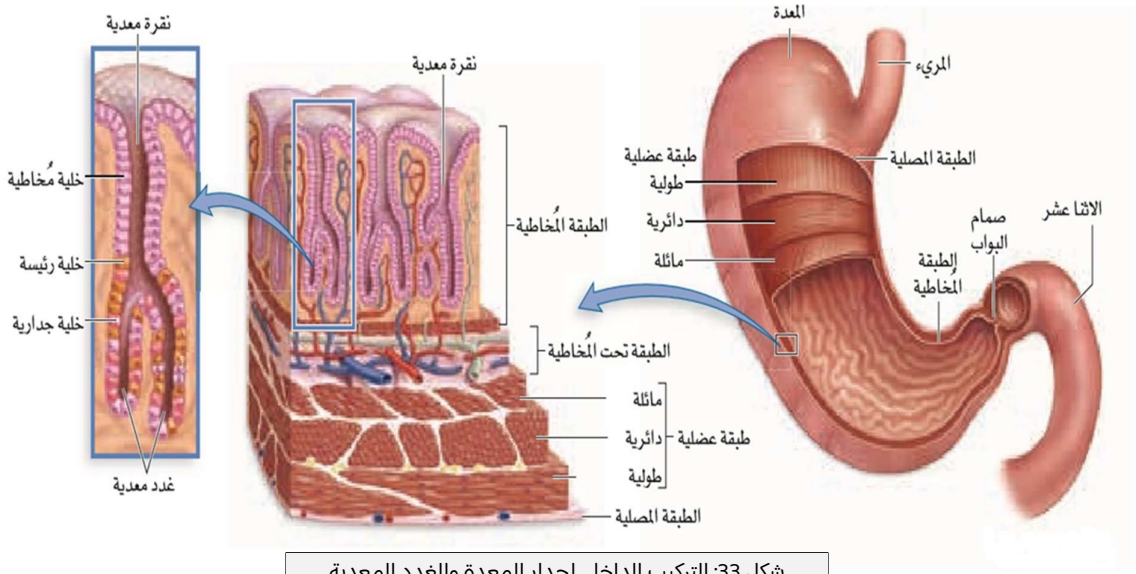
بإغلاق المجرى التنفسي لمنع دخول الطعام إليه.

ب. المريء والمعدة

- المريء (**Esophagus**) أنبوب عضلي ينقل الطعام من البلعوم إلى المعدة عبر موجات من الانقباضات العضلية المنتظمة تُسمى الحركة الدودية **(Peristalsis)**
- المعدة (**Stomach**) كيس عضلي يقوم بتخزين الطعام وخلطه وبدء عملية هضم البروتينات.
  - العصارة المعدية: تحتوي على حمض الهيدروكلوريك (**HCl**) الذي يقتل الميكروبات ويفكك البروتينات، ومولد الببسين (**Pepsinogen**) الذي يتحول في البيئة الحمضية إلى إنزيم الببسين (**Pepsin**) النشط لهضم البروتينات.
  - الكيموس (**Chyme**) هو المزيج شبه السائل من الطعام المهضوم جزئيًا والعصارة المعدية.
  - القرحة المعدية: غالبًا ما ترتبط بالإصابة ببكتيريا *Helicobacter pylori* التي تضعف جدار المعدة.



شكل 32: التركيب التشريحي لجدار القناة المعدية المعوية



شكل 33: التركيب الداخلي لجدار المعدة والغدد المعدية

ج. الأمعاء الدقيقة (Small Intestine)

هي الموقع الرئيسي لإتمام عملية الهضم وامتصاص معظم المواد الغذائية.

- **التركيب**: تتكون من الاثنا عشر ،الصائم، واللفائفي. يتميز جدارها بوجود طيّات ونتوءات إصبعية الشكل

تسمى الخملات (**Villi**)، والتي تغطيها نتوءات أدق تسمى الخملات الدقيقة (**Microvilli**)، مما يزيد من مساحة سطح الامتصاص بشكل هائل (حوالي ٣٠٠ متر مربع في الإنسان).

- **الوظيفة**:

١. إتمام الهضم: تستقبل إفرازات من البنكرياس والكبد، بالإضافة إلى إنزيمات "حافة الفرشاة" الموجودة على الخملات الدقيقة، لإتمام هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون.

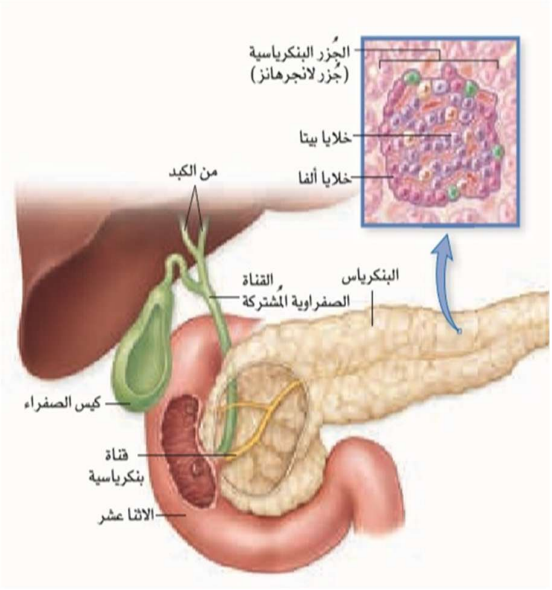
٢. الامتصاص: تُمتص السكريات الأحادية والأحماض الأمينية وتُنقل إلى الدم، بينما تُمتص نواتج هضم الدهون وتُجمع في جزيئات الكيلومايكرونات التي تدخل الجهاز الليمفاوي أولاً.

د. الأمعاء الغليظة (Large Intestine / Colon)

- الوظيفة: هي الجزء الأخير من القناة الهضمية، ووظيفتها الأساسية هي امتصاص الماء والأملاح المتبقية، وتكوين وتخزين البراز (الفضلات).
- بكتيريا القولون: تعيش فيها أعداد هائلة من البكتيريا النافعة التي تقوم بتخمير الألياف غير المهضومة وتنتج فيتامينات ضرورية مثل فيتامين ك.
- الإخراج: يتم التخلص من البراز عبر المستقيم ثم فتحة الشرج، التي يتحكم فيها صمامان (داخلي لا إرادي وخارجي إرادي).

الأعضاء الهضمية المساعدة

هي أعضاء تقع خارج القناة الهضمية ولكنها تفرز مواد أساسية لعملية الهضم.



شكل 34: التركيب التشريحي للبنكرياس

- البنكرياس (**Pancreas**) يفرز عصارة بنكرياسية قلوية تحتوي على إنزيمات هاضمة قوية (مثل التربسين لهضم البروتين، والأميليز للنشا، واللايبيز للدهون)، كما أنه يفرز هرموني الأنسولين والجلوكاجون لتنظيم سكر الدم.
- الكبد (**Liver**) أكبر أعضاء الجسم الداخلية، يقوم بإنتاج العصارة الصفراوية (**Bile**) التي تعمل على استحلاب الدهون (تفتيتها إلى قطرات صغيرة). كما يقوم الكبد بوظائف أيضية حيوية أخرى مثل إزالة السموم وتصنيع بروتينات الدم.
- المرارة (**Gallbladder**) كيس صغير يقوم بتخزين وتركيز العصارة الصفراوية التي ينتجها الكبد.

تكيفات هضمية متخصصة في الفقاريات

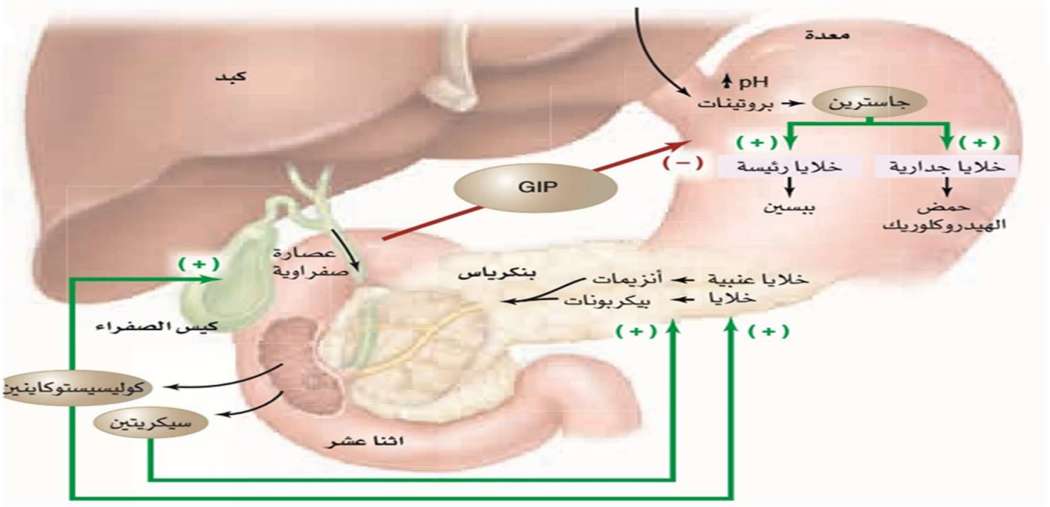
طورت الحيوانات، خاصة آكلات الأعشاب، تكيفات لهضم السليلوز، وهو مكون رئيسي في جدران الخلايا النباتية لا تستطيع معظم الحيوانات هضمه بنفسها.

- المجترات (**Ruminants**) مثل الأبقار، تمتلك معدة معقدة من أربع حجرات (أهمها الكرش). تقوم الميكروبات المتعايشة في الكرش بتخمير السليلوز، ويقوم الحيوان باجترار الطعام (إعادته للفم ومضغه مرة أخرى) لزيادة كفاءة الهضم.
- الهضم في الأعور (**Cecal Digesters**) حيوانات أخرى مثل الأرانب والخيول، لديها كيس متضخم يسمى الأعور عند اتصال الأمعاء الدقيقة بالغليظة، حيث تقوم الميكروبات بتخمير السليلوز. بعض هذه الحيوانات (مثل الأرانب) تمارس سلوك أكل الروث (**Coprophagy**) لتمرير الطعام مرة أخرى عبر القناة الهضمية وامتصاص نواتج التخمر.

تنظيم عملية الهضم

تخضع عملية الهضم لتنظيم دقيق من الجهازين العصبي والهرموني.

- التنظيم العصبي: رؤية الطعام أو شمه أو تذوقه تحفز إفراز اللعاب والعصارات المعدية.
- التنظيم الهرموني:
  - جاسترين (**Gastrin**) يُفرز من المعدة ويحفز إفراز حمض الهيدروكلوريك.
  - سكرتين (**Secretin**) وكوليسيستوكاينين (**CCK**) يُفرزان من الاثنا عشر عند وصول الكيموس الحمضي والدهني، ويعملان على تثبيط نشاط المعدة وتحفيز إفرازات البنكرياس والمرارة.



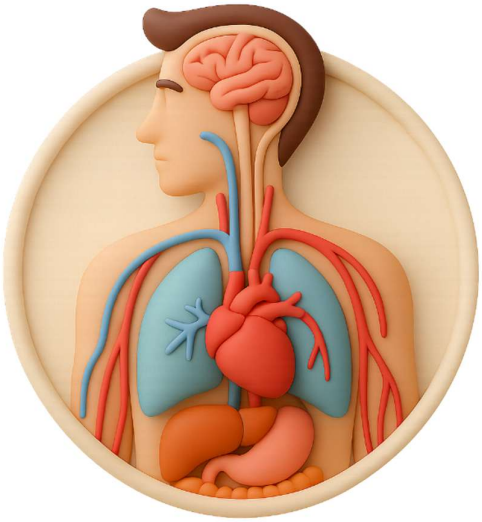
التغذية والطاقة

يوفر الطعام للجسم الطاقة اللازمة للأنشطة الحيوية (تُقاس بالكيلو سعر) والمواد الغذائية الأساسية التي لا يستطيع تصنيعها.

- توازن الطاقة: عندما يزيد مدخول الطاقة عن مصروفها، يتم تخزين الفائض على شكل دهون.
- تنظيم الشهية: يتحكم فيه مركز في تحت المهاد بالدماغ، ويتأثر بإشارات هرمونية متعددة مثل الجريلين (محفز للجوع) واللبتين والأنسولين (مثبطات للشهية).
- المواد الغذائية الأساسية تشمل الأحماض الأمينية الأساسية، الأحماض الدهنية ، الفيتامينات، والمعادن

الفصل السابع

الجهازين الدوري والتنفسي



الجهاز الدوري: نظام النقل الداخلي

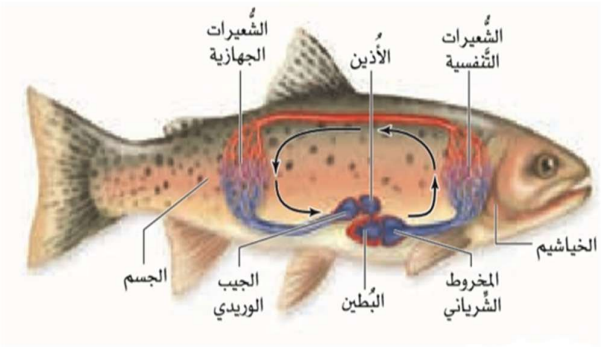
الجهاز الدوري هو شبكة النقل المسؤولة عن توزيع الأكسجين والمواد الغذائية والهرمونات، وإزالة الفضلات من خلايا الجسم. يتدرج تعقيده من الكائنات البسيطة إلى الفقاريات المعقدة في التركيب .

أ. أجهزة الدوران في اللافقاريات

- بلا جهاز حقيقي: تعتمد الكائنات البسيطة (الإسفنجيات واللاسعات) على حركة الماء من البيئة المحيطة عبر تجاويف أجسامها لنقل المواد.
- الجهاز الدوري المفتوح: يوجد في معظم مفصليات الأرجل والرخويات. يتم فيه ضخ سائل يسمى اللمف الدموي (**Hemolymph**)من القلب إلى تجاويف الجسم، حيث يغمر الأنسجة مباشرة قبل أن يعود إلى القلب.
- الجهاز الدوري المغلق: يوجد في الديدان الحلقية ورأسيات الأرجل. يكون فيه الدم محصورًا دائمًا داخل شبكة من الأوعية الدموية، مما يسمح بضخ أسرع وأكثر كفاءة.

ب. الدورة الدموية في الفقاريات

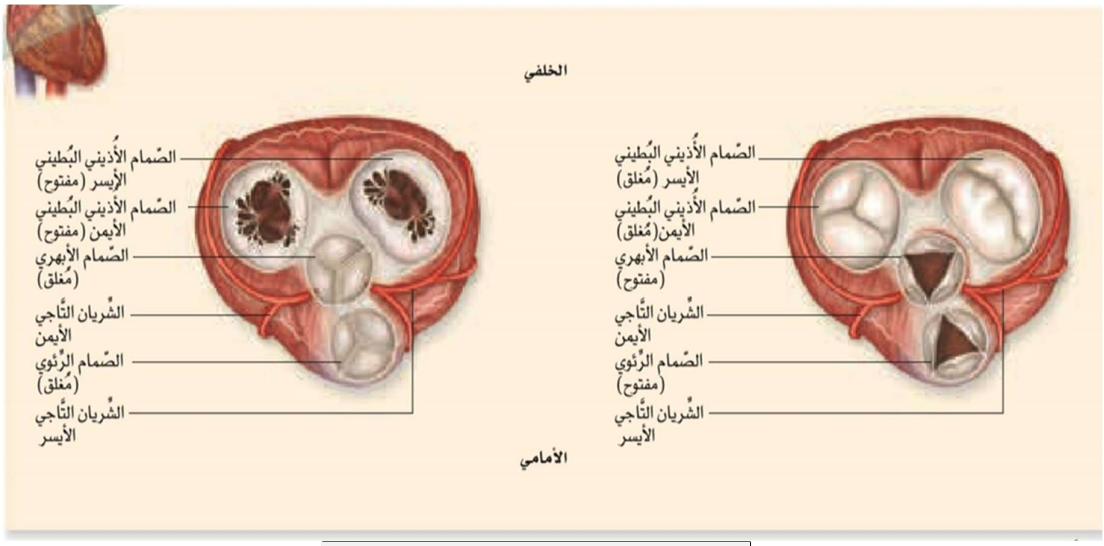
- الأسماك: تمتلك قلبًا بسيطًا من حجرتين (أذين وبطين) ودورة دموية واحدة. يضخ القلب الدم إلى الخياشيم (حيث يتم تزويده بالأكسجين) ثم إلى باقي الجسم، قبل أن يعود إلى القلب. من عيوب هذا النظام انخفاض ضغط الدم بعد مروره بالخياشيم.



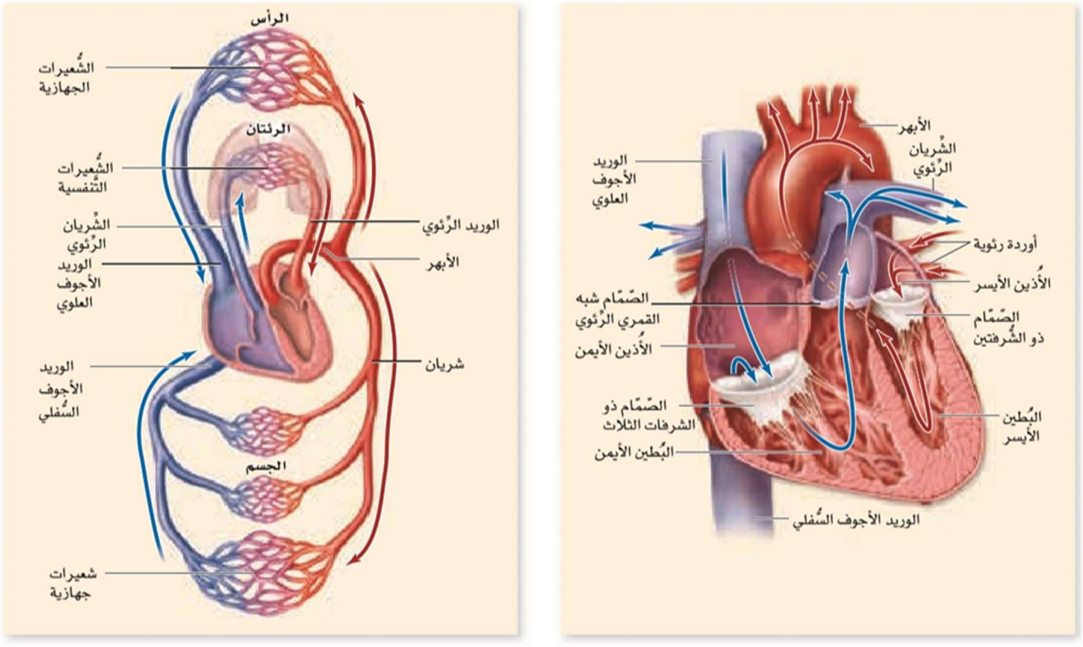
شكل 35: الدورة الدموية في الأسماك

- البرمائيات والزواحف: تمتلك دورة دموية مزدوجة (رئوية وجهازية) وقلبًا من ثلاث حجرات (أذينان وبطين واحد). يسمح هذا بفصل جزئي للدم المؤكسج وغير المؤكسج، مما يوفر ضغطًا أعلى للدم الذاهب إلى الجسم.

- الثدييات والطيور والتماسيح: تمتلك النظام الأكثر كفاءة، وهو قلب من أربع حجرات (أذينان وبطينان منفصلان). هذا الفصل التام يمنع اختلاط الدم المؤكسج وغير المؤكسج، ويدعم معدلات الأيض العالية اللازمة للحفاظ على حرارة الجسم.



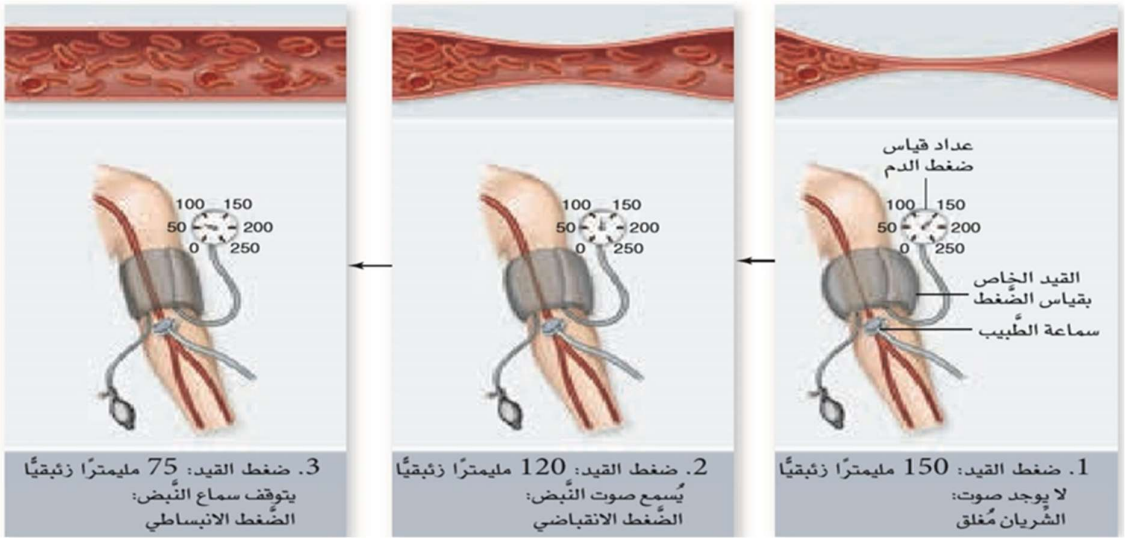
شكل ٣٦: الصمامات القلبية في وضعي الفتح والإغلاق



شكل ٣٧: مخطط الدورة الدموية في جسم الإنسان وآلية تدفق الدم في القلب

ج. القلب والأوعية الدموية في الثدييات

- الدورة القلبية (**Cardiac Cycle**) هي تسلسل الانقباض (**Systole**) والانبساط (**Diastole**) لحجرات

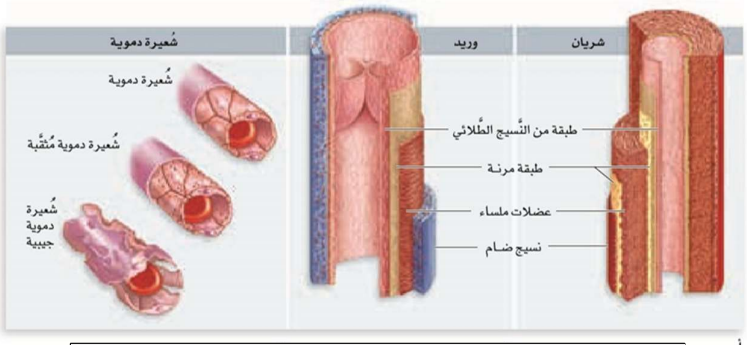


شكل ٣٨: خطوات قياس ضغط الدم باستخدام جهاز قياس الضغط وسماعة الطبيب

- القلب، والذي يشكل النبضة القلبية. أصوات القلب ("lub-dub") تنتج عن إغلاق صمامات القلب التي تضمن تدفق الدم في اتجاه واحد.

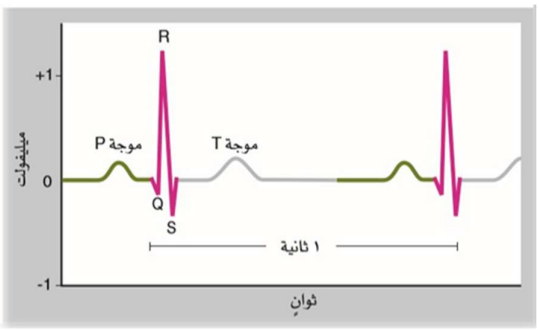
الأوعية الدموية:

- الشرايين (**Arteries**) تنقل الدم من القلب، وتتميز بجدرانها السميكة والمرنة لتحمل الضغط العالي.
- الأوردة (**Veins**) تعيد الدم إلى القلب، وتحتوي على صمامات لمنع رجوع الدم.
- الشعيرات الدموية (**Capillaries**) شبكة واسعة من الأوعية الدقيقة ذات الجدار الرقيق، وهي الموقع الذي يتم فيه تبادل المواد بين الدم والأنسجة.

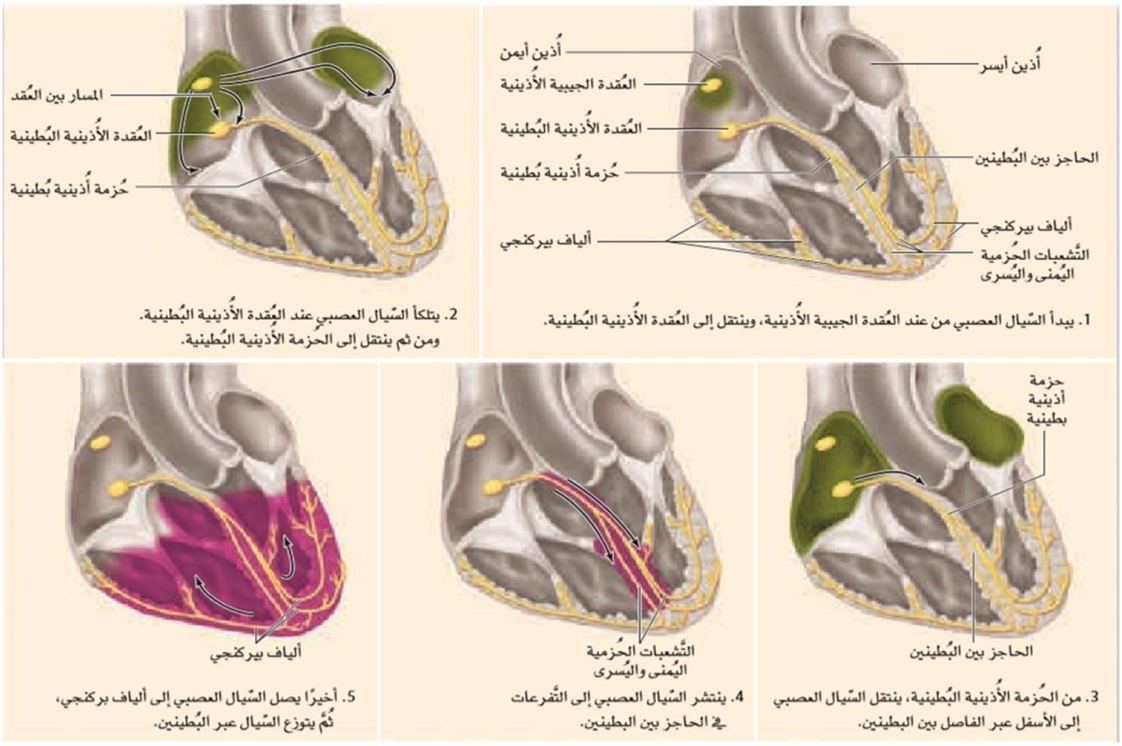


شكل ٣٩: تركيب الأوعية الدموية: الشرايين، الأوردة، والشعيرات الدموية

- تنظيم ضربات القلب وضغط الدم:
  - ينشأ النبض ذاتيًا من خلايا متخصصة في العقدة الجيبية الأذينية (**SA node**)التي تعمل كمنظم لضربات القلب الطبيعي.
  - يتم تعديل سرعة وقوة النبض بواسطة الجهاز العصبي الذاتي.
  - يتم الحفاظ على ضغط الدم عبر آلية تغذية راجعة سلبية تسمى منعكس مستقبلات الضغط (**Baroreceptor reflex**)، بالإضافة إلى هرمونات تنظم حجم الدم.



شكل ٤٠: مخطط رسم القلب الكهربائي (ECG) يوضح موجات P-QRS-T

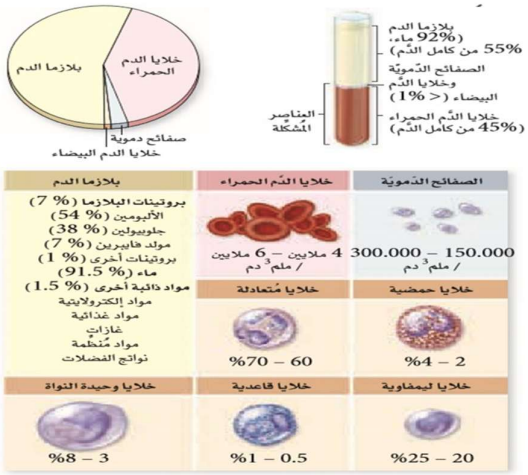


شكل ٤١: مسار انتقال السيال العصبي في القلب عبر العقد والألياف العصبية

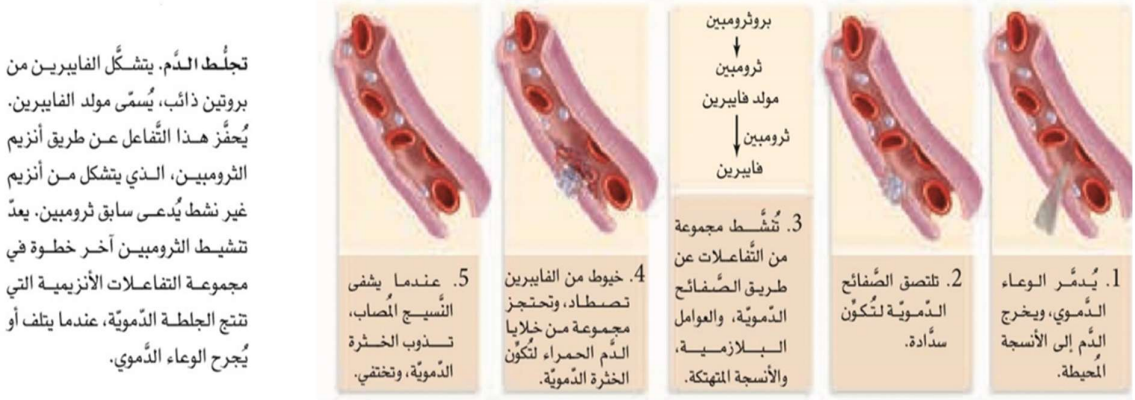
د. مكونات الدم والجهاز اللمفاوي:

- الدم: نسيج ضام سائل يتكون من:

- البلازما: السائل الذي تسبح فيه المكونات الأخرى.
- خلايا الدم الحمراء: تحتوي على الهيموجلوبين لنقل الأكسجين.
- خلايا الدم البيضاء: جزء من جهاز المناعة.
- الصفائح الدموية: أجزاء خلوية ضرورية لعملية تخثر الدم.
- الجهاز اللمفاوي: شبكة مفتوحة من الأوعية تعيد السائل الزائد والبروتينات من الأنسجة إلى الدورة الدموية، وتلعب دورًا حيويًا في المناعة.



شكل ٤٢: مكونات الدم



تجلُّط الدَّم. يتشكَّل الفايبرين من بروتين ذائب، يُسمَّى مولد الفايبرين. يُحفِّز هذا التَّفاعل عن طريق أنزيم الثرومبين، الذي يتشكل من أنزيم غير نشط يُدعى سابق ثرومبين. يعدّ تنشيط الثرومبين آخر خطوة في مجموعة التفاعلات الأنزيمية التي تنتج الجلطة الدَّمويّة، عندما يتلف أو يُجرح الوعاء الدَّموي.

شكل ٤٣: مراحل تخثر الدم وتكوين الجلطة الدموية لإيقاف النزيف

الجهاز التنفسي: نظام تبادل الغازات

يعمل الجهاز التنفسي بالتنسيق مع الجهاز الدوري لتزويد الجسم بالأكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون.

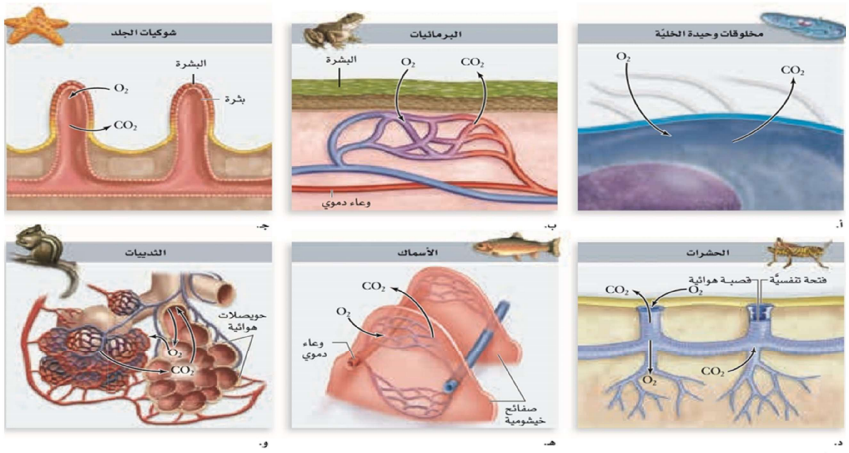
أ. مبادئ تبادل الغازات

تتم عملية تبادل الغازات عن طريق الانتشار (**Diffusion**)عبر السطوح التنفسية الرطبة. ووفقًا لقانون فيك، تزداد كفاءة الانتشار بـ:

١. زيادة مساحة السطح التنفسي.
٢. تقليل مسافة الانتشار.
٣. زيادة فرق الضغط الجزئي للغازات عبر السطح.

ب. تنوع الأعضاء التنفسية

- الخياشيم (**Gills**) تراكيب متخصصة للتنفس في الماء. تتميز خياشيم الأسماك بكفاءتها العالية جدًا بفضل آلية تدفق التيار المتعاكس (**Countercurrent Flow**)، حيث يسير الدم في اتجاه معاكس لاتجاه الماء، مما يزيد من استخلاص الأكسجين.
- نظام القصبات الهوائية (**Tracheal System**) شبكة من الأنابيب المتفرعة في الحشرات، توصل الهواء مباشرة إلى خلايا الجسم.
- الرئات (**Lungs**) أكياس داخلية للتنفس في الهواء، وهي تكيف يقلل من فقدان الماء.



شكل ٤٤: آليات تبادل الغازات في الكائنات الحية المختلفة

ج. الجهاز التنفسي في الثدييات والطيور

- الثدييات: يتكون مسار الهواء من القصبة الهوائية التي تتفرع إلى شعيبات تنتهي بملايين الأكياس الهوائية الدقيقة المسماة الحويصلات الهوائية (**Alveoli**)، حيث يتم تبادل الغازات مع الدم. تتم عملية التنفس عبر آلية الضغط السالب التي يولدها انقباض الحجاب الحاجز والعضلات بين الضلعية.
- الطيور: تمتلك الجهاز التنفسي الأكثر كفاءة بين الفقاريات البرية، حيث يسمح نظام التدفق أحادي الاتجاه للهواء عبر الرئتين والأكياس الهوائية بعدم اختلاط الهواء النقي بالهواء القديم.

د. نقل الغازات في الدم:

يُعد الدم الوسيط الذي يربط بين الرئتين وأنسجة الجسم.

- نقل الأكسجين: يُنقل حوالي ٩٨٪ من الأكسجين مرتبطًا ببروتين الهيموجلوبين الموجود داخل خلايا الدم الحمراء.
- نقل ثاني أكسيد الكربون: يُنقل بثلاث طرق: نسبة قليلة ذائبة في البلازما، ونسبة ترتبط بالهيموجلوبين، أما

النسبة الأكبر (حوالي ٧٠٪) فتُحول داخل خلايا الدم الحمراء إلى أيونات البيكربونات **(HCO_3^-)** التي تنتقل في البلازما.

التنفس القسري:

التنفس القسري هو نوع من أنواع التنفس يتم فيه استخدام العضلات الإرادية للمساعدة في إدخال أو إخراج الهواء من الرئتين، ويحدث عادة عندما يحتاج الجسم إلى كمية أكبر من الأكسجين أو للتخلص من ثاني أكسيد الكربون بسرعة، كما يحدث أثناء التمارين الشديدة أو في حالات مرضية معينة.

أنواع التنفس القسري:

الشهيق القسري (Forced Inspiration):

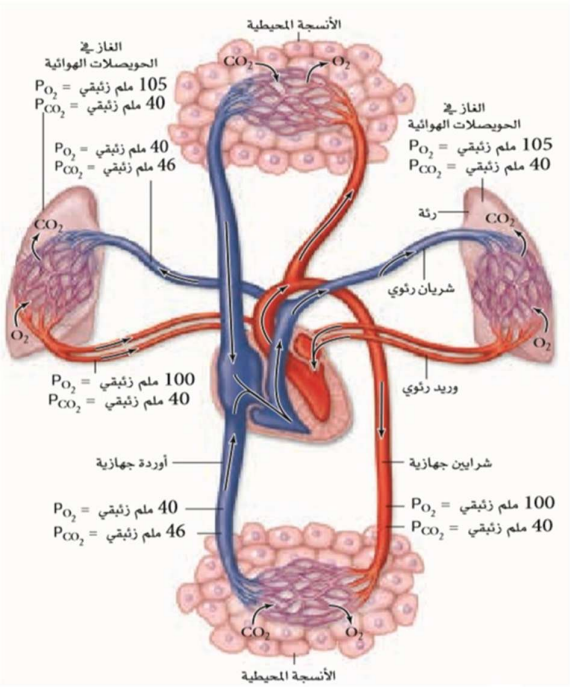
يتم استخدام عضلات إضافية مثل عضلات الرقبة (العضلة القصية الترقوية الخشائية) وعضلات الظهر العلوية لزيادة توسع القفص الصدري.

يساعد على إدخال كمية أكبر من الهواء إلى الرئتين.

الزفير القسري (Forced Expiration):

يتم استخدام عضلات البطن والعضلات الوربية الداخلية لدفع الهواء خارج الرئتين بقوة.

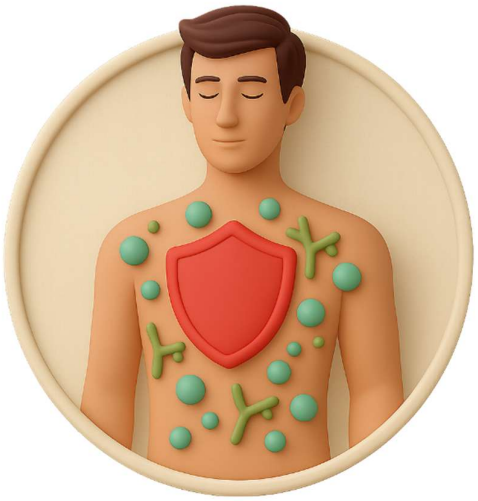
يحدث غالبًا عند السعال أو النفخ أو أثناء التمارين المكثفة.



شكل ٤٥: تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية والأنسجة عبر الدورة الدموية

الفصل الثامن

الجهاز المناعي



نظرة عامة: خطوط الدفاع الثلاثة

تمتلك الفقاريات نظام دفاع متعدد المستويات لحماية الجسم من مسببات الأمراض (Pathogens). يمكن تقسيم هذا النظام إلى ثلاثة خطوط دفاع رئيسية:

١. خط الدفاع الأول (الحواجز الفيزيائية والكيميائية): يمثله الجهاز الغطائي (الجلد والأغشية المخاطية) الذي يمنع دخول الميكروبات من الأساس.
٢. خط الدفاع الثاني (المناعة الفطرية/اللانوعية): استجابة سريعة وعامة تبدأ عند اختراق خط الدفاع الأول، وتشمل خلايا وبروتينات متخصصة تهاجم أي جسم غريب.
٣. خط الدفاع الثالث (المناعة التكيفية/النوعية): استجابة متخصصة ودقيقة تتعرف على مسبب مرض معين وتقضي عليه، وتتميز بتكوين "ذاكرة" مناعية طويلة الأمد.

خط الدفاع الأول: الحواجز الفيزيائية والكيميائية

هذا الخط هو حاجز وقائي يمنع دخول الغزاة إلى الجسم.

- الجلد (**Skin**) أكبر أعضاء الجسم، يشكل حاجزًا ماديًا غير منفذ. كما أنه يفرز العرق والدهون التي تجعل سطحه حمضيًا (pH 3-5)، مما يثبط نمو العديد من الميكروبات. يحتوي العرق أيضًا على إنزيم الليسوزايم الذي يدمر جدران الخلايا البكتيرية.
- الأغشية المخاطية (**Mucous Membranes**) تبطن الممرات الهضمية والتنفسية والبولي-تناسلية. تفرز هذه الأغشية مخاطًا لزجًا يحاصر الميكروبات، والتي يتم التخلص منها بعد ذلك عبر آليات مختلفة:
  - الجهاز التنفسي: تدفع الأهداب المخاط إلى الأعلى ليتم ابتلاعه وهضمه في المعدة.
  - الجهاز الهضمي: يقضي حمض المعدة القوي على معظم الميكروبات التي تصل إليه.
  - الجهاز البولي-التناسلي: تساعد الإفرازات الحمضية وتدفق البول المستمر على منع نمو الميكروبات.

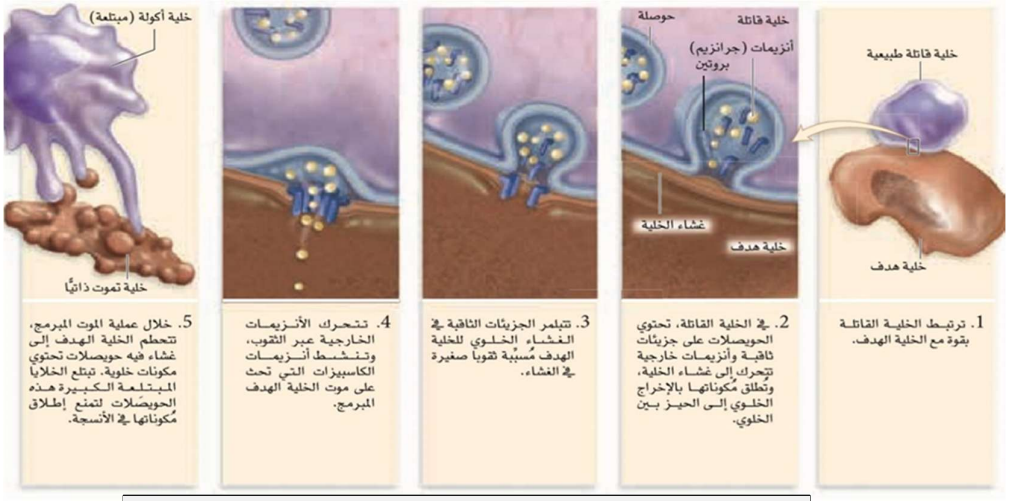
خط الدفاع الثاني: المناعة الفطرية (اللانوعية)

عندما يتم اختراق خط الدفاع الأول، تبدأ استجابة فورية وغير متخصصة.

أ. الخلايا المناعية الفطرية

- الخلايا المبتلعة الكبيرة (**Macrophages**)خلايا أكولة كبيرة تجوب الأنسجة وتبتلع وتهضم أي أجسام غريبة تصادفها، من بكتيريا وفيروسات إلى حطام الخلايا الميتة.

- الخلايا المتعادلة (**Neutrophils**) أكثر خلايا الدم البيضاء عددًا، وهي أول من يصل إلى موقع العدوى، وتقوم بابتلاع مسببات الأمراض بكفاءة عالية.
- الخلايا القاتلة الطبيعية (**Natural Killer - NK Cells**) لا تهاجم الميكروبات مباشرة، بل تتخصص في التعرف على خلايا الجسم المصابة بالفيروسات أو الخلايا السرطانية وقتلها عن طريق حثها على الموت المبرمج للخلية (**Apoptosis**)



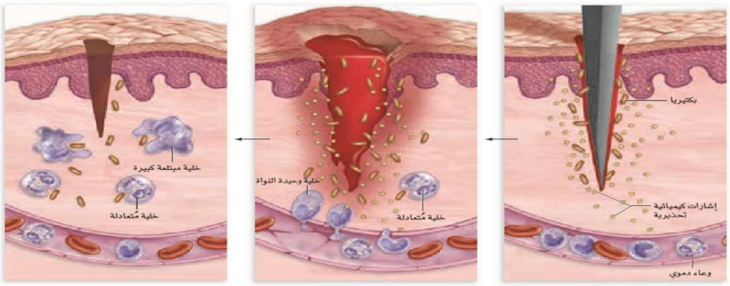
شكل ٤٦: آلية عمل الخلايا القاتلة الطبيعية في الدفاع المناعي ضد الخلايا المستهدفة

ب. الاستجابة الالتهابية (The Inflammatory Response)

هي استجابة موضعية للإصابة أو العدوى، وتتميز بأربعة أعراض رئيسية: الاحمرار، الحرارة، التورم، والألم. تحدث نتيجة إفراز مواد كيميائية (مثل الهيستامين) من الخلايا المصابة، مما يسبب توسع الأوعية الدموية وزيادة نفاذيتها، وبالتالي تدفق خلايا المناعة إلى المنطقة المصابة.

ج. الحمى (Fever)

هي استجابة جهازية (عامة) ترفع درجة حرارة الجسم. تُحفز الحمى بواسطة السيتوكينات (مثل الإنترلوكين-١) التي تفرزها الخلايا المبتلعة، وتساعد في تثبيط نمو الميكروبات وزيادة نشاط خلايا المناعة.



شكل ٤٧: استجابة الجهاز المناعي الفطري عند حدوث جرح ودخول البكتيريا

د. البروتينات المضادة للميكروبات

- نظام البروتينات المُتممة (**Complement System**) مجموعة من حوالي ٣٠ بروتينًا في بلازما الدم، عند تنشيطها، يمكنها أن تحدث ثقوبًا في أغشية الميكروبات (مما يؤدي إلى موتها) أو تقوم بـ"وسمها" لتسهيل ابتلاعها.
- الإنترفيرونات (**Interferons**) بروتينات تُفرزها الخلايا المصابة بالفيروسات، وتعمل كإشارة تحذير للخلايا المجاورة لتحفيز دفاعاتها ضد الفيروس ومنع تكاثره.

خط الدفاع الثالث: المناعة التكيفية (النوعية)

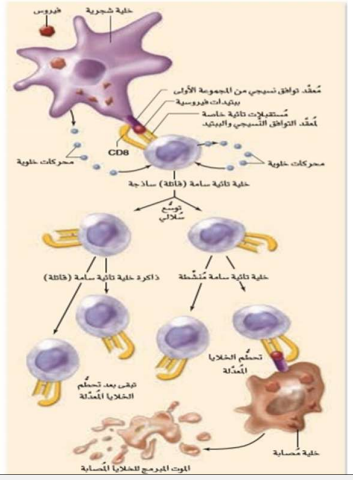
هي استجابة متطورة للغاية تتميز بأربع صفات رئيسية: النوعية، التنوع، الذاكرة، والقدرة على التمييز بين الذات والغريب.

أ. أساسيات الاستجابة التكيفية

- مولد الضد (**Antigen**) أي جزيء (عادة بروتين) يمكنه إثارة استجابة مناعية نوعية.
- الخلايا اللمفاوية (**Lymphocytes**) هي الخلايا المحورية في هذه الاستجابة، وتنقسم إلى نوعين رئيسيين:
  - الخلايا البائية (**B Cells**) مسؤولة عن المناعة السائلة (**Humoral Immunity**)
  - الخلايا التائية (**T Cells**) مسؤولة عن المناعة الخلوية (**Cell-Mediated Immunity**)

ب. المناعة الخلوية (دور الخلايا التائية)

تستهدف هذه المناعة خلايا الجسم المصابة.



شكل ٤٨: آلية عمل الخلايا التائية السامة (CD8) في الاستجابة المناعية الخلوية

- معقد التوافق النسيجي (**MHC**) بروتينات على سطح خلايا الجسم تقوم بـ"عرض" قطع من البروتينات الداخلية (مولدات الضد) للخلايا التائية.
- الخلايا التائية المساعدة **Helper T Cells - CD4** هي "قادة" الجهاز المناعي. يتم تنشيطها عندما تتعرف على مولد ضد معروض على خلية "مُشهِرة لمولد الضد" (مثل خلية مبتلعة)، فتقوم بإفراز السيتوكينات التي تنظم وتنشط جميع خلايا المناعة الأخرى.
- الخلايا التائية السامة **Cytotoxic T Cells - CD8** هي

"الجنود". تتعرف على خلايا الجسم المصابة بالفيروسات أو الخلايا السرطانية التي تعرض مولدات ضد غريبة على سطحها، وتقوم بقتلها مباشرة.

ج. المناعة السائلة (دور الخلايا البائية والأجسام المضادة)

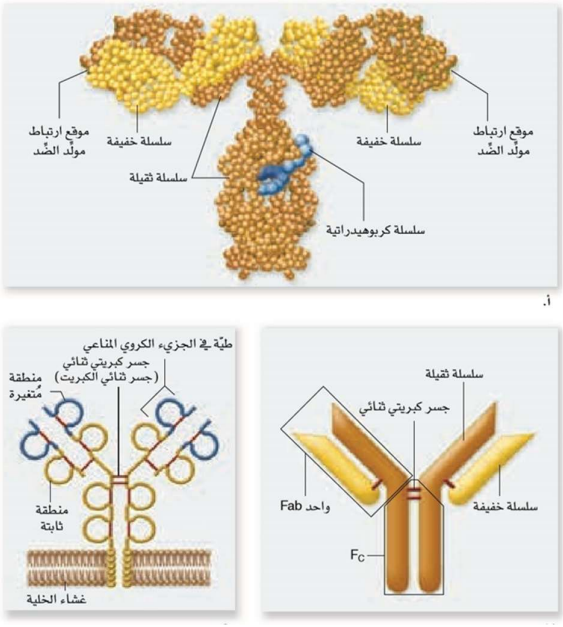
تستهدف هذه المناعة مسببات الأمراض الموجودة في سوائل الجسم (الدم واللمف).

- تنشيط الخلايا البائية: عندما يرتبط مولد ضد بمستقبلات خلية بائية، وبوجود إشارات مساعدة من الخلايا التائية المساعدة، يتم تنشيط الخلية البائية.
- الخلايا البلازمية وخلايا الذاكرة: تنقسم الخلية البائية النشطة إلى خلايا بلازمية (مصانع لإنتاج الأجسام المضادة) وخلايا ذاكرة طويلة العمر (أساس الذاكرة المناعية).
- الأجسام المضادة (**Antibodies**) بروتينات على شكل حرف Y، تُفرز في سوائل الجسم. لا تقتل الأجسام المضادة الميكروبات مباشرة، بل تقوم بـ"تحييدها" أو "وسمها" ليتم التخلص منها بواسطة الخلايا المبتلعة أو نظام البروتينات المتممة.

أعضاء الجهاز المناعي

تتطور خلايا المناعة وتنشط في أعضاء لمفاوية متخصصة.

- الأعضاء الأولية (مواقع النضج):
  - نخاع العظم: مصدر جميع خلايا الدم، ومكان نضج الخلايا البائية.
  - الغدة الزعترية (**Thymus**) مكان نضج الخلايا التائية.
- الأعضاء الثانوية (مواقع التنشيط):
  - العقد اللمفاوية والطحال: تعمل كمرشحات (للمف والدم على التوالي)، وهي الأماكن الرئيسية التي تلتقي فيها الخلايا اللمفاوية بمولدات الضد لتنشيط الاستجابة المناعية.



شكل ٤٩: التركيب العام للأجسام المضادة ومكوناتها الأساسية

تطبيقات وخلل في الجهاز المناعي:

أ. زمر الدم ورفض الأعضاء

- زمر الدم **ABO** و **Rh** هي أمثلة على مولدات الضد الموجودة على سطح خلايا الدم الحمراء. عدم تطابقها أثناء نقل الدم يثير استجابة مناعية قوية.
- رفض الأعضاء المنقولة: يحدث عندما يتعرف جهاز المناعة للمتلقي على بروتينات MHC الموجودة على العضو المزروع كـ"غريبة" ويهاجمها.

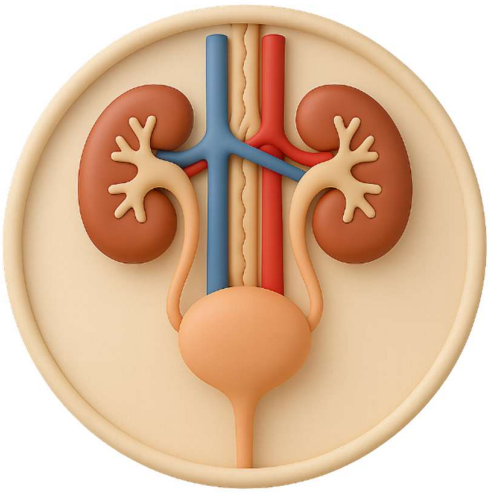
ب. تهرب مسببات المرض

طورت العديد من الميكروبات استراتيجيات للهروب من جهاز المناعة، مثل:

- التغير المستضدي (**Antigenic Variation**) يقوم فيروس الإنفلونزا بتغيير بروتيناته السطحية باستمرار، مما يتطلب لقاحات سنوية جديدة.
- مهاجمة جهاز المناعة مباشرة: يقوم فيروس نقص المناعة البشرية (**HIV**) بمهاجمة وتدمير الخلايا التائية المساعدة (**CD4**) مما يؤدي إلى انهيار الجهاز المناعي والإصابة بمتلازمة نقص المناعة المكتسبة (الإيدز).

الفصل التاسع

الجهاز الإخراجي



الفضلات النيتروجينية: نواتج أيض البروتينات والأحماض

عندما تقوم الحيوانات بتحطيم الأحماض الأمينية والأحماض النووية، تنتج فضلات تحتوي على النيتروجين يجب التخلص منها. يتخذ التخلص من هذه الفضلات ثلاثة أشكال رئيسية، ويعتمد اختيار الشكل على بيئة الحيوان وحاجته للحفاظ على الماء.

أشكال الفضلات النيتروجينية

١. الأمونيا (**Ammonia - NH_3**) هي الناتج الأولي، وهي مادة شديدة السمية تتطلب كميات كبيرة من الماء للتخلص منها بأمان. لذلك، هي الشكل المفضل لدى معظم الأسماك العظمية والحيوانات المائية التي يمكنها طرحها مباشرة في الماء عبر الخياشيم.

٢. البولينا (**Urea**) مركب أقل سمية بكثير من الأمونيا وذائب في الماء. يتم تصنيعه في الكبد من الأمونيا، ويتطلب طاقة لإنتاجه، ولكنه يسمح بالتخلص من النيتروجين مع فقدان كمية أقل من الماء. هذا هو الشكل الرئيسي للفضلات في الثدييات والبرمائيات البالغة.

٣. حمض اليوريك (**Uric Acid**) مركب قليل السمية جدًا وله ذائبية منخفضة في الماء، مما يسمح بإخراجه على شكل معجون شبه صلب مع فقدان قليل جدًا للماء. يتطلب إنتاجه أكبر قدر من الطاقة، ولكنه يمثل تكيفًا ممتازًا للحفاظ على الماء، وهو ضروري للحيوانات التي تعيش في بيئات جافة أو التي تضع بيضًا ذا قشرة صلبة، مثل الطيور والزواحف والحشرات.

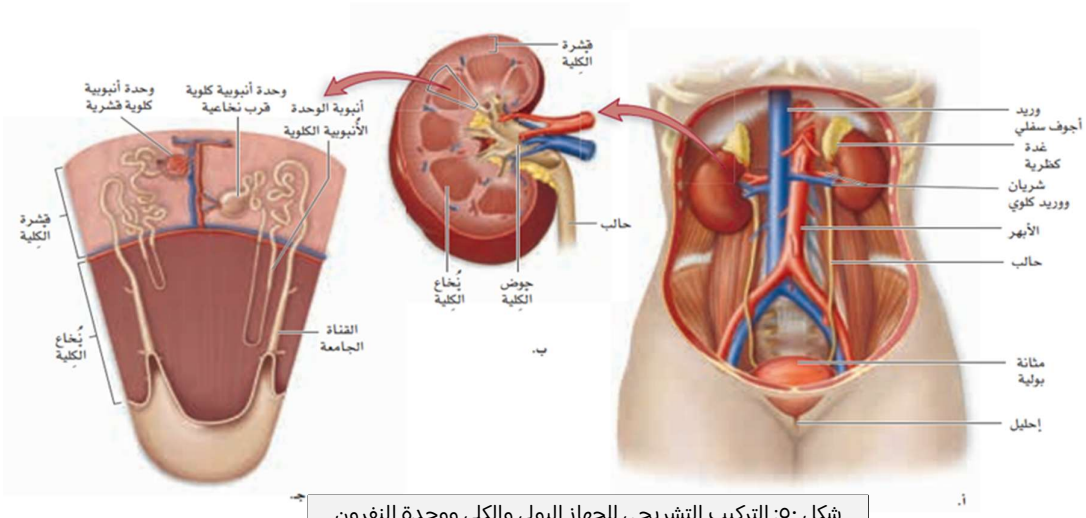
الجهاز البولي في الثدييات: الكلية

الكلية هي العضو الرئيسي المسؤول عن تنقية الدم من الفضلات، وتنظيم توازن الماء والأملاح في الجسم.

أ. التركيب العام والوظائف الأساسية

يتدفق الدم إلى الكليتين عبر الشريان الكلوي، ويتم ترشيحه لإنتاج البول الذي ينتقل عبر الحالب إلى المثانة ليتم

تخزينه مؤقتًا، ثم يخرج من الجسم عبر الإحليل. داخليًا، تتكون الكلية من قشرة خارجية ونخاع داخلي.



شكل ٥٠: التركيب التشريحي للجهاز البولي والكلى ووحدة النفرون

تقوم الكلية بثلاث عمليات أساسية:

١. الترشيح (**Filtration**) يتم دفع سائل الدم (البلازما) بقوة من الشعيرات الدموية إلى داخل الوحدة الكلوية، تاركًا خلايا الدم والبروتينات الكبيرة خلفه.
٢. إعادة الامتصاص (**Reabsorption**) يتم استعادة المواد الحيوية (مثل الماء، الجلوكوز، والأملاح) من السائل المرشح وإعادتها إلى الدم.
٣. الإفراز (**Secretion**) يتم نقل الفضلات الإضافية والمواد السامة والأيونات الزائدة بشكل نشط من الدم إلى السائل المرشح ليتم التخلص منها.

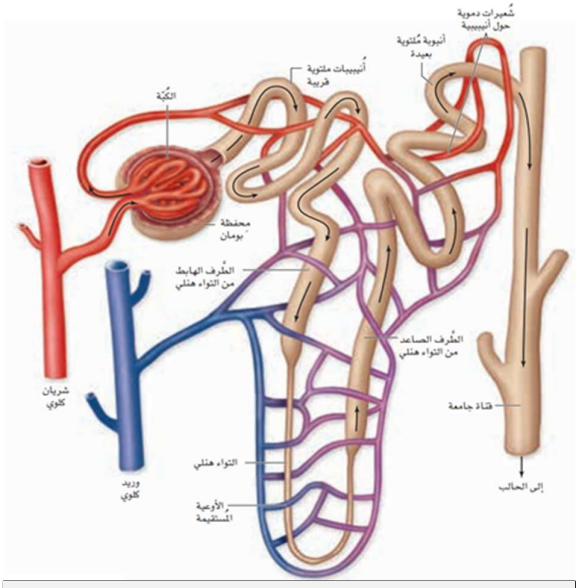
ب. النيفرون: الوحدة الوظيفية للكلية

تحتوي كل كلية على حوالي مليون وحدة ترشيح مجهرية تسمى النيفرون (**Nephron**). وهو المسؤول عن تكوين البول عبر سلسلة من الخطوات المتخصصة.

أجزاء النيفرون الرئيسية:

- الكبة (**Glomerulus**) شبكة من الشعيرات الدموية يتم فيها الترشيح.
- محفظة بومان (**Bowman's Capsule**) تحيط بالكبة وتجمع السائل المرشح.
- الأنيبيبات الملتوية القريبة: يتم فيها إعادة امتصاص معظم الماء والمغذيات.

- التواء هنلي (**Loop of Henle**) تركيب على شكل حرف U يلعب الدور الحاسم في تركيز البول.
- الأنيبيبات الملتوية البعيدة: يتم فيها الضبط الدقيق لكمية الأملاح والماء.
- القناة الجامعة (**Collecting Duct**) تجمع البول من عدة نيفرونات وتنقله إلى حوض الكلية.



شكل ٥١: التركيب الدقيق للنفرون ومسار الدم والبول داخل الكلي

ج. آلية تكوين البول وتركيزه (نظام التيار المتعاكس المضاعف)

تعتمد قدرة الثدييات على إنتاج بول مركز (أكثر تركيزًا من الدم) على تركيب ووظيفة التواء هنلي والقناة الجامعة، وهي آلية تُعرف بـ نظام التيار المتعاكس المضاعف.

١. الطرف الصاعد لالتواء هنلي: يقوم بضخ الأملاح (NaCl) بشكل نشط إلى النسيج المحيط في نخاع الكلية، لكنه غير منفذ للماء. هذه العملية تجعل منطقة النخاع شديدة الملوحة.

٢. الطرف الهابط لالتواء هنلي: هو منفذ للماء وغير منفذ للأملاح. أثناء مرور السائل المرشح فيه، يخرج الماء منه بالخاصية الأسموزية إلى منطقة النخاع المالحة، مما يجعل السائل المرشح داخله يزداد تركيزًا.

٣. القناة الجامعة: تمر أيضًا عبر منطقة النخاع عالية التركيز. تحت تأثير الهرمون المانع لإدرار البول (**ADH**)، تصبح جدرانها منفذة للماء، فيخرج الماء منها بالخاصية الأسموزية ويعود إلى الدم، مما ينتج عنه بول قليل الحجم وعالي التركيز.

تدريبـــات

١	لماذا يُعد حجم الخلية صغيرًا نسبيًا في معظم الكائنات الحية؟
A	لتقليل كمية المادة الوراثية
B	لتسهيل انقسام الخلية
C	لأن مساحة السطح تنمو أبطأ من الحجم
D	لأن الخلايا الكبيرة لا تحتوي على عضيات
٢	ما السبب الرئيسي في عدم قدرة المجهر الضوئي على رؤية غشاء الخلية؟
A	لأن الغشاء لا يحتوي على بروتينات
B	لأن الغشاء شفاف تمامًا
C	لأن الطول الموجي للضوء أكبر من سمك الغشاء
D	لأن الغشاء لا يعكس الضوء
٣	الفرق الرئيسي بين المجهر الالكتروني النفاذ (TEM) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM)؟
A	TEM يستخدم الضوء بينما SEM يستخدم الإلكترونات
B	TEM يعطي صورًا سطحية و SEM يعطي صورًا داخلية
C	TEM تعطي صورًا داخلية وSEM يعطي صورًا سطحية ثلاثية الأبعاد
D	كلاهما يعطي صورًا ثلاثية الأبعاد
٤	على الرغم من تباين الأنسجة الضامة في التركيب والموقع، فإنها تتشاطر في مغزى موحد هو ربطها بين أنواع الأنسجة الأخرى وعلى الرغم من الآتية جميعها تنطبق عليها هذه الخاصية فإن واحد من الأنسجة ليس نسيجاً ضاماً هو:
A	الدم
B	العضلات
C	النسيج الدهني
D	الغضروف
٥	تشترك أعضاء الجسم في أن جميعها:
A	يحتوي أنواع الخلايا نفسها
B	مكون من أنواع عدة من الخلايا
C	مشتق من الإكتوديرم
D	يمكن اعتباره جزءًا من الجهاز الدوري
٦	تقوم الأنسجة الطلائية بكل ما يأتي باستثناء:
A	تشكيل الحواجز أو الحدود

B	امتصاص المواد الغذائية في الجهاز الهضم
C	نقل المعلومات في الجهاز العصبي المركزي
D	السماح بتبادل الغازات في الرئة
V	تتشكل الغدد الصماء والغدد خارجية الإفراز من النسيج
A	الطلائي
B	الضام
C	العصبي
D	العضلي
٨	يختلف الهيكل الخارجي والداخلي فيما يأتي:
A	الهيكل الخارجي صلب، أما الداخلي فهو مرن.
B	الهياكل الداخلية موجودة فقط عند الفقريات
C	تتكون الهياكل الخارجية من الكالسيوم، أما الهياكل الداخلية فمبنية من الكايتين
D	الهياكل الخارجية تقع خارج أنسجة طرية، في حين أن الهياكل الداخلية تقع داخل الجسم
٩	تستخدم الديدان واللافقاريات البحرية هيكلا هيدروستاتيكي للحركة، حيث:
A	تمتلئ عظامها بالماء الذي يعطي الهيكل وزنه
B	ينتج التغير في تركيب الجسم عن انقباض العضلات التي تضغط على سوائل الجسم
C	تحتوي العضلات فجوات مائية تعطى تركيباً داخليًا قاسيا عندما تمتلئ بالماء
D	يشير المصطلح هيدروستاتيكي إلى الوسط الرطب. وتنتج الحركة بطريقة تشبه مفصليات الأرجل.
١٠	لديك صورة أشعة X لشخصين. ربيع، حامل أثقال وكمال أجسام مدة ٣٠ عاماً أما بشير فعاش معظم حياته جالساً. تتوقع الفرق بين صورتي X لكليهما
A	لا فرق، يمتلك الاثنان عظاما أسمك من الأشخاص الأصغر سنا بسبب النمو الطبيعي مع الزمن
B	لا فرق، فطريقة المعيشة لا تؤثر في كثافة العظم
C	ربيع، سيكون لديه عظام أسمك بسبب إعادة التشكيل الناتجة عن الضغط الفيزيائي
D	عظام بشير أكثر سماكة؛ لأن العظم يتراكم مثل الدهن بسبب بقائه جالساً
II	الجملة التي تمثل أفضل وصف لميكانيكية الخيوط المنزلقة في انقباض العضلة هي:
A	لا تقصر خيوط الأكتين والميوسين، ولكنها تنزلق خلف بعضها.
B	تقصر خيوط الأكتين والميوسين، وتنزلق خلف بعضها.
C	عندما تنزلق الخيوط خلف بعضها، تقصر خيوط الأكتين دون خيوط الميوسين.
D	عندما تنزلق الخيوط خلف بعضها، تقصر خيوط الميوسين دون خيوط الأكتين.

١٢	النظام العصبي البسيط:
A	يجب أن يشمل الحواس الكيميائية، والميكانيكية، والرؤية
B	تتدفق المعلومات فقط نحو مركز دمج
C	تتدفق المعلومات فيه بعيدا عن مركز دمج
D	يتضمن معلومات حسية، مركز دمج، استجابة
١٣	معظم الخلايا العصبية في الدماغ البشري:
A	الخلايا العصبية الحسية
B	الخلايا العصبية الحركية
C	الخلايا العصبية البينية
D	الخلايا العصبية الطرفية
١٤	يمكن أن يمتد هذا النوع من الخلايا العصبية إلى أكثر من متر واحد :
A	الخلية الدبقية في الدماغ
B	الخلايا العصبية الحسية
C	الخلايا العصبية البينية
D	الخلايا العصبية التي تتحكم في حركات العين
١٥	الأشخاص المصابون بالمهاق لديهم عيب في التيروزيناز ، وهو أوكسيديز يساعد في التحكم في إنتاج صبغات الجلد. في أي طبقة من البشرة تنشط التيروزينات؟
A	الطبقة الحبيبية Stratum granulosum
B	الطبقة الرائقة Stratum lucidum
C	الطبقة القاعدية Stratum basale
D	الطبقة الشوكية Stratum spinosum
١٦	أي مما يلي ليس سمة من سمات الطبقة الحبيبية؟
A	تحتوي الخلايا في هذه الطبقة على حبيبات كيراتوهيالين
B	هناك ٣-٥ طبقات من الخلايا في هذه الطبقة
C	يتم إنتاج الكيراتين في هذه الطبقة
D	تفرز خلايا هذه الطبقة طبقة دهنية مضادة للماء
١٧	ما هي التراكيب التي تحتوي على النسيج الضام والأوعية الدموية والأعصاب؟
A	الطبقة الحلمية فقط Papillary dermis only
B	الطبقة الحلمية والطبقة الشبكية Papillary and reticulardermis

C	الطبقة الحلمية ،والطبقة الشبكية والبشرة Epidermis, papillary dermis, and reticular dermis
D	الطبقة الشبكية فقط Reticular dermis only
١٨	في أي جزء من الجهاز الهضمي يتم إعادة امتصاص معظم الماء؟
A	الكلى
B	المعدة
C	الأمعاء الدقيقة
D	الأمعاء الغليظة
١٩	لماذا يتم هضم معظم المواد الغذائية؟
A	تتطلب الأنزيمات الهضمية مجموعة متنوعة من المواد الأساسية.
B	يضمن أن النظام الغذائي متوازن.
C	معظم جزيئات الطعام المهضومة كبيرة.
D	الوقاية من اضطرابات الأمعاء.
٢٠	في الجهاز الهضمي، يحتوي الإنزيم A على الرقم الهيدروجيني الأمثل عند ١,٥ والانزيم B على الرقم الهيدروجيني الأمثل. ٧. ما هي الوحدات الأساسية المحتملة لهذه الإنزيمات؟

الانزيم	A	B
A	البروتينات	الأحماض الأمينية
B	الدهون	البروتينات
C	الكربوهيدرات	الدهون
D	البروتينات	الدهون

٢١	أي مما يلي سيكون ميزة للتنفس في الهواء على التنفس في الماء؟ I. نظرًا لأن الهواء أقل كثافة من الماء، فهناك حاجة إلى طاقة أقل لتحريك الهواء على أسطح الجهاز التنفسي. II. الأكسجين ينتشر في الهواء أسرع من الماء. III. محتوى الأكسجين في الهواء أكبر من كمية متساوية من الماء.
A	Only I and II
B	Only I and III
C	Only II and III
D	I, II and III
٢٢	أي من الحالات التالية تحدث إذا فقدت الرئة الحويصلات الهوائية مرونتها؟ I. انخفاض حجم المتبقي.

	II. يجب أن يزيد pO_2 في الهواء المستنشق من أجل الحفاظ على تشبع الهيموجلوبين في نفس المستوى. III. يزيد الرقم الهيدروجيني في الدم.
A	Only I
B	Only II
C	Only III
D	I and II
E	I and III
F	II and III
٢٣	أي من العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بأعضاء تبادل الغازات في الحيوانات؟
A	في نجم البحر، تلعب الخياشيم دورًا في تبادل الغازات، لكن أقدام الأنبوب لا تلعب دورًا في هذه العملية.
B	في الجنادب، تتحكم العضلات المتطورة المحيطة بحركة القصبة الهوائية في الهواء الداخل والخارج من خلال فتحة خارجية.
C	في الأسماك، يتدفق الدم عبر الشعيرات الشعاعية الخيطية في نفس اتجاه تدفق المياه من الفم والبلعوم إلى الخارج
D	في الطيور، أثناء الزفير، تنفصل الأكياس الهوائية، مما يدفع الهواء إلى الخارج، بينما تمتلئ الرئة بالهواء.
E	في الإنسان، هناك حاجة إلى المؤثر السطحي لزيادة التوتر السطحي في كمية ضئيلة من سائل طلاء سطح القصبة الداخلية؛ في غياب المؤثر السطحي، تغلق الحويصلات الهوائية أثناء الزفير، مما يعيق دخول الهواء أثناء الاستنشاق.
٢٤	الاستجابة الالتهابية الجهازية التي غالبا ما تهدد الحياة
A	حمى خفيفة
B	آلام وألم مملة
C	الصدمة الإنتانية
D	ضغط دم مرتفع
٢٥	كل من العيون والجهاز التنفسي محميان ضد الالتهابات التي تصيبهما عن طريق:
A	الأغشية المخاطية التي تغطي سطحها
B	إفراز البروتينات التكميلية
C	الإفراج عن الإفرازات القلوية قليلا
D	إفراز الليزوزيم على أسطحها
٢٦	علاج مضادات الهيستامين يقلل
A	تمدد الأوعية الدموية

B	البلعمة من المستضدات
C	عرض MHC بواسطة البلاعم
D	الاستجابة المناعية الثانوية
٢٧	من أهم وظائف جهاز الإخراج التخلص من النيتروجين الزائد عن عمليات الأيض. أحد هذه المخلوقات الحية أكثر فعالية في تغليف أو معالجة النيتروجين لطرحة إلى الخارج
A	الضفدع
B	أسماك المياه العذبة
C	الإيجوانا
D	الجمل
٢٨	يعد دم أسماك القرش متعادلاً أسموزياً مع مياه البحر بسبب إعادة امتصاص ..... إلى دمها
A	الأمونيا
B	حمض البوليك
C	البولينا
D	كلوريد الصوديوم
٢٩	من وظائف الكلية
A	إزالة المواد الضارة من الجسم
B	إعادة امتصاص الماء لاستخدامه من جديد
C	تنظيم مستوى الأملاح في الدم
D	كل ما ذكر

مفاتيح إجابة التدريبات

1	C	١٣	C	٢٥	D
2	C	١٤	B	٢٦	A
3	C	١٥	C	٢٧	D
4	B	١٦	C	٢٨	C
٥	B	١٧	B	٢٩	D
٦	C	١٨	C		
٧	A	١٩	C		
٨	D	٢٠	D		
٩	B	٢١	A		
١٠	C	٢٢	B		
١١	A	٢٣	D		
١٢	D	٢٤	C		

١- متسلق يتدرب للمشاركة في رحلة استكشافية إلى قمة أكونكاجوا. ولهذا السبب، يذهب إلى منطقة مرتفعة للتأقلم وتجنب داء الجبال الحاد الناجم عن انخفاض ضغط الهواء وبالتالي انخفاض ضغط الأكسجين الجزئي (PO2).

إحدى آليات التأقلم هي:

A climber is training to participate in an expedition to the summit of Aconcagua. For this reason, he goes to an area of high altitude to acclimatize and avoid acute mountain sickness, caused by air pressure reduction and consequently a low partial oxygen pressure (PO2).

One of the acclimation mechanisms is:

أ. فرط التنفس الرئوي عن طريق تحفيز المستقبلات الكيميائية الوريدية.

ب. زيادة عدد كريات الدم الحمراء.

ج. خفض إمداد العضلات بالأكسجين.

د. زيادة انتشار الأكسجين عن طريق زيادة سطح الشعيرات الدموية.

a. Pulmonary hyperventilation by venous chemoreceptors stimulation.

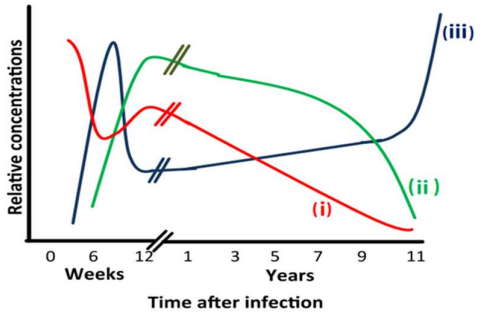
b. Increase in number of erythrocytes.

c. Decreased supply of oxygen to the muscles.

d. Decreased oxygen diffusion by increased capillary surface.

٢- يمكن لفيروس نقص المناعة البشرية (**HIV**) أن يسبب مرض الإيدز. حيث يصيب فيروس نقص المناعة البشرية الخلايا اللمفاوية، الخلايا التائية التي تساعد في إنتاج الأجسام المضادة. يوضح الرسم البياني التالي كيف تتطور تركيزات فيروس نقص المناعة البشرية والخلايا التائية والأجسام المضادة ضد فيروس نقص المناعة البشرية في الوقت المناسب في مريض الإيدز غير المعالج.

The Human Immunodeficiency Virus (HIV) can cause the disease AIDS. The HIV infects lymphocytes, the T-cells, that help in the production of antibodies. The following graph shows how the concentrations of HIV, T-cells, and antibodies against HIV develop in time in an untreated AIDS patient.



في الرسم البياني أعلاه ، تمثل الخطوط المميزة (**i**) و (**ii**) و (**iii**) ، على التوالي:

In the above graph, the lines marked (i), (ii) and (iii), respectively, represent:

أ) فيروس نقص المناعة، والخلايا التائية، والأجسام المضادة.

ب) الخلايا التائية، وفيروس نقص المناعة، والأجسام المضادة.

ج) الخلايا التائية، والأجسام المضادة، وفيروس نقص المناعة.

د) الأجسام المضادة، والخلايا التائية، وفيروس نقص المناعة.

A) HIV, T-cells and antibodies.

B) T-cells, HIV and antibodies.

C) T-cells, antibodies and HIV.

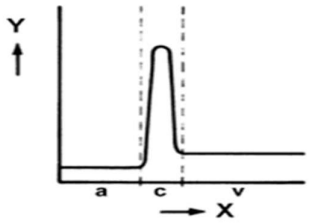
D) Antibodies, T-cells and HIV.

3 - معدل تدفق الدم في عضلة أعلى ذراع الإنسان ، يمر الدم عبر الشرايين والأوعية الشعرية والأوردة. تُظهر الصورة المساحة الإجمالية للمقطع العرضي لأحد هذه الشرايين (a) ، والأوعية الشعرية اللاحقة (c) والأوردة العائدة المقابلة (v).

Rate of flow of blood In a muscle in the upper arm of a human, blood runs through arteries, capillary vessels and veins. The picture shows the total area of a cross section of one of these arteries (a), the subsequent capillary vessels (c) and the corresponding returning veins (v).

X = direction of the blood flow

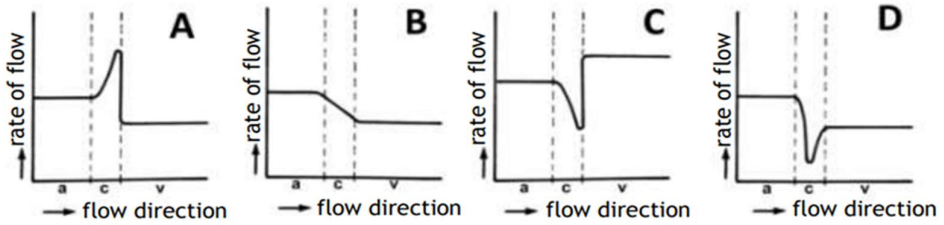
Y = total area of cross section



أي من الصور التالية يوضح بشكل صحيح معدل تدفق (سرعة) الدم عبر الشريان والشعيرات الدموية والوريد المعني؟

Which of the following pictures correctly shows the rate of flow (velocity) of the blood through an artery, a capillary vessel and a vein concerned?

٤- تظهر

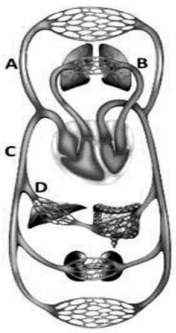


الصورة الدورة الدموية في أحد الثدييات. يشار إلى أربعة مواقع بواسطة A و B و C و D.

أي موقع يحتوي على أقل تركيز جلوكوز؟

Glucose concentration in blood The picture shows blood circulation in a mammal.Four locations are indicated by A, B, C and D.

Which location has the lowest glucose concentration?



A	B	C	D
A	B	C	D

السؤال النظري:

مراهقة تبلغ من العمر ١٣ عامًا ، تتمتع بالنشاط البدني. لعدة أشهر ، كانت تتدرب من أجل مسابقة رياضية. اليوم نهضت مبكرا وتناولت الإفطار الذي يتكون من كوب حليب وشريحة توست وموزة.

A 13 year old teenager enjoys physical activity. For several months, she has been training for an athletic competition. Today she got up early and had breakfast, which consisted of a cup of milk, a slice of toast and a banana.

١- ينتج عن هضم الكربوهيدرات تحويل الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أبسط. تحفز الإنزيمات الموجودة في الجسم هذا التحول.

Carbohydrate digestion results in the catabolism of the large molecules into simpler molecules. The enzymes contained in the body catalyze this transformation.

a- بناءً على المعلومات الموضحة في الجدول A والجدول B ، ضع علامة (X) في الجدول A على التركيب المفرز الذي ينتج الإنزيم المتضمن في هضم النشا الموجود في شريحة الخبز المحمص.

Carbohydrate digestion results in the catabolism of the large molecules into simpler molecules. The enzymes contained in the body catalyze this transformation.

b- بعد ذلك ، استخدم الرقم المقابل المعطى للإنزيم الموضح في الجدول B ، لمطابقة التركيب حيث يتم إنتاج هذا الإنزيم.

Then, use the corresponding number given to the enzyme shown on Table B, to match the Structure where this enzyme is produced.

ملاحظة: يمكن إنتاج نفس الإنزيم بواسطة أكثر من تركيب واحد.

Hint: the same enzyme may be produced by more than one structure.

Table A

STRUCTURE	SECRETORY STRUCTURE INVOLVED IN THE DIGESTION OF STARCH	ENZYME
Liver		
Stomach		
Salivary Glands		
Large intestine		
Pancreas		
Esophagus		
Small Intestine		

Table B

1	Phospholipase
2	Maltase
3	Amylase
4	Lipase
5	Glucosidase
6	Sucrase

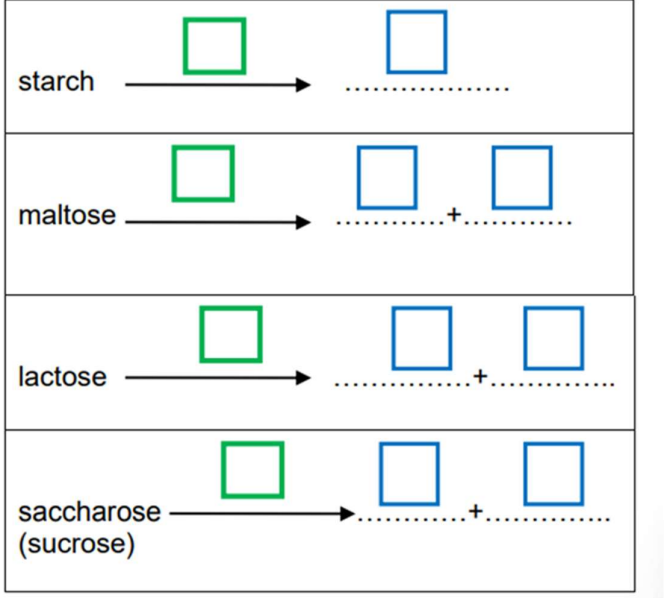
٢- في وجبة الإفطار، قامت أيضًا بدمج الكربوهيدرات من الحليب والفاكهة التي سيتم تقسيمها في عملية الهضم إلى سكريات أبسط بسبب نشاط إنزيمات معينة

املأ الجدول C الذي يظهر التفاعلات الأنزيمية. اكتب الحرف المقابل من الإنزيم في المربع الأخضر والرقم المقابل للمنتجات في المربعات الزرقاء (يمكن استخدام كل رقم أكثر من مرة).

Fill in Table C (indicated on the Answer Sheet) which shows enzymatic reactions. Write the corresponding letter of the enzyme in the green box and the corresponding number for the products in the blue boxes (each number may be used more than once).

ENZYMES		PRODUCTS	
A	Creatin kinase	1	Maltose
B	Amylase	2	Glucose
C	Lactase	3	Fructose
D	Glucosidase	4	Lactose
E	Sucrase	5	Galactose
F	Maltase	6	Saccharose (sucrose)

Table C



3- بعد الإفطار ، تذهب اللاعبة إلى الميدان الرياضي لممارسة تمارينها اليومية الروتينية. إذا درسنا بالتفصيل حركة الرياضي والعمليات التي ينطوي عليها الجهاز العضلي ، يمكننا القول:

After breakfast, the athlete goes to the sports field for her daily workout routine. If we study in detail the movement of the athlete and the processes involved in the musculature, we can say:

a- يشكل الجهاز العضلي مع الهيكل العظمي الجهاز العضلي الهيكلي المسؤول عن حركة جسم الإنسان. يمكن تفسير آلية الانقباض العضلي من خلال تسلسل مرتب للعمليات ".

يوضح الجدول (D) عمليات الانقباض العضلي. أكمل الجدول E ، مع الإشارة إلى حرف العملية بالترتيب الذي حدثت به.

الجدولD: عمليات انقباض العضلات Table D: Processes of muscle contraction	
A	يتم تحلل ATP إلى ADP + Pi (الفوسفور غير العضوي) ويتم فصل رأس الميوسين عن الموقع النشط. ATP is hydrolyzed to ADP + Pi (inorganic phosphorus) and the myosin head is separated from the active site
B	يعمل أستيل كولين على منطقة اتصال من غمد الليف العضلي لفتح قنوات بروتين غشائية متعددة. يسمح هذا بدخول كميات كبيرة من أيونات الصوديوم إلى غمد الليف العضلي ، مما يؤدي إلى إطلاق جهد فعل في الألياف العضلية.

	Acetylcholine acts on a local area of the sarcolemma to open multiple membrane protein channels. This allows the entry of large amounts of sodium ions into the sarcolemma, which initiates an action potential in the muscle fiber.
C	جهد الفعل يزيل استقطاب غمد الليف العضلي. يحدث إطلاق أيونات الكالسيوم Ca++ من الشبكة الساركوبلازمية. The action potential depolarizes the sarcolemma. The release of Ca++ ions from the sarcoplasmic reticulum occurs.
D	يتم ضخ أيونات Ca++ مرة أخرى في الشبكة الساركوبلازمية ، حيث تبقى حتى وصول جهد فعل جديد للعضلة. Ca++ ions are pumped back into the sarcoplasmic reticulum, where they remain until the arrival of a new action potential to the muscle.
E	يصل جهد الفعل إلى منطقة التشابك العصبي العضلي (السينابس) للخلايا العصبية الحركية والعضلة ، ويتم تحرير أستيل كولين من طرف المحور العصبي. An action potential reaches the neuromuscular junction (synapse) of a motor neuron and a muscle, acetylcholine is released from the axon terminal.
F	تبدأ أيونات Ca++ قوى جذب بين الأكتين والميوسين. يتم ترتيب خيوط الميوسين والأكتين جنبًا إلى جنب داخل الليف العضلي بحيث يمكن أن تتفاعل بطريقة منظمة مما يؤدي إلى تقلص العضلات. أثناء الانقباض، تربط رؤوس الميوسين الأكتين وتسحب الخيوط نحو المركز. Ca++ ions initiate attractive forces between the actin and myosin. Filaments of myosin and actin are arranged next to each other within the sarcomere so that that they can interact in an organized fashion resulting in muscle contraction. During contraction, myosin heads bind actin and pull the filaments in towards the center.

Tabla E	
ORDER	CORRESPONDING LETTER
1	
2	
3	
4	
5	
6	

مفاتيح إجابة الاختبار

السؤال	الاجابة الصحيحة
١	B
٢	C
٣	D
٤	A

السؤال النظري		
TABLE A		
STRUCTURE	secretory structure involved in the digestion of starch	ENZYME
Salivary Glands	A	3 (B)
Pancreas	C	3 (D)
Small intestine	E	2 (F)
TABLE C		
B (A)	1 (B)	
F (C)	2 (D)	2 (E)
C (F)	2 (G)	5 (A)
E (I)	2 (J)	3 (K)
TABLE E		
1	E (A)	
2	B (B)	
3	C (C)	

4	F (D)	
5	A (E)	
6	D (F)	

الباب الثاني

علم النبات

مقدمة في علم البيئة

يُعَدّ علم النبات أحد الفروع الرئيسة للعلوم الحيوية، ويختص بدراسة النباتات من حيث تركيبها ووظائفها وجيناتها وبيئتها وتطورها. وتشكّل النباتات المنتج الأساسي في معظم الأنظمة البيئية البرية والبحرية، إذ تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية عبر عملية البناء الضوئي. وتوفّر هذه العملية المواد العضوية والأكسجين الضروريَّين لاستمرار معظم أشكال الحياة على الأرض.

لا يقتصر علم النبات الحديث على الوصف أو التصنيف الشكلي للنباتات، بل يدمج مجالات البيولوجيا الجزيئية والكيمياء الحيوية والجينومات والبيئة لفهم الآليات التي تنظّم النمو والتطور والتكيف. فعلى المستوى الخلوي، يدرس علماء النبات عمليات مثل تصنيع الجدار الخلوي، وإشارات الهرمونات النباتية، والمسارات الأيضية المرتبطة بالنمو والاستجابة للضغوط البيئية.

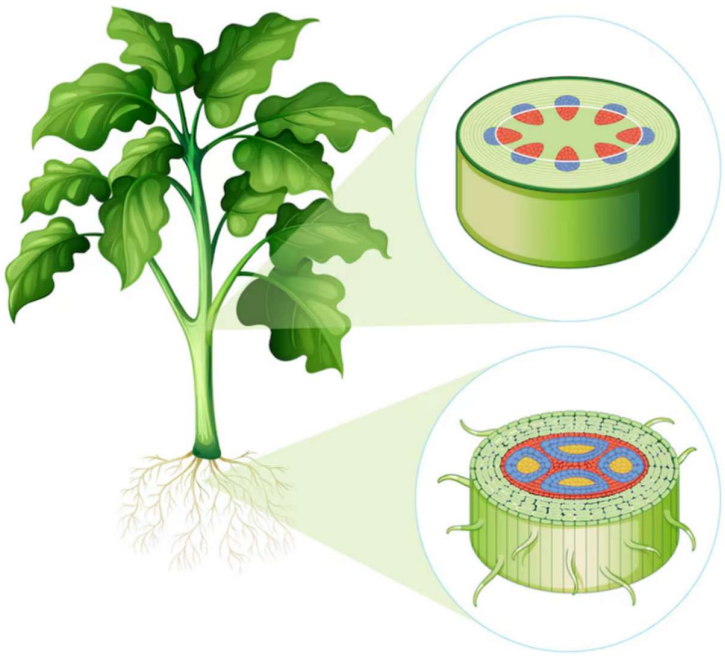
وعلى نطاق أوسع، يبحث علم النبات في تنوّع النباتات، والعلاقات التطورية فيما بينها، والتفاعلات البيئية التي تحدد توزّع الأنواع ونجاحها. وتزداد أهمية هذه الدراسات في ظل تغيّر المناخ السريع وفقدان المواطن الطبيعية وارتفاع الطلب العالمي على الغذاء .

الأهداف

١. فهم التنظيم الهرمي للنباتات و البنية والوظيفة على مستوى الأعضاء والأنسجة والخلايا.
٢. تحديد أنواع الخلايا المرستيمية المختلفة وشرح دور كل منها في النمو الأولي والنمو الثانوي.
٣. وصف آليات ونتائج النمو الأولي مع التركيز على كيفية زيادة طول الجذور والسيقان.
٤. تحليل عملية النمو الثانوي ودورها في زيادة سمك السيقان والجذور في النباتات الخشبية.
٥. تفسير كيفية تفاعل النمو والتشكل والتمايز الخلوي لتكوين الجسم النباتي الكامل.
٦. ربط نشاط الخلايا المرستيمية بالهيكل العام للنبات وأنماط تطوره.
٧. مقارنة الأنسجة الأولية بالأنسجة الثانوية و كيفية مساهمتها في دعم بنية النبات ووظائفه.

الفصل الأول

تركيب النباتات الوعائية، نموها وتكوينها



تمتلك النباتات تنظيمًا هرميًا يتكون من أعضاء وأنسجة وخلايا:

تتكون النباتات ، مثل معظم الحيوانات ، من خلايا cells وأنسجة وأعضاء عندما تتعرف على كل مستوى من مستويات تركيب النبات هذه ، ضع في اعتبارك كيف أنتج الانتقاء الطبيعي أشكالًا نباتية تناسب وظيفة النبات على جميع مستويات التنظيم.

أعضاء النبات الوعائية الأساسية: الجذور والسيقان والأوراق :

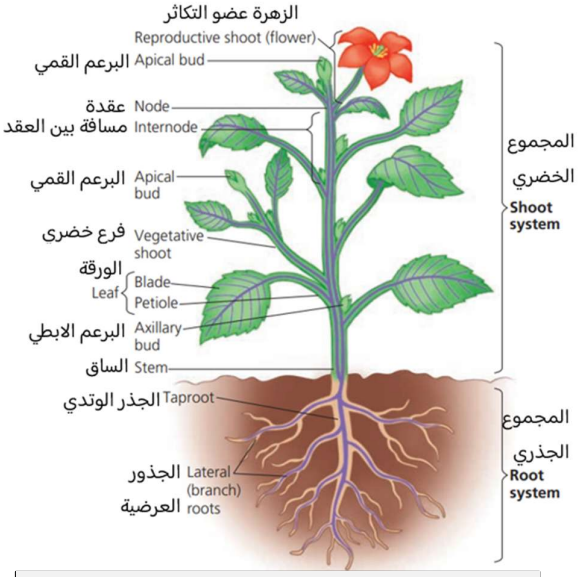
يعكس الشكل الأساسي للنباتات الوعائية vascular plants تاريخها التطوري ككائنات تعيش على اليابسة .

تشكل هذه الأعضاء نظامًا جذريًا ونظامًا خضرياً ، ويتكون الأخير من السيقان والأوراق (انظر الشكل). وتعتمد النباتات الوعائية على كلا النظامين من أجل البقاء.

الجذور: Roots

الجذر هو العضو الذي يثبت النبات الوعائي في التربة ، ويمتص المعادن والماء ، وغالبًا ما يخزن الكربوهيدرات والاحتياطيات الأخرى.

-الجذر الأولي ، الذي نشأ في جنين البذرة ، هو أول عضو ينبثق من البذرة النابتة . سرعان ما يتفرع ليشكل جذورًا جانبية (كما في الشكل)



شكل ٥٢: نظرة عامة الى نبات زهري

تحتوي النباتات الطويلة المنتصبة ذات كتل الفروع الكبيرة عمومًا على نظام الجذر الوتدي ، يتكون من جذر رأسي رئيسي واحد ، الجذر الوتدي ، والذي يتطور عادةً من الجذر الأولي أما في النباتات الوعائية الصغيرة والتي تكون معرضة بشكل خاص لحيوانات الرعي التي يمكن أن تقتلع النباتات وتقتلها. يتم تثبيت مثل هذه النباتات بشكل أكثر كفاءة من خلال نظام الجذر الليفي ، وهو عبارة عن حصيرة سميكة من الجذور النحيلة تنتشر تحت سطح التربة.

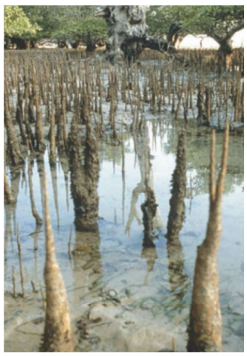
وتشكل معظم أنظمة الجذور أيضًا روابط فطرية ، تفاعلات تكافلية مع فطريات التربة التي تزيد من قدرة النبات على امتصاص المعادن. وتتكيف جذور العديد من النباتات للقيام بوظائف متخصصة.

شكل ٥٣: الشعيرات الجذرية

شكل ٥٤: الجذور الداعمة

شكل ٥٥: جذور الدعامة

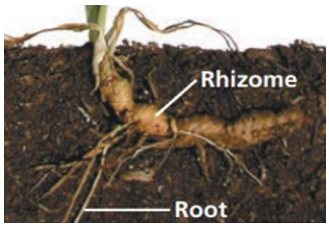
شكل ٥٦: الجذور التخزينية

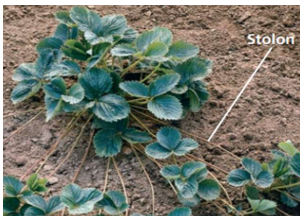

شكل ٥٧: الجذور الهوائية

السيقان Stems

الساق هو عضو نباتي يحمل الأوراق والبراعم وتتمثل وظيفتها الرئيسية في إطالة وتوجيه المجموع الخضري بطريقة تزيد من التمثيل الضوئي للأوراق. وظيفة أخرى للسيقان هي رفع التراكيب التناسلية، وبالتالي تسهيل انتشار حبوب اللقاح والفاكهة. قد تؤدي السيقان الخضراء أيضًا قدرًا محدودًا من عملية التمثيل الضوئي.

بعض النباتات السيقان تقوم بوظائف بديلة ، مثل تخزين الطعام أو التكاثر اللاجنسي. غالبًا ما يتم الخلط بين العديد من هذه السيقان المتحورة و الجذور ومنها السيقان الريزومية و الدرنات والسيقان الرئدية انظر الشكل.





شكل ٥٨: تحورات السيقان

الأوراق Leaves

في معظم النباتات الوعائية ، تعتبر الورقة العضو الرئيسي في عملية التمثيل الضوئي. و بالإضافة إلى امتصاص الضوء ، تقوم الأوراق بتبادل لغازات مع الغلاف الجوي ، وتبدد الحرارة ، وتدافع عن نفسها من الحيوانات العاشبة ومسببات الأمراض وقد يكون لهذه الوظائف متطلبات فسيولوجية أو تشريحية أو مورفولوجية متضاربة على سبيل المثال:

قد يساعد غطاء كثيف من الشعر hairs في صد الحشرات العاشبة، ولكنه قد يحبس أيضًا الهواء بالقرب من سطح الورقة ، مما يقلل من تبادل الغازات وبالتالي التمثيل الضوئي. بشكل عام ، تتكون الورقة من نصل مفلطح وساق ، وهي سويقات تربط الورقة بالساق عند عقدة. وتختلف أحادية الفلقة و ثنائية الفلقة في ترتيب التعرقات ، والأنسجة الوعائية للأوراق .تقريبا جميع الأوراق متخصصة في التمثيل الضوئي.

ومع ذلك ، فإن بعض الأنواع لها أوراق مع تكيفات تمكنها من أداء وظائف إضافية ، مثل الدعم أو الحماية أو التخزين أو التكاثر.

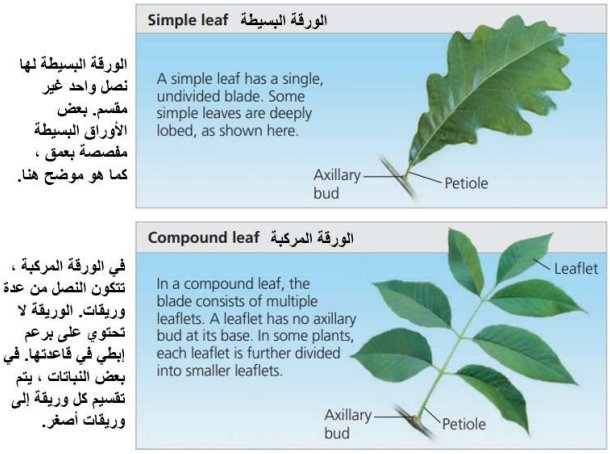
الاشواك

التكاثر

المحلاق

التخزين

شكل ٦٠: تحورات الاوراق



شكل 3609: الورقة البسيطة والمركبة

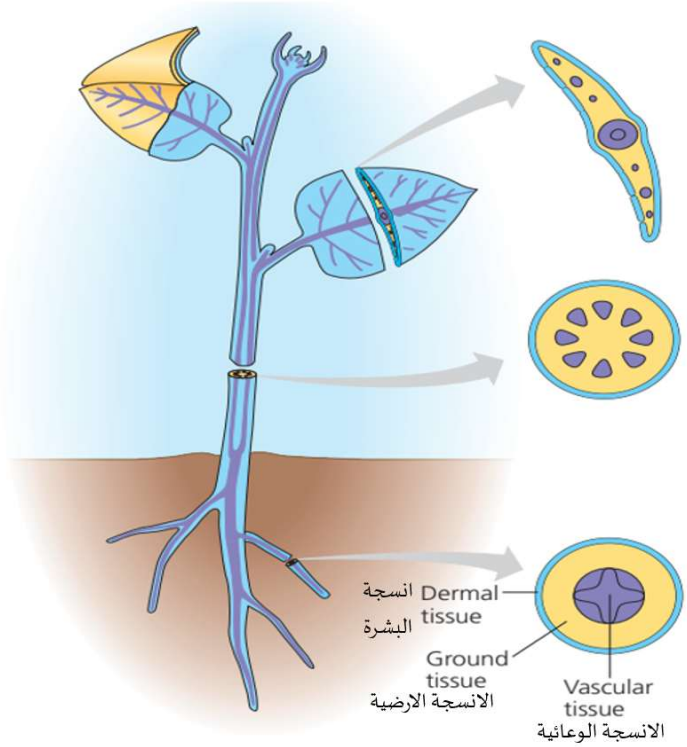
أنسجة البشرة والانسجة الوعائية والانسجة الارضية

تتكـون جميـع أعضـاء النباتـات الوعائيـة الأساسـية الثلاثـة - الجـذور والسـيقان والأوراق مـن ثلاثـة أنـواع أساسية من الأنسجة: أنسجة البشرة والأنسجة الوعائية و الأنسجة الارضية.

كـل نـوع مـن هـذه الأنـواع العامـة يشـكل نظـام نسـيج مسـتمر في جميـع أنحـاء النبـات ويـربط جميـع الأعضاء. وتختلف أماكن تلك الأنسجة من عضو إلى آخر.

انظمة الانسجة الثلاثة:

انسجة البشرة	الانسجة الوعائية	الانسجة الارضية
يوفر غطاءً واقياً لكامل جسم النبات	ينقل المواد بين نظامي الجذر والمجموع الخضري وهو متصل في جميع أنحاء النبات	المسؤول عن وظائف التمثيل الغذائي ويكون بين أنسجة البشرة والأنسجة الوعائية

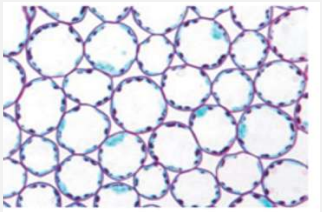


شكل ٦١: نظام الانسجة في النبات

الأنواع الشائعة من الخلايا النباتية

الخلايا البرنشيمية

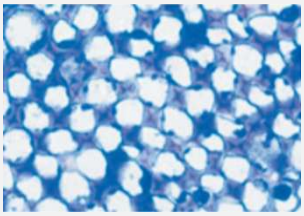
تحتوي على جدران أولية رقيقة ومرنة نسبياً، وتفتقر معظمها الى الجدران الثانوية . عندما تنضج تحتوي الخلايا على فجوة عصارية كبيرة مركزية . تؤدي الخلايا البرنشيمية معظم وظائف التمثيل الضوئي وتخزين الغذاء ، حيث التمثيل الضوئي داخل البلاستيدات الخضراء للخلايا البرنشيمية في الورقة بينما تحتوي الخلايا البرنشيمية في السيقان والجذور على بلاستيدات عديمة اللون تخزن النشا. وتتميز الخلايا البرنشيمية بقدرتها على الانقسام والتمايز



شكل ٦٢: الانسجة البرنشيمية

الخلايا الكولنشيمية

تساعد الخلايا الكولنشيمية في دعم الأجزاء الصغيرة من المجموع الخضري في النبات وهي خلايا مستطيلة ولها جدران أولية اكثر سمكاً من الخلايا البرنشيمية ، وعلى الرغم من ان الجدران سميكة بشكل غير متساو فانه غالبا ما تحتوي السيقان والأعناق الصغيرة على خيوط من الخلايا الكولنشيمية أسفل البشرة مباشرة .وهي توفر دعما مرنا. عند النضج تكون هذه الخلايا حية ومرنة وتستطيل مع السيقان والأوراق



شكل ٦٣: الانسجة الكولنشيمية

الخلايا السكلارنشيمية

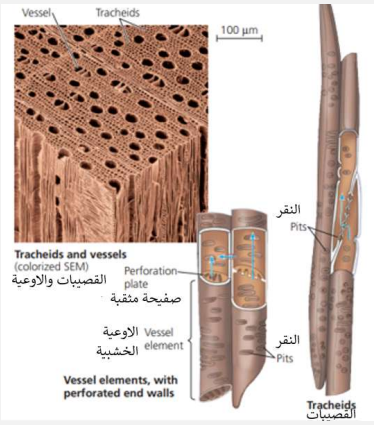
تعمل الخلايا السكلارنشيمية كعناصر دعامة في النبات وهي اكثر صلابة من الخلايا السكلارنشيمية وتكون جدر ثانوية تحتوي على كميات كبيرة من اللجنين وهو بوليمر قوي وتظهر تلك الانسجة في مناطق النبات التي توقف فيها النمو تتخصص الخلايا السكلارنشيمية للدعم وهي ميتة عند النضج. ويوجد نوعان هما الخلايا الحجرية التي تضفي الصلابة على قشور البذور أما الألياف فهي طويلة ونحيلة وتستخدم لصنع الحبال

شكل ٦٤: الانسجة السكلارنشيمية

الأنواع الشائعة من الخلايا النباتية

خلايا الخشب الناقلة للماء

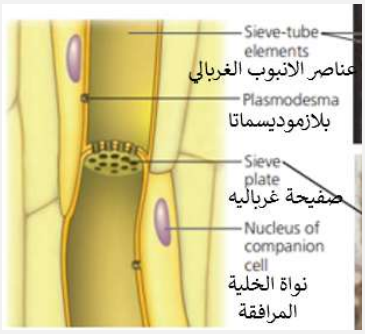
نوعان من الخلايا الموصلة للماء ، القصيبات والأوعية ، وهي عبارة عن خلايا أنبوبية مستطيلة ميتة ومتصلبة عند النضج الوظيفي تظهر القصبات في جميع النباتات الوعائية بينما في معظم كاسيات البذور وبعض عاريات البذور يوجد أوعية خشبية بالإضافة إلى القصيبات. تشكل القصيبات والاوعية قنوات ، غير حية تتدفق من خلالها المياه وغالبا ما تتقاطع الجدران الثانوية للقصيبات والأوعية عن طريق النقر وهي مناطق رقيقة تسمح للماء أن يتدفق افقياً ويتم تدعيم الجدران الثانوية للقصيبات والأوعية باستخدام اللجنين يوفر لها دعم ويحميها من الانهيار تحت ضغط النقل المائي



شكل ٦٥: خلايا الخشب

خلايا اللحاء الناقلة للسكر

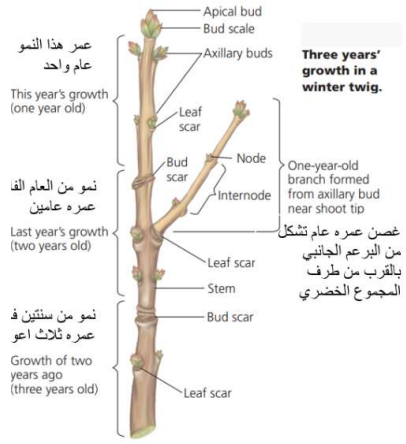
تقوم خلايا اللحاء بنقل السكريات والمغذيات الأخرى عبر خلايا طويلة وضيقة تسمى الانبوب الغربالي والتي تتكون من سلاسل من الخلايا تسمى عناصر الانبوب الغربالي وعلى الرغم من ان عناصر الأنبوب الغربالي حية إلا أنها تفتقر إلى النواة و الرايبوسومات والفجوة العصارية هذا الانخفاض في محتوى الخلية يمكن المغذيات من المرور بسهولة اكبر. الجدران الطرفية بين عناصر الأنبوب الغربالي والتي تسمى صفائح غربالية لها مسام تسهل تدفق السائل من خلية الى أخرى وتوجد بجانب كل عنصر غربالي خلايا غير موصلة تسمى الخلية المرافقة وهي تساعد على تحميل السكر إلى الأنبوب الغربالي



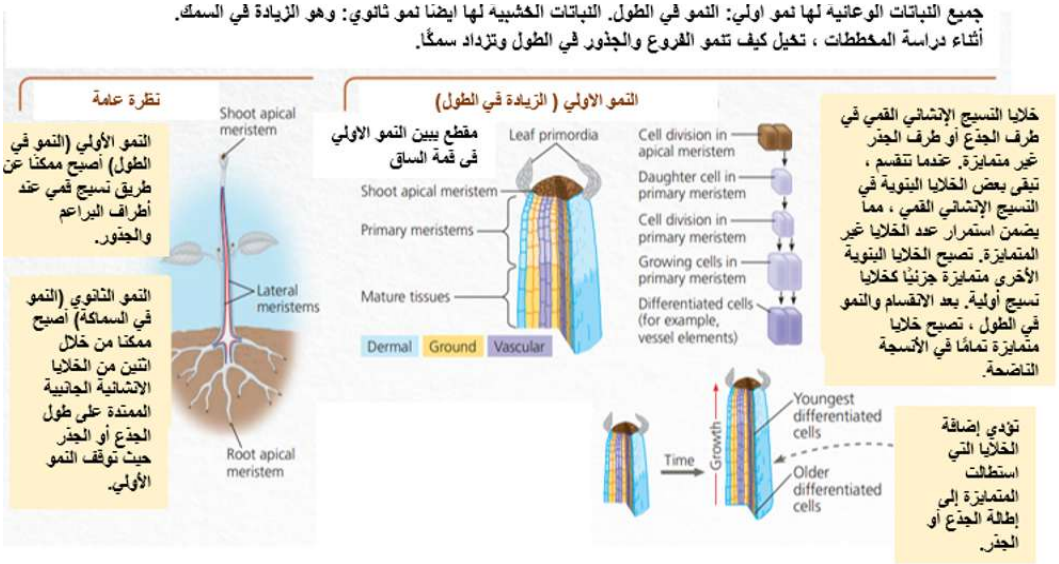
شكل ٦٦: خلايا اللحاء

تولد الخلايا الإنشائية المختلفة خلايا جديدة للنمو الأولي والثانوي:

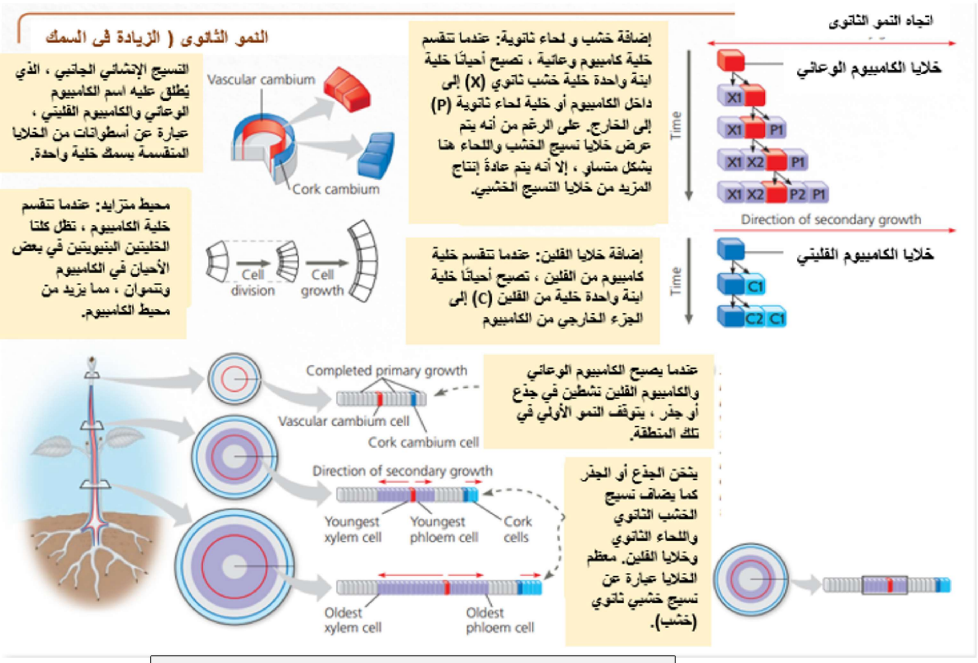
الفـرق الرئيسي بـين النباتـات ومعظـم الحيوانـات هـو أن نمـو النبـات لا يقتصـر عـلى فتـرة الجنـين فقـط بـدلاً مـن ذلـك ، يحـدث النمـو طـوال عمـر النبـات ، وهـي عمليـة تسـمى النمـو غيـر المحـدد و يمكـن للنباتـات أن تسـتمر في النمـو لأنهـا تمتلـك أنسـجة غيـر متمـايزة تسـمى الخلايـا الإنشـائية الـتي تحتـوي عـلى خلايـا يمكـن أن تنقسـم ، ممـا يـؤدي إلى خلايـا جديـدة تسـتطيل وتصـبح متمـايزة . هنـاك نوعـان رئيسـيان مـن الخلايـا الإنشـائية خلايـا إنشـائية قميـه و خلايـا إنشـائية جانبيـة. ويسـمح النمـو الأولي للجـذور بالتمـدد في جميـع أنحـاء التربـة ويسـمح بارتفـاع ا لمجمـوع الخضـري لزيـادة التعرض للضوء



شكل ٦٧: فترات النمو في النبات كل عام



شكل ٦٨: النمو الاولي في النبات



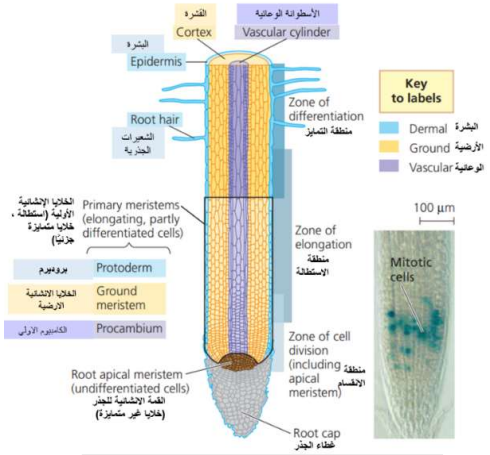
شكل ٦٩: النمو الثانوي في النبات

النمو الأولي يزيد من طول الجذور والفروع:

النمو الأولي للجذور:

تُشتق الكتلة الحيوية الكاملة للجذر الأولي من النسيج الإنشائي القمي للجذر. كما أن النسيج الإنشائي القمي للجذر يصنع غطاء للجذر يشبه الكشتبان ، والذي يحمي النسيج القمي الرقيق بينما يدفع الجذر عبر التربة لحمايته من الاحتكاك. يحدث النمو خلف الطرف مباشرة في ثلاث مناطق متداخلة من الخلايا في مراحل متتالية من النمو الأولي.

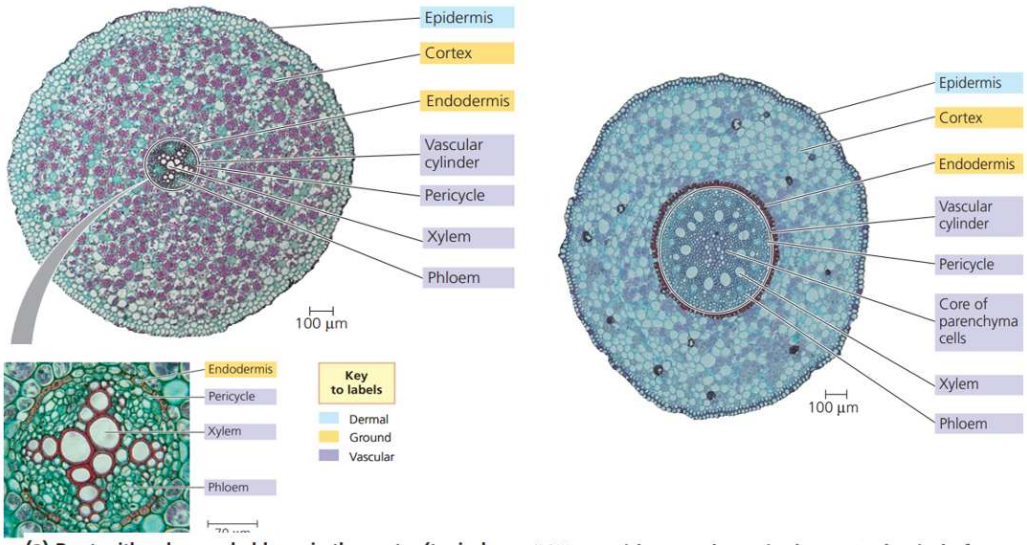
- منطقة الانقسام
- منطقة الاستطالة
- منطقة التمايز



شكل ٧٠: قطاع في القمة النامية للجذر

نمو وتشريح الجذر:

- الشعيرات الجذرية هو السمة الأبرز لبشرة الجذر.
- القشرة، المنطقة الواقعة بين الأنسجة الوعائية والبشرة. والتي تتكون في الغالب من خلايا برنشيمية
- البشرة الداخلية عبارة عن حاجز انتقائي ينظم مرور المواد من التربة إلى الأسطوانة الوعائية .
- يؤدي الكامبيوم الأولي إلى نشوء الأسطوانة الوعائية ، والتي تتكون من لب صلب من أنسجة الخشب و اللحاء محاطة بطبقة خلوية تسمى بريسيكل تنشأ الجذور الجانبية (المتفرعة من المناطق النشطة الإنشائية في الحلقة المحيطية ، وهي الطبقة الخارجية للخلية في الأسطوانة الوعائية ، والمجاورة للبشرة الداخلية وداخله مباشرة كما في الشكل السابق. تندفع الجذور الجانبية الناشئة بشكل مدمر عبر الأنسجة الخارجية حتى تخرج من الجذر الثابت



(a) Root with xylem and phloem in the center (typical of eudicots). In the roots of typical gymnosperms and eudicots, as well as some monocots, the stele is a vascular cylinder appearing in cross section as a lobed core of xylem with phloem between the lobes.

الجذر مع نسيج الخشب واللحاء في المركز (نموذجي في ثنائية الفلقة). في جذور عاريات البذور النموذجية و وثنائية الفلقة ، وكذلك بعض أحادية الفلقة ، الشاهدة عبارة عن أسطوانة وعائية تظهر في المقطع العرضي كنواة مفصصة من نسيج الخشب مع لحاء بين الفصوص.

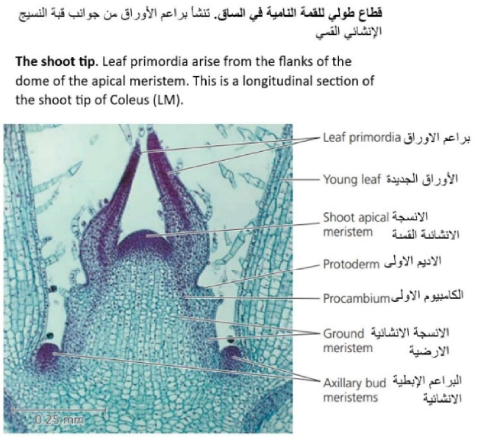
(b) Root with parenchyma in the center (typical of monocots). The stele of many monocot roots is a vascular cylinder with a core of parenchyma surrounded by a ring of xylem and a ring of phloem.

الجذر مع الخلايا البرنشيمية في المركز (نموذجي لأحادية الفلقة). إن شاهدة العديد من الجذور أحادية النواة عبارة عن أسطوانة وعائية ذات قلب من الخلايا البرنشيمية محاطة بحلقة من نسيج الخشب وحلقة من اللحاء.

شكل ٧١: التركيب الداخلي للجذر في ذوات الفلقة والفلقتين

النمو الأولي للمجموع الخضري:

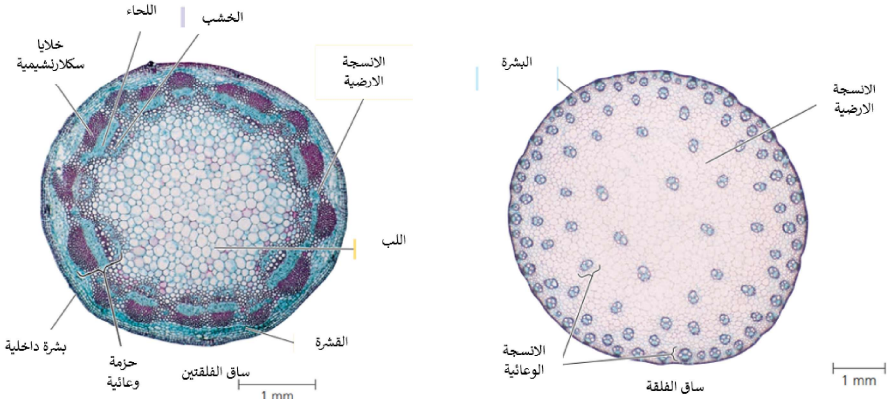
تُشتق الكتلة الحيوية الكاملة للمجموع الخضري الأولي كل أوراقها وسيقانها - من النسيج الإنشائي القمي ، وهو كتلة على شكل قبة من الخلايا المنقسمة عند طرف الساق (انظر الشكل). ينشأ تفرع المجموع الخضري ، وهو أيضًا جزء من النمو الأولي ، من تنشيط البراعم الإبطية ، ولكل منها نسيج قمي خاص بها. وبسبب الاتصال الكيميائي عن طريق الهرمونات النباتية ، كلما اقترب البرعم الإبطي من برعم قمي نشط ، زاد تثبيطه ، وهي ظاهرة تسمى سيادة القمة النامية



شكل ٧٢: قطاع في القمة النامية للساق

نمو وتشريح الساق:

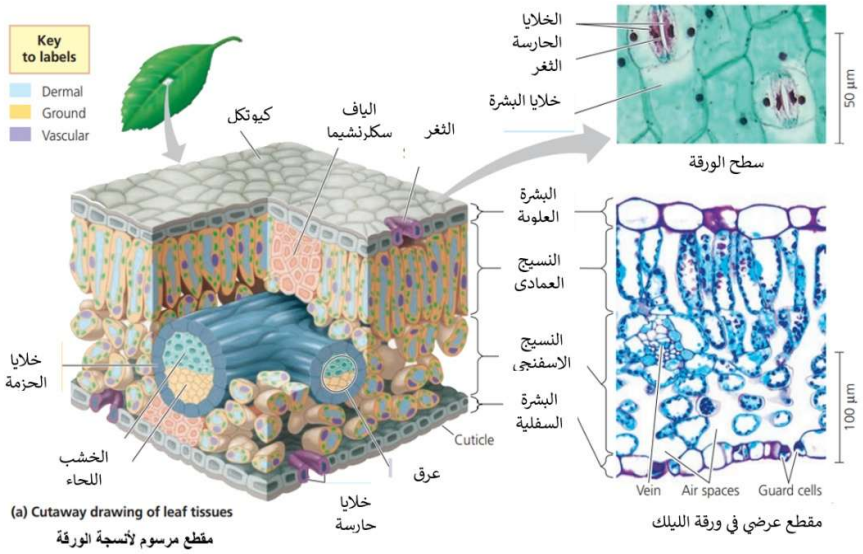
الساق مغطى ببشرة تكون عادة بسماكة خلية واحدة ومغطاة بطبقة شمعية تمنع فقدان الماء. بعض الأمثلة على خلايا البشرة المتخصصة في الجذع تشمل خلايا الحماية و الشعيرات) الشعيرات الغدية ويتكون النسيج الأرضي للسيقان في الغالب من خلايا النسيج البرنشيمي .خلايا كولنشيمية الموجودة أسفل البشرة تعطي دعامة للعديد من السيقان أثناء النمو الأولي. كما توجد الخلايا السكلارنشيمية وخاصة الخلايا الليفية ،والتي توفر الدعم أيضًا في تلك الأجزاء من السيقان التي لم تعد قادرة على الاستطالة. بينما تمتد الأنسجة الوعائية على طول الساق في حزم وعائية.



شكل ٧٣: تركيب الساق في ذوات الفلقة والفلقتين

نمو وتشريح الأوراق:

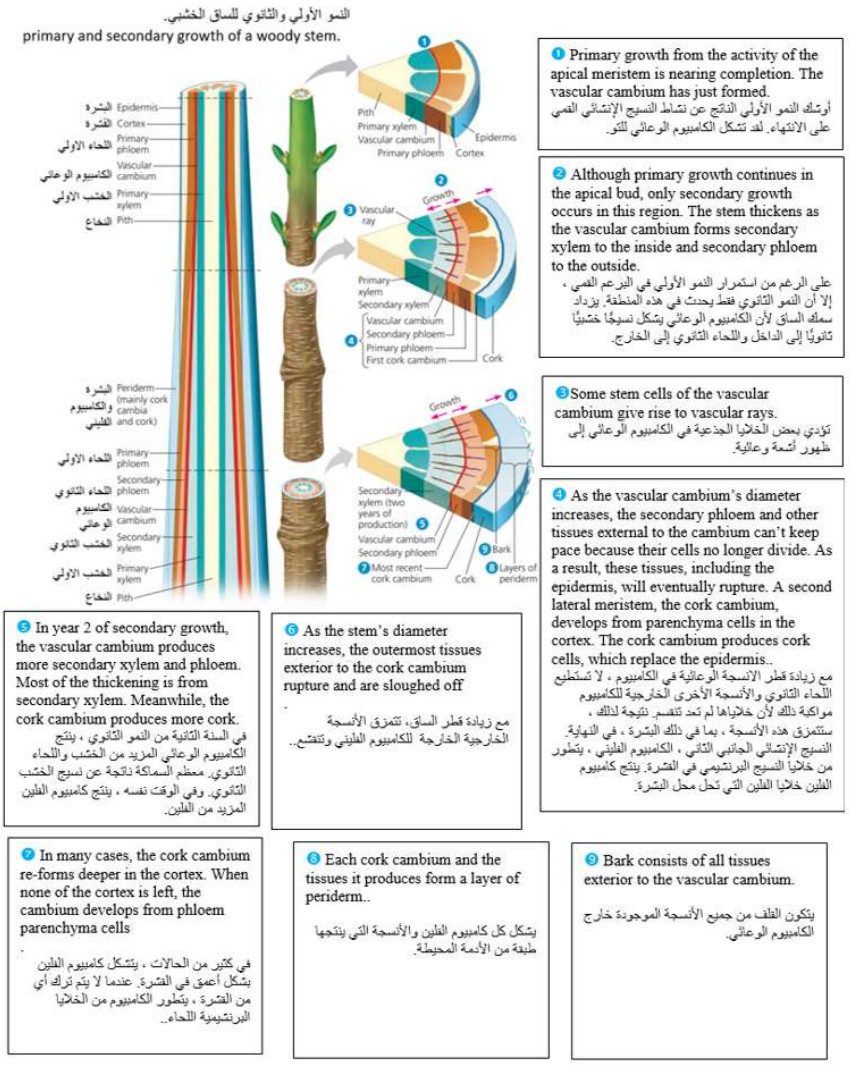
- تُغطى البشرة في الورقة بطبقة شمعية إلا في الأماكن التي توجد فيها الثغور ، مما يسمح بتبادل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين بين الهواء المحيط وخلايا التمثيل الضوئي ، تعد الثغور طرقًا رئيسية لفقد بخار الماء. وهي محاطة بخليتين متخصصتين من خلايا البشرة المعروفة باسم الخلايا الحارسة .
- النسيج الأرضي للورقة ، المسمى بالميزوفيل "النسيج الوسطي" ، محصور بين طبقات البشرة العلوية والسفلية. و يتكون الميزوفيل بشكل أساسي من خلايا برنشيمية متخصصة في التمثيل الضوئي. ويتكون من:
  - الخلايا العمادية تتكون من طبقة واحدة أو أكثر من خلايا برنشيمية حدثت لها استطالة في الجزء العلوي من الورقة.
  - الخلايا الإسفنجية توجد أسفل الخلايا العمادية. ويتم ترتيب الخلايا البرنشيمية هذه بشكل متباعد ، مع فراغات من المساحات الهوائية
- الأنسجة الوعائية لكل ورقة متصلة مع الأنسجة الوعائية للساق. وتنقسم التعرقات بشكل متكرر وتتفرع في جميع أنحاء الميزوفيل. تجعل هذه الشبكة نسيج الخشب واللحاء على اتصال وثيق مع نسيج التمثيل الضوئي ، الذي يحصل على الماء والمعادن من نسيج الخشب وتحمل السكريات والمنتجات العضوية الأخرى في اللحاء لنقلها إلى أجزاء أخرى من النبات.



شكل ٧٤: قطاع عرضي في الورق

النمو الثانوي يزيد من قطر الجذور والسيقان في النباتات الخشبية:

تخضع جميع أنواع عاريات البذور والعديد من أنواع ذوات الفلقتين لنمو ثانوي ، لكنه غير معتاد في ذوات الفلقة الواحدة كما أنه يحدث في سيقان وجذور النباتات الخشبية ، ولكن نادرًا ما يحدث في الأوراق. ويتكون النمو الثانوي من الأنسجة التي ينتجها الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني .



شكل ٧٥: النمو الاولي والثانوي في الساق الخشبية

التحكم الجيني في الازهار:

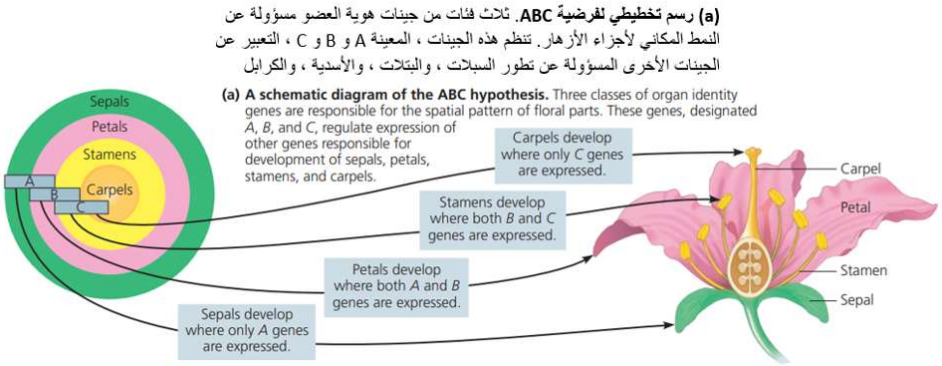
يتضمن تكوين الزهرة تغيرًا في الطور من النمو الخضري إلى النمو التناسلي. ويتم تنشيط هذا التحول من خلال مجموعة من الإشارات البيئية ، مثل طول اليوم ، والإشارات الداخلية ، مثل

الهرمونـات. يـرتبط الانتقـال مـن النمـو الخضـري إلى الإزهـار بالتبـديل إلى جينـات هويـة النسـيج الإنشـائي الزهري

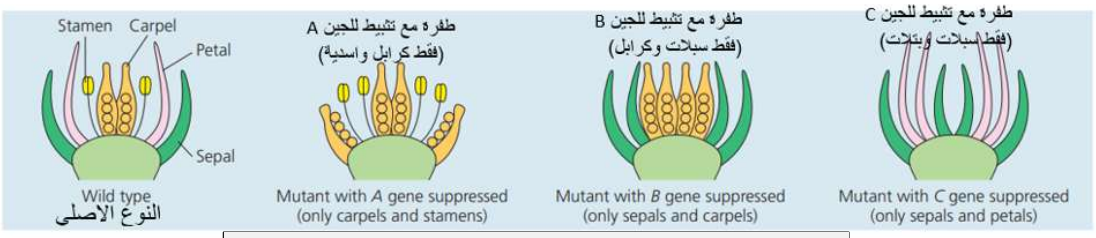
-المنتجـات البروتينيـة لهـذه الجينـات هـي عوامـل النسـخ الـتي تـنظم الجينـات المطلوبـة لتحويـل الأنسجة الإنشائية الخضرية غير المحددة الى أنسجة إنشائية زهرية محددة.

عنـدما يـتم تحفيـز النسـيج الإنشـائي للقمـة الناميـة للإزهـار ، يحـدد ترتيـب ظهـور كـل بادئـة نمـوه إلى نـوع معين من الأعضاء الزهرية - سبلات أو بتلات أو أسدية أو كرابل.

-تشـكل هـذه الأعضـاء الزهـري ة أربـع حلقـات يمكـن وصـفها تقريبًـا بأنهـا "دوائـر" متحـدة المركـز عنـد النظر إليها من الأعلى.



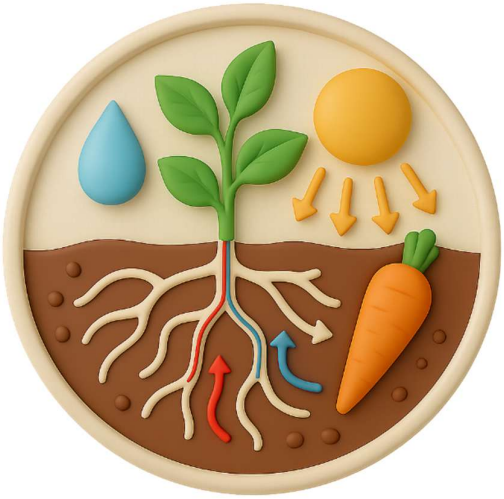
شكل٧٦: فرضية ABC لعمل جينات هوية العضو في الزهرة



شكل٧٧: منظر جانبي للزهور الاصلية والزهور مع طفرات هوية العضو
ملاحظة : اذا تم قمع الجين A او الجين C سيتم التعبير عن الجين الاخر

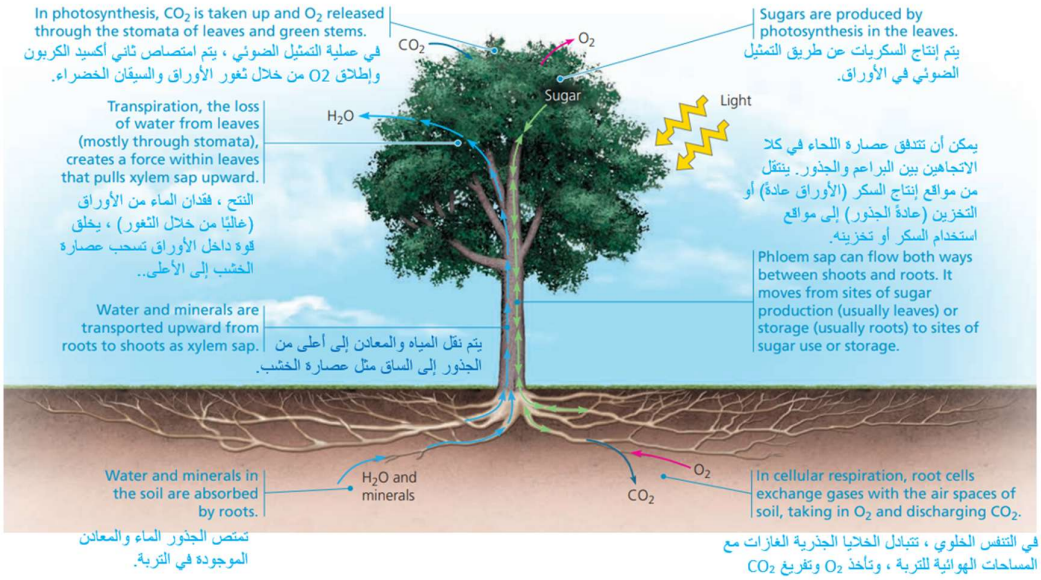
الفصل الثاني

الحصول على الموارد ونقلها في النباتات الوعائية



كانت عمليات التكيف للحصول على الموارد خطوات أساسية في تطور النباتات الوعائية:

تنمو معظم النباتات في التربة وبالتالي تعيش في عالمين - فوق الأرض ، حيث يكتسب المجموع الخضري ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون ، وتحت الأرض ، حيث تكتسب الجذور الماء والمعادن. ويقدم (الشكل التالي) لمحة عامة عن اكتساب الموارد ونقلها في نباتات التمثيل الضوئي النشطة.



شكل٧٨: لمحة عامة عن اكتساب الموارد ونقله في النبات

تكيفات الجذور والأوراق لاكتساب الموارد:

بنية المجموع الخضري والتقاط الضوء	بنية المجموع الجذري والحصول على الماء
١- اختلاف أنماط التفرع	١- التعديل في بنية وتركيب الجذور
٢- التنوع في حجم الأوراق وتركيبها	٢- علاقات متبادلة المنفعة مع الكائنات الحية الدقيقة
٣- ترتيب الأوراق على الساق	

آليات مختلفة لنقل المواد لمسافات قصيرة أو طويلة:

نقل الماء لمسافات قصيرة عبر الغشاء البلازمي:

يحدث امتصاص أو فقدان الماء من قبل الخلية بالخاصية الاسموزية ، وانتشار الماء الحر - الماء غير المرتبط بالمواد المذابة أو الأسطح - عبر الغشاء.

-الخاصية الفيزيائية التي تتنبأ بالاتجاه الذي سيتدفق فيه الماء تسمى جهد الماء ، وهي الكمية التي تتضمن تأثيرات تركيز المذاب والضغط الفيزيائي.

-تنتقل المياه الحرة من المناطق ذات الجهد المائي العالي إلى المناطق ذات الجهد المائي المنخفض إذا لم يكن هناك عائق أمام تدفقها.

-يتم اختصار جهد الماء بالحرف اليوناني (psi) Ψ ، تنطق ساي .(يقيس علماء الأحياء النباتية Ψ بوحدة ضغط تسمى ميغا باسكال.(MPa)

-بحكم التعريف ، فإن Ψ من الماء النقي في وعاء مفتوح للغلاف الجوي تحت الظروف القياسية (عند مستوى سطح البحر ودرجة حرارة الغرفة) هو ٠ ميجا باسكال.

دعونا الآن نفكر في كيفية تأثير جهد الماء على امتصاص وفقدان الماء بواسطة خلية نباتية حية .

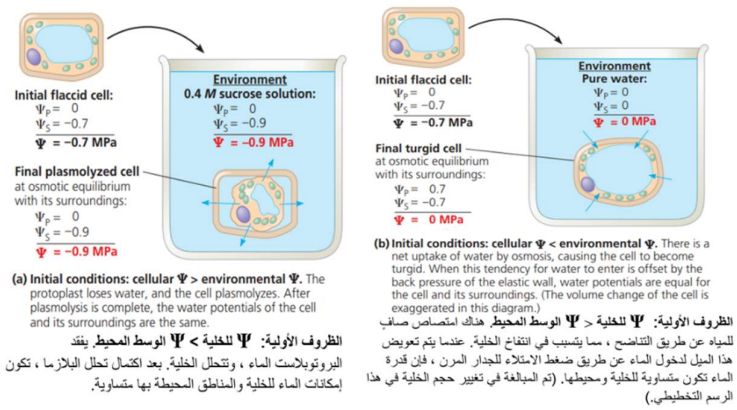
-أولاً ، تخيل خلية رخوة نتيجة لفقدان الماء. في هذه الحالة يكون Ψ_P للخلية 0ميجا باسكال. افترض أن هذه الخلية الرخوة مغمورة في محلول بتركيز من المواد الذائبة اعلى من الخلية نفسها

-نظرًا لأن المحلول الخارجي يحتوي على جهد مائي (أقل أكثر سلبية)فإن الماء ينتشر خارج الخلية ويكون البروتوبلاست للخلية تحت وضع التحلل البلازمي أي أنها تتقلص وتنسحب بعيدًا عن جدار الخلية.

-إذا وضعنا نفس الخلية الرخوة في ماء نقي $\Psi = 0$ ميجا باسكال الشكل b، فإن الخلية ، نظرًا لاحتوائها على مواد مذابة ، لديها جهد مائي أقل من الماء النقي ، ويدخل الماء إلى الخلية بالخاصية الأسموزي.

-تبدأ محتويات الخلية في الانتفاخ وتضغط على غشاء البلازما ضد جدار الخلية. الجدار المرن جزئيًا ، الذي يكون ضغط الامتلاء ، يحصر البروتوبلاست المضغوط.

-عندما يكون هذا الضغط كافيًا لموازنة ميل الماء للدخول بسبب المواد المذابة في الخلية ، في هذه الحالة يكون Ψ_P و Ψ_S متساويان و $\Psi = 0$



شكل ٧٩: تأثير جهد الماء على امتصاص وفقدان الماء بواسطة خلية نباتية حية

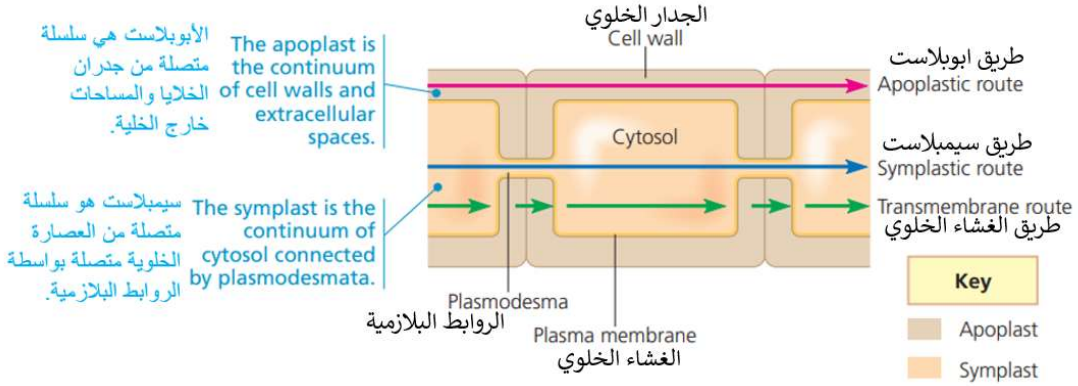
الأكوابورينات: تسهيل انتشار الماء

الاختلاف في قدرة الماء يحدد اتجاه حركة الماء عبر الأغشية ، ولكن كيف تعبر جزيئات الماء الأغشية فعليًا؟

جزيئات الماء صغيرة بما يكفي لتنتشر عبر طبقتي الفسفوليبيدات، على الرغم من أن الطبقة الداخلية من الطبقة الثنائية كارهة للماء ومع ذلك ، فإن حركتها عبر الأغشية البيولوجية تكون سريعة جدًا بحيث لا يمكن تفسيرها بالانتشار بدون مُساعدة. لذلك تعمل بروتينات ناقلة التي تسمى اكوابورينات aquaporins على تسهيل نقل جزيئات الماء عبر الأغشية البلازمية في الخلايا النباتية. وتؤثر قنوات الأكوابورينات، التي يمكن أن تفتح وتغلق ، على معدل تحرك الماء بالخاصية الاسموزية عبر الغشاء. ان هذه النفاذية تنخفض بزيادة $Ca2+$ في العصارة الخلوية أو انخفاض في pH في العصارة الخلوية.

ابوبلاست و سيمبلاست: استمرارية النقل

ابوبلاست	سيمبلاست	الروابط البلازمية
يتكون من كل شيء خارج الغشاء البلازمي للخلايا الحية ويشمل جدران الخلايا والمساحات خارج الخلية وداخل الخلايا الميتة مثل عناصر الأوعية الخشبية.	يتكون من الكتلة الكاملة من العصارة الخلوية لجميع الخلايا الحية في النبات ،	وهي القنوات السيتوبلازمية التي تربط الخلايا ببعضها البعض.



شكل٨٠: طرق النقل لمسافات قصيرة في الخلايا النباتية

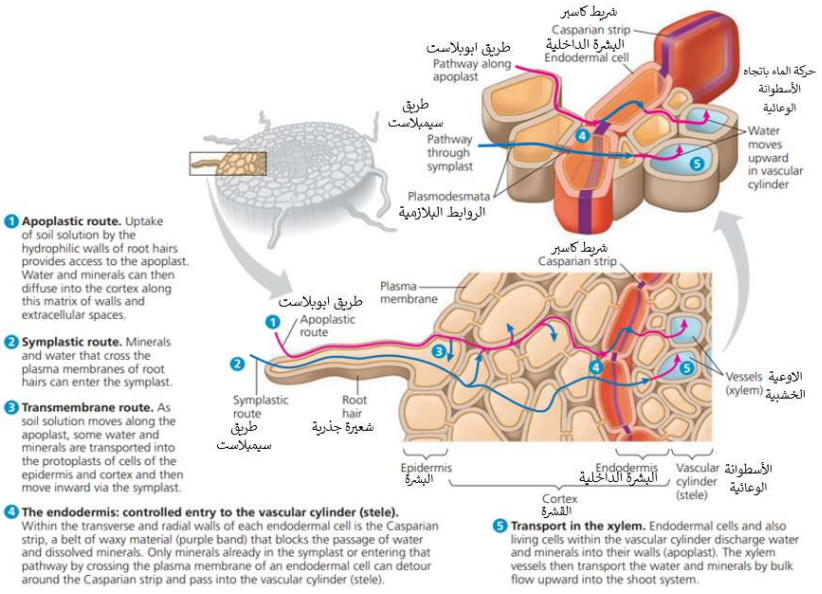
النقل لمسافات طويلة: دور التدفق الكتلي

يحدث النقل لمسافات طويلة من خلال التدفق الكتلي bulk flow ، وهي حركة السائل استجابةً لتدرج الضغط يحدث التدفق الكتلي للمواد دائمًا من ضغط أعلى إلى ضغط منخفض. على عكس التناضح ، فإن التدفق الكتلي مستقل عن تركيز المذاب. ويحدث التدفق الكتلي لمسافات طويلة داخل الخلايا المتخصصة في الأنسجة الوعائية، وهي القصبات وعناصر الأوعية في نسيج الخشب والأنابيب الغربالية في اللحاء.

يؤدي النتح إلى نقل المياه والمعادن من الجذور إلى الأوراق عبر نسيج الخشب:

يمر امتصاص الماء والأملاح ونقله عبر الخشب بثلاث مراحل

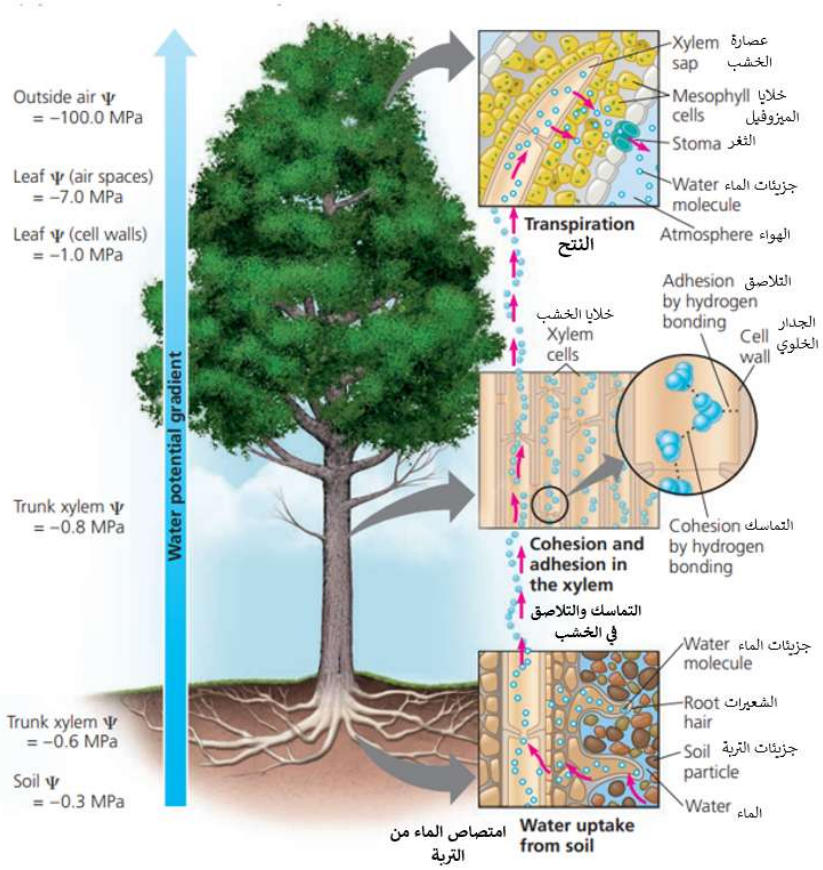
امتصاص الماء والمعادن بواسطة خلايا الجذر	نقل المياه والمعادن إلى نسيج الخشب	النقل بالتدفق الكتلي عبر الخشب
١- الخاصية الأسموزية ٢- النقل النشط	١-السيمبلاست ٢-ابوبلاست	١-دفع عصارة الخشب: ضغط الجذر ٢-سحب عصارة الخشب: فرضية التماسك والشد



شكل ٨١: نقل المياه والمعادن من الشعيرة الجذرية الى نسيج الخشب

صعود عصارة الخشب:

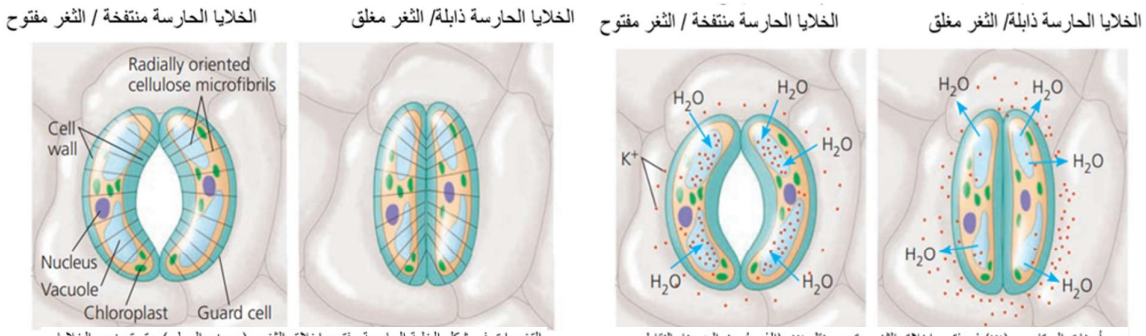
تشكل الرابطة الهيدروجينية سلسلة غير منقطعة من جزيئات الماء تمتد من الأوراق إلى التربة. القوة الدافعة لصعود عصارة الخشب هي التدرج لجهد الماء(Ψ) بالنسبة للتدفق الكتلي عبر مسافة طويلة، يرجع التدرج في (Ψ) أساساً إلى تدرج جهد الضغط (Ψ) ينتج عن النتح إن الضغط في نهاية الورقة أقل من الضغط في نهاية الجذر.



شكل ٨٢: صعود عصارة الخشب

معدل النتح تنظمه الثغور:

- الثغور هي المسارات الرئيسية لفقدان المياه
- آليات فتح وإغلاق الثغور
-محفزات فتح وإغلاق الثغور



دور أيونات البوتاسيوم (K^+) في فتح وإغلاق الثغر. يتسبب نقل K^+ (الذي يُرمز إليه هنا بالنقاط الحمراء) عبر الغشاء البلازمي وأغشية الفجوات في حدوث تغيرات في الخلايا الحارسة. يساهم امتصاص الأيونات ، مثل أيونات المالات والكلوريد (غير موضح) ، أيضًا في تورم الخلايا الحارسة.

التغييرات في شكل الخلية الحارسة وفتح وإغلاق الثغور (عرض السطح). يتم توضيح الخلايا الحارسة لنبات كاسيات البذور النموذجية في حالتها المتفتحة (الثغر مفتوح) والحالة الذابلة (الثغر مغلق). يؤدي الاتجاه الشعاعي لشرائح السليلوز الدقيقة في جدران الخلايا إلى زيادة طول الخلايا الحامية أكثر من عرضها عند زيادة التورم. نظرًا لأن الخليتان الحارستان مرتبطان بإحكام عند أطرافهما ، فإنهما ينحنيان للخارج عندما يكونان متورمتين ، مما يؤدي إلى فتح مسام الثغر.

شكل ٨٣: الية فتح واغلاق الثغور

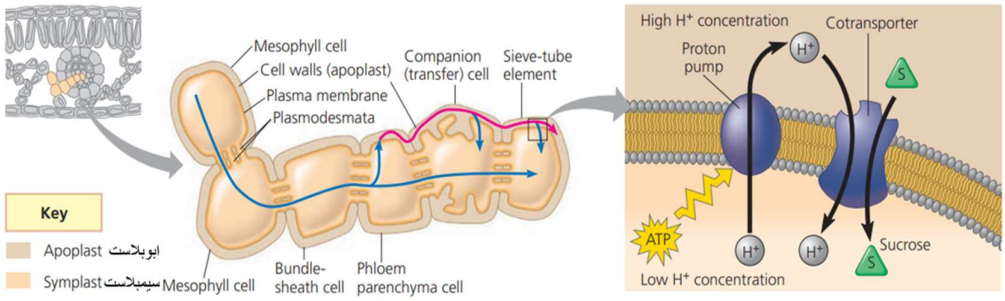
التكيفات التي تقلل فقدان الماء:

تتميز نباتات البيئات الجافة بتكيفات فسيولوجية أو مورفولوجية غير عادية تمكنها من تحمل الظروف الصحراوية القاسية. فنجد أن سيقان العديد من نباتات الجفاف لحمية لأنها تخزن الماء للاستخدام أثناء فترات الجفاف الطويلة. أو تقوم باختزال وتقليل أوراقها كما في الصبار لتقاوم فقدان الماء المفرط؛ وبدلاً من الأوراق تقوم سيقانها بالقيام بالبناء الضوئي. تكيف آخر شائع في البيئات القاحلة هو نباتات (CAM) ، وهو شكل متخصص من التمثيل الضوئي الموجود في العصارة.

نظرًا لأن أوراق نباتات CAM تأخذ CO2 في الليل ، يمكن أن تظل الثغور مغلقة أثناء النهار ، عندما تكون عملية التبخر أعلى.

- **يتم نقل السكريات من المصادر إلى الأسفل عبر اللحاء:**
- **يمر نقل السكر عبر اللحاء بمرحلتين:**

الانتقال من مصادر السكر إلى مخازن السكر	التدفق الكتلي بالضغط الإيجابي
١-السيمبلاست ٢- ابوبلاست ٣-النقل النشط	يولد امتصاص الماء من نسيج الخشب الى اللحاء ضغط إيجابي داخل عناصر اللحاء



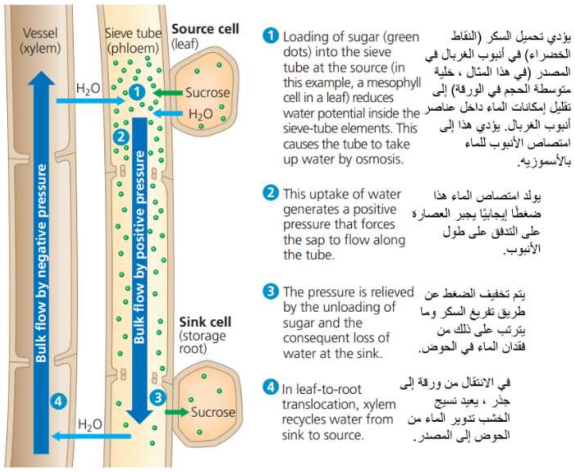
(a) Sucrose manufactured in mesophyll cells can travel via the symplast (blue arrows) to sieve-tube elements. In some species, sucrose exits the symplast near sieve tubes and travels through the apoplast (red arrow). It is then actively accumulated from the apoplast by sieve-tube elements and their companion cells.

يمكن أن ينتقل السكروز المصنوع في خلايا النسيج الوسطي عبر سيمبلاست (الأسهم الزرقاء) إلى عناصر أنبوب الغربال. في بعض الأنواع ، يخرج السكروز من symplast بالقرب من أنابيب الغربال وينتقل عبر apoplast (السهم الأحمر). ثم يتم تجميعها بشكل نشط من الأبوبلاست بواسطة عناصر أنبوب الغربال والخلايا المرافقة لها.

(b) A chemiosmotic mechanism is responsible for the active transport of sucrose into companion cells and sieve-tube elements. Proton pumps generate an H^+ gradient, which drives sucrose accumulation with the help of a cotransport protein that couples sucrose transport to the diffusion of H^+ back into the cell.

آلية الاسموزية الكيميائية هي المسؤولة عن النقل النشط للسكروز إلى الخلايا المرافقة وعناصر الأنبوب الغربالي. تولد مضخات البروتون تدرج في تركيز H^+ ، والذي يحرك تراكم السكروز بمساعدة بروتين النقل المشترك الذي يقترن بنقل السكروز إلى انتشار H^+ مرة أخرى في الخلية.

شكل ٨٤: اليات النقل في عناصر اللحاء



شكل ٨٥: التدفق الكتلي بالضغط الإيجابي في الانبوب الغربالي

الفصل الثالث

التربة والتغذية في النبات

التربة نظام بيئي حي ومعقد:

تحتوي الطبقات العليا من التربة ، التي تمتص منها النباتات تقريبًا كل الماء والمعادن التي تحتاجها ، على مجموعة واسعة من الكائنات الحية التي تتفاعل interact مع بعضها البعض ومع البيئة المادية.

العناصر الأساسية:

تحتوي المواد غير العضوية في النباتات على أكثر من ٥٠ عنصرًا كيميائيًا. عند دراسة التركيب الكيميائي للنباتات ، يجب أن نميز العناصر الضرورية عن تلك الموجودة بشكل بسيط في النبات. يعتبر العنصر الكيميائي عنصرًا أساسيًا فقط إذا كان مطلوبًا للنبات لإكمال دورة حياته والتكاثر.

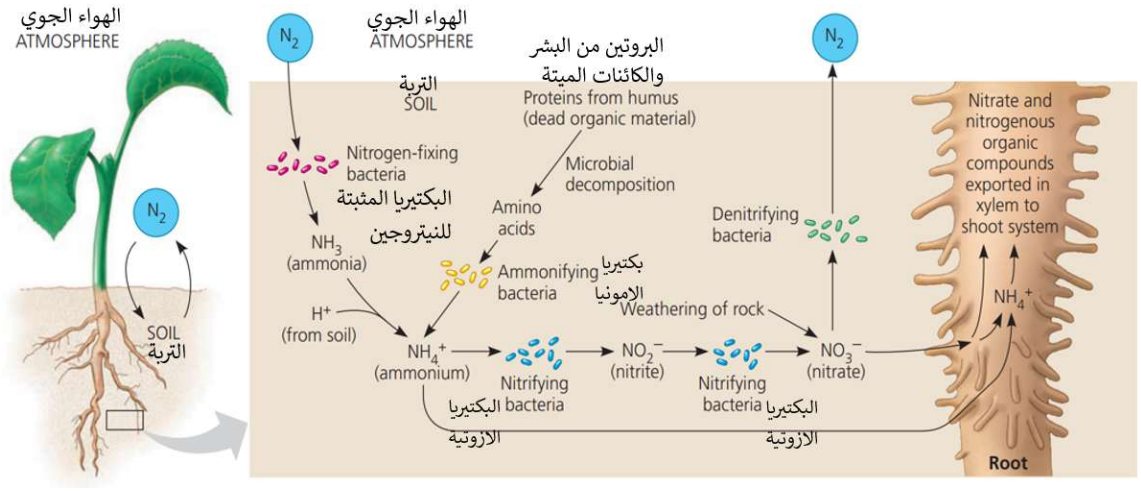
العنصر	CO_2	O_2	H_2O	NO_3^- ,NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H_2PO^{4-}	SO^{4-}
الاعراض الناتجة عن نقصه	ضعف النمو	ضعف النمو	الذبول وضعف النمو	اصفرار أطراف الاوراق	ضعف الساق والجذور وتبقع الاوراق	تجعد الأوراق الصغيرة وموت البراعم	اصفرار بين العروق في الورقة	ضعف في النمو وسيقان رفيعة	اصفرار في الأوراق الصغيرة

غالبًا ما تتضمن تغذية النبات علاقات مع الكائنات الحية الأخرى

إلى الان ونحن نتحدث عن النباتات على أنها مستغلة لموارد التربة ، لكن النباتات والتربة لها علاقة ثنائية الاتجاه. حيث توفر النباتات الميتة الكثير من الطاقة التي تحتاجها البكتيريا والفطريات التي تعيش في التربة. أيضاً تستفيد العديد من هذه الكائنات من الإفرازات الغنية بالسكر التي تنتجها الجذور الحية . وفي الوقت نفسه ، تستفيد النباتات من ارتباطها ببكتيريا التربة والفطريات

دور بكتيريا التربة في تغذية النبات بالنيتروجين:

يتم توفير الأمونيوم للنباتات عن طريق نوعين من بكتيريا التربة . تلك التي تثبت N2 في الغلاف الجوي وتسمى البكتيريا المثبتة للنيتروجين. وتلك التي تحلل المواد العضوية وتسمى بكتيريا الأمونيا . وبالرغم من ان النباتات تمتص الأمونيوم إلا أنها تمتص بشكل أساسي النترات التي تنتجها البكتيريا الازوتية.



شكل ٨٦: دور بكتيريا التربة في تثبيت النيتروجين

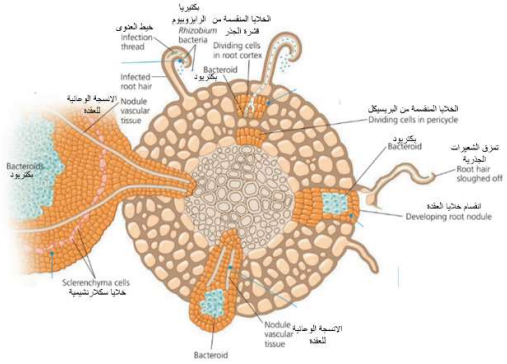
بكتيريا الجذور:

تمر تكوين العقد الجذرية في جذور النباتات بعدة مراحل:

١- تصدر الجذور إشارات كيميائية تجذب البكتيريا ثم تقوم البكتيريا بتحفيز الشعيرات على الاستطالة وتشكيل خيط عدوى عن طريق الغشاء البلازمي

٢- خيط العدوى الذي يحتوي على البكتيريا يخترق قشرة الجذر وتبدأ خلايا القشرة و البريسكل في الانقسام وتتبرعم الحويصلات التي تحتوي على البكتيريا إلى خلايا قشرية ثم تنمو البكتيريا داخل الحويصلات إلى بكتيريا مثبتة للنيتروجين.

٣- يستمر النمو في المناطق المصابة من القشرة والبريسكل وتندمج هاتان الكتلتان وتشكلان العقدة

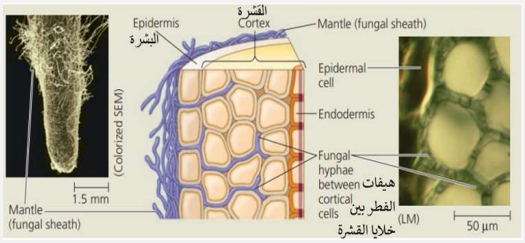
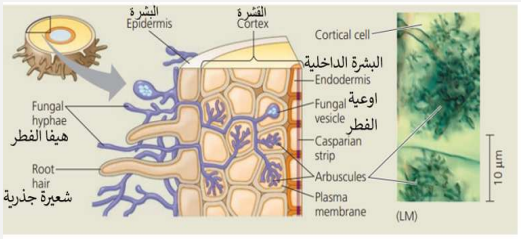


شكل ٨٧:مراحل تكوين العقدة الجذرية

٤- تطور العقدة أنسجة وعائية تزود البكتيريا بالمغذيات وتزود الأسطوانة الوعائية بالمركبات النيتروجينية

٥- تنمو العقدة لتكون أكبر من قطر الجذر وتكون الخلايا الداخلية متصلبة ومحاطة بمادة اللجنين التي تقلل من امتصاص الأوكسجين وتساعد على الحفاظ على البيئة اللاهوائية للبكتيريا.

الفطريات وتغذية النبات

الفطريات الخارجية	الفطريات التشجيرية (الداخلية)
عباءة الفطريات تغلف الجذر. وتمتد الخيوط الفطرية من الوشاح إلى التربة، وتمتص الماء والمعادن، وخاصة الفوسفور. وتمتد الهيفا أيضا الى المساحات خارج الخلية لقشرة الجذر، مما يوفر مساحة سطحية واسعة لتبادل المغذيات بين الفطر والنبات المضيف 	لا يتشكل عباءة حول الجذر، لكن هيفا فطرية مجهرية تمتد إلى الجذر. داخل قشرة الجذر، يقوم الفطر باتصال واسع النطاق مع النبات من خلال تفرع خيوط تشكل حويصلات، مما يوفر مساحة سطحية هائلة لتبادل المغذيات. تخترق الهيفا جدران الخلايا، ولكن ليس أغشية البلازما للخلايا داخل القشرة 

طرق أخرى لحصول أنواع من النباتات على غذائها:

١- النباتات الهوائية المتسلقة
٢- النباتات الطفيلية
٣- النباتات آكلة اللحوم

شكل ٨٨: من اليمين النباتات المتطفلة والهوائية وآكلات اللحوم

الفصل الرابع
تكاثر النباتات مغطاة البذور

الأزهار والإخصاب المزدوج والفواكه هي الصفات الرئيسية لدورة حياة النباتات مغطاة البذور:

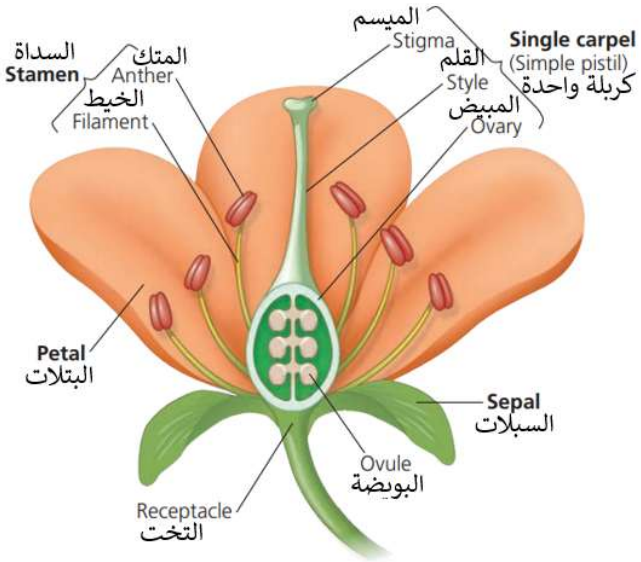
تتميز دورات حياة جميع النباتات بتبادل الأجيال ، حيث تنتج أجيال متعددة الخلايا أحادية المجموعة الكروموسومية (n) وأجيال متعددة الخلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n) يتناوب بعضها مع بعض.. ينتج عن الإخصاب ، زيجوت ثنائي المجموعة الكروموسومية ، والذي ينقسم عن طريق الانقسام المتساوي ويشكل نبات بوغي جديدًا.. في مغطاة البذور ، يكون الطور البوغي هو الجيل السائد فهو أكبر وأكثر وضوحًا وأطول عمراً من الطور المشيجي. ويمكن تذكر الصفات الرئيسية لدورة حياة كاسيات البذور على أنها "ثلاثة f s"

f lowers, double f ertilization, and f ruits

تركيب الزهرة ووظيفتها:

تتكون الزهرة، وهي الطور البوغي في مغطاة البذور والمتخصصة في التكاثر الجنسي، عادةً من أربعة أنواع من الأعضاء الزهرية الكرابل والأسدية والبتلات والسبلات

تحتوي الكرابل على مبيض في قاعدته وعنق طويل نحيف يسمى القلم .ويوجد في الجزء العلوي من القلم تركيب لزج يسمى الميسم التي تلتقط حبوب اللقاح. وتتكون السداة من ساق تسمى الخيط وهيكل طرفي يسمى. داخل المتك توجد غرف تسمى (أكياس حبوب اللقاح) التي تنتج حبوب اللقاح.



شكل ٨٩: تركيب الزهرة النموذجية

طرق التلقيح

التلقيح بواسطة الرياح

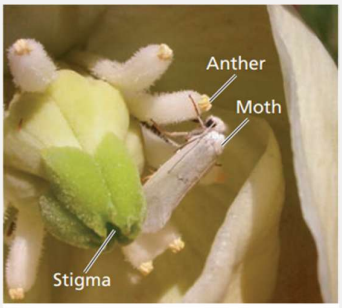
تحتوي الزهرة على سداة كبيرة تنتج سحابة كبيرة من حبوب اللقاح

تكون الكربلة كبيرة والمياسم ريشية

التلقيح بواسطة النحل

تكون الازهار ذات الوان ورائحة جذابة

التلقيح بواسطة الفراشات والعث



تكون الازهار ذات الوان يمكن تمييزها في الظلام ولها رائحة عطرية

التلقيح بواسطة الخفافيش

الزهور الملقحة بالخفافيش تكون ذات لون فاتح وعطرية

التلقيح بواسطة الذباب

ضاربة إلى الحمرة ولحمية ، ولها رائحة مثل اللحم الفاسد

التلقيح بواسطة الطيور

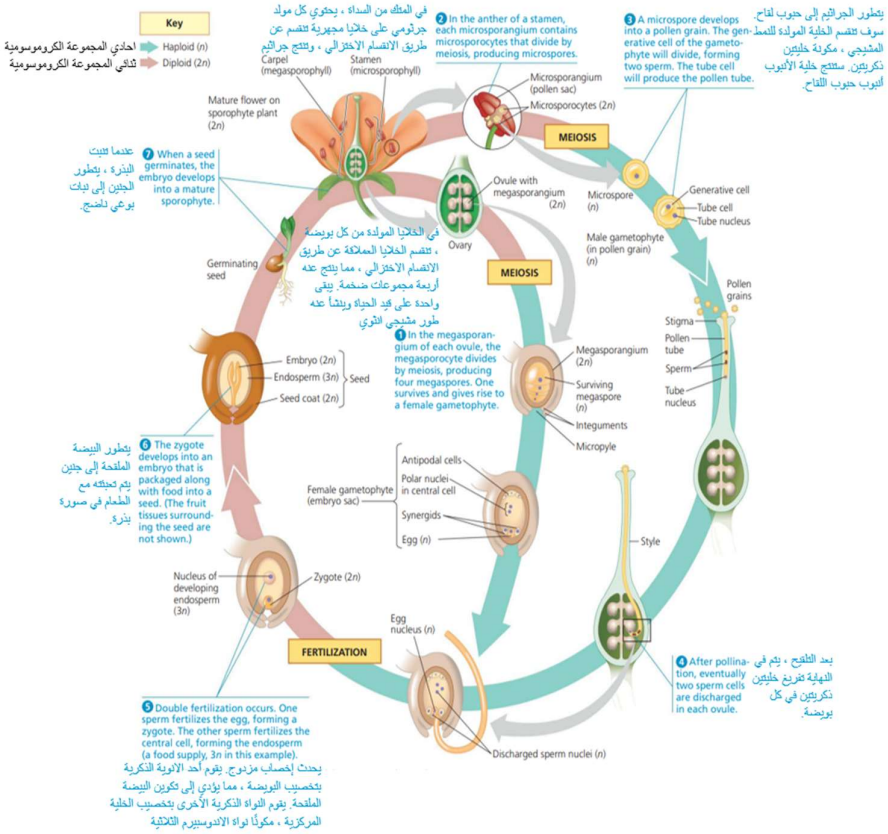
تكون الازهار كبيرة ولامعة وذات رائحة قليلة وتلتحم البتلات لتشكل أنبوب يتناسب مع منقار الطائر

دورة حياة كاسيات البذور:

التلقيح ما هو إلا خطوة أولى في دورة حياة مغطاة البذور. يقدم (الشكل التالي) نظرة عامة كاملة عن دورة الحياة life cycle ، مع التركيز على نمو الطور المشيجي ، وتوصيل نواة حبوب اللقاح عن

طريق أنابيب حبوب اللقاح ، والإخصاب المزدوج ، ونمو البذور .على مدار تطور النبات البذري ، تقلص حجم الطور المشيجي (الزهرة) وأصبح يعتمد كليًا على النبات البوغي للحصول على العناصر الغذائية. و يعد الطور المشيجي في مغطاة البذور هي الأكثر اختزالًا بين جميع النباتات ، ويتكون من عدد قليل فقط من الخلايا: فهي مجهرية ، ومغطاة بالأنسجة الواقية.

من أجل التبسيط ، تظهر هنا في الرسم زهرة بها كربلة واحد (ميسم بسيط). ولكن في الحقيقة العديد من الأنواع لها العديد من الكرابل ، إما منفصلة أو مدمجة.



شكل ٩٠: دورة حياة كاسيات البذور

نمو البذور وتركيبها:

تمر تكوين البذور بثلاث مراحل:

١- نمو الاندوسبيرم

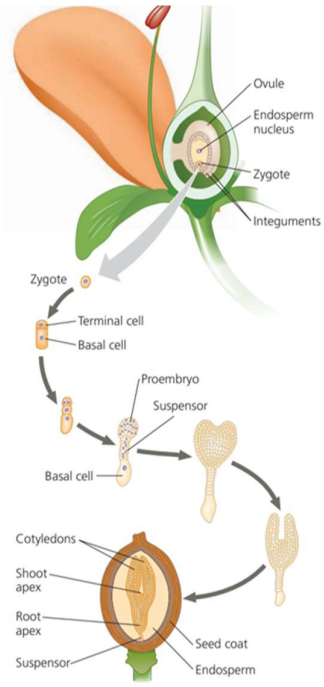
ينمو الاندوسبيرم عادة قبل الجنين. بعد الإخصاب المزدوج ، تنقسم النواة ثلاثية المجموعة الكروموسومية للخلية المركزية للبويضة ، وتشكل "خلية فائقة supercell" متعددة النوى ذات قوام حليبي. هذه الكتلة السائلة التي تسمى الاندوسبيرم ، تصبح عديدة الخلايا عندما يقسم السيتوبلازم الخلية عن طريق تكوين أغشية تفصل بين الأنوية.
وفي النهاية ، تنتج هذه الخلايا "العارية جدرانًا خلوية ، ويصبح الاندوسبيرم صلبًا

٢- نمو الأجنة.

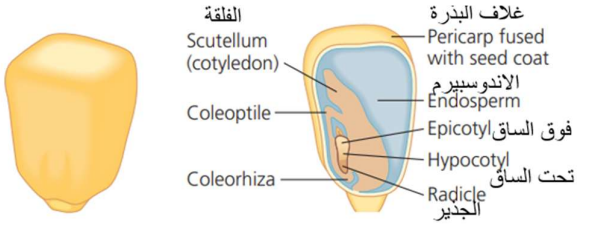
بحلول الوقت الذي تصبح فيه البويضة بذرة ناضجة وتتصلب المكونات في غلاف البذرة يكون الزيجوت قد أدى إلى ظهور نبات جنيني بأعضاء ابتدائية.

٣- البذرة الناضجة

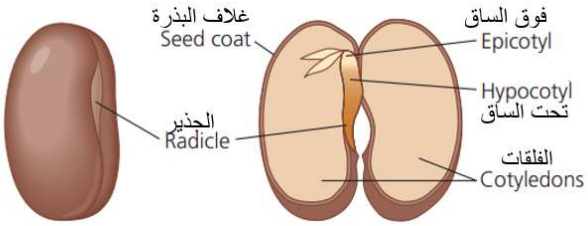
خلال مراحل النضج الأخيرة ، تجف البذور حتى يصبح محتواها المائي حوالي ٥-١٥٪ فقط من وزنها و يدخل الجنين ، الذي يحيط به المصدر الغذائي (الفلقات أو الاندوسبيرم أو كليهما) ، في الكمون ؛ وهذا يعني أنه يتوقف عن النمو ويكاد الأيض يتوقف



شكل ٩١: نمو الاجنة في بذور النباتات



شكل ٩٢: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقة

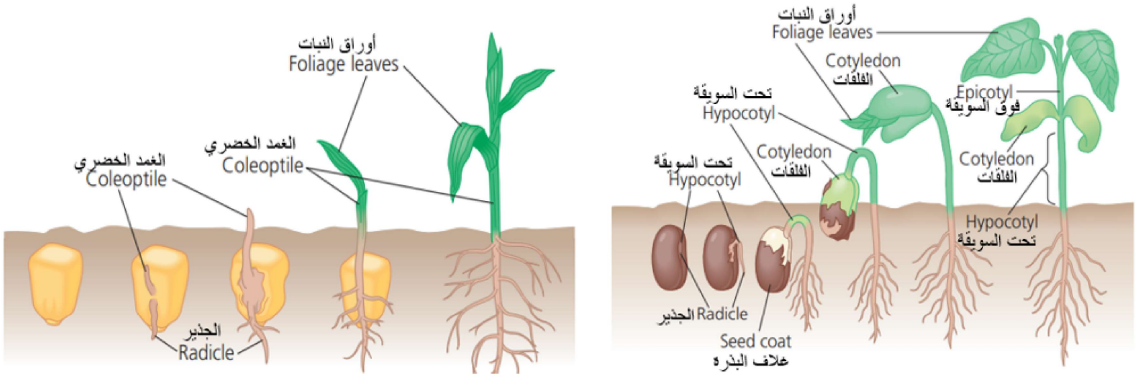


شكل ٩٣: تركيب البذرة الناضجة في ذوات الفلقتين

إنبات البذور:

عندما تكون الظروف البيئية مواتية للنمو ، يتم كسر الكمون في البذور ويستمر الإنبات يتبع الإنبات نمو السيقان والأوراق والجذور ، وفي النهاية الإزهار.

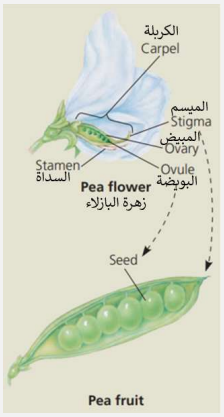
الإنبات في الفاصوليا	الإنبات في الذرة
في نبات الفاصوليا يؤدي استقامة خطاف السويقة إلى سحب الفلقات من التربة	في الذرة والأعشاب الأخرى تنمو النبتة بشكل مستقيم عبر أنبوب الغمد الخضري

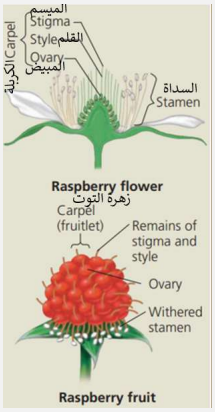


شكل ٩٤: مراحل انبات البذور في ذوات الفلقتين والفلقة

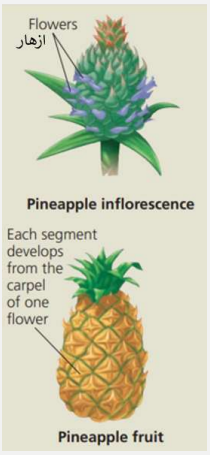
تركيب الفاكهة ووظيفتها:

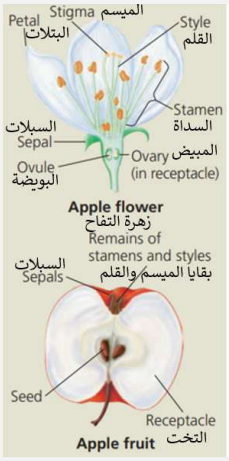
الثمرة البسيطة	الثمرة المجمعة
هي التي تشتق من كربلة واحد أو عدة كربلات مدمجة	تتجمع من زهرة واحدة تحتوي على أكثر من كربلة منفصلة، كل منها يشكل ثمرة صغيرة





الثمرة المركبة	الثمرة الملحقة
تنشأ من النورة ، وهي مجموعة من الأزهار متجمعة معًا بإحكام	تساهم أجزاء نباتية أخرى في تكوين الثمرة. تسمى هذه الثمرة بالثمرة الملحقة





انتشار الثمار والبذور:

الانتشار عن طريق الرياح

تتحرك بذرة نبات البطيخ المتسلق الآسيوي الاستوائي في الهواء داخل الغابات المطيرة في دوائر واسعة عند تحررها من النبات

بعض البذور والثمار تكون ملتصقة ببنية تشبه المظلة مصنوعة من شعيرات متفرعة بشكل معقد، تنخلع نباتات الحشائش البرية من جذورها وتدور في الرياح عبر الأرض، مُنتشرة بذورها في كل مكان تتأرجح ثمار شجرة السرو ذات الأجنحة في الهواء مثل المروحية، مما يبطئ نزولها ويزيد من احتمالية حملها مسافة أبعد بفعل الرياح الأفقية.

الانتشار عن طريق الماء

بعض البذور والثمار الخفيفة الوزن قادرة على البقاء في البحر لعدة أشهر أو سنوات. في جوز الهند، يوجد الجنين والبُشَر اللحمي الأبيض (النخاع) داخل طبقة خارجية صلبة، والتي بدورها مغلفة بقشرة خارجية سميكة وخشنة وذات قدرة عالية على الطفو.

الانتشار عن طريق الحيوانات

تتميز ثمار نبات التريبلوس برأسها الشائك الحاد الذي يشبه الإبر، ويمكن لهذا الشوك أن يسبب إصابات للحيوانات، بما في ذلك الإنسان. وعندما يتم إزالة هذه الشوكات المؤلمة، تنتشر البذور في البيئة.

بعض الحيوانات، مثل السناجب، تخزن البذور أو الثمار في مخازن تحت الأرض. وإذا مات الحيوان أو نسى مكان المخزن، فإن هذه البذور تكون في وضع مثالي للإنبات

شكل 37: نباتات الحشائش الصحراوية

شكل ٩٥: بذور تشبه المظلة

شكل ٩٦: بذور نبات البطيخ المتسلق

شكل ٩٩: ثمار نبات التريبلوس

شكل ٩٧: ثمار شجرة السرو

الفصل الخامس

استجابات النبات للإشارات

تساعد الهرمونات النباتية في تنسيق النمو والتكوين والاستجابة للمنبهات:

- الهرمون، بالمعنى الأصلي للمصطلح ، هو جزيء إشارة يتم إنتاجه بتركيزات منخفضة بواسطة جزء واحد من جسم الكائن الحي وينتقل إلى أجزاء أخرى ، حيث يرتبط بمستقبل معين ويطلق استجابات في الخلايا والأنسجة المستهدفة.

دراسة الهرمونات النباتية:

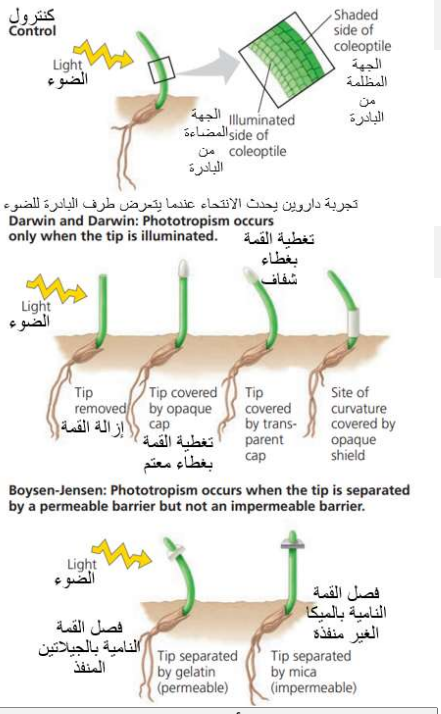
الهرمونات النباتية الرئيسية هي، الأوكسين، والسيتوكينين، والجبرلين، وحمض الأبسيسيك، والإيثيلين، والبراسينوستورويدات، والجاسمونات ، والستريجولاكتون.

الأوكسين :

١- تجربة العالم داروين وابنه فرانسيس

٢- دور الأوكسين في استطالة الخلية

٣- دور الأوكسين في نمو الخلايا



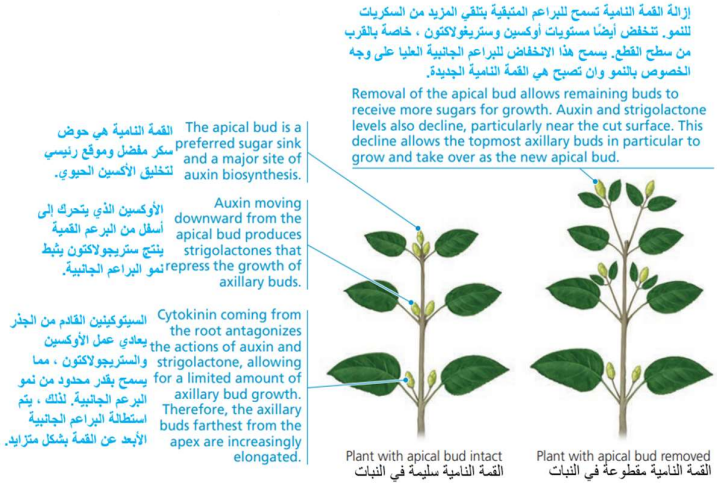
شكل ١٠٠: تجربة توضح أن انحناء السويقة نحو الضوء يعتمد على القمة النامية، وأن الإشارة المسؤولة تنتقل منها عبر مادة نافذة فقط.

السيتوكينين : Cytokinins

١. التحكم في انقسام الخلايا وتمايزها

٢. التحكم في سيادة القمة النامية

٣. تأثير مكافحة الشيخوخة



شكل ١٠١: تأثير سيادة القمة النامية عند ازالة القمة النامية.

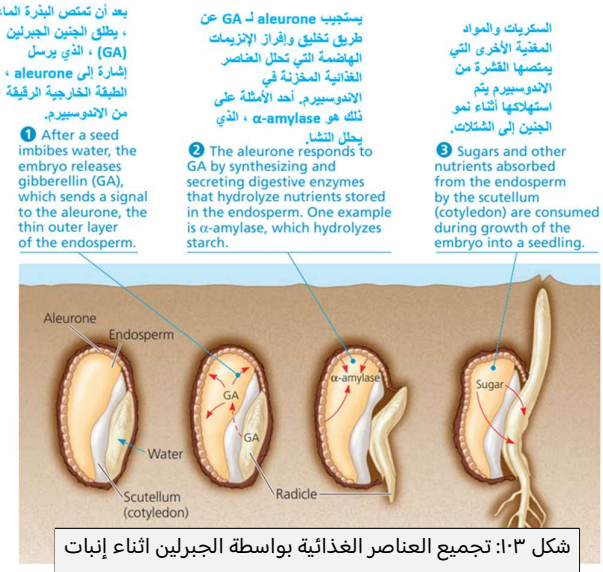
الجبريلينات:

١- استطالة الساق

٢- نمو الفاكهة

٣- الإنبات

شكل ١٠٢: تأثير الجبرلين على استضافة الساق ونمو الثمار



شكل ١٠٣: تجميع العناصر الغذائية بواسطة الجبرلين اثناء إنبات بذور الحبوب

حمض الأبسيسيك

١- كمون البذور

٢- تحمل الجفاف

الإيثيلين:

١- الاستجابة الثلاثية للإجهاد الميكانيكي

٢- الشيخوخة

٣- انفصال الأوراق

٤- نضج الثمار

المزيد من الهرمونات النباتية المكتشفة مؤخراً

١- براسينوستيرويدات

٢- جاسموناتس

٣- ستريجولاكتونز

تعتبر الاستجابات للضوء فترة حرجة لنجاح النبات :

-الضوء عامل بيئي مهم بشكل خاص في حياة النباتات. بالإضافة إلى كونه ضروريًا لعملية التمثيل الضوئي ، فإن الضوء يؤثر في العديد من الأحداث الرئيسية في نمو النبات وتكوينه، والمعروفة مجتمعة باسم التشكل الضوئي.

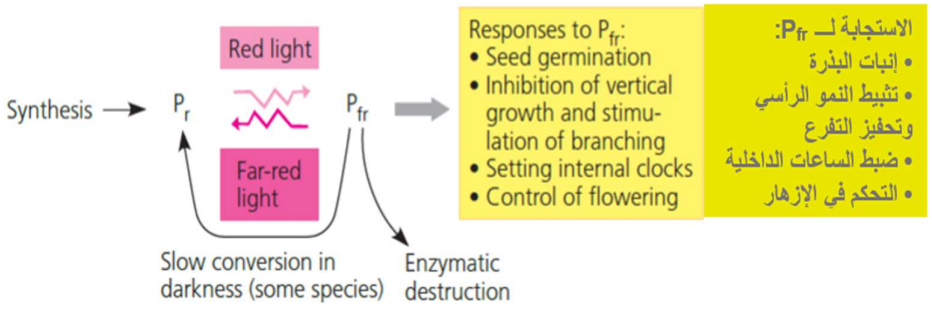
- يسمح استقبال الضوء أيضًا للنباتات بقياس مرور الأيام والفصول.

المستقبلات الضوئية فيتوكروم

فيتوكروم وإنبات البذور

إن العديد من أنواع البذور ، وخاصة الصغيرة منها ، تنبت فقط عندما تكون البيئة مضيئة والظروف الأخرى قريبة من المثلى.

- غالبًا ما تظل هذه البذور كامنة لسنوات حتى تتغير ظروف الضوء.



شكل ١٠٤: آلية التبديل بين جزيئي الفيتو كروم.

الفترة الضوئية والاستجابات للمواسم

الأحداث الموسمية لها أهمية حاسمة في دورة حياة معظم النباتات. إن إنبات البذور، والإزهار، وظهور وكسر كمون البراعم كلها مراحل تحدث عادة في أوقات محددة من السنة.

- الإشارة البيئية التي تستخدمها النباتات لاكتشاف الوقت من العام هي التغيير في طول اليوم (فترة الضوء).

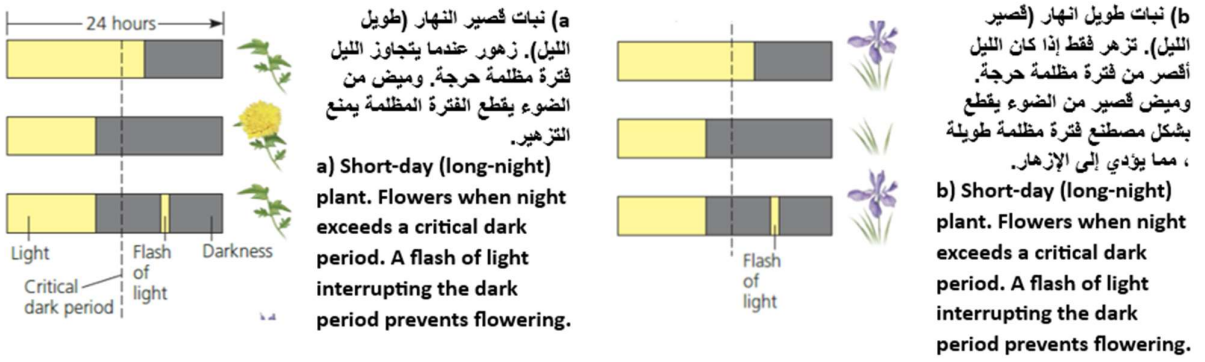
- الاستجابة الفسيولوجية لأطوال الليل أو النهار المحددة، مثل الإزهار، تسمى بالفترة الضوئية.

طول فترة الظلام الحرجة:

في الأربعينيات من القرن الماضي، اكتشف الباحثون أن الإزهار في نباتات النهار القصير والطويل يتم التحكم فيه فعليًا بطول الليل، وليس طول النهار (فترة الضوء).

- عمل العديد من هؤلاء العلماء مع نبات **الكوكلبير**، وهو نبات قصير النهار يزهر فقط عندما تكون ساعات النهار ١٦ ساعة أو أقصر (والليالي لا تقل عن ٨ ساعات).
- وجد هؤلاء الباحثون أنه إذا تم كسر الفترة الضوئية من خلال التعرض للظلام لفترة وجيزة، فإن الإزهار يبدأ.

- ومع ذلك، إذا تم مقاطعة طول الليل حتى بضع دقائق من الضوء الخافت، فإن نبات الكوكلبير لن يزهر، وقد اتضح أن هذا ينطبق أيضًا على نباتات النهار القصير الأخرى (الشكل أ).
- لا يستجيب نبات الكوكلبير لطول النهار، ولكنه يتطلب ٨ ساعات على الأقل من الظلام المستمر لكي يزهر.
- نباتات النهار القصير في الحقيقة هي نباتات الليل الطويل، ولكن المصطلح الأقدم مضمن بقوة في قاموس فسيولوجيا النبات.
- وبالمثل، فإن نباتات النهار الطويل هي في الواقع نباتات ليل قصير.
- نبات النهار الطويل إذا تم وضعه في ظل ظروف ليلية طويلة والتي لا تؤدي عادةً إلى الإزهار في هذا النوع من النباتات، فإنه يزهر فقط إذا تم مقاطعة طول الليل ببضع دقائق من الضوء (الشكل ب).
- لاحظ أن نباتات النهار الطويل لا تختلف عن نباتات النهار القصير بطول الليل المطلق.
- بدلاً من ذلك، يتم تمييزها من خلال ما إذا كان طول الفترة المظلمة الحرجة يحدد الحد الأقصى لعدد ساعات الظلام المطلوبة للإزهار (نباتات النهار الطويل) أو الحد الأدنى لعدد ساعات الظلام المطلوبة للإزهار (نباتات النهار القصير).



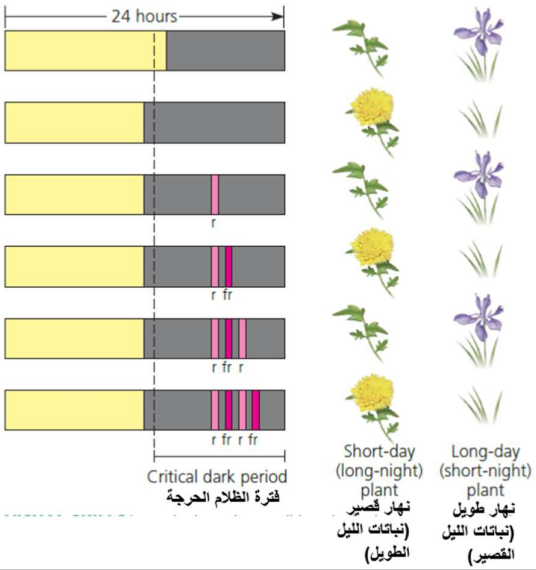
a) نبات قصير النهار (طويل الليل). زهور عندما يتجاوز الليل فترة مظلمة حرجة. وميض من الضوء يقطع الفترة المظلمة يمنع التزهير.
a) Short-day (long-night) plant. Flowers when night exceeds a critical dark period. A flash of light interrupting the dark period prevents flowering.

b) نبات طويل النهار (قصير الليل). تزهر فقط إذا كان الليل أقصر من فترة مظلمة حرجة. وميض قصير من الضوء يقطع بشكل مصطنع فترة مظلمة طويلة ، مما يؤدي إلى الإزهار.
b) Short-day (long-night) plant. Flowers when night exceeds a critical dark period. A flash of light interrupting the dark period prevents flowering.

شكل ١٠٥: توضح الصورة أن الإزهار يعتمد على طول الفترة المظلمة؛ فالضوء المفاجئ الذي يقطع الظلام يمنع الإزهار في كلا النوعين من النباتات.

- الضوء الأحمر هو اللون الأكثر فاعلية في مقاطعة طول الليل. تظهر تجارب طيف التفاعل والانعكاس الضوئي أن الفيتوكروم هو الصبغة التي تكتشف الضوء الأحمر (الشكل التالي).
- على سبيل المثال، إذا كان هناك وميض من الضوء الأحمر أثناء الليل الطويل، إذا تبعها وميض من الضوء الأحمر البعيد، فإن النبات لا يكتشف أي انقطاع في طول الليل. كما في حالة إنبات البذور بوساطة الفيتوكروم، يظهر انعكاس الضوء الأحمر/الأحمر البعيد.
- تقيس النباتات أطوال الليل بدقة شديدة؛ لن تزهر بعض نباتات النهار القصير إذا كان الليل أقصر بدقيقة واحدة من طول الفترة الحرجة.

- بعض أنواع النباتات تزهر دائمًا في نفس اليوم من كل عام. يبدو أن النباتات تستخدم ساعتها البيولوجية، المقيدة بطول الليل بمساعدة الفيتوكروم، لمعرفة موسم السنة.
- تطبق صناعة زراعة الأزهار (زراعة الزهور) هذه المعرفة لإنتاج الزهور خارج الموسم.
- بعض النباتات تزهر بعد أن تتعرض مرة واحدة للفترة الضوئية المطلوبة للإزهار بينما هناك أنواع أخرى تحتاج إلى عدة أيام متتالية من الفترة الضوئية المناسبة.
- بعض النباتات لا يكون الضوء فقط هو المحفز؛ هذا النوع من النباتات يستجيب لفترة الضوء إذا تعرض في وقت سابق لبعض المحفزات البيئية الأخرى، مثل فترة البرد. على سبيل المثال، القمح الشتوي لن يزهر إلا إذا تعرض لعدة أسابيع لدرجات حرارة أقل من ١٠ درجات مئوية.
- يُطلق على استخدام المعالجة المسبقة بالبرودة لتحفيز الإزهار اسم التربيع. بعد عدة أسابيع من معالجة القمح الشتوي بالبرودة، تعمل الفترة الضوئية الطويلة (ليل قصير) على تحفيز الإزهار.



شكل ١٠٦: تبيّن الصورة أن إزهار نباتات النهار القصير أو الطويل يعتمد على طول فترة الظلام، وأن الضوء الأحمر يمكنه إيقاف الإزهار بينما يعكسه الضوء الأحمر البعيد (far-red).

تستجيب النباتات لمجموعة متنوعة من المحفزات غير الضوء:

الجاذبية

تكتشف النباتات الجاذبية عن طريق ترسيب الستاتوليت statoliths ، والمكونات السيتوبلازمية الكثيفة التي تترسب تحت تأثير الجاذبية في الأجزاء السفلية من خلايا غطاء الجذر.

المحفزات الميكانيكية

عادة ما يكون للأشجار في البيئات العاصفة جذوع أقصر واكثر سمكاً من شجرة من نفس النوع تنمو في اماكن محمية أكثر .ميزة هذا التشكل القصير هو أنه يمكّن النبات من الثبات في أرضه ضد هبوب الرياح القوية.

الضغوط البيئية

الجفاف
يعمل نقص الماء على تحفيز زيادة تخليق وإطلاق حمض الأبسيسيك في الأوراق ؛ يساعد هذا الهرمون في إبقاء الثغور مغلقة من خلال العمل على أغشية الخلايا الحارسة.
الفيضانات

يحفز نقص الأكسجين إنتاج الإيثيلين ، مما يؤدي إلى موت بعض الخلايا في قشرة الجذر. يؤدي تدمير هذه الخلايا إلى إنشاء أنابيب هوائية" ، مما يوفر الأكسجين للجذور المغمورة

الإجهاد الملحي
يمكن للعديد من النباتات ان تستجيب لملوحة التربة ا عن طريق إنتاج مواد مذابة جيدة التحمل بتركيزات عالية: تحافظ هذه المركبات العضوية في الغالب على ان يكون الجهد المائي للخلايا أكثر سلبية من تلك الموجودة في محلول التربة
الإجهاد الحراري
فوق درجة حرارة معينة - حوالي ٤٠ درجة مئوية لمعظم النباتات في المناطق المعتدلة - تبدأ الخلايا النباتية في تصنيع بروتينات الصدمة الحرارية ، والتي تساعد على حماية البروتينات الأخرى من الإجهاد الحراري
إجهاد البرودة
تستجيب النباتات لإجهاد البرودة عن طريق تغيير التركيب الدهني لأغشيتها. على سبيل المثال، تزيد نسبة الدهون الغشائية في نسبتها من الأحماض الدهنية غير المشبعة، والتي لها أشكال تساعد في الحفاظ على الأغشية أكثر سيولة في درجات الحرارة المنخفضة.

تدريبـــات

1

أي مما يلي يقترن بشكل صحيح بهيكله ووظيفته؟

A	السكلارنشيمية - خلايا دعامية ذات جدران ثانوية سميكة.
B	النسيج الأرضي - طبقة واقية من السيقان والجذور الخشبية.
C	خلايا حارسة - حلقة مقاومة للماء من الخلايا المحيطة بالأسطوانة الوعائية لمركزية في الجذور
D	البشرة الخارجية - خلايا برنشيمية تعمل في عملية التمثيل الضوئي في الأوراق.

2

أي مما يلي هو التسلسل الصحيح للمناطق في النمو الأولي للجذر، متحركًا من غطاء الجذر إلى الداخل؟

A	منطقة انقسام الخلية، منطقة الاستطالة، منطقة التمايز
B	منطقة التمايز، منطقة الاستطالة، منطقة انقسام الخلية
C	منطقة الاستطالة، منطقة انقسام الخلية، منطقة التمايز
D	منطقة انقسام الخلية، منطقة التمايز، منطقة الاستطالة

3

عروق الأوراق _____.

I) يتكون من نسيج الخشب واللحاء

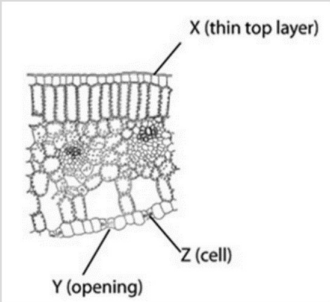
II) مستمرة، مع حزم وعائية في الساق والجذور

III) متفرعة بدقة لتكون على اتصال وثيق بخلايا التمثيل الضوئي

D	C	B	A
I, II, and III	only III	only II	only I

4

الوظيفة الرئيسية المرتبطة بالهيكل X هي _____.



A	امتصاص ثاني أكسيد الكربون
B	لاحتفاظ بالماء

تجميع الضوء	C
اطلاق ثاني أكسيد الكربون	D

5

أي مما يلي من المحتمل أن يكون أقل تأثيرًا على التناضح في النباتات؟

اختلاف في تركيزات المادة المذابة.	A
المستقبلات البروتينية في الغشاء.	B
اكوابورينات.	C
فرق الجهد المائي	D

6

إذا تم وضع خلايا نباتية معزولة ذات جهد مائي متوسطها -٠,٥ ميجا باسكال في محلول بجهد مائي قدره -٠.٣ ميجا باسكال ، فأي مما يلي سيكون النتيجة الأكثر ترجيحًا؟

ستزداد جهد ضغط الخلايا.	A
سيتحرك الماء خارج الخلايا.	B
ستتمزق جدران الخلية وتقتل الخلايا.	C
ستنتقل المادة المذابة خارج الخلايا.	D

7

رتب الأحداث الخمسة التالية بترتيب يشرح التدفق الكتلي للمواد في اللحاء.

1. ينتشر الماء في الأنابيب الغربالية.
2. تنتج خلايا الورقة السكر عن طريق التمثيل الضوئي.
3. يتم نقل المواد المذابة بالنقل النشط إلى الأنابيب الغربالية.
4. يتم نقل السكر من خلية إلى أخرى في الورقة.
5. يتحرك السكر أسفل الساق.

A	B	C	D
1, 2, 3, 4, 5	2, 4, 3, 1, 5	4, 2, 1, 3, 5	2, 4, 1, 3, 5

8

تم العثور على قيمة Ψ في أنسجة الجذر لتكون 0.15- ميجا باسكال. إذا أخذت نسيج الجذر ووضعته في محلول 0.1M من السكروز (Ψ = -0.23 ميجا باسكال) ، فإن صافي تدفق المياه _____.

يكون من الأنسجة إلى محلول السكروز	A
يكون من محلول السكروز في الأنسجة.	B

C	في كلا الاتجاهين ، وسيظل تركيز الماء متساويًا
D	يستحيل تحديده من القيم الواردة هنا.

9

إذا كان المبيض يحتوي على 50 بويضة ، فما هو الحد الأدنى لعدد حبوب اللقاح التي يجب أن تهبط لتكوين 50 بذرة ناضجة؟

A	B	C	D
25	50	100	500

10

أي مما يلي هو الفرق الأساسي بين ectomycorrhizae و endomycorrhizae؟

A	تتميز Endomycorrhizae بخيوط أكثر سمكًا وأقصر من ectomycorrhizae.
B	لا تخترق Ectomycorrhizae الخلايا الجذرية ، بينما تنمو endomycorrhizae لتتحول إلى غزوات لأغشية الخلايا الجذرية.
C	Endomycorrhizae أكثر شيوعًا من ectomycorrhizae.
D	لا توجد فروق ذات اهمية بين ectomycorrhizae و endomycorrhizae.

11

بعض الأنواع ثنائية الفلقة لها النمط الجيني XY للذكور و XX للإناث. بعد الإخصاب المزدوج ، ما هي الأنماط الجينية للأجنة ونواة الاندوسبيرم؟

A	الجنين XY / الاندوسبيرم XXX أو الجنين XX / الاندوسبيرم XXY
B	الجنين XX / الاندوسبيرم XX أو الجنين XY / الاندوسبيرم XY
C	الجنين XX / الاندوسبيرم XXX أو الجنين XY / الاندوسبيرمXYY
D	الجنين XX / الاندوسبيرم XXX أو الجنين XY / الاندوسبيرمXXY

12

ما هي التكيفات التي يجب أن يتوقعها المرء من غلاف البذور لأنواع كاسيات البذور التي تتوزع بذورها بواسطة حيوانات آكلة للفاكهة ، على عكس أنواع كاسيات البذور التي تتوزع بذورها بوسائل أخرى؟

1. يجب أن يحتوي الجزء الخارجي من غلاف البذرة على أشواك أو خطافات.
2. يجب أن يحتوي غلاف البذرة على مركبات ثانوية تهيج بطانة فم الحيوان.
3. يجب أن يكون غلاف البذور قادرًا على تحمل الأس الهيدروجيني المنخفض.
4. يجب أن يوفر غلاف البذرة ، بعد هضمها الكامل ، الفيتامينات أو العناصر الغذائية للحيوانات.
5. يجب أن يكون غلاف البذرة مقاومًا للإنزيمات الهاضمة للحيوانات

A	B	C	D
4 only	1 and 2	3 and 5	3, 4, and 5

13	
أي من الآليات التالية هي التسلسل الصحيح للأحداث اتي تحدث أثناء استجابات النبات للإشارات الداخلية والخارجية؟	
A	التحويل والاستقبال والاستجابة
B	الاستقبال والتحويل
C	لاستقبال والتحويل والاستجابة
D	الاستقبال والاستجابة

14
تنتج الهرمونات النباتية آثارها بواسطة _____. I. تغيير تعبير الجينات II. تعديل نفاذية غشاء البلازما III. تعديل هيكل غشاء الغلاف النووي

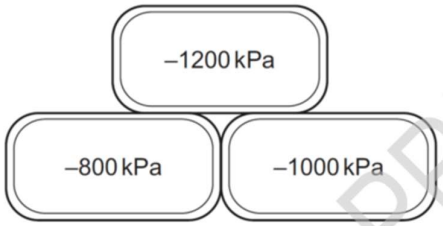
A	B	C	D
only I	only II	only III	only I and II

مفاتيح إجابة التدريبات

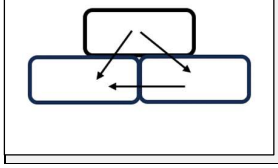
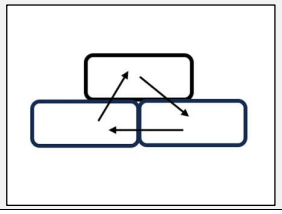
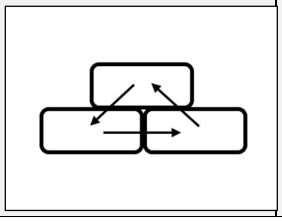
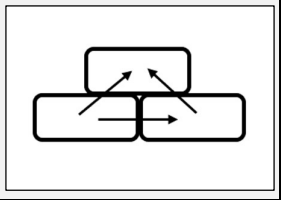
1	A	8	A
2	A	9	B
3	D	10	C
4	C	11	D
5	B	12	C
6	A	13	C
7	B	14	D

الاختبار التجريبي

١- يوضح الرسم التخطيطي القدرة المائية لثلاث خلايا نباتية متجاورة (قدرة الماء للمياه النقية هي 0).



حدِّد أي من الأشكال التالية يمثل اتجاه حركة الماء بسبب الاسموزية مرسومًا بشكل صحيح؟

A	B	C	D
			

٢- في يوم صيفي دافئ، يكون سحب النتح هو القوة الرئيسية التي تدفع الماء من برنشيمة الجذر إلى نسيج الخشب الجذري. يوضح الجدول قيم ψ_p (قدرة الضغط) وψ_s (قدرة المذاب) في نسيج الجذر وبرنشيمة الجذر، بـ kPa.

في أي من الخيارات التالية قد يؤدي سحب النتح إلى انتقال الماء من النسيج الجذري إلى نسيج الخشب الجذري؟

	Root parenchyma		Root xylem	
	Ψ_p	Ψ_s	Ψ_p	Ψ_s
A	200	-190	-200	5
B	-200	220	65	-5
C	200	-220	65	-5
D	200	-220	-65	-5

٣- لفحص تأثير الهرمونات النباتية P1 و P2 في زراعة الأنسجة النباتية، تم استئصال أجزاء من أوراق النباتات المزروعة تحت الضوء، ووضعها في وسط غذائي يحتوي على P1 و / أو P2 ، وتم زراعتها في الظلام.

وكتجربة (كنترول) ، تمت زراعة أجزاء الأوراق بدون P1 أو P2 في الظلام.

(a) عندما تمت إضافة P1 فقط إلى الوسط الغذائي ، تشكلت الجذور العرضية على النباتات المستأصلة.

(b) عندما تمت إضافة P2 فقط إلى الوسط الغذائي ، لم يحدث أي تكوين عضوي, , ولا تشكيل للكالس callus.
وحافظت النباتات المستأصلة على اللون الأخضر لفترة أطول من النباتات المستأصلة في التجربة القياسية (كنترول)

(c) عندما تمت إضافة كل من P1 و P2 إلى الوسط الغذائي ، تشكل الكالس callus على النبات المستأصل.

بناءً على هذه المعلومات ، كانت P1 و P2:

الخيار	P1	P2
A	Auxin	Gibberellin
B	Auxin	Cytokinin
C	Gibberellin	Auxin
D	Gibberellin	Cytokinin

٤- في الأسئلة التالية ، يتبع جملة الحقيقة جملة السبب. ضع العلامات التالية على الاختيار الصحيح على النحو التالي:

- "a" إذا كان كل من الحقيقة والسبب صحيحين ، وكان السبب هو التفسير الصحيح للحقيقة.
- "b" إذا كان كل من الحقيقة والسبب صحيحين ، لكن السبب ليس هو التفسير الصحيح للحقيقة.
- "c" إذا كانت الحقيقة صحيحة ، لكن السبب خاطئ .
- "d" إذا كانت الحقيقةً خاطئة

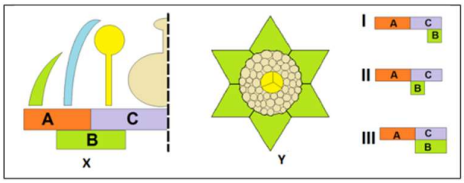
Marks		
	الحقيقة: يتولى السيتوكينين النقل القطبي في النباتات . السبب: باستخدام نظام النقل القطبي ، يمكن الحفاظ على حركة السيتوكينين بغض النظر عن التغيرات في نقل اللحاء الناجمة عن الكربوهيدرات والمعادن و المصادر	1
	الحقيقة: هناك مرحلة نمو مرستيمية ، في كل من قمة الجذر وقمة المجموع الخضري ، لأن الخلايا تنقسم باستمرار. السبب: يوجد الكثير من البروتوبلازم في خلايا هذه المنطقة ، ولكن لا يوجد بها نواة	2
	الحقيقة: النبات المعرض لاجهاد عالي الملوحة يظهر معدل نتح اقل من النبات الذي ينمو في ظل الظروف العادية . السبب: توصيل الماء في أنسجة النبات يوازن بين الماء الذي تمتصه الجذور والماء المفقود من الأوراق	3
	الحقيقة: لا يمكن للنباتات أن تستخدم النيتروجين الجوي في عملية التمثيل الغذائي و نتيجة لذلك فهي تحتاج كائنات دقيقة مثبتة للنيتروجين في التربة (مثل rhizobia) لتوفير النيتروجين في صورة قابلة للاستخدام	4

	السبب: يستخدم النيتروجين المثبت بواسطة Rhizobium في عملية التمثيل الغذائيً ويصبح متاحا للنباتات والفطريات فقط عندما تموت وتتحلل.	
	الحقيقة: قد تموت الخلايا النباتية إذا تعرضت لضغط شديد غير حيوي مثل الحرارة والملوحة والجفاف وما إلى ذلك لفترة طويلة . السبب: كأستجابة للضغوط اللاحيوية مع الأوساط الممرضة الاخرى ، تنتج النباتات أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) والتي تكون شديدة التفاعل وسامة.	5
	الحقيقة: السبلات ، البتلات ، الأسدية و المياسم هي أجزاء من الزهرة السبب : السويقات و النصل هي أجزاء من الساق	6
	الحقيقة : النباتات المزروعة في البيئات المائية (التي تزرع في غياب التربة) تنمى في محلول به مغذيات وفقاعات هوائية السبب: تزيد فقاعات المحلول من الرطوبة النسبية داخل حجرة النبات اللازمة لنمو النبات	7
	الحقيقة: بشكل عام ، اوراق النباتات المتوسطة ثنائية الفلقة لديها عدد أقل من الثغور و بشرة أكثر سمكا على سطحها العلوي ، مقارنة بسطحها السفلي السبب: يتعرض السطح العلوي للأوراق لشدة ضوء أكبر	8

٥- -يشرح نموذج ABC لتطور الزهرة تنظيم التمايز الزهري في مرستيم الازهار.

هناك ثلاث مجموعات من الجينات الرئيسية، الجينات A وB وC، تحدد كل منها نوع الدائرة:

- تحتاج السبلات فقط إلى تعبير جيني A.
- تحتاج البتلات إلى التعبير المتزامن عن الجينات A وB.
- تحتاج الأسدية إلى التعبير المتزامن عن الجينات B وC.
- تحتاج الكرابل فقط إلى التعبير الجيني C.



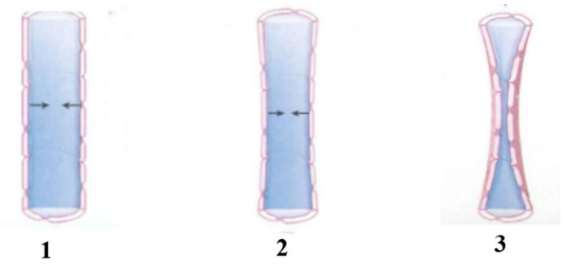
X	ABC - model
Y	Lacandonia flower

يحتوي النبات الأمريكي الاستوائي، *Lacandonia schismatica*، على أزهار مقلوبة (انظر الشكل)، مع الأسدية الموجودة في مركز الزهرة، والكرابل الفردية الموجودة بين البتلات والاسدية

	statements	T or F
1	يمكن تفسير مورفولوجيا زهرة *Lacandonia schismatica* من خلال نمط التعبير الجيني I	

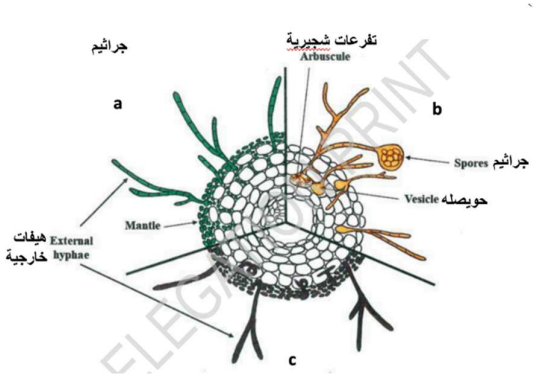
2	لن تحتوي أزهار *Lacandonia schismatica* على بتلات ولا كرابل، إذا اتبعت الزهور نمط التعبير الجيني II	
3	في زهور *Lacandonia schismatica* التركيب الزهري الوحيد الذي سيكون مفقود، إذا اتبعت نمط التعبير III، هي البتلة	
4	البتلات التي تشبه السبلات تحتاج فقط التعبير الجيني لـ A	

٦- توضح الصورة ادناه خطوات انهيار اوعية الخشب في النباتات. ما التفسير الصحيح لحدوث مثل هذا الانهيار:



A	deficient in lignin on cell walls.	فشل ترسيب مادة اللجنين على جدران الخلايا.
B	Increasing the concentration of solutes in xylem sap	زيادة تركيز المادة المذابة في عصارة الخشب
C	Shifting the transmission mechanism from negative pressure to positive pressure	تحول الية النقل من الضغط السلبي الى الضغط الايجابي
D	Many water bubbles collect inside xylem vessels	تجمع العديد من الفقاعات المائية داخل اوعية الخشب

٧- تُظهر الصورة التخطيطية التالية القطع العرضي للجذر الذي يُظهر التعايش مع 3 مجموعات مختلفة من الكائنات الحية (a, b, and c).



باستخدام الصورة التخطيطية، حدد ما إذا كانت العبارات التالية صحيحة T أم خاطئة F.

	Statement	T or F

	الرسم البياني (a) يظهر الفطريات الخارجية.	A
	.الرسم البياني (b) يظهر الفطريات الداخلية.	B
	الرسم البياني (c) يظهر فطر داخلي -خارجي.	C
	يشير أحد المخططات إلى التكافل بين البكتيريا المثبتة للنيتروجين والنباتات .	D

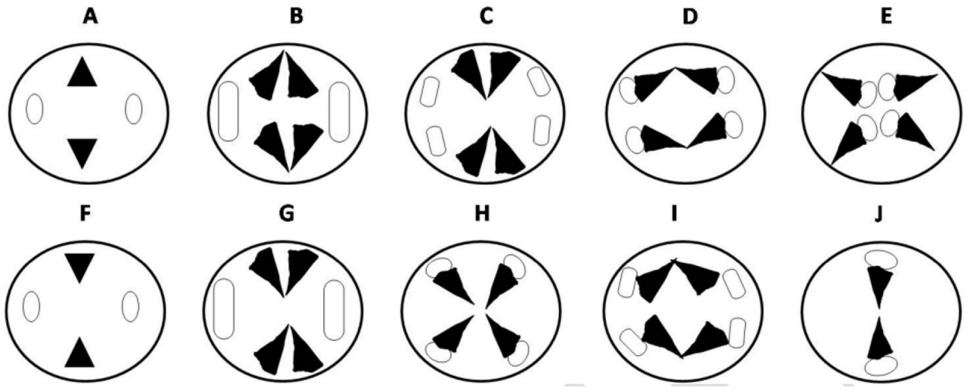
٨- تحتوي العديد من النباتات المتسلقة على محلاق، وهو عضو يشبه الخيط متخصص في الالتفاف أو التشبث بالدعم. في حين أن المحلاق عبارة عن أوراق معدلة عادةً، فإن بعض المحلاق عبارة عن سيقان معدلة، والتي يمكن تمييزها عن طريق الفحص المورفولوجي.
بالنسبة لعينة المحلاق، أجب عن أي من الملاحظات التالية هي الأكثر إفادة للحكم على ما إذا كانت ورقة معدلة أم ساقًا معدلة. ضع true or false في المربع المناسب

Vicia sativa

Cayratia japonica

	مراقبة السطح لفحص وجود/غياب الثغور	1
	مراقبة السطح لفحص سمك طبقة الشمع الجلدية	2
	مراقبة السطح لفحص شكل خلايا البشرة	3
	مراقبة المقطع العرضي لفحص الترتيب الموضعي للنسيج واللحاء	4
	مراقبة الأنسجة الداخلية لفحص وجود/عدم وجود البلاستيدات الخضراء المتطورة	5

٩- فيما يلي صور توضح توزيع الأنسجة الوعائية في الأقسام العرضية من أجزاء مختلفة للنبتة ذات الفلقة الواحدة. اختر الخيار الذي يوضح بدقة الانتقال من طرف الجذر إلى الساق.



a. A→B→I→D→H

b. F→G→C→H→J

c. F→B→C→E→J

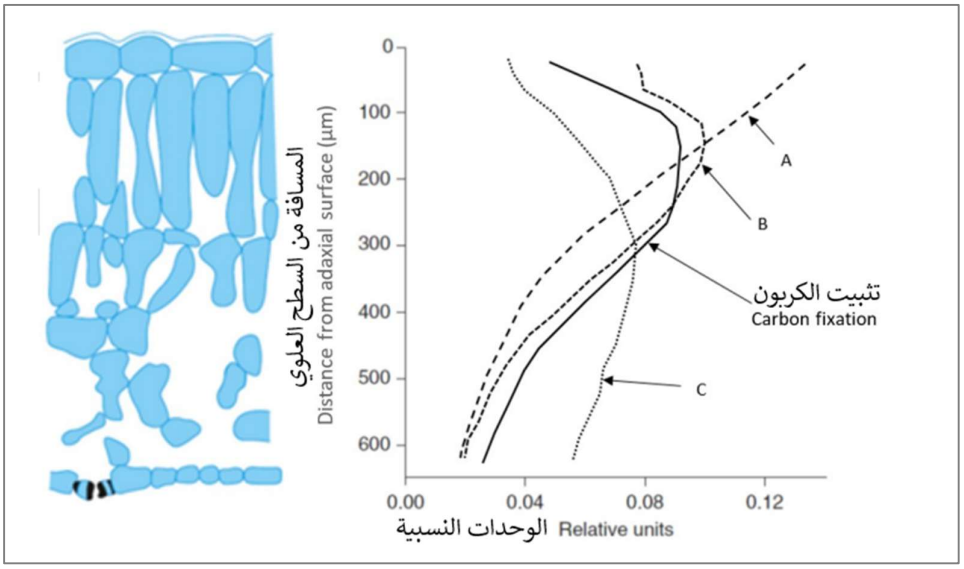
d. A→G→I→E→D

١٠- يوضح الشكل أدناه مقطعًا عرضيًا لورقة السبانخ (سمكها حوالي ٦٥٠ ميكرومتر). ويشمل الرسم البياني أيضًا منحنيات عملية تثبيت الكربون في عملية التمثيل الضوئي، بالإضافة إلى المعايير الثلاثة التالية:

I. Intensity of incident light شدة الإضاءة الساقطة

II. Light absorbed كمية الضوء الممتص

III. Amount of chlorophyll كمية الكلوروفيل



قم بمطابقة المنحنيات A و B و Cمع المعايير الصحيحة I و II وIII.

a. A-I, B-II, C-III

b. A-III, B-I, C-II

c. A-I, B-III, C-II

d. A-II, B-I, C-III

مفاتيح إجابة الاختبار

1	D							
2	D							
3	D							
4	1	2	3	4	5	6	7	8
	d	c	a	c	a	c	c	a
5	T		F		F		T	
6	A							
7	T		T		T		F	
8	F		F		F	T		F
9	A							
10	A							

المراجع العامة للحقيبة

- ريفس، ب. هـ.، جونسون، ج. ب.، لوسوس، ج. ب.، ماسون، ك. أ.، و سنجر، س. ر. (تاريخ غير مذكور). علم الأحياء (ترجمة سلسلة الكتب الجامعية المترجمة للعلوم الأساسية). العبيكان للنشر، وزارة التعليم العالي.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2020). Biology (12th ed.). Pearson Education.

نسمو
NSMO
أولمبيـــاد العلوم
والرياضيات الوطني

موهبة
Mawhiba
وزارة التعليم
Ministry of Education