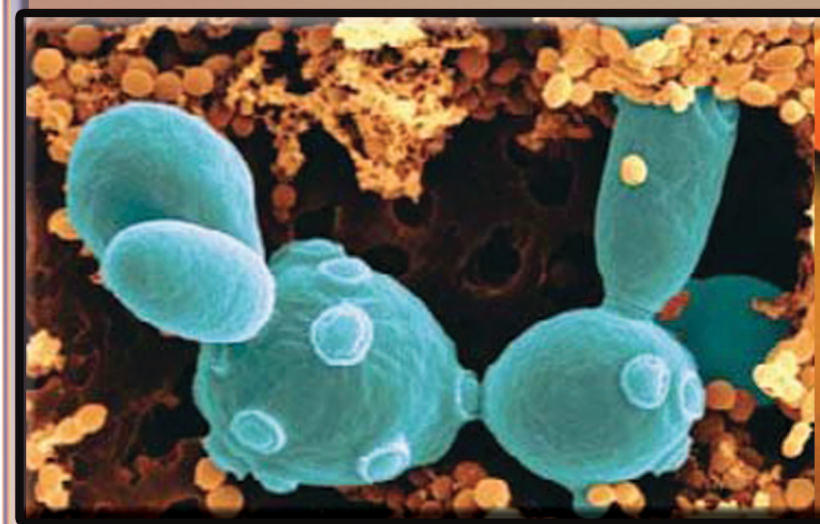
sudanexams.com
أكبر موقع لامتحانات الشهادة السودانية pdf • تجريبية • أوراق عمل • بنك الأسئلة

جمهورية السودان
وزارة التربية و التعليم
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
بحت الرضا

وزارة التربية والتعليم

التعليم الثانوي

علمُ الأحياء





الصف الثالث

بسم الله الرّحمن الرّحيم
جُمهَوريّةُ السّودان
وزارة التَربية والتعليَم
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي

التّعليمُ الثّانويُّ

عِلْمُ الأَحْيَـــــاءِ

الصّفُّ الثّالِثُ

لجنةُ إعدادِ الكتابِ وتطويره :

د. راشد عبدالله أحمد حسونه – المنـــاهج بخت الرضـــا
د. سليمان محمد الحسن – المنـــاهج بخت الرضـــا
أستاذ. بدري محمد أوشي – المنـــاهج بخت الرضـــا
بروفيسور. عبد السلام محمود عبدالله – جامعة السودان المفتوحة
أستاذة . مي الضو محمد يوسف – المنـــاهج بخت الرضـــا

لجنةُ مراجعةِ وتنقيحِ الكتابِ:

بروفيسور. محمد عثمان خضر – جـــــامعة الخرطـــوم
بروفيسور. عبد السلام محمود عبدالله – جامعة السودان المفتوحة
بروفيسور. يوسف بابكر أبوجديري – جـــــامعة الخرطـــوم
دكتور. التيجاني محمد حسن علاّم – جـــــامعة الخرطـــوم
بروفيسور. سيادات التيجاني محمد – جـــــامعة الخرطـــوم

الإشراف العام :
أ.د. الطيب أحمد المصطفى حياتي ـ المدير العام للمركز
د. علي أحمد إبراهيم خليفة ـ نائب المدير العام
د. معاوية السر علي قشي ـ الأمين العام
أ . علي محمد الجاك ـ مدير إدارة المناهج

التصميم والإخراج الفني:
أ. مجدي محجوب فتح الرحمن
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي

الجمع بالحاسوب
حمد النيل يوسف عبد الله
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي

جميع حقوق الطبع والتأليف ملك للمركز القومي للمناهج والبحث التربوي. ولا يحق لأي جهة بأي وجه من الوجوه نقل جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو التصرف في محتواه دون إذن كتابي من إدارة المركز القومي للمناهج والبحث التربوي.

بسم الله الرحمن الرحيم
والصلاة والسلام على نبي الهدى ومعلم البشر

توطئة

عزيزي الطالب، أهلاً ومرحباً بك إلى مقرر علم الأحياء للصف الثالث .
لقد هدفنا أن نقدم لك فيه قدراً معتبراً من المعرفة في مجال علم الأحياء يساعدك على مواصلة تعليمك في مراحل دراسية عليا لاحقة بمشيئة الله.
لقد شمل كتاب علم الأحياء للصف الثالث هذا، المادة العلمية الخاصة بالتكاثر في الكائنات الحية، وانتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء، والموارد الطبيعية التي وفرها الله، سبحانه وتعالى، وتعامل الإنسان غير الرشيد حين استغلالها.
وإليك عناوين الوحدات الواردة في هذا المقرر:

محتويات المقرر

الصفحة	اسم الوحدة	السلسلة
١	Reproduction التّكاثُر	١
٢	Genetics الوِراثَة	١٢٨
٣	Ecosystem النظامُ البيئي	٢٠٢

لقد صاحب الكتاب المنهجي النظري كتاب العملي ليكسبك تنفيذ محتوياته، عن طريق النشاط المنهجي العملي الذي تمارسه داخل الصف وخارجه، المهارات العملية.
نرجو أن تفيد من هذا الكتاب وأن تستمتع بدراسته. كما نسعد بتلقي نقدكم وآرائكم، أساتذةً ودارسين، لأنّ ذلك سيكون لنا مُعيناً على تطوير مناهجنا والمُضيّ بها قُدُماً.

والله وليُّ التوفيق

المؤلفون

الوحدة الأولى

التَّكاثُر
Reproduction

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
أهداف الوحدة	
1. التكاثر غير الجنسي	1
1.1 خصائص التكاثر غير الجنسي	2
2.1 فوائد التكاثر غير الجنسي	3
3.1 عيوب التكاثر غير الجنسي	3
4.1 طرق التكاثر غير الجنسي	3
2. التكاثر الجنسي	9
1.2 خصائص التكاثر الجنسي	25
2.2 فوائد التكاثر الجنسي	26
3.2 عيوب التكاثر الجنسي	27
4.2 طريقتا التكاثر الجنسي	27
5.2 دورة الحياة	31
6.2 التكاثر الجنسي في الهيدرا	31
7.2 التكاثر الجنسي في الديدان الشريطية	33
8.2 التكاثر الجنسي في الحشرات	40
9.2 التكاثر الجنسي في الضفدعة	44
10.2 التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية	51
11.2 التكاثر الجنسي في الإنسان	95

أهداف الوحدة

عزيزي الدارس، بعد فراغك من
دراسة هذه الوحدة، ينبغي أن تكون قادراً على
أن:

١. تُفرِّق بين التكاثُر الجنسي والتكاثُر غير الجنسي (اللاجنسي).
٢. تُعدِّد خصائص التكاثُر غير الجنسي وفوائده وتُبيِّن عيوبه.
٣. تُوضِّح طرق التكاثُر غير الجنسي المختلفة.
٤. تُعدِّد خصائص، وأغراض، وعيوب التكاثُر الجنسي وطرقه.
٥. تُبيِّن خصائص التكاثُر الجنسي بالاقتران وبالأمشاج.
٦. تشرح كيفية التكاثُر الجنسي في الهيدرا وفي الديدان الشريطية.
٧. تُبيِّن كيفية التكاثُر الجنسي في الحشرات وفي الضفدعة.
٨. تُوضَّح كيفية التكاثُر الجنسي في النباتات الزهريَّة.
٩. تشرح كيفية التكاثُر الجنسي في الإنسان مع توضيح الأمراض التي لها علاقة بالجهاز التناسلي.

التكاثُر في الكائنات الحيَّة

Reproduction in Living Organisms

تقوم الكائنات الحية بعدة عمليات حيوية لازمة لاستمرار حياتها، فالتغذية والتنفس والإخراج والإحساس والنمو والحركة، كلها عمليات حيوية، هدفها استمرار حياة الكائنات الحية. أمَّا المحافظة على النوع من الانقراض، فتتم عن طريق عملية حيوية أخرى وهي التكاثر. وقد تستمر حياة الكائن الحي دون أن يتكاثر إلى أن يموت. هذا في مستوى الفرد، أمَّا على مستوى النوع فإنَّ توقف تكاثر جميع أفراده يؤدي لانقراضه. فالتكاثر يعني:

إنتاج أفراد حية جديدة خصبة لها نفس الصفات العامة للنوع.

- أهمية التكاثر نوردها فيما يلي:

1. المحافظة على النوع من الانقراض بإنتاج أفراد جديدة منه.
2. توزيع الصفات الجديدة أو الطرز المظهرية الجديدة التي تنتج بين أفراد النوع بالطفرة (تغيرات فجائية).
3. إنتاج أفراد جديدة من النوع ممَّا يؤدِّي إلى انتشار وتشتت أفراده وتوزيعها لإعمار مواطن بيئيَّة جدَيدة.
4. نقل صفات الكائن الحي منَ جيل لآخر.

- طرق التكاثر

تتكاثر الكائنات الحية بطريقتين هما:

1. التكاثر غير الجنسي (اللاجنسي) Asexual Reproduction

ويقصد به إنتاج أفراد جديدة من فرد واحد دون الحاجة إلى وجود ذكر وأنثى (أي لا يتضمن إنتاج مشيجات واتحادها) وأساسه الانقسام الفتيلي (الميتوزي).

2.التكاثر الجنسي (التزاوجي) Sexual Reproduction

ويتم عن طريق فردين أحدهما مذكر والآخر مؤنث أو فرد واحد يحتوي على عضوَيْ التذكير والتأنيث معاً (خنثي)– أي أنَّه يتضمن تكوين مشيجات واتحادها – وأساسه الانقسام الاختزالي (الميوزي) والإخصاب.

1. التكاثر غير الجنسي Asexual Reproduction

يحدث في كثير من الحيوانات البدائية مثل البراميسيوم والأميبا والهيدرا، كما أنَّه يحدث في كل مجموعات المملكة النباتية بما فيها النباتات البذرية.

1.1 خصائص التكاثر غير الجنسي

تشترك جميع أنواع التكاثر غير الجنسي في الآتي:

1. لا يحتاج إلى تكوين مشيجات واتحادها.
2. لا يشجع التباين الوراثي.
3. يتم عن طريق الانقسام الفتيلي
4. تكون الأفراد الناتجة من الفرد الواحد متماثلة وراثياً.
5. تتكون أعداد كبيرة من الأنسال أو الذرية offsprings في آنٍ واحد.
6. الخلايا التي تنتج من خلية أو مجموعة من الأفراد الناتجة من فرد واحد أو من خلية واحدة لا جنسياً تسمى مجموعة مستنسخة (كلون) Clony وتكون لجميعها نفس الصفات وتُعرف هذه العملية بالاستنساخ (الكلونة) Colonning ولهذه العملية أهمية كبيرة وعائد كبير في الإنتاج النباتي والإنتاج الحيواني والطب.
7. يساعد الأفراد على الانتشار كما في الأبواغ التي تنتشر بوساطة الرياح.

1 . 2 فوائد التكاثر غير الجنسي

1. إنتاج أفراد كثيرة في وقت وجيز.
2. يكفي وجود فرد واحد لإعمار بيئة جديدة.
3. الحصول على نبات يكون مطابقاً للنبات الأم، وبهذا تتم المحافظة على الصفات المرغوبة المتوفرة في النبات الأم.
4. زراعة أنواع من نباتات مرغوبة في أرض لا تلائمها. فمثلاً لا تلائم الأراضي الرملية نمو أشجار البرتقال، وعن طريق عملية التطعيم على أصول الليمون أو اليوسفي – التي تلائمها التربة الرملية – فإنَّه يمكن الحصول على البرتقال في منطقة رملية.
5. غير مكلف للطاقة والمادة.
6. تفقد بعض أنواع النباتات قابليتها للتكاثر الجنسي فيستخدم الإنسان التكاثر غير الجنسي لإنتاج هذه النباتات وذلك مثل الموز والأناناس وبعض أصناف البرتقال والقريب فروت.
7. مقاومة الأمراض. على سبيل المثال، يطعم الخوخ الذي تصاب جذوره بالدودة الثعبانية إذا زرع في أرض رملية على أصول من المشمش التي تقاوم هذا المرض.

1. 3 عيوب التكاثر غير الجنسي

جميع الأفراد الناتجة من التكاثر غير الجنسي متماثلة وراثياً، أي أنَّ النسل في هذه الحالة يحتوي على المادة الوراثية للأصل، فإذا كان الأصل يشكو من مرض أو علة كضعف في المقاومة ضد الأمراض مثلاً فإنَّ نسله لن يخلو من تلك العلة.

1 . 4 طرق التكاثر غير الجنسي

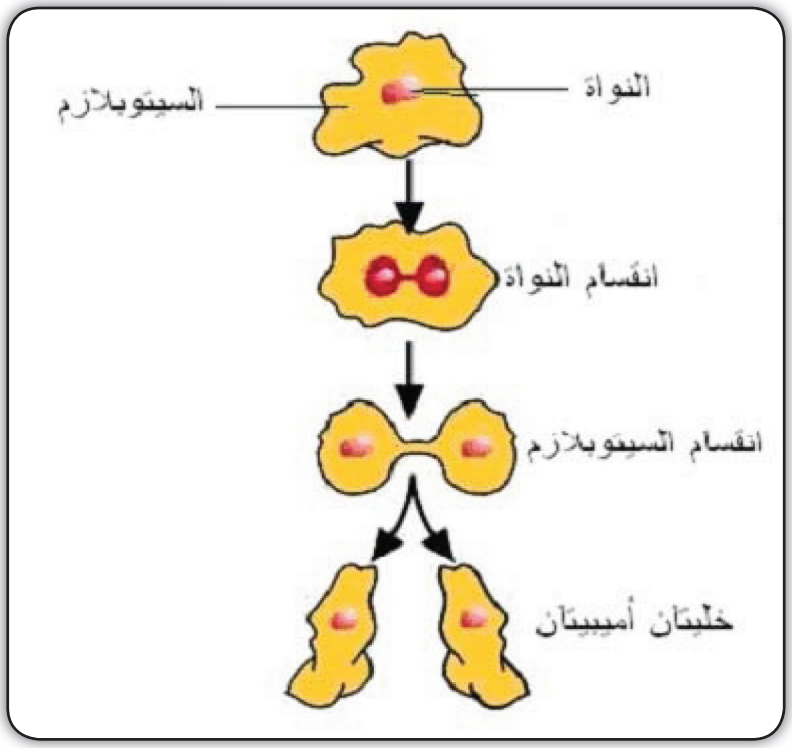
توجد طرق مختلفة للتكاثر غير الجنسي منها:

أولاً: الانشطار Fission

ويوجد نوعان منه:

أ. الانشطار الثنائي البسيط Simple Binary Fission

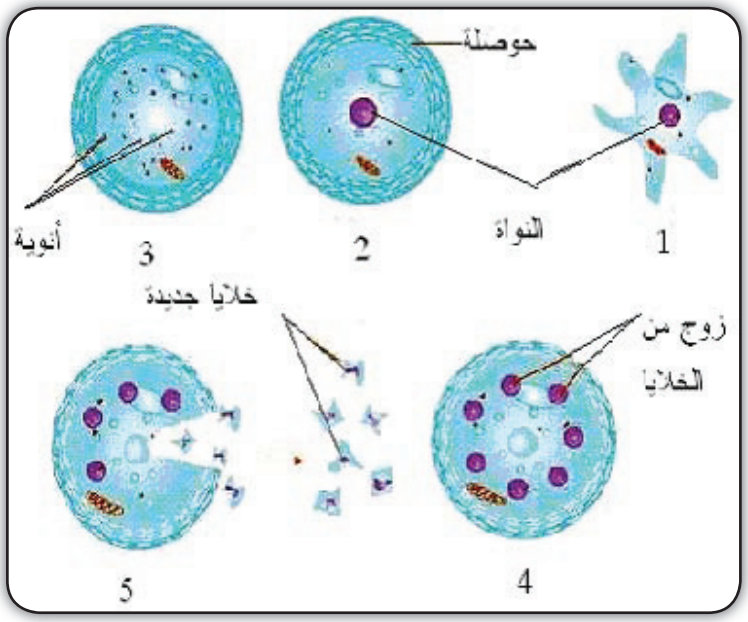
ويحدث هذا النوع من التكاثر في الكائنات وحيدة الخلية مثل الأميبا (الشكل1) حيث تنقسم الخلية الأم إلى خليتين وتنمو كل خلية إلى كائن حي كامل إذا توافرت الظروف البيئية المناسبة.



الشكل (1): الانشطار الثنائي البسيط في الأميبا

ب. الانشطار المتعدِّد Multiple Fission

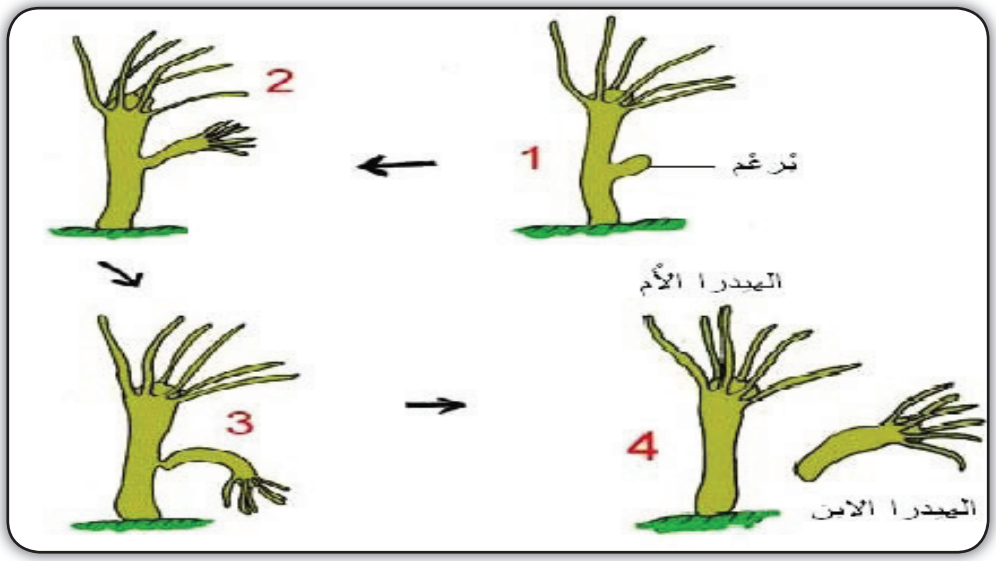
في حالة الظروف البيئية غير الملائمة كالجفاف وارتفاع درجة الحرارة تنقسم نواة الخلية عدة انقسامات فتيلية ثم ينقسم بعد ذلك السيتوبلازم إلى عدة كتل تحيط كل كتلة بنواة وبذلك تتكون عدة خلايا بداخل غلاف سميك يسمى الحوصلة Cyst. وعند زوال الظروف البيئية غير الملائمة يذوب جدار الحوصلة أو تنفجر لتحرر الخلايا التي بداخلها كما هو الحال في الأميبا (الشكل 2).



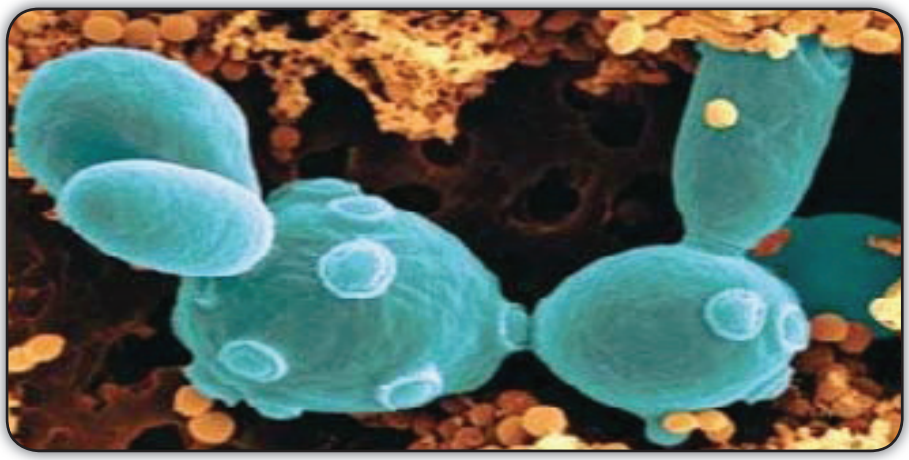
الشكل(2): الأميبا وتكوين الحوصلة وتكوين خلايا جديدة

ثانياً: التبرعم Budding

يُلاحظ هذا النوع من التكاثر غير الجنسي في بعض الحيوانات الدنيا كالهيدرا (الشكل 3)، وفي النباتات الأولية مثل فطر الخميرة yeast (الشكل 4)، حيث ينشأ انتفاخ خارجي يسمى البرعم الذي ينمو ويكوِّن فرداً جديداً. ففي الهيدرا ينمو البرعم وتتميز خلاياه الخارجية والداخلية مُكوِّناً فرداً جديداً وقد ينفصل هذا الفرد من الأم ويعيش مستقلاً، وقد تظل الأفراد ملتصقة بالأم فتتكوَّن مستعمرة كما هو الحال في فطر الخميرة (الشكل 4). وتلجأ الهيدرا وفطر الخميرة لهذا النوع من التكاثر عندما تكون الظروف البيئيَّة مُلائمة.



الشكل (3): التبرعم في الهيدرا



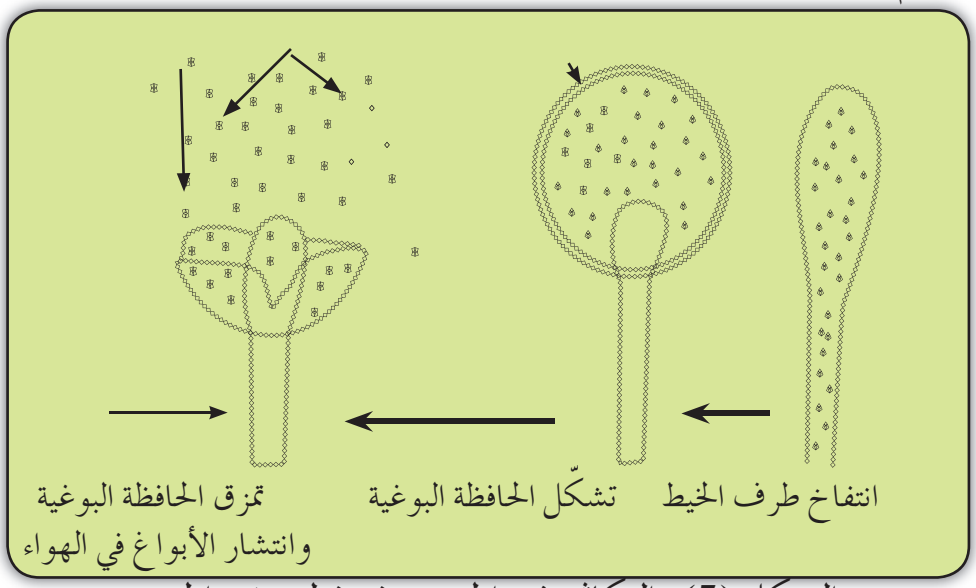
الشكل (4): التبرعم في فطر الخميرة

ثالثاً: تكوين الأبواغ Sporulation

البوغ جسم كروي تكاثري يتكون من خلية واحدة.

ففي الظروف البيئية غير الملائمة تنقسم نواة خلية البوغ انقساماً فتيلياً مكونة عدة أنوية، يحيط بكل نواة قدر من السيتوبلازم، داخل حافظة

بوغية (كيس بوغي)، مكونة أبواغاً زيجية . وعندما تكون الظروف البيئية مناسبة تنشق أو تنفجر الحافظة البوغية وتخرج الأبواغ وتنتشر في الهواء. تمارس هذا النوع من التكاثر الطحالب والبكتيريا والفطريات. ففي فطر عفن الخبز ميوكر Mucor على سبيل المثال (الشكل 5)، ينتفخ طرف خيط قائم يشكل كيساً بوغياً يحتوي على عدد كبير من الأبواغ نشأت من انقسام خلايا بوغية انقساماً فتيلياً.



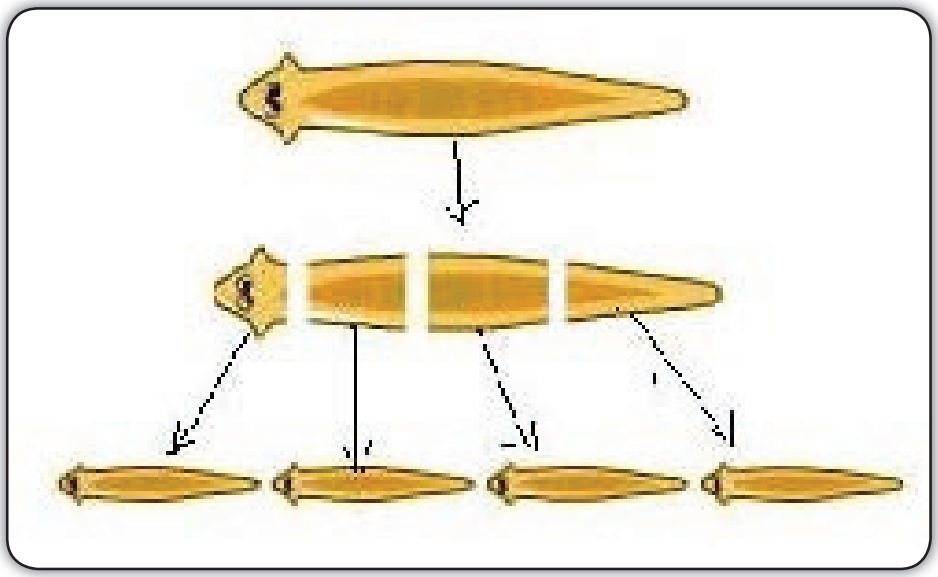
الشكل (5): التكاثر غير الجنسي في فطر عفن الخبز

رابعاً: التفتُّت Fragmentation

هو نوع من التكاثر غير الجنسي يحدث في بعض الديدان المفلطحة والديدان الشريطية والطحالب والفطريات بالاضافة لبعض اللاسعات مثل الهيدرا. عندما ينقطع جزء منها إلى أجزاء عديدة فينمو كل جزء مكوناً كائناً حيًّا جديداً يحوي كل مكونات الأصل.

يحدث هذا النوع من التكاثر عندما يتقطع الكائن الحيِّ بصورة طبيعية أو بتأثير عوامل خارجية إلى جزئين أو أكثر، فينمو كل جزء مكوناً

كائناً حيًّا جديداً يحوي كل الأجزاء المعروفة الأخرى للأصل. فمثلاً في طحلب الاسبيروجيرا يتجزأ الخيط بسبب عوامل خارجية كارتطام الطحلب بأجسام صلبة في الماء أو بفعل تيارات مائية قوية فيتجزأ خيط الطحلب ثم ينمو كل جزء بعد ذلك بالانشطار الثنائي لخلاياه فيتكون بعد ذلك خيط كامل. كما يحدث مثل ذلك في دودة البلاناريا كما يوضحه الشكل (6).



الشكل (6): القدرة على التعويض في دودة البلاناريا

خامساً: التكاثر العذري Apomixis

ويعرف أحياناً بالتوالد البكري.

ويحدث هذا النوع من التكاثر بانقسام خلية بيضية غير مخصبة انقساماً فتيلياً وتكوّن الجنين الذي ينمو إلى فرد تحتوي خلاياه على نصف عدد المجموعة الصبغية في الأم (n).

ومن أمثلة الكائنات الحية التي تمارس التكاثر العذري ملكة نحل العسل التي تنتج بيضاً غير مخصب تتكون منه الذكور. فهي تُلقَّح

(Inseminated) أثناء طيران التزاوج وتحتفظ بالحيوانات المنوية لعدة سنوات ولها المقدرة على التحكم في تخصيب البويضات. ومعظم البيض يُخصَّب في طريقه للخارج مكوناً الملكات والشغالات ولكن في مواسم مُعيَّنة فإنَّ الملكة تمنع تخصيب بعض البويضات لتصبح ذُكوراً. ولحشرات المن القُدرة نفسها على التوالد البكري.

تدريب (1)

علِّل لما يأتي:
1. يعتبر التبرعم في فطر الخميرة تكاثراً لاجنسياً.
2. الفرد الناتج عن طريق التكاثر غير الجنسي يشبه أبوه تماماً.
3. تلجأ بعض الطحالب والفطريات والبكتيريا إلى التكاثر عن طريق الأبواغ.

سادساً: التكاثر الخضري Vegetative Reproduction

ويقصد به تكوين نباتات جديدة دون أن يكون للبذور أي دخل في التكاثر.

وفيه ينمو أحد أجزاء النبات الأصل حتى يكتمل فيكون نباتاً جديداً مستقلاً. ويتم التكاثر الخضري في النباتات بطريقتين هما التكاثر الخضري الطبيعي والتكاثر الخضري الاصطناعي.

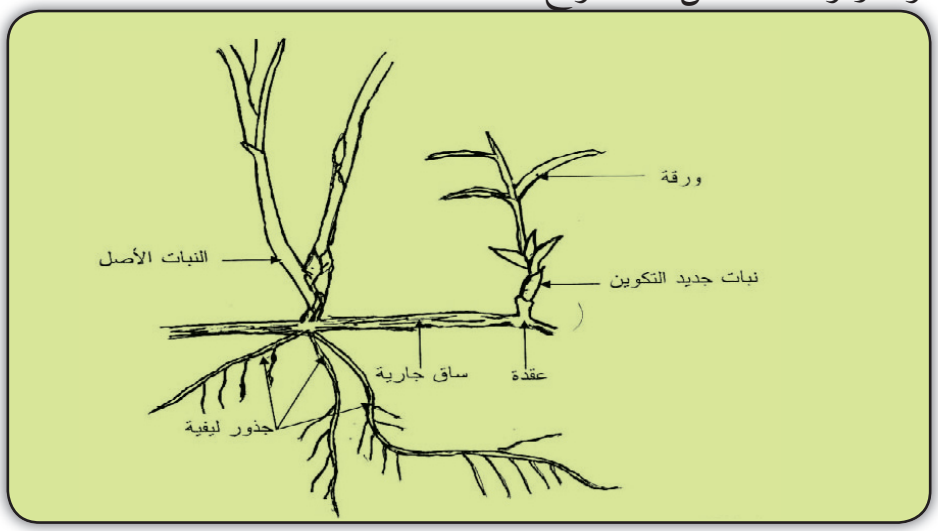
أ) التكاثر الخضري الطبيعي Natural Vegetative Reprodution

ويتم هذا النوع من التكاثر بطرق مختلفة منها:

1. **بالساق الجارية** Runner

وهي ساق تمتد أفقياً فوق سطح الأرض، حيث تنمو من البراعم عند العقد سيقان هوائية تنمو إلى أعلى وجذور عرضية تنمو إلى داخل التربة

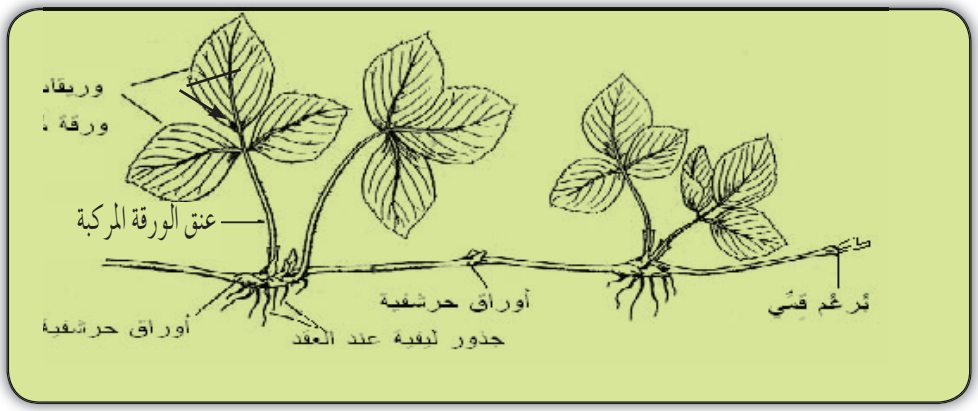
وبذلك يتكون نبات جديد. أما البرعم الطرفي في الساق الجارية فيستمر في نموه ليزيد من طول الساق الجارية ومن أمثلة ذلك نبات النجيلة (الشكل 7 أ) والفراولة (الشكل 7 ب و ج).



الشكل (7 أ): تكاثر نبات النجيلة بالساق الجارية



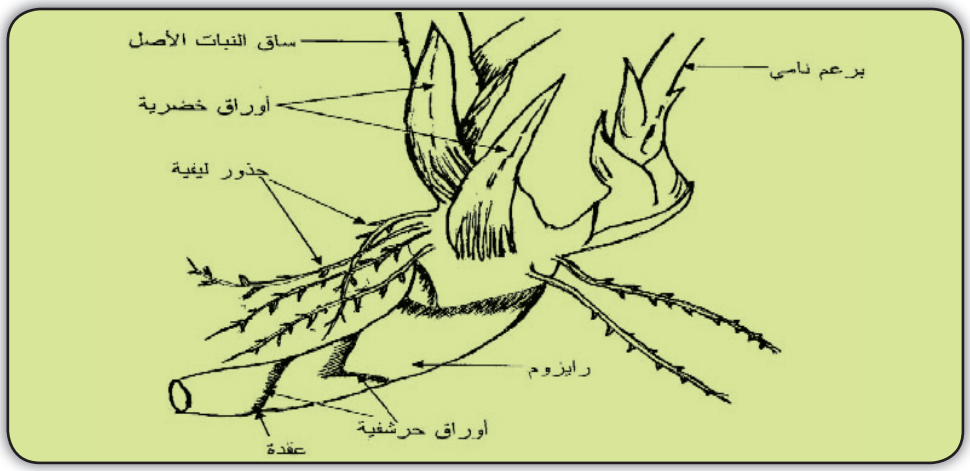
الشكل (7 ب): سوق نبات الفراولة الجارية



الشكل (7 ج): تكاثر نبات الفراولة بالساق الجارية

2. بالرايزوم Rhizome

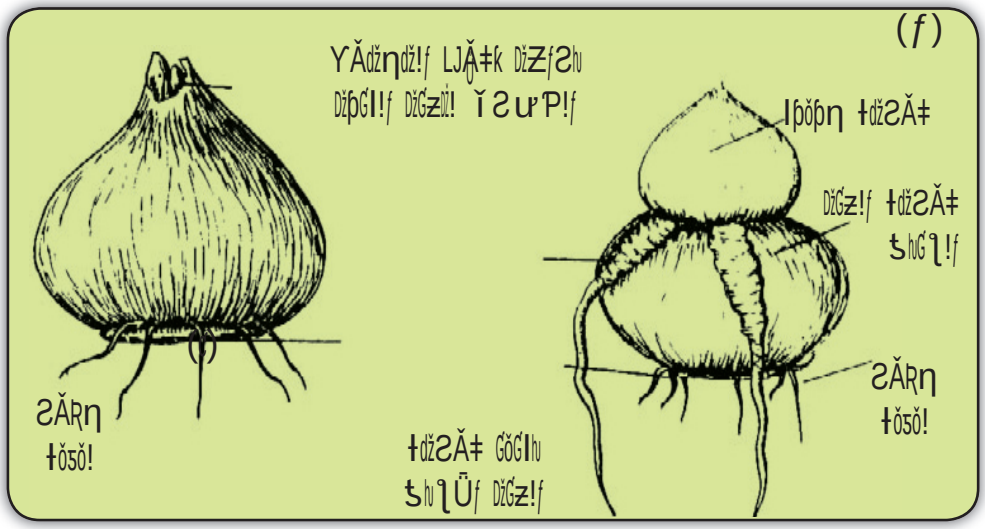
الرايزوم ساق أرضية ممتلئة بالغذاء تنمو أفقياً تحت سطح التربة وهي مقسمة إلى عقد وسلاميات قصيرة وتحمل كل عقدة برعماً إبطياً. ينمو كل برعم مكوناً ساقاً وأوراقاً حرشفية وجذوراً عرضية في السطح السفلي للرايزوم مُكوناً نباتاً جديداً. ويقود برعم طرفي نمو الرايزوم أفقيًا. ومن أمثلة النباتات التي تتكاثر بالريزومات، الكنَّا (الموز الكاذب) (الشكل 8) والنجيل والنعناع والزنجبيل.



الشكل (8): رايزوم نبات الكنَّا (الموز الكاذب)

3. بالكورمة Corm

الكورمة ساق قصيرة ترابية ممتلئة بالغذاء وتغطى بأوراق حرشفية تحميها من الجفاف. وتتصل هذه الأوراق بالكورمة عند العقد. تنتج الكورمة عدداً من البراعم من الجهة العليا لتنمو عمودياً فتكوِّن كل منها مجموعاً خضرياً وجذوراً عرضية ليفية من الجهة السفلى. ومن أنواع النباتات التي تتكاثر بالكورمات نبات السعدة ونبات القلقاس ونبات الزعفران (الكوركس) (الشكل 9).



الشكل (9): كورمة نبات الزعفران (الكوركس) (أ) شكل الكورمة الخارجي(ب) كورمة العام السابق والكورمة الجديدة

4. بالبصلة Bulb

البصلة هي ساق أرضية قرصية الشكل يحمل سطحها العلوي برعماً طرفياً (قميا) تحيط به أوراق لحمية عصيرية ممتلئة بالمواد الغذائية، وقد توجد براعم جانبية في آباط بعض الأوراق. أمَّا الأوراق الخارجية فجافة تحمي الأوراق الداخلية من الجفاف، ويحمل الساق القرصي جذوراً عرضية ليفية على سطحها السفلي. ينمو البرعم الطرفي في الظروف البيئية الملائمة ليعطي فرعاً هوائياً ذا أوراق خضر وتتبعه في النمو البراعم الإبطية؛ وتعتمد

كلها في أطوار نموها الأولى على الغذاء المدخر في قواعد الأوراق اللحمية العصيرية، ولذلك تضمر هذه القواعد ويصغر حجم البصلة كثيراً، ومن أمثلة ذلك البصل (الشكل 10).

نشاط

- هلاَّ حاولت زراعة بصلة في أُص أو في التُربة مُباشرةً وتابعت نمو نبات جديد ؟

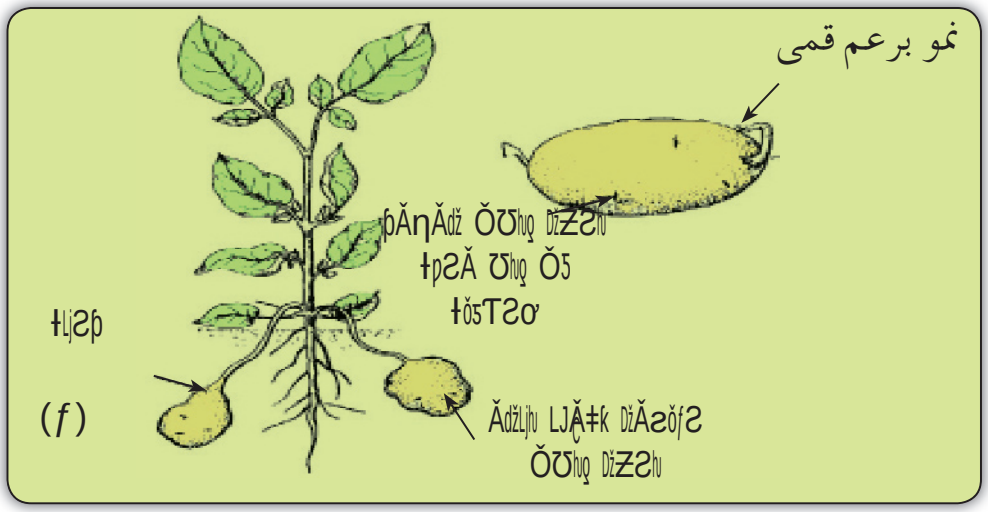


الشكل (10): قطاع رأسي في البصلة

5. بالدرنة Tuber

الدرنة ساق أرضية متضخمة نتيجة لاختزانها المواد الغذائية وأكثرها مواد نشوية. والدرنة غير مقسمة إلى عقد وسلاميات واضحة ولكنها تحمل أوراقاً حرشفية وبراعم في تجاويف منخفضة تعرف بالعيون. ومن الأمثلة النموذجية للدرنات درنات البطاطس (الشكل 11 أ). هذا ويمكن إكثار النبات بتقسيم الدرنة إلى أقسام صغيرة عديدة يحتوي كل منها على

عين واحدة أو أكثر، مع جزء من النسيج الغذائي. فإذا زرعت هذه في بيئة مناسبة فإن البراعم التي في العيون تعطي بنموها الساق الهوائية التي تحمل أوراقاً خضراء، وتخرج من الجزء القاعدي للساق الجذور العرضية. وينمو النبات فيكون مجموعاً جذرياً وتدياً، وتخرج من البراعم السفلية الموجودة في الجزء القاعدي للساق الهوائية رايزومات تخترق التربة وتنمو غالباً في اتجاه موازٍ لسطحها. وتنتفخ نهايات هذه الرايزومات لاختزانها الغذاء مكونة درنات البطاطس المعروفة (شكل 11 ب).



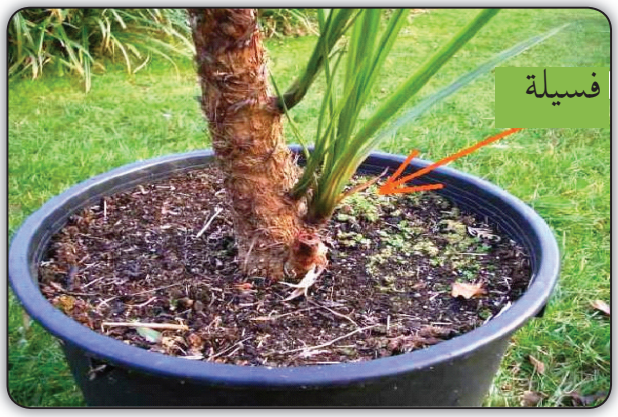
الشكل (11): (أ) درنة البطاطس (ب) نبات بطاطس يافع ينمو برعمان إبطيان منه فيكوّن كل منهما رايزوماً يكوّن درنة

نشاط

- هلاَّ حاولت إكثار نبات البطاطس بزراعة قطع من درنة البطاطس تحوي مجموعة من العيون ؟

6. بالفسائل (الخلف) Offsets

تتكاثر بعض النباتات خضرياً عن طريق الفسائل. والفسائل فروع صغيرة تنمو من براعم ابطية على الساق الأصلية تحت سطح التربة، وتكوِّن جذوراً عرضية خاصة بها وهي ما زالت ملتصقة بالنبات الأم. تنمو تلك الفروع فوق سطح الأرض لتعطي نباتات جديدةً مُلتصقة بالأم ويمكن فصلها وزراعتها لتُعطي نباتات جديدة. ومن أمثلة النباتات التي تتكاثر بالخلف النخيل (الشكل 12) والموز.



الشكل (21): تكوين الفسيلة في النخلة

تدريب (2)

- **زاوج بين العبارات في القائمة(أ) مع ما يناسبها في القائمة (ب):**

القائمة (أ)	القائمة (ب)
الرايزوم	فروع صغيرة ملتصقة بالأم
الدرنة	أوراق لحمية وأخرى جافة
الساق الجارية	ساق خازن للطعام
الكورمة	ساق متسلق
الفسائل	أوراق حرشفية
البصلة	تمتد فوق سطح الأرض
	عقد وسلاميات

ب.التكاثر الخضري الاصطناعي Artificial Vegetative Propagation

ويقصد بذلك التكاثُر الذي يتم نتيجة تدخُّل الإنسان لإكثار بعض أنواع النباتات بالطريقة غير الجنسية بدون بذور .

ويتم بعدة طُرُق هي:

1. بالعقل (التعقيل) Cuttings

تستعمل هذه الطريقة في إكثار أنواع كثيرة من النباتات اصطناعياً. تشمل هذه الورود بأنواعها والحناء وقصب السكر والأراك والجهنمية. تقطع أجزاء (طول 30سم) من سيقان هذه النباتات وتعرف بالعقل وتحمل كل منها عدة براعم. ثم تغرس العقلة رأسياً في تربة رطبة، بحيث يبرز جزء منها فوق سطح التربة، فتتكون عند قاعدتها جذور عرضية بعد مضي فترة من الزمن، كما تنبت البراعم الموجودة فوق سطح التربة مكونة فروعاً هوائية تستمر في النمو حتى تكون نباتاً بالغاً مستقلاً. وقد اتضح أنَّ بعض الهرمونات النباتية والأكسينات مثل أندول حامض الخليك Indole acetic acid تساعد على نمو الجذور. هذا وقد استغلت هذه الظاهرة تجارياً لإكثار عدد من النباتات الاقتصادية بعد معاملة نهاية العقلة المقطوعة بالأوكسين لتحفيز نمو الجذور.

- **مزايا التعقيل**

1. إنتاج نباتات تشبه أصولها إلى حد كبير.
2. يكون النمو أسرع كثيراً مما في حالة التكاثر بالبذور.

- **الشروط التي يجب أن تراعى لنجاح عملية التعقيل**

أ. أن يحتوي الجزء المقطوع – أي العقلة – على براعم عند العقد ويكون طول العقلة حوالي 30 سم.

ب. أن يكون خشب الساق ناضجاً وبذلك يكون الغذاء المخزون فيه كافياً لنمو البراعم، مع تحاشي البراعم المزهرة لأن الغذاء المخزون فيها

يكون قد استهلك في الإزهار.

ج. أن يكون مكان القطع في الجزء الذي يغرس في التربة قريباً من عقدة ويميز بقطع أفقي، أما مكان القطع في الجزء الهوائي فيكون بعيداً من عقدة ويميز بقطع مائل كي لا يحدث لبس عند الزراعة. (الشكل 13 أ،ب).

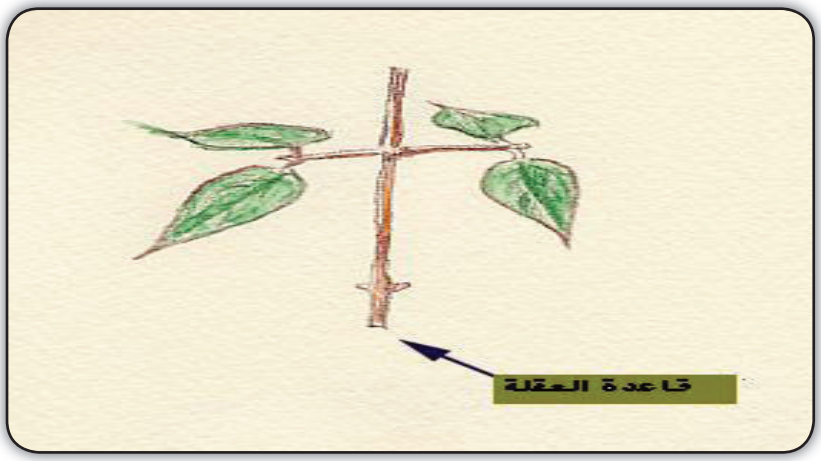
د. أن تقطع كل الأوراق عدا واحدة أو اثنتين لتفادي فقدان الماء بوساطة عملية النتح.

هـ.أن تقطع العقلة تحت الماء خشية دخول الهواء إلى أعمدة خشب العقلة.

و. أن تُنظّف التربة من بقايا النباتات، تحاشياً لنمو الفطريات.

هذا ومن المخاطر التي ترافق التكاثر بالعقل أن الكثير منها قد تموت قبل أن تكوِّن جذوراً تعتمد عليها. يحدث ذلك لعدة أسباب أهمها:

1. عدم توافر بيئة رطبة مناسبة.
2. تعدِّي أصول العقل مرحلة الحداثة وذلك بتكوينها طبقة عازلة.



الشكل (13أ): طريقة قطع العقلة الساقية



شكل (13 ب): طريقة وضع عقل الجهنمية الخشنة التي تحتوي على أكثر من برعمين في كيس به تربة مبللة بالماء. يلاحظ إزالة الأوراق، وقطع العقلة المائل في أعلاها

نشاط

- هلاَّ حاولت استعمال عُقل أحد أنواع النباتات في تكاثُره خُضرِيًّا ؟

2. بالترقيد Layering

لبعض أنواع النباتات فروع قريبة من سطح التربة تستخدم في عملية الترقيد. يثني الفرع ويغطي بالتربة بشرط أن تترك بعض البراعم تحت سطح التربة وبعضها الآخر فوقها. تستمر عملية الترقيد عادة بضعة أسابيع، يستمد خلالها الفرع المرقد ما يلزمه من غذاء من النبات الأصل نظراً لاتصاله به؛ وبعد ذلك يفصل الفرع المرقد عن النبات الأصل ليكوِّن نباتاً مستقلاً. ومن أمثلة النباتات التي يتم فيها التكاثر بالترقيد الياسمين والفايكس.

- وللترقيد أنواع عديدة منها:

أ. الترقيد البسيط (ترقيد القمة) Tip layering

وفيه يدفن جزء من الفرع في التربة مع ترك القمة كما في نبات الياسمين (الشكل 14 أ).



شكل (14أ): الترقيد الأرضي لأحد فروع نبات الياسمين. يلاحظ الجزء المغطى بالتربة

ب. الترقيد المركب Compound layering

ج. الترقيد الهوائي Air layering

يتم جرح النبات في عدة أماكن وتغطى هذه الجروح بقطعة قماش أو قطن مبلل بالماء كما يمكن رشها بهرمونات النمو كما في نبات الفايكس (الشكل 14 ب).



صورة (14ب): الترقيد الهوائي لأحد فروع نبات الفايكس نيتدا. يلاحظ قمع البلاستيك المملوء بالتربة الملتف حول منطقة الفرع المرقد.

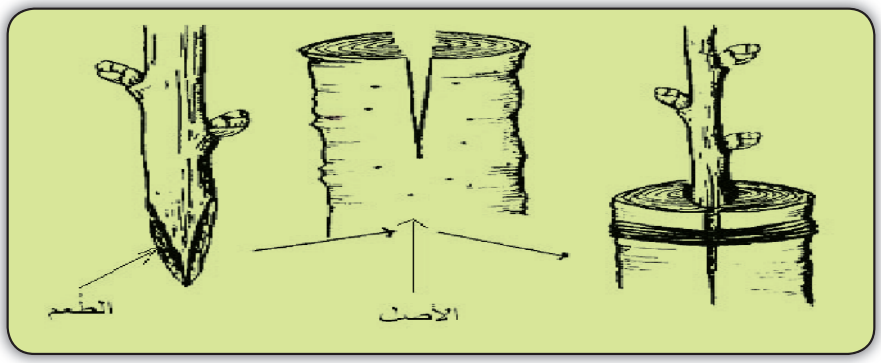
3. بالتطعيم Grafting

يستخدم التطعيم، بصفة خاصة، في حالة أشجار الفاكهة بغية الحصول على الثمار المرغوب فيها. وفيه تنقل قطعة من ساق أحد أنواع النباتات، تعرف بالطعم Scion، لتلتصق بساق نبات آخر يعرف بالأصل Stock. ويتعين لصق طبقة الكامبيوم في الطعم مع طبقة الكامبيوم في الأصل بحيث يتصل النباتان معاً ليكونا نباتاً واحداً. يستفيد الطعم من مميزات المجموع الجذري للأصل كما يستفيد الأصل من مميزات المجموع الخضري للطعم. وبذلك تتوافر للنبات المزدوج الناتج من هذه العملية مزايا النباتين معاً. ولكي ينجح التطعيم يجب أن يكون الطعم من نفس جنس الأصل أو من جنس مشابه له في صفات كثيرة. فمثلاً يطعم البرتقال على اللارنج والخوخ على البرقوق والكمثرى على السفرجل.

- هنالك عدة أنواع من التطعيم أهمها:

أ. التطعيم بالقلم Bar Grafting

ويعرف أيضاً بالتطعيم بالشق، وفيه يقطع فرع الطعم إلى عدد من القطع، تحتوي كل قطعة منها على برعمين أو ثلاثة، ويبري طرفها كما يبري القلم أو يقطع بميل بغرض تعريض سطح مائل نظيف. كما يقطع الأصل أفقياً على مقربة من سطح التربة، ثم يعمل فيه شق عمودي ويوضع القلم في ذلك الشق باحتراس بحيث تلتصق أنسجة الكامبيوم في القلم مع تلك التي في الأصل. بعد ذلك يطلى الجرح بطلاء خاص يعرف بشمع التطعيم ليحمي الجرح من الآفات ويمنع دخول الهواء. ثم يلف رباط محكم حول مكان التطعيم زيادة في الوقاية من أشعة الشمس والجفاف (الشكل 15).



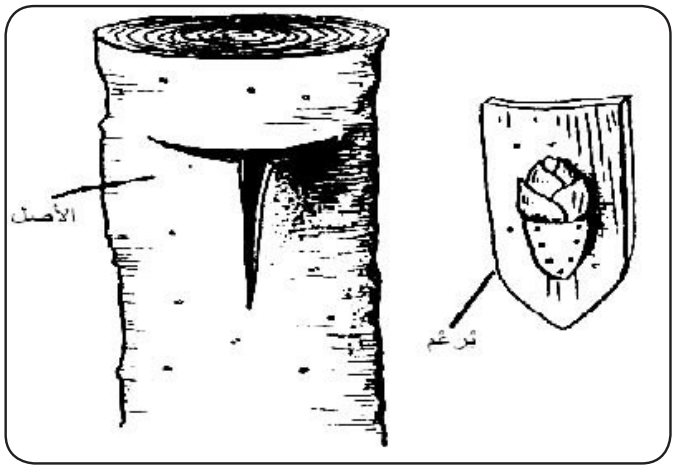
الشكل (15): التطعيم بالقلم أو (بالشق)

يحفز الجرح خلايا السطحين المقطوعين للانقسام والنمو وتكوين خلايا برانشيمية سريعة الانقسام في مكان الجرح، ويعقب ذلك اتصال الخشب واللحاء في الطعم بما يقابلهما في الأصل.

هذا ويمكن لصق عدة أقلام من الطعم في أصل واحد لضمان عملية التطعيم.

ب. التطعيم بالبرعم أو العين Bud Grafting

يؤخذ في هذا النوع من التطعيم برعم من الشجرة المرغوب في ثمارها، ويوضع في قشرة الأصل الذي يراد تطعيمه وذلك بعد عمل شق في الأصل على شكل الحرف الإنجليزي T ثم يربط موضع التطعيم برباط محكم لوقاية الطعم ومنع تسرب الهواء والجراثيم إلى الأجزاء المجروحة. وتأخذ الأنسجة في الالتئام بالتدريج و كذلك الجروح. وبعد إنبات البرعم تقطع فروع الأصل وذلك ليتحول إليه جميع الغذاء المجهز، مما يساعد على سرعة نموه. يوضح الشكل (16) طريقة التطعيم بالبرعم.

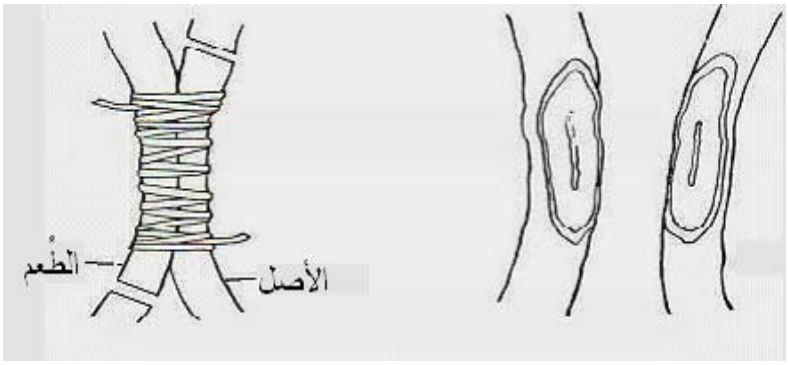


الشكل (16): التطعيم بالبرعم

هذا وتجري عملية التطعيم بالعين عادة في فصل النمو الملائم حين ينشط نمو النبات وتتحرك العصارة.

ج. التطعيم باللصق Approach Grafting

يستخدم هذا النوع من التطعيم في إكثار بعض أشجار الفاكهة كالمانجو والجوافة. ويستخدم فيه أصل من نوع نباتي لا يزيد عمره عن ثلاث سنوات مزروع في أصيص. تنزع مساحة صغيرة من قلف (قشرة) الأصل، ثم يُختار طعم من نبات جيد الثمر ويختار منه فرع يشبه الأصل في سمكه وينزع منه القلف هو الآخر لمسافة محدودة (الشكل 17أ). وبعد ذلك يقرب الأصل من الطعم حتى يلتصق به تماماً، ثم يربط فرعا الأصل والطعم بإحكام ويطلى الرباط بطلاء التطعيم (الشكل 17ب). وبعد مضي شهرين أو ثلاثة أشهر يتم التئام الجرح ويفصل الطعم بقَطْعه من أسفل منطقة التصاقه بالأصل، كما يُقطع أعلى الأصل حتى يصل كلَ الغذاء إلى الطعم. هذا ويوضع النبات المطعم حديثاً في مكان ظليل لفترة تُمكن من استمرار نمو الفرع على الأصل وبعدها ينقل من الأصيص إلى مكانه في أرض المزرعة.



(أ) (ب)

الشكل (17أوب): التطعيم باللصق

تدريب (3)

قبل أن نستكمل ما بدأناه عن التطعيم، لنتوقف هنا لحظة لحل هذا التدريب:

- ضع علامة(✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ:

1. التكاثر بالعقل يُعطي نباتات تشبه أصولها لحد كبير. ( )
2. التكاثر بالتطعيم ينتج نباتاً له ميزات النبات الأصل فقط. ( )
3. الفرع المرقد ينتج غذاءه بنفسه في أسابيع الترقيد الأولى. ( )
4. تعامل نهاية العقلة المقطوعة بالأوكسين لتحفيز نمو الجذور. ( )
5. شمع التطعيم يعمل على حماية جرح النبات من الآفات منع دخول الهواء. ( )
6. في التطعيم باللصق يستخدم أصل مزروع في التربة. ( )
7. يغطى جرح النبات المرقد هوائياً، بقطعة قماش أو قطن مبلل بالماء. ( )

وبرغم اختلاف الطرق المستعملة في عملية التطعيم تبقى أساسيات العملية ثابتة نوردها فيما يلي:

- عند إجراء عملية التطعيم يوضع جزء من نبات يسمى الطعم Scion على نبات آخر يسمى الأصل Stock بحيث يلتصق النسيج النامي (الكامبيوم) Cambium لكل منهما مع الآخر. يكوّن كلاهما خشباً ولحاءً جديدين ويلتحما معاً كما لو كانا نباتاً واحداً. وفي الغالب يغمس الأصل أو الطعم أو كلاهما قبل إجراء التطعيم في محلول الأوكسين، وهو هرمون يحفز انقسام الخلايا والالتحام المبكر، مما يتيح فرصة أكبر لنجاح عملية التطعيم.

فوائد التطعيم

1. الاحتفاظ بجودة الصنف.
2. تجديد الأشجار المسنة أو الجيدة الصنف.
3. إصلاح الأجزاء التالفة من الأشجار.
4. مقاومة الأمراض، إذ تختلف النباتات في درجة مقاومتها للأمراض، فالبرتقال مثلاً يصاب بمرض التصمغ أما اللارنج فلا يصاب به لذلك يطعم البرتقال على أصول من اللارنج في المناطق التي ينتشر فيها مرض التصمغ. كما تصاب جذور أشجار الخوخ بالدودة الثعبانية إذا زرع في الأراضي الرملية بينما المشمش يقاوم الإصابة بها، ولذلك يطعم الخوخ على أصول من المشمش وهكذا.
5. سرعة الإثمار، فالنباتات المستكثرة بالتطعيم تثمر أسرع كثيراً مما تثمر النباتات المزروعة بالبذور.
6. زراعة أنواع نباتات وإكثارها في تربة لا تلائم نمو جذورها، وذلك باستخدام أنواع النباتات هذه طعماً على أصول تنمو بنجاح في تلك التربة. ففي الأراضي الرملية مثلاً ينجح الليمون أكثر مما ينجح البرتقال، فيطعم البرتقال على أصول من الليمون.

تدريب (4)

- على شكل مخطط، بيِّن طُرُق التكاثُر غير الجنسي في الكائنات الحية مع التمثيل لكل طريقة.

أسئلة تقويم ذاتي

1. بيِّن أهمية التكاثُر للكائنات الحيَّة.
2. أكمل ما يأتي: التكاثر الجنسي في الكائنات الحيَّة هو.....
.....بينما التكاثر غير الجنسي في الكائنات الحيَّة هو.....
3. وضِّح، مُستعيناً بالرسم، طُرُق التكاثُر غير الجنسي في الكائنات الحية.
4. عدِّد خصائص التكاثر غير الجنسي.
5. اذكر فوائد التكاثر غير الجنسي.
6. وضِّح عيوب التكاثر غير الجنسي.
7. بيِّن لماذا لا يُشجع التكاثُر غير الجنسي التبايُن الوراثي؟

2. التكاثر الجنسي Sexual Reproduction

يشترك في هذا النوع من التكاثر أبوان ينتج كل منهما مشيجات (خلايا تناسلية). تعرف الأمشاج المذكرة في الحيوانات، بالحيوانات المنوية، وتعرف الأمشاج المؤنثة بالبويضات، بينما يُشار إليها في النباتات بحبوب اللقاح والبويضات على التوالي.

يحمل كل مشيج نصف عدد صبغيات الخلية الجسدية، أي العدد المشيجي من الصبغيات (n). وعند اتحاد المشيج المذكر مع المشيج المؤنث تتكون البويضة المخصبة التي تعرف بالزايجوت الذي تنتقل إليه صفات من الوالدين وتحمل خلاياه العدد الجسدي Somatic number للصبغيات (2n).

2. 1 خصائص التكاثر الجنسي

1. تنتج عنه أفراد من نفس النوع تحمل مزيجاً من صفات الأبوين مما يزيد من قدرة الأفراد الجديدة على المواءمة مع ظروف البيئة المتغيرة.
2. تنتج أعضاء التأنيث بويضات قليلة العدد كبيرة الحجم نسبياً نظراً لما يدخر فيها من غذاء مما يساعد ويسهم في نمو الجنين المبكر، كما أنها تحتوي على نصف المادة الوراثية الموجودة في الخلية العادية. هذا وتكون البويضات غالباً ساكنة غير متحركة.
3. تنتج أعضاء التذكير خلايا تناسلية صغيرة الحجم وبأعداد وفيرة، وتحتوي على نصف المادة الوراثية الموجودة في الخلية العادية.
4. تندمج محتويات حبة اللقاح مع خلية البويضة في النباتات لتكوين البويضه المخصبة (الزايجوت) الذي ينمو مكونا جنيناً داخل البذرة ويصبح فرداً كاملاً بعد إكمال عمليتَيْ الإنبات والنمو.
5. وفي عالم الحيوانات يتحد أو يندمج الحيوان المنوي مع البويضة مكوناً الزايجوت، والذي بدوره ينقسم انقسامات فتيلية متتالية إلى عدة خلايا مكونة جنيناً يستمر في النمو ليصبح فرداً جديداً.
6. يحتاج التكاثر الجنسي إلى فترة من الزمن تنمو خلالها الأفراد المذكرة والمؤنثة حتى تكون قادرة على القيام بمهمة التكاثر الجنسي.

2. 2 فوائد التكاثر الجنسي

تتمثل هذه في الآتي:

1. إحداث أكبر قدر من التباين الوراثي عن طريق:

أ) الانقسام الاختزالي (الميوزي): عمليتا العبور والتوزيع الحر للصبغيات (الكروموسومات) تعدان مصدرين للتباين الوراثي ومن ثم نقل هذا التباين للأفراد الناتجة.

ب) الإخصاب العشوائي: تكوُّن الأفراد بطريقة جنسية نتيجة لالتقاء مشيجين من فردين مختلفين وراثياً يزيد من فرص إحداث التباين

الوراثي في الأفراد الناتجة مما يعطيها فرصة أكبر للبقاء وملاءمة الظروف البيئة.

2. إنتاج أفراد من نفس النوع تحمل صفات من كلا الأبوين مما يُساعد على المحافظة على النوع.

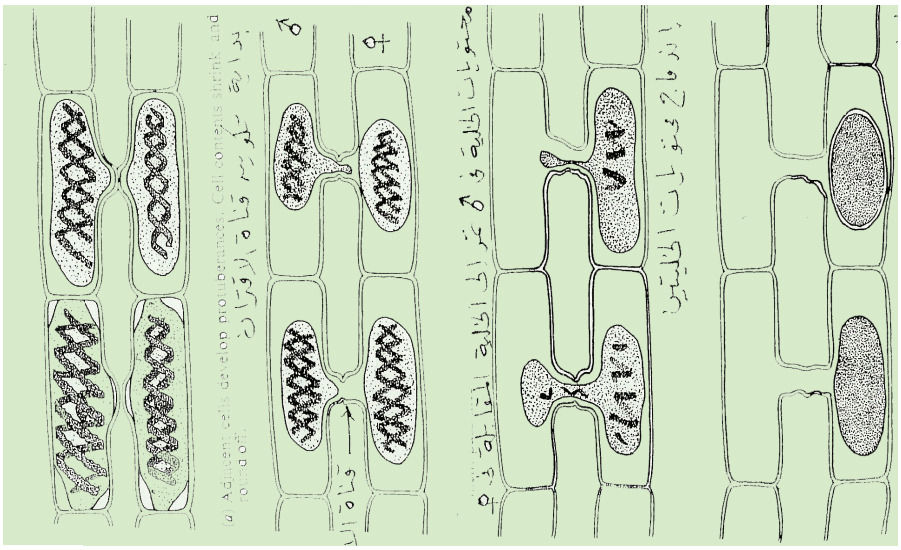
2 . 3 عيوب التكاثر الجنسي

1. يأخذ فترة طويلة في بعض الأحيان ولا ينتج النوع أفراداً كثيرة العدد.
2. مكلف ويستهلك كثيراً من المادة والطاقة ويتمثل ذلك في ضياع معظم الأمشاج المذكرة دون أن تشارك في عملية الإخصاب.

2 .4 طريقتا التكاثر الجنسي

1. الاقتران Conjugation

يحدث هذا النوع من التكاثر في الكائنات الحية بدائية التركيب مثل البراميسيوم والكلاميدوموناس والاسبيروجيرا وذلك عندما تسوء الأحوال البيئية. ففي طحلب الاسبيروجيرا على سبيل المثال تتم عملية الاقتران (التكاثر التزاوجي) بين خيطين متوازيين. فإذا تقارب خيطان ظهر نتوء جانبي من كل خليتين متقابلتين. يبرز النتوء الجانبي للخلية حتى يلامس نتوء الخلية الأخرى، ويتحد طرفاهما وينحل الجدار الذي يفصلهما فيكون شكلاً أنبوبياً تمر من خلاله محتويات إحدى الخليتين إلى الأخرى وتندمج هذه المحتويات مكونة الزايجوت (الشكل 18). يلاحظ أنَّ أحد الخيطين المتقاربين قد أفرغ محتوياته في خلايا الخيط الآخر ويعتبر الخيط الخالي مذكراً والآخر مؤنثاً.



الشكل (18): التكاثر الاقتراني السُّلَّمي في الاسبيروجيرا

2. التكاثر بالأمشاج Reproduction by Gametes

يسود هذا النوع من التكاثر بين الكائنات الحية الراقية التي تنتج نوعين مختلفين من الأمشاج (مذكرة ومؤنثة).

ويتميز المشيج المذكر بصغر حجمه وسرعة حركته ونشاطه. أما المشيج المؤنث فيكبره حجماً نسبياً ويكون أقل حركةً منه ويختزن كمية مقدرة من الغذاء. ويتميز كل من المشيجين باحتوائه على العدد المشيجي من الصبغيات (n) حيث إنه ينتج من انقسام اختزالي (ميوزي). وبذلك يمد كل من المشيجين المولود الجديد بكمية متساوية من الحمض النووي وعليه فإنهما يشتركان في الصفات الوراثية التي تظهر عليه بنسب متساوية.

تتكون الأمشاج في الأعضاء التناسلية للكائنات الحية (الخصية، المبيض، المتك) ويعتمد تكوينها على الانقسام الاختزالي (الميوزي).

• تصنيف أفراد الكائنات الحية من حيث احتوائها على الأعضاء التناسلية:

يمكن تصنيف الكائن الحيِّ من حيث احتوائه على الأعضاء التناسلية، على النحو التالي:

أ/ أحادي الجنس Unisexual

ويعني ذلك أنَّ الفرد يحمل فقط الأعضاء التناسلية المذكرة أو المؤنثة، كما هو الحال في الإنسان وكثير من الحيوانات وبعض النباتات كالنخيل ويعرف هذا النوع بأنَّه ثنائي المسكن Dioecious.

ب / ثنائي الجنس Bisexual

وهنا يحمل الفرد الواحد أعضاء التأنيث والتذكير معاً ويعرف بأنَّه خنثى Hermaphrodite، كما هو الحال في كثير من الديدان المفلطحة وديدان الأرض والنباتات الزهرية. ويعرف هذا النوع بأنَّه أحادي المسكن Monoecious.

من الملاحظ أنَّ التكاثر الجنسي يسود بين الرتب العليا من الحيوانات والإنسان والنباتات، وإن كان لبعض الرتب العليا من النباتات القدرة على التكاثر لا جنسياً مثل أشجار الفاكهة. كما أنَّ التكاثر غير الجنسي يسود بين الكائنات الحية الدنيا وإن كان بعضها مثل الهيدرا تتكاثر جنسياً عندما تسوء ظروف البيئة الخارجية.

- العوامل البيئية التي تؤثر على ميقات التكاثر ومعدله وطريقته

هناك بعض العوامل البيئية التي تؤثر على ميقات التكاثر ومعدله وطريقته ومن هذه العوامل: الغذاء والأوكسجين ودرجة الحرارة والضوء والرطوبة والماء والتي نستعرضها فيما يلي:

تتكاثر العديد من الكائنات الحية الدنيا تكاثراً غير جنسي وبمعدلات عالية في البيئة الملائمة وعندما تسوء الظروف البيئية فإنَّها تلجأ إلى التكاثر الجنسي حفظاً للنوع.

1. في المناطق المعتدلة والقطبية يكون تكاثر العديد من الحيوانات موسمياً في فصلي الربيع والصيف، بينما يكون تكاثر أنواع الحيوانات في المناطق المدارية والاستوائية طول العام. هذا وقد تهاجر بعض الحيوانات قبل حلول فصل الشتاء البارد إلى مناطق أكثر ملاءمة لتكاثرها.

2. يؤثر طول الفترة الضوئية Photoperiod في أنواع النباتات الزهرية من حيث ميعاد إزهارها، وفي ضوء ذلك قسمت النباتات حسب استجابتها لطول الفترة الضوئية وقصرها إلى أنواع نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير ونباتات النهار المتعادل.

أنواع نباتات النهار الطويل Long – day plants

- تزهر هذه الأنواع عندما تتعرض لفترة ضوئية متصلة تمتد إلى أكثر من 12 ساعة يومياً، كما هو الحال في نباتات الخس والفجل والبنجر والبطاطس والسبانخ القمح. هذا وإذا نقصت الفترة الضوئية عن 12 ساعة فإنَّه يتبعها إبطاء عملية الإزهار أو توقفها، ويستمر النبات في نموه الخضري.

أنواع نباتات النهار القصير Short- day plants

- تزهر هذه الأنواع عندما تتعرض لفترة ضوئية متصلة في مدى أقل من 12 ساعة يومياً. هذا وإذا زادت فترة تعرضها للضوء يومياً عن هذا المدى فإنَّه يتبعها إبطاء في عملية الإزهار أو توقفها تماماً، ويستمر النبات في نموه الخضري. وينتمي لهذه المجموعة بعض أنواع التبغ والأرز.

أنواع نباتات النهار المتعادل Day- neutral plants

- تزهر هذه الأنواع في موسم بعينه وليس لطول النهار أو قصره أي تأثير على ميقات الإزهار وتتمثل هذه المجموعة في نباتات، الطماطم والفلفل والذرة والخيار والقطن وزهرة الشمس.

3. لقد ثبت عملياً تأثير درجة الحرارة على الأزهار، فقد وجد أنَّ انخفاض درجة الحرارة في طور نمو البادرات يؤدي إلى قصر مرحلة النمو الخضري والتعجيل بمرحلة الإزهار والإثمار. وأطلق على هذه العملية اسم الارتباع Vernalization ومن أمثلة النباتات التي تبدو فيها ظاهرة الارتباع القمح والشعير والبنجر.

5. 2 دورة الحياة Life Cycle

تشمل عملية التكاثر الجنسي (لتكملة دورة حياة كائن حي) الخطوات التالية:

1. تكوين الأمشاج.
2. انتقال الأمشاج إلى بيئة الإخصاب.
3. حدوث الإخصاب وتكوين البويضة المخصبة (الزايجوت).
4. نمو الزايجوت ليعطي فرداً كاملاً يبدأ دورة حياة جديدة أخرى

وبذلك تُعرَّف دورة الحياة بأنَّها:

مجموعة من العمليات والأحداث المتتابعة بدءاً من اتحاد الأمشاج لتكوين الزايجوت في جيل ما وحتى الوصول إلى الفرد الكامل في الجيل الثاني.

تدريب (5)

- قارن بين التكاثر غير الجنسي والجنسي من حيث:

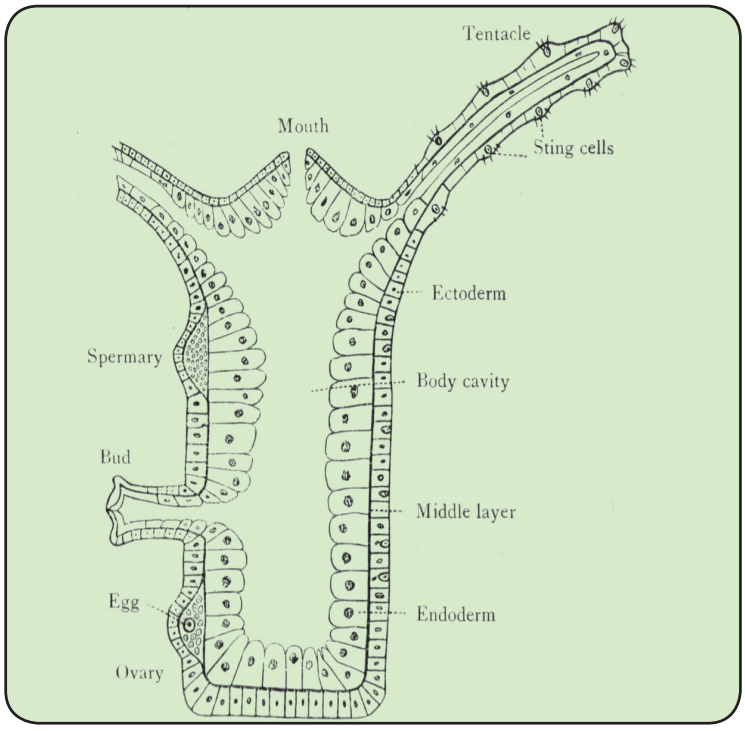
وجه المقارنة	التكاثر غير الجنسي	التكاثر الجنسي
طول فترة إكماله		
طريقة التكاثر		
أمثلة		
صفات الأفراد الناتجة		
أساس الانقسام		

6 . 2 التكاثر الجنسي في الهيدرا Hydra

كما ذكرنا آنفاً إنَّ الهيدرا تتكاثر لا جنسياً بالتبرعم Budding عندما تكون الظروف البيئية ملائمة ولكن عندما تسوء الظروف البيئية بانخفاض درجة الحرارة أو قلة الغذاء، فإنَّها تلجأ إلى التكاثر الجنسي.

تظهر على سطح جسم الهيدرا بالقرب من المخروط الفمي عدة انتفاخات تتراوح بين 3 إلى 6 وهي خصى Testes تحمل داخلها حيوانات منوية. كما تتكون عدة انتفاخات أخرى في نفس الفرد عند أسفل الجسم بالقرب من قاعدة (قدم) الهيدرا وهي عبارة عن مبايض Ovaries تحتوي على بويضات، لا تلبث أن تختزل إلى مبيض واحد كبير ناضج (الشكل 19).

فالهيدرا خنثي ورغم ذلك فإنّ االتلقيح Insemination فيها خلطي، حيث تتكون الخصية وتنضج الحيوانات المنوية فيها وتتساقط في الماء قبل نضوج المبيض والبويضات، (فهي خنثي مبكرة الذكورة).



الشكل (19): الهيدرا

تسبح الحيوانات المنوية في الماء وعند مصادفتها مبيض هيدرا أخرى يحتوي على بويضة ناضجة فإن حيواناً منوياً واحداً منها ينجح في اختراق

غلاف البويضة ليخصبها ليكوّن الزايجوت. يحيط الزايجوت نفسه بغشاء كيتيني قبل أن ينفصل من جسم الهيدرا ويسقط في الماء ليستقر في قاع البركة حيث يبقى في طور ركود لبعض الوقت. وعندما تتحسن الظروف البيئية يبدأ الزايجوت في الانقسام الفتيلي لتكوين كتلة من الخلايا المتماثلة (البلاستيولا). بعد ذلك يتكون الطور الكروي (الجاسترولا) والذي يُكوِّن فيما بعد العلقة اليرقية.

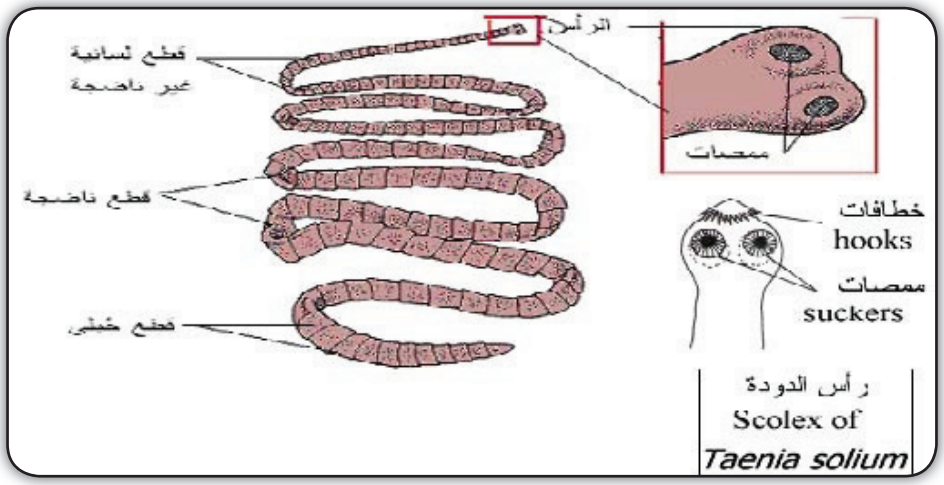
وبوصول الجنين لهذه المرحلة ينشق الغشاء الكيتيني وتخرج العلقة اليرقية التي ينمو لها مخروط فمي ومجسات فتصبح هيدرا كاملة.

2. 7 التكاثر الجنسى في الديدان الشريطية Tape worms

عرف الإنسان الديدان الشريطية التي تعيش في إمعائه منذ زمن بعيد، وتعرَّف على نوعين أساسيين يعيشان في أمعائه الدقيقة ويسببان له ضعفاً عاماً، وهما تينيا سوليوم Taenia solium التي تنتقل للإنسان عند تناوله لحوم خنزير مصابة بالأطوار المعدية للدودة ، والأخرى تينيا ساجيناتا Taenia saginata التي تصيب الإنسان بتناوله لحوم الأبقار المصابة.

أوَّلاً: تركيب جسم الدودة

يتركب جسم الدودة من رأس صغير دبوسي الشكل يحمل أربعة ممصات تعلقها بجدار الإمعاء، تليه منطقة العنق (منطقة تبرعم) ثم أخيراً المنطقة المقسمة لقطع لسانية (أسلات) عديدة خلف منطقة العنق وتعرف بالمخروط (الشكل 20).



الشكل (20): دودة ورأس تينيا ساجيناتا بالغة ورأس تينيا سوليوم

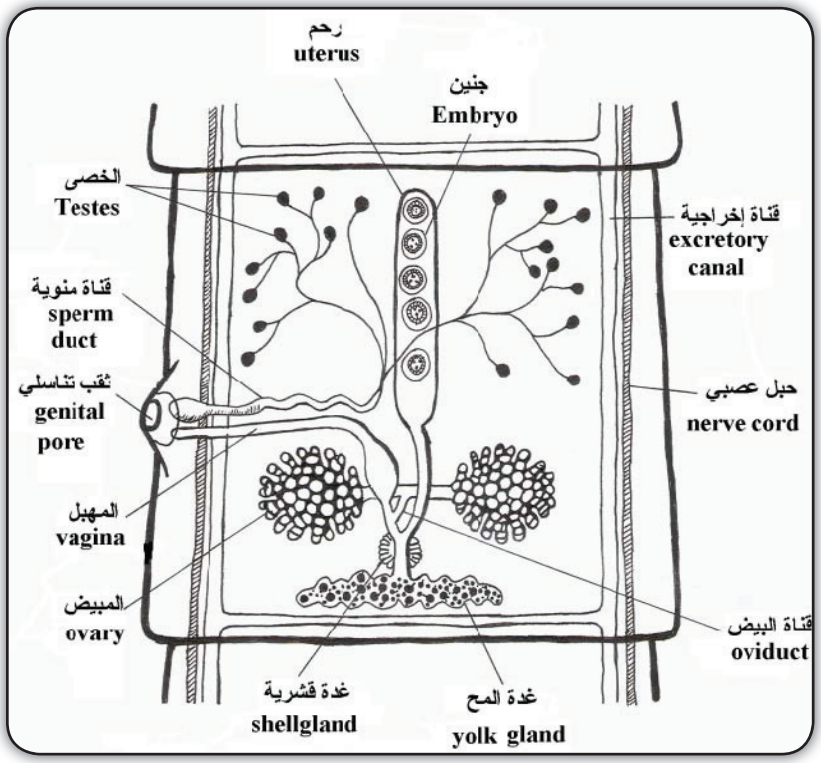
تمعن الجدول (1) أدناه، وادرس الفروقات بين الدودتين الشريطيتين تينيا سوليوم وتينيا ساجيناتا.

الجدول(1): مقارنة بين الدودتين الشريطيتين تينيا سوليوم وتينيا ساجيناتا

تينيا سوليوم	تينيا ساجيناتا
١. العائل الوسيط هو الخنزير ٢. الرأس به ٤ ممصات بالإضافة إلى حلقة من الأشواك الكيتينية ٣. طول الدودة بين ٣ إلى ١٠ أمتار ٤. مقسمة لقطع لسانية يبلغ عددها ١٠٠٠ قطعة ٥. في القطعة اللسانية الناضجة يحتوي الرحم من ٧ إلى ١٢ فرعاً جانبياً ٦. تحتوي القطعة اللسانية الناضجة على ٤٠٠٠٠ بيضة ناضجة	١. العائل الوسيط هو الأبقار ٢. الرأس به ٤ ممصات للتثبيت ويخلو من الأشواك الكيتينية ٣. طول الدودة بين ٥ إلى ٢٠ متراً ٤. مقسمة لقطع لسانية يبلغ عددها ٢٠٠٠ قطعة ٥. في القطعة اللسانية الناضجة يحتوي الرحم من ١٥ إلى ٣٥ فرعاً جانبياً ٦. تحتوي القطعة اللسانية الناضجة على ٨٠٠٠٠ بيضة ناضجة

ومنطقة العنق في الدودة منطقة نشيطة، حيث إنها تتبرعم وتنمو مكونة قطعاً لسانية (أسلات) Proglottids جديدة غير ناضجة

Immature proglottids تدفع بدورها القطع القديمة إلى الخلف. ولذا نجد أن القطع اللسانية التي تلي القطع اللسانية الحديثة هي في واقع الأمر قطع لسانية ناضجة Mature proglottids أو بالغة جنسياً، ويتميز فيها بوضوح أعضاء التناسل المذكرة والمؤنثة. وعليه، فكل قطعة لسانية تشكل قطعة لسانية خنثي ولذا تعتبر الدودة عامة بأنها خنثي. أمَّا الأسلات في نهاية الجسم فتختفي منها كل الأعضاء التناسلية ويبقى فيها الرحم الذي يكون مكتظاً بالبيض المخصب ويملأ كل تجويف الأسلة التي تعرف بالأسلة الحاملproglottid Gravid . ونظراً لأنَّ الدودة طويلة فإنها تنثني على بعضها داخل أمعاء المُصاب بها (الشكل 20).



الشكل (21): رسم توضيحي لقطعة لسانية (أسلة) خنثى بالغة جنسياً للتينيا ساجيناتا

ثانياً: تتركب الأجهزة التناسلية في القطعة اللسانية البالغة جنسياً من:

1. **الجهاز التناسلي المذكر: ويتكون من:**

أ. الخصي: ويوجد العديد منها منتشراً في كل مكان تقريباً. ويخرج من كل خصية وعاء منوي رقيق يحمل الحيوانات المنوية من الخصية؛

ب. الوعاء الناقل: تتجمع الأوعية الخارجة من الخصى لتكون أوعية منوية صادرة تفتح في النهاية في وعاء ناقل واحد يمتد بعرض الدودة، و يتعرج الوعاء الناقل ليكوِّن القناة القاذفة؛

ج. الذؤابة (القضيب): تقود القناة القاذفة إلى قضيب عضلي يمكنه البروز من خلال غرفة صغيرة على جانب الدودة تسمى الدهليز التناسلي.

2. **الجهاز التناسلي المؤنث:**

ويتكون من:

أ. مبيضين.

ب. قناتي المبيض: تخرج من كل مبيض قناة مبيض و تتحد القناتان معاً لتكونا قناة مبيض مشتركة.

ج. المهبل: تنتفخ قاعدة المهبل لتكوَن حوضاً منوياً تخزن فيه الحيوانات المنوية.

د. الرحم: ووظيفته استقبال البيض المخصب وحفظه.

ثالثاً: دورة حياة دودة التينيا

ينضج الجهاز التناسلي المذكر (الخصية) قبل الجهاز التناسلي المؤنث في القطعة اللسانية الواحدة، ونظراً لأن الدودة طويلة فإنها تنثني على بعضها داخل أمعاء المُصاب. ولذا تمر الحيوانات المنوية من قطعة لسانية إلى أخرى مقابلة لها في نفس الدودة. وبذلك يكون االتلقيح Insemination خلطياً بين القطع اللسانية المختلفة، أما بالنسبة للدودة عامة فتلقيحها ذاتي. تُخزن الحيوانات المنوية مؤقتاً في الكيس المنوي.

- يتم تخصيب البويضة، وهي في طريقها إلى حُجَر البيض، بحيوان منوي قادم من الكيس المنوي لقطع لسانية أخرى. وتصل البويضة المخصبة إلى حُجَر البيض حيث تحاط بالمح وإفرازات الغدة القشرية. ولكن تراكم البيض في حجر البيض يدفع بالبويضة إلى الرحم. هذا ونادراً ما يحدث إخصاب ذاتي داخل القطعة اللسانية الواحدة ونادراً ما يحدث تلقيح Insemination خلطي بين دودتين مختلفتين.
- بعد إتمام عملية التخصيب تحاط البويضة المُخصَّبة بالمح والقشرة الكيتينية، كما ذكرنا من قبل، وتتراكم البويضات المُخصَّبة في الرحم، ويزداد حجم الرحم وتظهر به تفرعات جانبية كثيرة يتراوح عددها بين 15 إلى 35 فرعاً على كل جانب في دودة ساجيناتا التي تحتوي على 80 ألف بيضة. أما في السوليوم فتكون تفرعات الرحم الجانبية بين 7 إلى 12 في كل جانب وتحتوي على 40 ألف بيضة.
- يتم نضج البيض المُخصَّب داخل الرحم ويبلغ قطر البيضة الناضجة نحو 40 ميكرون وينمو داخل كل بيضة جنين كروي الشكل ذو ست أشواك ويحاط بقشرة كيتينية سميكة بها ثقوب شعاعية، كما يحاط بغشاء سميك يعرف بحامل الجنين. ويتمدد الرحم ويكبر في حجمه ويتفرع ليملأ كل تجويف القطعة اللسانية (الأسلة) ولذلك تختفي كل الأعضاء التناسلية الأخرى وتصبح الأسلة عبارة عن كيس مليء بعدة آلاف من البيض وتعرف بالأسلة الحامل Gravid Proglottid.
- تنقطع القطع اللسانية (الأسلات) الخلفية الحُبلى الممتلئة بالأجنة، ونتيجة لانقباضات عضلات الإنسان المُصاب فإنَّها تخرج مع البراز في شكل مجموعات في حالة تينيا سوليوم وفرادى في حالة تينيا ساجيناتا. وتتعفَّن القطع اللسانية الحُبلى وتتحلل ويخرج منها البيض الذي يحتوي على الجنين ذي الست أشواك. تظل الأجنة حية بداخل البيض لمدة قد تصل إلى أربعة أشهر.

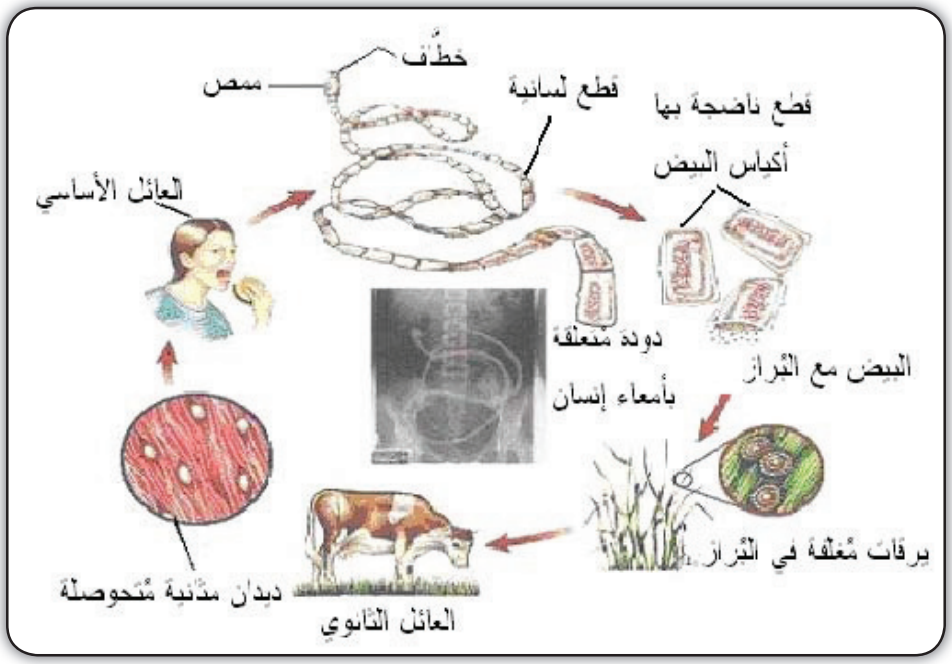
« إذا سقط البيض على عشب أخضر أو أي غذاء آخر للأبقار أو الخنازير، فإنَّ هذه الحيوانات تبتلع البيض مع غذائها. فإذا ما وصل البيض إلى المعدة فإنَّ عصارتها تعمل على إذابة قشرة البيض ويخرج الجنين ذو الست أشواك، ويخترق بمساعدة هذه الأشواك جدار المعدة أو الأمعاء فيصل إلى الأوعية الدموية أو اللمفاوية التي تحمله إلى العضلات المحيطة بالقلب أو عضلات الكتف واللسان. وعندها يفقد الجنين أشواكه ويستقر هنالك حوالي عشرة أسابيع، حيث يتطور ليكوِّن ما يعرف بالدودة المثانية المتحوصلة التي تستقر بين عضلات العائل. هذا وتمثل الدودة المثانية Bladder Worm الطور المُعْدي للإنسان.

« إذا تناول الإنسان لحماً نيئاً أو غير ناضج به الدودة المَثانية المتحوصلة فإنَّها تصل إلى داخل المعدة ثم إلى الإمَّعاء فتذوب المثانة المتحوصلة بإنزيمات القناة الهضمية ويبرز رأس الدودة وعنقها ثم يلتصق الرأس بجدار الإمعاء ويأخذ العنق في النمو والانقسام مكوناً أسلات تكون بدورها دودة شريطية كاملة (الشكل 22).

تدريب (6)

- علِّل لما يأتي:

1. برغم أن الدودة الشريطية خنثى، فإنَّ التلقيح فيها يكون خلطياً وليس ذاتياً.
2. برغم أن الهيدرا خُنثى، فإنَّ التلقيح فيها يكون خلطياً.



الشكل (22): دورة حياة دودة التينيا

تدريب (7)

- ضع دائرة حول الحرف الذي يشير للإجابة الصحيحة:

1. طور الديدان الشريطية المُعدي للإنسان هو:

(أ) البيضة (ب) الدودة المثانية

(ج) الجنين ذو الست أشواك (د) اليرقة المتحوصلة

2. يتميز المشيج المُذكر بـ:

(أ) صغر الحجم (ب) سرعة الحركة

(ج) النشاط (د) كل ما ذُكر

3. من عيوب التكاثر الجنسي أنه:

(أ) يستهلك كثيراً من الطاقة (ب) يُعطي أعداداً كبيرة

(ج) لا يستغرق زمناً طويلاً (د) كل ماذكر خطأ

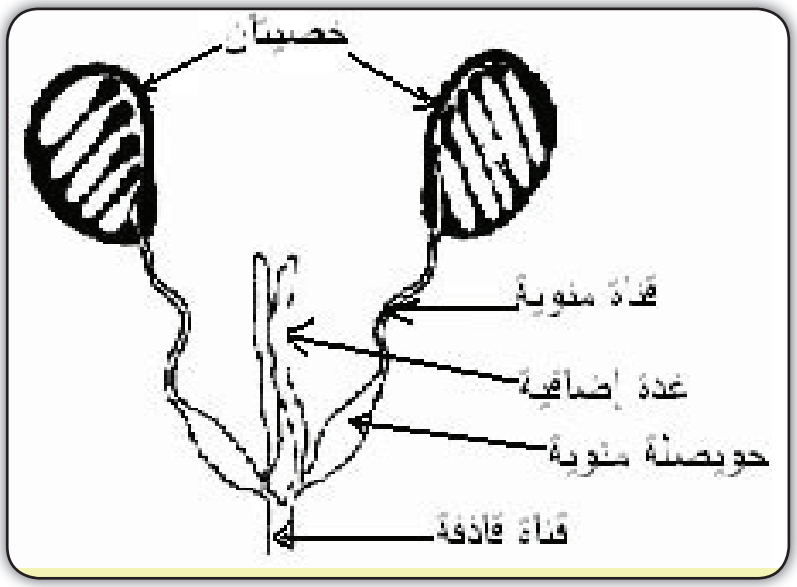
2 . 8 التكاثر الجنسى في الحشرات Insects

الحشرات كائنات وحيدة الجنس، وتماثل في تكاثرها ودورة حياتها معظم الحيوانات، إلاّ أن بعض الحشرات، كما ذكرنا، مثل حشرة المن وملكة نحل العسل، تتكاثر دونما تدخل من جانب الذكر لإخصاب البويضات وتعرف هذه الظاهرة بالتوالد البكري.

أولاً: أعضاء التناسل في ذكر الحشرات

يتركب الجهاز التناسلي في ذكر الحشرات من خصيتين تقعان داخل تجويف الجسم، وتخرج من كل خصية قناة منوية أو وعاء ناقل للمني ينتفخ جزء منه ليكون الحويصلة المنوية (الشكل 23).

يتحد الوعاءان المنويان ليكونا القناة القاذفة التي تمر بمنتصف القضيب. كما تفتح غدة إضافية في كل قناة منوية وظيفتها إفراز كبسولة بروتينية حول الحيوانات المنوية تسمى حامل المني.

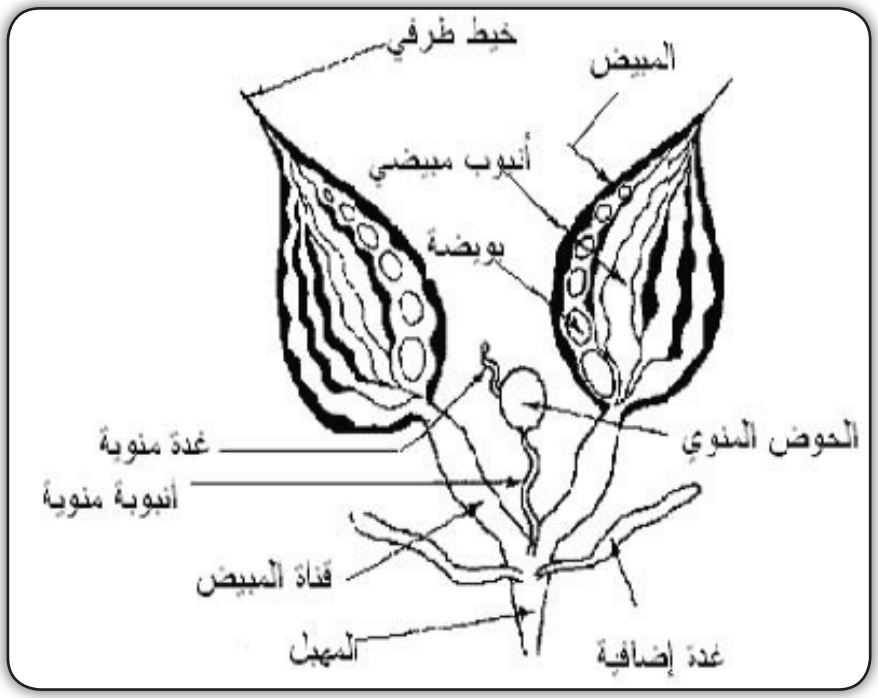


الشكل (23): الجهاز التناسلي لذكر الحشرات

ثانياً: أعضاء التناسل في أنثى الحشرات

يتكون الجهاز التناسلي لأنثى الحشرات من مبيضين يقعان داخل تجويف الجسم. يتكوَّن كل مبيض من عدة أنابيب مبيضية تتحد في مقدمتها مكونة ما يعرف بالخيط الطرفي وفي مؤخرتها بما يعرف بالكأس. يقود كأس كل مبيض إلى قناة مبيض، وتتحد القناتان معاً لتكونا قناة المبيض المشتركة التي تمتد بدورها مكونة المهبل (الشكل 24).

يفتح في المهبل الحوض المنوي الذي يستقبل الحيوانات المنوية ويخزنها. وهناك غدد إضافية تفتح عند قاعدة المهبل وظيفتها إفراز مادة تلصق البيض على الأوراق وإفراز مادة جلاتينية لكسوة البيض.



الشكل (24): الجهاز التناسلي لأنثى الحشرات

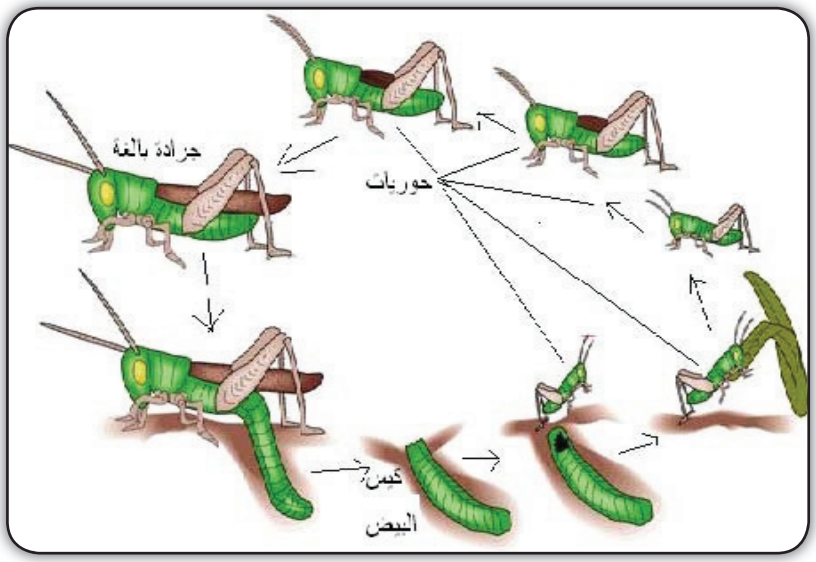
ثالثاً: الإخصاب

بعد الجماع بفترة قصيرة تتجمع الحيوانات المنوية بالحوض المنوي في الأنثى حيث تختزن لتُخصِّب البيض أثناء مروره بقناة المبيض المشتركة

وذلك لأنَّ عملية الجماع بين الحشرات لا تتكرر كثيراً خلال فترة حياتها. يخرج البيض المُخصَّب للبيئة الخارجية تساعده في ذلك نهاية البطن المقوسة لأسفل لتسهيل خروج البيض وإلقائه. تفرز الغدة الإضافية بالأنثى مادة لاصقة لتثبيت البيض المُخصَّب على السطح المناسب من مكونات البيئة الخارجية.

تستمر عملية التطور الجنيني بداخل البيضة المُخصَّبة إلى أن تفقس. وقد وجد أن الطور الذي تفقس فيه البويضة يختلف باختلاف نوع الحشرة. فمثلاً يفقس بيض الجراد ليعطي أفراداً تشابه الحشرة الكاملة لولا ضمور الأجنحة والأعضاء التناسلية، بينما في الذباب المنزلي فإنَّ البيضة تفقس لتُعطي يرقة تتطور بدورها لتُعطي عذراء والتي تتطور لتُعطي حشرة كاملة.

يُسمَّي تطور الجراد بالتطور غير الكامل، ويُطلق اسم الحوريات على أطوار الجراد من الفقس وحتى تكوين الحشرة الكاملة (الشكل 25). أما تطور الذباب المنزلي فيُسمى بالتطور الكامل (الشكل 26).

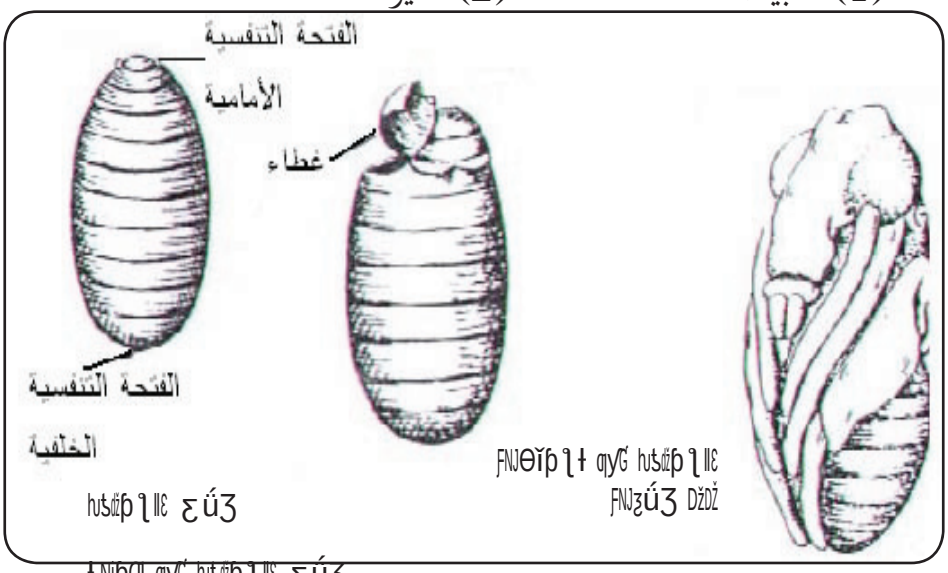


الشكل (25): دورة حياة الجرادة





(1): البيضة (2): اليرقة



(3): الشرنقة



(4): حشرة كاملة

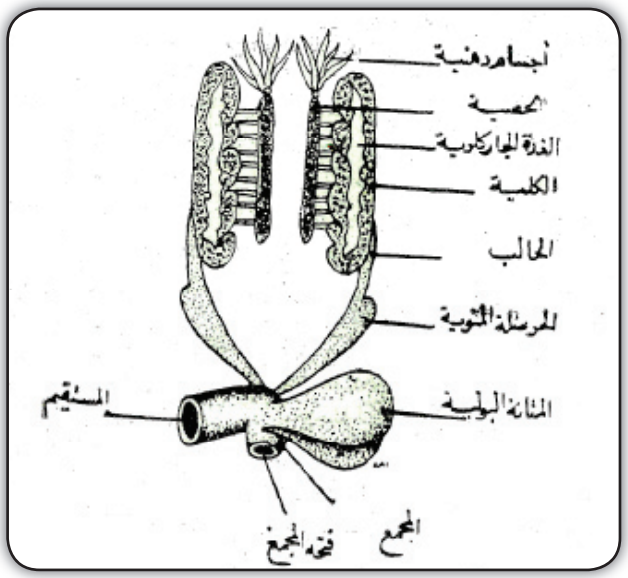
الشكل (26): دورة حياة الذبابة المنزلية (1،2،3،4)

9.2 التكاثر الجنسى في الضفدعة: Frog

كثيراً ما نلاحظ كثرة الضفادع في فصل الخريف في السودان ونسمع نقيقها ليلاً أكثر من سماعه نهاراً لأنَّ سعيها ليلاً أكثر من سعيها نهاراً. ونقيق الذكور أقوي من نقيق الإناث وذلك لإثارة الإناث وجذبها نحوها. ونستنتج من هذه الملاحظة أنَّ فصل الخريف في السودان هو موسم تناسل الضفادع Breeding season حيث تخرج الضفادع من سباتها لتبدأ حياتها النشيطة في هذا الفصل.

أ) جهاز التناسل في ذكر الضفدعة:

للذكر خصيتان وكل خصية ملتصقة بالكلية التي تقابلها. تمر الحيوانات المنوية من الخصية إلى الكلية خلال أنابيب رقيقة تسمي القنوات المنوية، ومن ثمَّ عن طريق الحالب الذي ينقل البول والحيوانات المنوية، ومن ثمَّ تجد الحيوانات المنوية طريقها إلى الخارج. تتسع أنبوبة الحالب مكونة الكيس المنوي (الحويصلة المنوية) Vesicula Seminalis الذي يقوم بتخزين الحيوانات المنوية إلى حين استعمالها (الشكل 27).

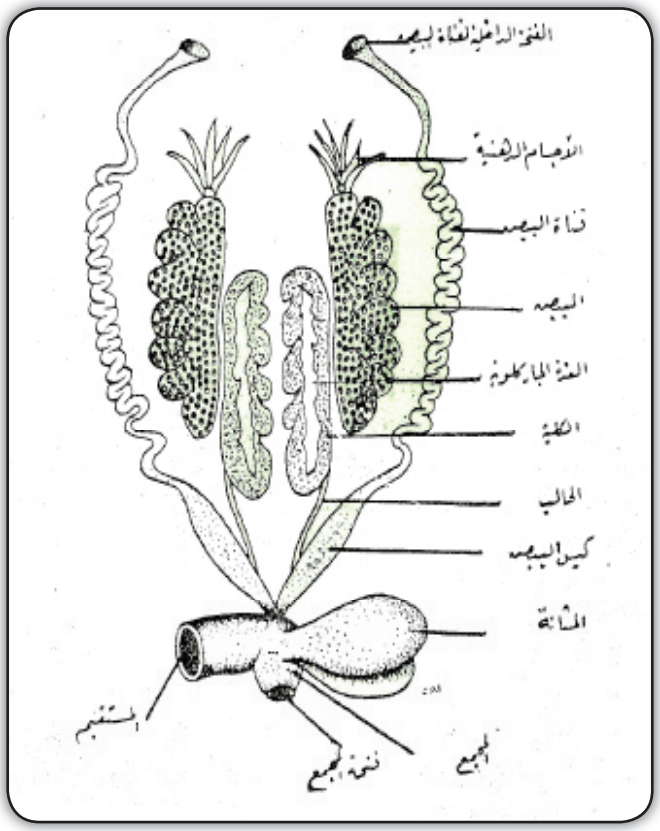


الشكل (27): الجهاز البولي التناسلي لذكر الضفدعة

ب) جهاز التناسل في أنثى الضفدعة

يوجد مبيضان كبيران يشغلان حيزاً كبيراً من التجويف البطني. ولكل مبيض قناة غدية سميكة الجدران لا تتصل به تسمي قناة المبيض Oviduct.

قناة المبيض أنبوبة طويلة كثيرة الالتواء وفتحتها الأمامية قمعية الشكل تحفها الأهداب التي تجذب البيض من التجويف البطني. هذا ويتسع الجزء الخلفي من قناة المبيض ليكوّن كيساً رقيق الجدران يسمي كيس المبيض Ovisac ثم تضيق قناة المبيض قليلاً لتفتح في المجمع Cloaca الذي ينقل البيض خارج الجسم (الشكل 28).



الشكل (28): الجهاز البولي التناسلي لأنثى الضفدعة

• **البيضة**

يبلغ قطر بيضة الضفدعة حوالي 1.6 ملم وتحتوي على قدر قليل من صفار البيض. يدخل البيض في قمع قناة المبيض نتيجة سحبه بوساطة الأهداب. وأثناء مرور البيض خلال قناة المبيض فإنَّه يُغلّف بمادة زلالية تفرزها جدران قناة المبيض الغدية. يبقي البيض في كيس المبيض حتى موسم التناسل.

ج) الإخصاب

تضع أنثى الضفدعة البيض في الماء وتفصل البيض عن بعضه كمية كبيرة من مادة شفافة جلاتينية. يصب الذكر حيواناته المنوية في الوقت الذي تضع فيه الأنثى بيضها، فتسبح الحيوانات المنوية في الماء وتثقب المادة الهلامية التي تحيط بالبيض ويتحد كل حيوان منوي مع بيضة مكوناً بويضة مخصبة. وبذا يكون الإخصاب خارجياً External Fertilization.

د) دورة الحياة

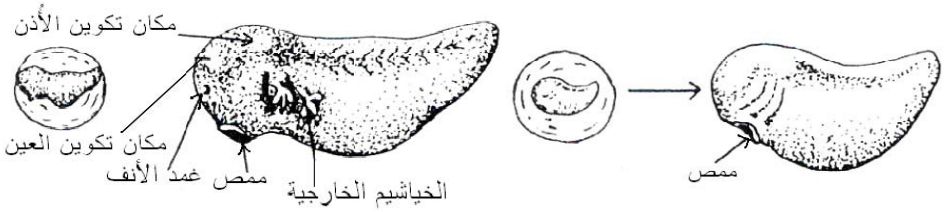
بعد مضي أسبوعين من الإخصاب تفقس البيضة ويخرج حيوان صغير له ذنب صغير يسمي أبو ذنيبة Tadpole ويظهر فيه مكان الفم الذي لم يتكون بعد. ولا زال الحيوان يعتمد في غذائه على صفار البيض(أو المح). كما يظهر أيضاً في كل جانب من الحيوان مكان الخياشيم. لأبي ذنيبة في هذا الطور غدة سمنتية Cement gland في أسفل مقدمة جسمه يثبت بها نفسه على نبات مائي.

بعد مضي أربعة أسابيع من الإخصاب تتلاشي الخياشيم الخارجية External gills وتتكون خياشيم داخلية مغطاة بطبقة جلدية تسمي غطاء الخياشيم Operculum ويتنفس أبو ذنيبة كما تتنفس الأسماك بل ويشبهها أيضاً في شكله.

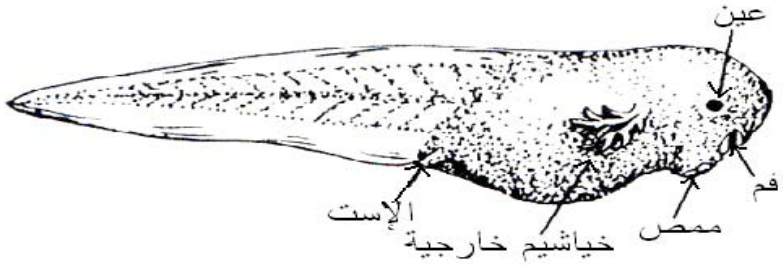
وبعد ثمانية أسابيع من الإخصاب يظهر الطرفان الخلفيان وفتحتا

الأنف الخارجيتان ويكون الذيل طويلا وقوياً يساعد الحيوان على السباحة في الماء.

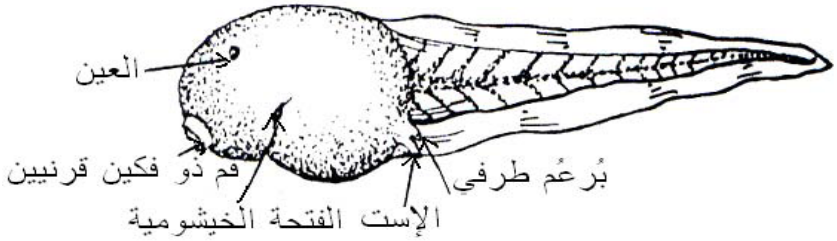
بعد أثني عشر أسبوعاً يظهر الطرفان الأماميان ويمتنع الحيوان عن الغذاء ويبدأ الغذاء من ذيله حتى يتلاشى كليةً، وتصبح الضفدعة بالغة تتحرك على اليابسة تبحث عن الغذاء وتعاود الماء مرة أخرى في موسم التناسل لتضع فيه بيضها ومن ثم تعيد دروة الحياة (الشكل 29).



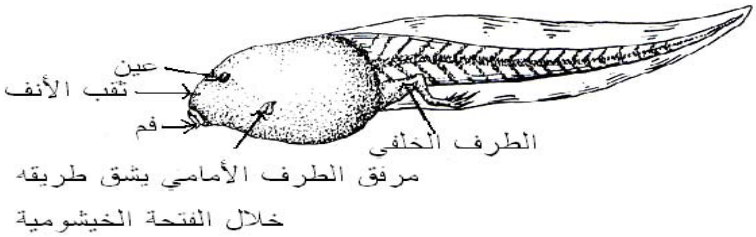
(1): الجنين داخل البيضة قبل الفقس (2): الجنين عند الفقس



(3): أبوذنيبة بخياشيمه الخارجية



(4): أبوذنيبة بالخياشيم الداخلية والحجرة الخيشومية



(5): نمو الطرف الخلفى



(6): نمو الطرف الأمامى



(7): بداية الانسلاخ واكتمال الأطراف وبقاء الذنب الطويل

(8) ضفدع بالغ بعد اكتمال الانسلاخ الذي يدلل عليه باختفاء الذنب وتسطح الرأس واستدارة العينين واتساع الفم وامتلاء الجسم

الشكل (29): أطوار الضفدعة من البيض (1) حتى اكتمال التحول (8)

تدريب (8)

زاوج بين العضو في القائمة (أ) مع ماينا سبه من وظيفة في القائمة (ب):

القائمة (أ)	القائمة (ب)
الممصات في رأس التينيا	حمل الحيوانات المنوية من الخصية إلى الوعاء الناقل
الكيس المنوي في التينيا	حفظ البيض حتى موسم التناسُل
الرحم في التينيا	تخزين الحيوانات المنوية
الوعاء المنوي في التينيا	نقل البول والحيوانات المنوية إلى الخارج
الحويصلة المنوية في الضفدعة	التعلق بجدار الإمعاء
الحالب في الضفدعة	تخزين الحيوانات المنوية
كيس البيض في الضفدعة	الإخصاب
	استقبال البيض المُخصَّب وحفظه

أسئلة تقويم ذاتي

عرِّف الآتي:

1. التكاثر الجنسي ودورة الحياة.
2. أكمل ما يأتي: تُعرف الأمشاج المذكرة في الحيوانات بـ..... والأمشاج المؤنثة بـ.....، بينما تُعرف الأمشاج المذكرة في النباتات الزهرية بـ..... والأمشاج المؤنثة ب.....
3. أُكتُب عن طُرُق التكاثُر الجنسي المُختلفة.
4. قارن بين الكائن الحي أحادي الجنس وثُنائي الجنس.
5. عدِّد أنواع النباتات من حيث استجابتها لطول الفترة الضوئية.
6. وضِّح خصائص التكاثر الجنسي.
7. ما عيوب التكاثر الجنسي.
8. مستعيناً بالرسم المُسمَّى اشرح التكاثُر الجنسي في الهيدرا.
9. بيِّن دورة حياة دودة التينيا مع الرسم المُسمَّى.
10. بيِّن كيف يتم الأخصاب في الحشرات.
11. وضِّح الفرق بين التطور الكامل والتطور غير الكامل في الحشرات.
12. أُكتُب باختصار عن التكاثُر في الضفدعة.

2. 10 التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية

تعتبر الزهرة غصناً قصيراً متحوِّراً يحمل أوراقاً تحورت لتكوين الأجزاء الزهرية المختلفة لغرض التكاثر.

وتنشأ الزهرة في إبط ورقة تسمى قنابة Bract. وتختلف القنابات من حيث الشكل واللون، فأحياناً تشبه الأوراق الخضراء العادية وغالباً ما تكون حرشفية، وفي بعض أنواع النباتات تكون القنابة ملونة كما في نبات الجهنمية. هذا وتختلف الزهرة كغصن متحور عن الغصن العادي كما هو موضح في الجدول (2):

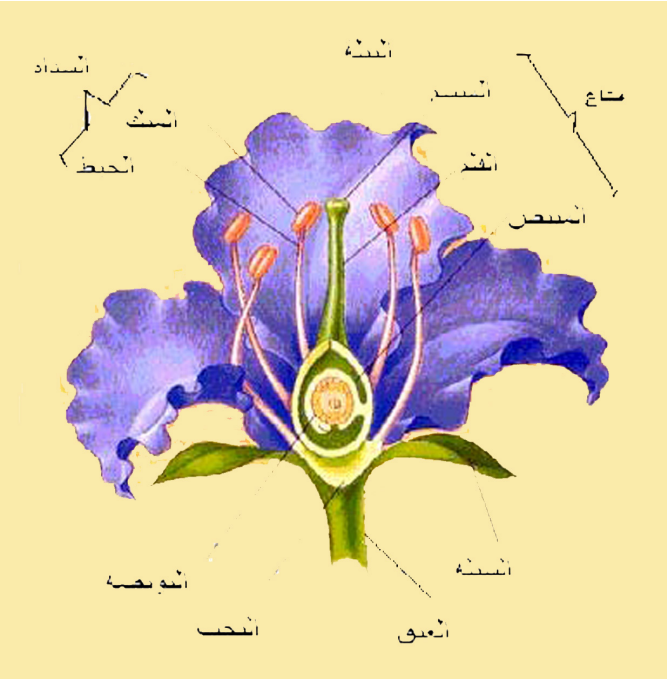
جدول (2): الاختلاف بين الغصن العادي والزهرة (الغصن المتحور)

وجه الاختلاف	الغصن	الزهرة
السلاميات	توجد واضحة وتفصل بينها عقد	لا توجد
الأوراق	موجودة وعادية (خضراء)	متحورة إلى أوراق زهرية
البراعم الإبطية	توجد في آباط الأوراق	لا توجد
المرستيم الابتدائي	موجود ويستمر في النمو	ينتهي بتكوين الأوراق الزهرية

المرستيم الإبتدائي هو نسيج من خلايا انشائية يوجد فى القمة النامية للساق والجذر وطبقة الكامبيوم.

1) تركيب الزهرة

تتكون الزهرة الكاملة من مجموعتين من المحيطات على النحو التالي: (الشكل 30).



الشكل (30): تركيب الزهرة الكاملة

أ) محيطات زهرية ثانوية (أجزاء ملحقة)

لا تؤدي هذه دوراً في تكوين الأمشاج، لكنها تساعد في إتمام عملية التلقيح وتتمثل في الآتي:

1. **الحامل (الشمراخ)** Peduncle

وهو الساق أو الفرع الذي يحمل مجموعة من الأزهار.

2. **العنق أو (الحويمل)** Pedicle

وهو ساق قصير يحمل زهرة واحدة.

3. **التخت** Receptacle

هو الجزء المتضخم الذي يقع في أعلى العنق وتجلس عليه الزهرة.

4. **أوراق الكأس (السبلات)** Sepals

وهي أوراق خضراء تشكل محيط الزهرة الخارجي ومهمتها المحافظة على أجزاء الزهرة الداخلية (التويج، الأسدية) وحمايتها في طور البرعم

الزهري. هذا وقد تكون السبلات ملونة، وتؤدي في هذه الحالة وظيفة إضافية هي جذب الحشرات، وقد تكون منفصلة أو ملتحمة وقد تسقط مبكرة أو تبقى مع الثمرة كما هو الحال في الباذنجان والطماطم.

5. **أوراق التويج (البتلات)** Petals :

تمثل المحيط الزهري الذي يلي أوراق الكأس من الخارج، أي أنها تقع في الدائرة الوسطية، وتحيط بأعضاء التذكير والتأنيث لحمايتها. وتتميز هذه عادة بألوان زاهية جذابة. وتختلف أوراق التويج من حيث أشكالها وألوانها وذلك حسب نوع الزهرة. كما أن لأوراق التويج رائحة عطرة وأحياناً لها رحيق حلو المذاق تفرزه غدد خاصة ببعض الأزهار. وقد تحمل البتلات خطوطاً مرشدة للحشرات لكي تصل إلى غدد الرحيق داخل الزهرة. وظيفة هذه البتلات جذب الحشرات التي تحمل حبوب اللقاح من زهرة إلى زهرة أخرى حتى تتم عملية التلقيح.

ب) محيطات زهرية أساسية:

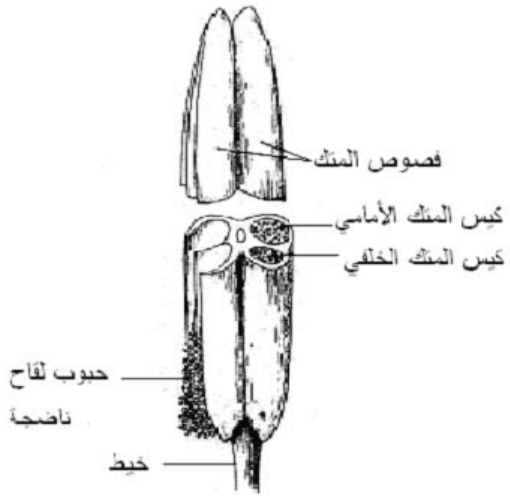
وهي الأعضاء التناسلية في الزهرة وتتكون من:

1. **الأسدية** Stamens

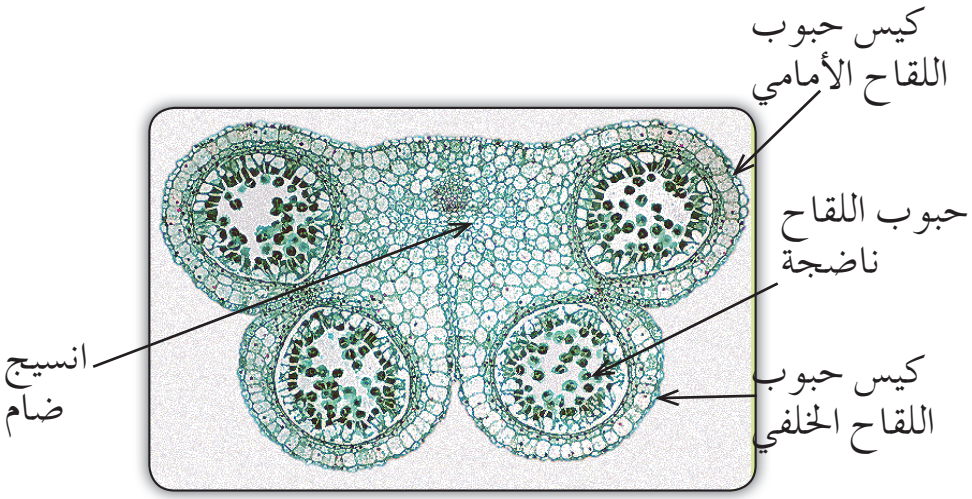
وهي أعضاء التذكير في الزهرة ويأتي ترتيبها الثالث في المحيط من الخارج وتحيط بأعضاء التأنيث. وتتكون السداة من الآتي:

أ. **الخيط Filament**: وهو تركيب خيطي الشكل ويرتبط به المتك عند قمته.

ب. **المتك** :**Anther** يقع المتك في قمة الخيط ويتكون غالباً من فصين طوليين يوجد بينهما نسيج رابط، ويتكون كل فص من كيس يحمل حبوب اللقاح التي تتحرر عند انفجار الأكياس (الشكل 31 والشكل 32). وتسمَّى مجموعة الأسدية بالطلع Androecium.



شكل (31): سداة مفتوح متكها وتظهر حبوب اللقاح داخل أكياس المتك



الشكل (32): قطاع عرضي لمتك ناضج

2. المتاع Pistil

وهو عضو التأنيث في الزهرة ويمثل محيطها المركزي (الداخلي)، ويتكون من الأجزاء التالية:

أ. المبيض Ovary: يمثل القاعدة بالنسبة للمتاع وتتكون فيه البويضات

وتحفظ إلى حين اخصابها بوساطة حبوب اللقاح. ويكوّن المبيض، بعد الإخصاب والنضج، الثمرة.

ب. القلم Style: وهو نسيج ينشأ من قمة المبيض، وقد يكون طويلاً أو قصيراً وينتهي بالميسم الذي تمر من خلاله حبوب اللقاح حتى تلتقي بالبويضة داخل المبيض.

ج. الميسم Stigma: وهو سطح خشن يقع في أعلى القلم لتستقر عليه حبوب اللقاح، كما أنه يفرز مواد لزجة تسمى بالسائل الميسمي.

نشاط:

- **تحصّل على زهرة كاملة، قم بتشريحها وتعرَّف على مُحيطاتها المُختلفة.**

تدريب (9)

- **ضع من القائمة (ب) مع ما يناسبها في القائمة (أ)**

القائمة (أ)	القائمة (ب)
البويضة	تكوين الثمرة
الأسدية	أوراق زهرية ملونة
حبة اللقاح	تكون الطلع
البتلات	خلية مؤنثة
السبلات	أوراق زهرية
	خلية مذكرة خضراء

- **ترتيب المحيطات الزهرية**

1. زهرة سفلية (زهرة مرتفعة المبيض)

يكون تخت الزهرة محدباً حاملاً المبيض أعلاه وتتوالى أجزاء الزهرة الأخرى أسفله ، فيقال عنها أنها زهرة سفلية وأن مبيضها علوي، مثل

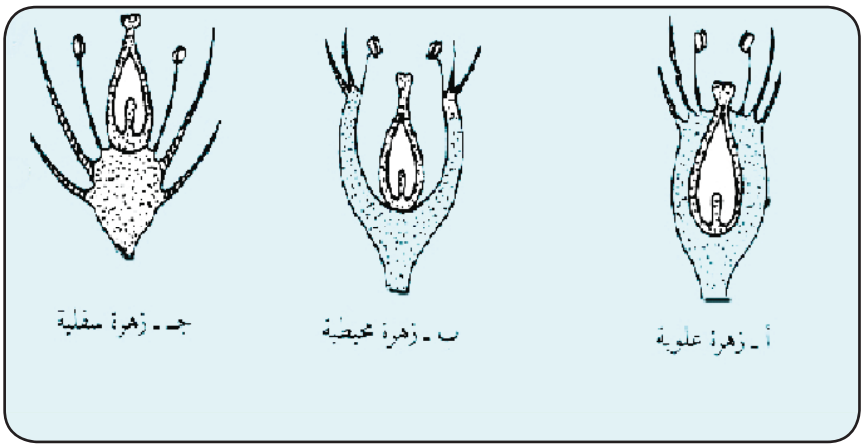
زهرة الباذنجان (الشكل 33 أ).

2. زهرة علوية (زهرة منخفضة المبيض)

وهنا يكون التخت مقعراً يحوي بداخله المبيض، وتخرج أجزاء الزهرة الأخرى من قمة التخت فتبدو وكأنها نامية من قمة المبيض ويوصف متاعها بأنه سفلي، مثل زهرة الكوسة (الشكل 33 ب).

3. زهرة محيطية (وسيطة المبيض)

وهنا يكون تختها مسطحاً أو مستوياً أو مقعراً كالكأس، حاملاً المبيض في وسطه وتكون أجزاء الزهرة الأخرى حوله، مثل زهرة الرُمان والورد (الشكل 33 ج).



الشكل (33): رسم تخطيطي يوضح وضع المبيض وأنواع الأزهار المختلفة

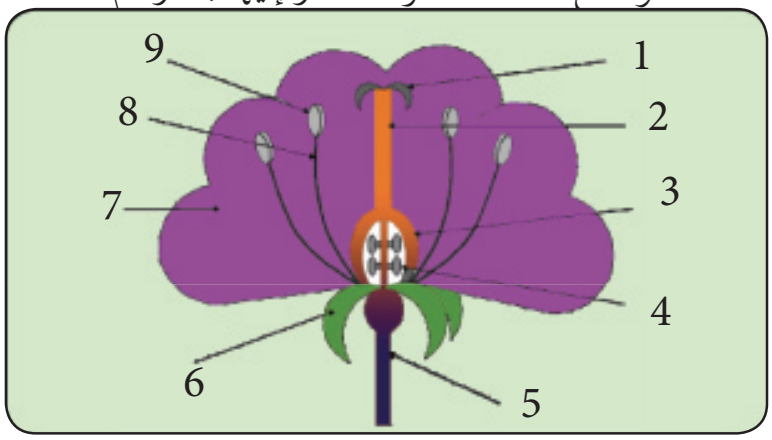
نشاط:

- **تحصَّل على أنواع مختلفة من أزهار نباتات بيئتك وصنفها حسب وضع المحيطات الزهرية بالنسبة للتخت.**

تدريب (10):

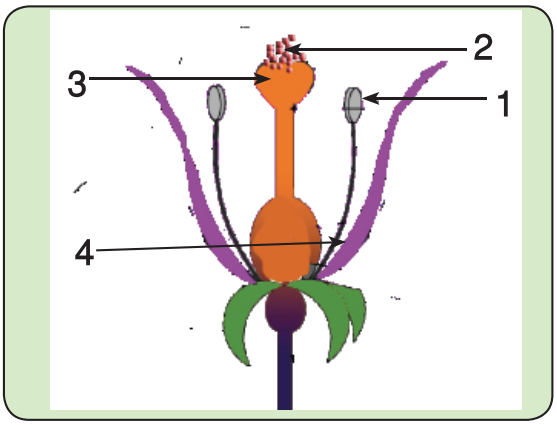
مستعيناً بالشكل التالي أجب عن الأسئلة التالية:

1. ماذا يمثل هذا الشكل ؟
2. ما نوعها اعتماداً على ترتيب المحيطات الزهرية؟ ولماذا؟
3. وضح أسماء الأجزاء المشار إليها بالأرقام.



الشكل التالي يوضح إحدى عمليات النباتات الزهرية، من خلال دراستك للشكل أجب عن الآتي:

1. أُكتب اسم العملية التي يوضحها الشكل؟
2. أُكتب أسماء الأجزاء المشار إليها بالأرقام.
3. أُذكر الطرق التي تتم بها هذه العملية في النباتات.



2) النورة Inflorescence

تعرضنا فيما سبق للزهرة وأجزائها و أهميتها في التكاثر الجنسي، وسنتعرض في هذا الجزء إلى أنماط ترتيب الأزهار على الساق أو الغصن. فالأزهار في النباتات إمَّا أن تكون:

أ. وحيدة Solitary وهذه لا تحتاج إلى تصنيف فهي إمَّا جانبية قمية (إبطية) .

ب. أو أن تكون الأزهار في مجموعة تُسمَّى النورة، وتُعرَّف النَّوْرة بأنَّها:

مجموعة من الأزهار تُحمل على حامل واحد أو محور مشترك واحد.

وتنقسم النورات حسب خروج أزهارها ونضجها وتفريع الحامل المشترك إلى:

1. النورات غير المحدودة Racemose Inflorescences

وهي النورات التي يستمر فيها البرعم الطرفي للمحور (الحامل المشترك) في النمو ولا ينتهي بتكوين زهرة بل تتكوَّن الأزهار على جانبي الحامل وعليه تكون أكبر الأزهار عمراً تلك التي في أسفل الحامل، وأصغرها عمراً تلك التي بالقرب من البرعم الطرفي في قمة الحامل (الشكل 34). وينقسم هذا النوع من النورات إلى:

أ. **النورة العنقودية البسيطة Simple Raceme**: وهي نورة غير محدودة لا يتفرع فيها الحامل المشترك، وتحمل الأزهار فوق حويملات (أي أن الأزهار معنقة) وأكبرها عمراً تلك التي عند قاعدة النورة، وتتفتح الأزهار تباعاً من أسفل إلى أعلى (الشكل 34 أ).

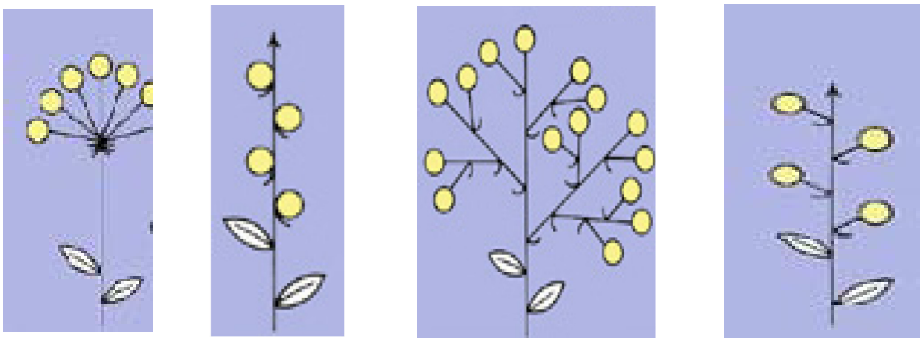
ب. **النورة العنقودية المركبة** Compound Raceme : وهي نورة غير محدودة يكوِّن فيها كل حويمل نورة عنقودية بسيطة (الشكل 34 ب).

ج. **السنبلة البسيطة Simple Spike** : وهي ذات محور مستطيل ويحمل أزهاراً جالسة (غير معنّقة) وتكون أكبرها عمراً عند قاعدة النورة (الشكل 34 ج).

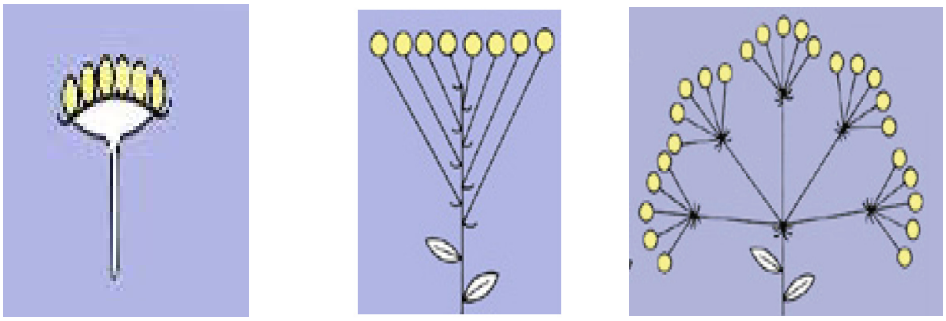
د. **النورة الخيمية Umbel** : إمَّا بسيطة محورها قصير وتخرج الحويملات (حاملات الأزهار) من نقطة واحدة على الحامل (المحور)، وتكون الحويملات متساوية الأطوال وبذلك تظهر الأزهار كالشمسية وتكون أكبرها عمراً تلك التي تكون إلى الخارج (الشكل 34 د). أو مركبة وفيها تستبدل الزهرة في كل حويمل بمجموعة أزهار خيمية بسيطة (الشكل 34 هـ).

هـ. **النورة المشطية Corymb**: يكون محورها مستطيلاً وحويملات أزهارها غير متساوية الطول حيث تكون أطولها وأكبرها عمراً تلك التي عند قاعدة الحامل المشترك تجاه الخارج ويكون أصغرها تجاه القمة الي الداخل بحيث تقع كل الأزهار في مستوى واحد كالمشط (الشكل 34 و).

غ. **الهامة Capitulum** : تكون أزهارها جالسة (ليست لها حويملات) ويأخذ المحور أو الحامل المشترك أشكالاً متعددة منها المقعر والمحدب والمفلطح وتقع الأزهار الصغيرة للداخل وتتدرج في الكبر كلما اتجهنا إلى الخارج. وتحيط بالنورة مجموعة من القنابات تسمى القلافة. هذا وتظهر النورة في مجموعها كأنها زهرة واحدة (الشكل 34 ز).



أ. عنقودية بسيطة ب. عنقودية مركبة ج. سنبلة بسيطة د. خيمية بسيطة



هـ. خيمية مركبة و. مشطية ز. هامة

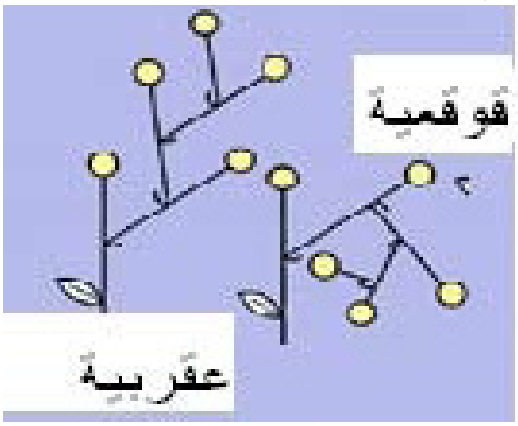
الشكل (34): النورات غير المحدودة

2. النورات المحدودة Cymose Inflorescences

في هذا النوع من النورات ينتهي المحور الرئيس بزهرة عند قمة الحامل وبذلك يقف نموه ويخرج منه فرع أو فروع جانبية تستمر في النمو لفترة ثم تنتهي بأزهار ويقف نموها. وقد تتكرر هذه الظاهرة في أكثر من مرة، فتعرف بالنورة المركبة. هذا وتكون الأزهار عادة صغيرة الحجم. وتنقسم النورات المحدودة إلى ثلاثة أقسام هي:

أ. النورة وحيدة الشعبة Monochasium: يستمر فيها النمو ببرعم جانبي واحد في كل مرة وبذلك يكون لها فرع جانبي. وعند استمرار نمو البرعم الجانبي في كل مرة على نفس الجهة من الفرع الزهري تتكون

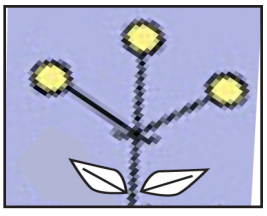
نورة قوقعية (حلزونية) أمَّا في حالة تبادل البراعم الجانبية فتتكون نورة عقربية (الشكل 35).



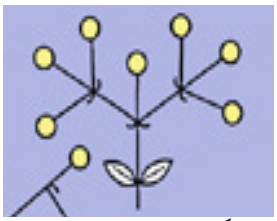
الشكل (35): النورة وحيدة الشعبة

ب. النورة ثنائية الشعبة Dichasium:

ينمو فيها برعمان جانبيان متقابلان أسفل الزهرة الطرفية، ينتهي كل منهما بزهرة، أي تحمل النورة ثلاث زهرات وتسمى النورة في هذه الحالة ثنائية الشعبة البسيطة (الشكل 36A). أما في النورة ثنائية الشعبة المركبة فتستبدل الزهرتان الجانبيتان بنورتين بسيطتين ثنائيتي الشعبة وقد يتكرر هذا التفرع عدة مرات (الشكل 36B)



الشكل (36A):
النورة ثنائية الشعبة البسيطة

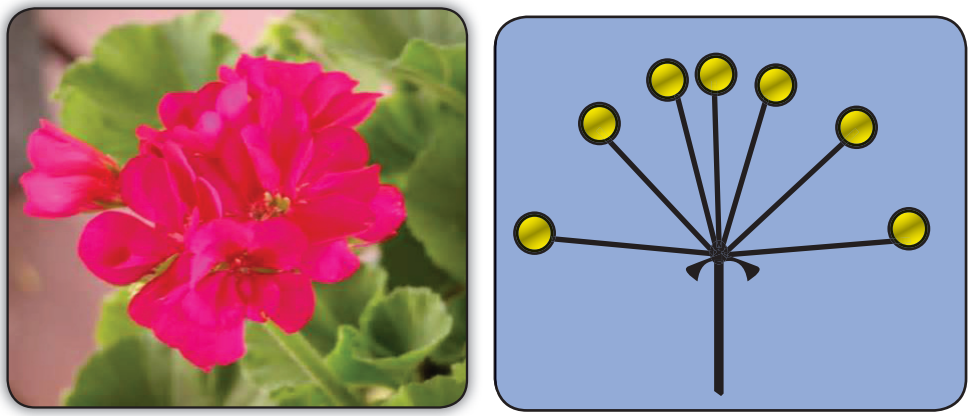


الشكل (36B):
النورة ثنائية الشعبة المركبة

ج. النورة عديدة الشعب Multichasium

تنمو فيها عدة براعم جانبية متقابلة أسفل الزهرة الطرفية وينتهي كل

منها بزهرة مثل نبات الجارنويا.



الشكل (37): النورة عديدة الشعب (نبات الجارنويا)

نشاط

- هلاَّ تجولت من حولك وتعرَّفت على أنواع النورات في أنواع النباتات المُختلفة ؟

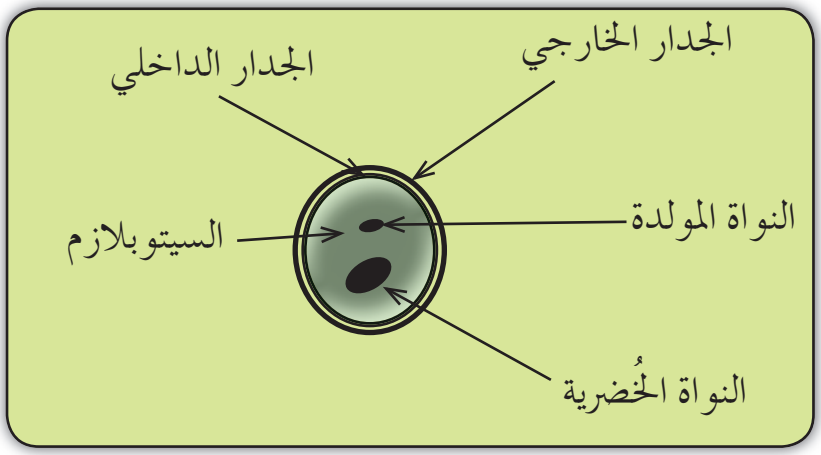
3-3 كيفية التكاثر الجنسي في النباتات الزهرية

أولاً: تكوين الأمشاج المذكرة (حبوب اللقاح) Pollen Grains Formation

تتكون حبوب اللقاح داخل أكياس متك الزهرة وتمتلئ هذه الأكياس بخلايا تتميز بكبر أنويتها ورقة جدرها وتسمى هذه الخلايا، الخلايا الجرثومية الأمية لحبوب اللقاح (الخلايا البوغية الذكرية الأم).

وتحتوي الخلايا الجرثومية الذكرية على العدد الجسدي من الصبغيات (2n). تنقسم كل من هذه الخلايا انقساماً اختزالياً مكونة أربع خلايا تحتوي كل منها على العدد المشيجي للصبغيات (n)، أي نصف عددها فيالخليةالأم. تتباعد الخلايا الأربع عن بعضها ويتكون جدار خلوي حول كل منها وتتحول عند النضج إلى حبة لقاح. قبل انفجار المتك وانتشار

حبوب اللقاح تنقسم نواة حبة اللقاح انقساماً فتيلياً فتتكون نواتان إحداهما كبيرة تسمى النواة المولدة أو التناسلية Generative Nucleus. الشكل (أ) والأخرى صغيرة تسمى النواة الخُضرية Vegetative Nucleus أو نواة الأنبوب. بهذا تحتوي كل حبة لقاح كاملة النُضج على نواتين: النواة المولدة التي تنتج الأمشاج والنواة الخُضرية (نواة الأنبوب) (الشكل 38).



الشكل (38): حبة لقاح ناضجة

ثانياً: تكوين الأمشاج المؤنثة (البويضات) Ovules Formation

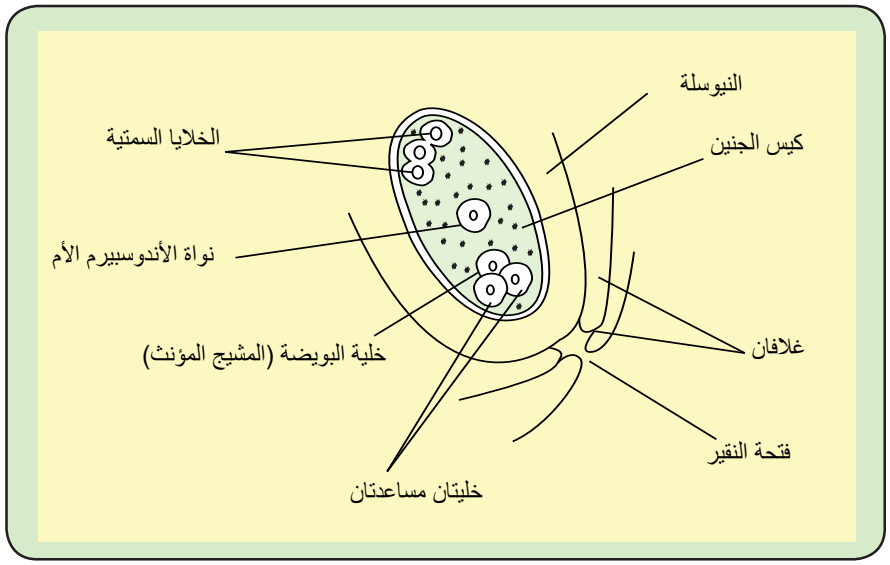
تتكون الأمشاج المؤنثة داخل البويضات التي يكونها المبيض. وتتركب البويضة من نسيج النيوسلة ويُحيط بهذا النسيج غلافان ينفذ خلالهما ثقب أو فتحة صغيرة تصل ما بين سطح البويضة الخارجي وسطح النيوسلة وتعرف هذه الفتحة بالنقير.

تكبر إحدى خلايا النيوسلة الواقعة عند قمتها وتنقسم انقساماً فتيلياً (ميتوزياً) إلى خليتين إحداهما تكون النسيج المغذِّي وتصبح الأُخرى الخلية الأمية (المولدة) الأنثوية. وتنقسم هذه انقساماً اختزالياً لتُعطي أربع خلايا مُرتبة رأسياً تحتوي كلٌ منها على نصف عدد الصبغيات (n) في النبات الأُم

(2n). تتحلل ثلاث من هذه الخلايا بينما تكبر الخلية الرابعة، ويُطلق عليها اسم الجرثومة الكبيرة أو البوغ الكبير، وتنقسم نواتها ثلاثة انقسامات فتيلية (ميتوزية) متتالية لتكون كيس الجنين والذي يحتوي على ثمان أنوية بكل منها نصف عدد الصبغيات (n) في النبات الأم (2n). وتُهاجر هذه الأنوية إلى أماكن مُختلفة من كيس الجنين فيصبح تركيبه كما يلي:

1. توجد عند الجزء القريب من فتحة النقير ثلاث أنوية، اثنتان منهما صغيرتان وتسميان بالنواتين المساعدتين والثالثة كبيرة وتمثل نواة البويضة وهي المشيج المؤنث.
2. في الوسط نواتان مندمجتان (نواتان قطبيتان) تكونان نواة ثنائية الطاقم الصبغي وتعرف بنواة الاندوسبيرم الأم.
3. تكون الأنوية الثلاث الواقعة عند الطرف البعيد من النقير الخلايا السمتية ولها وظائف غذائية.

وبذلك يتكون كيس الجنين من سبع خلايا فيها ثمان أنوية ويمثل كيس الجنين الطور المشيجي المؤنث (الشكل 39).



الشكل (39): كيس الجنين

ثالثاً: التلقيح (التأبير) Pollination

ويعني انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم ويوجد نوعان من التلقيح هما:

1. التلقيح الذاتي Self – pollination

وفيه تنتقل حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو إلى ميسم زهرة أخرى على نفس النبات.

العوامل التي تؤدي إلى نجاح التلقيح الذاتي :

- أن تكون الزهرة خنثي (أحادية المسكن).
- أن تنضج البويضات وحبوب اللقاح في نفس الزهرة أو النبات في زمن واحد.
- أن يكون المتك في مستوى أعلى من الميسم لضمان سقوط حبوب اللقاح على الميسم.

2. التلقيح الخلطي Cross – pollination

وفيه تنتقل حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهرة أخرى على نبات آخر.

التلقيح الخلطي هو السائد بين أنواع النباتات نظراً لتوافر بعض العوامل التي تساعد على حدوثه، ولأهميته في التبايُن الوراثي.

و العوامل التي تساعد على التلقيح الخلطي:

أ. أن تكون الأزهار وحيدة الجنس.

ب. أن تنضج حبوب اللقاح قبل البويضات أو العكس.

ج. أن يكون الميسم في مستوى أعلى من المتك.

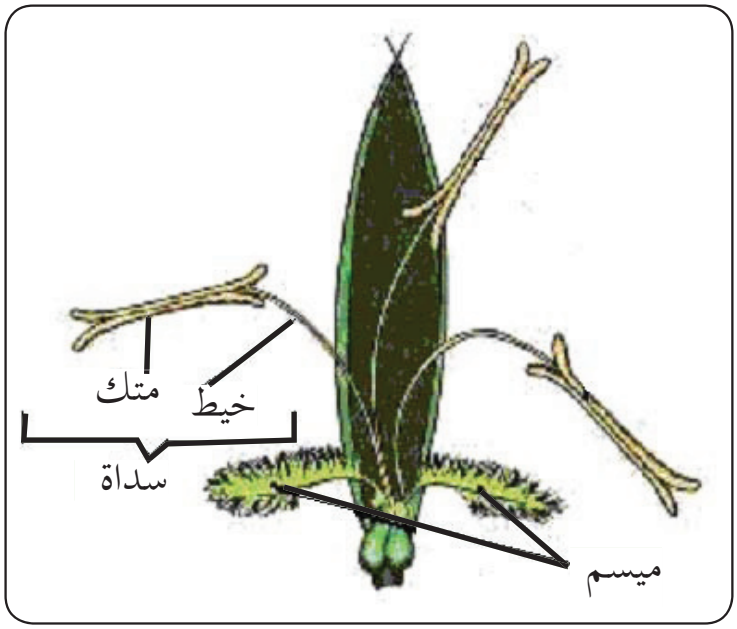
د. أن تكون الأزهار ملونة جاذبة للحشرات.

يتم التلقيح الخلطي بعدة طرق منها:

1) التلقيح بوساطة الرياح Pollination by Wind

تُحمل الزهرة التي تلقح بوساطة الرياح على حامل طويل وتتميز

بصغر حجمها وميسمها الريشي وبتلاتها غير الجاذبة، وتحمل متوكها خيوطاً طويلة رفيعة تهزها الرياح فتنتثر حبوب اللقاح (الشكل 40). تنتج الأزهار التي تلقحها الرياح أعداداً كبيرة من حبوب اللقاح صغيرة الحجم وخفيفة الوزن. ومعظم حبوب اللقاح لا تجد طريقها إلى المياسم الريشية نظراً للتغيرات التي تحدث تجاه الرياح. ومن أمثلة النباتات التي تلقح بالرياح الذرة الشامية ونبات النجيلة.



الشكل (40): زهرة تلقح بالرياح

نشاط:

هلاَّ تجولت من حولك لتتعرَّف خصائص بعض الأزهار التي تُلقح:

1. بوساطة الرياح.
2. تلقيحاً خلطياً.
3. تلقيحاً ذاتياً.

2) التلقيح بوساطة الحشرات Pollination by Insects

تتميز الأزهار التي تلقحها الحشرات بأوراق تويج كبيرة ذات ألوان زاهية جذابة، وقد تشارك في جذب الحشرات أوراق الكأس الملونة، كما قد تتحور الأسدية إلى أوراق جذابة كما في زهرة الكنا أو الموز الكاذب.

تتميز حبوب اللقاح في هذه الأزهار بسطحها الخشن مما يسهل تعلقها بجسم الحشرة، أمَّا إذا كانت ملساء فإنَّها تكون لزجة يسهل التصاقها بجسم الحشرة كما يتميَّز الميسم بسطح لزج ليسهل التصاق حبوب اللقاح عليه.

للسداة خيط قصير ومتين نسبياً. هذا وهنالك غدد رحيقية تكون عادة عند قاعدة التويج، وبالقرب من المبيض، تفرز مادة سكرية تسمى بالرحيق تقصده الحشرات. وهنالك خطوط إرشاد على أوراق التويج ترشد الحشرة إلى طريق الرحيق في قاع الزهرة مما يساعد على تلقيح الزهرة بوساطة الحشرة الزائرة.

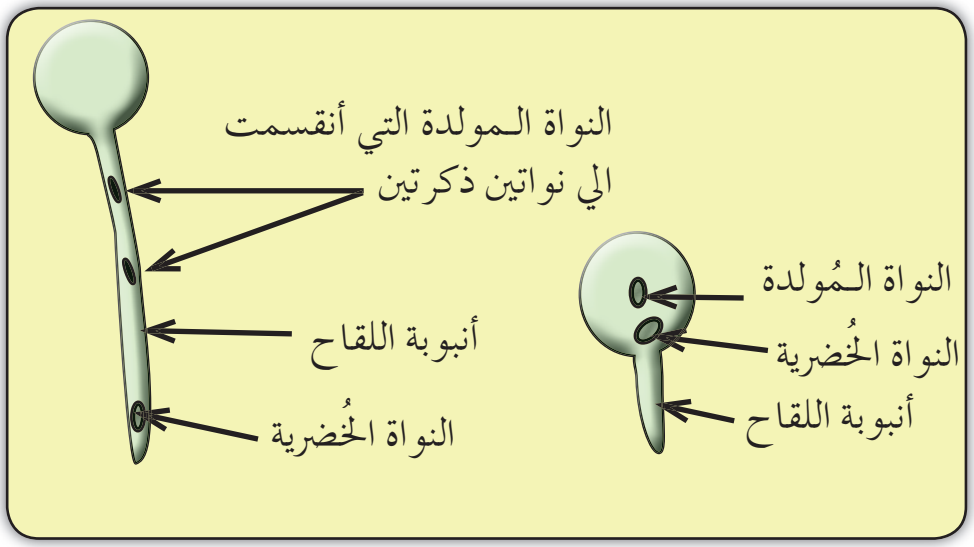
3) التلقيح الاصطناعي

يتم بوساطة الإنسان تلقيح بعض أنواع النباتات الاقتصادية مثل النخيل.

رابعاً: الإخصاب Fertilization

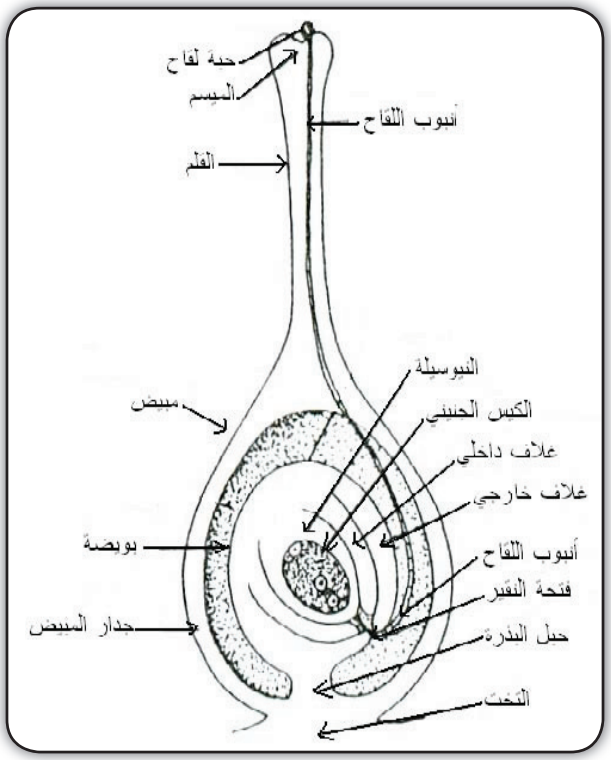
الإخصاب هو اندماج أو اتحاد المشيج المذكر (n) بالمشيج المؤنث (n) لتكوين البويضة المخصبة (الزايجوت 2n).

تتم خطوات عملية الإخصاب ودورة حياة نبات زهري كما يلي: (الشكل 41).



الشكل (41أ): إنبات حبة اللقاح

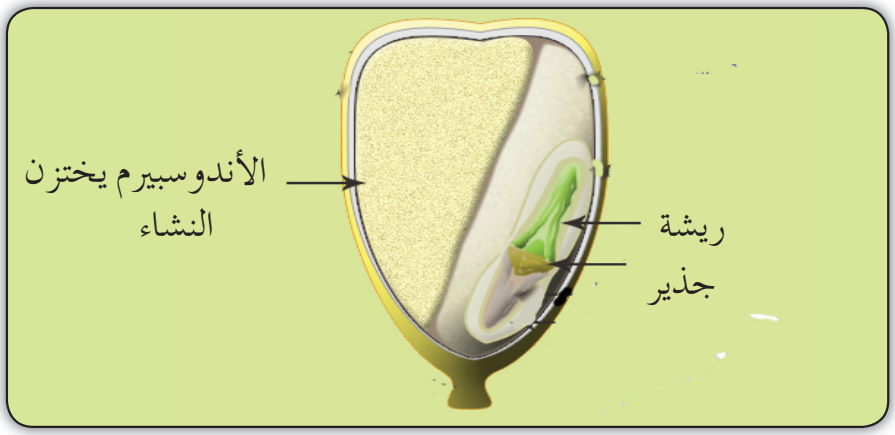
1. بعد انتقال حبة اللقاح إلى الميسم واستقرارها عليه فإنَّها تشرع في الإنبات. يستطيل الجدار الداخلي لحبة اللقاح من أحد ثقوب الإنبات فتتكوَّن أنبوبة اللقاح (الشكل 41أ) التي تنمو مخترقة الميسم والقلم وأنسجة المبيض (الشكل 41ب) مستخدمة إنزيمات هاضمة تزيل بها الأنسجة عن طريقها.
2. أثناء نمو أنبوبة اللقاح تنقسم النواة المولدة انقساماً فتيلياً مكونة نواتين ذكريتين (الشكل 41أ) تحمل كل منهما نصف عدد الصبغيات (n) في النبات الأم (2n).
3. يستمر نمو أنبوبة اللقاح حتى تصل إلى فتحة النقير فتخترق النيوسلة ويدخل طرفها إلى كيس الجنين فتنفجر محررة النواتين الذكريتين في داخل كيس الجنين، وتتلاشى نواة الأنبوب.



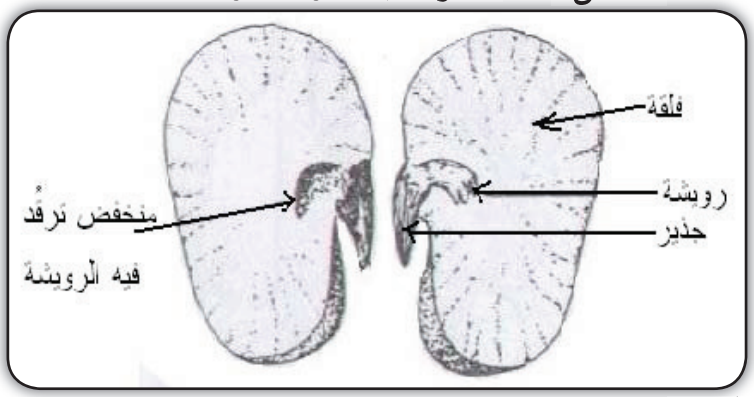
الشكل (41 ب): قطاع طولي تخطيطي لمتاع الزهرة أثناء عملية الإخصاب

4. الإخصاب الأول: تتحد احدي نواتي الخليتين الذكريتين (n) مع نواة البويضة (n) لتكوين بويضة مخصبة (2n). وتعرف البويضة المخصبة هذه بالزايجوت. وينقسم الزايجوت انقساماً فتيلياً وتتمايز الخلايا الناتجة لتكوّن الجنين. ويتكون الجنين من الأعضاء الأساسية نفسها التي يتكوَّن منها النبات البالغ وهي الجذر والساق والأوراق. ويسمَّى الجذر الجنيني بالجذير Radicle والساق الجنينية بالريشة Plumule والأوراق الجنينية بالفلقات Cotyledons. ويختلف عدد الفلقات في النباتات الزهرية فهي واحدة في ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons (الشكل 42)، واثنتان في ذوات الفلقتين Dicotyledons (الشكل 43).

- نواة ذكرية (n) + نواة البويضة (n) ← (إخصاب / انقسام فتيلي) زايجوت (2n).
- زايجوت ← (انقسام فتيلي / تمايز خلايا) جنين (ريشة + جذير + فلقة أو فلقتين).



الشكل (42): تركيب بذرة الذرة الشامية



الشكل (43): تركيب بذرة الفول المصري بعد إزالة القصرة وانفصال الفلقتين

5. الإخصاب الثاني: تتحد النواة الذكرية الثانية (n) مع النواتين القطبيتين (n،n) لتكون نواة الاندوسبيرم والتي تنقسم بدورها انقساماً غير فتيلياً

سريعاً ومتتالياً لتكون نسيجاً اندوسبيرمياً تختزن فيه المواد الغذائية لتغذية الجنين.

- نواة ذكرية (n) + نواتين قطبيتين (n،n) ←(إخصاب)— نواة الاندوسبيرم

نواة الاندوسبيرم ←(إنقسام غير فتيلي + تخزين غذاء)— نسيج اندوسبيرم

تعرف عمليتا الإخصاب الأولى والثانية بالإخصاب المزدوج Double Fertilization. الاندوسبيرم (السويداء) نسيج يحيط بالجنين النباتي، تكون خلاياه ثلاثية االطاقم الصبغي (2n=3x) تغذي الجنين النباتي داخل المبيض. وقد يبقي الاندوسبيرم شاغلاً جُزءاً من البذرة فتوصف بأنَّها اندوسبيرمية (ذات سويداء) كما في النباتات أحادية الفلقة مثل القمح والذرة الرفيعة والأرز والشعير والذرة الشامية (الشكل 42)، حيث أن اندوسبيرم حبوبها هو النشا الذي يكوّن معظم الدقيق الذي يؤكل. أما في مُعظم ثُنائية الفلقة مثل النباتات البُقولية فيُستنفد الاندوسبيرم أثناء نمو الجنين فتكون المواد الغذائية في هذه الحالة مخزونة في الفلقات فتوصف البذرة بأنَّها غير اندوسبيرمية (لا اندوسبيرمية).

6. بعد أن تتم عملية الإخصاب تزول الخلايا السمتية وتتساقط جميع أجزاء الزهرة إلا بعضها التي ترافق الثمرة لاحقاً.

تدريب (21):

- ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ :

1. بتلات الأزهار التي تلقحها الحشرات تكون غالباً ملونة وبقاعدتها غدد رحيقية. ( )
2. يتم التلقيح عن طريق الهواء في الأزهار ذات المتوك المدلاة. ( )
3. الزهرة السفلية تعني زهرة منخفضة المبيض. ( )
4. الخلايا البوغية الذكرية الأم هي خلايا أحادية الطاقم الصبغي. ( )
5. أعضاء التأنيث في الزهرة هي الطلع. ( )

4) الثمار Fruits

يمكن تعريف الثمرة بأنَّها مبيض ناضج مع محتوياته وأغلفته.

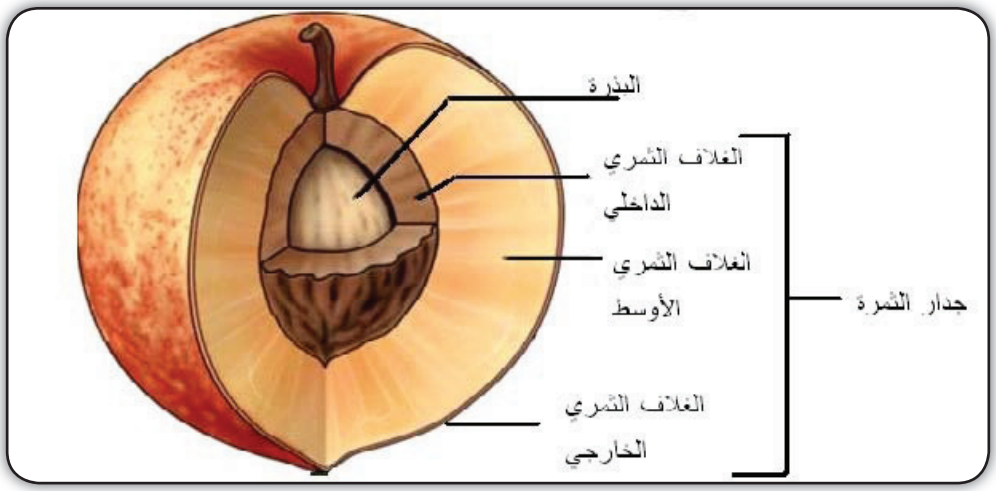
يتضمن تحول المبيض إلى ثمرة تغيرات عديدة تؤدي فيها الهرمونات النباتية دوراً مهماً. وتنقل المواد الغذائية كالسكريات والأحماض الأمينية من أعضاء النبات إلى الثمرة وهي في طور التكوين ليتم خزنها فيها. وعليه فإنَّ القيمة الغذائية للثمار ترجع إلى طبيعة المواد الغذائية والفايتمينات المخزونة فيها.

قد تتكون الثمرة في بعض أنواع النباتات دونما حاجة إلى عملية الإخصاب وتسمى هذه الظاهرة بتكون الثمار العذرية، وتكون الثمرة في هذه الحالة خالية من البذور، كما هو الحال في الموز وبعض أصناف العنب والبرتقال.

أ) تركيب الثمرة

يُقسّم جدار الثمرة من حيث تركيبه إلى ثلاثة أجزاء (الشكل 44).

1. الغلاف الثمري الخارجي Exocarp ويتألف من صف واحد من الخلايا.
2. الغلاف الثمري الأوسط Mesocarp ويتراوح سمكه بين طبقة واحدة إلى عدة طبقات.
3. الغلاف الثمري الداخلي Endocarp وهو الغلاف الذي يحيط بالبذرة وقد يكون رقيقاً كما في البلح أو سميكاً صلباً كما في ثمرة كل من الهجليج (اللالوب) والدوم والمانجو.



الشكل (44): أجزاء الثمرة

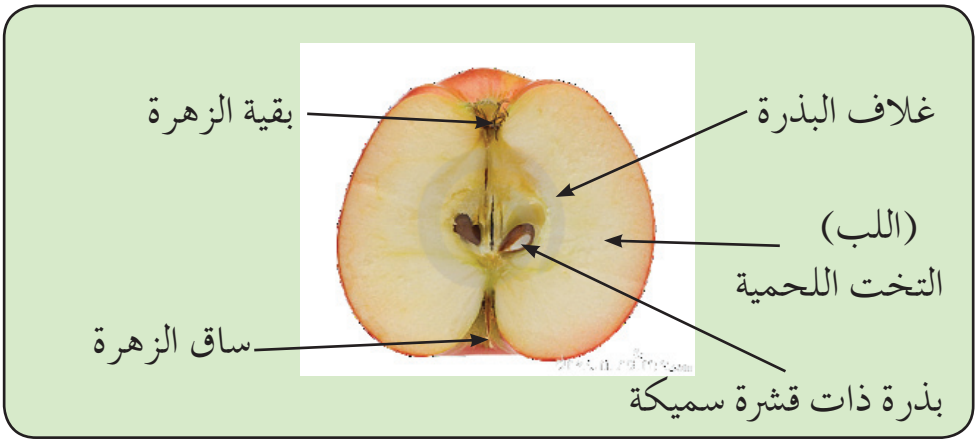
نشاط

- **هلاَّ قمت بدراسة تركيب ثمرة إحدى الموالح من حيث** شكلها الخارجي والداخلي ؟

ب) أنواع الثمار

يمكن تقسيم الثمار حسب نشأتها إلى:

1. ثمار حقيقية True fruits: وهي تلك التي تنتج من نمو المبيض فقط ولا تدخل في تركيبها أجزاء زهرية أخرى حيث تسقط السبلات والبتلات والأسدية والقلم. تتمثل هذه في البقول والتمور والعنب والبرتقال.
2. ثمار كاذبة False fruits: وهي تلك الثمار التي تتكون من نمو المبيض مع أجزاء زهرية أخري مثل السبلات والبتلات والأسدية والتخت الزهري كما هو الحال في ثمار التين والفراولة والتفاح (الشكل 54).



الشكل (54): ثمرة التفاح كمثال للثمار الكاذبة

هذا ويمكن تصنيف الثمار بالنسبة لعدد المبايض التي تشترك في تكوينها على النحو التالي:

1. الثمار البسيطة Simple fruits: وهي تلك التي تتكون من مبيض واحد فقط مثل ثمرة البرتقال أو من مبيض واحد بجانب أجزاء أخرى من الزهرة مثل التخت والسبلات والبتلات كما في ثمرة التفاح (الشكل 45).

2. الثمار المتجمعة Aggregate fruits: تتكون من مجموعة من المبايض الناشئة من زهرة واحدة، يحملها تخت واحد، ويطلق على كل وحدة ناشئة من مبيض واحد الثميرة. ومن الأمثلة على ذلك ثمرة الفراولة. وتتميز ثمار هذا النوع بكونها طرية ولحمية (الشكل 46).



الشكل (46): ثمرة الفراولة كمثال للثمار المتجمعة

3. الثمار المركبة Compound fruits: تتكون الثمرة من عدة مبايض تنتمي إلى أزهار مختلفة، تلتحم المبايض مع بعضها لتكوّن الثمرة، كما هو الحال في ثمار التين والأناناس (الشكل 47).



الشكل (47): ثمرة االأناناس كمثال للثمار المركبة

ج) وظائف الثمار

1. تغذية البذور أثناء تكوينها وحمايتها من العوامل التي تؤثر على حيويتها.
2. تساعد الثمار في انتشار (انتشار) البذور فيساعد ذلك في تعمير مواطن بيئية جديدة.

البذرة Seed:

يصعب التمييز بين البذرة والثمرة أحياناً خصوصاً إذا كانت الثمرة من النوع الجاف الوحيد البذرة مثل ثمار النجيليات (الحبوب) .

فوائد البذرة :

1. تستخدم كوسيلة لإكثار أنواع المحاصيل المختلفة المفيدة للإنسان .
2. معظمها غذاء أساسي للإنسان مثل القمح – الشعير – الذرة – الأرز.
3. تستخدم منها مركبات ومواد تستعمل في الصناعة مثل الزيوت والدهون المستخرجة من نباتات الفول السوداني والقطن وجوز الهند والكتان والخروع .

- هل تعرف نباتات أخرى ؟
- أكرها إن كانت الإجابة نعم .

تطور البذرة :

يعقب الاخصاب مباشرة دخول البويضة في التغيرات التي تؤدي إلى تكوين البذرة . وتتكون كل بذرة من الآتي :

أ. الجنين .

ب. أغطية البذرة .

ج. الأندوسبيرم الذي يغلف مع الجنين بأغلفة البذرة .

يتطور الجنين من الزايجوت الناتج من عملية الاخصاب حيث تمتزج نواة البويضة الموجود في حبة اللقاح . ويتطور الاندوسبيرم من الأنوية الناتجة مباشرة من الانقسام المتكرر لنواة الاندوسبيرم الناتجة من اتحاد أو

امتزاج النواتين القطبيتين مع النواة الذكرية الثانية ومن السيتوبلازم المحيط بالجنين وبذلك تصبح البويضة أغلفة للبذرة . ويكون نمو كل من الجنين والاندوسبيرم على حساب النيوسلة حيث يهضم جزء من النيوسلة ليستمد منه كل من الجنين والأندوسبيرم الغذاء اللازم لنموها ، مما يترتب عليه أن تكون النيوسلة إذا وُجدت في بعض البذرة الناضجة عبارة عن طبقة رقيقة من خلايا تسمى البريسبرم (perisperm) مضغوطة تحت أغلفة البذرة.

ويبين التخطيط التالي التغيرات التي تحدث في الزهرة بعد الاخصاب.

أجزاء الزهرة	تغيرات ما بعد الاخصاب
بويضة كاملة	البذرة
زايجوت	جنين يتكون من الريشة والجذير والفلقات
نواة الاندوسبيرم	نسيج أندوسبيرم (في بعض الحالات يمتصها الجنين كاملاً أثناء تكوين البذرة)
المبيض	ثمرة
جدار المبيض	جدار الثمرة أو الغلاف الذي قد يكون جافاً أو لحمياً
الميسم والقلم	يذبل وقد تبقى آثار منها
الأسدنة	تذبل وتتساقط
البتلات	تذبل وتتساقط
السبلات	قد تستمر أحياناً وفي بعض الحالات تكبر وتتحور لتساعد في عملية إنتشار الثمرة

تركيب البذرة :

تختلف بذرة النباتات المختلفة من حيث الشكل والحجم واللون والتركيب الداخلي وطبيعة الغذاء المخزون ولكن معظم البذور تتكون من:

1. غلاف أو أغلفة البذرة .
2. بقايا النيوسلة أو البريسبيرم .
3. الأندوسبيرم وقد يكون غائباً أحياناً .
4. الجنين ويتركب من :

- الساق الجنينية (الريشة)
- فلقات
- السويقة الجنينية السفلى .
- جذير .

أنواع المواد الغذائية المخزونة في البذرة :

1. كربوهيدرات.
2. دهون .
3. بروتين .

أولاً : الكربوهيدرات :

وأهمها النشاء والهيميسليولوز والسكر

أ/ **النشاء** : هو أهم أنواع الغذاء المخزون في البذرة وهو يوجد في الجنين أو الأندوسبيرم وتكون الفلقات غنية في النشاء مثل بذور البقوليات ولا يكون النشاء موجوداً إلا في الأندوسبيرم في حبوب الغلال والنجيليات . يتكون النشاء في خلايا البذور النامية بواسطة البلاستيدات عديمة اللون من السكر الذي يصل البذور من الأجزاء الأخرى للنبات وتختلف الكمية التي تحويها البذور من النشاء تبعاً لنوع النبات فمثلاً يقدر وزن النشاء في بذرة الفول 45% وفي حبة الأرز 68% .

ب/ **الهيميسليولوز** : وهو مركب كربوهيدراتي معقد التركيب تتكون منه جدران خلايا الاندوسيبرم السميكة ومن أمثلة البذور التي يوجد بها كميات كبيرة من الهيميسليولوز بذرة البلح والبصل وبذرة البن .

ج/ **السكر**: رغم أن النشاء هو أهم أنواع الكربوهيدرات وأكثرها وجوداً في البذرة إلا أنه توجد أيضاً كربوهيدرات قابلة للزوبان على حالة سكر ويعتبر سكر القصب من أكثر أنواع السكر التي تخزن في البذور ويصل مقدار المخزون منه في الذرة السكرية وبذور جوز الهند إلى حوالي 11% .

ثانياً : الدهون :

توجد الدهون والزيوت في النباتات عموماً وهي توجد في الأعضاء الخضرية وأعضاء التكاثر على حد سواء إلا أنها تكثر في البذور حيث تكوّن غذاء احتياطياً .

تستخرج كثير من الزيوت الصناعية المهمة من بذور النباتات مثل الكتان والخروع والقطن وجوز الهند والفول السوداني و حبوب الذرة الشامية .

ثالثاً : البروتين :

مركبات عضوية تحتوي على الأكسجين والهيدورجين والكربون والأوزون (النتروجين) وكذلك على الكبريت والماء هو المركب الذي يلي البروتين من حيث النسبة في تكوين الأندوسبيرم ولذا فالبروتينات مهمة لتكوين بروتوبلازم جديد في أجزاء النمو (الجزير – الريشة) .

يوجد البروتين في جميع البذور إلا أن نباتات العائلة البقولية بها كميات أكبر .

- **أذكر نباتات العائلة البقولية التي تعرفها .**

التغيرات التي تطرأ على البذرة عند انباتها :

1. تغيرات طبيعية Physical changes :

وهي تشرب البذرة للماء وامتصاصها له ، فالبذرة الحية والميتة تمتص الماء على السواء وينتج عنه انتفاخ الجنين و تؤثر القصرة وتمزقها أحياناً .

2. تغيرات كيميائية Chemical changes :

وتحدث في البذرة الحية فقط حيث تنشط الخمائر بوصول الماء وتبدأ فيعملها وهو إذابة وهضم المواد الغذائية المكتنزة في البذرة .

3. تغيرات حيوية Biotic changes :

عبارة عن نشاط الخلايا الميرسمية التي تكوّن الجنين ، فتبدأ هذه

الخلايا في الانقسام والنمو حتى يتمكن الجزير من الخروج أولاً ثم تليه الريشة .

تخلص مما تقدم أنه ينتج عن امتصاص البذرة للماء ونمو الجنين انتفاخ البذرة الذي يؤدي إلى تمزق أغلفتها . فينطلق الجنين وينمو بنشاط لوجود الماء والمواد الغذائية الذائبة والأكسجين ، يرجع النمو في الجنين إلى اتساع وكبر حجم الخلايا المكونة له وإلى تكوين خلايا جديدة عند نقط النمو في كل من الجزير والريشة .

د) انتشار البذور والثمار

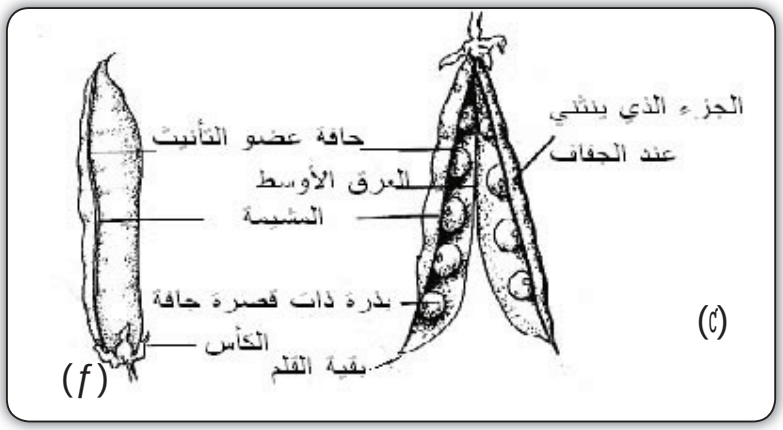
انتشار البذور Dispersal of seeds

- هو تشتت البذور بعيداً من أماكن إنتاجها مما يساعد في تقليل الازدحام والمنافسة بين أفراد النوع الواحد.

هذا وتوجد طرق مختلفة لانتشار البذور والثمار هي:

أولاً: الانفجار الميكانيكي للثمار Mechanical Dispersal

يحدث في الثمار الجافة مثل ثمار السمسم والبامية والطقطاق والبسلة (الشكل 48). التي تنفجر بقوة ناثرة البذور التي بداخلها لمسافات بعيدة.



الشكل (48): (أ) الانفجار الميكانيكي لثمرة نبات البسلة، (ب) ثمرة غير منفجرة

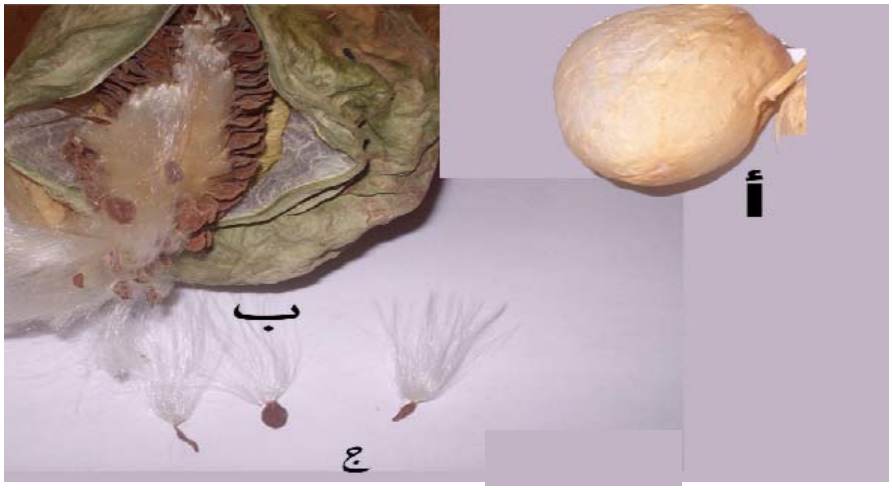
يحدث الانفجار للأسباب التالية:

1. التشرب غير المتساوي لجدار الثمرة بالرطوبة كما هو الحال في ثمار الطقطاق.
2. النمو غير المتساوي لأجزاء غلاف الثمرة، حيث تتخذ الثمرة شكلاً لولبياً محدثاً عملية انفجار تدفع بالبذور بعيداً. ومن أمثلة ذلك ثمار الفول المصري، الفاصوليا، الخروع، البسلة، السمسم.

ثانياً: الانتشار بالرياح Dispersal by Wind

تتميز الثمار والبذور في هذه الحالة بخصائص تساعد على حملها بالرياح نورد بعضها فيما يلي:

1. صغيرة الحجم وخفيفة الوزن.
2. مجنحة مثل بذور المهوقني وثمار الأركويتة والرمث.
3. ذات خصل شعرية تشبه المظلة مثل بذور القطن والعشر (الشكل 49).



صورة (49): ثمرة نبات العشر (أ) الجافة قبل ان تنشق (ب) الجافة وقد انشقت عارضةً بذورها المشعرة توطئة لنشرها بالرياح (ج) البذور المشعرة خفيفة الوزن التي يتم انتشارها بالرياح

ثالثاً: الانتشار بالماء Water by Dispersal

تتميز الثمار التي تنتشر بوساطة الماء بالآتي:

1. تكون ذات غلاف هوائي يساعدها على الطفو فوق الماء، مثل جوز الهند والقرض.
2. ذات جدار ليفي صلب يمنع تسرب الماء فتطفو فوقه مثل جوز الهند والدوم.

رابعاً: الانتشار بوساطة الحيوان Animal by Dispersal

تتميز النباتات التي تنتشر ثمارها وبذورها بوساطة الحيوانات بالآتي:

1. لثمارها شعيرات خشنة تساعد على تعلقها بجسم الحيوان مثل القمح والشعير.
2. لثمارها زوائد صلبة (أشواك) مثل الضريسة والحسكنيت مما يساعد على تعلقها بجسم الحيوان.
3. ذات غلاف ثمري خارجي به مادة لزجة تمكّنها من الالتصاق بجسم الحيوان مثل النيم والجوافة والطندب والقضيم.
4. لبذور بعض النباتات جدار خارجي صلب، تؤكل البذور مع الثمرة ولا تهضم فتطرح مع البراز مثل المسكيت والعرديب والجوافة.

5) النمو في النبات Growth

أهم ما تتميز به الكائنات الحية، قدرتها على النمو. فالنباتات كائنات حية تتكون تدريجياً في عدة مراحل يطلق عليها دورة الحياة، فتنشأ صغيرة ثم تكبر وتتكاثر معطية نباتات جديدة مثلها تماماً.

يرجع النمو في النبات إلى نمو الخلية الذي يحدث نتيجة لعمليات الأيض – أي عمليات التحول الغذائي Metabolism التي تقوم بها الخلية، فمن هذه العمليات:

1. التحول الغذائي البنائي Anabolism

ومنه يحصل النبات على غذائه الذي يستخدمه في بناء الخلايا والأعضاء الجديدة.

2. التحول الغذائي الهدمي Catabolism

ومنه يحصل النبات على الطاقة اللازمة لنمو الساق والجذر والعمليات الحيوية المختلفة. ولكي يحدث النمو لا بد أن يزيد ما يصنعه النبات أو يركّبه خلال عمليات البناء عن مقدار ما يستخدمه أو ما يستنفده أثناء عمليات الهدم، وهذا ما يحدث في النبات فعلاً. وفي ضوء هذا الشرح يمكن أن نُعرِّف النمو بأنَّه:

- **زيادة الوزن الجاف للنبات نتيجة لتفوق عمليات التحول الغذائي البنائي (كعملية البناء الضوئي) على عمليات التحول الغذائي الهدمي (كعملية التنفس).**

لا يتساوى معدل النمو في المراحل المختلفة من حياة الكائن الحي. ففي الكائنات الحية اليافعة (صغيرة السن) يزيد معدل نشاط عمليات البناء على عمليات الهدم ولذلك يكون نموها سريعاً. هذا وإذا زاد معدل عمليات الهدم عن عمليات البناء فان الكائن الحي ينتقل إلى حالة الشيخوخة. يمكن تقسيم مراحل النمو في أنواع النباتات الزهرية على النحو التالي:

أولاً: مرحلة الإنبات Germanation Phase

لدراسة الإنبات لابد أن نبدأ بالبذرة والتي تحتوي على الجنين وتختزن فيها المواد الغذائية (بروتينات، كربوهيدرات، دهون). وبدخول الماء فيها عن طريق فتحة النقير وبزيادة سرعة الامتصاص والتنفس، تنتفخ أغلفة البذرة وتتمزق ويزداد نشاط انزيمات البذرة (الأميليز، الليبيز، البروتينيز) التي تحلل وتهضم المواد الغذائية المخزونة كما هو موضح أدناه.

- نشأ + ماء ⟵ سكر شعير(مالتوز) ⟵ سكر جلكوز
  (إنزيم الإميليز فوق السهم الأول، إنزيم مالتيز فوق السهم الثاني)
- بروتين + ماء ⟵ أحماض أمينية
  (إنزيم البروتنيز فوق السهم)
- زيوت + ماء ⟵ أحماض دهنية + جلسرين
  (إنزيم اللاييز فوق السهم)

وبتوفر الغذاء المهضوم تنشط الخلايا المولدة في الجنين فيزيد معدل الانقسام الخلوي (الانقسام الفتيلي) ويتكون الجذير الذي ينمو إلى أسفل ليكوّن المجموع الجذري، وتنمو الريشة إلى أعلى فتكوِّن المجموع الخضري للنبات. وبذلك يتكون النبات الصغير في مراحله الأولى ويسمى البادرة Seedling.

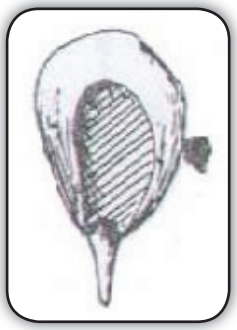
أنواع الإنبات

يوجد نوعان من الإنبات وهما:

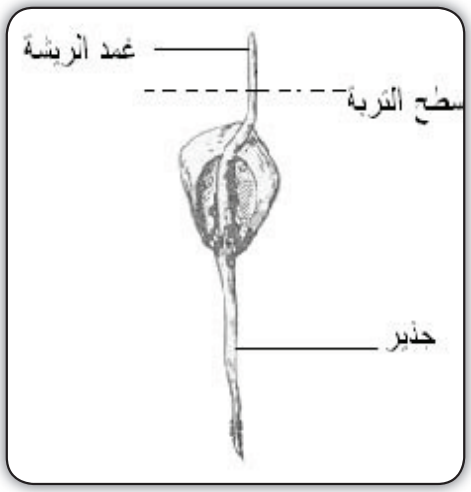
1. الإنبات الأرضي Hypogeal Germination

وفيه تبقى الفلقتان أو الفلقة الواحدة تحت سطح التربة بعد الإنبات. يكثر هذا النوع من الإنبات بين النباتات ذات الفلقة الواحدة مثل القمح والذرة الشامية (الشكل 50). كما يحدث في كثير من نباتات ذوات الفلقتين كما هو الحال في البسلة والفول المصري (الشكل 51). وفي أثناء إنبات الذرة الشامية يمتص الجنين الماء ويخرج الجذير ويواصل النمو مُشكلاً الجذر الإبتدائي. ثم تظهر بعد ذلك الجذور العرضية مكونة المجموع الجذري. أمَّا الريشة في داخل الغمد Cleoptile فتنمو مع نمو الغمد وبعد فترة تشق الريشة الغمد وتظهر الأوراق من خلال هذا الشق الذي يظهر في قمة الغمد، ويتكوَّن تدريجياً المجموع الخضري (الساق

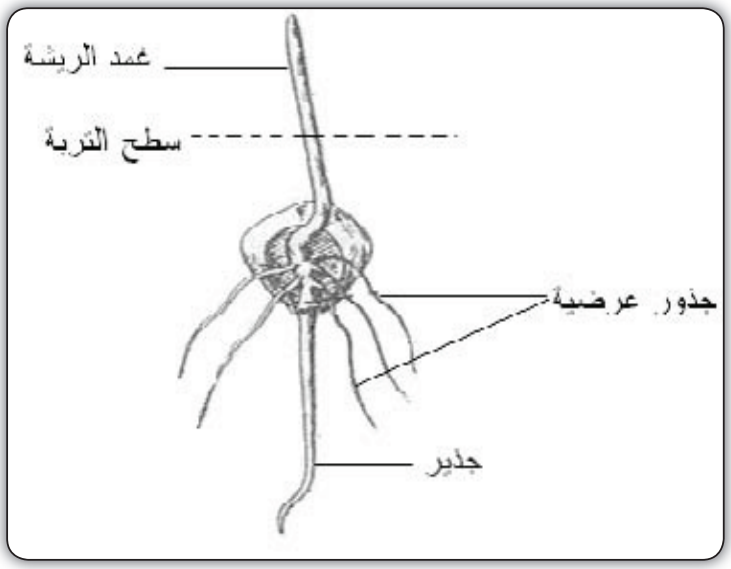
والأوراق) (الشكل 50).



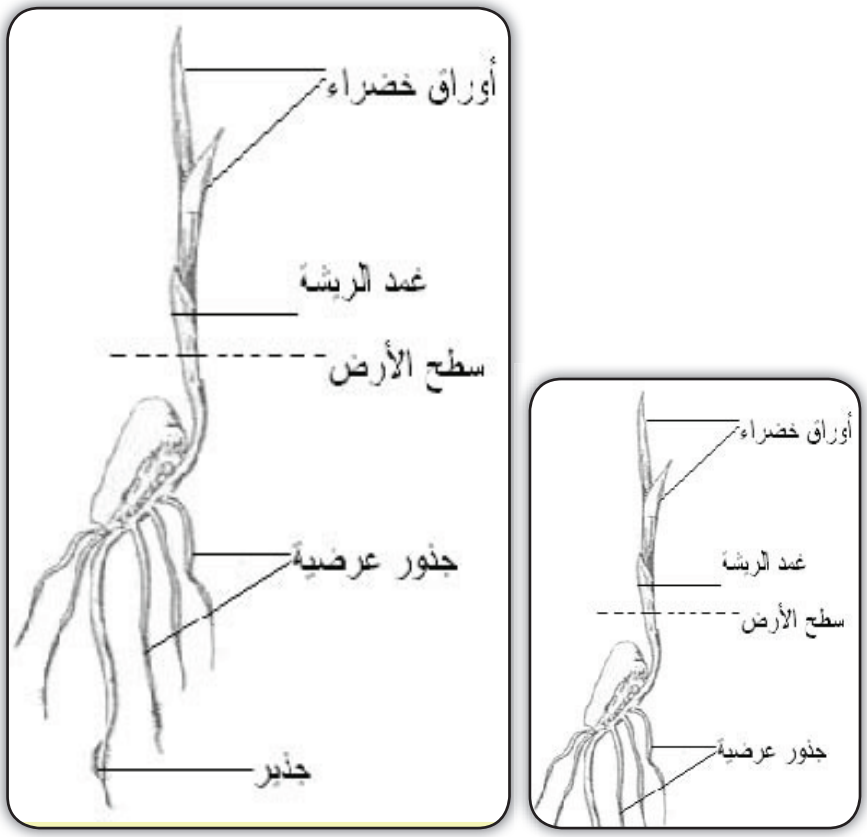
(أ) خروج الجذير



(ب) استطالة الجذير وخروج غمد الريشة فوق سطح التربة



(ج) استطالة الريشة وغمدها وتكوين الجذور العرضية

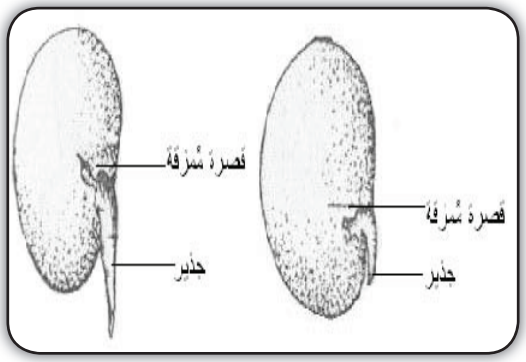


(هـ) (د)

تكوين الأوراق الخضراء واستطالة الجذير وتكوين المزيد من الجذور العرضية

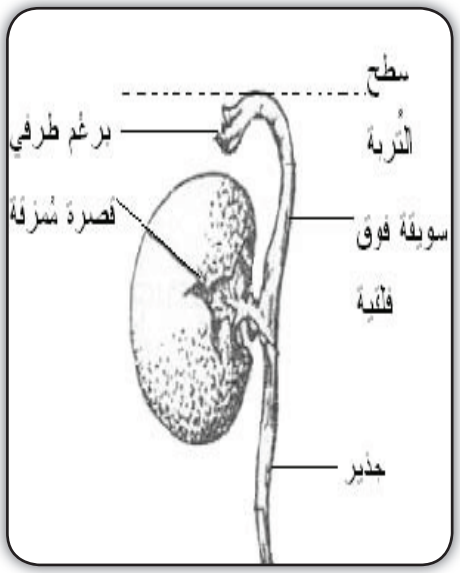
الشكل (50): الإنبات الأرضي لبذور الذرة الشامية
(من ذوات الفلقة الواحدة) (أ، ب، ج، د، هـ)

وفي حالة إنبات بذور الفول المصري الأرضي، تبقى الفلقتان السميكتان اللتان تخزنان المواد الغذائية، داخل التربة. تستطيل السويقة الجنينية العليا (فوق الفلقية) Epicotyl أكثر من السويقة الجنينية السفلى Hypocotyl وتحمل البرعم الطرفي للمجموع الخُضري فوق سطح التُربة (الشكل 51).



(أ): خروج الجذير

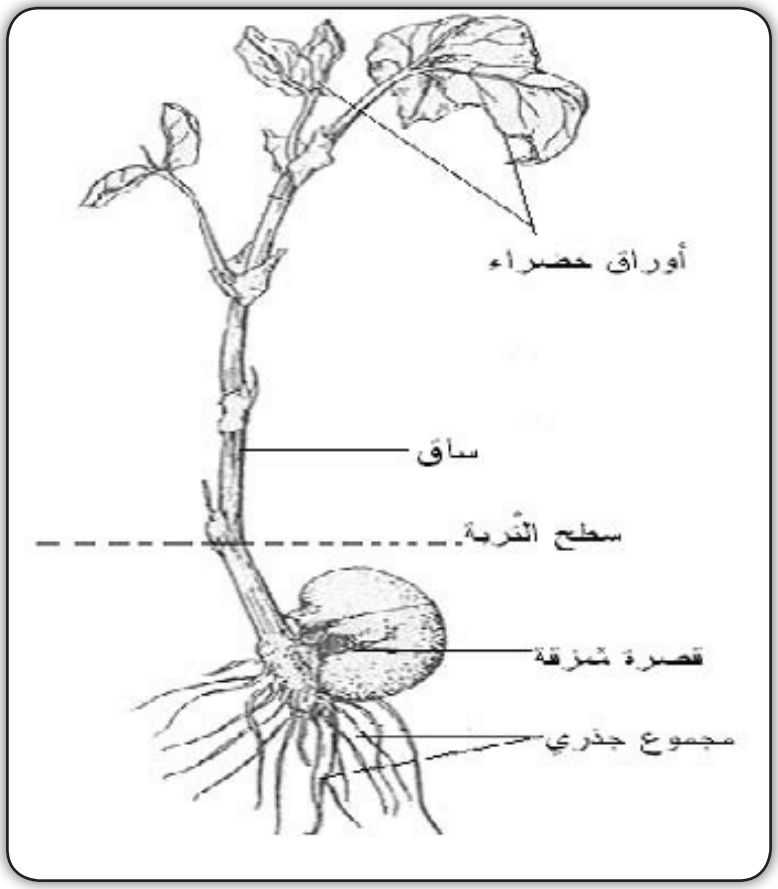
(ب): استطالة الجذير



(ج): السويقة فوق الفلقية المعكوفة تحاول اختراق سطح التُربة



(د): استقامة الريشة فوق سطح التربة

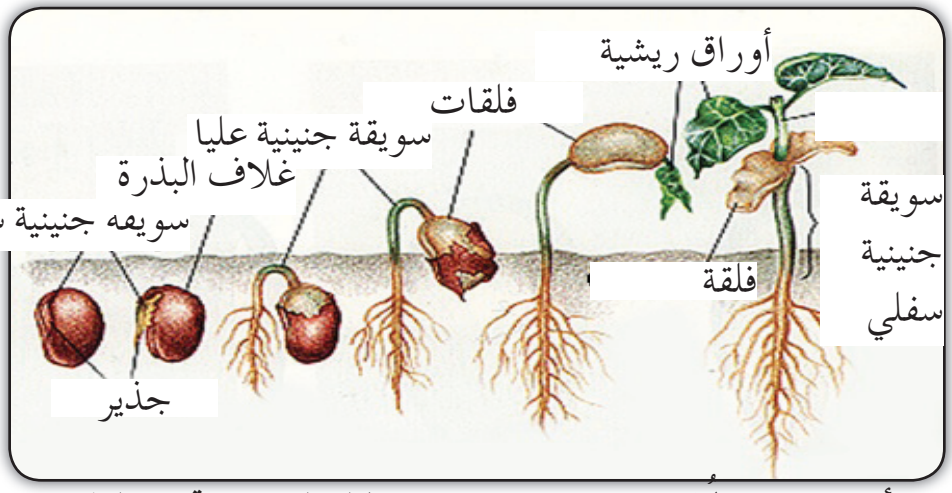


(هـ): بادرة

الشكل (51): الإنبات الأرضي لبذور الفول المصري
(من ذوات الفلقتين) (أ، ب، ج، د، هـ)

2. الإنبات الهوائي Epigeal Germination

وفيه ترتفع الفلقتان أو الفلقة فوق سطح التربة بعد الإنبات. ففي حالة إنبات بذور النباتات ذات الفلقتين مثل الخروع والقُطن والتُرمُس (الشكل 52)، على سبيل المثال، تفوق سُرعة نمو السويقة الجنينية السفلى (تحت الفلقية) سرعة نمو السويقة الجنينية العليا مِمَّا يؤدي إلى دفع الفلقتين وبينهما الريشة إلى الأعلى وظهورهما فوق سطحَ التُربة.

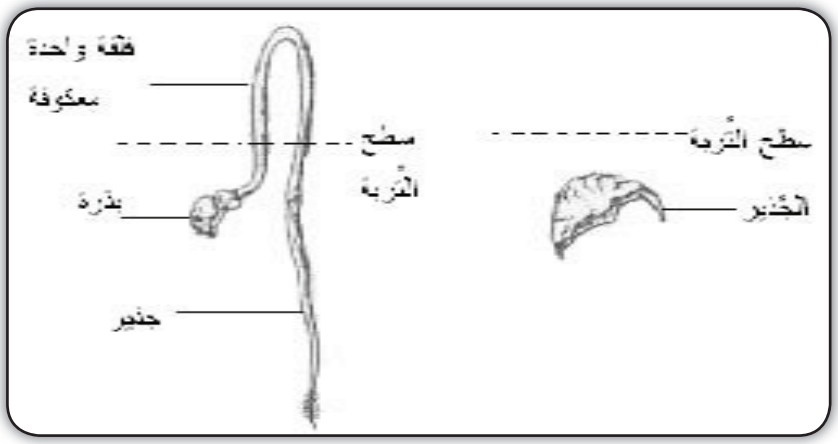


(أ): خروج الجُذير (ب): استطالة السويقة تحت الفلقية المعكوفة ودفعها الفلقتين خارج التُربة

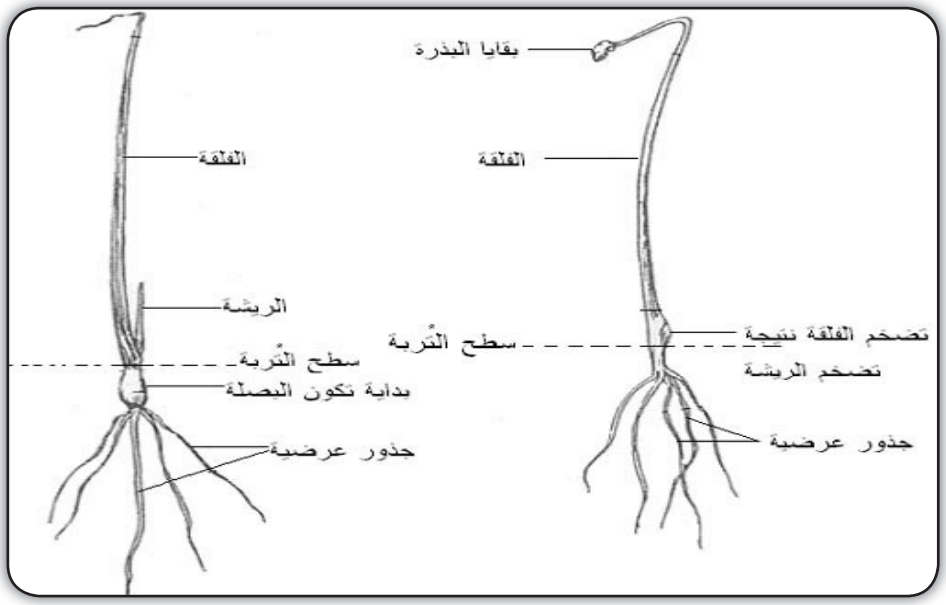
(ج): استطالة السويقة تحت الفلقية واستقامتها فوق سطح التُربة وخروج الريشة من بين الفلقتين

الشكل (52): الإنبات الهوائي لبذور نبات الترمُس (أ، ب، ج)

كما يتمثل الإنبات الهوائي بإنبات بُذور ذوات الفلقة الواحدة مثل البصل (الشكل 53).



(أ): خروج الجذير من البذرة (ب): استطالة الفلقة المعكوفة وخروجها فوق سطح التُربة



(ج): استطالة الفلقة واستقامتها فوق سطح التُربة وتكون الجذور العرضية

(د): ظهور الريشة وبداية تكون البصلة

الشكل (53): الإنبات الهوائي لبذور البصل (أ، ب، ج، د)

نشاط

- هلاَّ قمت بزراعة بذور لنباتٍ الخروع ونبات زهرة الشمس مُعرِّفاً نوع الإنبات في كُلٍّ منهما، ومُتابعاً لمراحل الإنبات المُختلفة ومُوثقاً لها بالرسم ومُسمِّياً أجزاءه ؟

العوامل التي تؤثر على الإنبات

أولاً: عوامل خاصة بالبذرة من حيث:

- سلامة البذرة أي خلوها من الأمراض وعدم اتلافها بالحشرات.
- حالة نضج البذور وكسر حالة الكمون (ركود).

تنمو بعض البذور مباشرة بعد جمعها إذا توفرت لها شروط

الإنبات مثل بذور القمح والقطن والذرة الرفيعة والبعض الآخر مثل بذور التفاح يحتاج لفترة تسمى الكمون (ركود بعد النضج) Dormancy ولا تنبت هذه إذا زرعت مباشرة بعد جمعها حتى وان توافرت لها كل الظروف المناسبة للإنبات. وقد يكون الكمون بسبب عدم نضج الجنين أو صلابة القصرة التي لا تسمح بنفاذ الماء إلى داخل البذرة.

ثانياً: عوامل بيئية تتمثل في:

أ/ توافر الماء

الماء مهم لعمليات الإنبات حيث أنه في وجود الماء:

1. يستعيد البروتوبلازم حالة سيولته وتنشط الإنزيمات وكل العمليات الحيوية داخل السيتوبلازم.
2. تتم في الوسط المائي عمليات هضم الغذاء ونقله إلى أماكن النمو.
3. تلين القصرة مِمَّا يؤدِّي إلى انفجارها وخروج أجزاء الجنين النامية.

ب / الأوكسجين

الأوكسجين مهم لعملية التنفس الهوائي لإطلاق الطاقة التي تدفع العمليات الحيوية اللازمة للإنبات.

ج/ درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة على كل العمليات الحيوية مثل نشاط الإنزيمات والتنفس ونفاذية الأغشية للماء. وتختلف درجة الحرارة المناسبة للإنبات باختلاف أنواع النباتات، إذ إنَّ أنواع النباتات الصيفية، مثل البطيخ والخيار، تحتاج لدرجات حرارة أعلى من أنواع النباتات الشتوية، مثل القمح والبقول والشعير.

د / الضوء

لا يؤثر الضوء في إنبات البذور بصفة عامة ولكن في بعض الحالات

كما في بعض أنواع الخس تحتاج البذور لفترات قليلة من التعرض للضوء كي تنبت. وبعض البذور تنبت فقط في الظلام.

هـ) العائل

لا تنبت بذور بعض أنواع النباتات المتطفلة مثل الهالوك والبودة إلاَّ إذا وجدت نوع النبات العائل المناسب، إذ تفرز جذور العائل بعض المواد الكيميائية تستحث إنبات بذور نبات البودة أو الهالوك.

ثانياً: مرحلة النمو الخضري Vegtative Phase

هي المرحلة التي تلي مرحلة الإنبات والتي يستمر فيها الانقسام الفتيلي ويزداد النبات طولاً وسمكاً وحجماً. ويزداد وزن النبات الجاف نتيجة لتفوق عملية التحول الغذائي البنائي على عملية التحول الغذائي الهدمي.

تبدأ الزيادة بسرعة في حجم النبات أثناء فترة النمو الخضري زيادة سريعة ثم تبطئ قبل مرحلة الإزهار نظراً لتوجيه المواد المصنّعة بعملية البناء الضوئي لتكوين الأزهار والثمار.

يختلف طول فترة النمو الخضري باختلاف نوع النبات ودورة حياته، ففي بعضها يستمر النمو الخضري لعدة أسابيع كما في نبات الذرة وفي البعض الآخر تمتد الفترة إلى عدة أشهر.

ثالثاً: مرحلة الإزهار : Flowering Phase

تظهر الأزهار لكل نوع من أنواع النباتات في موسم معلوم، وقد بذل العلماء جهوداً كبيرة لمعرفة الأسباب التي تؤدي لظهور الأزهار في الوقت المعلوم وكيف يستطيع النبات تمييز الوقت المناسب.

رابعاً : مرحلة الإثمار : Fruiting Phase

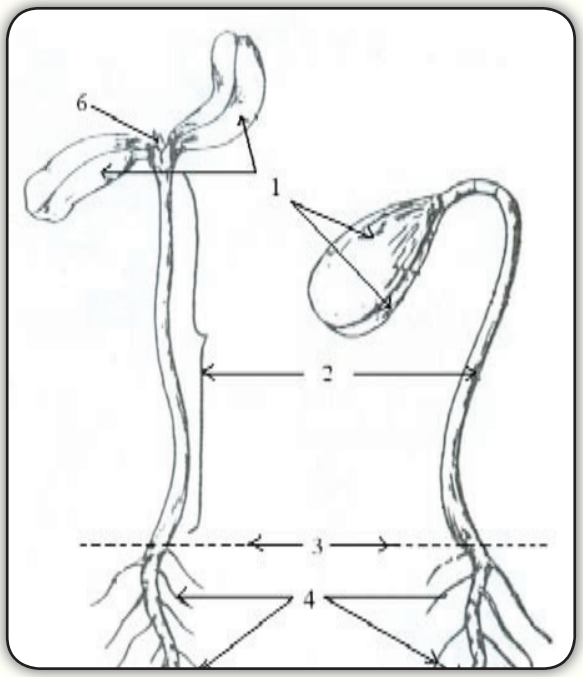
وفيها تتكون الثمار.

تدريب (13) :

بعد دراستك للشكلين التاليين الذين يوضحان مرحلتين في إنبات بذور نبات مُعيَّن من ذوات الفلقتين، أجب عن الآتي:

1. اُكتب أسماء الأجزاء المُشار إليها بالأرقام من 1 إلى 6.
2. اُذكُر نوع الإنبات، مع تحديد الأسباب التي دعتك لتحديد هذا النوع دون غيره.
3. بيِّن وظائف الجزء1:
4. أ).....ب).....

ج).....



أسئلة تقويم ذاتي

1. وضِّح ماذا نعني بالآتي:
الزهرة، المرستيم، المحيطات الزهرية الثانوية، المحيطات الزهرية الأساسية، النورة، التلقيح، الإخصاب، الثمرة، انتشار البذور، الإنبات، النمو، البادرة، الإزهار.
2. عدّد الاختلافات بين الغصن العادي وبين الزهرة كغصن متحور.
3. اُكتُب عن محيطات الزهرة الثانوية وأعضائها التناسلية وبيِّن دور كل عضو في عملية تكاثُر النبات.
4. مُستعيناً بالرسم المُسمى، اشرح أنواع النورات في النبات الزهري.
5. وضِّح كيفية تكوين حبوب اللقاح والبويضات في النباتات الزهرية، مُدعماً إجابتك بالرسومات الواضحة المُسماة.
6. ميِّز بين التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي في النباتات الزهرية.
7. اشرح العملية التي يتم فيها تكوين الثمار في النباتات الزهرية، من بعد انتقال حبة اللقاح إلى الميسم وسمِّي هذه العملية.
8. بالرسم المُسمَّى فقط بين تركيب الثمرة.
9. فرِّق بين أنواع الثمار المختلفة.
10. وضّح طرق انتشار البذور.
11. عدِّد مراحل النمو في النباتات.
12. وضِّح الفرق بين التطور الكامل والتطور غير الكامل.

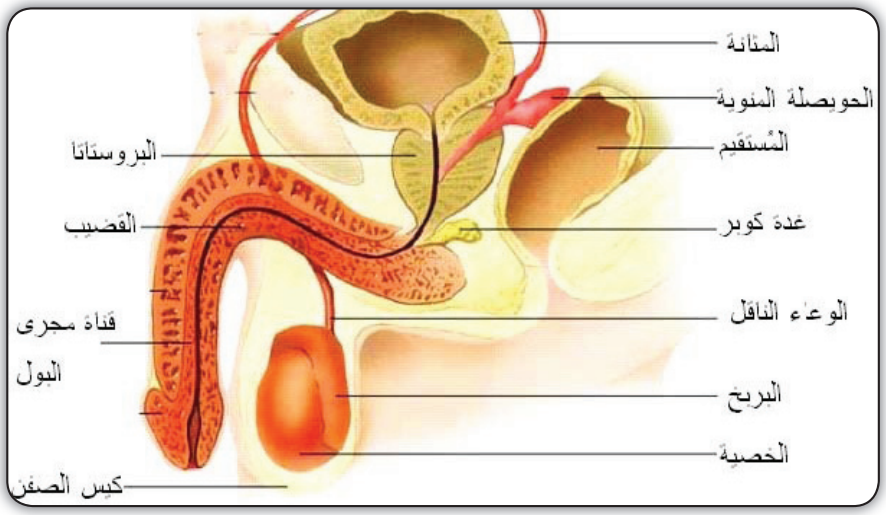
11.2 التكاثر في الإنسان

الزواج والتناسل من سنن الله في خلقه ولهذا خلق الله الذكر والأنثى ليتكاثرا ويتناسلا لأن استمرار الحياة والنوع يعتمدان على التكاثر الذي تتنوع طرائقه بتنوع الكائنات الحية. فالإنسان كائن أحادي الجنس، يتميز إلى ذكر وأنثى، ويتكاثر جنسياً، ويشترك الجهازان التناسليان الذكري والأنثوي في إنتاج النسل. وخصَّ الله – سبحانه وتعالى – هذين الجهازين بإنتاج خلايا تناسلية أحادية االطاقم الصبغي ونقلها إلى بيئة الإخصاب، وكذلك بإفراز الهرمونات الجنسية الذكرية والأنثوية.

أولاً: الأجهزة التناسلية

- الجهاز التناسلي في الذكر

يتركب الجهاز التناسلي في الذكر من أعضاء وقنوات وغدد تناسلية، يوضحها الشكل (54).



الشكل (54): جهاز التكاثر الذكري في الإنسان

(1) الخصيتان Testes

الخصيتان بيضاويتا الشكل ويبدأ تكوينهما أثناء الطور الجنيني داخل تجويف الجسم، وموجودتان داخل كيس خاص مغطى بجلد غني بالغدد

العرقية يسمى الصفن Scrotum. ويعمل الصفن على وقاية الخصية وحفظها على درجة حرارة ملائمة لإنتاج الحيوانات المنوية، وهو لذلك قابل للارتخاء والانكماش (التقلص) حسب درجة حرارة الجو. تبلغ درجة الحرارة المناسبة لإنتاج الحيوانات المنوية 34مْ وهي أقل من درجة حرارة الجسم.

تنزل الخصيتان داخل كيس الصفن قبل موعد الولادة بشهرين تقريباً، وإذا بقيتا داخل التجويف البطني دون أن تنزلا داخل كيس الصفن فإنَّ ذلك يؤدي إلى العقم إذ إن درجة الحرارة تصبح غير ملائمة لإنتاج الحيوانات المنوية. أثناء التطور الجنيني وحتى قبيل البلوغ تكون الخصية غير قادرة على تكوين وإنتاج الحيوانات المنوية ولكنٍ عند البلوغ تفرز الغدد النخامية، وبتنبيه من الجهاز العصبي، قدراً كبيراً من هرمونات تكاثرية تعمل على تنشيط الخصية للقيام بوظائفها التي نُلخصها في الآتي:

أ. تكوين الحيوانات المنوية بأعداد وفيرة.

ب. افراز الهرمونات الجنسية المذكرة التي تُعرف عامة باسم اندروجينات Androgenes ومنها هرمون التستوستيرون Testosteron، وتعمل هذه الهرمونات على إظهار بعض الصفات الجنسية الثانوية للذكر مثل خشونة الصوت ونمو الشعر في بعض مواقع الجسم وتضخم العضلات.

(2) البربخ Epididymis

وهو قناة كثيرة التعرج والالتواء تتصل بقاعدة الخصية عن طريق قنوات ناقلة تُعرف بأوعية الحيوانات المنوية. ويعمل البربخ على خزن الحيوانات المنوية بصفة مؤقتة.

(3) الوعاء الناقل Vas deferens

وهو امتداد للبربخ تمر من خلاله الحيوانات المنوية من البربخ إلى

القناة البولية التناسلية التي تتكون من اتحاد الوعائين الناقلين مع قناة البول القادمة من المثانة وتسمى هذه القناة المشتركة بالاحليل Urethera (الشكل 54).

(4) الغدد التناسلية الملحقة بالجهاز التناسلي

توجد ثلاثة أنواع من الغدد تختلط إفرازاتها بالحيوانات المنوية خلال حركتها من الخصية إلى الخارج ويسمى هذا المزيج بالسائل المنوي وهذه الغدد هي:

أ. الحويصلة المنوية Seminal Vesicle

تتكون من كيسين صغيرين يقعان عند نهاية الوعاء الناقل ويفتحان في العضو الذكري عند اتصال المثانة البولية. (الشكل 54). تفرز الحويصلة سائلاً لبنياً يختلط مع الحيوانات المنوية بوساطة قناة تسمى قناة القذف، ويعمل هذا السائل على معادلة حموضة الحيوانات المنوية كما يساعد على تسهيل حركة هذه الحيوانات وتنشيطها.

ب. غدة البروستاتا Prostate Gland

وهي غدة كبيرة نسبياً تحيط بعنق المثانة، وتقع بالقرب من بداية القناة البولية. ومهمتها إفراز سائل لزج يعمل على معادلة الحموضة التي قد تنشأ من مرور البول في القناة البولية. كما أنَّ السائل يقوم بامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينجم عن نشاطات الحيوانات المنوية نظراً لأنَّ تراكم هذا الغاز يؤخر نشاط الحيوان المنوي، كما يعمل السائل على تنشيط حركة الحيوان المنوي. لا توجد قناة تصل بين الغدة والقناة البولية ولكن تصل إفرازاتها إلى القناة البولية من خلال ثقوب صغيرة كثيرة في القناة البولية.

ج. غدة كوبر Cowpers gland

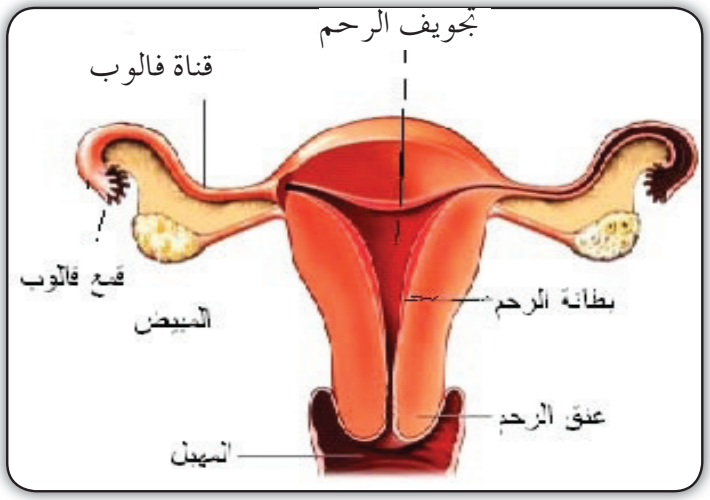
تفرز هذه الغدة سائلاً مخاطياً يُسمَّى الودي أو المذي أثناء التهيج أو الجماع الجنسي.

(5) العضو الذكري (القضيب) Penis

وهو عضو الجماع الذي يوصل الحيوانات المنوية إلى مهبل الأنثى عن طريق القناة البولية التناسلية (قناة مجرى البول). يتركب جسم القضيب من أنسجة قضبانية لها القدرة على الانتصاب وبه فراغات تمتلئ بالدم عند الإثارة الجنسية.

الجهاز التناسلي في الأُنثى

يتركب الجهاز التناسلي الأنثوي من الأعضاء الموضَّحة في (الشكل 55):



الشكل (55): الجهاز التناسلي في الأنثى

1. المبيضان Ovaries

المبيض جسم صغير بيضاوي الشكل يوجد في أسفل التجويف البطني من الناحية الظهرية عند أسفل الكليتين ووظيفته الأساسية إنتاج البويضات.

تولد الطفلة وفي كل مبيض مابين .200 000 إلى .400 000 بويضة غير ناضجة. وينضج من هذا العدد الكبير مابين 300 إلى 400 بويضة طيلة حياة الأنثى نظراً لتحلل وموت معظمها. وللمبيض وظيفة أخرى

تتمثل في إفراز الهرمونات الجنسية الأنثوية التي تُعرف بالاستروجينات وهي المسؤولة عن إظهار الصفات الجنسية الأنثوية الثانوية مثل تضخم الثديين، ورقة الصوت وظهور الطمث. وكما يفرز هرمون البروجستيرون الذي يمنع تكوين بويضات جديدة، ويهيئ الرحم لاستقبال الجنين في حالة حدوث الاخصاب.

2. قناة فالوب Fallopain Tube:

وتعرف هذه أيضاً بقناة البيض Oviduct، وهي قناة طويلة مبطنة بغشاء مخاطي تكثر فيه الأهداب التي تساعد على دفع البويضة نحو الرحم. ويفتح طرف القناة الحر بالقرب من المبيض وله زوائد متحركة أو أهداب ويُعرف بقمع فالوب، ولا تتصل القناة بالمبيض، ولقناة فالوب الوظائف الآتية:

أ. توفير بيئة الإخصاب حيث يحدث الإخصاب فيها.

ب. التقاط البويضة عند سقوطها من المبيض بوساطة الزوائد أو الأهداب الموجودة في قمع فالوب.

ج. المساعدة في توصيل الحيوانات المنوية لبيئة الإخصاب.

د. توصيل البويضة المخصبة أو غير المخصبة إلى الرحم.

3. الرحم Uterus:

عضو عضلي مجوف سميك الجدران، مغطى بغشاء مخاطي يُسمَّى بطانة الرحم، يقع في جوف البطن فوق المثانة. يسمى الجزء العلوي من الرحم بجسم الرحم بينما يُسمَّى الجزء الأسفل منه عنق الرحم الذي من خلاله تدخل ملايين الحيوانات المنوية لمحاولة إخصاب البويضة. ويمتد عنق الرحم قليلاً في قناة المهبل.

4. المهبل Vagina:

قناة عضلية مطاطية، تتصل بالرحم من الجهة السفلى عن طريق عنق الرحم. ومن وظائفه استقبال عضو الجماع الذكري. تسبح الحيوانات

المنوية من المهبل من خلال عنق الرحم إلى قناة فالوب لتكتمل فيها عملية إخصاب البويضة. كما أنَّه يمثل قناة مرور الطفل للخارج عند الولادة وخروج دم الطمث.

5. الأعضاء الجنسية الثانوية (الفرج)

وتشمل الأجزاء التالية:

أ. الشفرين الكبيرين (الشفاه الكبيرة)

وهما زوائد جلدية مُغطاة بالشعر وتحيطان بفتحة المهبل من الخارج.

ب. الشفرين الصغيرين (الشفاه الصغيرة)

وهما زوائد جلدية توجدان داخل الشفرين الكبيرين تخلوان من الشعر وتحيطان بفتحة المهبل من الداخل.

ج. البظر Clitoris

وهو عضو صغير الحجم يوجد عند الشفرين الصغيرين، ويناظر العضو الذكري في الرجل ويحتوي على أوعية دموية ونهايات أعصاب كثيرة، وهو بذلك شديد الحساسية يمتلئ بالدم أثناء الإثارة الجنسية وقابل للانتصاب. وربما كانت شدة حساسيته هي المدعاة لإزالته في عمليات الخفاض التي تجرى للإناث.

د. غشاء البكارة Hymen

غشاء مخاطي رقيق يوجد في الأنثى البكر ويمتد على فتحة المهبل فيغلفها جزئياً.

تتركب الأجهزة التناسلية المذكرة والمؤنثة في الإنسان كما في معظم أفراد المملكة الحيوانية من نفس الخطة العامة كما يوضحها الجدول التالي :

الخطة العامة	ذكور الثديات	إناث الثديات
١.أعضاء تناسل أساسية (مناسل)	خصيتان	مبيضان
٢.أعضاء تناسل ثانوية (قنوات تناسلية)	– بربخ من كل خصية. –وعاءان ناقلان . –مجرى بولي تناسلي يفتح بفتحة تناسلية بولية مشتركة	–قناة مبيض –رحم –مهبل يفتح إلى الخارج بفتحة الفرج (للبول فتحة بولية مستقلة)
٣.أعضاء تناسل خارجية (أعضاء إنتصابية)	قضيب	فرج يتكون من : –بظر . –شفرين صغيرين . –شفرين كبيرين . – فتحة تناسلية .
٤.غدد إضافية	–حوصلتان منويتان. –غدة بروستاتا –غدة كوبر	غدة مخاطية بمهبل والأشفار

تدريب (14)

1. املأ الأماكن الخالية:

أ/ ينتج جهاز الإنسان التناسلي الذكري خلايا تناسلية..... الطاقم الصبغي.

ب/يفرز المبيض نوعين من الهرمونات هما هرمون..... و .....

ج/ يعمل ..... على خزن الحيوانات المنوية مؤقتاً.

2. علّل لما يأتي:

أ / وجود الخصيتين خارج تجويف الجسم.

ب/ تكوين الحيوانات المنوية بأعداد كبيرة.

ج/ تفرز غدة البروستات سائلاً لزجاً.

3. ضع دائرة حول الحرف الذي يشير إلى الإجابة الصحيحة:

- ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر يرجع إلى تأثير هرمون:

أ. التستوستيرون ب. الاستروجين

ج. البروجسترون د. الثيروكسين

- تتجه البويضات نحو الرحم داخل:

أ. وعاء ناقل ب. الحالب ج. قناة فالوب

د. القناة البولية التناسلية

- توجد نصف المادة الوراثية للنوع في:

أ. الزايجوت ب. الجنين ج. البويضة د. الفرد الأبوي

4. وضّح أهمية كل مما يأتي:

أ/ غدة كوبر. ب/ هرمون الاستروجين والبروجسترون.

ج/ الوعاء الناقل في جهاز الذكر التناسلي. د/ الرحم.

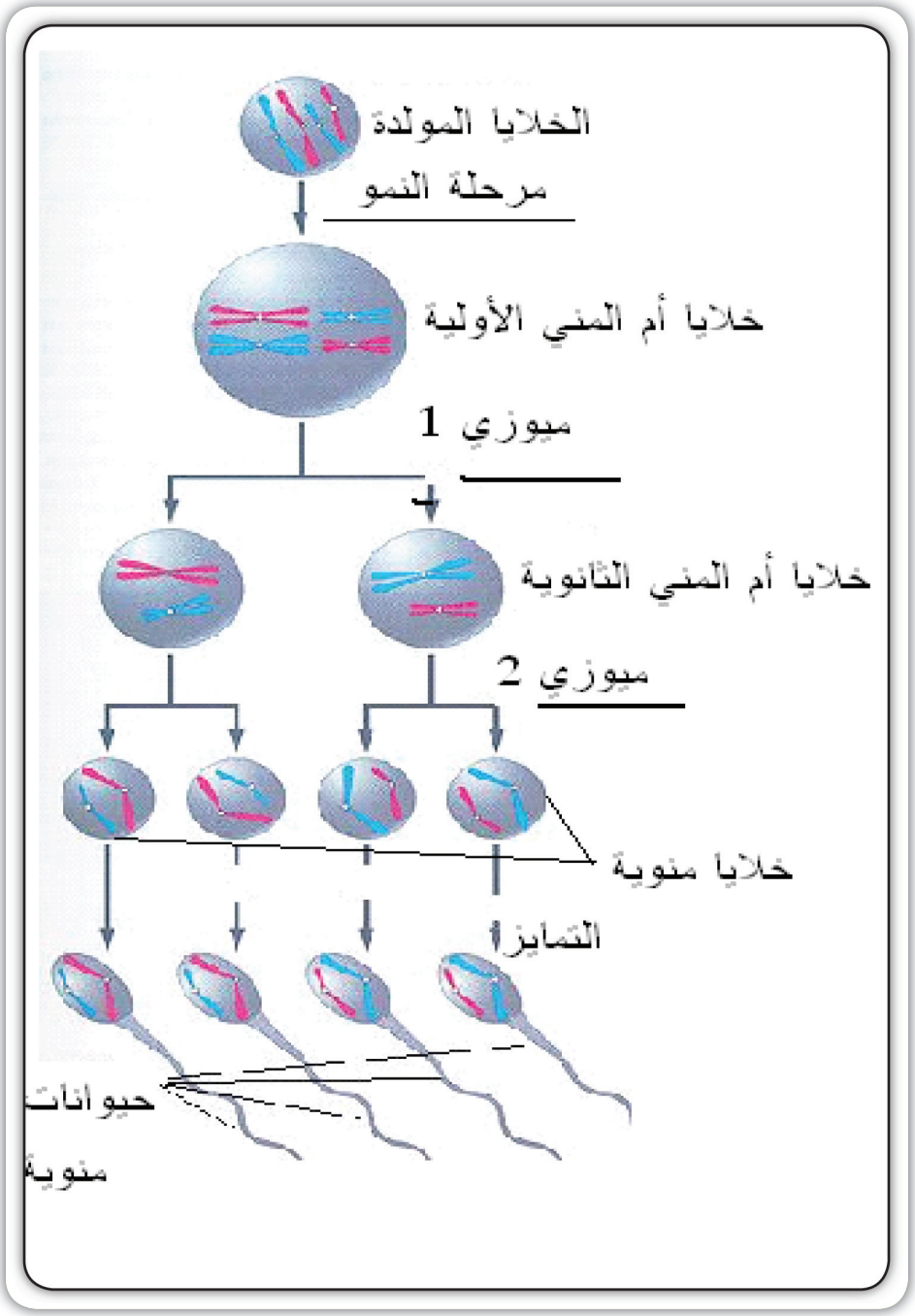
ثانياً: مراحل تكوين الجنين

أ. تكوين الأمشاج Gametes

تبدأ المرحلة الأولى لتكوين الجنين بتكوين الأمشاج التناسلية الناضجة بوساطة الأبوين كما يلي:

- **تكوين الأمشاج المذكرة** Male Gametes

1. يتم تكوين هذه الأمشاج بالخصية داخل الأنابيب المنوية التي تحوى خلايا تعرف بالخلايا الجرثومية الأمية (الأولية) وهي خلايا ثنائية الطاقم الصبغي (2n=2x).
2. تنقسم هذه الخلايا فتيلياً عدة مرات لتكوّن الخلايا المولدة للمني وهي ثنائية الطاقم الصبغي (2n) (سبيرماتوجونيا) Spermtogonia (الشكل 56).
3. تكبر الخلايا المولدة للمني لتكوِّن خلايا أم المني الأولية وهي ثنائية الطاقم الصبغي أيضاً (2n).
4. تنقسم خلايا أم المني الأولية انقساماً اختزالياً لتعطي خلايا أم المني الثانوية، وهي أحادية الطاقم الصبغي (n=x)، ثم تنقسم هي بدورها انقساماً فتيلياً لتكوّن الخلايا المنوية كروية الشكل ثم لا تلبث أن تستطيل هذه وتنمو لها أذناب. ويتكوَّن الحيوان المنوي من رأس وعنق وذيل (الشكل 56).

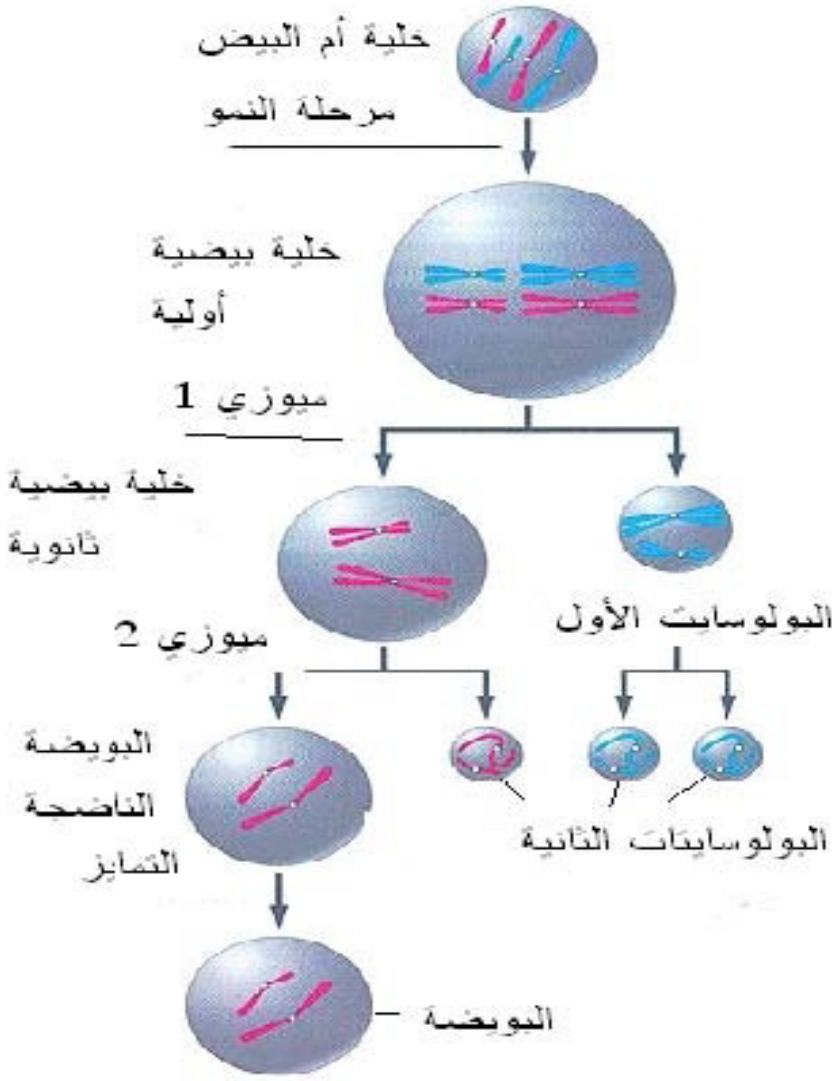


الشكل (56): تكوين الأمشاج المذكرة

- **تكوين الأمشاج المؤنثة** Female Gametes

تتكون البويضات في المبيض بنفس الطريقة التي تتكون بها الحيوانات المنوية في الخصية كما يلي: (الشكل 57).

1. تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية الأولية (2n) انقساماً فتيلياً لتكوين عدد من خلايا أم البيض (2n).
2. يكبر حجم خلايا أم البيض لتكوِّن الخلايا البيضية الأولية (2n).
3. تنقسم الخلية البيضية الأولية انقساماً اختزالياً غير متكافئ فتنتج خليتين غير متساويتين في الحجم يحمل كل منهما نصف العدد الأصلي من الصبغيات (n). وتسمى الخلية الكبيرة منهما خلية بيضية ثانوية تحتوي على معظم السيتوبلازم، والصغيرة تسمى الجسم القطبي الأول أو البولوسايت الأول.
4. تنقسم الخلية البيضية الثانوية انقساماً فتيلياً وغير متكافئ وتعطي خليتين جديدتين تسمى الكبيرة البويضة الناضجة والصغيرة بولوسايت ثاني أو الجسم القطبي الثاني.
5. ينقسم البولوسايت الأول ليعطي خليتين تعتبر كل واحدة منهما بولوسايت ثاني.
6. تتلاشى خلايا البولوسايت الثاني (الأجسام القطبية) الثلاث لعدم احتوائها على غذاء كاف ولذا فإن كل خلية بيضية أولية تعطي بويضة واحدة تحوِّي نصف العدد الأصلي من الصبغيات (n) وثلاثة أجسام قطبية تتحلل وتتلاشى.

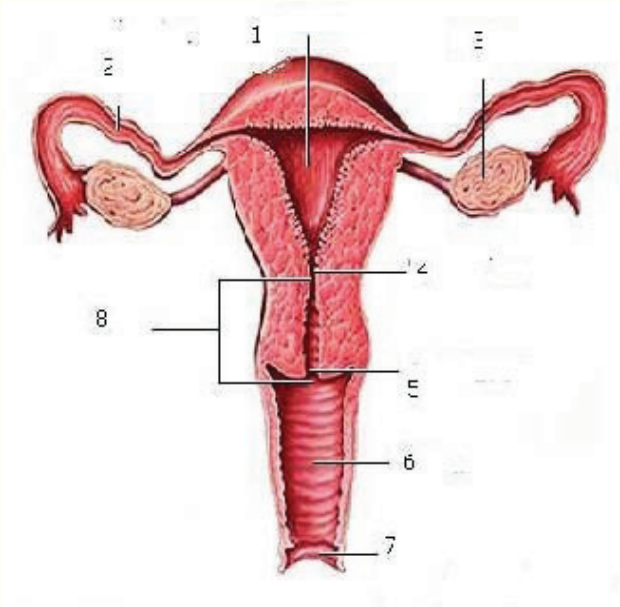


الشكل (57): تكوين الأمشاج المؤنثة

تدريب (15)

- مستعيناً بالشكل أجب عن الآتي:

1. ما الذي يمثله الرسم؟
2. اكتب ما تدل عليه الأرقام في الشكل.
3. ما وظيفة رقم (3)؟
4. ماذا يحدث عند انسداد التركيب رقم (2)؟



ب. الإخصاب والحمل Fertilization and Pregnancy

يحدث الاخصاب عبر أحداث رئيسية عديدة نلخصها فيما يلي :

إنتقال الحيوانات المنوية إلى مكان الاخصاب :

الجماع Coputation :

عند عملية الجماع يقذف المني الحاوي الحيوانات المنوية في المهبل بالقرب من عنق الرحم .

يختلط السائل المنوي مباشرة بعد القذف ويكون الحيوانات المنوية غير قادرة على الحركة في أول الأمر ولكن بعد وقت وجيز (¼ ساعة) يتحول المني المتجلط إلى حالة السيولة عندها تصبح الحيوانات المنوية قادرة على الحركة يتم تجلط واسالة المني بفضل الانزيمات التي يحويها وتفرزها غدة البروستاتا .

رحلة الحيوانات المنوية من المهبل إلى مكان الاخصاب :

- تحت تأثير مادة البروستاقلاندين في المني تنقبض عضلات الرحم وقناة فالوب بما يشبه الحركة الدودية تدفع بالحيوانات المنوية إلى أعلى .
- تحرك الأهداب بقناة فالوب السوائل التي بها إلى أعلى حاملة معها الحيوانات المنوية .
- تسبح الحيوانات المنوية متجهة إلى أعلى .

- **ما الإخصاب ؟**

يُعرَّف الإخصاب بأنَّه:

- **اتحاد حيوان منوي واحد مع بويضة ناضجة واحدة لتكوين الزايجوت.**

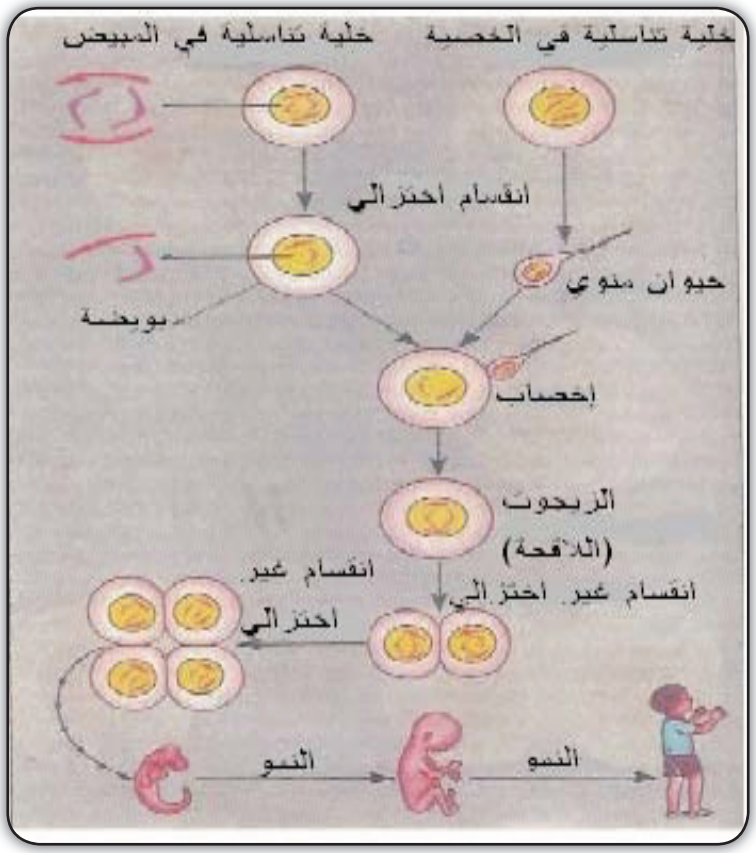
تتحد نواة الحيوان المنوي ونواة البويضة في نواة واحدة وبذلك يستعاد العدد المزدوج للصبغيات الأصلية (2n).

يتم الإخصاب في الثلث العلوي لقناة فالوب وتصل الحيوانات

المنوية لهذا المكان في بضع دقائق إلى ثلاث ساعات ورغم ذلك نجد أن عدداً كبيراً من الحيوانات المنوية يفشل في الوصول إلى هذا المكان. وعليه، فالإنتاج الوفير للحيوانات المنوية يضمن أن يصل بعضها في الأقل إلى مكان الإخصاب. وقد وجد أن البويضة تفرز حول نفسها مادة تسمى الفيرتليزين Fertilizin تُمكّن الحيوانات المنوية من الالتصاق بالبويضة، كما أنها تعمل على تنشيط حركة الحيوانات المنوية وكمنبه كيميائي يجعل الحيوانات المنوية تتحرك نحو مصدر التنبيه أي نحو البويضة. يخترق الحيوان المنوي حواجز البويضة بوساطة إنزيمات هاضمة يختزنها الجسم القمي في الحيوان المنوي، وبذلك ينفتح ثقب تمر من خلاله محتويات رأس الحيوان المنوي والقطعة المتوسطة منه إلى سايتوبلازم البويضة ويبقى الذيل في الخارج.

عند دخول حيوان منوي واحد يتكوَّن، وفي فترة وجيزة، ما يسمى بغشاء الإخصاب حول غشاء البويضة يحول دون دخول حيوان منوي آخر إلى داخل البويضة.

تتجه النواتان الأنثوية والذكرية نحو بعضهما فتتحدان في وسط السيتوبلازم بعد أن تزول الأغشية النووية. وهكذا تحمل البويضة المخصبة نصف صبغياتها من الأب ونصفها الآخر من الأم. يشرع الزايجوت مباشرة في الانقسام لتشكيل فرد جديد (الشكل 58).



الشكل (58): الإخصاب

- **التطور الجنيني** Embryo Development

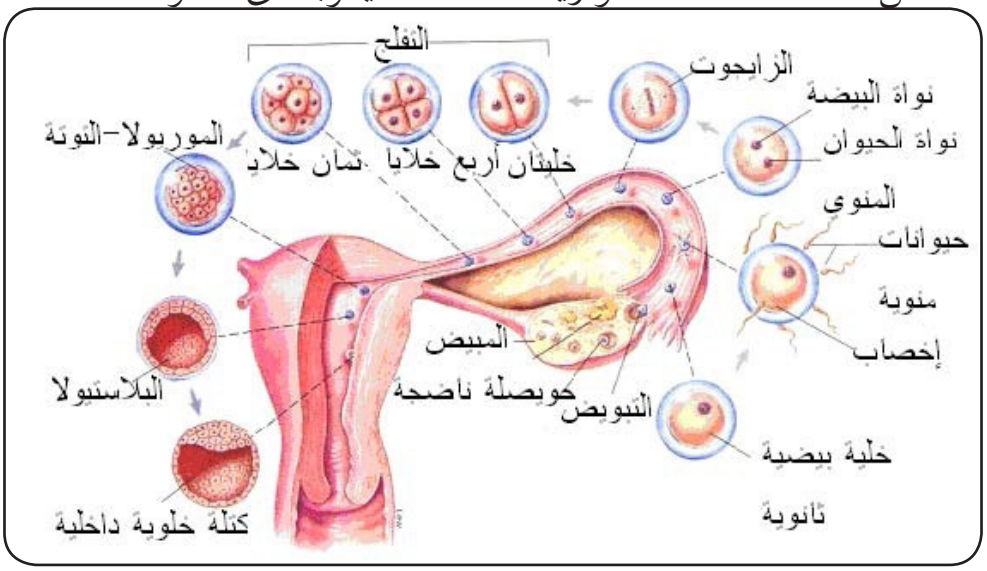
يتم خلق الإنسان في أطوار أو مراحل مختلفة ويؤكد ذلك قوله تعالى:
(وَقَد خَلَقَكُمْ أطوَاراً) نوح (14).

تنقسم مراحل تطور الجنين إلى ثلاث مراحل هي:

أولاً: مرحلة الأشهر الثلاثة الأولى

1. تدخل البويضة المخصبة في عمليات انقسام بعد 36 ساعة من الإخصاب حيث تنقسم فتيلياً إلى خليتين وبعد 60 ساعة تنقسم الخليتان إلى أربع خلايا وفي اليوم الثالث تنقسم الأربع إلى ثمان خلايا. وهكذا تنقسم الخلايا انقسامات عديدة متتالية ينتج عنها تكوُّن كتلة من الخلايا تبدو

على شكل كرة يطلق عليها الموريولا (التوتة) (الشكل 59). الغرض من هذه الانقسامات هو زيادة عدد الخلايا وبالتالي النمو.



الشكل (59): المراحل الأولى في تكوين الجنين

2. تنتقل التوتة إلى الرحم في رحلة تستغرق 3 إلى 5 أيام ويتكون داخلها تجويف مملوء بسائل ليصبح الجنين كرة مجوفة تسمى البلاستولا Blastula. وتتجمع الخلايا في أحد قطبي البلاستولا لتكون كتلة خلوية داخلية، وفي اليوم السادس تقريباً تلتصق البلاستولا ببطانة الرحم وتفرز إنزيمات تذيب جزءاً من الطبقة الداخلية للرحم فتحل مكان الجزء المذاب حتى تنزرع أو تنبت في بطانة الرحم.
3. في الأسبوعين الثاني والثالث تكوّن الكتلة الداخلية القرص الجنيني الجاسترولا Gastrula الذي يتميز إلى طبقتين، إحداهما خارجية وتسمى الاكتوديرم Ectoderm والأخرى داخلية وتعرف بالاندوديرم Endoderm. وفي الأسبوع الثالث تتكون الطبقة الوسطى الميزوديرم Mesoderm. وبنهاية الأسبوع الثالث تكون الطبقات الثلاث كاملة ويطلق عليها الطبقات الجرثومية والتي تنمو

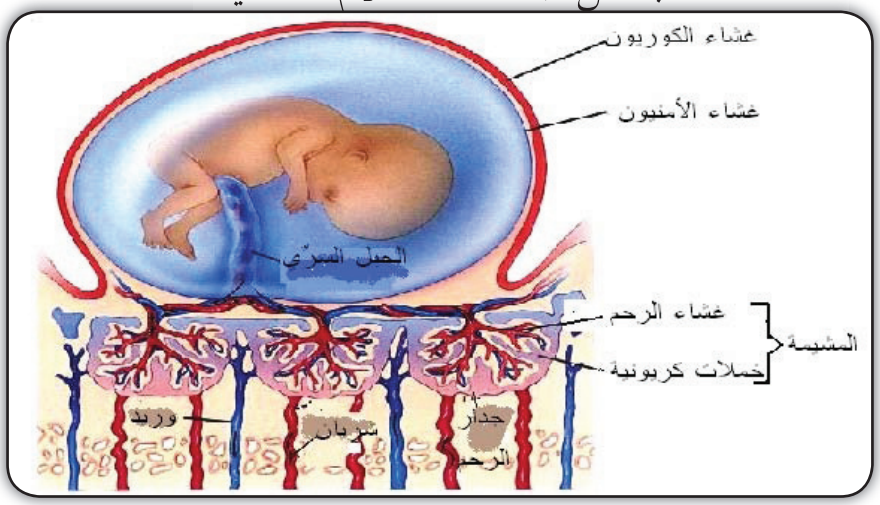
وتتمايز إلى تكوين أعضاء وأجهزة الجسم المختلفة كما يلي:

أ. طبقة الاكتوديرم: وينشأ منها الجهاز العصبي المركزي وأعضاء الجلد المختلفة والشعر والاظافر.

ب. طبقة الميزوديرم: وتتكون منها العضلات والعظام والأنسجة الضامة والأنسجة المبطنة للأوعية الدموية وتجاويف الجسم والجهاز البولي والدوري والتناسلي والأوعية الدموية.

ج. طبقة الاندوديرم: وتعطي الجهاز الهضمي وبعض الغدد كالكبد والبنكرياس وبطانة الجهاز التنفسي والرئتين. وفي نهاية هذه المرحلة، أي نهاية الشهر الثالث، يصبح طول الجنين 9 سنتمترات ووزنه 15 جراماً، وتكون جميع معالم الأعضاء قد تكونت وتشكلت. وكذلك تتكون في نهاية الأسبوع الثالث من الحمل الأغشية الجنينية لحفظ الجنين وحمايته طيلة فترة الحمل وهي:

1. الغشاء الأمنيوني: وهو غشاء مملوء بالسائل الأمنيوني (الشكل 60) ويحيط بالجنين مباشرة ويؤدي وظيفة وقاية الجنين من المؤثرات أو الصدمات الناتجة من ضغط أعضاء الأم الداخلية.



الشكل (60): الأغشية الجنينية

2. الغشاء الكوريوني: غشاء يحيط بالجنين والأغشية الجنينية الأخرى ووظيفته، بالإضافة إلى حماية الجنين، فإنَّ له علاقة مباشرة في التغذية والتنفس والإخراج ما بين دم الأم والجنين، إذ إن له زوائد كوريونية على شكل أصابع تسمى خملات كوريونية وتشكل موضع تبادل الغذاء والأوكسجين والفضلات (النفايات) بين الأم والجنين.

ثانياً: مرحلة الأشهر الثلاثة الثانية

تصبح حركة الجنين واضحة للأم بدءاً من الشهر الرابع ويمكن ملاحظة هيكله العظمي عن طريق الأشعة السينية كما ينمو الشعر على رأسه. في نهاية هذه المرحلة يصل طول الجنين بين 30 إلى 36 سنتمتراً ووزنه حوالي 680 جراماً.

ثالثاً: مرحلة الأشهر الثلاثة الأخيرة

يزداد في هذه الفترة حجم الجنين ووزنه بشكل واضح ولذلك يتطلب قدراً أكبر من الغذاء، كما تزداد فضلاته. وعليه، فإن قلب الأم يعمل بشكل أكبر لتزويدها وجنينها بالغذاء والأوكسجين، ولهذا يرتفع ضغطها وتزداد دقات قلبها. وقد يصبح تنفسها صعباً خاصة عندما يضغط الجنين على الحجاب الحاجز.

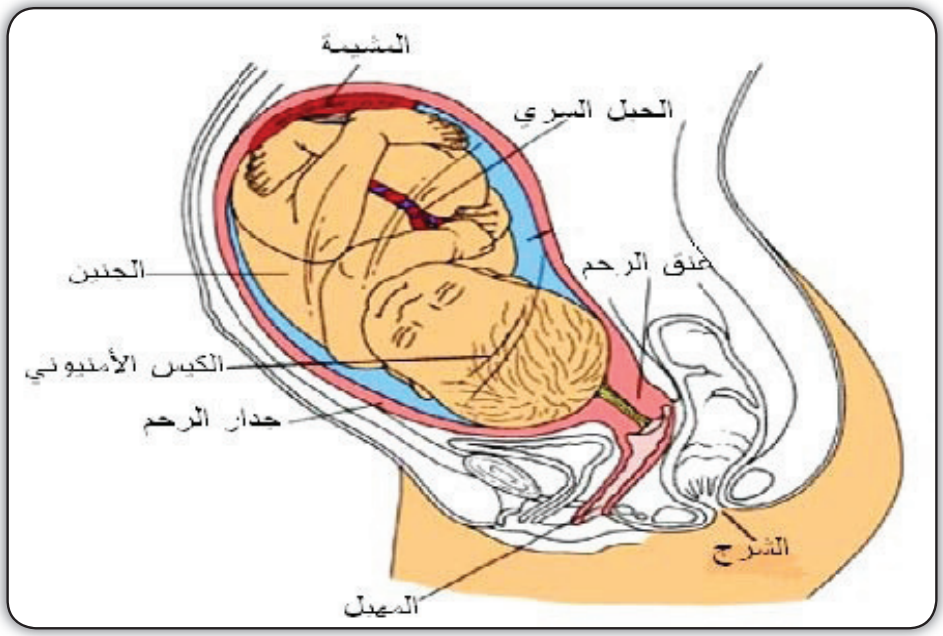
في هذه المرحلة تنمو خلايا الدماغ، وعليه فإن تناول الأم الأغذية البروتينية يعد أمراً ضرورياً ومهماً لبناء خلايا الدماغ بشكل سليم. وفي نهاية هذه المرحلة يبدأ تكوين الحليب في غدد الأم الثديية. كما أن 85% من الكالسيوم والحديد الذي تتناوله الأم يذهب إلى تكوين عظام الجنين وخلايا دمه، ويذهب البروتين الذي تتناوله الأم إلى تكوين الخلايا العصبية. يصل الغذاء والأوكسجين للجنين من دم الأم من خلال المشيمة والحبل السري حيث تنتشر في المشيمة أوعية دموية كثيرة وعندها تلتقي أوعية دم الأم والجنين، ولكن دون اتصال مباشر بين الدورة الدموية للأم والدورة الدموية للجنين، بل يتم ذلك عن طريق الانتشار الغشائي (الشكل 60).

فالدورة الدموية للأم منفصلة عن الدورة الدموية للجنين لأن ضغط دم الأم أعلى من ضغط دم الجنين. تتمثل وظائف المشيمة في الآتي:

1. إمداد الجنين بالغذاء والأوكسجين من دم الأم.
2. توصيل فضلات التحول الغذائي للجنين (مواد نيتروجينية، ثاني أوكسيد الكربون) من دم الجنين إلى دم الأم.
3. تكوين حاجز يمنع تبادل بعض العدوى بين الأم والجنين.
4. إفراز هرمونات تحافظ على بطانة الرحم، وبالتالي سلامة الحمل.

ج. الولادة Birth

قبل الولادة بعدة أسابيع يصبح رأس الجنين قريباً من عنق الرحم، ويكون الجنين جاهزاً للولادة بعد 38 أسبوعاً أو 266 يوماً من الإخصاب أو بعد 280 يوماً بعد آخر دورة شهرية (الشكل 61).



الشكل (61): الجنين داخل الرحم

تبدأ عملية الولادة بتقلصات وانقباضات الرحم لدفع الجنين للخارج وهذا ما يسمى بالمخاض Labor.

يقسم المخاض إلى ثلاث مراحل هي:

1. مرحلة الاتساع أو التمدد

تبدأ هذه المرحلة بانقباض عضلات الرحم وتنتهي باتساع عنق الرحم بدرجة تسمح بخروج الوليد حيث يفرز المبيض هرمون الريلاكسين Relaxin الذي يعمل على تفكيك مفاصل عظام الحوض في المرأة الحامل في الشهر الأخير من الحمل لإتساع الحوض فيسهل خروج الجنين عند الوضع (الولادة)، كماينشق الغشاء الأمنيوني وينزل السائل الأمنيوني الذي يسهل انزلاق الجنين. وتشعر المرأة الحامل بآلام المخاض في المنطقة الظهرية السفلية وتمتد حتى تصل مقدمة البطن.

2. مرحلة خروج الوليد

تتوالى انقباضات عضلات الرحم على فترات متقاربة تنتهي بظهور رأس الوليد في عنق الرحم ومن ثم خروجه إلى الخارج من خلال المهبل. ويكون الطفل متصلاً بالحبل السري حيث يتم قطعه وربطه. ويعني قطع الحبل السري قطع مصدر الأوكسجين والغذاء من الجنين ولهذا لا بد أن يبدأ الوليد عمليات حياته، خاصة التنفس، منفصلة عن أمه. ولعل بكاء الوليد مباشرة بعد الولادة يدل على اندفاع الهواء الجوي إلى مجرى التنفس ثم الرئتين وبدء عملية تنفسه.

3. مرحلة خروج المشيمة (الخلاصة، التبيعة)

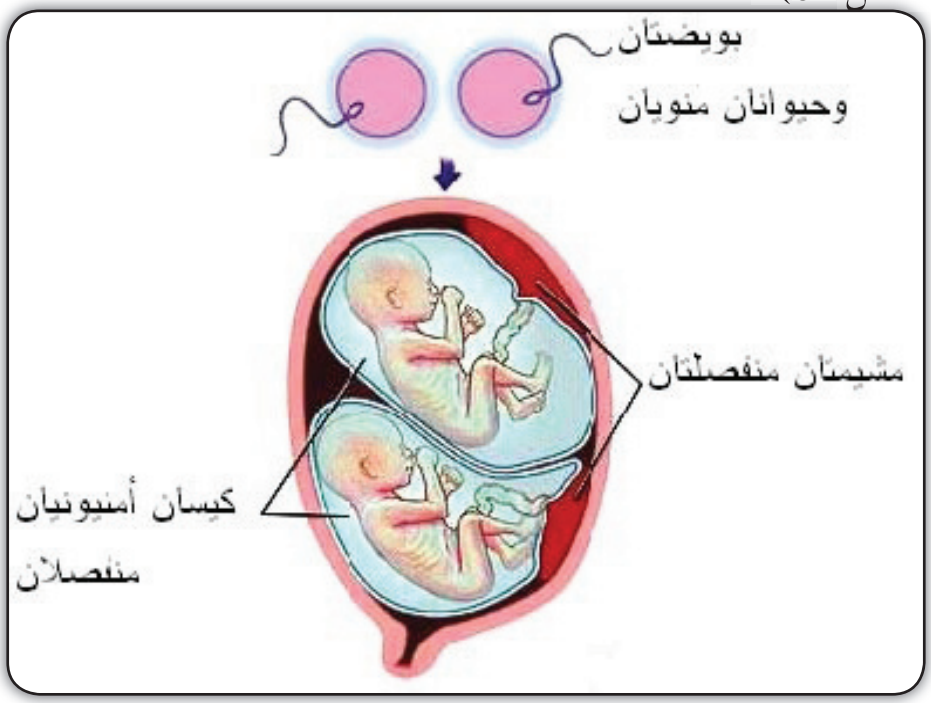
بعد ولادة الطفل تنفصل المشيمة عن جدار الرحم وتخرج خارج الجسم بفعل تقلصات الرحم، ويصحب ذلك خروج سوائل الحمل والأغشية الجنينية وبعض الدم الذي ينتج عن تمزق المشيمة.

- **التوائم** Twins

يوجد نوعان من التوائم هما:

١. التوائم الأخوية (غير المتطابقة) Non Identical Twins

ينتج هذا النوع من التوائم من بويضتين مختلفتين نضجتا في وقت واحد وتخصب كل منهما بحيوان منوي مستقل؛ ويتصل كل جنين بمشيمة وأغشية جنينية خاصة به. وقد تكون هذه التوائم مختلفة أو متشابهة في الجنس والشكل الخارجي ولكنها قطعاً تختلف في بصمات الأصابع (الشكل 62).

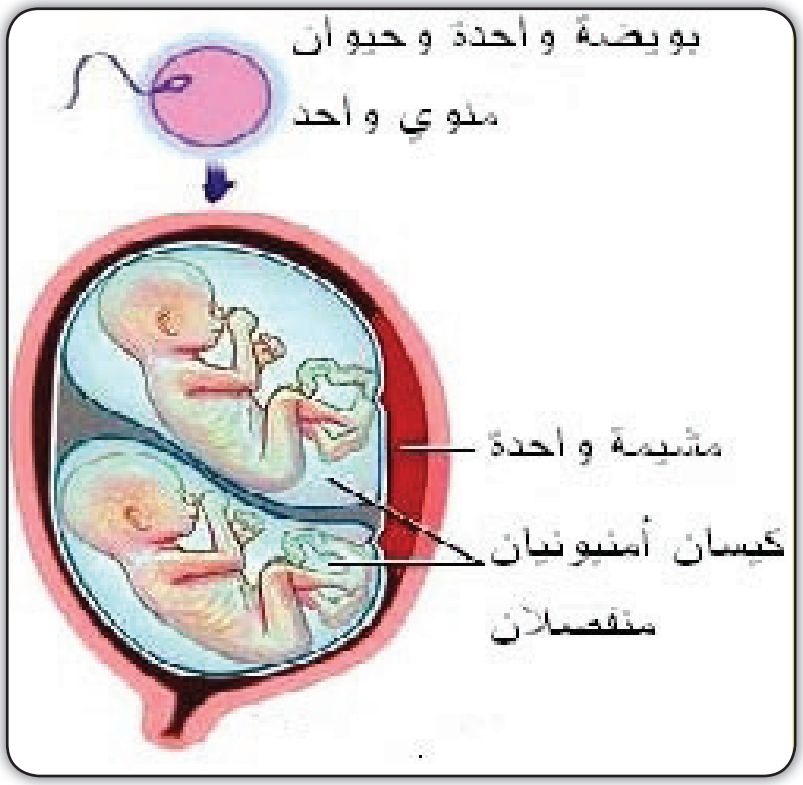


الشكل (62): التوائم الأخوية

٢. التوائم المتطابقة Identical Twins

وينتج هذا النوع من التوائم من بويضة واحدة خصبت بحيوان منوي واحد (الشكل 63). تنفصل هذه البويضة المخصبة في أول انقساماتها إلى بويضتين وتنمو كل واحدة منهما مكونة جنيناً مستقلاً. هذا ويتصل التوأمان بمشيمة واحدة ولهما كيس كوريوني واحد، ولكن لكل جنين كيس أمنيوني خاص به. ويتشابه التوأمان في صفاتهما الوراثية وبصمات

الأصابع ويكون الجنس واحداً إما ذكرين أو أنثيين.



الشكل (63): التوائم المتطابقة

إفراز الحليب :

يتكون ثدي الأم من مجموعة غدد (15 – 20) ترتبط بعضها ببعض على شكل عنقودي تسمى الغدد اللبنية ، تتحد هذه الغدد عن طريق قنوات تتصل بحلمة الثدي .

يتم إدارة اللبن وإفرازه بتأثيرات هرمونية مثل هرمون البرلاكتين وهرمون الأوكسيتوسين كما تساعد التأثيرات النفسية والميكانيكة مثل مص الطفل لحلمة الثدي في إدراره .

يختلف تركيب اللبن الذي يفرزه الثدي في الأيام الأولى عن الحليب العادي إذا يكون غنياً بالبروتينات الضرورية لنمو الجسم وفقيراً بالدهون

بوجه عام فهو يعمل على تغذية الطفل من جهة وتنظيف أمعائه من المواد المخاطية وافرازات الصفراء التي كانت قد تراكمت خلال فترة الحمل من جهة أخرى .

كما أن ارضاع الطفل من الثدي يساعد على اعادة الرحم إلى وضعه الطبيعي وينظم الحمل تنظيماً طبيعياً .

مكونات لبن الأم مقارناً بلبن البقرة (حجم/100مل) .

	المادة	حليب المرأة	حليب البقرة
١	الماء	٨٨,٥	٨٧
٢	سكر الحليب (لاكتوز)	٧	٤,٨
٣	الدهون	٣,٣	٣,٥
٤	البروتينات : أ.كازين . ب.لاكتو ألبيومين	 ٩. ٤.	٢,٧ ٧.
٥	الاملاح المعدنية بوتاسيوم كالسيوم ج.فسفور د.صوديوم	 ٠,٤١ .٠٣٠ ٠,١٣ ٠,١١	 .١٥٠ .١٢٠ .٠٩٥ .٠٥٠

الحمل الكاذب :

الحمل الكاذب ظاهرة تحدث لبعض السيدات كبيرات السن أو تحدث في الحالات التي تكون فيها الزوجة راغبة بشدة في الحمل أو في الحالات التي تكون رافضة وخائفة من الحمل . وأصلاً لا وجود للحمل ولكنه شعور أو إحساس عند المرأة حيث أنها تحس بجميع أعراض الحمل من انقطاع الطمث وذلك بسبب تأثير الغدد النخامية على افرازات هرمون المبيضين كما أنها تحس بالقيء صباحاً وتشعر بحركة تشبه حركة الجنين في

البطن وهي في الحقيقة ليست إلا حركة الأمعاء داخل البطن وتقلصات عضلات جدار البطن .

يحدث الحمل الكاذب عادة للمرأة التي لها تركيب نفسي أو عصبي غير طبيعي.

الأخطار التي تؤثر في الجنين :

1. المرض : إصابة الأم بالأمراض تسبب تشوهات للجنين في العين والقلب كما يؤدي اضطراب الحمل أو تسمم الدم أو النزف إلى نتائج خطرة على الجنين.
2. غذاء الأم : عدم توازن غذاء الأم يؤدي إلى نقص وزن الجنين فيتأثر جهاز الجنين العصبي وقد تحدث ولادة مبكرة نتيجة نقص البروتين والفايتمينات .
3. الاشعاع : تؤثر الأشعة السينية في الجنين وتسبب له صغر الرأس أو عيوب في الأطراف والجمجمة وقد تنشأ هذه الأعراض عند تعرض الحامل لجرعات كبيرة من الأشعة السينية لذا يجب على الحامل عدم التعرض للأشعة .
4. العوامل الكيميائية : العقاقير المهلوسة والتدخين وتعاطي الكحول لها تأثيرات مشوهة للجنين .
5. الهرمونات : تستعمل بعض الحوامل أحياناً بعض الهرمونات مثل البروجستينات لتفادي الاجهاض وقد تسبب تشوهات عند الجنين .

تدريب (16)

1. ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة الخطأ:

أ/ يعتمد استمرار حياة النوع على التكاثر. ( )

ب/ تتجمع المادة الوراثية للنوع نتيجة التقاء الحيوان المنوي مع البويضة. ( )

ج/الغشاء الكوريوني غشاء داخلي يحيط بالجنين. ( )

د/ تفتح قناة فالوب في الجهة السفلية للرحم. ( )

هـ. تنتج التوائم الأخوية من بويضة واحدة مخصبة. ( )

2. علِّل لما يأتي:

تفرز البويضة حول نفسها الفيرتليزين.

3. ضع دائرة حول الحرف الذي يشير إلى الإجابة الصحيحة:

- تتكون الجاسترولا من طبقة:

أ. الاكتوديرم ب. الميزوديرم ج. الاندوديرم د. كل ما ذكر صحيح

- بعد عملية الإخصاب يبدأ تكوين الجنين في:

أ. المبيض ب. الرحم ج. قناة فالوب د. قمع فالوب

ثالثاً: الثقافة الجنسية المتصلة بالتكاثر في الإنسان

- مَنْ المسؤول عن تحديد الجنس ذكراً أم أنثى، هل هو الرجل أم المرأة ؟
- تحدث أحياناً كثير من المشكلات الزوجية والعائلية والاجتماعية عندما تلد الزوجة أنثى، ويعتقد الزوج أنَّ السبب في إنجاب البنت هو المرأة وليس الرجل. ونوضح هنا من الذي يحدد الجنس ؟

يوجد في خلايا الرجل زوج من الصبغيات الجنسية يختلف كل واحد منهما عن الآخر، ويرمز لهما بالرمز (XY)، أي أنَّ الخلايا المنوية تكوِّن مجموعتين متساويتين تقريباً، واحدة تحمل خلاياها الصبغي (X) والأخرى تحمل الصبغي (Y)، أمَّا في الأنثى فالصبغيان الجنسيان متماثلان ويرمز لهما بالرمز(XX) وهذا يعني أن كل بويضة تامة النمو تحمل الصبغي (X). وعليه، إذا اتحدت بويضة (X) بحيوان منوي يحمل الصبغي (Y) يكون المولود ذكراً، أما إذا اتحدت بويضة (X) بحيوان منوي يحمل الصبغي (X) يكون المولود أنثى. وبناءً على ذلك فإنَّ الرجل هو الذي يحدد جنس المولود وليست المرأة، وهذا ما أثبته القرآن الكريم قبل أكثر من أربعة عشر قرناً في سورة القيامة :

﴿ أَلَمْ يَكُ نُطْفَةً مِّن مَّنِيٍّ يُمْنَىٰ ﴿٣٧﴾ ثُمَّ كَانَ عَلَقَةً فَخَلَقَ فَسَوَّىٰ ﴿٣٨﴾ فَجَعَلَ مِنْهُ الزَّوْجَيْنِ الذَّكَرَ وَالْأُنثَىٰ ﴿٣٩﴾ ﴾

(القيامة 37 – 39)، فجعل منه أي من المني وهكذا فإنَّ القرآن الكريم والعلم ينفيان الشائعات التي تقول إنَّ المرأة هي التي تحدد جنس الجنين . وتؤكد الآية الكريمة (فَجَعَلَ مِنْهُ الزَّوْجَيْنِ الذَّكَرَ وَالْأُنثَىٰ ﴿٣٩﴾) أنَّ مشيئة الله سبحانه وتعالى تحدد أياً من الخلايا المنوية تخصب البويضة حتى يتحدد جنس المولود من حيث الذكورة أو الأنوثة. ويقول تعالى:

﴿ لِّلَّهِ مُلْكُ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ يَخْلُقُ مَا يَشَاءُ ۚ يَهَبُ لِمَن يَشَاءُ إِنَاثًا وَيَهَبُ لِمَن يَشَاءُ الذُّكُورَ ﴿٤٩﴾ ﴾

(الشورى 49).

- **مشكلات الجهاز التناسلي في الذكر والأنثى**

من المشكلات التي تواجه الرجل والمرأة هي الإصابة بالعقم، أي عدم القدرة على الإنجاب هذا. ومهما عرفت الأسباب وتعددت فإنَّ الأمر كله في نهاية الأمر بمشيئة الله:

﴿ أَوْ يُزَوِّجُهُمْ ذُكْرَانًا وَإِنَاثًا ۖ وَيَجْعَلُ مَن يَشَاءُ عَقِيمًا ۚ إِنَّهُ عَلِيمٌ قَدِيرٌ ﴿٥٠﴾ ﴾

الشورى (50).

- **أسباب العقم عند المرأة**

هنالك أسباب كثيرة تجعل المرأة غير قادرة على الإنجاب يمكن أن يكون منها:

1. انسداد أو تلف قناتي المبيض، وفي هذه الحالة فكر الأطباء في إحداث الإخصاب الخارجي في أنابيب اختبار وإعادة زرع البويضة المخصبة مباشرة في الرحم وهذا ما يعرف بطفل الأنبوب.
2. عدم قدرة المبيض على إنتاج بويضات ناضجة.
3. فشل إنتاج الهرمونات والانزيمات ذات العلاقة بتكوين البويضات.
4. تشوهات خلقية في الجهاز التاسلي.
5. أحيانا تتكون أجسام مضادة للمشيج في أحد الزوجين حيث تلتصق الأمشاج مع بعضها مما يؤدي إلى شل حركتها.
6. قد تكون إفرازات المهبل ذات حموضة عالية تقلل من نشاط الحيوان المنوي وحركته.
7. قد يكوّن جهاز المناعة في المرأة أجساماً مضادة للحيوان المنوي وتحاصر هذه المضادات الحيوان المنوي في عنق الرحم.
8. أمراض وراثية.

- **أسباب العقم عند الرجل**

1. عدم نزول الخصيتين في كيس الصفن.
2. انسداد الأوعية الناقلة للحيوانات المنوية أو تلفها.

3. تشوهات خلقية في الجهاز التناسلي.
4. فشل في إنتاج الهرمونات الجنسية والإنزيمات ذات العلاقة بتكوين الحيوانات المنوية.
5. أمراض وراثية.
6. الضعف الجنسي، وينتج عامة من مرض السكري وأمراض الأوعية الدموية وإصابات العمود الفقري أو قصور في نشاط الغدد والهرمونات.
7. حركة الحيوانات المنوية غير الطبيعية حيث تتحرك الحيوانات المنوية حركة دائرية وتسبح حول نفسها وبالتالي لا تستطيع التقدم إلى الأمام لتصل إلى البويضات لتخصبها.

- **الأمراض التي لها علاقة بالجهاز التناسلي**

تتعرض الأجهزة التناسلية للعديد من الأمراض والعدوى بالفيروسات والبكتيريا وعليه تتعين العناية بصحة هذا الجهاز. هناك العديد من الأمراض الجنسية المنقولة عن طريق الممارسات الجنسية وبخاصة غير المشروعة منها:

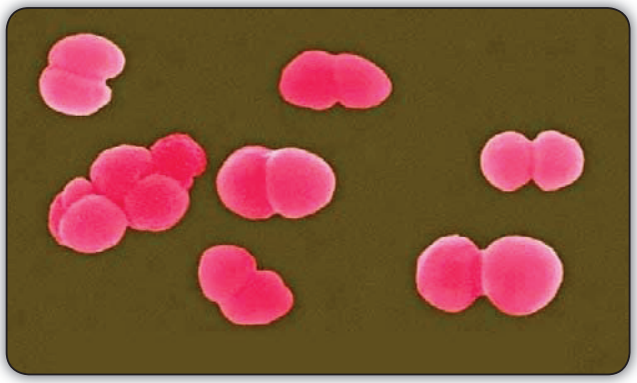
أ. السيلان Gonorrhoea

مرض تناسلي مُعْد تسببه بكتيريا كروية (الشكل 64) وتحدث عدواه عن طريق الاتصالاًت الجنسية وبخاصة غير المشروعة (خارج إطار الزوجية) ويصيب المجاري البولية والتناسلية. ومن أعراض المرض ما يأتي:

1. خروج مادة صديدية من مجرى البول عند الذكور أو من الفرج عند النساء.
2. عسر وحرقان عند التبول. 3. تورم في الأعضاء التناسلية.

ومن مضاعفاته أنَّه يصيب البربخ والخصيتين وغدة البروستاتا عند الذكور أمَّا في النساء فقد تصيب العدوى قمع قناة فالوب. هذا ويعتبر

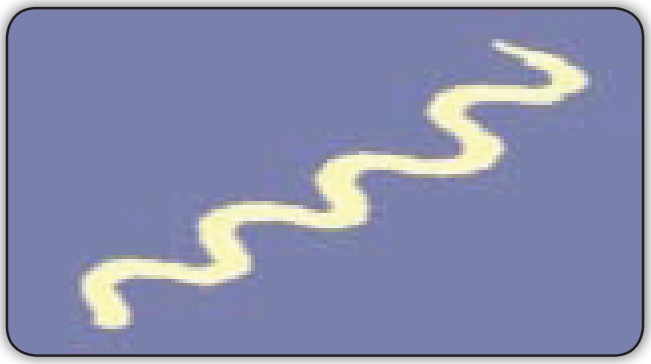
السيلان من أهم أسباب العقم.



الشكل (64): بكتيريا مرض السيلان

ب. الزهري Syphilis

مرض معد تسببه بكتيريا لولبية أو حلزونية الشكل (الشكل 65). ينتقل المرض من خلال الاتصال الجنسي المتكرر وبخاصة غير المشروع (خارج إطار الزوجية) مع شخص مصاب. ومن أعراضه، ظهور قرحة أو بثرة صلبة جافة غير مؤلمة على طرف العضو التناسلي في الذكر أو الأنثى. وفي المراحل المتأخرة من المرض يصاب المريض بالتهاب في الحلق وطفح جلدي عام وتظهر قرح على الشفاه أو في الأنف والأذن، وحول منطقة الشرج أو بين الثديين. ويسبب المرض في الإناث تكرار إسقاط الحمل وولادة أطفال مشوهين.

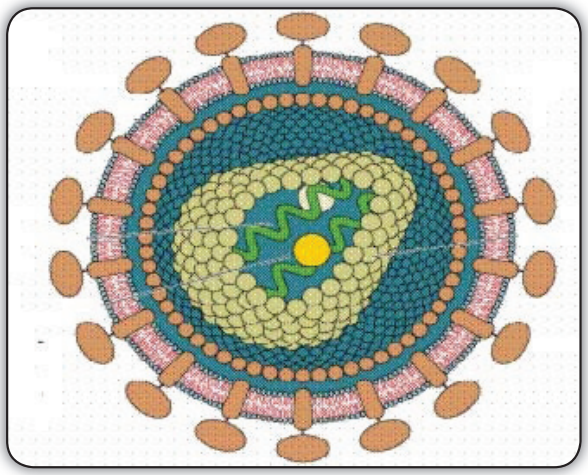


الشكل (65): بكتيريا مرض الزهري

ج. مرض نقص المناعة المكتسبة الايدز AIDS

مرض مميت يسببه فيروس (الشكل 66). يهاجم الفيروس بصفة خاصة كرويات الدم البيضاء التي تشكّل جهاز المناعة في الجسم ويتلفها بحيث يصبح المصاب

بالعدوى معرضاً للإصابة بمجموعة متنوعة من الأمراض المعدية والطفيلية والسرطانية. هذا ولا يوجد له علاج في الوقت الحاضر.



الشكل (66): فيروس مرض الايدز

ومن أعراضه:

1. تضخم العقد الليمفاوية في العنق والإبط؛
2. نقص الوزن بصورة لافتة للنظر.
3. حمى وعرق أثناء الليل.
4. إسهال دون سبب واضح.
5. صداع وسعال.
6. طفح جلدي.

في حالة المرض تظهر هذه الأعراض متلازمة في وقت واحد لمدة طويلة ولكن الذي يؤكد إصابة الفرد بالمرض هو، تحليل وفحص الدم نظراً

لتشابه هذه الأعراض مع أعراض أمراض أخرى.

- **طرق العدوى**

ينتقل الفيروس من مصاب إلى شخص سليم بعدة طرق نوردها فيما يلي:

1. الاتصال الجنسي الذي يكون فيه أحد الطرفين حاملاً للمرض.
2. نقل دم ملوث بالفيروس إلى شخص آخر.
3. استخدام محقن شخص مصاب لحقن شخص آخر.
4. من الأم المصابة إلى الجنين أو الطفل أثناء الحمل.

لا ينتقل المرض من خلال المصافحة أو المجاورة في قاعات الدراسة أو بوساطة الحشرات.

- **الوقاية من مرض الايدز**

1. تحرم الأديان السماوية الرذيلة والزنى ولذا يجب إتباع تعاليم الدين والسلوك السوي. يقول تعالى:

﴿ وَلَا تَقْرَبُوا الزِّنَىٰٓ إِنَّهُۥ كَانَ فَٰحِشَةً وَسَآءَ سَبِيلًا ﴿٣٢﴾ ﴾(الإسراء 32).

2. الفحص الطبي لدم المتبرعين قبل استخدامه.
3. عدم استخدام الحقن الطبية المعقمة أكثر من مرة.
4. تعقيم أدوات طبيب الأسنان قبل استخدامها.
5. عدم المشاركة في استعمال فرش الأسنان أو أمواس الحلاقة.

تدريب (17)

1. املأ الأماكن الخالية:

أ. ينتقل فيروس الإيدز عن طريق..... و ..... و.....

ب. يسبب مرض السيلان ..... كروية.

ج. يسبب مرض الزهري عند الإناث ..... و.....

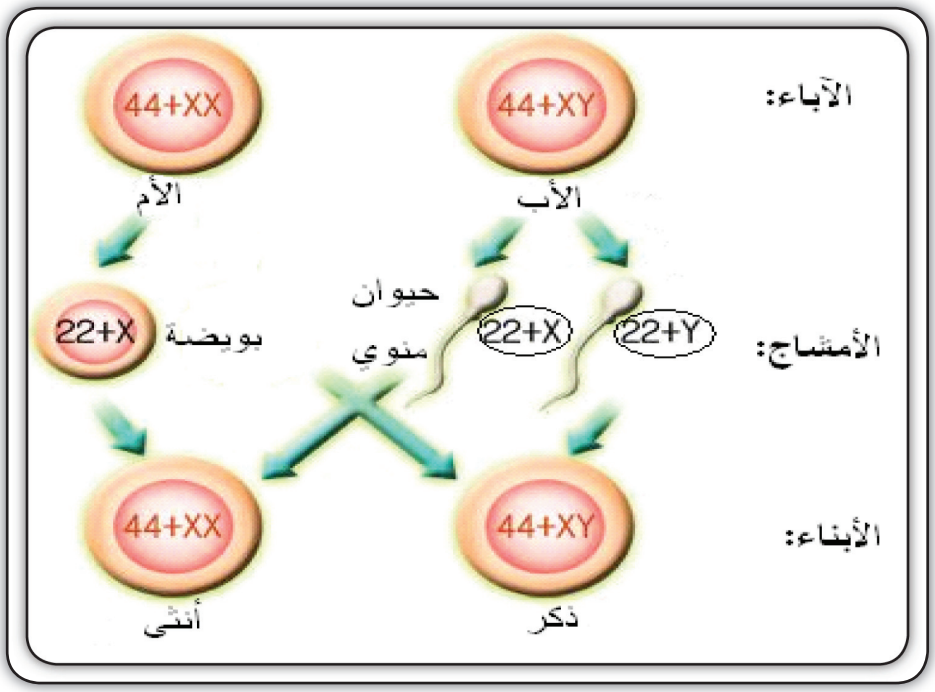
2. علل لما يأتي:
3. مرض الايدز مرض اجتماعي.
4. ينصح الأم المصابة بمرض الايدز تحاشي الحمل.
5. وضح أهمية ضرورة إتباع تعاليم الدين والبعد عن ممارسة الزنى.

أسئلة تقويم ذاتي

1. اذكر الوظائف العامة للجهازين التناسليين (الذكري والأنثوي) في الإنسان.
2. مستعيناً بالرسم المُسمَّى، وضِّح تركيب الجهاز التناسلي للرجل.
3. بيِّن تركيب ووظائف مكونات الجهاز التناسلي للمرأة، مُدعماً إجابتك بالرسم المُسمَّى.
4. بالرسم المُسمَّى فقط، بيِّن كيفية تكوين الحيوانات المنوية من الخلايا المولدة للمني في الرجل.
5. اشرح، مع الرسم المُسمَّى، تكوين البويضة من الخلايا الجرثومية الأمية الأولية في المرأة.
6. اشرح عملية تكوين الزيجوت في الإنسان.
7. باختصار، صف طريقة تكوين الجاسترولا في جنين الإنسان.
8. اكتب عن غشائيْ الجنين في الإنسان مع تبيان وظائفهما.
9. عدِّد وظائف المشيمة.
10. اُكتُب عن مراحل المخاض.
11. قارن بين التوائم الأخوية والتوائم المتطابقة.
12. من المسؤول عن نوع المولود، ذكراً كان أم أُنثى، أهو الزوج أم الزوجة؟ برهن على إجابتك.
13. عدِّد أسباب العقم عند المرأة وأسبابه عند الرجل.
14. قارن بين الأمراض التي تصيب الجهاز التناسلي في الإنسان من حيث الأعراض، المسببات، المضاعفات، طرق العدوى، وكيفية الوقاية منها.

الوحدة الثانية

الـوراثـة
Genetics



محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
أهداف الوحدة	131
1. تجارب وقوانين مندل	132
1.1 قانون مندل الأول	136
2.1 قانون مندل الثاني	144
3.1 التلقيح الاختباري	149
4.1 التلقيح الرجعي	150
2. دور الصبغيات في انتقال الصفات الوراثية	153
1.2 نظرية الصبغيات	154
2.2 أهم صفات الجينات	155
3. التحورات في النسب المندلية	157
1.3 التحور في النسبة المندلية 1:3	157
2.3 التحور في النسبة المندلية :3:3:91	164
4. الأليلات المتعددة	169
5. الجينات المتعددة	170
6. تحديد (تعيين) الجنس	171
1.6 تحديد الجنس اعتماداً على اختلاف عدد الصبغيات	172
2.6 تحديد الجنس اعتماداً على نوع الصبغيات	174
7. الوراثة المرتبطة بالجنس	178
1.7 الصفات المرتبطة بصبغي الجنس Y	179
2.7 الصفات المرتبطة بصبغي الجنس X	179
8. الصفات الوراثية المتأثرة بالجنس	183
9. الصفات الوراثية المقصورة على الجنس	184

10. الارتباط والعبور	186
1.10 الارتباط	186
2.10 العبور	188
11. الطفرات	189
1.11 الطفرات الصبغية	189
2.11 الطفرات الجينية	192
12. الاختلالات الوراثية عند الإنسان	194
1.12 الأمراض الوراثية المرتبطة بالعدد الصبغي	196
2.12 الأمراض الوراثية المرتبطة بالطفرات الجينية	198
13. الاستشارة الوراثية	199

أهداف الوحدة

عزيزي الطالب، بعد
فراغك من دراسة هذه الوحدة،
ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تشرح قانونيْ مندل: إنعزال الصفات الوراثية، والتوزيع الحر.
2. تصف طريقة التلقيح الاختباري وطريقة التلقيح الرجعي.
3. تُفسّر دور الصبغيات في انتقال الصفات الوراثية اعتماداً على نظرية الصبغيات.
4. توضّح الحالات التي تحيد في وراثتها عن النسب المندلية 1:3 و1:3:3:9.
5. تشرح مُصطلحيْ الأليلات المُتعدِّدة والجينات المُتعدِّدة وتذكُر أمثلة لهما.
6. تُبيّن كيفية تحديد الجنس.
7. تصف الصفات الوراثية المُرتبطة بالجنس وتُفرّق بين أنواعها.
8. تُقارن بين الصفات الوراثية المتأثّرة بالجنس وتلك المقصورة على الجنس.
9. تُفسّر عملية الارتباط وتشرح لماذا يحدُث العُبور.
10. تُعرّف الطفرة وتحدّد أسبابها وتُميّز بين أنواعها.
11. تشرح الاختلالات الوراثية وتُفرّق بين الأمراض الناتجة عن الاختلال في العدد الصبغي وبين تلك الناتجة عن الطفرات الجينية وتُبيّن أهمية الاستشارة الوراثية.
12. تحل المسائل الوراثية المتعلقة بالوحدة متى ما تعيّن عليك ذلك.

GENETICS

علم الوراثة هو أحد العلوم الحديثة نسبياً التي نمت بسرعة في فترة قصيرة مقارنة بفروع علم الأحياء الأخرى، واتسع مجاله فشمل الفيروسات والكائنات الحية الدقيقة بالإضافة إلى النباتات والحيوانات والانسان. واتجهت الأبحاث في علم الوراثة أخيراً إلى هندسة الجينات من أضافة أو حذف أو ترميم، وذلك باضافة جينات تتحكم في بعض الصفات المرغوبة أو التخلص من بعض الجينات المتحكمة في الصفات غير المرغوبة مثل القابلية للإصابة بالأمراض. كما تم تطبيق علم الوراثة ونتائج أبحاثه في تحسين وزيادة الإنتاج النباتي والحيواني.

تعود البداية الحقيقية لعلم الوراثة إلى جريجور جوهان مندل Gregor Johann Mendel (1822م– 1884م)، وهو راهب نمساوي كان يعمل مدرساً للفيزياء والأحياء في مدينة برن Brunn. وخلال السنوات1857م–1865م أجرى تجاربا عدة على نبات البسلة *Pisum sativum* في حديقة الدير الذي كان يعمل فيه. ركز مندل في تجاربه على دراسة صفات محددة، وتوصل إلى إكتشاف بعض المبادئ الأساسية التي تحكم توارث الصفات.

نشر مندل نتائج تجاربه وملاحظاته في عام 1866م، وخلص منها إلى وضع قانونيْ الوراثة المشهورين (قانون الإنعزال وقانون التوزيع الحر)، الا أن هذه الملاحظات والنتائج أهملت حتى عام 1900م، حيث أعاد اكتشافها العلماء دي فريز H.de Vries وكارل كورينز C.Corens وأريك فون شير ماكEric von Tschermak كل على حدة، وعندها بدأت دراسة علم الوراثة كأحد فروع علم الأحياء.

1. تجارب وقوانين مندل

- لماذا اختار مندل نبات البسلة؟ وهل كان اختياره موفقاً؟

لقد كان اختياره موفقا، وذلك لأن نبات البسلة يتصف بخصائص تلائم هذه التجارب، منها:

1. قصر دورة حياته مما يؤدي إلى إمكانية زراعة 3 إلى 4 أجيال في السنة.

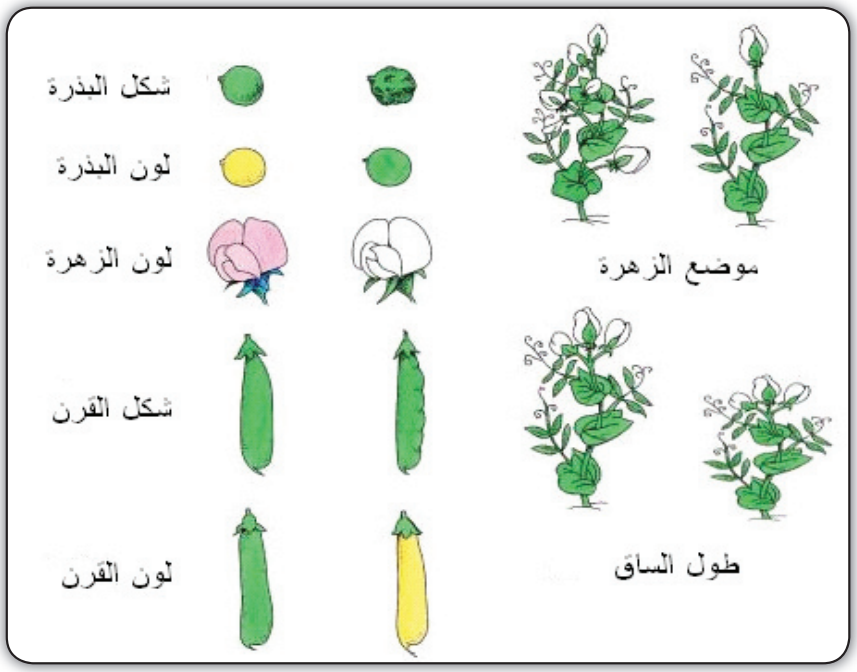
2. سهولة متابعة نموه.
3. وجود عدد من الصفات الوراثية المتضادة الواضحة (الأزهار مثلاً إما حمراء أو بيضاء).
4. إمكانية الحصول على سلالات نقية، لأنه نبات ذاتي التلقيح.
5. أزهاره خنثي - إذ توجد أعضاء التذكير والتأنيث في زهرة واحدة – لذا يمكن تلقيحه ذاتياً أو خلطياً بسهولة.

درس مندل الصفات المتضادة السبعة التالية (الشكل 1):

١. موضع الزهرة	إبطي أو طرفي (قمي)
٢. لون الزهرة	أحمر أو أبيض
٣. لون القرن (الثمرة)	أخضر أو أصفر
٤. شكل البذرة	أملس أو مجعد
٥. شكل القرن	أملس أو محزز به اختناق (تخصر) بين البذور
٦. لون البذرة	أصفر أو أخضر
٧. طول الساق	طويل أو قصير

ولقد كان مندل محظوظاً لأنَّ كل صفة من الصفات السبعة التي درسها يتحكم فيها جين واحد محمول على صبغي (كروموسوم) مختلف بالرغم من أن للبسلة سبعة أزواج من الصبغيات فقط.

أجرى مندل تلقيحاً ذاتياً لنبات البسلة لعدة سنوات، لكي يتأكد من نقاء السلالات للصفات التي سيقوم بدراستها. ومن بين أسباب نجاح مندل في دراسته أنه كان يركز في كل تجربة على صفة واحدة.



الشكل (1): الصفات السبعة التي درسها مندل في نبات البسلة

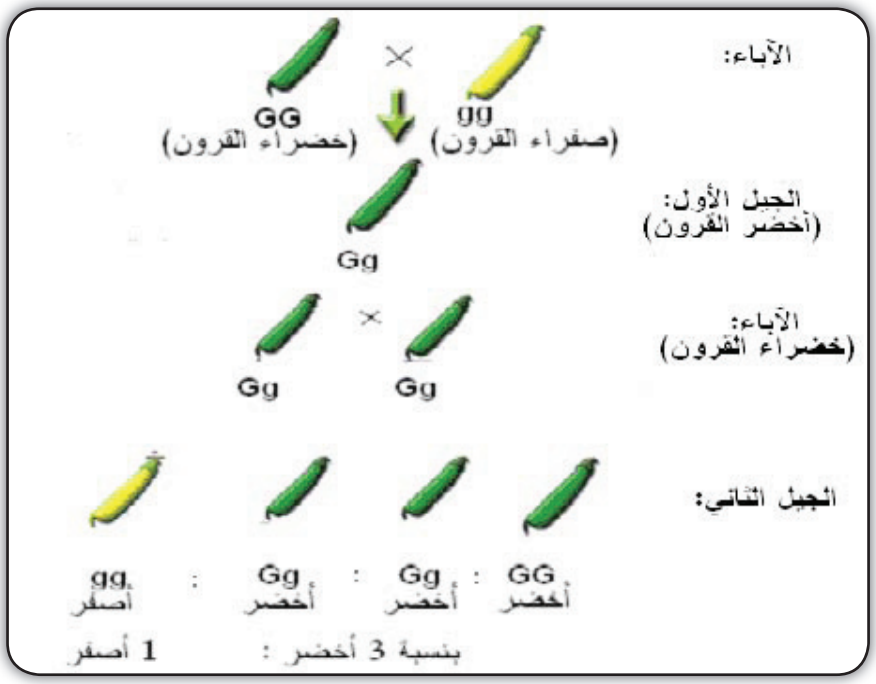
قام مندل بإجراء الآف من عمليات التلقيح الخلطي مستخدماً سلالات نقية، وتتبع نتائج التلقيح على مدى ثلاثة أجيال أو اكثر، وكان يسجل ملاحظاته ويحتفظ بنتائج دراسة كل صفة متضادة على حدة.

ويوضح المثال التالي الطريقة التي اتبعها مندل في دراساته:

1. نقل مندل حبوب لقاح من متك زهرة نبات بسلة قرونه خضراء إلى ميسم زهرة نبات قرونه صفراء، وأطلق على هذين النباتين اسم الآباء (P). كما قام بعكس عملية التلقيح بأن نقل حبوب لقاح من متك نبات بسلة قرونه صفراء إلى ميسم نبات بسلة قرونه خضراء، لماذا؟ ولتأكيد عملية التلقيح الخلطي بين النباتين قطع متوك الزهور المنقولة إليها حبوب اللقاح قبل تفتحها. ثم انتظر حتى تكونت البذور وقام بجمعها.
2. زرع مندل البذور التي أنتجها الآباء الذين نقلت إليهم حبوب اللقاح، فأعطت نباتات جميعها ذات قرون خضراء (الجيل الأول F_1) (الشكل 2). لاحظ أن صفة لون القرون الصفراء لم تظهر في

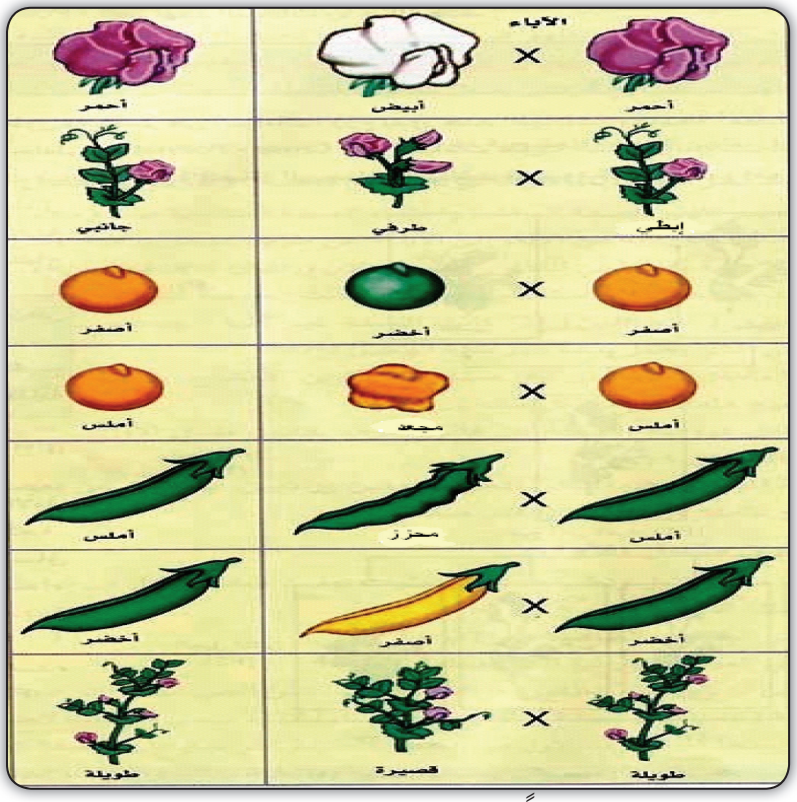
نباتات الجيل الأول ، فماذا حدث لهذه الصفة؟

3. لمعرفة ما حدث لصفة لون القرون الصفراء، وعما إذا كانت قد اختفت نهائياً، قام مندلٍ بزراعة بذور نباتات الجيل الأول (F_1) وتركها تلقح نفسها ذاتياً، وتحصل على بذورها وزرعها ليحصل على نباتات الجيل الثاني (F_2)، فوجد أن بعضها ذات قرونٍ خضراء والبعض الآخر ذات قرون صفراء بنسبة تعادل 3 : 1 تقريباً (الشكل 2).



الشكل (2): نتائج تجربة مندل على وراثة صفة لون القرون في نبات البسلة، رمز لجين اللون الأخضر بالرمز G ولجين اللون الأصفر بالرمز g

طبق مندل الخطوات المذكورة أعلاه في دراسة الصفات المتضادة الست الأخرى وتحصل على النتائج نفسها، أي أن أفراد الجيل الأول تحمل إحدى الصفتين المتضادتين، بينما تظهر الصفتان في الجيل الثاني وبنسبة تقارب 3 :1 (الشكل 3) وبالتالي توصل إلى قانون الإنعزال.



(1) يشير لون البذرة أصلاً إلى لون الفلقات فيها

الشكل (3): نتائج تجارب مندل كما ظهرت في جيلين من زراعة نبات البسلة

1.1 قانون مندل الأول (قانون الانعزال) segregation of Law

لكل الصفات السبع التي درسها مندل كانت تظهر في الجيل الأول صفة واحدة من الصفتين المتضادتين. وأطلق مندل على الصفة التي تظهر في الجيل الأول اسم الصفة السائدة Dominant Character وعلى الصفة التي لا تظهر في الجيل الأول وتظهر في الجيل الثاني اسم الصفة المتنحية Recessive Character.

ولكي يفسر مندل نتائج تجاربه افترض أن كل صفة وراثية يتحكم فيها عاملان، عامل من كل أب (العوامل الوراثية عند مندل تعرف الآن بالجينات). فعند تهجين نبات بسلة طويل الساق مع آخر قصير الساق، يأخذ كل فرد من أفراد الجيل الأول عاملاً (جيناً) واحداً لإحدى الصفتين المتضادتين من كلا الأبوين. غير أن صفة الساق الطويل (الصفة السائدة)

هي التي تظهر، وهذا ما يسمى بالسيادة التامة، بينما لا تظهر صفة الساق القصير (الصفة المتنحية) في الجيل الأول على الرغم من وجود الجين الذي يتحكم فيها في أفراد الجيل الأول طويلة الساق، لكن هذا العامل المتنحي (قصر الساق) يُعبر عن نفسه في الجيل الثاني، عندما يجتمع عاملا الساق القصير في الفرد نفسه، وذلك بنسبة 1 قصير إلى 3 طويل.

كان لمعرفة مندل بالرياضيات وقوانين الاحتمالات تأثيراً واضحاً في تفسير النتائج التي حصل عليها. لكي يفسر مندل نتائج تجاربه رمز لكل جين سائد بحرف كبير Capital letter، بينما رمز للجين المتنحي بحرف صغير Low–case letter، فمثلاً عندما درس توريث لون الأزهار في البسلة وجد أن جين لون الأزهار الحمراء يسود على جين لون الأزهار البيضاء، فرمز لجين اللون الأحمر بالرمز R وجين اللون الأبيض بالرمز r.

وفيما يلي وصفاً مختصراً للتجارب التي أجراها مندل لدراسة كل من الصفات المتضادة السبع متخذين من لون الزهرة مثالاً:

بعد حصول مندل على سلالات نقية لصفة لون الأزهار قام بزراعة بذور النباتات حمراء الأزهار والنباتات بيضاء الأزهار (الآباء) تحت نفس الظروف البيئية (نوع التربة، وكمية الماء، ودرجة الحرارة). وبعد ذلك قام بما يلي:

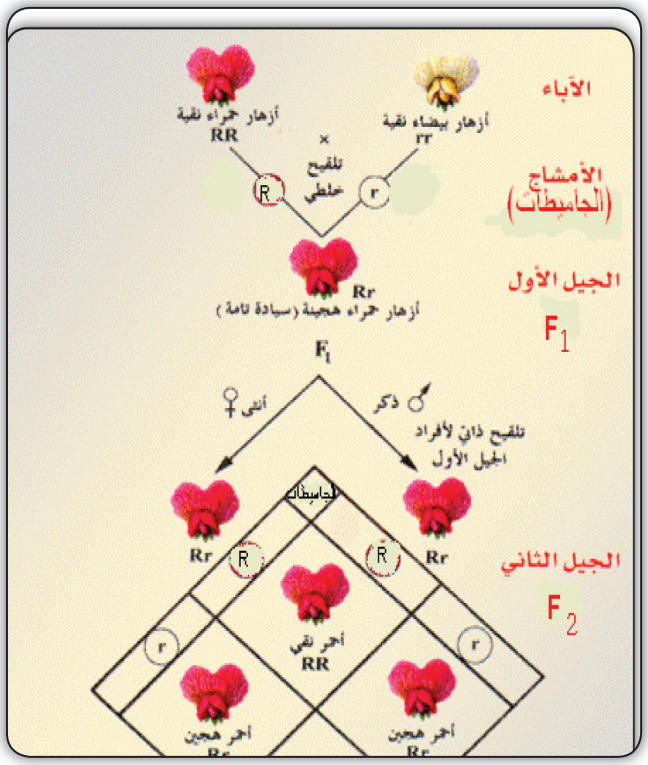
1. قطع متوك أزهار نباتات البسلة ذات الأزهار البيضاء وذلك ليمنع النبات من أن يلقح نفسه تلقيحاً ذاتياً، ثم أحاط هذه الأزهار بأكياس صغيرة ليمنع التلقيح الخلطي، وأطلق على هذه النباتات اسم النباتات الأم (P_1).
2. أحاط أزهار نباتات البسلة الحمراء اللون بأكياس قبل أن تتفتح، وذلك لضمان عدم احتوائها على حبوب لقاح غير التي ستنتجها فيما بعد، وأطلق على هذه النباتات اسم النباتات الأب (P_2).
3. نقل حبوب اللقاح من الأزهار حمراء اللون إلى مياسم الأزهار بيضاء اللون وغطى هذه الأخيرة مباشرة، ثم انتظر حتى تم الإخصاب وبدأ تكوين البذور فأزال الغطاء.
4. زرع البذور التي تحصل عليها، فأعطت نباتات كلها ذات أزهار حمراء وسماها نباتات الجيل الأول (F_1).
5. ترك نباتات الجيل الأول (حمراء الأزهار) تلقح نفسها ذاتياً، وتحصل

على بذورها وقام بزراعتها فأعطت نباتات الجيل الثاني (F_2) وكانت النتيجة نباتات حمراء الأزهار ونباتات بيضاء الأزهار بنسبة 3 : 1 على التوالي (الشكل 4).

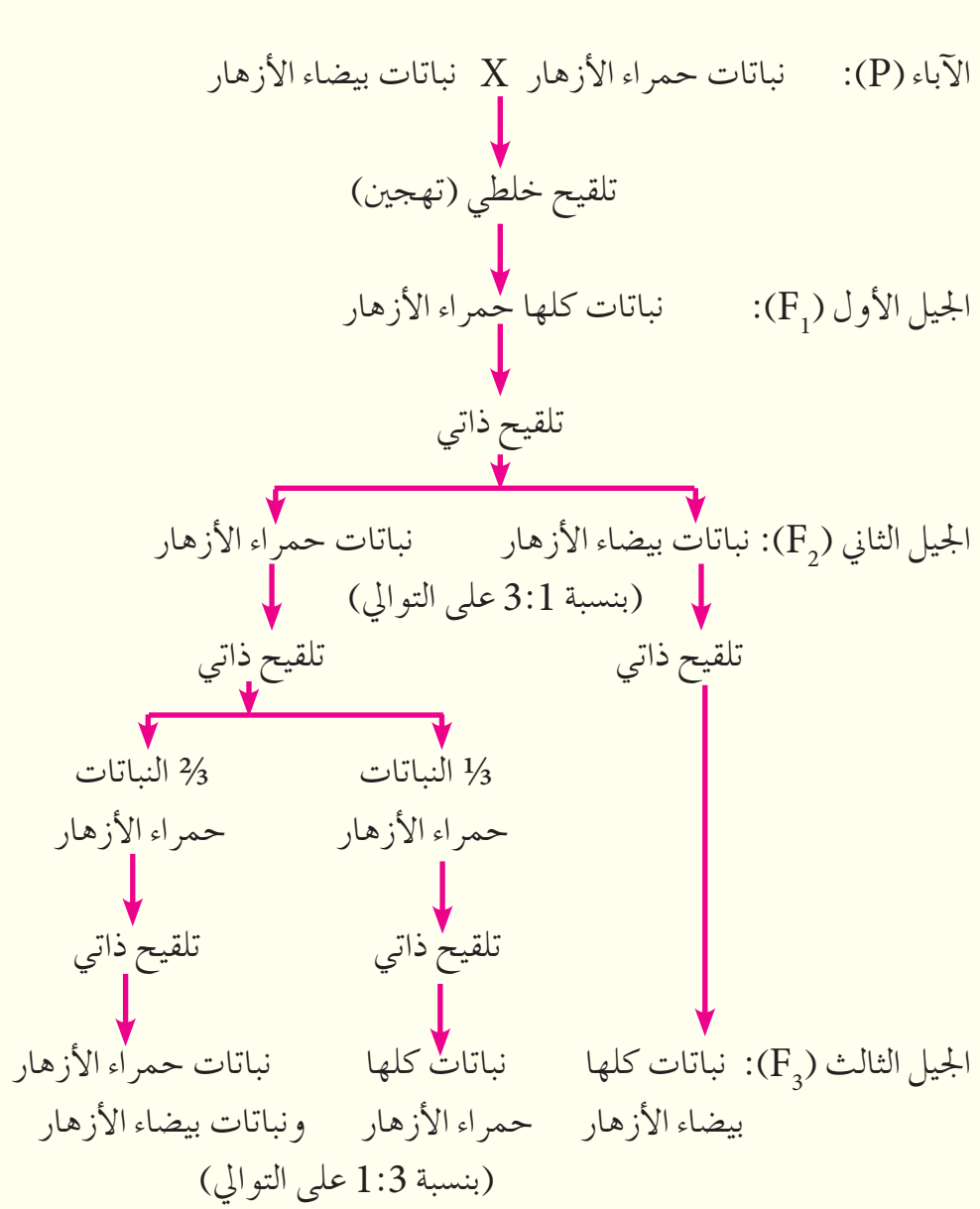
6. ترك نباتات الجيل الثاني بيضاء الأزهار تلقح نفسها ذاتياً لتعطي نباتات الجيل الثالث (F_3) فكانت النتيجة نباتات جميعها بيضاء الأزهار.
7. ترك نباتات الجيل الثاني حمراء الأزهار تلقح نفسها ذاتياً لتعطي نباتات الجيل الثالث (F_3) فكانت النتائج كالتالي:

أ /ثلث نباتات الجيل الثاني تقريباً أعطت نباتات ذات أزهار حمراء فقط.

ب/ ثلثا نباتات الجيل الثاني تقريباً أعطت نباتات حمراء الأزهار ونباتات بيضاء الأزهار (الشكل 5).



الشكل (4): وراثة لون الأزهار في نبات البسلة



الشكل (5): مخطط لوراثة لون الأزهار في نبات البسلة

- تفسير نتائج تجارب مندل التي أدت إلى توصله لقانونه الأول

لتفسير نتائج تجارب مندل لا بد لك عزيزي الطالب/الطالبة من معرفة المصطلحات التالية:

1. الصفات المتضادة (المتبادلة)

الصفتان المتضادتان هما اللتان لا تظهران في وقت واحد في الطراز المظهري للفرد مثل الطول والقصر، ولون الأزهار الحمراء والأزهار البيضاء في نبات البسلة.

2. الطراز المظهري

هو الصفات الخارجية للكائن الحي.

3. الطراز الوراثي أو الجيني

هو المكونات الوراثية للكائن الحي التي تحملها صبغياته.

4. العاملان المتضادان: هما جينان يشغلان نفس الموضع (الموقع) على صبغيين متشابهين ويؤثران على صفة وراثية واحدة بطريقتين مختلفتين، مثل جين الساق الطويل (T) وجين الساق القصير (t) في البسلة .

5. السيادة Dominance: هي الظاهرة التي يكون فيها لأحد الجينين المتضادين القدرة على التعبير عن نفسه دون الجين المتضاد الآخر، ويسمى الجين السائد والصفة التي يظهرها تسمى الصفة السائدة.

6. التنحي Recessiveness: هي الظاهرة التي يكون فيها أحد الجينين المتضادين غير قادر على التعبير عن نفسه في وجود الجين المتضاد الآخر، ويسمي الجين المتنحي ويعبر عن نفسه عند وجوده مع جين متنحي مشابه آخر، وتسمى الصفة التي يتحكم فيها الصفة المتنحية.

7. الفرد النقي أو متماثل اللواقح: هو فرد يحمل جينين متماثلين لصفة ما وينتج نوعاً واحداً من الأمشاج (الأمشاج) مثل الفرد TT الطويل أو الفرد tt القصير، فالأول كل أمشاجه تركيبها الوراثي T والثاني ينتج أمشاجاً تركيبها الوراثي t.

8. الفرد الخليط أو متباين اللواقح أو غير النقي: هو فرد يحمل جينين مختلفين لصفة ما وينتج نوعين من الأمشاج، مثلاً الفرد الخليط Tt ينتج أمشاجاً بعضها يحمل الجين T والبعض الآخر يحمل الجين t

بنسبة 1:1.

يرمز للفرد النقي متماثل اللواقح بحرفين متشابهين لبيان طرازه الوراثي، فمثلاً نبات البسلة ذو الأزهار الحمراء النقي يرمز له بالحروف RR وذو الأزهار البيضاء يرمز له بالحروف rr. أما الفرد متباين اللواقح الذي يحتوي على جين لون الأزهار الحمراء وجين لون الأزهار البيضاء فيرمز له بالحروف Rr وذلك لأن جين لون الأزهار الحمراء (السائد) يحجب جين لون الأزهار البيضاء (المتنحي).

توصل مندل لقانونه الأول والذي يسمى بقانون الانعزال والذي ينص على «**تمثل كل صفة وراثية بعاملين (جينين) ينفصلان عن بعضهما تمام الانفصال عند تكوين الأمشاج ولكنهما يجتمعان مرة أخرى عند تكوين الزايجوت**».

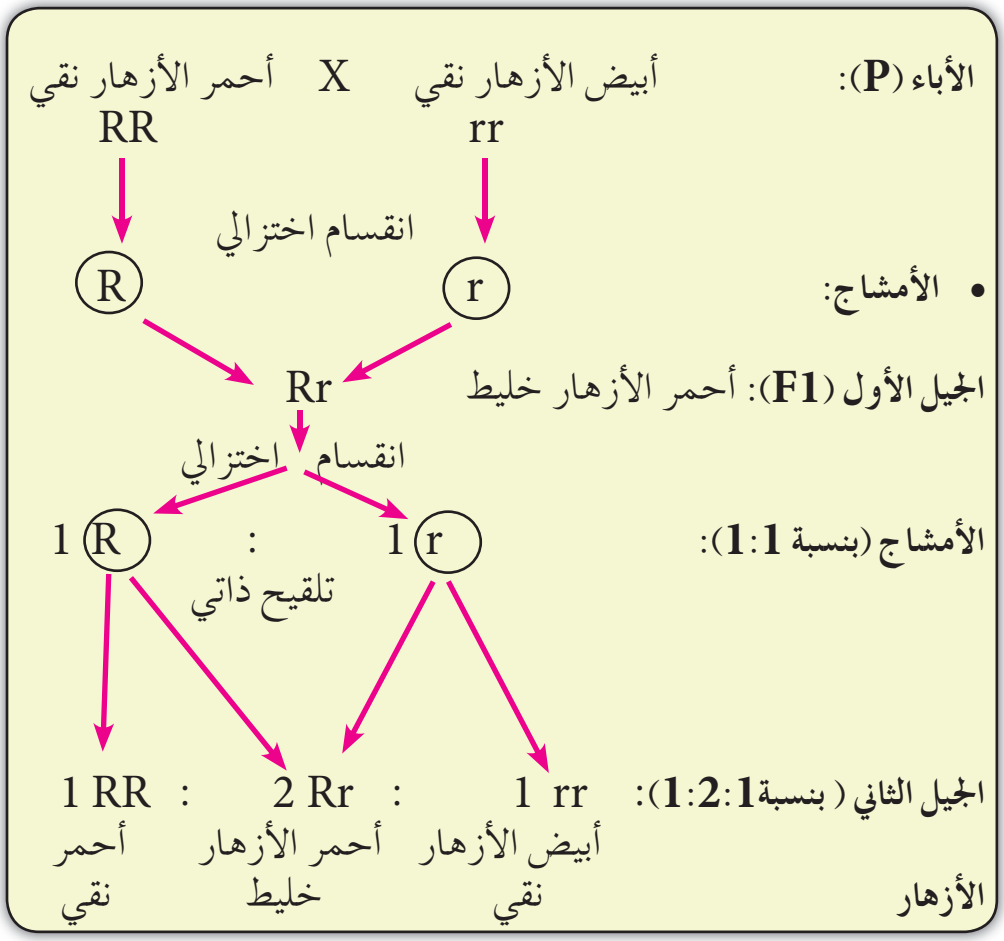
«**إذا اختلف فردان نقيان في زوج من صفاتهما المتضادة ، فانهما ينتجان بتزاوجهما جيلاً أولاً به صفة أحد الفردين فقط، وهي الصفة السائدة، وتختفي الصفة الأخرى التي تسمى الصفة المتنحية، وتظهر الصفتان معاً في الجيل الثاني بنسبة 3 سائد :1منتحي**»

مثال:

ما الطراز المظهري والطراز الوراثي لكل من الجيل الأول والجيل الثاني الناتجين من تهجين نباتَيْ بسلة أحدهما أحمر الأزهار نقي والثاني أبيض الأزهار؟

الحل:

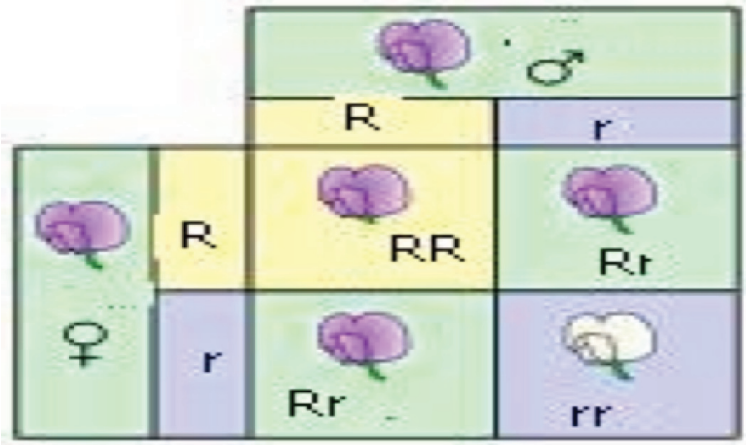
نرمز لجين الأزهار الحمراء بالحرف R (جين سائد) وبالتالي الفرد النقي يكون RR ونرمز لجين الأزهار البيضاء بالحرف r (جين متنحى) وبالتالي الفرد النقي يكون rr (الشكل 6).



الشكل (6): مخطط لوراثة لون الأزهار في نبات البسلة

- لاحظ أن نباتات الجيل الأول كلها حمراء الأزهار (خليط) وطرازها الوراثي Rr و أنَّ الطراز المظهري لنباتات الجيل الثاني هو 3 نباتات حمراء الأزهار: 1 نباتات بيضاء الأزهار.

ولتسهيل فهم المثال السابق يمكنك استخدام مربع بنيت Punnett square أو الجدول الشطرنجي نسبة إلى عالم الوراثة بنيت الذي كان أول من اقترح استعمال هذا المربع لتوضيح ظهور الطرز الوراثية (الجينية) والطرز المظهرية (الشكل 7).



الشكل (7): مربع بنيت لتفسير الطرز الوراثية والمظهرية

من التجارب التي أجراها مندل استنتج أن عوامل (جينات) لون الأزهار الحمراء والبيضاء في نبات البسلة عندما تجتمع في افراد الجيل الأول لا تمتزج مع بعضها البعض بل يظل كلاً منها محتفظاً باستقلاليته، لكن جين لون الأزهار البيضاء (المتنحي) لا يعبر عن نفسه في وجود جين لون الأزهار الحمراء (السائد) وهذا ما نص عليه قانون إنعزال الصفات الوراثية لمندل (القانون الأول).

نشاط :

تطبيق أسس الاحتمالات لاستنتاج احتمالات الطرز الوراثية والطرز المظهرية لزوج من الصفات المتضادة .

المواد والأدوات اللازمة :

قطعتا نقود ، ورق لاصق ، قلم ، علبة صغيرة .

الخطوات :

1. أنقل على ورقة الجدول أدناه الذي يوضح نتائج رمي قطعتي النقود .
2. أقطع أربع قطع من الورق اللاصق ، وغط بها وجهي قطعتي النقود ، واكتب على الوجه الأول لكل قطعة الحرف T وعلى الوجه الثاني الحرف t .

3. ضع قطعتي النقود في يدك ثم أرمهما داخل العلبة الصغيرة لمنعهما من السقوط بعيداً ، ولاحظ الحرف الذي يظهر على الوجه العلوي لكليتهما .
4. سجل ملحوظاتك عن كل رمية تقوم بها على الجدول ، على أن يعبر حرفا القطعتين في كل مرة عن الطراز الوراثي لفرد جديد .

عدد الرميات	TT	Tt	tt
١٠ رميات			
٥٠ رمية			
٨٠ رمية			

مناقشة :

1. ما احتمالات الطرز الوراثية والمظهرية التي حصلت عليها من التجربة بعد 10 رميات، 50 رمية ، 80 رمية ؟
2. باستخدام مربع بانيت ، أوجد الاحتمالات المتوقعة للطرز الوراثية والطرز المظهرية للأفراد الناتجة عن تزاوج نباتي بسلة كل منهما طويل الساق غير نقي (Tt) ، ثم قارن هذه الاحتمالات بالنتائج التي حصلت عليها بعد إجراء النشاط .
3. مع أي من النتائج في النشاط تتفق الاحتمالات المتوقعة أكثر؟ ولماذا ؟

2.1 قانون مندل الثاني (قانون التوزيع الحر) Lawof independent assortment

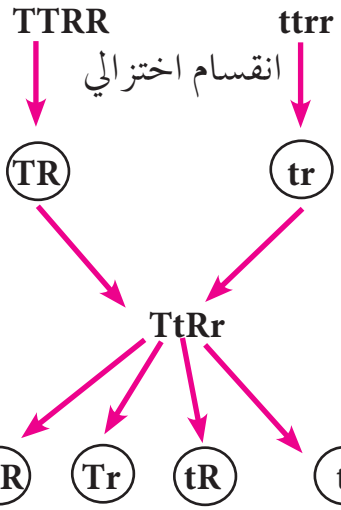
كيف يكون السلوك الوراثي لأكثر من زوج واحد من الجينات؟ هل يتم توريث كل زوج من الجينات كما لو كان منفرداً، أم يتأثر توريثه بوجود الزوج الآخر؟

في القانون الأول درس مندل توريث صفة واحدة (زوج واحد من الجينات) مثل لون الأزهار أو طول الساق، لكن لنبات البسلة صفات

عديدة أخرى يمكن أن تورث في نفس الوقت الذي تورث فيه الصفة الواحدة.

تابع مندل تجاربه ودرس وراثة زوجين من الصفات Dihybrid وأجرى تلقيحاً خلطياً (تهجيناً) بين نباتين من البسلة أحدهما طويل الساق أزهاره حمراء نقي (TTRR) (صفتان سائدتان) والنبات الآخر قصير الساق أزهاره بيضاء نقي (ttrr) (صفتان متنحيتان). جمع مندل البذور الناتجة وزرعها فأعطت نباتات الجيل الأول، ثم أخذ البذور التي أنتجتها نباتات الجيل الأول وزرعها فأعطت نباتات الجيل الثاني. انظر إلى الشكل (8) لتعرف صفات نباتات الجيل الأول ونباتات الجيل الثاني وطرزهما الوراثية والمظهرية المحتملة.

الآباء: قصير الساق أبيض الأزهار X طويل الساق أحمر الأزهار



الأمشاج (نوع واحد لكل أب):

الجيل الأول:

الأمشاج بنسبة (1: 1 : 1 :1):

أمشاج الأم	أمشاج الأب			
	TR	Tr	tR	tr
TR	TTRR	TTRr	TtRR	TtRr
Tr	TTRr	TTrr	TtRr	Ttrr
tR	TtRR	TtRr	ttRR	ttRr
tr	TtRr	Ttrr	ttRr	ttrr

الشكل (8): مخطط لوراثة طول الساق ولون الأزهار في نبات البسلة

انظر إلى الشكل (8) وأجب عن الأسئلة التالية:

1. ما نسبة النباتات طويلة الساق: النباتات قصيرة الساق؟
2. ما نسبة النباتات حمراء الأزهار: النباتات بيضاء الأزهار؟

ماذا تستنتج من هذه النسب؟

يتضح من الطرز الوراثية للجيل الثاني (الشكل 8) أن:

1. عدد النباتات طويلة الساق: عدد النباتات قصيرة الساق هو 12 : 4 أي بنسبة 3:1.
2. عدد النباتات حمراء الأزهار: عدد النباتات بيضاء الأزهار هو 12 : 4 أي بنسبة 3:1. وبالتالي تستنتج أن كل زوج من الصفات الوراثية يورث مستقلا عن أزواج الصفات الوراثية الأخرى. كما يتضح أيضا أن:

1. عدد النباتات طويلة الساق (نقية) حمراء الأزهار (نقية) (TTRR) = 1
2. عدد النباتات طويلة الساق (نقية) حمراء الأزهار (خليطة) (TTRr) = 2
3. عدد النباتات طويلة الساق (خليطة) حمراء الأزهار (نقية) (RRtT)= 2
4. عدد النباتات طويلة الساق (خليطة) حمراء الأزهار (خليطة) (rRtT)= 4

9 طويلة الساق حمراء الأزهار

5. عدد النباتات طويلة الساق (نقية) بيضاء الأزهار (نقية) (rrTT)= 1
6. عدد النباتات طويلة الساق (خليطة) بيضاء الأزهار (نقية) (rrtT)= 2

3 طويلة الساق بيضاء الأزهار

7. عدد النباتات قصيرة الساق (نقية) حمراء الأزهار (نقية) (RRtt) = 1
8. عدد النباتات قصيرة الساق (نقية) حمراء الأزهار (خليطة) (rRtt) = 2

3 قصيرة الساق حمراء الأزهار

9. عدد النباتات قصيرة الساق (نقية) بيضاء الأزهار (نقية) (rrtt)=1

1 قصيرة الساق بيضاء الأزهار

مما سبق يتضح أن:

1. عدد النباتات طويلة الساق حمراء الأزهار (سائد مزدوج) = 9

2. عدد النباتات طويلة الساق بيضاء الأزهار (سائد أول ،متنحي ثاني)=3

3. عدد النباتات قصيرة الساق حمراء الأزهار (متنحي أول، سائد ثاني)=3

4. عدد النباتات قصيرة الساق بيضاء الأزهار (متنحي مزدوج) =1

أي بنسبة 1:3:3:9

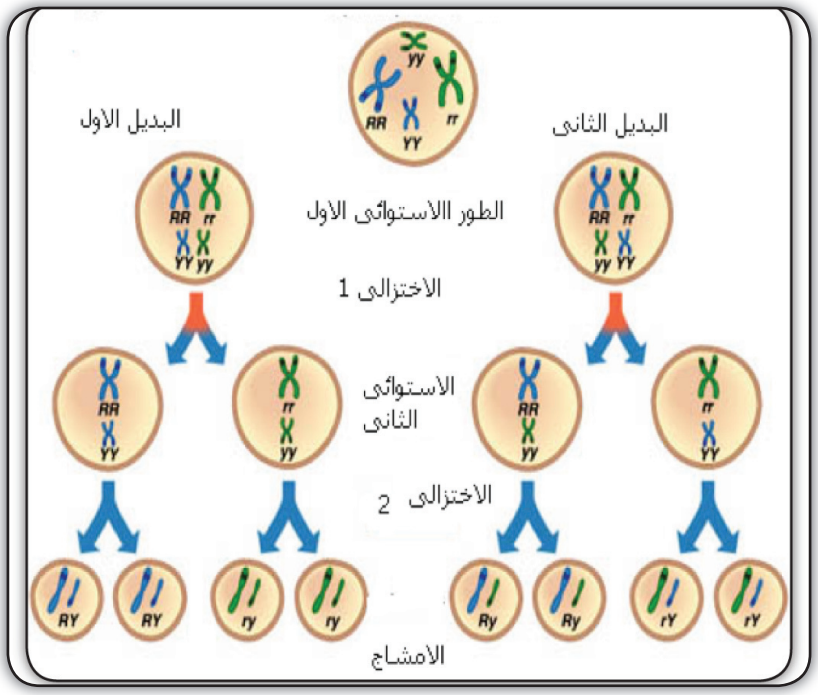
وإذا أخذنا مربع نسبة الطراز المظهري لأي زوجين من الصفات المتضادة $(1:3)^2$ نحصل على (1:3) (1:3) = 1:3:3:9، وهي نفس النسبة السابقة، وعليه يمكن معرفة الطرز المظهرية باستخدام القانون $(1:3)^n$ حيث ن هي عدد أزواج الصفات الوراثية المتضادة.

ومن التجربة السابقة توصل مندل إلى القانون الثاني والذي يسمى قانون التوزيع الحر أو المستقل للعوامل الوراثية (الجينات) أي أن :

« كل زوج من الصفات الوراثية المتضادة يكون مستقلاً في توارثه تمام الاستقلال عما عداه من أزواج الصفات الوراثية المتضادة الأخرى» ونص هذا القانون كما ذكره مندل هو « إذا اختلف فردان نقيان في زوجين من الصفات المتضادة فعند تزاوجهما تورث صفتا كل زوج مستقلتين عن صفتي الزوج الآخر».

يوضح الشكل (9) أن الجينات التي تتحكم في الصفات الوراثية محمولة على الصبغيات، وأثناء الانقسام الاختزالي تسلك هذه الجينات سلوكاً يشابه سلوك الصبغيات، إذ تنفصل الجينات وتتوزع توزيعاً حراً ومستقلاً عن بعضها البعض، الا أن هذا ليس صحيحاً دائماً كما سترى لاحقاً في الجينات المرتبطة ببعضها البعض.

كيف تفسر قانون التوزيع الحر على ضوء الانقسام الاختزالي؟



الشكل (9): التفسير الحديث لقانون التوزيع الحر على ضوء الانقسام الاختزالي

ملاحظة:

درس مندل 7 أزواج من الصفات الوراثية المتضادة في نبات البسلة وكانت كل من الجينات التي تتحكم في هذه الصفات محمول على صبغي مختلف أي أن هذه الجينات لم يكن بينها ارتباط Linkage على الإطلاق وتسمى الجينات المستقلة. وعليه لا ينطبق القانون الثاني لمندل إلا إذا كانت أزواج الجينات التي تتحكم في الصفات المتضادة محمولة على صبغيات مختلفة وليست محمولة على نفس الصبغى وإلا حدث بينها ارتباط كما سيأتي توضيح ذلك عند دراستك للصفات الوراثية المرتبطة Linked characters.

3.1 التلقيح الاختباري Test Cross

- ما التلقيح الاختباري؟

لقد علمت عزيزي الطالب،فيما سبق، أن الصفات الوراثية السائدة قد تكون متماثلة الجينات (نقية) أو قد تكون غير متماثلة الجينات (خليطة، هجينة). فكيف يمكننا معرفة ذلك؟

إن الوسيلة الملائمة لمعرفة ذلك هي إجراء ما يسمى بالتلقيح (التهجين) الاختباري وهو تلقيح فرد يحمل صفة سائدة مجهولة الطراز الوراثي (الجيني) مع فرد آخر يحمل الصفة المتنحية (النقية) أي معروف الطراز الوراثي (الجيني).

فإذا ظهرت الصفة المتنحية في أحد أفراد الجيل الأول فإن الأب يكون غير متماثل الجينات (خليط، غير نقي)، أما إذا لم تظهر الصفة المتنحية في أحد الأفراد فهذا يعني أن الأب متماثل الجينات (نقي) وذلك كالتالي:

1. إذا كانت 50% من الأفراد الناتجة تحمل الصفة السائدة و 50% تحمل الصفة المتنحية فإن الأب المختبر غير نقي (هجين) أي متباين اللواقح (الجينات).
2. إذا كانت 100 % من الأفراد الناتجة (أي كلها) تحمل الصفة السائدة، فإنَّ الأب المختبر نقي أي متماثل (الجينات).

- **ومن أمثلة التلقيح الاختباري التالي:**

لديك نبات بسلة طويل الساق كيف تحدد عما إذا كان نقياً أم خليطاً لصفة طول الساق؟

الحل:

1. يلقح نبات البسلة المجهول الطراز الوراثي مع نبات بسلة قصير الساق وتجمع البذور وتزرع ويلاحظ طول ساق النباتات الناتجة، وهنالك احتمالان هما:
2. الاحتمال الأول: إذا كان النبات مجهول الطراز الوراثي طويل الساق نقي (TT) فإن ناتج التهجين كله يكون طويل الساق خليط (Tt) كالتالي:

الآباء: طويل الساق X قصير الساق

TT tt

انقسام اختزالي

الأمشاج: T t

الجيل الأول (F_1): Tt

طويل الساق

أي أن كل النباتات طويلة الساق خليطة بنسبة 100%

3. الاحتمال الثاني: إذا كان النبات مجهول التركيب الوراثي طويل الساق خليط (Tt) فان ناتج التهجين يكون 50% نباتات طويلة الساق خليطة (Tt) و50% نباتات قصيرة الساق نقية (tt) كالتالي:

الآباء: طويل الساق X قصير الساق

Tt tt

انقسام اختزالي

الأمشاج: 1 T : 1 t t

الجيل الأول (F_1): Tt : tt

50% طويل الساق خليط : 50% قصير الساق نقي

يفيد التلقيح الاختباري في التمييز بين الأفراد ذات الصفات الوراثية السائدة المتماثلة الجينات والأفراد ذات الصفات الوراثية السائدة غير المتماثلة الجينات.

4.1 التلقيح الرجعي Back Cross

هو تلقيح فرد هجين مع أحد آبائه، أي إجراء عملية التلقيح بين فرد من الجيل الأول مع أحد الأبوين، و بالتالي فالتلقيح الاختباري هو تلقيح

رجعي ولكن ليس كل تلقيح رجعي هو تلقيح اختباري ... لماذا؟

ومن فوائد التلقيح الرجعي في تربية النبات نقل صفة مرغوبة، مثل المقاومة لمرض ما، إلي صنف مزروع تنقصه هذه الصفة.

تدريب (1)

1. في الفئران لون الشعر الأسود (B) سائدٍ على لونٍ الشعر الأبيض (b) كيف تحدد عما إذا كان فأرٌ أسوداً متماثلاً أو غير متماثل اللواقح لصفة الشعر الأسود؟ وضح إجابتك باستخدام الرموز.
2. في الضأن لون الشعر الأبيض (W) سائد على لون الشعر الأسودٍ (w) وتزاوج ذكر أبيض الشعر وأنثى سوداء الشعر وانجبا حملاً أسود الشعر. فما هو التركيب الوراثي للأبوين والحمل؟ وما احتمال إنجابهما لحمل أبيض الشعر؟
3. لون العيون العسلي في الإنسان يسود على لون العيون الأزرق، فإذا تزوج رجل أزرق العينين (أبواه عسليا العينين) من فتاة عسلية العينين (أبوها أزرق العينين) ما هو التركيب الوراثي لكل فرد من الأفراد المذكورين؟

أسئلة تقويم ذاتي

أجب عن الآتي:

1. ما الفرق بين الصفة النقية وغير النقية؟
2. أكتب نص قانون

أ. مندل الأول (قانون الانعزال).

ب. مندل الثاني (قانون التوزيع الحر).

3. هل الأفراد الذين يتصفون بصفة ما يحملون الجينات نفسها لهذه الصفة؟ فسر اجابتك بمثال تستخدم فيه الرموز.
4. عرف التالي:

الصفات المتضادة، الطراز المظهري، الطراز الوراثي (الجيني)، السيادة، التنحي، الفرد النقي (المتماثل اللواقح)، الفرد الخليط (متباين اللواقح).

5. ما هي الخصائص التي جعلت نبات البسلة ملائماً لإجراء تجارب مندل؟

2. دور الصبغيات في انتقال الصفات الوراثية

أوضح مندل أن الصفات الوراثية تنتقل من الآباء إلى الأبناء عبر الأجيال بواسطة الأمشاج (الأمشاج) Gametes، كما بين أن العوامل الوراثية تكون زوجية في الخلايا الجسدية (الجسمية) لكنها تنفصل عن بعضها البعض عند تكوين الأمشاج، علماً بأن مندل كان لا يعرف شيئاً عن النواة وصبغياتها ولا يعرف شيئاً عن الانقسام الاختزالي، وهذا يجعلنا نطرح الأسئلة التالية:

- ما هو الجزء من المشيج الذي يحمل الجينات؟
- ممَّا تتركب الجينات؟
- هل هنالك علاقة بين الصبغيات والجينات؟

اتضح من أبحاث العلماء أن نواة كل خلية تحمل عدداً ثابتاً من الصبغيات (الجدول 1)، كما اتضح أن كل صبغي يحمل عدداً من العوامل الوراثية (الجينات).

جدول (1): أعداد الصبغيات في النواة لمجموعة من أنواع الكائنات الحية:

النوع	الإنسان	الأبقار	قرد الرايزوسي	الدجاج	الذبابة المنزلية	القمح	الذرة الشامية
عدد الصبغيات	٤٦	٦٠	٤٢	٧٨	١٢	٤٢	٢٠

أثبت الأمريكي سوتون Sutton في عام 1903م، عند دراسته تكوين الأمشاج المذكرة في الجندب أثناء الانقسام الاختزالي، أن أزواج الصبغيات تنفصل أثناء تكوين الأمشاج ويأخذ كل مشيج صبغياً واحداً من كل زوج من الصبغيات المتشابهة، وأن الصبغيات تنفصل انفصالاً مستقلاً عن بعضها وتعود وتتقابل عند اتحاد المشيج الذكري مع المشيج الأنثوي لتكوين الزايجوت في الفرد الجديد. وبعد اطلاع سوتون على تجارب مندل استنتج أن هنالك علاقة بين عوامل مندل (الجينات) وحركة الصبغيات أثناء الانقسام الاختزالي. ثم افترض أن هذه العوامل تحمل على الصبغيات، لكنه لم يبرهن هذا الافتراض مع أنه افتراض بالغ الأهمية في علم الوراثة.

جاء الدليل على أن الصبغيات تحمل العوامل الوراثية (الجينات) من تجارب العالم الأمريكي توماس مورجان T. Morgan في عام 1910م على ذبابة الفاكهة (الدروسفيلا) Drosophila و الذي توصل من خلالها إلى نظرية عرفت في علم الوراثة بنظرية الصبغيات التي نال عليها جائزة نوبل في عام 1933م والتي أثبت فيها أن الجينات أجزاء من الصبغيات.

1.2 نظرية الصبغيات

توصل توماس مورجان إلى الحقائق التالية:

1. تحتوي الخلايا الجسدية (العادية) في جسم الكائن الحي على عدد ثابت من الصبغيات خاص بكل نوع يرمز له بـ 2n.
2. توجد الصبغيات في الخلايا الجسدية للكائن الحي في شكل أزواج متماثلة في النواة بحيث أن صبغيي كل زوج منها متشابهان ومتساويان في الطول والشكل.
3. تحتوي نواة المشيج (المشيج) في كل كائن حي على نصف عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الجسدية (2n) أي يحتوي المشيج على صبغي واحد فقط من كل زوج من الأزواج في الخلية الجسدية، ويرمز لعدد الصبغيات في المشيج بـ n.
4. بعد الإخصاب يصبح عدد الصبغيات في الزايجوت مساوياً للعدد الثابت للنوع الواحد (2n).
5. يحمل الصبغي العوامل الوراثية أي الجينات، والتي يتحكم كل منها في صفة خاصة ويقابله في نفس المكان على الصبغي المماثل جين (أليل) آخر إما لنفس الصفة إذا كان الفرد نقياً أو للصفة الأخرى المتضادة إذا كان الفرد هجيناً.
6. تترتب الجينات وتنتظم على طول الصبغي ولكل جين مكان ثابت في الصبغي الخاص به.
7. يرجع سلوك الصفات الوراثية في انتقالها من جيل إلى آخر إلى سلوك الصبغيات وما تحمله من جينات.
8. جينا الصفتين المتضادتين قد لا يكونان بنفس القوة حيث قد يتغلب تأثير أحدهما على تأثير الآخر، وبذلك قد تكون هنالك صفة سائدة

وصفة متنحية.

- **ملخص نظرية الصبغيات لمورجان**

1. الجهاز المادي للوراثة هو الصبغيات التي تحمل الجينات.
2. كل جين يوجد في موقع معين على صبغي معين.
3. يرجع سلوك الصفات الوراثية في انتقالها من جيل إلى آخر إلى سلوك الصبغيات وما تحمله من جينات.

ودلت الأبحاث بعد ذلك على أن الجين هو وحدة الوراثة وان كل جين أو عدة جينات تكون مسئولة عن ظهور صفة معينة في الفرد.

يمكن وصف الصبغيات ودورها في انتقال الصفات الوراثية كالتالي:

1. عندما تكون الخلية في الطور البيني تكون الصبغيات طويلة ورفيعة ولا ترى منفردة تحت المجهر الضوئي العادي.
2. تترتب على طول الصبغي تراكيب كيميائية تسمى الجينات.
3. تتركب الجينات من حمض نووي يسمي حمض دايوكسي ريبو نيوكليك Deoxyribonucleic acid (الدناDNA) أي حمض الريبوز النووي منقوص الأكسجين.
4. المادة الكيميائية للوراثة هي الدنا الذي يُكوِّن الجينات ويحمل المعلومات التى تتحكم في الصفات الوراثية للكائن الحي.

- **لكن ما هي الأدلة والبراهين التي تؤكد أن الدنا هو المادة الوراثية؟**

للاجابة على هذا السؤال دعنا نحدد أهم صفات الجينات.

2.2 أهم صفات الجينات

1. للجينات القدرة على التضاعف الذاتي، وذلك لنقل المعلومات الوراثية الموجودة فيها إلى الخليتين البنويتين الناتجتين عن انقسام الخلية.
2. تركيب الجينات يتلائم مع قدرتها على تخزين المعلومات الوراثية ثم ترجمتها لبناء جزيئات من البروتينات.
3. الجينات ذات تركيب كيميائي ثابت، ذو قابلية محدوده على التغير.

ولقد وجد بالتجربة أن الدنا يتصف بالصفات السابقة كلها، ومن الادلة على ذلك التالي:

أ/ أن الدنا مكون ثابت في صبغيات كل الكائنات الحية.
ب/ تحتوي أمشاج كل من النباتات والحيوانات على نصف كمية الدنا التي توجد في الخلايا الجسدية للكائن الحي.
ج/ عند اتحاد الامشاج المذكرة والمؤنثة لتكوين الزايجوت تكون كمية الدنا في الزايجوت مساوية لكميته في الخلية الجسدية للكائن الحي.
د/ تتضاعف كمية الدنا في الخلية اعتماداً على الحالة الصبغية فيها، فإذا كانت الخلية الجسدية تحتوي على عدد زوجي من الصبغيات أي 2n=2x فعندما يتضاعف الدنا فان الخلية ستكون 2n=4x أي بها عدد رباعي من الصبغيات.
هـ/ ثبت عملياً قدرة الدنا على التضاعف الذاتي عند انقسام الخلية، ويشكل ذلك الأساس الكيميائي لعملية التوريث، وأن الدنا هو المادة الوراثية المسؤولة عن تحديد الصفات الوراثية في الكائنات الحية.

4. أوضحت الأبحاث أن عدد الجينات في الكائن الحي يكون أكبر من عدد الصبغيات فيه، فمثلاً كل خلية في جسم الإنسان تحتوي على 46 صبغياً في حين أن في جسم الإنسان الآف الجينات أي أن عدد الصبغيات لا يطابق عدد الجينات في جسم الفرد ولذلك يحمل الصبغي الواحد عدداً كبيراً من الجينات.

أسئلة تقويم ذاتي

1. أجب عن الآتي:
2. اذكر الجزء من المشيج الذي يحمل الجينات؟
3. وضّح ما هو الجين؟ وبيّن ممّ يتركب؟
4. عدّد أهم صفات الجينات؟
5. عرّف نظرية الصبغيات لتوماس مورجان.
6. بيّن دور الصبغيات في انتقال الصفات الوراثية؟
7. قارن بين سلوك الجينات وسلوك الصبغيات أثناء عمليتي الانقسام الاختزالي والإخصاب.

3. التحورات في النسب المندلية

في الدروس السابقة تعرفت على أسس دراسة زوج أو زوجين من الصفات الوراثية المتضادة التي يسود فيها أحد العوامل الوراثية سيادة تامة.

فهل تتبع الصفات الوراثية جميعها في وراثتها النسب المندلية؟

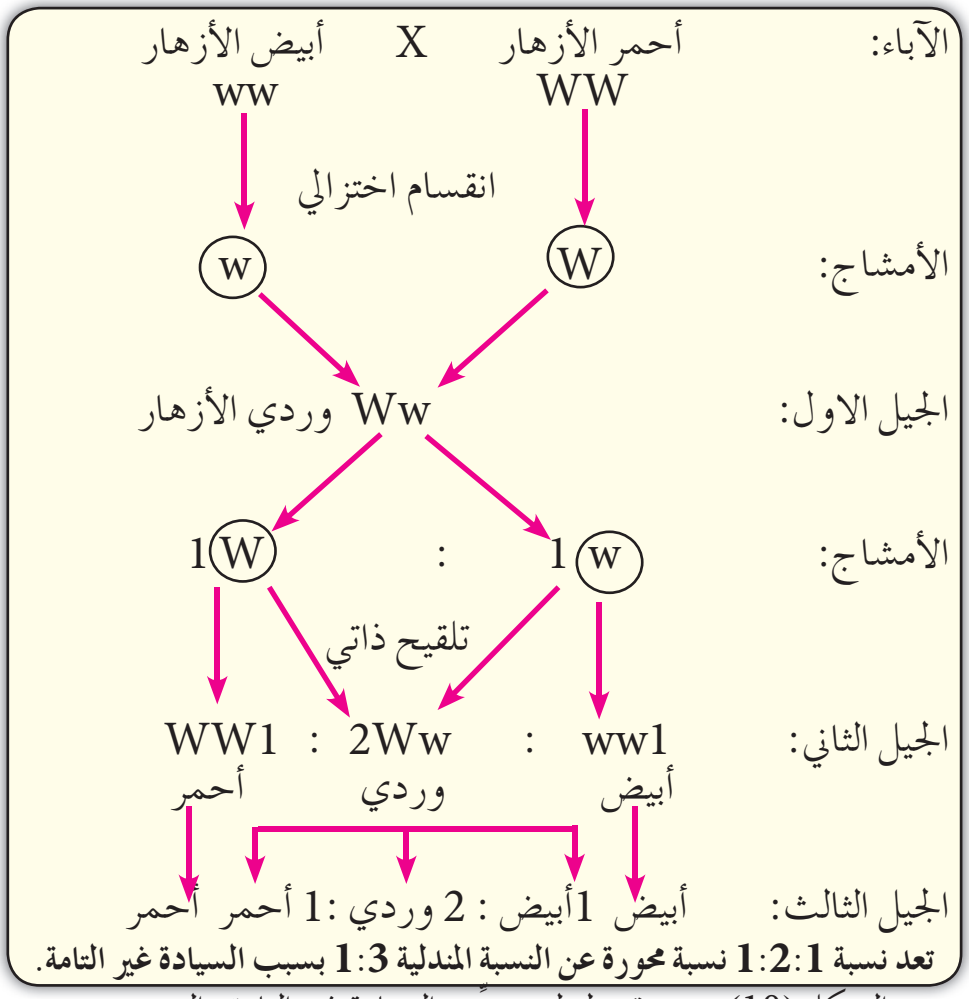
هل تتفق جميع الصفات الوراثية مع مبدأ السيادة التامة؟

نتيجة لأبحاث العلماء اتضح أن وراثة بعض الصفات لا تتفق مع النسب المندلية.

1.3 التحور في النسبة المندلية 1:3

1. السيادة غير التامة Incomplete Dominance

هي السيادة التي يُحدث فيها الجين المتنحي بعض الآثار في وجود الجين السائد في الفرد الهجين، وخير مثال لذلك وراثة لون الأزهار في نبات حنك السبع. فعند تهجين نباتات سلالة نقية ذات أزهار حمراء باخري ذات أزهار بيضاء كانت أزهار نباتات الجيل الأول وردية اللون Pink وهي صفة وسطية بين صفتي الأبوين أقرب للون الأحمر. وعند تلقيح نباتات الجيل الاول ذاتياً كانت نباتات الجيل الثاني بعضها يحمل أزهاراً حمراء وبعضها يحمل أزهاراً وردية والبعض الاخر يحمل أزهاراً بيضاء، بنسبة 1:2:1. وفي هذا المثال يكون الطراز المظهري مماثل للطراز الوراثي كما يلي:



الشكل (10): رسم تخطيطي يوضّح السيادة غير التامة والتحور عن النسبة المندلية 3:1

2. انعدام السيادة أو السيادة المشتركة Lack of dominance or codominance

هي ظاهرة لا يسود فيها أحد الجينين على نظيره الآخر إطلاقاً، وفي هذه الحالة فإن كلاً من الجينين المتضادين يحدث أثره، وينبيء المظهر الخارجي للفرد الخليط عن تركيبه الجيني. ومن أمثلة ظاهرة انعدام السيادة التالي:

أ/ وراثة مجموعة الدم A B O في الإنسان: في بداية القرن العشرين صنف دم الانسان الي أربع مجاميع هي A و B وAB و O وذلك حسب نوع

الانتجين Antigen على خلايا الدم الحمراء ونوع الاجسام المضاده في الدم (السائل المتبقي من البلازما بعد إزالة البروتين الخاص بالتجلط) وكما يلي:

فصيلة الدم	نوع الأنتجين على كريات الدم	نوع الجسم المضاد في بلازما الدم
A	A	B
B	B	A
O	–	A و B
AB	AB	–

والفرد الذي يحمل فصيلة الدم O يمكن أن يمد كل أفراد المجموعة بالدم بدون خطورة عليهم لعدم وجود انتيجينات في كريات دمه، ولذلك يعرف بالمانح العام Universal donor، في حين أن الفرد الذي يحمل فصيلة الدم AB يستطيع استقبال الدم من أي فرد من المجموعةدون خطورة عليه .ولا يمنح أحداً سوي أفراد نفس الفصيلة (AB) ولذلك يطلق عليه لقب المستقبل العام Universal Acceptor إذ إنه لا يحتوي على أي من الأجسام المضادة في بلازما دمه. بعد دراسة لعديد من سجلات العائلات توصل العلماء الي الاساس الوراثى لمجموعة الدم OBA حيث اتضح أن هنالك ثلاثة أليلات لجين واحد (AIو BIوi) يتحكم في وراثة هذه المجموعة.

فصيلة الدم	التركيب الوراثي
O	ii
A	I^AI^A أو I^Ai
B	I^BI^B أو I^Bi
AB	I^AI^B

واتضح أن I^A وI^B سائدة على i أما في حالة I^AI^B فكل أليل(جين) يعطي أنتجين خاص به أي أن السياده هنا مشتركة Codominance. وتعد وراثة مجموعة الدم ABO في الانسان مثالا للآليات المتعدده.

استخدام فصائل الدم في قضايا الأطفال المشكوك في شرعيتهم

أهمية علم الوراثة في نفي وإثبات البُنُوَّة في الأبناء المشكوك في شرعيتهم يتمثل في تحليل دم كل من الأم والطفل والأب المحتمل لتحديد فصيلة دم كل منهم ومن ثمَّ تحديد فصائل الدم المحتملة للأبناء باستخدام التراكيب الوراثية المذكورة أعلاه، وكما هو موضح في الجدول التالي:

الطُرُز المظهرية والجينية لفصائل دم الأبوين والفصائل الناتجة عنهما في الأبناء

فصائل دم الأبوين	الطُرُز الوراثية لفصائل دم الأبوين	فصائل دم الأبناء
O x O	ii x ii	جميع الفصائل O
A x O	ii x I^AI^A	جميع الفصائل A
A x O	ii x I^Ai	1A : 1O
B x O	I^BI^B x ii	جميع الفصائل B
B x O	I^Bi x ii	1B : 1O
AB x O	I^AI^B x ii	1A : 1B
A x A	I^AI^A x I^AI^A or I^Ai	جميع الفصائل A
A x A	I^Ai x I^Ai	1O : 3A
B x A	I^AI^A x I^BI^B	جميع الفصائل AB
B x A	I^Ai x I^BI^B	1B : 1AB
B x A	I^AI^A x I^Bi	1A : 1AB
B x A	I^Ai x I^Bi	1O : 1AB : 1B : 1A
AB x A	I^AI^A x I^AI^B	1AB : 1A

AB x A	$I^Ai \times I^AI^B$	1B : 1AB : 2A
B x B	$I^BI^B \times I^BI^B$ or I^Bi	جميع الفصائلB
B x B	$I^Bi \times I^Bi$	1O : 3B
AB x B	$I^BI^B \times I^AI^B$	1AB : 1B
AB x B	$I^AI^B\ I^Bi \times$	1AB: 1A : 2B
AB x AB	$I^AI^B \times I^AI^B$	2AB : 1B: 1A

تدريب (2) :

إمرأة ذات طراز دم مظهري A لها طفل طرازه O وآخر طرازه B. بيِّن التركيب الوراثي والشكل المظهري لفصيلة دم الأب ؟ ووضِّح أيضاً التراكيب الوراثية للمرأة وأطفالها ؟ هل شرعية الأطفال ذوي طراز الدم BA أو طراز الدم A تكون موضع شك ؟

ب/ لون ماشية أبقار الشورت هورن: إذا علمت أن لون فراء أبقار الشورت هورن Shorthorn يتحكم فيه زوج واحد من العوامل الوراثية، ولا يسود أي منها على الآخر، ويتحكم احدهما في لون الفراء الأحمر (R_1) والآخر في لون الفراء الأبيض (R_2). فإذا تزاوج ثور أحمر الفراء نقي (R_1R_1) مع بقرة بيضاء الفراء (نقية) (R_2R_2) ما هي الطرز المظهرية والوراثية في الجيلين الأول والثاني؟

الحل:

الآباء: أحمر R_1R_1 X أبيض R_2R_2

الأمشاج: R_1 R_2

الجيل الأول: R_1R_2 طوبي

(خليط من الشعر الأحمر والأبيض)

الجيل الثاني: 1أبيض R_2R_2 :2طوبي R_1R_2 :1أحمر R_1R_1

الشكل (11): رسم تخطيطي يوضِّح السيادة المُشتركة في أبقار الشورت

3. الجينات القاتلة (المميتة أو المهلكة) Lethal Genes

لاحظ بعض العلماء أن كثيراً من حالات الوفيات في بعض الحيوانات والموت في بعض النباتات يكون سببها وراثي، وذلك عند اجتماع جينين سائدين أو متنحيين لصفة وراثية ما، لذلك أطلق على هذه الجينات اسم الجينات المميتة أو القاتلة أو المهلكة. وقد يموت الفرد وهو جنين أو في مرحلة مبكرة من حياته. ويظهر تأثير هذه الجينات عندما تكون نقية سائدة أو متنحية، مما يؤدي لعدم اتفاق النسب الوراثية الناتجة مع النسب المندلية . ومن أمثلة ذلك الجينات التي تتحكم في لون الفراء في بعض الفئران، وكساح الدجاج، وانعدام الكلوروفيل في بعض النباتات مثل الذرة الشامية. والجينات القاتلة قد تكون سائدة أو متنحية، والمثالان التاليان يوضحان ذلك:

- **مثال (1): الجين المميت السائد Dominant Lethal Gene**

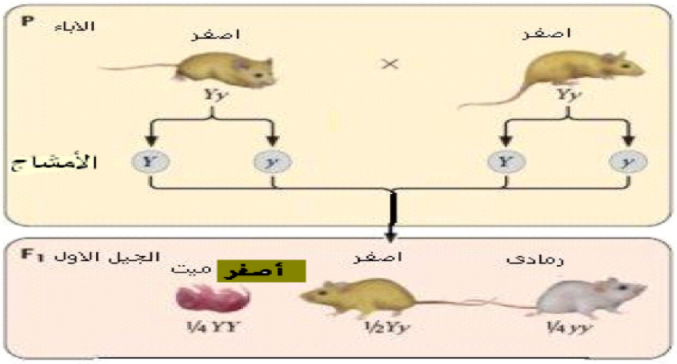
في بعض الفئران يسود لون الفراء الأصفر (Y) على لون الفراء الرمادي (y) فإذا تزاوج فأر أصفر الفراء مع فأرة صفراء الفراء ينتج عن ذلك فئران صفراء الفراء ورمادية الفراء بنسبة 2:1 على التوالي، فما السبب في ذلك؟ فسر إجابتك على أسس وراثية.

- **التفسير:**

من هذه النتيجة يتضح أن لون الفراء الأصفر للأبوين غير متماثل الجينات (غير نقي) وذلك لظهور فئران رمادية اللون، وعليه يكون الطراز الوراثي للأباء هو yY (أصفر الفراء خليط) ويكون ناتج التزاوج السابق كالتالي:

أمشاج الأم	أمشاج الأب	
	Y	y
Y	YY (أصفر)	yY (أصفر)
y	yY (أصفر)	yy (رمادي)

ولتفسير نسبة 2 :1 افترض العلماء أن اجتماع جينا الفراء الأصفر السائدين يؤثر على حيوية الفأر ذو الطراز الوراثي YY مما يؤدي إلى موته، ولقد تم تأكيد هذا الفرض عند تشريح رحم الفأرة الأم فوجد بداخل الرحم جنين مكتمل أصفر الفراء ميتاً.



الشكل (21): الجين المميت السائد عند بعض الفئران

- **مثال(2): الجين المميت المتنحي Recessive Lethal Gene: وراثة الكلوروفيل في نبات الذرة الشامية:**

يتحكم في تكوين الكلوروفيل في نبات الذرة الشامية جين سائد (C) أما انعدام الكلوروفيل فيتحكم فيه جين قاتل (c)، فإذا اجتمع جينا انعدام تكوين الكلوروفيل معاً (cc) فإنّ ذلك يؤدي إلى نمو بادرات بيضاء اللون لا تلبث أن تموت نتيجة لعدم وجود الكلوروفيل اللازم للقيام بعملية التمثيل الضوئي لإنتاج المواد الكربوهيداراتية، فإذا هُجن نبات ذرة أخضر خليط (Cc) مع آخر أخضر خليط (Cc) فإن نسبة البادرات الخضراء للبيضاء تكون 3 : 1 أي 1 أخضر نقي (CC) :2 أخضر خليط (Cc) : 1 أبيض نقي (cc) كما يلي:

أمشاج الأم	أمشاج الأب	
	C	c
C	CC أخضر	cC أخضر
y	cC أخضر	cc أبيض

إلاّ أنّ البادرات البيضاء تموت بعد فترة قصيرة وبالتالي تكون نسبة الطرز الوراثية للنباتات 1CC : 2Cc وكلها خضراء اللون.

2.3 التحور في النسبة المندلية 1:3:3:9

بعد اكتشاف قوانين مندل إتضح أن هناك الكثير من الصفات التي تورث بنسبة تمثل تحوراً لنسبة 9 : 3 : 3 : 1 (قانون مندل الثاني) منها الآتي:

1. الجينات المتكاملة.
2. الجينات المتكررة.
3. الجينات المتراكمة.

1- الجينات المتكاملة Complementary Genes

هي جينات غير اليلية ذات تفوق سائد متماثل التأثير وتعتمد في تفوقها علي بعضها البعض تؤدي إلى ظهور نسب وراثية غير عادية عند

تهجين الأفراد التي تحملها ومن أمثلة ذلك لون الأزهار في نبات بسلة الزهور Lathyrus odoratus. لقد قام العالمان بيتسون Bateson وبنيت Punnett بإجراء تجربة تهجين في هذا النبات وذلك على النحو التالي:

1. اختارا نباتين من سلالتين مختلفتين كل منهما أبيض الأزهار نقي ثم قاما بتهجينهما معاً، ثم جمعا البذور الناتجة عن التهجين.
2. زرعا البذور الناتجة فاعطت نباتات بنفسجية الأزهار وليست بيضاء الأزهار.
3. قام العالمان بتهجين نباتين من نباتات الجيل الأول (بنفسجية الأزهار) فأعطت نباتات الجيل الثاني وكانت بنفسجية وبيضاء الأزهار بنسبة 9:7 على التوالي.

- **فسر بيتسون وبنيت هذه النسبة كما يلي:**

ظهرت صفة لون الأزهار البنفسجي في الجيل الأول، وهي صفة لم تكن موجودة في الأبوين.

× في الجيل الثاني جاءت النسبة 9 بنفسجي: 7 أبيض الأزهار مما يدل على تحكم زوجين من الجينات في هذه الصفه وليس زوجاً واحداً، وهذه النسبة عبارة عن 1:3:3:9 مع فرق واحد هو أن ثلاثة من الطرز المظهرية (1:3:3) لها نفس المظهر الخارجي (أبيض الأزهار) أي ظهرت 9 نباتات بنفسجية الأزهار من بين كل 16 نبات. وهذا دليل على أن اللون البنفسجي يظهر فقط عند وجود جين سائد واحد على الأقل من كل من الزوجين معاً وأن اللون البنفسجي لا يظهر إلا إذا اجتمع هذان الجينان السائدان (أي يكملان تأثير بعضهما البعض). كما أنّ عدد النباتات ذات الأزهار البيضاء كان سبعة من بين كل 16 نباتاً، وطرزها الوراثية كما يلي:

1. ثلاثة نباتات يكون أحد الجينين هو الجين السائد والآخر هو الجين المتنحي.
2. ثلاثة نباتات يكون أحد الجينين هو الجين المتنحي (السائد في المجموعة السابقة) والآخر هو الجين السائد (المتنحي في المجموعة السابقة).

3. نبات واحد يكون فيه كلا الجينان متنحيان.

ولتفسير ذلك:

1. نفرض أنّ أحد الجينين السائدين هو A والجين المتنحي له هو a.
2. نفرض أنّ الجين السائد الثاني هو B والجين المتنحي له هو b.
3. نفرض أن الجين A ذو تفوق سائد متماثل التأثير علي الجين b وأن الجين B ذو تفوق سائد متماثل التأثير علي a ويحتاج الجين A ليتفوق على b إلى الجين B والعكس صحيح.
4. التركيب الوراثي للنباتين الأصليين هو AAbb و aaBB ولون أزهارهما أبيض لأنّ كل واحد منهما يحمل جينين (أليلين) سائدين من أحد زوجي الجينات فقط، وتكون أمشاجها aB و Ab.
5. التركيب الوراثي لنباتات الجيل الأول هو AaBb وأزهارها بنفسجية اللون لوجود الجينين (الأليلين) السائدين من زوجي الجينات معاً. فهذه النباتات هجينة لزوجين من الجينات المتضادة المستقلة لذلك فاحتمالات التركيب الوراثي لأمشاجها هي 1Ab : : 1AB 1aB:1ab بنسب متساوية سواء في حبوب اللقاح أو البويضات.
6. عند تلقيح نباتات الجيل الأول ذاتياً أو تهجين نباتين من نباتات الجيل الاول ببعضهما تنتج نباتات بنفسجية الأزهار ونباتات بيضاء الأزهار بنسبة 7:9 كما يلي:

		أمشاج الأب		
أمشاج الأم	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB بنفسجي	AABb بنفسجي	AaBB بنفسجي	AaBb بنفسجي
Ab	AABb بنفسجي	AAbb أبيض	AaBb بنفسجي	Aabb أبيض
aB	AaBB بنفسجي	AaBb بنفسجي	aaBB أبيض	aaBb أبيض
ab	AaBb بنفسجي	Aabb أبيض	aaBb أبيض	aabb أبيض

2- الجينات المتكررة Duplicate Genes

هي جينات غير أليلية (لا تُحمل على نفس الموقع في الصبغي) ذات تأثير متماثل على الصفة التي تتحكم فيها. فقد وجد في بعض النباتات والحيوانات أنّ زوجين أو أكثر من الجينات غير الأليلية تكون متماثلة التأثير، فمثلاً إذا كان الجين A سائد على الجين a المتنحي، وأنّ الجين B سائد على الجين b المتنحي، وأنّ الجين A ذو تأثير مماثل للجين B تسمى هذه الظاهرة التفوق السائد المتماثل التأثيرdominant Duplicate Epistasis. ومن أمثلة ذلك وراثة لون الاندوسيبرم في حبوب الذرة الشامية، فعند تهجين سلالتين من نبات الذرة الشامية ذات اندوسبيرم أصفر كانت نباتات الجيل الأول كلها صفراء الاندوسيبرم وانتجت في الجيل الثاني نباتات صفراء ونباتات بيضاء الاندوسيبرم بنسبة 1:15 على التوالي. فما تفسير ذلك؟

1. النسبة 1:15 تدل على وجود زوجين مستقلين من الجينات المتضادة، وهذه النسبة تعديل للنسبة 1:3:3:9 إذ إنّ ثلاثة من الطرز المظهرية 9:3:3 ذات شكل مظهري واحد، وهذا يدل على أن الصفة السائدة للاندوسيبرم الأصفر يكفي لظهورها وجود أحد الجينين السائدتين أو كليهما.
2. الصفة المتنحية للأندوسيبرم الأبيض لا تظهر إلاّ في وجود الجينين المتنحيين، ولا يحدث ذلك إلاّ في فرد واحد من كل 16 فرد في الجيل الثاني. ولفهم ذلك نستخدم الرموز كالتالي:

أ. نفرض أنّ الجين السائد للون الاندوسيبرم الأصفر في أحد النباتين رمزه L ونظيره المتنحي رمزه l.

ب. نفرض أنّ الجين السائد للون الاندوسيبرم الأصفر في النبات الآخر رمزه Y ونظيره المتنحي رمزه y.

ج. فإذا فرضنا أنّ الطراز الوراثي للنباتين الأصليين هو LLyy و llYY ولون الاندوسيبرم فيهما أصفر لأن كل واحد منهما يحمل أحد الجينين السائدين.

د. النبات أبيض الاندوسيبرم له تركيب وراثي واحد هو llyy وذلك

لعدم وجود جين سائد فيه.

هـ. نباتات الجيل الأول كلها ذات تركيب وراثي LlYy وتكون صفراء الاندوسيبرم وذلك لوجود الجينين السائدين فيها و عند تلقيحها ذاتيا تعطي نباتات الجيل الثاني التي تتمثل في مجموعتين مظهريتين فقط 15 أصفر :1 أبيض وذلك على أساس قانون التوزيع الحر لزوجَيْ الجينات، ويمكن تمثيل ذلك كما يلي:

أمشاج الأم	أمشاج الأب			
	LY	Ly	lY	ly
LY	LLYY أصفر	LLYy أصفر	LlYY أصفر	LlYy أصفر
Ly	LLYy أصفر	LLyy أصفر	LlYy أصفر	Llyy أصفر
lY	LlYY أصفر	LlYy أصفر	LlYY أصفر	llYy أصفر
ly	LlYy أصفر	Llyy أصفر	llYy أصفر	llyy أصفر

3- الجينات المتراكمة Cummulative Genes

لقد علمت من قانوني مندل أن الصفات الوراثية يتحكم فيها زوج واحد أو زوجان من الجينات فقط و يسود أحد افراد الزوج على الآخر. لكن هنالك صفات وراثية يتحكم فيها أكثر من زوجين من الجينات المتضادة وتعرف هذه الجينات بالجينات المتراكمة وهي جينات يحتل كل جينين (أليلين) متقابلين منها موقعاً واحداً على الأزواج الصبغية المتماثلة وبذلك يشارك أكثر من زوج صبغي في إظهار الصفة التي تحكمها هذه الجينات. ومن هذه الصفات طول القامة ولون الجلد والذكاء في الإنسان، فمثلاً صبغة الميلانين، التي تعطي جلد الإنسان لونه ، تتحكم فيها ثلاثة أزواج من الجينات على الأقل، ونتيجة للتوزيع الحر لهذه الجينات المتضادة تظهر اختلافات عدة في لون الجلد في الأفراد المختلفين. فإذا رمزنا لأزواج

هذه الجينات المتعددة الثلاثة للون الجلد بالرموز C و B و A فإن الشخص ذو اللون الأسود الشديد يكون طرازه الجيني AABBCC والشخص ذي اللون الفاتح طرازه الجيني aabbcc والشخص ذي اللون الوسط طرازه الجيني AaBbCc. وهذا يدل على أنّ للجينات المتراكمة (المتعددة) تأثيراً متساوياً، ومثال ذلك أنّ الطراز الجيني AaBbCc والطراز الجيني aaBBCc مثلاً لها نفس التأثير على لون الجلد.

4. الأليلات المتعددة Multiple Alleles

لقد وضح مما سبق أنّ بعض الصفات الوراثية مثل لون الزهرة في نبات البسلة يتحكم فيها أليلان Alleles أحدهما سائد والآخر متنحي على موقع واحد Locus بالصبغيين المتماثلين (النظيرين) المعنيين.

$$\frac{W}{w}$$

ولكن في بعض الأحيان يتعاقب على نفس الموقع أكثر من أليلين أي أنّ هناك صفات يتحكم في إظهار تعابيرها المختلفة مجموعة من الأليلات بحيث يكون بالموقع المعين بالصبغيين المتماثلين في كل حالة زوج واحد من أفراد المجموعة الأليلية، وتعرف وراثة هذه الصفات بوراثة الأليلات المتعددة ومن أمثلتها وراثة مجموعة الدم AB0 في الإنسان التي ورد ذكرها سابقاً.

ومن الأمثلة الأخرى لون الفراء في الأرانب والذي تتحكم فيه أربعة أليلات لجين واحد ولكن لا يوجد في الصبغي لأي أرنب أكثر من أليلين يحتلان نفس الموقع في الصبغيين المتماثلين وهذه الأليلات هي:

أ. الأليل (الصنو) C+ ويؤدي إلى أظهار اللون المزركش Agouti حيث يكون لون الشعر رمادياً بالقرب من الجلد وأصفر في الوسط وأبيض عند الأطراف.

ب. الأليل (الصنو) cch ويؤدي إلى إظهار اللونين الرمادي والأسود الشينشلا Chinchilla.

ج. الأليل (الصنو) ch ويؤدي إلى أن يكون للفرد الأبيض اللون أطرافٌ سوداء Himalayan.

د. الأليل (الصنو) c ولا يؤدي إلى اظهار الوان بالفراء ويطلق على الأرنب من هذا النوع أمهق أو حوري Albino.

واتضح أنّ علاقة السيادة بين هذه الأليلات كما يلي: c+>cch>ch>c ويمكن تلخيص الطرز المظهرية والوراثية لهذه الأليلات الأربعة فيما يلي:

الطراز المظهري	الطراز الوراثي
مزركش Agouti	c^+c و c^+ch و c^+cch و $^+c^+c$
رمادي وأسود Chinchilla	cchc و cchch و cchcch
أبيض ما عدا الأطراف Himalayan	chc و chch
حوري أو أمهق Albino	cc

وهناك أمثلة كثيرة للأليلات المتعددة في النبات من أشهرها أليلات العقم الذاتي.

5. الجينات المتعددة Multiple Genes

كانت الصفات المندلية الكلاسيكية التي درست في الفصول السابقة صفات نوعية Qualitative Characters سهلة التصنيف إلى مجاميع محددة من الطرز المظهرية، ونتجت من تأثير جين أو جينين، ولا تتأثر بالظروف البيئية إلا في حالات معينة. بالإضافة لهذه الصفات توجد الكثير من الصفات المهمة في النباتات والحيوانات والإنسان لا يمكن تصنيفها إلى مجاميع متميزة ولكن يمكن قياسها والتعبير عنها بوحدات القياس أو الوزن أو الحجم وبذا تشكل تبايناً متصلاً Continuous Variation، ولا تظهر في فئات واضحة منفصلة، ويطلق عليها اسم الصفات الكمية Quantitative Characters وتنتج من تفاعل عدد كبير من الجينات وتتأثر بعوامل البيئة. وهذه الصفات مهمة اقتصادياً في النباتات والحيوانات مثل الانتاجية من الحبوب ومن البيض واللحم واللبن ومنها في الإنسان طول القامة ووزن الجسم والذكاء ولون الجلد.

وعند دراسة صفة كمية في عشيرة كبيرة نجد أن عدداً قليلاً من الأفراد يحملون الطرز المظهرية القصوى (طويل أو قصير في الإنسان) بينما أكثر الأفراد يكونون وسطاً بالقرب من متوسط العشيرة. ويتصف توزيع مثل هذه الصفات بشكل الجرس Bell–shaped ويعرف هذا التوزيع بالتوزيع الطبيعي Normal Distribution، ووضعت فرضية الجينات المتعددة hypothesis gene – Multiple لتفسير هذه الاختلافات المستمرة (التباين المتصل).

وقد درست وراثة الكثير من هذه الصفات مثل طول كوز (قندول) الذرة الشامية. فعند التهجين بين سلالة نقية قصيرة الكوز (8–5 سم) و سلالة نقية طويلة الكوز (21–16 سم) كان طول كيزان الجيل الأول (F1) متوسط بين الأبوين (15–9 سم). أما طول كيزان الجيل الثاني فبلغت مدى واسعاً (21–5 سم). وكان عدد قليل من نباتات هذا الجيل ذات طول كيزان مشابه للصنف قصير الكوز، وعدد قليل آخر منها لها كيزان بقدر طول كيزان الصنف طويل الكيزان، وعدد كبير منها متوسطة طول الكوز بقدر طول كيزان الجيل الأول. فالاختلاف بين كيزان كل سلالة وبين كيزان الجيل الأول بيئي (لأن كل نباتاته تحمل نفس التركيب الوراثي) بينما الاختلاف بين نباتات الجيل الثاني وراثي (بسبب انعزال عدد من الجينات قدرت بأربعة أزواج، كل زوج منها ينتج تأثيراً مساوياً لأي من الأزواج الثلاثة الأخرى) ولا توجد سيادة كاملة. وتستخدم الطرق الإحصائية لدراسة هذه الصفات.

6. تحديد (تعيين) الجنس Sex Determination

تنقسم الكائنات الحية الحيوانية والنباتية اعتماداً على نوع الجنس إلى:

1. كائنات أحادية الجنس: وهي كائنات تضم أفراداً ذكوراً وأفرادا إناثاً أي أن أي فرد فيها ينتج نوعاً واحداً فقط من الأمشاج، مثل الإنسان ومعظم الحيوانات والنخيل، وتسمى بالكائنات ثنائية المسكن Dioecious.
2. كائنات ثنائية الجنس (خنثي): وهي كائنات يكون الفرد

الواحد منها محتوياً على الأعضاء التناسلية المذكرة والمؤنثة معاً مثل معظم النباتات وبعض الحيوانات (الديدان الشريطية) وتسمى بالكائنات أحادية المسكن Monoecious.

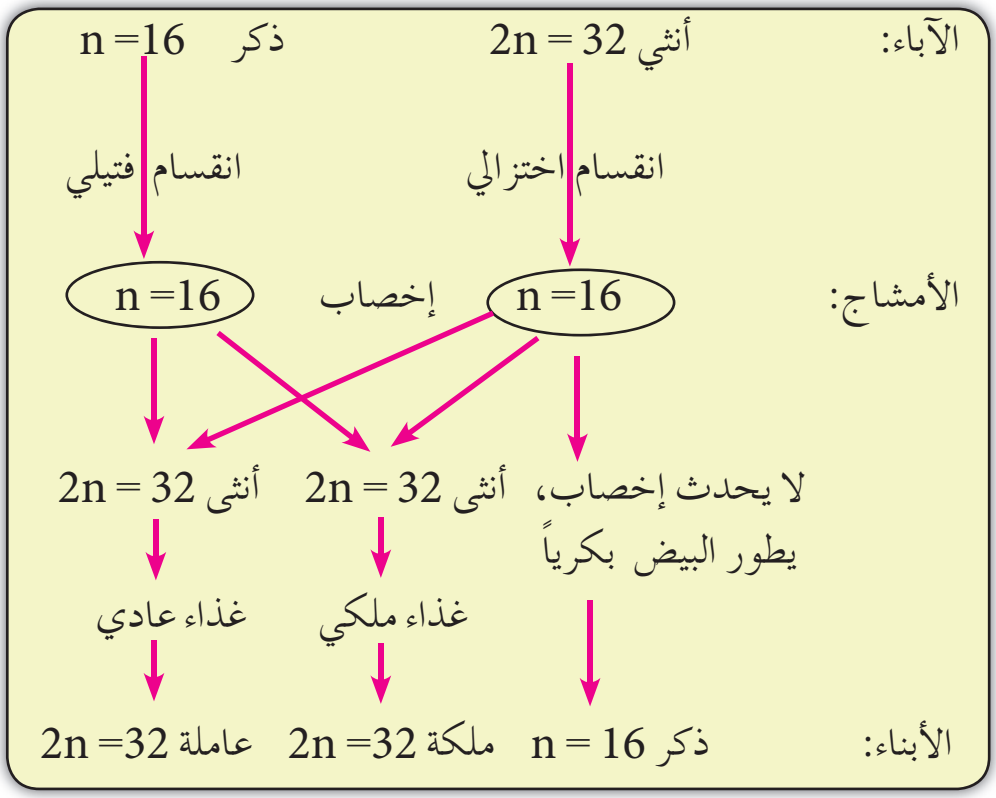
حاول العلماء معرفة العوامل الوراثية المسؤولة عن تحديد جنس الفرد فاتضح لهم أن السبب في ذلك اختلاف في الجهاز الصبغي لكل من الجنسين، ويعود هذا الاختلاف للآتي:

1. عدد الصبغيات التي يحتويها الفرد.
2. نوع الصبغيات في الذكر والأنثي.

1.6 تحديد الجنس اعتماداً على اختلاف عدد الصبغيات

في الحشرات غشائية الأجنحة مثل النحل والنمل والزنبور تكون الذكور أحادية الطاقم الصبغي في حين أن الإناث ثنائية الطاقم الصبغي. ففي النحل مثلاً تحتوي الأنثى على 32 صبغياً في كل خلية من خلاياها في حين يحتوي الذكر على 16 صبغياً، ويتم تكوين الأمشاج المؤنثة عن طريق الانقسام الاختزالي لتكوين بويضات تحتوي كل منها على العدد الفردي للصبغيات (n = 16) أما الامشاج المذكرة (الحيوانات المنوية) فتتكون عن طريق الانقسام الفتيلي وبذلك يحتوي كل حيوان منوي على العدد الفردي للصبغيات (n = 16) وعند اكتمال عملية الاخصاب تضع الأنثى (الملكة) نوعين من البيض هما:

1. بيض مخصب يعطي أجنة تحتوي على العدد الزوجي من الصبغيات (2n = 32) ويفقس البيض مُعطياً نوعين من الإناث هما:
   1. ملكة أنثي خصبة قادرة على إنتاج البيض وذلك لأنها تتغذى على الغذاء الملكي وهي في طور اليرقة.
   2. عاملات، وهي إناث عقيمة غير قادرة على إنتاج البيض وذلك لأنها تتغذى في طور اليرقة على الغذاء الملكي لفترة محدودة.
2. بيض غير مخصب يتكاثر بكرياً (عذرياً) ويعطي ذكوراً تحتوي على العدد الفردي للصبغيات (2n=16) والشكل 13 يوضح ذلك.



الشكل (13): مخطط تحديد الجنس في النحل

في بعض أنواع الجراد النطاط و البق تحتوي الإناث على صبغي واحد أكثر من الذكور (أي يختلف عدد الصبغيات في الذكور عن عددها في الإناث) ومثال ذلك حشرة بقة القرع وذلك كالتالي:

في الأنثى :1. الخلية الجسدية تحتوي على 22 صبغياً.

2. البويضات تحتوي على 11 صبغياً أي أن الأنثي متماثلة الامشاج

في الذكر: 1. الخلية الجسدية تحتوي على 21 صبغياً

2. الحيوانات المنوية من نوعين هما:

أ. حيوانات منوية بها 10 صبغيات.

ب. حيوانات منوية بها 11 صبغياً. أي أن الذكر متباين الأمشاج.

عند الاخصاب فإن:

1. بويضة بها 11 صبغياً + حيوان منوي به 11 صبغياً تعطي

زايجوت به 22 صبغياً ينشأ عنه حشرة أنثى.

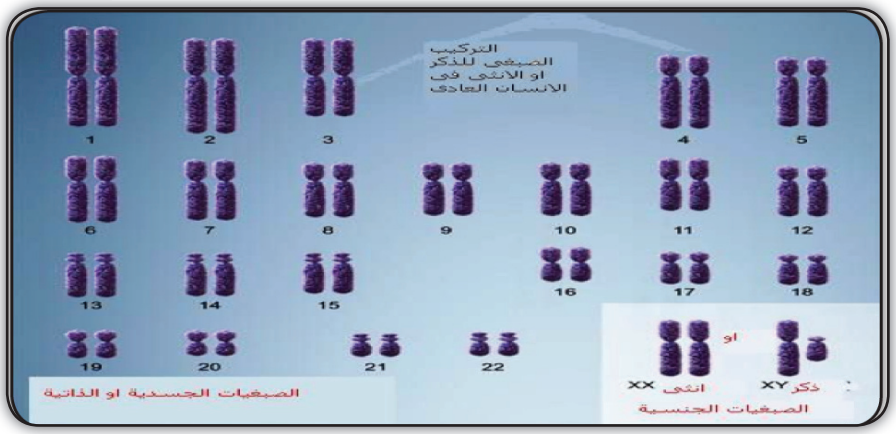
2. بويضة بها 11 صبغياً + حيوان منوي به 10 صبغياً يعطي زايجوت به 21 صبغياً تنشأ عنه حشرة ذكر.

ويوجد النظام نفسه في الجراد النطاط Grasshopper حيث اتضح أن أنثى الجراد تحتوي خلاياها على 24 صبغياً بينما تحتوي خلايا الذكر على 23 صبغياً.

2.6 تحديد الجنس اعتماداً على نوع الصبغيات

يوجد هذا النوع من طرق تحديد الجنس في عدد من ذوات الثدي (الإنسان) وبعض الحشرات والطيور وبعض النباتات أحادية الجنس (ثنائية المسكن). وفي هذا النوع من طرق تحديد الجنس توجد في الفرد صبغيات خاصة تحدد الجنس تسمى صبغيات الجنس، وتوجد أنظمة مختلفة لتحديد الجنس اعتماداً على نوع الصبغيات منها:

1. النظام XX،Y: وفيه يكون الذكر مسئولاً عن تحديد الجنس، كما هو الحال في الإنسان، أي أن الذكر متباين الأمشاج (الحيوانات المنوية). ففي الإنسان تحتوي كل خلية جسدية على 23 زوجا من الصبغيات أي 46 صبغياً تقسم إلى نوعين كما في الشكل (14).

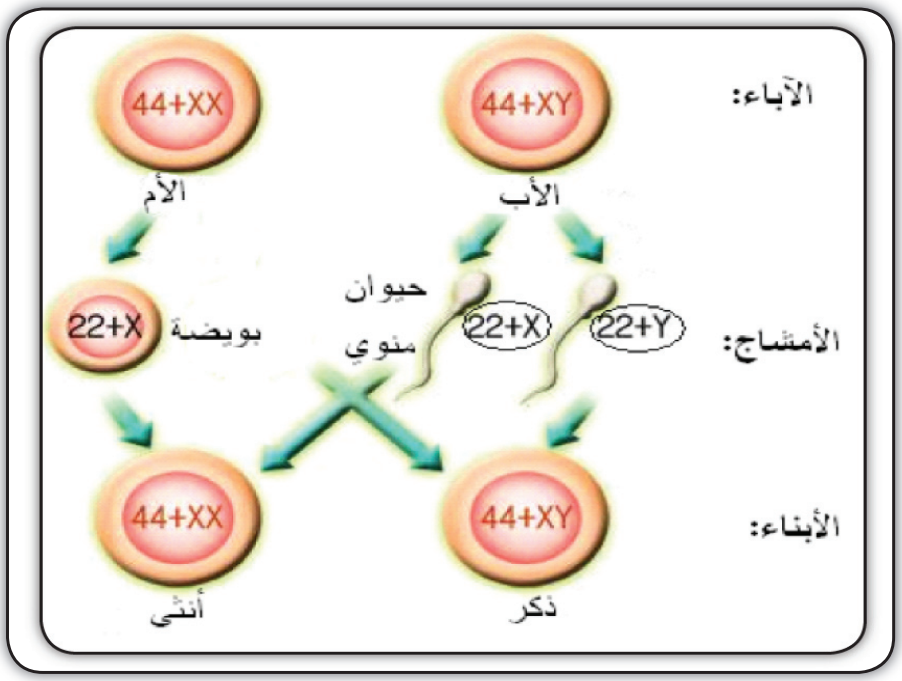


الشكل(14): الصبغيات في الذكر والأنثى في الإنسان

أ. صبغيات الجسد (الاتوسومات) Autosomes: وهي الصبغيات المسؤولة عن توريث كل الصفات الوراثية ما عدا الصفات التي

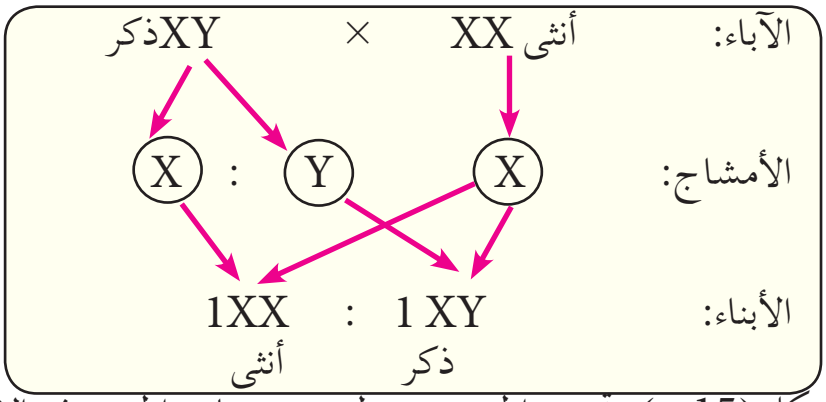
تتحكم فيها الصبغيات الجنسية، وعددها 22 زوجاً ويرمز لها بالحرف A.

ب. صبغيات الجنس Sex Chromosomes وهي الصبغيات المسؤولة عن تحديد الجنس، وعددها زوج واحد، وهي متشابهة في أنثى الإنسان (XX) ومتباينة في الذكر (XY)، وتحمل صبغيات الجنس جينات تتحكم في الصفات الجنسية. وتنتج أنثى الإنسان بالانقسام الاختزالي بويضات متماثلة في كل منها صبغي الجنس X بالإضافة إلى 22 صبغياً جسمياً. أما الذكر فينتج حيوانات منوية متباينة حيث نصف عددها يحمل صبغي الجنس X والنصف الآخر يحمل صبغي الجنس Y بالإضافة إلى 22 صبغياً جسمياً في كل مشيج، وكما يلي:



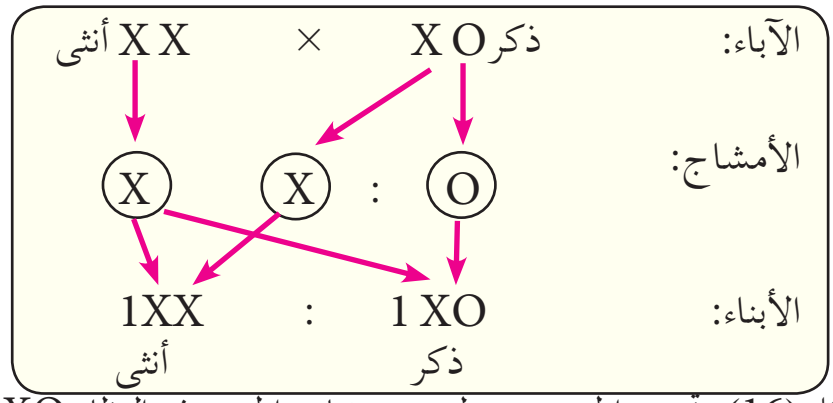
الشكل (15أ): تحديد الجنس عن طريق صبغيات الجنس في الإنسان

ولنسهل فهم تحديد الجنس يمكن الاستغناء عن صبغيات الجسد وتمثيل الذكر والأنثى بصبغيات الجنس فقط كما يلي:



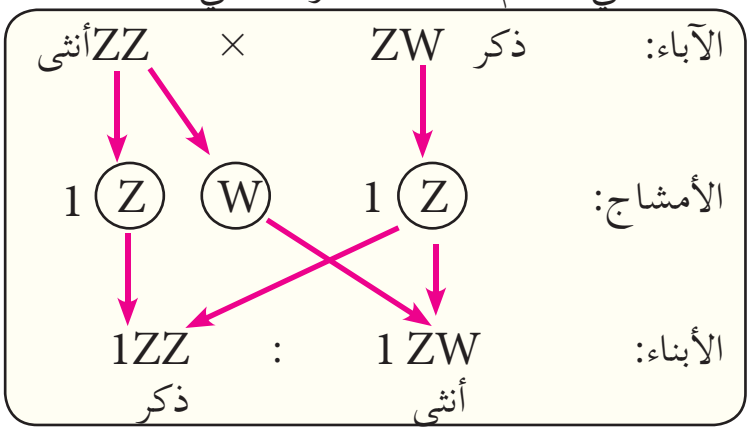
الشكل (15ب): تحديد الجنس عن طريق صبغيات الجنس في الإنسان

2. النظام XO، XX: وهو نظام تحتوي فيه الأنثى على زوج من صبغيات الجنس (XX) بينما يحتوي الذكر على صبغي جنس واحد (X) ويرمز للذكر ب XO حيث الحرف O يمثل غياب صبغي الجنس. وفي هذا النظام تكون الأنثى متماثلة الأمشاج حيث تنتج بويضات تحتوي كلها على صبغي الجنس ((X بينما ينتج الذكر حيوانات منوية يحتوي نصفها على صبغي الجنس (X) والنصف الآخر لا يحتوي على صبغي جنس (O). وعند إخصاب بويضة بحيوان منوي يحتوي على صبغي جنس X)) تتكون أنثى XX)) وعند إخصاب بويضة بحيوان منوي خال من صبغي الجنس ((O يتكون ذكر (XO). ومن أمثلة الكائنات التي تظهر النظام XO،XX الديدان الثعبانية وبعض أنواع الفراش والجنادب والصراصير والبراغيث.



الشكل (16): تحديد الجنس عن طريق صبغيات الجنس في النظام XO، XX

3. النظام ZW،ZZ: هذا النظام يشابه نظام XX،XY إلا أن الذكر يكون متشابه (متماثل) صبغيات الجنس ZZ والأنثى مختلفة (متباينة) صبغيات الجنس ZW أي أن الأنثى هي المسؤولة عن تحديد الجنس لأنها تنتج بويضات متباينة من حيث صبغيات الجنس، في حين أن الذكر ينتج حيوانات منوية متماثلة صبغيات الجنس، ويوجد هذا النظام في الطيور والزواحف وبعض الأسماك وبعض الحشرات مثل بعض أنواع الفراش. ولقد تم استخدام الأحرف Z و W لتمييزها عن الأحرف X و Y المستخدمة في النظام XY ،XX وكما يلي:



الشكل (17): تحديد الجنس عن طريق صبغيات الجنس في النظام ZW،ZZ

تدريب (3)

1. مستخدماً الرسم، وضح كيف يتم تحديد الجنس في الإنسان.
2. مستخدماً الرسم، وضح كيف يتم تحديد الجنس في بقة القرع.
3. وضح كيف يتم تحديد الجنس في النظام ZW،ZZ.
4. يوجد في خلايا ذبابة الفاكهة (الدروسفيلا) أربعة أزواج من الصبغيات ثلاثة أزواج منها صبغيات الجسد وزوج واحد من صبغيات الجنس، وينتج الذكر صبغيي الجنس XY والأنثى صبغيي الجنس XX. اعتماداً على المعلومات السابقة ارسم مخططاً يشمل صبغيات الجسد A توضح فيه طريقة تحديد الجنس في ذبابة الفاكهة.

أسئلة تقويم ذاتي

أجب عن الآتي:

1. وضّح العوامل الوراثية المسؤولة عن تحديد الجنس في الكائنات الحية؟
2. عرف التالي:
   (أ) الكائنات أحادية الجنس
   (ب) الكائنات ثنائية الجنس.
3. بيّن كيفية تحديد الجنس في النحل؟ دعم إجابتك بالرسم.
4. عرّف:
   (أ) صبغيات الجسم
   (ب) صبغيات الجنس.

7. الوراثة المرتبطة بالجنس Sex- Linked Inheritance

من الدرس السابق علمت أن الجينات التي تحدد الجنس محمولة على صبغيات الجنس. هل توجد جينات غير جنسية تحمل على هذه الصبغيات؟

وإذا وجدت جينات غير جنسية فعلى أي صبغي تُحمل ؟ أعلى صبغي الجنس X؟ أم على الصبغي Y؟ أم تحمل على كلا صبغيي الجنس (X و Y) ؟

تقسم الصفات الوراثية في عدد كبير من الكائنات الحية إلى نوعين هما:

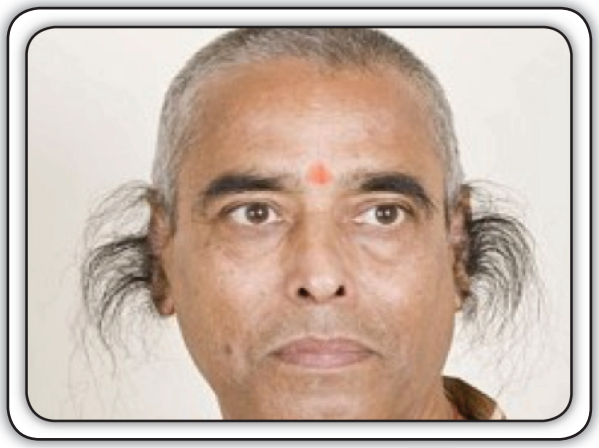
1. **الصفات المرتبطة بصبغيات الجسد** وهي صفات تحمل جيناتها على صبغيات الجسد.
2. **الصفات المرتبطة بصبغيات الجنس** وهي صفات تحمل جيناتها على صبغيات الجنس، وتسمى الصفات الوراثية المرتبطة بالجنس.

الصفات المرتبطة بالجنس نوعان هما: الصفات الوراثية المرتبطة

بصبغي الجنس Y والصفات الوراثية المرتبطة بصبغي الجنس X.

1.7 الصفات الوراثية المرتبطة بصبغي الجنس Y

هي صفات وراثية نادرة تُحمل جيناتها على صبغي الجنس Y ولا يوجد مثيل لها (أليل) في الصبغي X. وتعود ندرتها إلى أن صبغي الجنس Y يحمل جينات قليلة جداً مقارنة بصبغي الجنس X. ومن أمثلة ذلك وجود شعر كثيف على الأذن Ear Hairy وهي صفة وراثية في الرجال في بعض العائلات في سيلان والهند وسكان استراليا الأصليين ولا تظهر هذه الصفة على الإناث أبداً (الشكل 18).



الشكل (18): نمو الشعر الكثيف على الأذن

2.7 الصفات الوراثية المرتبطة بصبغي الجنس X

هي نوعان هما:

أ. **الصفات الوراثية السائدة المرتبطة بصبغي الجنس X** وهي صفات نادرة، وتكون سائدة في الجنسين (الذكر والأنثى).

ب. **الصفات الوراثية المتنحية المرتبطة بصبغي الجنس X** وهي صفات توجد جيناتها في الإناث والذكور وتعبر عن نفسها في الأنثى عندما تكون لديها زوجاً من الجينات المتنحية (نسختين) وتظهر في الذكر إذا كان الجين فرداً، لأن الذكر له صبغي جنسي واحد من النوع X. وعليه لكي تظهر الصفة المرتبطة بالجنس المتنحية في الذكر فإنها تحتاج لجين واحد فقط، وهذا هو السبب الذي يجعل حدوث الصفات المرتبطة بالجنس في الذكور

أكثر من الإناث.

- كم جين يحتاج الذكر حتى تظهر عليه الصفة المتنحية المرتبطة بالجنس ؟
- كم جين تحتاج الأنثى حتى تظهر عليها الصفة المتنحية المرتبطة بالجنس ؟

أمثلة للصفات الوراثية المتنحية المرتبطة بالجنس

1. عمى الألوان Red- Green Colour Blindness:

من الصفات الوراثية المتنحية المرتبطة بالجنس عمى الألوان (الأحمر والأخضر)، ومرض عمى الألوان هو عدم تمييز الفرد المصاب به بين اللونين الأحمر والأخضر. وينتشر هذا المرض في الذكور بنسبة 1 في كل 25 ذكر (4%) وفي الإناث بنسبة 1 في كل 150 أنثى (0.67%) وذلك لأن جين المرض متنحي ويُحمل على صبغي الجنس X فقط، وترجع هذه الحالة للجين المتنحي b أما الجين السائد B فيتسبب في الرؤية العادية ، واحتمالات هذا الجين هي:

الطراز المظهري	الطراز الوراثي
ذكر عادي البصر	X^BY^o
ذكر مصاب بعمى الألوان	X^bY^o
أنثى عادية البصر	X^BX^B
أنثى عادية البصر (حاملة لمرض عمى الألوان)	X^BX^b
أنثى مصابة بعمى الألوان	X^bX^b

مثال:

ما الطراز الوراثي لطفل مصاب بعمي الألوان إذا كان والده وأجداده غير مصابين بعمي الألوان؟ ومن أين ورث المرض؟

الحل:

الطراز الوراثي للطفل هو XbYo لأنه يرث من والده الصبغي Y وهذا الصبغي لا يحمل جيناً لمرض عمى الألوان وبالتالي يكون جين عمى

الألوان على الصبغي X الذي ورثه من أمه.

2. مرض نزف الدم (عدم التجلط، الناعور) Haemophilia:

مرض نزف الدم في الإنسان مرض وراثي متنحي مرتبط بصبغي الجنس X وينتج عن نقص بروتين ضروري لتجلط الدم، ولوحظ أن معظم المصابين به عادة ما يكونون ذكوراً. لماذا؟

إذا رمزنا لجين الإصابة بنزف الدم بالحرف h وجين عدم الإصابة بالحرف H وإذا علمنا أن جين عدم الإصابة يسود على جين الإصابة بالمرض فهنالك ثلاثة احتمالات لهذا الجين كما يلي:

الأفراد	التركيب الوراثي للأنثى	التركيب الوراثي للذكر
أفراد سليمة	X^HX^H	X^HY^o
أفراد حاملة للمرض	X^HX^h	–
أفراد مصابة بالمرض	X^hX^h	X^hY^o

تلاحظ من ما سبق أن الأفراد الحاملة لمرض نزف الدم إناث فقط. لماذا ؟

مثال: تزوج رجل غير مصاب بمرض نزف الدم من فتاة حاملة لمرض نزف الدم ما:

1. الطراز الوراثي للرجل والفتاة ؟
2. الطراز المظهري والوراثي لكل أبنائهم ؟
3. ما هو احتمال انجاب أبناء ذكور مصابين بالمرض ؟

الحل: الطراز الوراثي للرجل X^HY^o والطراز الوراثي للفتاة X^HX^h

1. الآباء: $X^HY^o \times X^HH^h$

الامشاج: $1Y^o : 1X^H$ $1X^h : 1X^H$

الأبناء : $X^h Y^o : X^HX^h : X^HY^o : X^H X^H$

- الأبناء الذكور 50% منهم مصاب بالمرض و 50% سليمين.
- الإناث 50% منهن حاملات للمرض.

2. احتمالات إنجاب أبناء ذكور مصابين 50% من مجموع الذكور و25% من مجموع الذكور والإناث.

تدريب (3)

1. تزوج رجل عادي الرؤية من فتاة عادية الرؤية والدها مصاب بعمى الألوان ما احتمال أن ينجبا أبناءً وبناتاً مصابين بالمرض؟
2. تزوج رجل مصاب بمرض نزف الدم بفتاة حاملة للجين المسبب للمرض، ما هي احتمالات ظهور هذا المرض في أبنائهم؟
3. خصلة الشعر البيضاء في مقدمة شعر الرأس في الإنسان صفة متنحية مرتبطة بصبغي الجنس X، ما هي احتمالات توريث هذه الصفة في الأبناء والبنات الناتجين عن زواج رجل ذي شعر عادي بامرأة ذات خصلة بيضاء؟

أسئلة تقويم ذاتي

- أجب عن الآتي:

أ/ عرّف:

1. الصفة الوراثية المرتبطة بالجنس.
2. الصفة الوراثية المرتبطة بصبغيات الجسد.

ب/ علّل:

1. مرض عمى الألوان نادر الحدوث في الإناث.
2. الصفات الوراثية المرتبطة بصبغي الجنس Y حالات نادرة.

8. الصفات الوراثية المتأثرة بالجنس Sex- Influenced Traits

هي صفات وراثية تحمل جيناتها على صبغيات الجسد لكنها تتأثر بالجنس مثل صفة الصلع عند الإنسان التي للهرمونات الجنسية دور ضروري لاظهارها حيث يمكن أن يكون للذكر والأنثى نفس الطراز الوراثي ، لكن الطراز المظهري يعبر عن نفسه في احد الجنسين فقط. فجين الصلع سائد في الذكور ومتنحي في الإناث، لذا فوجود جين (أليل) سائد واحد كاف لإظهار صفة الصلع في الذكور، أما في الإناث فلابد من وجود الجينيِّن (الأليلين) لإظهار صفة الصلع. فإذا رمزنا لجين الصلع السائد بالحرف b+ وجين عدم الصلع المتنحي بالحرف b فإن احتمالات هذا الجين تكون كما يلي:

الطراز الوراثي	الذكر	الأنثي
bb	غير أصلع	غير صلعاء
b+ b	أصلع	غير صلعاء
+b+b	أصلع	صلعاء

ومن الأمراض الوراثية المتأثرة بالجنس داء النقرس وهو أكثر انتشاراً في الذكور والسبب في ذلك الهرمون الجنسي الذكري (التستوستيرون). ويندر حدوث داء النقرس في الإناث قبل سن اليأس ، ويزيد حدوثه بعد ذلك.

مثال آخر: **جينات القرون في بعض الماشية**، تُحمل جينات صفة القرون في بعض الماشية على صبغيات الجسد ولكن عملها يتأثر بوجود الهرمونات الجنسية الذكرية والأنثوية. وصفة القرون يتحكم فيها أكثر من زوج واحد من الجينات، لكن لغرض التبسيط سنكتفي بزوج واحد من الجينات.

فإذا رمزنا لجين القرون السائد بالحرف h^+ وجين عدم القرون المتنحي بالحرف h وتزاوج:

(أ) ثور ذو قرون نقي مع بقرة عديمة القرون نقية،

(ب) ثور ذو قرون خليط مع بقرة عديمة القرون خليطة،

فإن نتائج هذا التهجين تكون كما يلي:

أ
الآباء: البقرة الثور
h^+h^+ × hh
الأبناء: h^+h
100% ذوو قرون إذا كانت ذكوراً
100% عديمة القرون إذا كنّ إناثاً

ب
الآباء: البقرة الثور
h^+h × h^+h
الأبناء: $1hh : 2h^+h : 1h^+h^+$
3 عديمو القرون : 1 ذو قرون، إن كنّ إناثاً
3 ذوو قرون : 1عديم القرون، إن كانوا ذكوراً

- **لاحظ:**

1. الفرد h^+h^+ ذو قرون إن كان ذكراً أو أنثي.
2. الفرد h^+h ذو قرون أن كان ذكراً وعديم القرون إن كان أنثى.
3. الفرد hh عديم القرون ذكراً كان أم أنثى.

9. الصفات الوراثية المقصورة على الجنس Sex–limited Traits

هي صفات جيناتها تُحمل على صبغيات الجسد، لكنها تظهر على أحد الجنسين (الذكر أو الأنثى) ولا تظهر على كليهما نتيجة لوجود أو غياب الهرمونات الجنسية، أي لها علاقة بنشاط الهرمونات الجنسية التي تتحكم في ظهور الصفات الجنسية الثانوية في الفرد مثل ظهور اللحية في الذكور البالغين، وذلك تحت تأثير الهرمون الجنسي الذكري. وهذا الهرمون غائب في الإناث لذا لا تظهر لحية على الإناث. ونتيجة للهرمونات الجنسية الأنثوية تظهر على الإناث بعض الصفات الجنسية المقصورة على الجنس مثل نمو الأثداء وإفراز اللبن. ويمكن التمييز بين الصفات المرتبطة بالجنس والصفات المقصورة على الجنس كالتالي:

1. **الصفات المرتبطة بالجنس** تظهر في كلا الجنسين الذكر والأنثى.
2. **الصفات المقصورة على الجنس** تظهر في أحد الجنسين فقط، ويعتمد ظهورها على التفاعل بين الطراز الوراثي (الجيني) والهرمونات الجنسية للفرد سواءٌ كان ذكراً أو أنثى.

تدريب (4)

في ماشية دورسيت وسوفولك جين القرون H سائد على جين عدم القرون h ويتأثر عمل الجينين بالهرمونات الجنسية، حيث هرمونات الذكورة تساعد على ظهور القرون وهرمونات الأنوثة تمنع ظهور القرون. فإذا تزاوج ثور عديم القرون مع بقرات ثلاث وفقاً لما يأتي:

1. عند تزاوجه مع البقرة (أ) ذات القرون أنجبا عجلاً ذا قرون.
2. عند تزاوجه مع البقرة (ب) ذات القرون أنجبا عجلاً عديم القرون.
3. عند تزاوجه مع البقرة(ج) عديمة القرون أنجبا عجلاً ذا قرون.

- وضح الطرز الوراثية لكل من الثور والبقرات الثلاث والعجول الثلاثة وجنس العجل الناتج من كل تزاوج.

أسئلة تقويم ذاتي

أجب عن الآتي:

1. عرف: أ. الصفات الوراثية المتأثرة بالجنس.
   ب. الصفات الوراثية المقصورة على الجنس.
2. علل لما يأتي:
   لا بد من وجود جينين b^+b^+ لتظهر صفة الصلع في الأنثى، بينما وجود جين واحد b^+b لهذه الصفة يكفي لظهور صفة الصلع في الذكر.
3. كيف يمكن التمييز بين الصفات الوراثية المقصورة على الجنس والصفات الوراثية المرتبطة بالجنس؟
4. بيّن الفرق بين الصفة الوراثية المتأثرة بالجنس والصفة الوراثية المَقصورة على الجنس.

10. الارتباط والعبور Linkage and Crossing over

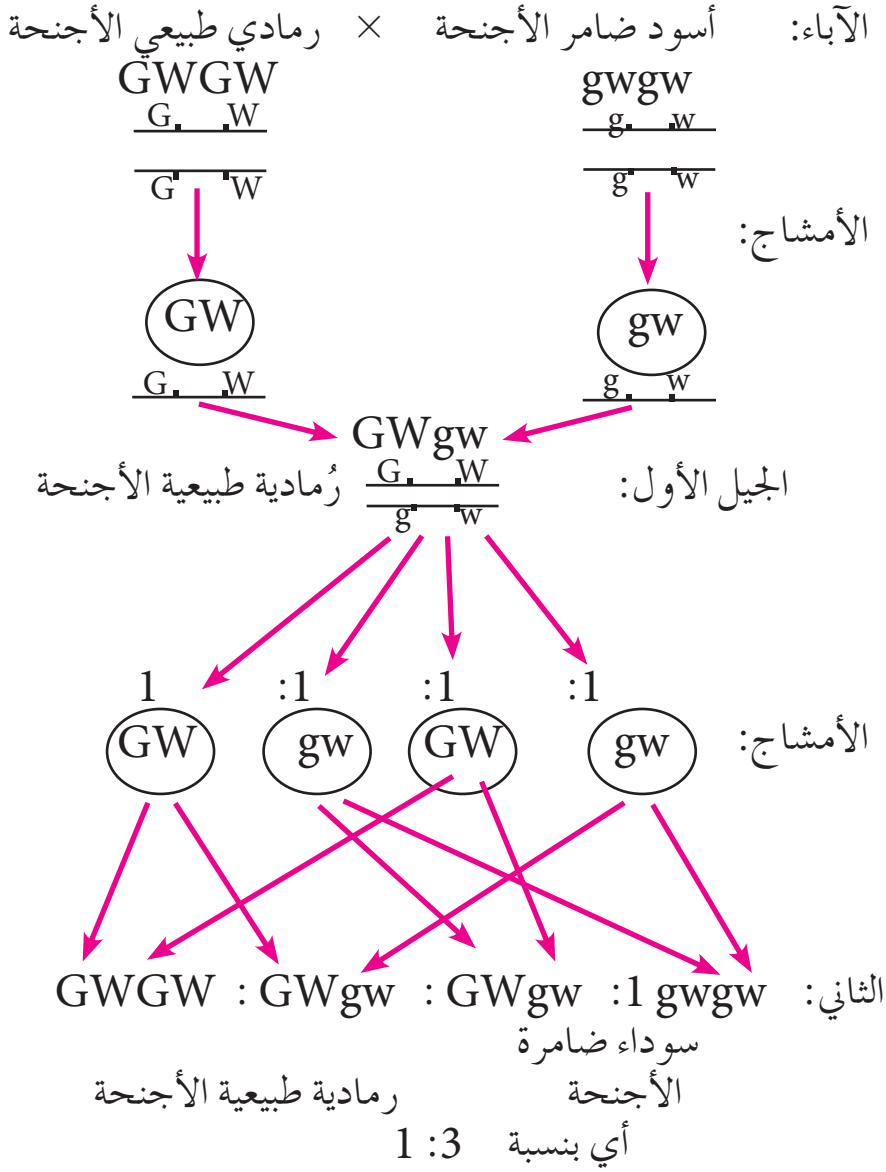
1.10 الارتباط Linkage

تُحدد صفات الكائن الحي آلاف الجينات التي توجد في عدد محدود من الصبغَيات، والجينات التي تحمل على نفس الصبغي تسمى جينات مرتبطةLinked genes. ففي الإنسان يوجد 23 زوجاً من الصبغيات مكونة 23 مجموعة ارتباطية من الجينات.

تُحمل الجينات المرتبطة على نفس الصبغي وبالتالي فإنّ الصفات الوراثية التي تتحكم فيها تكون أيضاً مرتبطة ببعضها البعض وتورث في مجموعة واحدة لأنّ الجينات التي تتحكم فيها على صبغي واحد، لذا لا تخضع الصفات المرتبطة ببعضها البعض لقانون التوزيع الحر لمندل.

مثلاً:

في ذبابة الفاكهة (الدروسفيلا) لون الجسم الرمادي يسود على لون الجسم الأسود وحجم الأجنحة العادية يسود على الأجنحة الضامرة. فإذا تزاوج ذكر أسود اللون ضامر الأجنحة gwgw مع أنثى رمادية اللون طبيعية الأجنحة نقية GWGW فإنّ أفراد الجيل الأول تكون رمادية اللون طبيعية الأجنحة، وفي الجيل الثاني تكون رمادية اللون طبيعية الأجنحة وسوداء اللون ضامرة الأجنحة بنسبة 1:3 على التوالي، أي أن صفتي لون الجسم وحجم الأجنحة ورثتا كزوج واحد من الصفات المتضادة وليس كزوجين من الصفات المتضادة، ولم توزع جيناتها توزيعاً حراً لتعطي نسبة 1:3:3:9 التي مرت عليك في قانون مندل الثاني. ولتفسير هذا السلوك افترض العالم مورجان أنّ جينات هذه الصفات توجد على الصبغي نفسه (الشكل 91).



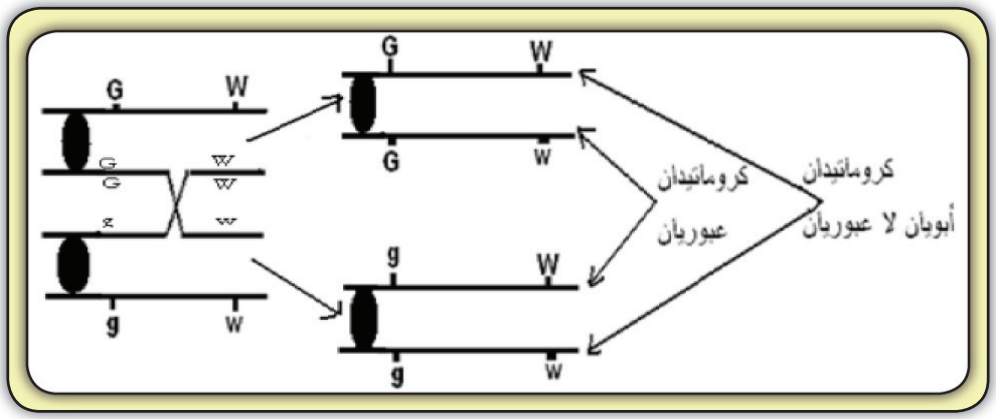
الشكل (19): :توارث الصفات المرتبطة ببعضها في ذبابة الفاكهة (دون حدوث عبور)

لكن افتراض مورجان لتفسير ارتباط الجينات واجه مشكلة هي أن الجينات المرتبطة قد تنفصل عن بعضها البعض في بعض الحالات فتظهر نسب غير عادية، فمثلاً قد تظهر ذبابة سوداء اللون طبيعية الأجنحة gWgW

أو ذبابة رمادية اللون ضامرة الأجنحة GwGw. ولقد أوضح مورجان أن سبب هذه النسب غير العادية يعود لظاهرة تسمى العبور Crossing Over.

2.10 العبور Crossing over

العبور هو تبادل للمادة الوراثية (الجينات) بين كرماتيدتين غير شقيقتين، و يحدث أثناء الانقسام الاختزالي عند تقابل الكروماتيدات الأربع لزوج الصبغيات المتماثلة. وقبل أن تنفصل هذه الصبغيات لتنتقل إلى الامشاج المختلفة (الشكل 20). ويتم العبور عند تلامس زوج من الكروماتيدات غير الشقيقة عند نقطة تسمى التصالب Chiasma، تُشكل عندها الكروماتيدتان غير الشقيقة شكل صليب يمثل المظهر الخلوي لعملية العبور. والتصالب مصطلح علمي يقصد به النقطة التي تلتقي فيها كروماتيدتان غير شقيقتين أثناء عملية العبور، ويساهم العبور في التغيرات الوراثية.



الشكل (20): :ظاهرة ارتباط الصفات وعملية العُبور

تدريب (5)

رجل أصلع (خليط) مصاب بعمى الألوان تزوج فتاة شعرها طبيعي (خليطة) وحاملة لجين عمى الألوان، ما الطرز الوراثية والمظهرية المحتملة لأبنائهما؟ وما احتمال أن ينجبا أنثى صلعاء مصابة بعمى الألوان.

11. الطفرات Mutations

ينتج التكاثر الجنسي أفراداً جديدة تختلف في تركيبها الوراثي عن الآباء، وهذه الاختلافات الوراثية تساعد على:

1. تكيف وملاءمة الكائنات الحية للبيئة التي تعيش فيها.
2. إنتاج سلالات جديدة من النباتات والحيوانات.

وتنشأ معظم الاختلافات الوراثية في صفات الأفراد عن الأسباب التالية:

1. انعزال الصفات الوراثية.
2. العبور وتبادل الجينات أثناء الانقسام الاختزالي والإخصاب.
3. الطفرات.

- **فما المقصود بالطفرة؟**

الطفرة تغيير مفاجيء في تركيب المادة الوراثية للخلية الحية يمكن أن ينتقل منها إلى خلاياها البنيوية عند انقسامها.

تسبب معظم الطفرات أضراراً للكائن الحي، وبعضها لا يؤثر فيه، بينما البعض الآخر ذو فائدة له.

- **أسباب حدوث الطفرات**

تحدث الطفرات بسبب أحد العوامل الآتية:

1. حدوث خطأ في نسخ الدنا عند انقسام الخلية.
2. حدوث تغير في الدنا بسبب أحد العوامل البيئية.
3. توزيع غير متساوٍ للصبغيات أثناء انقسام الخلايا.

- أنواع الطفرات

الطفرات نوعان هما طفرات صبغية وطفرات جينية.

1.11 الطفرات الصبغية Chromosomal Mutations

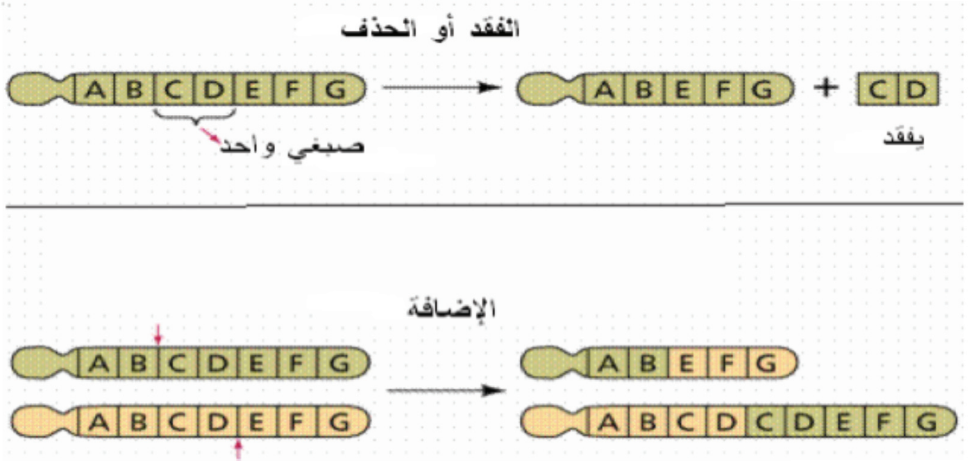
الطفرة الصبغية تغير يحدث في تركيب الصبغي أو في عدد الصبغيات في الخلية.

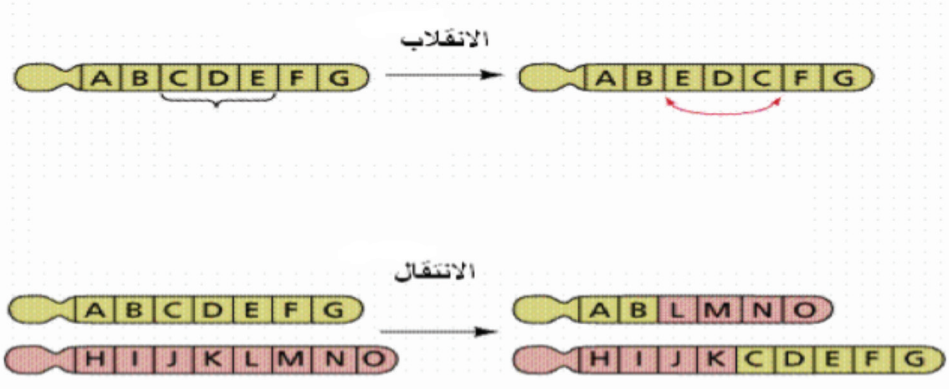
أولاً: الطفرات الناشئة عن تغير في تركيب الصبغي

هي تغيرات تحدث أحياناً أثناء الانقسام الاختزالي وتؤدي إلى إعادة ترتيب أجزاء الكروماتيدات بطرق عدة، وقد يحدث ذلك بسبب أحد مسببات الطفرات مثل الأشعة السينية وبعض المواد الكيميائية مثل غاز الخردل، وتختلف هذه التغيرات عن التغيرات التي تنتج من عملية العبور أثناء الانقسام الاختزالي.

وتتخذ التغيرات في تركيب الصبغي أشكالاً مختلفة منها الإنتقال والانقلاب والإضافة والحذف (الفقد). (الشكل 21)

1. الانتقال Translocation: هو انتقال جزء من صبغي إلى صبغي آخر غير مماثل له.
2. الانقلاب Inversion: هو انفصال جزء من الصبغي (نتيجة حدوث كسرين) والتحامه بصورة معكوسة في الموضع (الموقع) نفسه مما يقود إلى عكس ترتيب الجينات في هذا الجزء من الصبغي.
3. الإضافة Addition: هو انفصال جزء من صبغي واتصاله بصبغي مماثل مما يؤدي إلى تكرار بعض الجينات في الصبغي الذي تمت الإضافة إليه.
4. الحذف (الفقد) :Deletion هو انفصال جزء من الصبغي وفقده مما يؤدي إلى فقد بعض الجينات من هذا الصبغي.





الشكل (21): الطفرات الصبغية

ثانياً: الطفرات الناشئة عن التغير في عدد الصبغيات

تنشا من عدم انفصال الصبغيات أو التضاعف الصبغي.

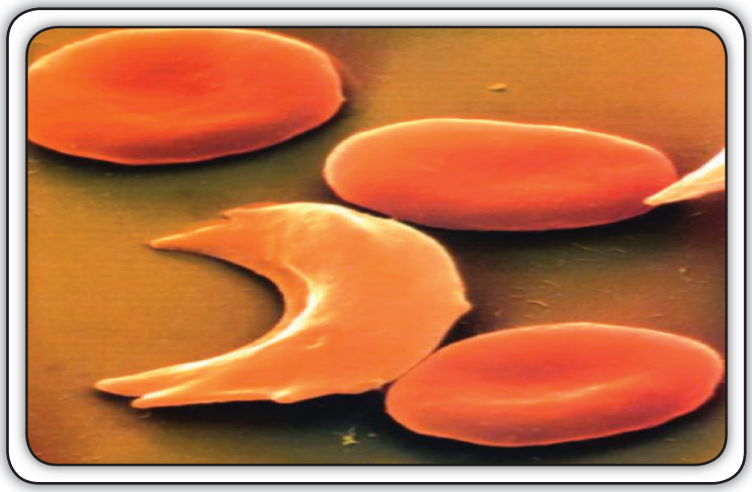
1. عدم الانفصال Non–disjunction: هو عدم انفصال زوجي من الصبغيات المتماثلة الجسدية أو الجنسية أثناء الانقسام الاختزالي مما يؤدي إلى أن تكون الأمشاج الناتجة محتوية على عدد من الصبغيات أكثر أو أقل من العدد الطبيعي. وعندما يتم الإخصاب فان الأفراد الناتجة لا تحتوي على العدد الطبيعي من الصبغيات فتظهر على الأفراد اختلالات وأمراض وراثية عديدة.
2. التضاعف الصبغي Polyploidy: هي حالات تحتوي فيها الخلايا على عدد من الصبغيات يكون مضاعفاً للمجموعة الصبغيية الطبيعية (2x)، والسبب في ذلك عدم انفصال الصبغيات المتماثلة جميعها أثناء عملية الانقسام الاختزالي في الأب أو الأم. وعليه بدلاً من أن تكون الأمشاج أحادية الطاقم الصبغي (n = x) فإنها تكون ثنائية الطاقم الصبغي (n = 2x) وإذا تم لهذا المشيج إخصاب مشيج آخر أحادي (n = x) فان الزايجوت (الجنين) الناتج يكون ثلاثي الطاقم الصبغي (2n = 3x) وإذا قدر له إخصاب مشيج مماثل له (n = 2x) نتج فرد رباعي الطاقم الصبغي (2n = 4x). إن التضاعف الصبغي ليس مقصوراً على الانقسام الاختزالي فقد تنقسم بعض الخلايا ثنائية الطاقم الصبغي (2n = 2x) فتيلياً ولا تنفصل الصبغيات المتماثلة ولا تنقسم الخلية فتصبح

رباعية الطاقم الصبغي (2n= 4x). ينتشر التضاعف الصبغي في خلايا النباتات الزهرية، وتكون النباتات رباعية الطاقم الصبغي عادة ذات أزهار وثمار وبذور أكبر في الحجم من أزهار وثمار وبذور النباتات ثنائية الطاقم الصبغي.

2.11 الطفرات الجينية Gene Mutations

هي تغير في ترتيب القواعد النيتروجينية في جزيء الدنا (DNA) المكون للجين، حيث يقود ذلك إلى تغير في تركيب البروتين الذي تصنعلخلية.

فالطفرة الجينية تغير كيميائي يمكن أن ينتقل من الآباء إلى الأبناء عبر الأمشاج، وقد تؤثر الطفرة الجينية سلباً على الفرد مسببة اختلالاً أو مرضاً وراثياً مثل مرض أنيميا الخلايا المنجلية (الشكل 22).



الشكل (22): خلايا دموية سليمة وأخرى مصابة بالأنيميا المنجلية

تحدث الطفرات الجينية طبيعياً أو عند تعرض الفرد لمواد محدثة للطفرة مثل الإشعاعات المؤينة (أشعة ألفا وبيتا وجاما)، أو إشعاعات غير مؤينة مثل الأشعة فوق البنفسجية، أو مواد كيميائية.

يعتقد العلماء أن الطفرات الجينية تحدث عشوائياً من وقت لآخر في جميع أنواع الخلايا. والطفرات التي تحدث في الخلايا الجسدية غير مهمة لأنها لا تؤثر على الخلايا الأخرى في الفرد ولا في وظائف أعضائه، أما إذا

حدثت الطفرة الجينية في الفرد وهو جنين فقد تؤذيه أو تسقطه. الطفرات التي تحدث في الخلايا الجنسية يمكن أن تورث بعكس الطفرات في الخلايا الجسدية.

أسئلة تقويم ذاتي

أجب عن الآتي:

1. ما ارتباط الجينات، ما العبور، وما التصالب ؟
2. كيف تؤثر عملية العبور في ارتباط الجينات ؟ دعم إجابتك بالرسوم.
3. ما المقصود بالطفرة ؟
4. ما أنواع الطفرات ؟
5. ما الطفرة المفيدة ؟
6. ما الفرق بين الطفرة الناشئة عن تغير في تركيب الصبغي وتلك الناشئة عن التغير في عدد الصبغيات ؟
7. ما أسباب الطفرات ؟
8. وضح بالرسم طفرات الحذف والانقلاب والإضافة.
9. ما هو أ. التضاعف الصبغي؟ ب. عدم الانفصال الصبغي؟
10. وضح الفرق بين الطفرة الصبغية والطفرة الجينية.
11. أي أنواع الطفرات:
    أ. تؤثر في الفرد ولا تؤثر على أبنائه؟
    ب. يمكن أن تورث؟
12. ما فوائد الاختلافات الوراثية الناتجة عن التكاثر الجنسي؟
13. ما فوائد التضاعف الصبغي في النباتات الزهرية؟
14. ما مسببات الطفرات الجينية؟

12. الاختلالات الوراثية عند الإنسان Human Genetic Disorders

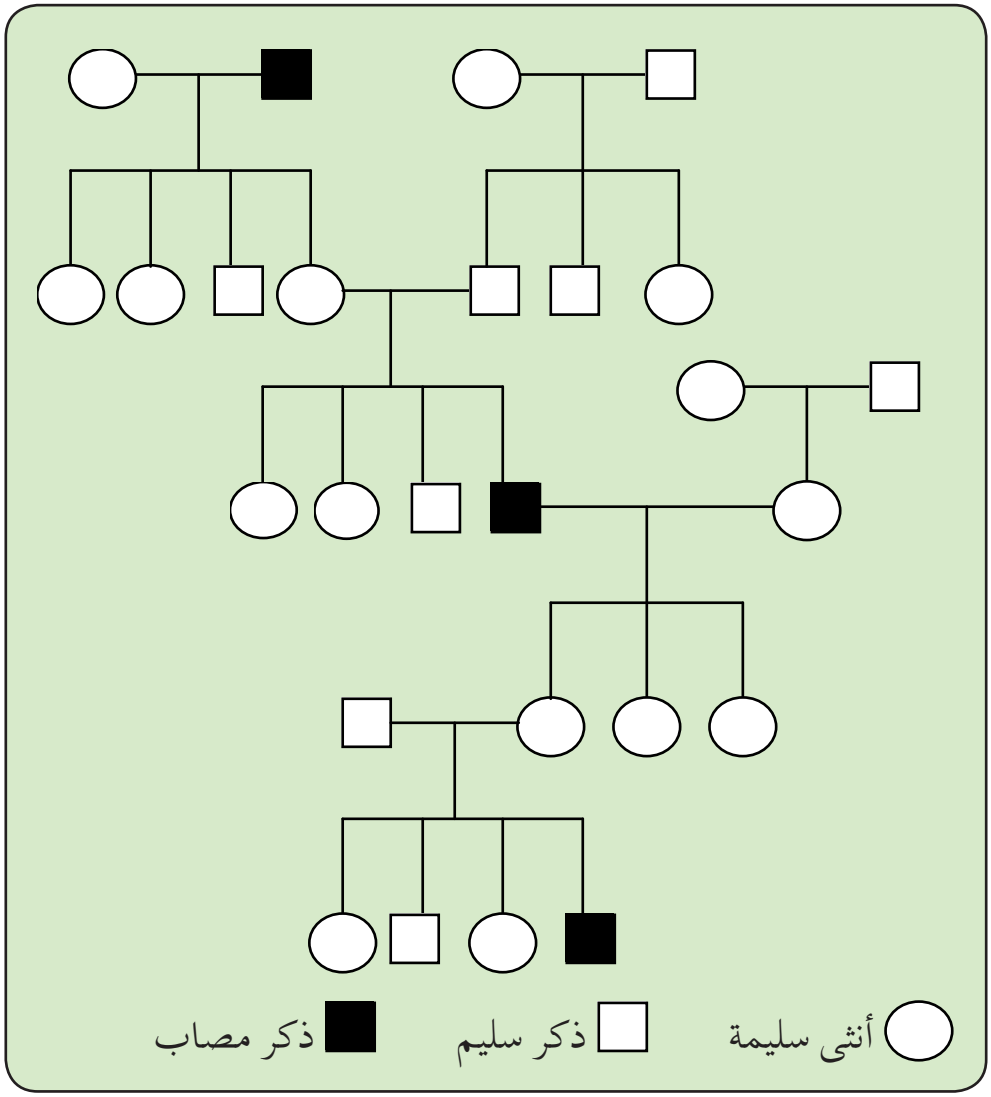
تعد دراسة الوراثة في الإنسان أكثر صعوبة منها في الكائنات الحية الأخرى وذلك للأسباب التالية:

1. طول دورة حياة الإنسان مقارنة بالكائنات الدقيقة والنباتات وبعض الحيوانات.
2. قلة أفراد العائلة الواحدة.
3. عدم إمكانية تنظيم تجارب تزاوج بين أفراد البشر، لأن ذلك يخالف الشرع والقانون.
4. لا يوجد سجل كامل للغالبية العظمى من العائلات.

سجل النسب

تمكن العلماء من دراسة توارث بعض الصفات عند الإنسان بتتبع ظهورها في عائلات معينة لعدة أجيال، وذلك باستخدام ما يسمى مخطط سلالة العائلة أو سجل النسب Pedigree Chart وهو مخطط يوضح علاقة الأجيال وانتقال الصفات الوراثية لعدد من الأجيال في عائلة واحدة. وباستخدام سجل النسب يمكن تحليل نتائج التزاوج وجمع المعلومات عن تاريخ العائلة لصفة وراثية معينة. ويستخدم علماء الوراثة رموزاً مُعينة عند رسم سجل النسب حيث الدوائر تمثل الإناث والمربعات تمثل الذكور (الشكل 23). وتستخدم النجوم عندما يكون الجنس مجهولاً والتظليل في كل رمز للتعبير عن الطراز المظهري. ويمكن متابعة صفتين في سجل النسب نفسه، وذلك بتقسيم الرمز إلى نصفين وتحديد تظليل معين لكل طراز مظهري.

اهتمت الدراسات الوراثية في الإنسان ببعض الاختلالات والأمراض التي لها أساس وراثي، والمرض الوراثي هو مرض ينتج عن وجود خلل جيني أو خلل في عدد أو تركيب الصبغيات في الأمشاج.



الشكل (23): وراثة الهيموفيليا في الإنسان عن طريق متابعتها في عائلة معينة

تقسم الاختلالات والأمراض الوراثية في الإنسان إلى نوعين هما:

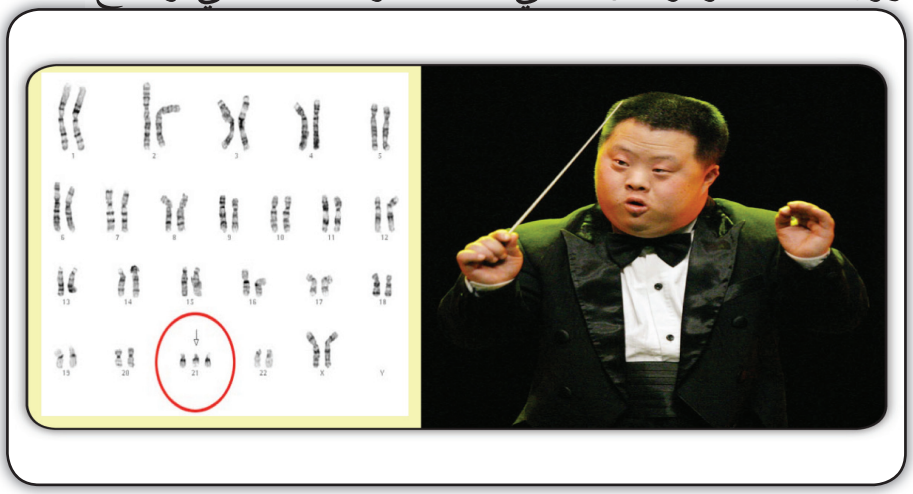
أ. أمراض مرتبطة بالعدد الصبغي.

ب. أمراض مرتبطة بالطفرات الجينية.

1.12 الأمراض الوراثية المرتبطة بالعدد الصبغي

هي أمراض وراثية ترتبط بعدد صبغيات الجسد (الاتوسومات) أو عدد صبغيات الجنس وذلك على النحو التالي:

1. **الأمراض المرتبطة بعدد صبغيات الجسد**: من أمثلتها متلازمة (عرض، تناذر) داون Down's Syndrome أو ما يسمى البلاهة المنغولية Mongolism، وهي تنتج عن زيادة عدد صبغيات الجسد صبغياً واحداً نتيجة لعدم انفصال زوج الصبغي رقم 21 أي 2n=47 بدلاً عن 2n=46 (الشكل 24). وأعراض البلاهة المنغولية هي:
   أ. ثنية أو طية في الجفن تشبه تلك التي تميز عيون المنغوليين.
   ب. جبهة بارزة، وتفلطح مؤخرة الرأس، ووجه دائري متسع، وأنف مضغوط.
3. قصر القامة (حوالي 120 سم)، وسمك وقصر القدم واليد، وشذوذ واضح في بصمات الأصابع.
4. بروز اللسان، ونمو غير طبيعي للقلب، وتخلف عقلي واضح.



الشكل (24): مظهر وصبغيات مصاب بمتلازمة داون

توجد علاقة بين معدل ظهور البلاهة المنغولية وعمر الأم عند الحمل، حيث تقدم الأم في العمر يزيد احتمال عدم انفصال زوج الصبغي رقم 21 فتنتج الأم بويضات تحمل 24 صبغياً وأخرى تحمل 22 صبغياً،

وعند إخصاب البويضة الأولى بحيوان منوي عادي ينتج جنين يحمل 47 صبغياً (ذكراً أو أنثى) تظهر عليه متلازمة داون.

ماذا يحدث إذا تم إخصاب البويضة التي تحمل 22 صبغياً بحيوان منوي عادي؟

2. **الأمراض الوراثية المرتبطة بعدد صبغيات الجنس:** تنتج عن عدم انفصال زوج صبغيات الجنس ومن أمثلتها التالي:

أ. **متلازمة تيرنر Turner's Syndrome**

وتحدث نتيجة عدم انفصال صبغيات الجنس XX في الأم أثناء الانقسام الاختزالي عند تكوين البويضات حيث تنتج نوعان من البويضات: بويضات خالية من صبغي الجنس X وبويضات لها اثنان من صبغي الجنس X. عند إخصاب البويضة الخالية من الصبغي(O) X) بحيوان منوي X تنتج أنثى تظهر أعراض متلازمة تيرنر إذ تحتوي 45 صبغياً فقط وبها صبغي جنسي واحد أي أنها XO.

- **أعراض متلازمة تيرنر :**

1. أنثى ناقصة القدرات العقلية وعقيمة، ذات مبايض صغيرة ولا تبلغ النضج الجنسي، والأثداء غير بارزة، وفي الغالب تموت.
2. قصيرة القامة، وعريضة العنق، وذات ثنية طويلة من اللحم على جانبي العنق، والأذن في موضع منخفض.
3. تتعرض للصمم وبعض العيوب الخلقية في القلب.

تحدث متلازمة تيرنر مرة واحدة في كل 10000 مولودة أنثى وهي نسبة قليلة وذلك لارتفاع معدل إسقاط الأجنة ذات التركيب الصبغي XO والتي تصل إلى أكثر من 90%.

ماذا يحدث إذا تم إخصاب البويضة الخالية O)) من الصبغي X بحيوان منوي يحتوي على الصبغي Y؟

أما إذا تم إخصاب البويضة XX بحيوان منوي Y فتنتج ذكراً تظهر عليه بعض صفات الأنثى ويفشل في إنتاج الحيوانات المنوية.

ب. متلازمة كلينفلتر Klinefelter's Syndrome

تنتج بسبب عدم انفصال زوج صبغيات الجنس في الأب XY أو

الأم XX أثناء الانقسام الاختزالي حيث يكون تركيب بعض الحيوانات المنوية XY وبعض البويضات XX بالإضافة إلى الحيوانات المنوية الطبيعية X وY والبويضات الطبيعية X ، ويكون تركيب الأفراد الناتجة بالنسبة لصبغيات الجنس كالتالي:

1. إذا كان الحيوان المنوي XY فعند إخصابه بويضة طبيعية X يتكون فرد ذكر تركيبه الصبغي XXY أي يحتوي 47 صبغياً. أمّا إذا كانت البويضة XX فعند إخصابها بحيوان منوي طبيعي Y يتكون فرد ذكر تركيبه الوراثي XXY يحتوي 47 صبغياً، وهو ذكر مظهرياً مع نقص في نمو أعضائه الجنسية، والخصية صغيرة لا تفرز حيوانات منوية أي غير قادر على الإنجاب، وبارز الأثداء، وذكاؤه أقل من المتوسط. ومعظم المصابين يعانون من نقص القدرات العقلية واضطرابات نفسية، ويطلق على هذه الحالات متلازمة كلينفلتر. وتتكررمتلازمة كلينفلتر مرة واحدة كل 1000 مولود ذكر.
2. إذا كانت البويضة XX وخصبت بحيوان منوي X تتكون أنثى تركيبها الصبغيي XXX بها 47 صبغياً تسمى الأنثى ثلاثية صبغي الجنس Meta female ، وهي غير مكتملة الخواص الجنسية والعقلية، وإذا خصبت هذه البويضة (XX) بحيوان منوي XY تكون ذكر تركيبه XXXY.

2.12 الأمراض الوراثية المرتبطة بالطفرات الجينية

من بين هذه الأمراض في الإنسان الهيموفيليا وأنيميا الخلايا المنجلية التي ورد ذكرها سابقاً.

13. البصمة الوراثية Genetic Print

لعلك سمعت كثيراً بالبصمة الوراثية ، خصوصاً في مجالات الكشف عن مرتكبي الجرائم الغامضة ، لذا سنُعرفك بنبذة عن ماهية البصمة الوراثية ، فتفضل معي. لقد توصل العلماء حديثاً لاستخدام تتابع القواعد النيتروجينية (Sequence) في(DNA) للتفرقة بين الأشخاص مما أدى

إلى حل ألغاز كثيرة من الجرائم. وتكفي كمية بسيطة من دم الإنسان أو أي جزء من جسمه (كالشعر مثلاً) التي يعثر عليها في مسرح الجريمة لتحديد تتابع (DNA) ومقارنة ذلك بالتتابع في خلايا المشبه فيهم.

14. الهندسة الوراثية : Genetic Engineering

أيضاً لا بد أن تتسأل عن ماهية الهندسة الوراثية . من المعروف أن (Species) في النبات والحيوان هو مجموعة متشابهة من الأفراد ومعزولا عزلاً تكاثرياً (تناسلياً) عن الأنواع الأخرى . وبالتالي لا يمكن أن ينقل جين من نوع إلى نوع آخر بالطرق التقليدية (التهجين) خاصة إذا كانت الأنواع بعيدة القرابة مثل القطن والقمح، والبكتريا والإنسان . لقد أدى التقدم الذي حدث في علم الوراثة ، بعد اكتشاف تركيب (DNA) عام 1953م ، خاصة في الربع الأخير من القرن العشرين إلى ما يسمى تقانة (DNA) المطعم (Recombinant DNA Technology) أو ما يعرف مجازاً بالهندسة الوراثية.

لقد أصبح في الإمكان إعادة صياغة (DNA) في الكائن الحي ونقل جينات بين كائنات معزولة تكاثرياً مثل الكائنات حقيقية النواة (مثل الإنسان) وعديمة النواة (كالبكتريا) مثل نقل الجين الذي يتحكم في إفراز الانسولين إلى بكتريا القولون فأصبحت مصنعاً لإنتاج هذا الهرمون المهم لمريض البول السكري ، ولقد استخدمت هذه التقنية في إنتاج أصناف من القطن مقاومة للحشرات ، وأصناف من فول الصويا والذرة الشامية مقاومة لمبيدات الحشائش ...الخ ، ويطلق عليها اسم المحاصيل المحورة وراثياً وتعد الهندسة الوراثية أحدث حقول المعرفة في مجال علوم الحياة ومن المتوقع أن تفتح الطريق إلى آفاق علمية أوسع في كثر من المجالات كالزراعة والطب والصناعة.

15. الاستشارة الوراثية Genetic Counselling

- هي ذهاب الفرد إلى مستشار طبي متخصص في الأمراض الوراثية لأخذ رأيه في مشكلة وراثية، خاصة الأفراد المقبلون على الزواج لمعرفة ما عليهم إتباعه لضمان نسل يتمتع بالصحة خال من الأمراض

والاختلالات الوراثية، خاصة إذا كان أحد الزوجين أو الاثنين معاً من أسر ظهرت فيها حالات مرضية وراثية. ويقوم المستشار الوراثي بدراسة الوضع الصحي للزوجين والتاريخ الطبي لأفراد عائلتيهما، ووضع مخطط نسب العائلتين، ثم التكهن بما إذا كان أحد الزوجين يحمل جين له علاقة بالأمراض الوراثية واحتمالات ظهور المرض في أبنائهما.

تدريب (6)

1. فتاة طرازها الوراثي XXX تزوجت رجل طرازه الوراثي XY ما احتمال أن ينجبا طفلاً مصاباً بمتلازمة كلينفلتر؟
2. في الإنسان جين لون العيون العسلية سائد على جين لون العيون الزرقاء وجين الأهداب الطويلة سائد على جين الأهداب القصيرة. باستخدام الرموز المناسبة أكتب الطرز المظهرية والوراثية للأبناء في عائلة الأب فيها غير متماثل الجينات لهاتين الصفتين والأم تحمل الجينات المتنحية لصفة لون العيون وغير متماثلة الجينات لصفة طول الأهداب.
3. في الإنسان جين لون الشعر البني (B) سائد على جين لون الشعر الأحمر (b) فسر سبب إنجاب رجل وزوجته كليهما ذي شعر بني لخمسة أطفال ثلاثة منهم بشعر أحمر واثنين بشعر بني.
4. هل ابن الرجل المصاب بعمى الألوان يكون بالضرورة مصاباً به؟ فسر إجابتك؟
5. إذا تزوج رجل مصاب بعمى الألوان امرأة طبيعية الرؤية متماثلة الجينات، فلن ينجبا أطفالاً مصابين بعمى الألوان، لكن إذا تزوجت إحدى بناتهم من رجل طبيعي الرؤية فان نسبة إنجابهما لأبناء ذكور مصابين بعمى الألوان تبلغ 50%. فسر ذلك مستخدماً الرسوم.

أسئلة تقويم ذاتي

أجب عن الآتي

1. :اذكر ثلاثة اختلالات وراثية مرتبطة بالعدد الصبغي.
2. علل: دراسة الوراثة في الإنسان أكثر صعوبة منها في الكائنات الحية الأخرى.
3. عرف الآتي:

سجل النسب، الأمراض المرتبطة بالعدد الصبغي، البلاهة المنغولية، الأمراض الوراثية المرتبطة بالصبغيات الجنسية ،متلازمة تيرنر، متلازمة كلينفلتر، الاستشارة الوراثية.

4. باختصار أذكر أهم أعراض:

أ. متلازمة داون ب. متلازمة تيرنر

ج. متلازمة كلينفلتر.

5. اذكر اختلالاً وراثياً سببه طفرة جينية، ثم صف أعراض هذا الاختلال؟
6. متى يجب أن تكون الاستشارة الوراثية قبل الزواج إجبارية؟
7. لا يشجع المستشار الوراثي زواج الأقارب، فسر ذلك.
8. ما سبب اختلاف التركيب الجيني للصبغيات في أمشاج كائن حي، عن تركيبها في الخلايا الجسدية لهذا الكائن؟ وكيف يمكن أن يسبب مثل هذا الاختلاف التنوع في صفات الكائنات الحية؟

الوحدة الثالثة

النِّظامُ البيئِي
Ecosystem



محتويات الجزء الأول من الوحدة الثالثة

الموضوع	الصفحة
أهداف الجزء الأول من الوحدة الثالثة	204
1. الدورات البيوجيوكيميائية	205
1.1 دورة الكربون	205
2.1 دورة الماء	208
2. عوامل توازن النظام البيئي الطبيعي واستقراره، وعوامل اختلاله	209
1.2 عوامل توازن النظام البيئي الطبيعي واستقراره	209
2.2 عوامل اختلال توازن النظام البيئي الطبيعي	209

أهداف الجزء الأول من الوحدة الثالثة

عزيزي الطالب ، بعد فراغك من دراسة هذا الجزء من الوحدة الثالثة، ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تُعرّف مفهوم الدورة البيوجيوكيميائية؛ وتُوضّح أهميتها في النَظام البيئي، وتُمثّل لها بوصف دورتَيْ الكربون والماء.
2. تشرح عوامل توازن النظام البيئي الطبيعي واستقراره؛ وعوامل اختلاله.

١. الدورات البيوجيوكيميائية
Biogeochemical Cycles

كما أسلفنا ذكره، فإنّ الكائنات الحية في كل نظام بيئي، تظل في حالة تفاعل مستمر مع بعضها من ناحية، ومع مكونات النظام البيئي غير الحية، من ماء وهواء وتربة، من ناحية أخرى. تأخذ الكائنات الحية المنتجة، العناصر الضرورية لتغذيتها من الهواء والماء والتربة، وتمر هذه في دورات خلال أجسامها، ثم تنتقل إلى أجسام الكائنات المستهلكة من مستوى غذائي إلى مستوى آخر حتى تصل إلى الكائنات المحللة، التي تعيدها بصورتها الأصلية ومن ثمّ إلى مصادرها الأولى في الجو والماء والتربة. وتسمّى حركة نقل العناصر من التربة والماء والهواء، خلال الكائنات الحية وحتى عودتها بصورتها الأصلية إلى مصادرها الأولى مرّةً أخرى، بالدورات البيوجيوكيميائية.

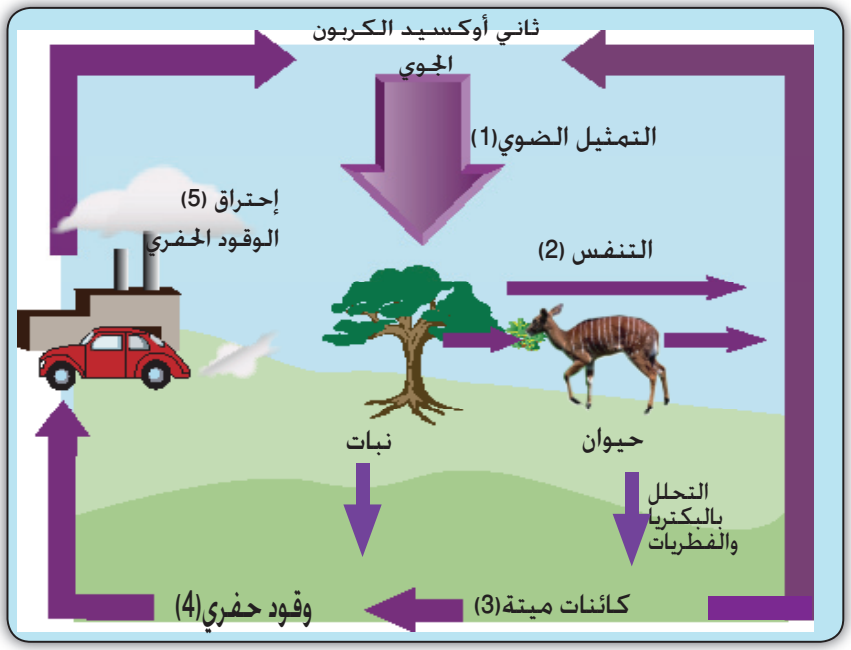
تدريب (1)

عرّف مفهوم الدورة البيوجيوكيميائية

1.1 دورة الكربون Carbon Cycle

تعتبر دورة الكربون من الدورات الكاملة (الشكل 1)؛ يشكل غاز ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي، والذائب في الماء، المستودع غير العضوي الرئيس لعنصر الكربون. هذا ويوجد قدر من الكربون مُختزناً في باطن الأرض (في شكل فحم حجري، وبترول، وغاز طبيعي)، وعلى سطح الأرض في شكل مواد جيرية (كربونات الكالسيوم)، كما يوجد في شكل مواد عضوية في التربة (مخلفات نباتية وحيوانية).

هذا، ويتحرر ثاني أوكسيد الكربون بعملية التنفس التي تقوم بها خلايا الكائنات الحية المنتجة والمستهلكة العاشبة واللاحمة والإنسان، وذلك بأكسدة المواد الغذائية العضوية بوساطة غاز الأوكسوجين في الخلايا.



الشكل (1): دورة الكربون في الطبيعة

سكر + أوكسوجين ⟵ طاقة + ثاني أوكسيد الكربون + ماء

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + Energy$$

كما يتحرر ثاني أوكسيد الكربون بعملية تفكك المواد العضوية في التربة بوساطة البكتيريا والفطريات، وغيرها من الكائنات الدقيقة المفككة (المحللة). وهناك مصادر أخرى لإنتاج غاز ثاني أوكسيد الكربون، تتمثل في إحتراق وإحراق المواد العضوية؛ فالمصانع والسيارات والقاطرات والطائرات وخلافها من الآليات التي تعمل بإحراق المواد البترولية والفحم الحجري والغاز الطبيعي، تنتج كميات هائلة من ثاني أوكسيد الكربون، تضاف إلى مخزون الكربون في الغلاف الجوي. وكذلك تفعل النيران التي تلتهم الكساء النباتي الطبيعي (غابات وغيرها)؛ كما ينطلق هذا الغاز حين حرق النفايات العضوية في العراء، التي يمارسها كثير من الناس.

أما العملية الحيوية الأساسية الأخرى في دورة الكربون فهي

عملية البناء الضوئي Photosynthesis. حيث تتناول النباتات الخضر ثاني أوكسيد الكربون من الهواء والماء ومن التربة، وتحصل على الطاقة الضوئية من أشعة الشمس؛ وبوساطة هذه العملية تصنع النباتات الخضر المواد الكربوهيدراتية (سكاكر ونشويات)، وتثبت عنصر الكربون في أجسامها.

ثاني أوكسيد الكربون + ماء $\xrightarrow{\text{طاقة ضوئية}}$ سكر + أوكسجين

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{اليخضور}]{\text{طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O6 + 6O_2\uparrow$$

ومن ثم ينتقل الكربون إلى الحيوانات العاشبة واللاحمة والإنسان خلال السلاسل والشبكات الغذائية. هذا، ويعود عنصر الكربون في هيئة غاز ثاني أوكسيد الكربون، كما أسلفنا، إلى الغلاف الجوي نتيجة عملية تنفس الكائنات الحية، وحرق المواد العضوية، وتحللها بوساطة الكائنات الحية المحللة.

وعندما يتم الكربون دورته، فإنّه يعود إلى حالته الغازية الأصلية، ولكنه في بعض الأحيان يظل حبيساً في أجسام بعض الكائنات الحية التي تتجمع هياكلها فتكون ترسبات ضخمة من كربونات الكالسيوم.

تدريب (2)

وضِّح كيف ينتقل عنصر الكربون خلال الكائنات الحية؟ وكيف يعود إلى الغلاف الجوي مرةً أُخرى؟

2.1 دورة الماء Water Cycle

يدور الماء في دورة غير نهائية، بمشيئة الله، تعرف بدورة الماء، ويمكن تلخيصها فيما يلي:

1. يتحول جزء من ماء البحار والمحيطات وأي أجسام مائية أخرى إلى بخار ماء، يتصاعد إلى طبقات الجو العليا حيث يتكثف بفعل البرودة فيتساقط جزء منه، على هيئة أمطار أو جليد أو برَد أو ندى، فوق سطح المحيطات والبحار والمسطحات المائية الأخرى. أما الجزء المتبقي منه فتحمله الرياح وتسوقه بقدرة الله وتقديره إلى اليابسة فيسقط على هيئة أمطار أو جليد أو برد أو ندى، وهذا ما تعتمد عليه الكائنات الحية الأرضية في سد احتياجاتها من الماء. قال تعالى:

﴿ وَهُوَ ٱلَّذِى يُرْسِلُ ٱلرِّيَٰحَ بُشْرًۢا بَيْنَ يَدَىْ رَحْمَتِهِۦٓ ۖ حَتَّىٰٓ إِذَآ أَقَلَّتْ سَحَابًا ثِقَالًا سُقْنَٰهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنزَلْنَا بِهِ ٱلْمَآءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِۦ مِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِ ۚ كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ ٱلْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿٥٧﴾ ﴾ (57)الأعراف

2. يضيف التبخر من سطح الأرض، وكذلك تضيف عملية تنفس الكائنات الحية وعملية النتح من النباتات، كمية من بخار الماء الذي ينضم إلى ما تحمله الرياح من بخار الماء من المحيطات والبحار والمسطحات المائية الأخرى. وبعد تكثف بخار الماء الذي جاء من مصادر مختلفة، فإنه يتساقط على اليابسة على هيئة أمطار أو ثلوج أو برد أو ندى.
3. تكتمل دورة الماء بعودة ماء الانسياب السطحي والماء الأرضي إلى المحيطات والبحار وغيرها من المسطحات المائية (الشكل 2).

هذا وتتم في النظام البيئي الطبيعي دورات أخرى مثل دورة الأوكسوجين ودورة النيتروجين والكبريت والفسفور وغيرها من العناصر.

2. عوامل توازن النظام البيئي الطبيعي واستقراره، وعوامل اختلاله.

1.2 عوامل توازن النظام البيئي الطبيعي واستقراره

يتوقف توازن النظام البيئي واستقراره على مدي زيادة تنوعه الحيوي (عدد الأنواع فيه)، فكلما ازداد التنوع الحيوي في النظام البيئي ازداد ثباتاً واستقراراً؛ فالحيوان المفترس، على سبيل المثال، الذي يعتمد على نوع واحد من الفرائس غالباً ما تكون حياته معرضة للخطر والانقراض إذا ما نقصت أعداد فريسته أو انقرضت فيختل بانقراضه توازن النظام البيئي؛ أما إذا كان يعتمد في غذائه على عدد من الأنواع، كما هو الحال في الشبكات الغذائية في النظم البيئية الطبيعية، فتكون عنده عدة خيارات، وعندها يكون النظام البيئي أكثر توازناً واستقراراً. هذا وبصفة عامة، فإنه كلما ازداد عدد الأنواع المكوِّنة للنظام البيئي (تنوعه الحيوي) كان أكثر استقراراً، وثباتا، وتوازناً.

2.2 عوامل اختلال توازن النظام البيئي الطبيعي

قد ينشأ اختلال توازن النظام البيئي نتيجة لتغير بعض الظروف الطبيعية كالحرارة والأمطار؛ وقد ينشأ نتيجة لتغيير بعض الظروف المبنية على علاقات الكائنات الحية التي تعيش فيه، وتأثير بعضها على الآخر؛ كما قد ينشأ بدرجة كبيرة نتيجة تدخل الإنسان غير الرشيد المباشر. وسنستعرض فيما يلي بعض مسببات اختلال توازن النظام البيئي الطبيعي.

أولاً: تغيير الظروف البيئية الطبيعية

يُلاحظُ الدارس للعصور الجيولوجية، وما تميزت به من كائنات حية، ظهور كائناَت لم تكن معروفة من قبل واختفاء أخرى، نتيجة لتغيير ظروف البيئة الطبيعية، ثم بعد فترة، تطول أو تقصر يحدث توازن جديد في إطار الظروف البيئية الجديدة؛ ففي حقَب الحياة الوسطي، على سبيل المثال، سادت الزواحف الكبيرة (الدايناَصورات) وكانت الظروف البيئية مُلائمة

لذلك، ولكن التغيير الذي طرأ على الظروف البيئية، المناخية بصفة خاصة، الذي أعقب ذلك، تسبب بمشيئة الله في انقراض هذه الزواحف، واختل توازن النظام البيئي؛ ثم عادت حالة التوازن فيما بعد في إطار الظروف البيئية الجديدة وبمكونات النظام البيئي الحية الجديدة.

هذا وعندما تصاب مناطق معينة بجفاف شديد، مثل ما حدث في غرب السودان، يختل فيها توازن النظام البيئي نتيجة لدمار الكساء النباتي الطبيعي وما يتبعه من آثار ضارة على مكوناته الحية، وغير الحية الأخرى ممثلة في تعرية التربة، والتصحر.

ثانياً: إدخال كائن حيّ في نظام بيئي يقل فيه أعداؤه الطبيعيون

إن إدخال كائن حيّ جديد في نظام بيئي تتوافر فيه ظروف حياته، ويقل فيه أعداؤه الطبيعيون، يؤدي إلى اختلال توازن النظام البيئي. ونذكر في هذا المجال أن أغلب الآفات الزراعية الاقتصادية في عالمنا العربي والإسلامي، والسودان بصفة خاصة، هي آفات غير متوطنة ولكن نقلها الإنسان، بغير قصد، من مواطنها الأصلية. وقد نتج عن هذا النقل أن بدأت الآفة في التكاثر في الموطن الجديد حتى وصلت إلى المستوى الضار اقتصادياً، نظراً لوجود ظروف بيئية ملائمة لحياتها وانحسار أعدائها الطبيعيين. هذا وقد نُقلَت هذه الآفات إلى بلادنا في عصور لم تكن فيها إجراءات الحجر الصَحي معروفة، أو كانت موجودة ولكنها غير مطبقة بصورة فعّالة. وعلى سبيل المثال قد نُقلْتَ الحشرة القشرية من الخارج مع شتلات النخيل إلى الولاية الشمالية فيَ السودان، فألحقت أضراراً كبيرة بأشجار النخيل فيها. كما أدخل نوع نبات المسكيت ***Prosopis chilensis*** في السودان للمساعدة في مكافحة التصحر، ولكنه مع الأسف الشديد أصبح آفة بيولوجية، احتل أخصب الأراضي الزراعية – على سبيل المثال – في شمال السودان، ودلتا طوكر، والمشروع الزراعي في حلفا الجديدة. فالنبات ليست له أعداء طبيعيين ولا ترعاه الحيوانات، ولأفراده قدرة تنافسية عالية

تقضي على أفراد أنواع النباتات الأخرى بالمنافسة (الصورة 1)، وتساعد الحيوانات على نشر بذوره لأنها تتغذى على ثماره.

ونوع نبات ياسنت الماء، المعروف في السودان باسم أعشاب النيل(***Eichornia crassips (Nile weeds*** ، لم يكن معروفاً في النظم البيئية المائية في السودان، ممثلة في نهري النيل الأزرق والأبيض وروافدهما، ولكنه جاءها وافداً من دول مجاورة؛ ونظراً لوجود الظروف البيئية الملائمة لحياته، وغياب أعدائه الطبيعيين، فقد انتشر بصورة ملفتة للنظر وكوّن مُجتمعات نباتية نقية مغلقة (الصورة 2).

وتسبب ذلك في اختلال النظام البيئي في أماكن تجمع هذه المُجتمعات النباتية. لقد حجبت النباتات الضوء عن الطحالب والهوائم النباتية Phytoplanktons ذاتية التغذية واختفت بذلك الهوائم الحيوانية Zooplanktons التي تتغذى عليها واختفت بدورها الأسماك التي تتغذى على الهوائم الحيوانية.

تدريب (3)

أدي تكاثر أفراد نوع نبات أعشاب النيل إلى اختلال النظام البيئي المائي، هل لك أن تشرح هذه الظاهرة؟



الصورة (1): النمو الغزير لمجتمع نقي من نبات المسكيت إذ أبعدت أفراده أفراد أنواع النباتات الأخرى بالمنافسة



الصورة (2): نمو نبات ياسنت الماء الكثيف في نهر النيل الأبيض بالسودان؛ يلاحظ عنق الورقة الإسفنجي المليء بالغرف الهوائية منتفخا بصورة لافتة للنظر، الأمر الذي يساعد النباتات لتطفو فوق الماء

ثالثاً: القضاء على بعض كائنات النظام البيئي الحية

يسبب القضاء على بعض كائنات النظام البيئي الحية اختلالاً في توازنه؛ قد تكوّن هذه من ضمن مكونات سلاسل وشبكات غذائية؛ أو أنها تؤدي دوراً مهماً في النظام البيئي. فعلى سبيل المثال تعج التربة بكائنات حية دقيقة مثل البكتيريا والفطريات وغيرها، التي تؤدي دوراً مهماً في النظام البيئي بتحليلها لبقايا النباتات وجيف الحيوانات وفضلاتها الإخراجية؛ كما يقوم بعضها بتثبيت النيتروجين الحر في التربة وتحويله إلى مركبات تمتصها النباتات الخضر المنتجة للغذاء. إنّ القضاء على هذه الكائنات الحية بالملوثات الكيميائية يوقف وظائفها المهمة في النظام البيئي فيختل توازنه. ومثال آخر نورده من إحدى الولايات الأمريكية التي اشتكى فيها الفلاحون من فتك الصقور وطائر البوم بصغار أفراخ طيورهم الداجنة، فاستجابت الحكومة لشكواهم هذه بتشجيعها لصيد أفراد هذه الطيور برصدها مكافأة مالية سخية لمن يصطادها؛ وقد نجم عن ذلك القرار التخلص من حوالي 125 ألف طائر في خلال عشر شهور، فاختل بذلك النظام البيئي، إذ انتشرت الفئران، بصورة ملفتة للنظر، بسبب غياب أفراد هذين النوعين من الطيور التي تعتمد في غذائها عليها، وتعتبر أعداءها الطبيعية. وتبع تكاثر الفئران وانتشارها فتكها بالنباتات، مما جعل الخسائر أكثر جسامة، فعادت الحكومة ومنعت صيد أفراد الطائرين حفاظاً على توازن النظام البيئي.

رابعاً: تعامل الإنسان غير الرشيد مع مكونات النظام البيئي

يؤدي تعامل الإنسان غير الرشيد مع مكونات النظام البيئي إلى الإخلال بتوازنه، والأمثلة على ذلك كثيرة نورد منها ما يلي:

أ) الإدارة غير الرشيدة للغابات

تعتبر الغابة الطبيعية من أكثر النظم البيئية الأرضية تطوراً وتوازناً ولكن الحرائق المتكررة، والرعي الجائر، والقطع الجائر غير الملائم أدى إلى تدهورها؛ فالغابة تتحول إلى مُجتمعات نباتية ثانوية، أقل كفاية من حيث

تأثيرها في البيئة، خاصة فيما يتعلق بحماية التربة من الانجراف والمحافظة على خصوبتها، وتنظيم مياه الأمطار. فإذا ما بلغت الغابة مرحلة التدهور التام وزال عنها الغطاء النباتي، تعرت التربة وأخذت مياه الأمطار تسيل على سطح الأرض، مما يشجع على تشكل السيول وتقليل تسرب المياه إلى داخل التربة لتغذية الماء الأرضي، فتجف التربة، وفوق هذا كله يتم انجرافها، وتزداد رقعة الصحراء.

ب) تلوث البيئة

كان للثورة الصناعية آثارها السيئة السالبة على النظم البيئية الطبيعية، وذلك عن طريق رمي النفايات (الملوثات) الصناعية في النظم البيئية مما تسبب في اختلالها. ونستعرض فيما يلي اختلال توازن النظام البيئي البحري كأحد الشواهد على ذلك.

فالبحر كنظام بيئي شديد الصلة بحياة الإنسان، قد سخره الله سبحانه وتعالى لمنفعته. يقول الله سبحانه وتعالى:

﴿ وَٱلَّذِينَ هَاجَرُواْ فِي ٱللَّهِ مِنۢ بَعۡدِ مَا ظُلِمُواْ لَنُبَوِّئَنَّهُمۡ فِي ٱلدُّنۡيَا حَسَنَةٗۖ وَلَأَجۡرُ ٱلۡأٓخِرَةِ أَكۡبَرُۚ لَوۡ كَانُواْ يَعۡلَمُونَ ﴿٤١﴾ ﴾

(النحل 41).

ويقول تعالى:

﴿ رَّبُّكُمُ ٱلَّذِي يُزۡجِي لَكُمُ ٱلۡفُلۡكَ فِي ٱلۡبَحۡرِ لِتَبۡتَغُواْ مِن فَضۡلِهِۦٓۚ إِنَّهُۥ كَانَ بِكُمۡ رَحِيمٗا ﴿٦٦﴾ ﴾

(الإسراء 66).

لقد اتخذ الإنسان، منذ زمن بعيد، البحر مكاناً مفضلاً لرمي فضلاته والتخلص منها، وقد ازداد ذلك، بصفة خاصّة، بعد الثورة الصناعية، حيث أصبحت البحار مكاناً لكل ما تطرحهً الصناعًات من نفايات وفضلات، إمّا مباشرة، أو بطريقة غير مباشرة عن طريق الأنهار، وقد أحدثت هذه الملوثات اختلالاً في النظم البيئية البحرية، بقتل مكوناتها الحية.

إنّ تلوث البحار الناتج عن البترول الصادر عن مياه تبريد المصافي، أو عن غرق أو اصطدام البواخر البترولية، يعرض الحياة البحرية فيها إلى الخطر، ويقتل مكوناتها مِمّا ينتج عنه اختلال في توازن هذه النظم البيئية المائية.

نشاط

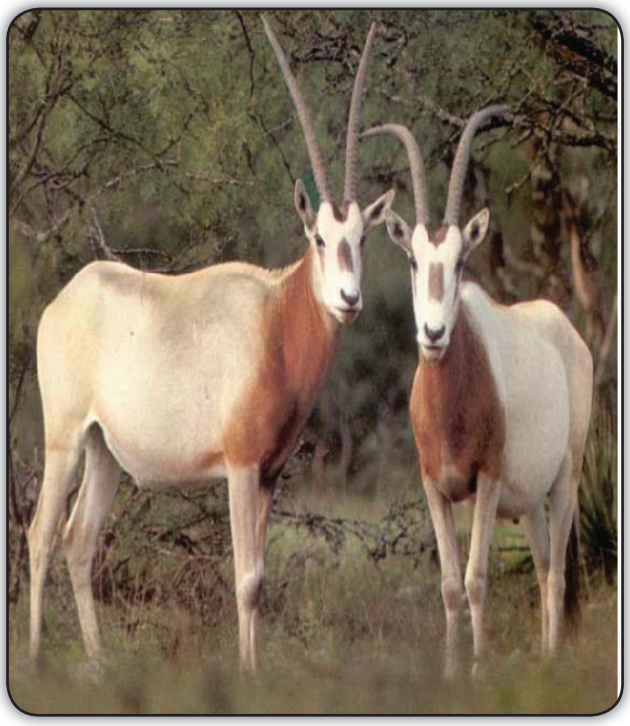
هل تستطيع القيام بإعداد تصميم يساعد على الحفاظ على توازن النظام البيئي في المنطقة التي تعيش فيها؟ حاول ذلك.

أسئلة تقويم ذاتي

1. ما المستودع غير العضوي الرئيس لعنصر الكربون في الطبيعة؟
2. للماء دورتان في الطبيعية، وضّح ذلك.
3. وضّح العوامل التي تؤدي إلى حفظ توازن النظام البيئي الطبيعي واستقراره.
4. وضّح العوامل التي تؤدي إلى اختلال توازن النظام البيئي الطَبيعي.
5. وضّح كيف تسبب نوع نبات أعشاب النيل في المواطن البيئية التي يعمرها في اختلال توازن النظام البيئي.

الجزء الثاني من الوحدة الثالثة

الموارد الطبيعية التي وفرها الله، سبحانه وتعالى، في النظم البيئية



محتويات الجزء الثاني من الوحدة الثالثة

الموضوع	الصفحة
أهداف الجزء الثاني من الوحدة الثالثة	218
1. الموارد الطبيعية الدائمة	219
1.1 طاقة الشمس واستغلالها في السودان	219
2.1 طاقة الرياح واستغلالها في السودان	221
3.1 طاقة الماء واستغلالها في السودان لتوليد الكهرباء	221
2. الموارد الطبيعية المتجددة	223
1.2 الموارد النباتية الطبيعية	223
2.2 الموارد الحيوانية البرية وبصفة خاصة في السودان	234
3.2 التُربة	243

أهداف الجزء الثاني من الوحدة الثالثة

عزيزي الطالب بعد فراغك من دراسة هذا الجزء من الوحدة الثالثة، ينبغي أن تكون قادراً على أن:

1. تصنّف الموارد الطبيعية التي وفرها الله سبحانه وتعالى في النظم البيئية إلى دَائمة ومتجددة وغير متجددة وتُعَرّفها.
2. تبيّن أنواع الموارد الدائمة (الشمس وَالرياح والماء) وكيف استغلها الإنسان وبخاصة في السودان.
3. تبيّن مكونات الموارد المتجددة (نباتية وحيوانية) وكيفية استغلال الإنسان لهذه الموارد والآثار السالبة لتعامله غير الرشيد حين استغلاله لها.
4. تبيّن مكونات الموارد غير المتجددة، وكيف استغلها الإنسان وبخاصة فيَ السودان.

الموارد الطبيعية التي وفرها الله، سبحانه وتعالى، في النظم البيئية

وتشمل هذه الموارد الأنواع الآتية:

1. موارد دائمة.
2. موارد متجددة.
3. موارد غير متجددة.

1. الموارد الدائمة

ويُقصد بها تلك التي تكون متوافرة وموجودة في النظم البيئية بصورة مستمرة لا ينضب معينها إلى ما شاء الله، وتتمثل هذه في الشمس والهواء والماء.

تدريب (1)

هل لك أن توضح، ما المقصود بالموارد الدائمة؟

1.1 طاقة الشّمس واستغلالها في السودان

أولاً: أهمية الشمس البيئية

هي المصدر الرئيس للطّاقة في النُّظم البيئية، إذ إنّ طاقة الغذاء أصلها من الشمس حيث تستغلها النباتات الخُضر أثناء عملية البناء الضوئي، لتكوين المركبات الكربوهيدراتية، الغنيّة بالطّاقة التي تُحرّرُها الكائنات الحيّة أثناء عمليّة تنفّسها إضافةً؛ إلى أنّ الطّاقة في الفحم الحجري والنّفط والغاز الطبيعي مصدرها الشمس، نظراً لأنّها نتجت من كائنات حيّة طُمرت في باطن الأرض وتعرّضت لظروف الضغط والحرارة.

هذا، ودورة المياه في الطبيعة تعتمد على حرارة الشمس؛ كما تعتمد حركة الرياح على الشمس، إذ إنّ حركة الرّياح ناتجةً عن اختلافات الضّغط الجويّ، الذي يرتبط بدرجة تسخين الشمس للمناطق المختلفة على

الأرض. وفوق هذا كله، فإنّ النشاط الحيوي لكُلِّ الكائنات الحيّة في النُظُم البيئيّة المختلفة يعتمد على حرارة الشمس.

لقد استخدمت الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء في كثير من بلاد العالم ومنها السودان. لقد استعملت البطاريات لخزن الطاقة خلال الساعات المشمسة، بحيث تكون متاحة لاستعمالها في ساعات الليل والأيام الغائمة.

هذا وسيصبح الاعتماد على الطاقة الشمسية أمراً حتميّاً عندما تشحُّ مصادر الطاقة الكيمائية (البترول والغاز الطبيعي والفحم الحَجري). علماً بأنّ الاعتماد على الطاقة الشمسية، يحدُّ من آثار التلوّث. وعليه، يصبح لزاماً تكثيف الجُهود لتذليل العقبات حتى يصبح استغلال الطّاقة الشّمْسيّة أمراً ميسوراً، ومُتاحاً ليس لسُكان المُدُن فقط وإنّما لقاطني الريف، إذ إنّ استغلال الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء، يدفع كثيراً بالتنمية الزراعيّة والصناعيّة والاجتماعية.

ثانياً: استغلال الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء في السودان

يُعتبر السودان من دول الحزام الشمسي إذ إنّ الله، سبحانه وتعالى، قد حباه بمعدل عالٍ من الإشعاع الشمسي طوال أيام العام في أغلب أجزائه، وقد استفاد السودان من هذه الطاقة بتحويلها إلى طاقة كهربائية باستخدام أنظمة الألواح الشمسية. ونظراً للحاجة المستديمة للطاقة الكهربائية في المناطق شبه الحضرية والريفية بصفة خاصة فإنّ أنظمة الألواح الشمسية هي الأجدى والأنسب لهذه المناطق لما لها من مميزات تتمثل في قلة التكلفة التشغيلية، بل، انعدامها، وكفايتها العالية. وفوق ذلك كله فإن لها آثارها البيئية الإيجابية إذ إنّها حلت مكان الديزل والكيروسين والحطب والفحم التي يسبب إحراقها تلوث البيئة، كما أن القطع الجائر للأشجار لتوفير حطب الحريق والفحم النباتي أضاف مساحات جديدة للصحراء. لقد عنيت حكومة السودان باستغلال الطاقة الشمسية في مجال التحويل

الكهربي لتدفع بالتنمية الزراعية والصناعية والاجتماعية في بعض ولايات السودان.

2.1 طاقة الرياح واستغلالها في السودان

تستغل طاقة الرياح في السودان في الآتي:

- في دفع المراكب الشراعية
- في دفع مضخات هوائية لرفع المياه لاستعمالها في الري والشرب.

تُمثّل الرياح طاقة نظيفة رخيصة استعملت في دفع المراكب الشراعية منذ القدمَ في بعض أقطار العالم، ومنها السودان (الصورة 1).



الصورة (1): استخدام طاقة الرياح لتحريك إحدى المراكب الشراعية

وعن طريق مراوح ضخمة، استعملت الرياح أيضاً لدفع مضخات هوائية لرفع المياه من الآبار لاستعمالها في الريّ والشرب.

3.1 طاقة الماء واستغلالها في السودان لتوليد الكهرباء

وهي طاقة نظيفة استخدمت في الخزانات والسدود لتحريك توربينات لتوليد طاقة كهربائية نظيفة هي الأخرى، في كثير من بلاد العالم، ونخص بالذكر السد العالي

في جمهورية مصر العربية، وخزاني سنار والروصيرص (الصورة 2أو2ب) وسد مروي (الصورة 3) الذي سيوفر طاقة كهربائية مقدارها

0521 ميقاواط. وقد شرعت حكومة السودان الآن في تعلية خزان الروصيرص ممّا يرفع طاقة الإنتاج الكهربائي فيه إلى 0081 ميقاواط. سيكون للطاقَة الكهربائية المولدة مائياً مردودها الاقتصادي والاجتماعي –بمشئية الله – في كل أنحاء السودان.



الصورة (2أ): جسم خزان الروصيرص، تلاحظ إحدى البوابات السبع التي يندفع من خلالها الماء، وفق تخطيط وزارة الريّ لتصريف المياه



الصورة (2ب): بوابات خزان الروصيرص السبع التي يندفع من خلالها الماء، وفق تخطيط وزارة الريّ لتصريف المياه



الصورة (3): سد مروي

2. الموارد الطبيعية المتجدّدة

كما يدلّ اسمها فإنها متجددة، بمعنى استمرار تجدد مكوناتها، بمشيئة الله، إذا أُحْسن استغلالها؛ وتتمثل هذه في الموارد النباتية والحيوانية، ما كان منها في النُظم البيئة المائية أو الأرضية؛ كما أن التربة هي الأخرى مصدر من مصادر البيئة المتجددة المهمة.

1.2 الموارد النباتية الطبيعية

سنُبيّن فيما يلي أهمية الموارد النباتية الطبيعية وسنتحدث عن الغابات المدارية المطيرة والمراعي الطبيعية كنموذجين من مكونات الكساء النباتي الطبيعي.

أ) أهمية الموارد النباتية الطبيعية

تجدر الإشارة إلى أنّ حياة الإنسان وغيره من الكائنات الحية تعتمد – بعد الله سبحانه وتعالى – أساساً على الموارد النباتية؛ فالغذاء الذي نأكله إما أن يَتكوّن من منتجات نباتية مثل القمح والأرز والذرة أو من منتجات الحيوان (مثل اللحم والزبدة واللبن) الذي يتغذى على النبات. فالإنسان كغيره من الكائنات الحية المستهلكة الأخرى في النظام البيئي لا يستطيع بناء غذائه

بنفسه بل يعتمد على النباتات الخضر التي تصنع المواد الكربوهيدراتية، عن طريق عملية البناء الضوئي، لها ولغيرها من الكائنات الحية المستهلكة. كما أن تدفئة منازلنا ومصادر الطاقة لمصانعنا ظلت تعتمد بدرجة كبيرة على الأخشاب والفحم الحجري المُتَكوّن من الغابات في غابر الأزمان، أو من البترول وهو بقايا جيولوجية لنباتاَت وحيوانات. والأخشاب التي يصنع منها أثاث المنازل، والقطن الذي تصنع منه الملابس، والعقاقير، والعطور، والورق، مصادرها هي الأخرى نباتية. وتؤدي النباتات دوراً مهماً في تقليل السيول السطحية، خاصة في المناطق الجبلية، وبذلك تقلل من انجراف التربة؛ كما تُشَكلّ أنواع كثيرة من النباتات البرية مصادر لأصول وراثية لعديد من أنواع النباتات الاقتصادية. فقد تم استئناس العديد من محاصيل الحبوب والبقول وغيرها من أنواع برية كانت مستوطنة، وما تزال أنواع أقاربها البرية مستوطنة لبيئاتها الطبيعية. هذا وتوفر الغابات والمسطحات الخضراء الطبيعية الأخرى أفضل الأماكن للسياحة والترويح والاستجمام، نظراً لأنها تقلل من كميات الغبار في الهواء، وتلطف الجو، إضافة إلى أن التناسق الرباني بين مكونات الغابة الحية، يدخل البهجة والسرور في نفوس زائريها ويريح أعصابهم ويجدد نشاطهم.

ب) نماذج من مكونات الكساء النباتي الطبيعي المهمة

هذا وسنستعرض وبإيجاز نوعين من مكونات الكساء النباتي، التي تعمُر اليابسة، ونبين أهميتيهما.

تدريب (2)

تعتمد حياة الإنسان – بعد الله سبحانه وتعالى – على الموارد النباتية، فهل لك أن تعدّد الفوائد المختلفة للموارد النباتية الطبيعية التي يستفيد منها الإنسانَ؟

أولاً: الغابات المدارية المطيرة

أ) أهمية هذه الغابات ودورها في البيئة

تعمر هذه الغابات الطبيعية مواطن بيئية تتوافر فيها معدلات عالية من الأمطار وتسود فيها درجة حرارة ملائمة لنموها وتكاثرها (الصورة 4).



الصورة (4): جانبٌ من غابة مدارية مطيرة

الغابات من أكثر مكونات الكساء النباتي الطبيعي إنتاجاً، وتستهلك الكائنات الحية معظم هذا الإنتاج، إذ إن مكوناتها بعامة توفر الغذاء للكائنات الحية العاشبة، وتوفر ثمارها، بخاصة، الغذاء للإنسان، كما أنها توفر كل احتياجات الإنسان من الأخشاب التي يستعملها لأغراض حياته المختلفة.

ونظراً لأن النباتات الخضراء في الغابة ذاتية التغذية وتشكل المنتج الأول في السلسلة الغذائية، فإنها تستهلك كميات كبيرة من ثاني أوكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئي، التي تقوم بها لإنتاج المادة العضوية التي تتغذي عليها مباشرة الكائنات الحية العاشبة. كما أنها تحرر كميات كبيرة من الأوكسوجين الناتج من عملية البناء الضوئي، التي توضحها المعادلة الكيميائية أدناه. ولذا فإنّها تسهم بالمحافظة على توازن هذين الغازين في

الهواء الجوي.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{اليخضور}]{\text{طاقة}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

هذا وتؤثر الغابات على عوامل المناخ المختلفة من أمطار ورطوبة جوية، ورياح، وحرارة.

وتزيد الغابات من فعالية المطر إذ إنها تُنْظِمُ مياه الأمطار، وتحد من سيلان المياه على سطح الأرض ويقلّ بذلك تَشكل السيول، مما يشجع تسرب المياه إلى داخل التربة لتغذية المياه الجوفية.

وتؤدى الغابة المورقة دوراً كبيراً في خفض درجة حرارة الهواء، إذ إنها تعكس قدراً كبيراً من الأشعة الساقطة عليها، كما أن قدراً من الأشعة التي تصل إلى الغابة تستغلها النباتات في عملية النتح، مما يؤدى إلى خفض درجة حرارة الهواء في داخل الغابة. هذا وتزيد الغابة الرطوبة النسبية للهواء داخلها، ويتأتى ذلك من تخفيض درجة حرارة الهواء وزيادة بخار الماء في الهواء بالنتح، وتقليل سرعة الرياح التي تستبدل بالهواء داخل الغابة هواءً جافاً؛ ويحس الإنسان بتأثير الغابة في تكييف وتلطيف جوها، في فصل الصيف الحار الجاف.

هذا وتؤدي الغابة دوراً مهماً في تكوين التربة والمحافظة عليها وحمايتها من الانجراف، نظراً لأن جذور الأشجار ومكونات الغابة النباتية الأخرى تعمل على تثبيت التربة وجعلها أكثر مقاومة للانجراف المائي والريحي؛ إضافة إلى أن المجموع الخضري لنباتات الغابة يخفض من حدّة سقوط الأمطار على سطح التربة مما يحدّ من انجرافها. كما تساعد البقايا النباتية والفضل litter، المتراكمة على سطح التربة، على تقليل انجراف التربة، كما أنها تزيد من نفاذية التربة للماء، مما يزيد رطوبتها؛ كما أن تحلل البقايا النباتية يزيد من خصوبة التربة.

تدريب (3)

- وضِّح دور الغابة في المحافظة على التربة.

ب) الإدارة الجيدة للغابات

لكي تبقى الغابات محافظة على تنوعها الحيوي العالي وعلى إنتاجيتها، وعلى ميزاتها كنظم بيئية سخرها الله سبحانه وتعالى لمصلحة الإنسان، فإنه يتعين أن تظل هذه النظم البيئية محافظة على توازنها. وعليه فإن أي برنامج لإدارة الغابات واستثمارها، ينبغي أن يأخذ في الاعتبار، دوماً، المحافظة على توازن هذه النظم البيئية. إنّ الفهم الخطأ للغابات كنظم بيئية، واستثمارها دون الاعتبار للتوازنات الحيوية والسلاسل والشبكات الغذائية التي تميز هذه النظم البيئية، كان السبب الرئيس في تدهورها وانجراف التربة وتشكيل السيول وزيادة رقعة الصحراء.

وعليه يتعين على المهتمين بأمر الغابات والمنشغلين بأمر استثمارها اتخاذ مجموعة من التدابير لمنع تدهورها، والتي يمكن تلخيصها فيما يلي:

1. تشجيع تعدّد الأنواع النباتية (التنوع الحيوي) في الغابة للمحافظة على توازنها البيئي واستقرارها؛ ولما كانت الأهداف الاقتصادية من استثمار الغابة لا تسمح بزيادة عدد أنواع الأشجار في الطبقة العلوية من الغابة فإنه من الممكن تشجيع تعدد الأنواع في الطبقات التحتية من الغابة.
2. تفادي طرق القطع الاستثماري الكلي التي يمكن أن تؤدي إلى تعرية التربة، وبالتالي إلى انجرافها وإفقارها من الدّبال وعناصر التغذية المعدنية، مما ينعكس سلباً على إمكانية تجدّد الغابة والمحافظة على توازنها. ففي المناطق التي يتميز فيها المناخ بزخات مطرية قوية (على سبيل المثال بلاد البحر المتوسط، والمناطق المدارية) فإنه يتعين منع نظام القطع الكلي للغابات، الذي يعرّض أرض الغابة لعبث الأمطار

القوية، واتباع نظام القطع التدريجي والانتخابي.

3. مكافحة الحرائق بشتى الوسائل البيولوجية والميكانيكية؛ فالغابات المختلطة هي الأكثر مقاومة للحرائق من الغابات النقية وحيدة الأنواع، لأن الأنواع المختلفة في الغابات المختلطة تختلف في مقاومتها للنار. هذا ويتعين إنشاء شبكة من الطرق الكافية لتُمكّن وصول آليات الإطفاء إلى مكان الحريق داخل الغابات حين حدوثه، وفي هذا الإطار يتعين تدريب فريق من الإختصاصيين والفنيين في مجال إطفاء الحرائق مع تجهيزه بأحدث الوسائل.
4. مكافحة الرعي الجائر داخل الغابات، وذلك في مرحلة تجدد الغابة حيث تكون الغراس صغيرة، بل يجب منع الرعي الجائر منعاً باتاً.
5. مكافحة الآفات التي تصيب الأشجار، وبقدر الإمكان باستعمال الطرق البيولوجية التي أثبتت فعاليتها، وذلك بمكافحة الآفة بعدوٍ طبيعي لها.
6. توجيه الأبحاث لزيادة مقاومة النباتات للآفات بشتى أنواعها، وذلك عن طريق الانتخاب والتهجين. ومن هنا تتضح أهمية البحوث المتطورة في الوراثة للحصول على أشجار ذات مقاومة عالية للآفات التي تتعرض لها.

ثانياً: المراعي الطبيعية

• الإدارة الرشيدة للمراعي الطبيعية

تُشَكل النباتات الطبيعية المرعي للحيوانات البرية وللأنعام (الصورة 5). وفي السودان تنتشر أراضي المراعي الطبيعية في مساحات واسعة وفي كل ولاياته، وتؤدي دوراً مهماً في الاقتصاد الوطني نظراً لما توفره من الأعلاف الرخيصة. وبالمثل تشكل المراعي الطبيعية نسبة عالية من مساحة بعض البلدان الأخرى مما يجعلها ذات قيمة عالية من الناحية الإنتاجية، نظراً لأن نباتاتها الطبيعية تشكل أرخص مصادر الغذاء الحيواني، وكذلك

لغذاء الإنسان وكسائه ودوائه.

هذا وإضافة لما تقدم ذكره فإن نباتات المراعي الطبيعية تؤدي دوراً مهماً في حماية التربة من الانجراف، إذ إن المجموع الخضري لنباتات المراعي يخفف من حدة سقوط الأمطار على سطح التربة، كما تساعد جذورها على تثبيت التربة وجعلها أكثر مقاومة للانجراف المائي والريحي. كما يساعد تحلل بقايا النباتات المتراكمة على سطح التربة من زيادة محتواها من المادة العضوية، وتحسين بنيتها، وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء، وزيادة خصوبتها.



الصورة (5): قطيعٌ من الضأن يرعى مرعىً طبيعياً
في منطقة البطانة بولاية القضارف

ومن الجدير بالذكر أن الاستغلال الأمثل للمراعي الطبيعية أصبح الآن علماً يقوم على قواعد علمية راسخة، منها معرفة الفلورا (أنواع النباتات) في المنطقة الخاصة بكل منطقة مراعي، وتحليل نباتاتها لمعرفة القيمة الغذائية لكل نوع منها، والعمل على إكثار الأنواع ذات القيمة الغذائية العالية، وتحديد الأنواع المستساغة التي تُقْبِلُ عليها حيوانات المرعى وتلك التي تعافها وتعرض عنها ومحاولة التعرف على أسباب الإقبال والإعراض، ومحاولة التعرف على أنواع النباتات السامة ومدى سميتها، وتحليلها لمعرفة تركيز المواد الفعّالة بها، وكنه الأضرار التي تلحقها بالحيوانات، وتخليص

المراعي منها.

كما ينبغي الاهتمام بتحديد طاقة كل مرعى من رؤوس الأنعام (السعة الاستيعابية للمرعى) بحيث لا تؤدي زيادة عدد الحيوانات إلى رعي جائر، يقضي على أنواع النباتات المستساغة ويستبدلها بأنواع غير مستساغة (شوكية، سامة، مسهلة) (الصورة 6)، ويحرم التربة من غطائها النباتي، فتصبح عرضة لعوامل التعرية (الرياح والماء).

تدريب (4)

وضِّح القواعد العلمية التي يجب اتباعها للاستغلال الأمثل للمراعي.



الصورة (6):الرعي الجائر لأفراد من نبات التمام الذي تستسيغه الحيوانات،وتحاشيها لأفراد نبات الكلخ السامة التي تبدو خضراء مزهرة، بينما لم يبق من أفراد التمام (مقدمة الصورة) إلا قواعد لا تتجاوز أطوالها عدة سنتيمترات برزت فوق سطح كثيبات الرمل التي جمعتها وثبتتها

ومن إجراءات تحسين المراعي أيضاً العمل على زيادة الموارد المائية لمناطق الرعي بإقامة سدود ترابية لتوجيه مياه السيول والانسياب السطحي تجاه أراضي الرعي وتركيزها فيها. ومن الإجراءات أيضاً توفير ماء الشرب بصورة كافية ومنتظمة في جميع أنحاء المراعي عن طريق حفر الآبار، وعمل الحفاير، وتجميع مياه السيول وغيرها. والحرص على أن تكون مصادر مياه الشرب هذه موزعة بالتساوي في جميع أنحاء المراعي، وذلك تحاشياً لتكدّس الرعاة وقطعانهم حول مراكز محدودة للمياه الأمر الذي يفضي إلى تدهور الكساء النباتي في المناطق المحيطة بها. وقد حدث في عهد الحكم المايوي في السودان أن رفعت الحكومة في ذلك الوقت شعار محاربة العطش في غرب السودان، وقد نتج عن عدم التوزيع الصحيح للآبار، على كثرتها، تكدس الحيوانات حول نقاط توفير المياه، فقضت الحيوانات على النباتات كما أسهم الإنسان بقدر وافر بالاحتطاب الجائر، فتصحرت المنطقة رغم توفر ماء الشرب (الصورة 7).



الصورة (7): تكدّس الحيوانات حول إحدى محطات المياه في غرب السودان؛ تلاحظ التربة الجرداء، التي عرتها الرياح وتجمع المدر والحصى على سطحها.

نشاط

هلا تعرفت في منطقتك على أنواع النباتات المستساغة التي تقبل عليها حيوانات الرعي وتلك التي تعافها، موضحاً أسباب إعراضها عنها؟

ومن الإجراءات أيضاً تحسين الغطاء النباتي بالاستزراع الرعوي، إذ يتعين استخدام الاستزراع الموسع بالنباتات الرعوية المحلية لأنه الوسيلة الملائمة، والسريعة لتنمية المراعي وإعادة الغطاء النباتي ورفع قيمته الإنتاجية، والمحافظة على التربة من الانجراف. ويتم ذلك إما عن طريق نثر البذور مباشرة، أو استزراع أراضي المراعي المتدهورة بالشجيرات الرعوية المتحملة للظروف البيئية السائدة. ومنها أيضاً محاولة إدخال أنواع نباتات مستوردة ذات قيمة غذائية عالية، وتستسيغها الحيوانات وتقبل عليها، وتتميز بإنتاجية عالية تحت ظروف البيئة السائدة ويكون قد ثبت نجاحها في بيئات مماثلة.

ولتخفيف الضغط على المراعي الطبيعية ينبغي الاهتمام بتوفير الأعلاف الخضراء والاستفادة من مخلفات المحاصيل الحقلية والمخلفات الصناعية.

هذا وتساعد المحميات، المسورة (الصورة 8)، وغير المسورة، على تنمية الكساء النباتي في أرض المراعي وعلى إكثار البذور. كما يتعين الحد من التوسع في الزراعة المطرية شبه الآلية، التي تتوسّع دوماً في أفضل مناطق الرعي وأخصبها.

وفوق هذا كله، فلابد من إرشاد وتوعية المستفيدين من المراعي الطبيعية (الرعاة) من قبل المشرفين على مشاريع تنمية المراعي، وذلك بأهمية المحافظة على المراعي، من حيث عدم زيادة الأعداد عن الحد المسموح به من الحيوانات في وحدة المساحة، وفترة بقائها في المرعى، وعدم التحطيب الجائر، ودعم تغذية قطعانهم بشراء مواد علفية في سنين الخير والجفاف على حد سواء، لما في ذلك من أثر كبير على إنتاجية قطعانهم، ومساعدة كل ذلك في حفظ التوازن البيئي في المراعي مما يعود عليهم بالفائدة. كما يتعيّن إيجاد الوسيلة العملية لإقناع الرعاة بهذه التوجيهات، بإشراكهم في التخطيط والإرشاد، نظراً لما لديهم من خبرات عملية في توجيه زملائهم

لاتباع الأساليب المطلوبة لحماية المراعي وتنميتها. ولقد كان لنظام الإدارة الأهلية في السودان الأثر الإيجابي الكبير في توجيه الرعاة وإرشادهم وتنظيم الرعي، والمحافظة على المراعي الطبيعية وتنميتها.



الصورة (8): نموٌّ غزيرٌ لمُجتمع نبات التمام mudigut mucinaP داخل حظيرة جبل الحردان في الصحراء السودانية شماليّ أم درمان بالسودان

ومن الضروري إصدار القوانين المنظمة لاستعمال الموارد الرعوية الطبيعية، من حيث احترام مواعيد البدء في الرعي، والحمولة الرعوية، والفترة الزمنية، والدورات الرعوية، والتنسيق بين مختلف الجهات المستفيدة من المراعي.

2.2 الموارد الحيوانية وبصفة خاصة في السودان

أولاً: الموارد الحيوانية المائية

1) الأسماك

تعد الأسماك مورداً اقتصادياً مهما بالنسبة لعدد كبير من البلدان، كما أنها تعد من أهم مصادر البروتينات نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر أنواع أسماك: العجل (صورة 9)، والبياض (الصورة 10)، والبلطي (الصورة 11)، والكأس (الصورة 12).



الصورة (9): سمكة العجل



الصورة (10): سمكة البياض



الصورة (11): سمكة البلطي



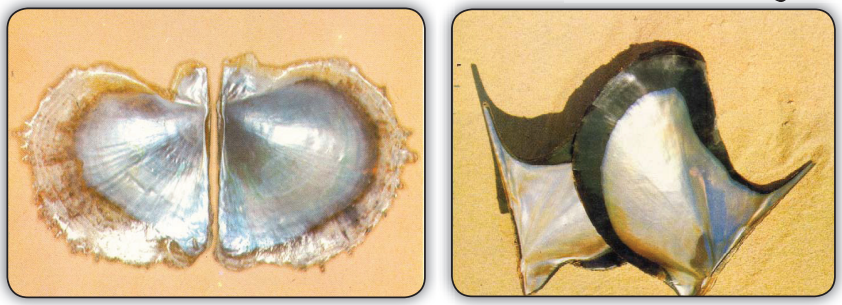
الصورة (12): سمكة الكأس

2) القشريات

القشريات من الموارد الحيوانية المائية المهمة؛ ومن أهم تلك التي يستفيد منها الإنسان كغذاء وكمصدر دخل: السرطان، والجمبري أو الربيان. ويوجد السرطان بكثرة في شواطئ البحر المتوسط والبحر الأحمر، وتستفيد منه الدول العربية المطلة عليهما. أما الجمبري أو الربيان فيكثر في المياه الساحلية للبحر المتوسط وفي الخليج العربي وفي البحر الأحمر؛ وينتظر أن يستفيد السودان من هذه الثروة المائية في مياهه الإقليمية في البحر الأحمر.

3) أصداف أو محار اللؤلؤ

وهو من أنواع الرخويات من طائفة ذوات المصراعين. ورغم أن اللؤلؤ يوجد طبيعياً في معظم أنواع المحار إلا أن محار أم اللؤلؤ (الصورتان 13أ و13ب) يمكن أن يربى في مزارع في البحر. ويستفاد من لحمها فيؤكل طازجاً أو مجففاً ويباع ، كما أن الأصداف تباع لتطحن وتضاف لعلف الحيوانات الداجنة .



الصورة (31أ): نوعٌ من محار أم اللؤلؤ

4) الحدائق (الشعاب) المرجانية

توجد هذه في البحار الدافئة ذات المياه الصافية التي يتخللها ضوء الشمس. تتكون هذه الحدائق من مرجانيات حجرية ومرجانيات رخوة شبيهة بالأشجار في شكلها العام، وشقائق نعمان الشبيهة بالزهور (الصورة 14). تتعايش أنواع المرجانيات مع طحالب أحادية الخلية، توجد داخل خلاياها، ولا يمكن للمرجانيات العيش بدون الطحالب الخضراء ومن هنا تأتي أهمية ضوء الشمس للطحالب ومن ثم للمرجان. بيئة الحدائق المرجانية مهمة كملجأ لكثير من الحيوانات البحرية مثل الأسماك المرجانية ذات الألوان الجميلة المتنوعة والرخويات والقشريات وغيرها، فهي توفر أماكن للاختباء من المفترسات، وأماكن للتكاثر. كما أنها مهمة اقتصاديا لأنها جاذبة للسياح الذين يستمتعون بجمالها وبتصويرها، كما هو الحال بالنسبة لزوار مدينة بورتسودان.



الصورة (14): جانبٌ من الشعب المرجانية

5) غابات مقابر الإنسان أو (الشورى) Mangrove forests

تنمو هذه في بحار المناطق المدارية على الشواطئ الطينية الغنية بالمواد العضوية المتحللة الغنية بالبكتيريا. نظراً لقلة الأوكسوجين في مثل هذه التربة، فإنّ لهذه النباتات جذوراً هوائيّةً، تحصل عن طريقها على

حاجتها من الأوكسجين مباشرة من الهواء الجوي (الصورة 51). تُكَوّن غابات أشجار الشورى بيئة مهمة لتكاثر بعض أنواع الأسماك والرخويات ولكثير من أنواع القشريات وهي أيضاً ملجأ مهم للطيور البحرية ومكان لبناء أعشاشها للتكاثر، كما أنها توفر المرعى للجمال.



الصورة (15): غابة من أشجار مقابر الإنسان (الشورى)
(يلاحظ الجذور التنفسية)

ثانياً: الموارد الحيوانية البرية على اليابسة

1) تنوع الحياة الحيوانية البرية على اليابسة ممثلة بالحياة البريّة في السودان

تزخر النظم البيئية الأرضية بثروة حيوانية ضخمة؛ فالسودان، على سبيل المثال، غنى بحيواناته البرية التي تعمر النظم البيئية المختلفة على امتداده.

لقد صحب تنوع النظم البيئية في السودان تنوع فريد في الحياة البرية. تعمر الصحراء وشبه الصحراء مجموعة من أنواع الحيوانات البرية نذكر منها: الغزال العادي(الباقنيت) (الصورة 16)، والمها السودانية (الصورة 17)، وأم كبجو (الصورة 18) والريم، والحمراية، والماعز البري (العيو) (الصورة 19)، والأرنب البري (الصورة 20).



الصورة (16):
الغزال العادي (الباقنيت)



الصورة (17): المها السودانية



الصورة (18): أم كبجو



الصورة (19): الماعز البري (العيو)

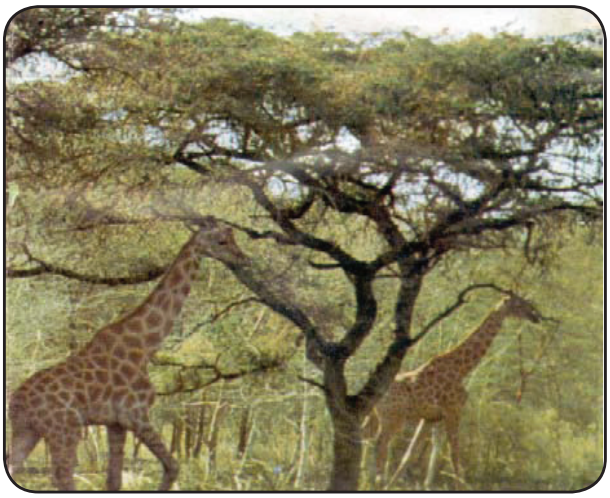


الصورة (20): الأرنب البري

وتعمر الساڤانا الفقيرة ذات الأمطار القليلة عدة أنواع من الثدييات نذكر منها: التيتل (الصورة 21)، والزراف (الصورة 22). ومن الطيور نذكر طائر القطا (الصورة 23). وتعمر الساڤانا الغنية، ذات الأمطار الغزيرة، معظم أنواع حيوانات الساڤانا الفقيرة، كما تعمرها أنواع حيوانات، الفيل، وحمار الوادي، والحمراية، ووحيد القرن (الصورة 42).



الصورة (21): التيتل



الصورة (22): الزراف



الصورة (23): طائر القطا

وتعمر الغابات الاستوائية العديد من أنواع الحيوانات البرية نذكر منها: وحيد القرن (الصورة 24)، والبقا (الصورة 25) .

تشكل الطيور عنصراً مهماً من موارد البيئة المتجددة، ففي السودان على سبيل المثال تعمر أنواع عديدة من الطيور كل المواطن البيئية المتوافرة فيه.



الصورة (24): وحيد القرن الأسود



الصورة (25): البقا

ب) مهددات الحياة الحيوانية البرية على اليابسة :

إن التزايد المستمر في أعداد السكان، وفي السودان بصفة خاصة، جعلهم في بحث مستمر عن بيئات جديدة للعيش فيها، وعن مصادر جديدة لسد حاجاتهم وإشباع رغباتهم، وقد نتج عن ذلك حرمان كثير من الحيوانات البرية من بيئاتها الطبيعية التي كانت توفر لها احتياجاتها من

غذاء ومأوى وحماية، وقد صحب ذلك القضاء على عدد كبير من أنواع الحيوانات والطيور، كما أن العديد منها أصبح مهدداً بالانقراض.

هذا وقد تنوعت دوافع الإنسان لقتل الحيوانات البرية، وتتلخص هذه في حاجته للحصول على الغذاء أو الكساء، أو بغرض توفير بيئة لحيواناته الأليفة، أو لمجرد إشباع رغبته الذاتية في القتل.

لقد كانت مناطق كثيرة من السودان تزخر بتنوع حيوي كبير من حيث أنواع الحيوانات البرية، ولكن مساحات واسعة منها فقدت كل حيواناتها أو معظمها، وأصبحت قائمة أنواع الحيوانات المهددة بالانقراض في تزايد مستمر؛ وتضم هذه على سبيل المثال لا الحصر: بقر الوحش، وأم كبجو، وغزال الريل، وغزال الأريل، ووحيد القرن بنوعيه الأبيض والأسود، والفهد، والفيل، والزراف، والتيتل، والنمر.

تدريب (5)

تتنوع دوافع الإنسان لقتل الحيوانات البرية، مما درسته في هذا المجال، هل يمكنك أن تلخص لنا تلك الدوافع؟

فعلى سبيل المثال، قد شهدت محمية الدندر القومية، التي تحظى بعناية كبيرة من الدولة السودانية من حيث المحافظة على التنوع الحيوي فيها، شهدت انحسارا في عدد أفراد أنواع الحيوانات فيها بدرجة كبيرة، وانقراض بعض أنواعها مثل غزال الأريل والتيتل، وتظل بعض الأنواع الأخرى فيها، مثل الزراف، مهددة بالانقراض وقد تعرض وحيد القرن بنوعيه الأبيض والأسود للإنقراض.

ج) حماية الحياة الحيوانية البرية على اليابسة

تجيء الدعوة لحماية الحيوانات البرية لاعتبارات عدة نورد بعضاً منها فيما يلي:

1. تلبية للنداء الرباني الداعي لعمارة الأرض.

2. الحفاظ على الحيوانات والطيور التي تُشَكِّلُ عنصراً جاذباً للسواح والدارسين الذين يعشقون الحياة البرية.
3. الحفاظ على الحيوانات والطيور التي يستفاد بلحومها وجلودها أو فرائها وريشها ومنتجاتها الأخرى لتزداد أعدادها مما يتيح استغلالها اقتصاديا.
4. الحفاظ على الطيور والحشرات المفيدة، خاصة المفترسة منها، لتؤدي دورها المهم في التوازن البيولوجي في النظام البيئي.

• هذا ويمكن حماية الحيوانات البرية بعدة وسائل نذكر منها ما يلي:

1. هناك حاجة ملحة للتوسع في البحوث العلمية في كافة نواحي حياة الحيوانات البرية والتي تشمل: البيئة والتصنيف والتشريح والفسيولوجيا والوراثة والتغذية، والسلوك والأمراض والفعاليات الخاصة بالتكاثر والعناية بالصغار. إن هذه الدراسات مهمة جداً إذا أردنا المحافظة على الثروة الحيوانية البرية وتنميتها؛ على أن تعهد هذه الدراسات لمعاهد متخصصة وإلى الباحثين، وبصفة خاصة، في مؤسسات التعليم العالي والبحث العلمي.
2. المحافظة على النظم البيئية التي تشكل الحيوانات البرية جزءاً من مكوناتها الحية، ويتعين بصفة خاصة منع الرعي الجائر فيها، إذ يتسبب ذلك في خفض أفراد أنواع الحيوانات البرية.
3. إنشاء مناطق محمية طبيعية Natural Reserves. والمحميات مساحات كبيرة أو صغيرة تضم عدداً من النظم البيئية الطبيعية تصان للحفاظ عليها من التهدم والزوال، ويوقف في حدودها أي نشاط بشري قد يؤدي إلى تدهورها، ويمنع فيها الرعي الجائر والصيد نهائياً، مع تعيين حراس أو مراقبين بغرض تطبيق القوانين. وتخدم هذه المحميات غرضين هما المحافظة على الكساء النباتي وتنميته،

وكذلك المحافظة على الحيوانات، خاصة النادرة منها، والعمل على تنميتها وإكثارها؛ كما أنها تستخدم للأغراض الترفيهية.

3.2 التربة Soil

1. أهمية التربة كمورد بيئي متجدد مرتبط بحياة الإنسان والكائنات الحية الأخرى.

التربة من الموارد المتجددة المهمة حيث إنها تشكل مصدراً للماء وعناصر التغذية المعدنية للنباتات، وهي المأوي لبعض الحيوانات الثديية الصغيرة ولكثير من الحيوانات الدنيا مثل الديدان وبعض الحشرات، ولكثير من الكائنات الحية الدقيقة من بكتيريا وفطريات وطحالب.

2. ممارسات الإنسان غير الرشيدة التي أضرت بالتربة.

يستثمر الإنسان التربة في إنتاج المحاصيل الزراعية ويحاول إتباع الطرق المختلفة للحفاظ على التربة وزيادة خصوبتها، ولكن ممارسات الإنسان غير الرشيدة في كثير من الأحيان، ممثلة في الإزالة الكلية للكساء النباتي الطبيعي، وكذلك الرعي الجائر والقطع الجائر والحرق، وتطبيق نظم الزراعة، وأساليبها الخطأ، أفقدت التربة خصوبتها وقللت من إنتاجيتها؛ فقد تسبب تدمير الكساء النباتي في تعريض التربة لعوامل التعرية المائية والريحية مما نتج عنه انجرافها.

كما أن عمليات الري والصرف غير المنظمة أدت إلى تدهور حالة التربة؛ فالرّي بإسراف، خاصة إذا كان بالمياه الجوفية، ولم تصحبه شبكات للصرف، تؤدي إلى إغراق التربة بمياه الرّي، وإلى ارتفاع الماء الأرضي فيها وسوء تهويتها وتملحها مما يؤدي إلى نقص إنتاجيتها.

كما أن الإسراف في استعمال السماد الكيماوي غيّر كيمياء التربة وأضرّ بها.

وكذلك فإن الإسراف في استعمال المبيدات الكيميائية أدى إلى تجميعها في التربة، مما أدى إلى قتل كثير من الأحياء الدقيقة فيها، التي تؤدي

دوراً مهماً في تحلل المواد العضوية، وتكوين الدبّال، وإعادة عناصر التغذية المعدنية إلى التربة لتكون في متناول النباتات.

هذا وإذا علمنا أن تكوين التربة وبناءَها يستغرق مئات السنين فإنه يتعين على الإنسان استغلال هذا المصدر الطبيعي بحكمة ودراية بخصائصه كنظام بيئي متكامل متوازن تتفاعل كل مكوناته الحيّة وغير الحيّة، لتوفر الخير، والنماء – بمشيئة الله – لبني البشر.

3. الموارد الطبيعية غير المتجدّدة

تتمثل الموارد غير المتجددة في البترول والفحم الحجري والغاز الطبيعي والمعادن؛ وتتوزع هذه جغرافياً بنسب متفاوتة بمشيئة الله. وقد أصبح البترول والغاز الطبيعي والخامات المعدنية من عَمَد الاقتصاد الوطني الرئيسة في عدد من أقطار العالم، خاصةً دول الخليج والسودان.

أسئلة تقويم ذاتي

1. ما دفوعاتك التي تقدمها للمواطنين في السودان لحثهم لحماية الغابات الطبيعية والمحافظة عليها ومنع تدهورها؟
2. ما التدابير التي تنصح المهتمين بأمر الغابات والمشتغلين بأمر استثمارها، اتخاذها للمحافظة على الغابات ومنع تدهورها؟
3. المراعي الطبيعية نعمة من نعم الله على الإنسان يجب الشكر عليها، بالمحافظة عليها وتنميتها؛ وضِّح كيف يمكن للإنسان أن يقوم بهذه المهمة.
4. ما النصائح التي في مقدورك تقديمها للرعاة الذين يعتمدون على المراعي الطبيعية في تربية حيواناتهم لتحثهم على المحافظة عليها وتنميتها؟
5. يزخر السودان بنظم بيئية مائية طبيعية مختلفة غنية بمواردها الحيوانية؛ صف هذه النظم البيئية ومواردها الحيوانية.
6. "لقد صحب تنوع النظم البيئية البرية في السودان تنوع فريد في الحياة الحيوانية البرية" ناقش هذه العبارة.
7. يساور القائمين على أمر الحياة البرية النباتية والحيوانية في السودان قلق مستمر نظراً لتعامل الإنسان غير الرشيد حين استغلالها؛ هل تشاركهم هذا الشعور؟ ولماذا؟
8. وضِّح كيف أن تعامل الإنسان غير الرشيد مع التربة أضر بها وأفسدها.
9. بيِّن كيف استفاد الإنسان في السودان من الطاقتين الشمسية والمائية؟