

الشكل الظاهري للنباتات: من الإنبات إلى الثمار



دكتور رضا حلمي سمور



2023



التمهيد

يهتم هذا الكتاب بدراسة الخصائص الظاهرية للنباتات، خاصة الصفات البصرية التي يمكن مقارنتها وقياسها ووصفها؛ وذلك لتقييم الاختلافات أو أوجه التشابه بين الأنواع والأصناف والمدخلات النباتية ووصفها وتعريفها وتصنيفها ودراسة التباين بينها للاستفادة منها في الاستخدامات الغذائية والحياتية اليومية، من خلال إنتاج سلالات وأصناف جديدة تلبي حاجات الزيادة المطردة في عدد السكان، والمراعي والأعلاف للحيوان. فبدون معرفة هذه الخصائص الظاهرية للنباتات يصبح من المستحيل تعريف وتصنيف النباتات، وتعريف فلورا الدول والمناطق الجغرافية المختلفة، والدراسات البيئية للغطاء النباتي بالبيئات المختلفة، ودراسة التنوع الوراثي وجمع الأصول الوراثية، واستخدام النبات في الأدلة الجنائية، وفهم الوسائل التي يستخدمها النبات ليدافع بها عن نفسه ضد ما يهاجمه من حيوانات وممرضات متنوعة.

قد ولد هذا الكتاب ليضم بين دفتيه وصفا تفصيلا لأعضاء النبات المختلفة مدعما بصور ملونة لنماذج حقيقة لكل صفة من الصفات البصرية للنبات بتنوعاتها المختلفة: ابتداء بالانبات مرورا بالجذور والسيقان والأوراق والنورات وانتهاء بالثمار وتحورتهم المختلفة. فدراسة هذه الصفات البصرية بتنوعاتها المختلفة وما بينها من اختلافات وتشابهات لاغنى عنه في تصنيف النباتات ودراسة التنوع الوراثي بينها. كما أن ملاحظة ما يترأ على هذه الصفات البصرية

من متغيرات نتيجة لنقص أو زيادة المعادن أو نتيجة للإصابة بالأمراض المختلفة يساعد على معالجتها، وبالتالي يزيد الانتاجية وينعكس بالإيجاب على الاقتصاد وعلى رفاهية المجتمع بآثره. إضافة إلى ما سبق فإن الكتاب يحوي من المعلومات ما هو على جانب كبير من الأهمية لمختلف تخصصات النبات، مثل تخصصات: التصنيف والفلورا، والوراثة والبيئة والتشريح والطب الشرعي.

ما يحتويه الكتاب من معلومات مهم لطلاب كليات العلوم والزراعة والتربية والصيدلة. كما أنه على جانب كبير من الأهمية للمهتمين بتصنيف النباتات والبيئة النباتية والفلورا والتنوع الوراثي وتربية النبات وأمراض النبات العضوية والفسيولوجية والادلة الجنائية والمهتمين بدراسة النباتات من باحثين وطلاب دراسات عليا، ووضع السياسات ومتخذي القرار الاقتصادي، إضافة إلى مطور المناهج بالتعليم العام والهواة وأصحاب المشاتل والقائمين على المتنزهات والحدائق العامة والخاصة...الخ

المقدمة

يقع هذا الكتاب في أربعة عشر فصلا. يشمل الفصل الأول (نبذة تاريخية) على دراسة تاريخية لتطور علم النبات عبر الحضارات المختلفة انتهاء بعصر النهضة، واهم العلماء الذين ساهموا في هذا التطور. ويلقي الفصل الثاني (اهمية دراسة النباتات) الضوء على اهمية النباتات الخضراء للإنسان والكائنات الأخرى، بالإضافة لخصائص الكائنات الحية والفرق بينها وبين الجماد، وكذلك الفروق بين النباتات والحيوانات. ويشمل الفصل الثالث (الإنبات) على تعريف عملية الانبات وكيفية حدوثها، كما يشمل على دراسة الإنبات في النباتات ذوات الفلتين والنباتات ذوات الفلقة الواحدة، مع طرح عدد من الأمثلة التوضيحية. ويصف الفصل الرابع (الجذور) تركيب المجموع الجذري الوتدي ومناطقه المختلفة ووظيفة كل منطقة، والخصائص العامة للجذور الحقيقية، والجذور العارضية والتحورات في كل من الجذور الوتدية والجذور العارضية. ويشمل الفصل الخامس (السيقان) على وصف للأنواع المختلفة من السيقان، وتركيب السيقان بصفة عامة وما يحدث بها من تحويلات، إضافة إلى دراسة التفرع في السيقان، ووظائف السيقان. ويبدأ الفصل السادس (الأوراق) بتحديد ماهية الورقة، وما هي أجزاؤها المختلفة، وما أنواعها، وما أنواع الأذانات، والاشكال المختلفة لنصل الأوراق المركبة والأوراق البسيطة، والاشكال المختلفة لحافة ونصل وسطح الورقة البسيطة، كما يشمل ايضا على

التحورات بالأوراق وترتيب الأوراق على الساق ووظائف الورقة، ومتغير الأوراق، وينتهي بالتجانس والتناظر في الأوراق. ويوضح الفصل السابع (الوسائل الدفاعية في النبات) الوسائل الدفاعية التي تستخدمها النباتات للدفاع عن نفسها ضد ما يهاجمها من كائنات أخرى، مثل: الدرع، الشعور اللاسعة، الشعور الغدية، الشعور ووسائل دفاعية أخرى. ويركز الفصل الثامن (النورات) على الأنواع المختلفة من النورات بما فيها النورات غير المحدودة والنورات المحدودة والنورات المختلطة والمركبة، والأنواع أخرى من النورات. ويتناول الفصل التاسع (الزهرة) أجزاء الزهرة ابتداءً من كرسي الزهرة مروراً بالكأس والتويج والطلع وانتهاءً بالمتاع. كما يناولنا منشأ الزهرة والقنابات والتناظر في الزهرة. ويبدأ الفصل العاشر (التلقيح) بنبذة تاريخية عن التلقيح، متبوعة بدراسة أنواع التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي مع ذكر مميزات ومساوئ كل نوع، وأنتهى هذا الفصل بوسائل التلقيح الخلطي تفصيلاً. واستهل الفصل الحادي عشر (الإخصاب) بتعريف الإخصاب وكيفية حدوثه، إضافة إلى توضيح ما هو الإخصاب الثنائي، وما هو الانقسام الاختزالي. ويشمل الفصل الثاني عشر (البذور) على تحديد مكونات البذرة والتغيرات الأخرى التي تطرأ على البويضة، وتركيب البذور. ويتناول الفصل الثالث (الثمار) نشأة البذور وكيفية التفتح في الثمار، وتقسيم الثمار، إضافة إلى أنواع الثمار المتجمعة والثمار المركبة أو المتضاعفة. أما الفصل الرابع عشر (انتثار الثمار والبذور) فيناول طرائق انتشار الثمار والبذور بواسطة الرياح والماء والانفجار

والحيوانات.

الفهرس

17	الفصل الأول: نبذة تاريخية
17	1. 1 التصنيف الفلكلوري
17	1. 2 اهتمام قدماء المصريين بالنباتات
19	1. 3 اهتمام الصينين بالنباتات
19	1. 4 اهتمام الإغريق بالنباتات
21	1. 5 اهتمام البطالمة والرومان بالنباتات
22	1. 6 اهتمام المسلمين بالنباتات
23	1. 7 اهتمام علماء عصر النهضة بالنباتات
30	الفصل الثاني: أهمية دراسة النباتات
30	2. 1 أهمية النباتات الخضراء
32	2. 2 خصائص الكائنات الحية
37	2. 3 الفرق بين الأحياء والجماد
38	2. 4 الفرق بين النبات والحيوان
43	الفصل الثالث: الإنبات
43	3. 1 عملية الإنبات
45	3. 2 الإنبات في ذوات الفلقتين
45	3. 2. 1 الإنبات فوق السطحي
46	3. 2. 2 الإنبات تحت السطحي
46	3. 2. 3 إنبات من نوع خاص
47	3. 3 الإنبات في ذوات الفلقة الواحدة

47	3. 3. 1	الإنبات تحت السطحي
48	3. 3. 2	الإنبات فوق السطحي
49	3. 3. 3	إنبات من نوع خاص
53		الفصل الرابع: الجذور
53	4. 1	المجموع الجذري الوتدي
57	4. 3	خصائص الجذور
59	4. 4	الجذور العارضية
62	4. 5	الجذور الوتدية المتحورة
63	4. 6	الجذور العارضية المتحورة
72		الفصل الخامس: السيقان
72	5. 1	أنواع السيقان
74	5. 2	العقد والسلاميات
75	5. 3	البراعم
75	5. 3. 1	أنواع البراعم
76	5. 3. 2	حماية البراعم
78	5. 3. 3	تحور البرعم
78	5. 4	طبيعة النبات
78	5. 4. 1	الأعشاب
79	5. 4. 2	الشجيرات
79	5. 4. 3	الأشجار
79	5. 4. 4	المتسلقات
83	5. 5	أنواع خاصة من النباتات

83	"Parasites - الطفيليات"	5. 5. 1
85	"Epiphytes-النباتات الفوقية"	5. 5. 2
85	"Saprophytes-النباتات الرمية"	5. 5. 3
88	"Symbionts-النباتات المتكافلة"	5. 5. 4
88	"Carnivorous Plants - النباتات أكلة الحشرات"	5. 5. 5
88	تحويلات السيقان	5. 6
88	سيقان متحورة تحت أرضية	5. 6. 1
93	سيقان محورة تحت هوائية	5. 6. 2
94	"Aerial Modifications-متحورة هوائية"	5. 6. 3
98	التفرع	5. 7
98	"Lateral Branching-التفرع الجانبي"	5. 7. 1
100	التفرع ثنائي الشعبة	5. 7. 2
101	وظائف الساق	5. 8
103	الفصل السادس: الأوراق	
103	ما هيّة الورقة	6. 1
104	أجزاء الورقة	6. 2
104	"Leaf base-قاعدة الورقة"	6. 2. 1
104	"Petiole-العنق"	6. 2. 2
106	نصل الورقة	6. 2. 3
107	أنواع الأوراق	6. 3
109	"Stipules-الأذانات"	6. 4
112	نصل الورقة البسيطة	6. 5

- 112 _____ "Apex of the leaf - قمة الورقة" 6. 5. 1
- 114 _____ حافة الورقة 6. 5. 2
- 115 _____ سطح الورقة 6. 5. 3
- 116 _____ شكل الورقة البسيطة 6. 6
- 120 _____ "Venation-التعرق" 6. 7
- 120 _____ "Reticulate Venation-التعرق الشبكي" 6. 7. 1
- 122 _____ "Parallel Venation-التعرق المتوازي" 6. 7. 2
- 123 _____ وظائف العروق 6. 7. 3
- 123 _____ الأوراق المركبة 6. 8
- 123 _____ الفرق بين الورقة المركبة و الورقة البسيطة 6. 8. 1
- 124 _____ الفرق بين الورقة المركبة و الفرع 6. 8. 2
- 124 _____ شكل الورقة المركبة 6. 8. 3
- 127 _____ عمر الورقة 6. 9
- 128 _____ تحورات الأوراق 6. 10
- 133 _____ "Phyllotaxy-ترتيب الأوراق على الساق" 6. 11
- 134 _____ أنواع ترتيب الأوراق على الساق 6. 11. 1.
- 138 _____ "Opposite-متقابلة" 6. 11. 2
- 138 _____ "Whorled-الترتيب السواري" 6. 11. 3
- 139 _____ "Leaf Mosaic-الترتيب الفسيفسائي" 6. 11. 4
- 140 _____ وظائف الورقة 6. 12
- 141 _____ "Heterophylly - متغاير الأوراق" 6. 13
- 141 _____ "Homology and analogy - التجانس و التناظر" 6. 14

144 الفصل السابع: الوسائل الدفاعية في النبات _____ 144

144 7. 1 "الدرع-Armature" _____

144 7. 1. 1 "المسلات Thorns" _____

144 7. 1. 2 "الأشواك-Spines" _____

146 7. 1. 3 "الواخزات-Prickles" _____

146 7. 1. 4 "الهلاب-Bristles" _____

146 7. 2 "الشعور اللاسعة- Stinging Hairs" _____

148 7. 3 "الشعور الغدية-Glandular Hairs" _____

148 7. 4 "الشعور-Hairs" _____

148 7. 5 وسائل دفاعية أخرى _____

148 7. 5. 1 السموم _____

149 7. 5. 2 المذاق المر والرائحة المنفرة _____

150 7. 5. 3 "النواتج المهملة-Waste Products" _____

150 7. 5. 4 "التخفي أو التنكر-Mimicry" _____

152 الفصل الثامن: النورات _____ 152

152 8. 1 النورات غير المحدودة _____

153 8. 1. 1 النورات غير المحدودة طويلة المحور الرئيس _____

8. 1. 2 النورات غير المحدودة قصيرة أو متقزمة المحور الرئيس.

156 _____

158 8. 1. 3 النورات غير المحدودة مفلطحة المحور الرئيس _____

159 8. 2 "النورات المحدودة - Cymose" _____

159 8. 2. 1 النورة المحدودة وحيدة الشعبة _____

161 8. 2. 2 النورة المحدودة ثنائية الشعبة _____

161	_____	8. 2. 3 النورة المحدودة عديدة الشعب
		8. 3 "النورات المختلطة والمركبة - Compound and Mixed forms"
161	_____	
161	_____	8. 3. 1 المختلطة
162	_____	8. 3. 2 النورات المركبة
162	_____	8. 4 أنواع أخرى من النورات
162	_____	8. 4. 1 "النورة اللبئية-Cyathium"
164	_____	8. 4. 2 "النورة اللولبية-Verticillate"
165	_____	8. 4. 3 "النورة التينية-Syconium"
167	_____	الفصل التاسع: الزهرة
169	_____	9. 1 كرسي الزهرة
169	_____	9. 1. 1 شكل كرسي الزهرة
171	_____	9. 1. 2 وضع الأوراق الزهرية على كرسي الزهرة
173	_____	9. 2 القنابات (Bracts)
175	_____	9. 3 منشأ الزهرة
178	_____	9. 4 التناظر في الزهرة
179	_____	9. 5 "الكأس Calyx"
180	_____	9. 6 "التويج-Corolla"
180	_____	9. 6. 1 "أشكال التويج Forms of Corollas"
182	_____	9. 6. 2 ملحقات التويج
184	_____	9. 6. 3 "التربيع الزهري-Aestivation"
186	_____	9. 7 الطلع (Androecium)
187	_____	9. 7. 1 تركيب الطلع

187	9. 7. 2 تركيب حبوب اللقاح
190	9. 7. 3 تطور أو نشأة حبوب اللقاح
192	9. 7. 4 اتصال الخيط بالمتك
	9. 8 "الالتصاق (التماسك) والالتحام - Cohesion and Adhesion"
192	
193	9. 8. 1 التحام الأسدية
193	9. 8. 2 التصاق الأسدية
194	9. 8. 3 "أطوال الأسدية Length of Stamens"
194	9. 8. 4 تفتح المتك
194	9. 9 "المتاع-Gynoecium"
195	9. 9. 1 المبيض
196	9. 9. 2 المتاع ملتحم الكرابل
197	9. 9. 3 "الوضع المشيمي"
200	9. 9. 4 البويضة
206	الفصل العاشر: التلقيح
206	10. 1 نبذة تاريخية
207	10. 2 أنواع التلقيح
208	10. 2. 1 التلقيح الذاتي
208	10. 2. 2 التلقيح الخلطي
217	10. 2. 3 "التلقيح بواسطة الرياح-Anemophily"
217	10. 2. 4 "إلقاح مائي أو التلقيح بواسطة الماء-Hydrophily"
218	10. 2. 5 "إلقاح حيواني-Zoophily"
219	10. 3 مميزات ومساوئ التلقيح الذاتي والخلطي

219	10. 4 وسائل التلقيح الخلطي
226	الفصل الحادي عشر: الإخصاب
226	11. 1 تعريف الأخصاب وكيفية حدوثه
229	11. 2 "الإخصاب الثنائي-Double fertilization"
229	11. 3 الانقسام الاختزالي
232	الفصل الثاني عشر: البذور
232	12. 1 تكوين البذرة
232	12. 1. 1 تكوين الجنين
235	12. 1. 2 تكوين الإندوسبرم
237	12. 1. 3 "مصاصات الإندوسبرم-Endosperm Haustoria"
238	12. 2 التغيرات الأخرى التي تطرأ على البويضة
240	12. 3 تركيب البذور
240	12. 3. 1 بذور ذوات الفلقتين
242	12. 3. 2 بذور ذوات الفلقة الواحدة
245	الفصل الثالث عشر: الثمار
245	13. 1 نشأة البذور
248	13. 2 تفتح الثمار
248	13. 3 تقسيم الثمار
249	13. 3. 1 الثمار البسيطة
259	13. 3. 2 الثمار المتجمعة
260	13. 3. 3 الثمار المركبة أو المتضاعفة
264	الفصل الرابع عشر: انتشار الثمار والبذور

264	14. 1	مقدمة
264	14. 2	انتشار الثمار والبذور بواسطة الرياح
265	14. 2. 1	الأجنحة
265	14. 2. 2	المظلة الزغبية
265	14. 2. 3	الهدهدة
265	14. 2. 4	الشعور
266	14. 2. 5	الأقلام الدائمة
267	14. 2. 6	الثمار والبذور الخفيفة
268	14. 3	انتشار الثمار والبذور بواسطة الماء
269	14. 4	انتشار البذور بواسطة انفجار الثمار
270	14. 5	انتشار الثمار والبذور بواسطة الحيوانات
270	14. 5. 1	الثمار الكلابية
272	14. 5. 2	الثمار اللزجة
272	14. 5. 5	الثمار اللبية
272	14. 5. 6	الثمار التي تؤكل

الفصل الأول: نبذة تاريخية

1. 1 التصنيف الفلكلوري

لم تتغير حاجات الإنسان الأساسية منذ بداية الخليقة. فالماء والغذاء والدواء شرايين حياة الإنسان وروح حياته. ومن أجل الحصول عليهم استوطن الإنسان شواطئ ودلتا الأنهار؛ ليروي ظمأه ويزرع ما يشبع حاجاته، من غذاء ودواء، ويوفر ما تحتاجه حيواناته من ماء ومرعى.

مع تراكم معارف الإنسان بالبيئات التي يقطنها، صنف ما يحيط به طبقاً لحاجاته واهتماماته، وهو ما يعرف الآن بالتصنيف الفلكلوري. والتصنيف الفلكلوري، دليل إرشادي غير مكتوب يتوارثه كل فرد من أفراد القبيلة، وتتناقله الأجيال جيل بعد جيل؛ فحواها العلم بنباتات الغذاء، ونباتات المراعي، ونباتات الأخشاب أو الوقود، والنباتات الطبية، وحيوانات اللحوم والألبان، والحيوانات السامة والمفترسة، الخ. ومعرفة هذا التصنيف بالنسبة لأفراد القبيلة شيء ضروري للعيش آمين. فبدونه يصعب العيش في هذه البيئة؛ حيث أن تلك المعرفة تمكنهم من معرفة ما بالبيئة من ضار ومن نافع.

1. 2 اهتمام قدماء المصريين بالنباتات

تدل النقوش الموجودة على جدران معابد وقبور المصريين القدماء، وعلى أوراق البردي التي وجدت في مقابرهم على مدى اهتمامهم باستخدام النباتات ذات الأهمية الزراعية والطبية.

فمن النقوش التي وجدت على جدران معابد قدماء المصريين عرف أسماء النباتات التي كانوا يستخدمونها بجانب صور تلك النباتات، كذلك عثر على الكثير من النباتات بجانب موميائهم. ومن اللفت للانتباه أيضا أنهم ادخلوا نباتات لم تكن تنبت في مصر، فأحضروا المر من الصومال والورد من الصومال والحبشة.

لم يقتصر اهتمام المصريين القدماء على النباتات التي تستخدم في الغذاء، بل اهتموا اهتماما كبيرا بالنباتات الطبية التي تستخدم في العلاج. فقد حددوا الصفات الطبية من تلك النباتات وطرائق تحضيرها فيما تركوا من برديات، مما يجعل هذه الصفات أقدم دساتير للدواء في تاريخ العلم والعالم. ويوجد العديد من هذه البرديات محفوظة في متاحف العالم الحديث، منها بردية ايبيرس، وبردية هيرست، وبردية سميث، وبردية كاهون، وبردية برلين، وبردية لندن. وعلى سبيل المثال لا الحصر، تحتوي بردية ايبيرس على العديد من الصفات الطبية، منها: استخدام زيت الخروع كعلاج للإمساك وكدهان للشعر، واستخدام الثوم والبصل وكزبرة البئر والكرفس والشبت والكمون والينسون والشمر والقرفة وجذور العرق سوس وبصل العنصل والرمان للديدان وكمضاد للإسهال. هذه البردية محفوظة الآن في متحف "ليبزج" بألمانيا. أما بردية "كاهون" فيرجع تاريخها إلى الأسرة الثامنة عشر (عام 1900 ق.م)، وتحتوي هذه البردية حوالي 35 وصفة طبية، كلها متعلقة بأمراض النساء والولادة. وقد اكتشفت هذه البردية في منطقة "اللاهون" الأثرية بالفيوم. وتوجد هذه البردية الآن في متحف المتروبوليتان

بنيويورك.

3. 1 اهتمام الصينيين بالنباتات

ما تركته الحضارة الصينية من آثار يدل بما لا يدعو مجالا للشك على مدى اهتمام الصينيون القدماء بالنباتات. فلقد اهتموا بزراعة الأرز والشاي والبرتقال وغيرهم من النباتات. كما اهتموا باستخدام الأعشاب في العلاج، وانفردوا دون غيرهم من الأمم بتجربة الأعشاب على أنفسهم دون تجربتها على الحيوان أولاً. ويظهر ذلك جلياً في منهج "شن تونج"، مؤلف كتاب الصيدلة المشهور باسم "بن تساو". ومازال الصيادلة الصينيين يتخذون "شن تونج" رمزاً لهم لما يتمتع به من احترام خاص لديهم. ويرجع إلي "شن تونج" اكتشاف نبات "ماهوانغ"، أي: "الأفدرا"، وهو نبات منشط ومعرق. وقد استخلص منه حديثاً مادة الأفدرين التي تدخل في العديد من المستحضرات الطبية والصيدلانية.

4. 1 اهتمام الإغريق بالنباتات

اهتم الإغريق، كغيرهم من الحضارات القديمة، بحقلي الطب والصيدلة، وأنشئوا المدارس التي تهتم بهذين العلمين. كما امتد اهتمامهم واحترامهم إلى العلماء في مجالي الطب والصيدلة، إلى درجة أضباع صفة الألوهية عليهم. وما تسميتهم الكاهن "اسكولاب"، باسم "إله الشفاء" وإقامة له المعابد في وسط الغابات على سفوح الجبال، وجعلها مستشفيات يأمرها المرضى لأكثر دليل على غلوهم في احترام علمائهم في مجالي الطب والصيدلة. كذلك كان الأغريق ينظرون إلى الشعبان على أنها

رمز للحياة والحكمة والشفاء. وقد توارثت الأجيال المتعاقبة هذه النظرة، متمثلة في الثعبان الملتف رمز الصيدلة والصيدليات في زمننا هذا. ومن أبرز علماء الإغريق الذين برعوا في استخدام النباتات كعقاقير طبية: "أبقراط" أبو الطب (460-377 ق.م)، و"أرسطو" المعلم الأول (384-322 ق.م)، و"ثيوفراستوس" (387-317 ق.م) أبو النبات. وكان "أبقراط" عشاب فذا، فقد ذكر أكثر من 230 دواء وعشبا. كما كان أول من قسم الأدوية إلى أدوية تستعمل من الظاهر، مثل: الكمادات والزيوت والمراهم، وأخرى يتناولها المريض عن طريق الفم، مثل: الأعشاب المغلية مع العسل، أو الحبوب أو القطرات أو غيرها. أما "أرسطو" فقد بدأ الاهتمام بدراسة النبات كعلم في عهده. وقد بدأ حياته جامع للأعشاب والعقاقير، وكان صديقا ومرشدا "للإسكندر المقدوني"، ورافقه في فتوحاته الآسيوية مما أتاح له الفرصة للاطلاع على نباتات تلك المناطق، كما أنه وضع مؤلفات في مواضيع شتى ترجمت إلى العربية. وقد أهدى أرسطو مكتبته ومخطوطاته إلى تلميذه "ثيوفراستوس" الذي يعتبر أبي النبات بحق؛ حيث أنه وصف ما يربو على 480 نبات في مخطوطه "تاريخ النبات"، شارحا خواصها وصفاتها الدوائية وطرائق استخدامها في علاج مختلف الأمراض المعروفة في ذلك الزمان. كما قسم النباتات إلى أشجار وشجيرات ونصف شجيرات وأعشاب، وفرق بين النباتات الحولية والمعمرة، وبين الأزهار السفلية والأزهار العلوية، وبين النورات المحدودة وغير المحدودة، وبين الأزهار ملتحمة وسائبة

البتللات. كذلك يرجع إليه الفضل في استخدام عصير نبات الخشخاش كمسكن للآلام.

5. 1 اهتمام البطالمة والرومان بالنباتات

اهتم البطالمة بمعرفة الكثير من الصفات الطبية لأعشاب ونباتات عديدة. وقد ظهر ذلك في قصيدتين كتبهما "نيكاندر" أحد أطباء جامعة الإسكندرية القديمة: أحدهما عن العقاقير الطبية ودراسة السموم النباتية والحيوانية والمعدنية ومضادتها الشافية وأطلق عليها اسم "الالكسيفارما"، والثانية اسمها "الترياق" وهي علاج السموم بالترياق.

أما الرومان، فقد نقلوا مكتبة الإسكندرية إلى روما، وانكبوا على مخطوطاتها، فنهلوا منها، وتسيدوا التقدم العلمي حينذاك. ومن أشهر المشتغلين بالطب والصيدلة في العهد الروماني: "آندروماك" (20 - 70م)، و"ديسقوريدس" (6 - 50م)، و"بلاني" (23 - 79م)، و"جالينوس" أبو الصيدلة (130-201م). وكان "آندروماك" طبيب الطاغية "نيرون"، واشتهر بتحضيره للترياق المعروف باسمه حتى الآن، ويدخل في تركيبه 64 عشبه منها الأفيون والزعفران والفلفل والقرفة وغيرها، وكان يستعمله لعلاج حالات التسمم من الأفاعي. وبقي هذا الترياق مستعملا في دستور الأدوية الفرنسي حتى عام 1837م. أما "ديسقوريدس" فقد عاش في نفس الفترة الزمنية التي عاش فيها السيد المسيح عليه السلام، وألف العديد من الكتب المهمة أهمها موسوعته المعروفة باسم " *Materia Medica* " التي ضمنها وصف دقيقا لعدد كبير من النباتات الطبية،

وقد اشتهر "ديسقوريدس" بالدقة المتناهية في تحضير الأدوية، ويعتبر أول من استعمل علم النبات كأداة علمية في تطوير مهنة الصيدلة. وهو أول من وصف الأفيون وشجرة الخشخاش، وذكر فوائده في علاج السعال وتسكين الآلام، وحذر من تناول كميات كبيرة منه، كما قدم نصائح وإرشادات هامة في كيفية جمع العقاقير النباتية وحفظها من التلف والفساد. أما "بلني" فقد ألف مخطوطه "التاريخ الطبيعى" الذي يقع في 37 جزء، وقسم فيه النباتات تبعاً لفائدته للإنسان إلى نباتات طبية ومحاصيل وأخشاب، الخ.

6. 1 اهتمام المسلمين بالنباتات

بزغ نور الإسلام فغطى الدنيا، وفتح المسلمون ممالك شتى امتدت من المحيط الأطلسي غرباً حتى الخليج العربي شرقاً. واهتموا بعلم النبات اهتمامهم بالعلوم الأخرى. وكانت أولى اهتماماتهم تنقية هذا العلم من السحر والشعوذة، متبعين منهج علمي رصين. ومن أشهر علماء المسلمين في هذا المجال: "جابر بن حيان" (721-815م)، و"الكندي" (800-871م)، و"ابن سينا" (980-1037م)، و"ابن البيطار" (1197-1248م)، و"أبو حنيفة الدينوري"، وغيرهم كثير. "فجابر بن حيان"، أبو الكيمياء، ألف كتب شتى، منها: كتاب "الخواص"، وكتاب "الموازن"، وكتاب "السموم ودفع مضارها" الذي قسم فيه السموم إلى سموم حيوانية ونباتية ومعدنية. ومن السموم النباتية التي حواها هذا الكتاب: السكران، وقرون السنبل، والأفيون، والحنظل. أما "الكندي" فكان من أبرز علماء العصر

العباسي، ومن أهم كتبه: كتاب "الغذاء والدواء المهلك"، وكتاب "الأدوية الشافية من الروائح المؤذية"، وكتاب "أشفية السموم"، وغيرها. أما "ابن سينا" فمن أشهر مؤلفاته كتاب "القانون" موسعة الطب والصيدلة والنبات. ففي هذه الموسوعة الضخمة أفرد "ابن سينا" مجلد خاص يتضمن كثير من الأدوية المفردة والمركبة من أنواع العطارات والعقاقير التي استعملها اليونان والعرب والفرس والهند والصين. أما في مجال النبات، فقد انصب اهتمامه على تاريخ النبات والنباتات الطبية. أما ابن "البيطار" فقد جمع ما يربو على 1400 نبات، وصفها وصنفها وأشار إلى أهميتها الطبية. ولم يقتصر اهتمام علماء المسلمين على النواحي الطبية فحسب، فقد اهتموا بنباتات المراعي لما لها من أهمية في النهوض بالثروة الحيوانية، وقد برع منهم في هذا المجال "أبو حنيفة الدينوري"، المتوفى في 282هـ، الذي ألف موسوعة من ستة مجلدات، تناولت وصف المراعي وتصنيف المراعي والنباتات الرعوية والقيمة الغذائية لنباتات المراعي وإدارة المرعى واستجابة الحيوانات للمرعى. لذا يعتبر مؤسس علم المراعي، الذي لم يلق اهتمام الغرب، إلا بعد رحيل الدينوري، بحوالي 1028 عام.

1.7 اهتمام علماء عصر النهضة بالنباتات

مع بزوغ شمس القرن السادس عشر، كان علم النبات على موعد مع ميلاد جديد، فقد ألف عالم النبات الألماني "برنفيلز" كتاب عن النباتات الطبية، يقع في ثلاث أجزاء في 1530م. كما خط "فيوشس" عالم النباتات الطبية الألماني، كتاب "تاريخ النباتات" في

1542م. كذلك، نشر عالم النبات و الطبيب الإنجليزي، "تيرنر" كتابه " A New Herbal" في ثلاثة أجزاء في الفترة من 1551م إلى عام 1568م. ولم تتخلف إيطاليا عن المساهمة في تلك النهضة، وكان من ابرع علمائها في تلك الفترة "سيزلبينو" الذي ألف كتابه "النباتات - De plantis" في 1583م. وقد ضم هذا الكتاب بين دفتيه وصف لحوالي 1520 نبات. كذلك كان من أبرز علماء إيطاليا أيضا "كاسبار بوهين" الذي ألف كتاب عن النبات احتوى على وصف لحوالي 2700 نبات في عام 1596م.

وبداية القرن السابع عشر وتحديد في عامي 1620م و1623م نشر "بوهين" كتابين يحتويان على 6000 نوع من النباتات. وفي هذين الكتابين، أدخل التسمية المزدوجة للعديد من الأنواع، ووضع نظام تقسمي يعتمد على القرابة الطبيعية بين النباتات، معتمدا على البنية والشكل. ويعتبر "بوهين" أول من تخلص من تقسيم النباتات على أسس طبية، إلا أنه لم يهتد مثل سابقه إلى أهمية الأزهار في تصنيف النباتات. وفي عام 1686 م، قسم "جون ري" الانجليزي النباتات إلى: (أ) نباتات ناقصة (طحالب، فطريات، حزازيات، سرخسيات) و(ب) نباتات كاملة (ذوات فلق وذوات فلقيتين). ثم نشر كتابه عن فلورا الجزر البريطانية في 1690م. في نفس الفترة وتحديد في عام 1695م استخدم "تورنيفورت" الفرنسي- لأول مرة بعض صفات الزهرة والثمرة في تقسيم النباتات، دون إغفال الصفات المورفولوجية الأخرى، كما أعاد إلى الحياة نظرية الأجناس والأنواع من جديد.

وفي القرن الثامن عشر برزت شخصية العالم السويدي "لينيس" (1707 - 1778م)، أستاذ النبات بجامعة أبسالا، الأب الروحي وصاحب الفضل الأول في وضع أسس التسمية المزدوجة للنباتات، والتي ما زالت تستخدم حتى وقتنا هذا. لم يقتصر إسهام "لينيس" على وضع أسس التسمية المزدوجة للنباتات، بل نشر نظاما تصنيفيا يقوم على الصفات الجنسية في عام 1753م. وبالرغم من أن هذا النظام التصنيفي كان نظاما صناعيا، إلا أنه كان يعتبر نظاما متقد الذكاء. وفي الفترة بين (1748-1836م) أدخل الفرنسي "دي جوسيبي" تغييرات عديدة على نظام "لينيس"، كما قسم النباتات إلى مائة رتبة (عائلة)، ووضع النباتات (أ) عديمة الفلقة (النباتات اللازهرية اليوم، وتشمل بعض النباتات الزهرية المائية) في مجموعة، و(ب) ذوات الفلقة الواحدة في مجموعة، و(ج) ذوات الفلقتين في مجموعة ثالثة (1789م). كذلك، يعتبر صاحب السبق في إدخال المصطلحات الآتية: زهرة سفلية وزهرة علوية وزهرة محيطية. ويعتبر نظام "دي جوسيبي" القاعدة التي انطلق منها تطوير نظام التصنيف الصناعي إلى نظم التصنيف الطبيعي.

في بداية القرن التاسع عشر، ظهرت نظم تصنيفية عديدة، أشهرها: تصنيف "دي كاندول" في 1819م. و"روبرت برون" في 1827م. و"اندليشر" في 1836م، و"ليندلي" في 1845م. وفي النصف الثاني من هذا القرن، وضع الإنجليزيان "بنسم" (1800-1884م) و"هوكر" (1817-1911م) تصنيفا طبيعيا للنباتات، عرف

بتصنيف "بنسم وهوكر" (1862-1883م)، وصفا فيه حوالي 202 عائلة من النباتات الزهرية، واستقبل بقبول كبير وعظيم من المهتمين بدراسة تصنيف النباتات. لم تقتصر جهودهما على هذا النظام التصنيفي البديع، بل نشر كتابهما وصف فلورة الهند، أو ما كان يعرف في تلك الحقبة بفلورة الهند الإنجليزية في الفترة بين (1872-1897م). ويعتبر هذا الكتاب تحفة رائعة عن الفلورا الهندية. لم تمر سنوات بعد ذلك حتى نشر "دارون" كتابه أصل الأنواع، مما أحدث انقلابا هائلا وعظيما في علم النبات، فاسحا المجال لمحاولات عديدة لتصنيف النباتات على أسس تطورية. لكن من اللافت للانتباه، أن معظم هذه المحاولات جرت في ألمانيا، وكان من رודהا: "برانتل"، و"اخلر" في عام 1883م، و"انجلر" في 1886م. وقد نشر "انجلر وبرانتل- Die Naturlichen Pflanzenfamilien" (1887-1909م).

في القرن العشرين تحولت المحاولات التي جرت في ألمانيا لبناء نظام تصنيفي على أسس تطورية إلى واقع على يد الإنجليزي "هتشنسون". فقد وضع نظاما تصنيفيا على أسس تطورية للنباتات ذوات الفلقتين والنباتات ذوات الفلقة الواحدة في عامي 1926م و1934م على التوالي، وفي طبعة هذا النظام التصنيفي الثانية عام 1959م وصف "هتشنسون" 411 عائلة (342 من ذوات الفلقتين و69 من ذوات الفلقة الواحدة). كذلك ظهر في القرن العشرين نظم تصنيف ذات أهمية كبيرة، منها: نظم "وتستين" الأسترالي في 1901م؛ ونظام "ريندل" الإنجليزي

(الجزء الأول) في 1904 و(الجزء الثاني) في 1925م، ونظام "بيسي" الأمريكي في 1915م؛ ونظام "تببو"، الأمريكي في 1942م.

المراجع

Barlow H-M. 1913. Old English herbals 1525-1640. London: John Bale, Sons & Danielsson.

Bruns T. 2006. Evolutionary biology: a kingdom revised. Nature. 443: 758–61.

Ewan J. 1969. A short history of botany in the United States. New York: Hafner Publishing

George S. 2005. Not Strictly Proper For A Female Pen': Eighteenth-Century Poetry and the Sexuality of Botany. Comparative Critical Studies 2: 191–210.

Gerard J. 1597. The Herball or Generall Historie of Plantes. London: John Norton.

Green JR. A history of botany 1860-1900; being a continuation of Sachs History of botany, 1530-1860. Oxford: Oxford University Press.

Helmsley AR, Poole I (eds) (2004). The Evolution of Plant Physiology: From Whole Plants to Ecosystems. London: Elsevier Academic Press. .

Henrey B. 1975. British botanical and horticultural literature before 1800 (Vols 1–3). Oxford: Oxford University Press. .

Huff T. 2003 The Rise of Early Modern Science: Islam, China, and the West. Cambridge: Cambridge University Press. .

Jackson BD. 1881. Guide to the Literature of Botany, Being a Classified Selection of Botanical Works. London: Longmans, Green.

Johnson DE. 1985. Literature on the history of botany and botanic gardens 1730–1840: A bibliography. *Huntia* 6: 1–121.

Johnson T. 1629. *Iter Plantarum Investigationis ergo susceptum a decem Sociis in Agrum Cantianum, anno Dom. 1629, Julii 13.* London.

Kuhnlein HV, Turner NJ. 1991. *Traditional Plant Foods of Canadian Indigenous Peoples: Nutrition, Botany, and Use.* Taylor & Francis

Morton AG. 1981. *History of Botanical Science: An Account of the Development of Botany from Ancient Times to the Present Day.* London: Academic Press. .

Needham J, Lu G-D, H H-T 1986, *Science and Civilisation in China, Vol. 6 Part 1 Botany.* Cambridge: Cambridge University Press.

Ogilvie BW. 2006. *The Science of Describing Natural History in Renaissance Europe.* Chicago: University of Chicago

Pulteney R. 1790. *Historical and biographical sketches of the progress of botany in England from its origin to the introduction*

of the Linnæan system. London: T. Cadell.

Raven JA. 2004. Building botany in Cambridge. 1904–2004: the centenary of the opening of the Botany School, University of Cambridge, UK. *New Phytologist*. 162: 7–8.

Reed HS. 1942 *A Short History of the Plant Sciences*. New York: Ronald Press.

Reynolds GJ. 1909. *History of Botany 1860–1900*. Oxford: Clarendon Press.

Singer C. 1923. Herbals. *The Edinburgh Review*. 237: 95–112.

Stafleu FA. 1971. *Linnaeus and the Linnaeans*. Utrecht: International Association of Plant Taxonomy .

Stearn WT. 1965. The Origin and Later Development of Cultivated Plants. *Journal of the Royal Horticultural Society*. 90: 279–291.

Stearn WT. 1986. Historical Survey of the Naming of Cultivated Plants. *Acta Horticulturae*. 182: 18–28.

Vavilov NI. 1951. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. *Chronica Botanica*. 13: 1–366.

Vavilov NI. 1992. *Origin and Geography of Cultivated Plants*. Cambridge: Cambridge University Press. .

Williams RL. 2001. *Botanophilia in eighteenth-century France: the spirit of the Enlightenment*. Amsterdam: Springer .

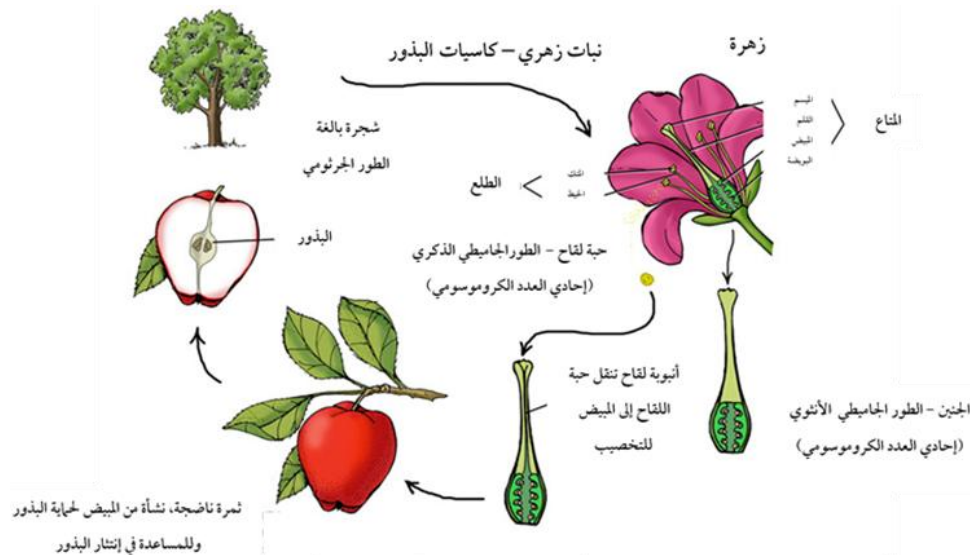
الفصل الثاني: أهمية دراسة النباتات

يهتم علم النبات بدراسة النباتات الزهرية والنباتات اللازهرية: حقيقية النواة وبدائية النواة. وتتناول هذه الدراسة النباتات من حيث التركيب الداخلي والتركيب الخارجي وعلاقتها بطرائق التغذية والحركة والتكاثر والتكيف للظروف البيئية المختلفة. كذلك تتناول توزيع النباتات في الفراغ والزمان، والتاريخ الحياتي للنباتات. كما تهتم بتصنيف النباتات، ودراسة درجة القرابة بينها، إضافة إلى قوانين الوراثة والقوانين التي تحكم تطور النباتات من الصور البدائية إلى الصور الارقى والأكثر تعقيدا. اما الأهمية الاقتصادية للنباتات، والوسائل المختلفة التي استحدثها الإنسان للاستفادة المثلى من النباتات فتقع في بؤرة دراسة النباتات لما لها من دور رئيس في رفاهية المجتمع وتحقيق احتياجاته الحياتية.

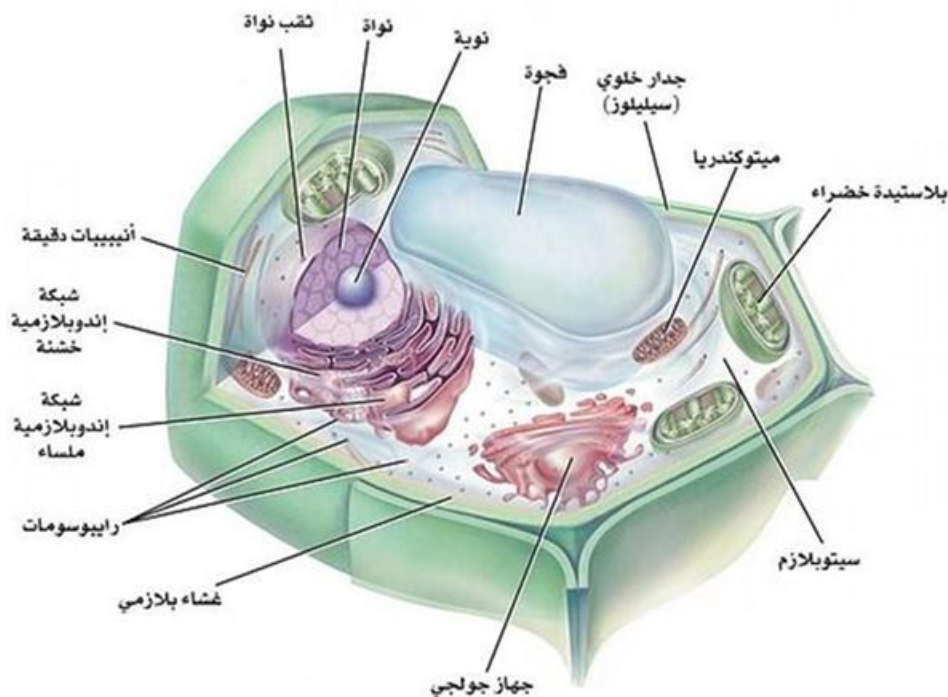
1. 2 أهمية النباتات الخضراء

النباتات الخضراء ضرورية ولا غنى عنها لكل ما بث الله من دابة في الأرض، فلولا النباتات الخضراء لتراكم ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج من زفير الكائنات بما فيها الإنسان، والذي تضخها المصانع على مدار الساعة، وما تدفع به المركبات بأنواعها المختلفة في الهواء. لو حدث ذلك لاندثرت الحياة على سطح الكرة الأرضية. فالنباتات الخضراء تحيل زفير الأحياء إلى أنواع شتى من الزروع والحبوب والبذور والفواكه مصدر حياة الإنسان والأنعام والدواب.

وهنا ينبغي أن نذكر تلك العضية الصغيرة التي لا ترى إلا بالمجهر والتي تعرف بالبلاستيدة الخضراء؛ تلك العضية المسؤولة عن تحويل



شكل 1. دورة حياة شجرة متساقطة الأوراق



شكل 2. تركيب الخلية النباتية

ثاني أكسيد الكربون إلى حبوب وألوان شتى من نبات الأرض.
فالكلوروفيل بهذه العضية يحول الطاقة الشمسية التي فاض الله

علينا بها إلي طاقة كيميائية في صورة مواد كربوهيدراتية وبروتينات ودهون.

2. 2 خصائص الكائنات الحية

تتميز الكائنات الحية عن المواد غير الحية بالخصائص التالية:

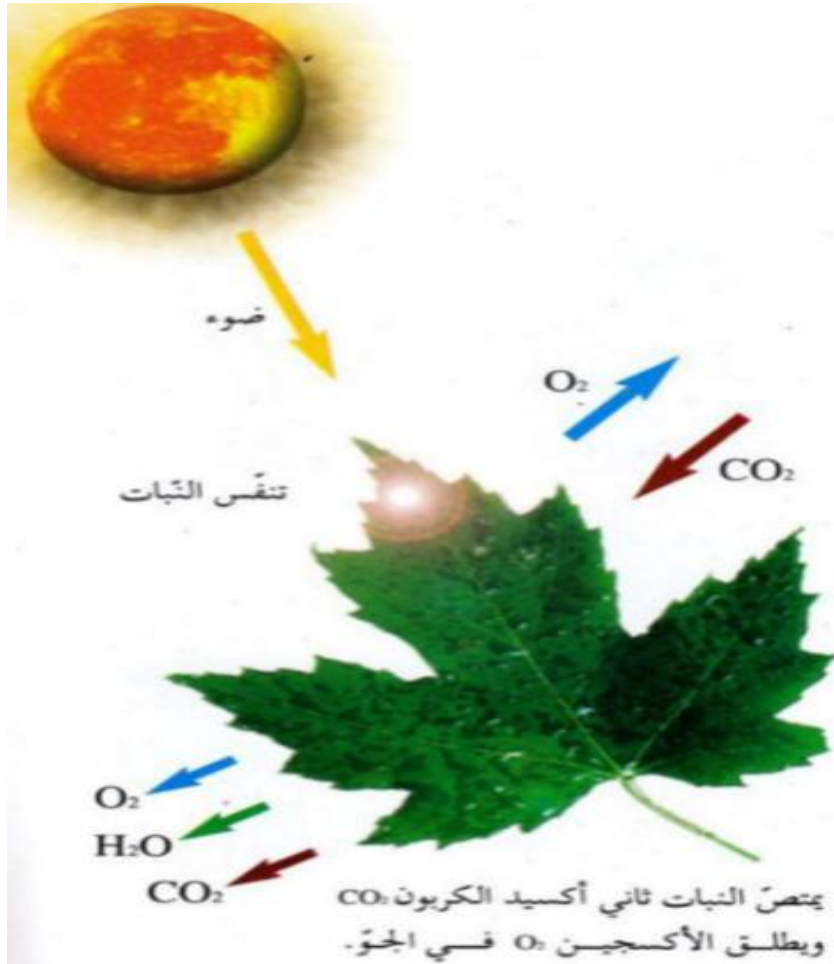
(أ) **دورة الحياة.** كل كائن حي له دورة حياة متكررة أو ما يعرف بدورة حياة الكائن. تبدأ دورة الكائن بالميلاد، فالنمو، فالتكاثر، فالشيخوخة، ثم تنتهي بالموت (شكل 1).

(ب) **التركيب الخلوي:** تتركب الكائنات الحية من وحدة بنائية تعرف بالخلية. وتتربك الخلية من كتلة متجانسة من مادة حية تعرف البروتوبلازم تحتوي على نواة ويحدها من الخارج غشاء أو جدار (شكل 2).

(ت) **البروتوبلازم:** لاهياة بدون بروتوبلازم، فهو مادة الحياة الحقيقية في كل من النبات والحيوان، وهو الأصل الفيزيائي للحياة. ولولا البروتوبلازم ما استطاع الكائن أن يقوم بكل وظائفه الحيوية. ويتربك البروتوبلازم من خليط معقد جدا من بروتينات ومركبات كيميائية أخرى، مخلوطة بنسب محددة، ونظام محكم، تناسقه بلغ حد الكمال، لا يدرك كنيته إلا من لا تدركه الأبصار وهو يدرك الابصار وهو اللطيف الخبير. وما الحياة إلا نتاج الأداء الجماعي لمكونات البروتوبلازم (شكل 2).

(ث) **التنفس:** تتنفس كل الكائنات الحية، نبات وحيوان، ليلا ونهارا دون انقطاع، ومن أجل التنفس تأخذ الأوكسجين من الجو وتخرج

كمية مساوية تقريبا. من ثاني أو كسيد الكربون. والتنفس عملية حيوية هدفها إطلاق الطاقة الكيميائية المخزنة في الكربوهيدرات



شكل 3. التنفس في النباتات



شكل 4. تركيب الزهرة

والدهون والبروتينات المكونة للمواد الغذائية التي يتغذى عليها الحيوان أو التي يخلقها النبات في عملية البناء الضوئي (شكل 3).

(ج) **التكاثر:** لدى الكائنات الحية القدرة على التكاثر، أي: إنتاج صغار تشبهها. على النقيض، ليس لدى الأشياء غير الحية القدرة على التوالد. فكل كائن من الكائنات الحية طريقة تكاثر معينة لا تتغير ولا تتبدل، وتتم بطريقة دورية، ينتج عنها صغار من نفس النوع (شكل 4).

(ح) **التمثيل الغذائي:** التمثيل الغذائي ظاهرة حياتية، تتكون من عمليتي الهدم والبناء اللتين يقوم بهما البروتوبلازم بصفة مستمرة.

(خ) **التغذية:** يحتاج الكائن الحي إلى المواد الغذائية؛ لينمو ويجدد خلاياه ويتكاثر ويقاوم الأمراض، ويقوى على حركة الحياة. ولا تختلف المكونات الكيميائية لغذاء الحيوان عن المكونات الغذائية التي يحتاجها النبات. لذا، فالغذاء لا غنى عنه للكائنات الحية (شكل 5).

(د) **النمو:** تنمو كل الكائنات الحية. وقد تنمو بعد المواد غير الحية، مثل البلورات. لكن هناك اختلافات عدة، فنمو المواد غير الحية نمو خارجي، بينما نمو الكائنات الحية نمو داخلي.

(ذ) **الحركة:** تعتبر الحركة علامة من علامات الحياة، إلا أن بعض الكائنات الحية حركتها مقيدة، مثل: النباتات التي تحيط جذورها التربة من كل حذب وصوب، فلا تملك الإفلات ولا تستطيع

الحركة، كما تخلو من جهاز حركة يمكنها من التنقل هنا وهناك. مع ذلك، فهناك بعض الكائنات النباتية التي لديها القدرة على الحركة، وهذه الكائنات تتميز ببدائيتها. من ناحية أخرى، هناك بعض



شكل 5. (أ) نبات "الديونيا - Dionaea"، و(ب) فينوس صاندا الذباب والحشرات



شكل 6. نماذج للحركة في النبات. (أ) ورق "التلغراف الهندي - Dancing Plants"، و(ب) ورق "الست المستحية"

الحيوانات القواعد والعاجزات عن الحركة، وهذه تسود بين الكائنات الحيوانية الدنيا. والحركة نوعان في كل من الحيوان والنبات: حركة ذاتية وحركة مستحثة. الحركة الذاتية وهي حركة الكائنات أو عضو منه. سواء كان نبات أو حيوان من تلقاء نفسه دون مؤثر خارجي. وهذا النوع من الحركة من العلامة المميزة للكائن الحي. وتشاهد الحركة الذاتية بوضوح في الحيوانات ذوات الأربع وفي

النباتات، مثل: بعض الطحالب (فولفكس، كلاميدوموناس،
الدياتومات، بندورينا)، وبعض النباتات الزهرية "التلغراف الهندي-
"telegraph Indian" و "الست المستحية - Pudica Mimosa"
(شكل6)، بالإضافة إلى الحركة السيتوبلازمية التي ترى بوضوح في
خلايا النباتات الزهرية عند فحصها بالمجهر. الحركة الانفعالية وهي
حركة الكائنات الحية أو حركة أعضائها استجابة لمؤثر خارجي.
فالسيتوبلازم حساس لأنواع شتى من المؤثرات الخارجية، التي
يستجيب لها في صورة حركة سيتوبلازمية نوعية، مرتبطة بمؤثر ما،



شكل 7. "ورد الشمس- *Drosera*"

مثل ما يحدث في نبات "خناق الذباب- *Dionaea*", و"ورد الشمس -
Drosera" (شكل 7). كذلك، تلتف أوراق كثير من النباتات حول

نفسها عند غياب الشمس وتتجافى عن بعضها عند الشروق. فالحركة الانفعالية في النبات حركة بطيئة، كسولة الأداء، لا تقارن بقرينتها في الحيوانات التي تتصف بالوضوح وتتميز بالسرعة.

3. 2 الفرق بين الأحياء والجماد

من الصعوبة بمكان أن نتتبع أو نحدد الفروق المطلقة بين الأحياء والجماد، لكن من اليسير أن نلقى الضوء على بعض الفروق البينة بينهما. فالبروتوبلازم أو مادة الحياة الأولى هو مظهر لا تخطئه العين من مظاهر الحياة. أليس البروتوبلازم الأساس الفيزيائي للحياة. وتأسيسا على ذلك، فكل شيء يحتوي بروتوبلازم هو من الأحياء، وكل شيء يخلو من البروتوبلازم هو جماد. ويعضد ذلك، الروح التي يبعثها البروتوبلازم في مظاهر الحياة، مثل: التنفس والتمثيل الغذائي والتغذية والنمو والحركة والتكاثر. مع ذلك، يري بعض المؤولين أن بعض الأشياء غير الحية تتحرك وتنمو على نحو ما، فالماكينة تتحرك لما تقع تحت تأثير قوى خارجية، والحبيبات الصغيرة تتحرك حركة اهتزازية سريعة جدا في المحاليل الغروية؛ تسمى الحركة "البراونية"، نسبة إلى مكتشفها "روبرت براون"، عام 1828م، عند فحصه حبوب اللقاح تحت الميكروسكوب. كذلك، قد تنمو الأشياء غير الحية، مثل: البلورات والمرجان، لكن يوجد فرق في النمو بين الأشياء الحية وغير الحية، كما فصلنا سابقا. من ناحية أخرى، قد تئن المعادن وتتعب كما تئن الأعصاب والأنسجة المتعبة والمرهقة من الإجهاد، فقد أثبت سير "جي سي بوسي" عمليا أن المعادن تتعب إذا عرضت للإجهاد لفترات طويلة، وقد

تسمم أو تحفز بالعقاقير. لذا، لا يوجد خط واضح بين الأشياء الحية وغير الحية.

4. 2 الفرق بين النبات والحيوان

من اليسير التفرقة بين النباتات الراقية والحيوانات الراقية، فالأخيرة تتميز بوجود أعضاء للحركة لا مثيل لها في النباتات الراقية، لكن المشكلة تكمن في التمييز بين النباتات والحيوانات الدنيا وحيدة الخلية التي يصعب التفريق بينها، وهذا هو موضوعنا وبؤرة اهتمامنا. مع ذلك، هناك ملامح مميزة لكل من الحيوان والنبات نوجزها فيما يلي:

(أ) **النمو:** تقع مناطق النمو في النبات في قمم الجذور والسيقان وفي بعض الأنسجة الداخلية، مثل نسيج الكميوم في الحزم الوعائية بالسيقان، بينما لا يختص النمو في الحيوان بنسيج دون الآخر أو بعضه دون عضو، فكل الأعضاء تنمو في تناسق وتناغم مذهش. أكثر من هذا، يستمر النمو في النبات حتى الموت؛ بينما يتوقف النمو في الحيوان قبل الموت بفترة طويلة.

(ب) **المادة الخضراء أو الكلوروفيل:** صفة مميزة للنباتات كافة ماعدا الفطريات والنباتات المتطفلة تطفل كلي. أما الحيوانات فتخلو من الكلوروفيل تماما.

(ت) **الجدار الخلوي:** لا تختلف النباتات عن الحيوانات في التركيب، فكلهما خلوي البنية. مع ذلك، هناك اختلاف في التركيب بين الخلية النباتية والخلية الحيوانية، فالخلية النباتية يحدها من الخارج

جدار خلوي واضح، يتكون من مادة ميتة، تعرف بالجدار الخلوي. والجدار الخلوي معلم من معالم الخلية النباتية الرئيسة. على النقيض من ذلك، لا تحتوي الخلية الحيوانية على جدار خلوي، لكن يحدها من الخارج غشاء رقيق يعرف بالغشاء الخلوي يحيط بالخلية النباتية أيضا، ويتكون الغشاء الخلوي من الدهون والبروتينات.

(ث) **السليولوز-Cellulose**: يتكون الجدار الخلوي للخلية النباتية من مادة كيميائية، تسمى السليولوز يستثنى من ذلك الفطريات التي يخلو جدارها الخلوي من السليولوز النقي، لكنه يحتوي نوع من السليولوز يعرف بالسليولوز النيتروجيني. أما الحيوانات، فتخلو من كل من السليولوز والسليولوز النقي..

(ج) **الغذاء**: تمتص النباتات الخضراء الغذاء الخام من المحيط الخارجي . ماء وأملاح غير عضوية من التربة وثاني أو أكسيد كربون من الهواء والذي تجهز منه المواد الغذائية العضوية. ويجري تجهيز المواد الغذائية في الورقة بصفة أساسية، في وجود المادة الخضراء وأشعة الشمس. وحيث أن الحيوانات تخلص من الكلوروفيل فهي عاجزة عن تخليق أو تصنيع غذائها بنفسها؛ لذا فهي تعتمد على النباتات في غذائها. ومن الملاحظ أيضا أن النباتات تأخذ ما تحتاج من مواد غذائية من التربة في حالة سائلة، بينما تتناول الحيوانات المواد الغذائية الصلبة، وتحيلها عبر الجهاز الهضمي إلى مواد أقل تعقيد، ثم تمثلها غذائيا في الدم، وتستفيد بما فيها من طاقة.

(ح) **الاستفادة من ثاني أو أكسيد الكربون**: لدى النباتات الخضراء

القدرة على الانتفاع بثاني أوكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي، ففي ضوء الشمس، تمتص الخلايا الخضراء بالورقة قدرا من ثاني أوكسيد الكربون من الهواء المحيط وتبعث بحجم مماثل تقريبا من الأوكسجين من خلال تحليل الماء، وتعرف هذه العملية بعملية البناء الضوئي، وفي هذه العملية تصنع أو تخلق خلايا الورقة السكر والنشا الخ. من ناحية أخرى، لا تملك الحيوانات القدرة على الاستفادة من ثاني أوكسيد الكربون.

(خ) **الحركة:** تنمو النباتات مثبتة في الأرض أو متعلقة بدعامة ما، لكن هناك بعض النباتات البدائية التي لديها القدرة على الحركة من مكان إلى آخر. من ناحية أخرى، تتحرك الحيوانات بحرية تامة، باحثة عن الغذاء والمأوى، مدبرة أو مقبلة عند أي هجوم.

(د) **الأعضاء:** تتميز الحيوانات بأعضائها المتعددة التي بلغت حد الكمال الوظيفي، مثل: أعضاء الحركة وأعضاء التنفس وأعضاء الإخراج... الخ، بينما تتميز الأعضاء المماثلة في النباتات بدائيتها في التركيب أو اندثارها كلية.

المراجع

Duke JA. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press. New York

Kennard W, Winters H. 1960. "Some Fruits and Nuts for the Tropics," Misc. Pub. 801, Agricultural Research Service, US Dept. Agriculture, Washington

Sagrawat H, Mann A, Kharya M. 2006. "Pharmacological

Potential of Eugenia Jambolan: A Review," Pharm cogenesis Magazine, vol.2, pp. 96-104

Warrier P, Nambir V, Ramankutty C. 1996. "Indian Medicinal Plants," vol.5, Orient Longman Ltd. Hyderabad, pp. 225-228

مواقع على الانترنت

<http://zeenews.india.com/sci-tech/ecology/index26.html>

<http://planetsave.com/2011/05/20/endangered-plants-list/>

<https://plantscapers.com/7-reasons-why-plants-are-valuable-and-important/>

<https://www.mapsofindia.com/maps/rajasthan/geography-history>.

<https://mawdoo3.com>

<https://sites.google.com/site/scienceasad/987/789>

<https://plantdatabase.kpu.ca>

<https://landscapeplants.oregonstate.edu>

<http://linnet.geog.ubc.ca/biodiversity/eflora/index.shtml>

<https://www.minnesotawildflowers.info/page/grasses-sedges-rushes>

<https://plantdatabase.kpu.ca/>

<http://www.ecosensorium.org/2009/12/intrinsic-and-anthropocentric-values-of.html>

<http://planetsave.com/2011/05/20/endangered-plants-list/>

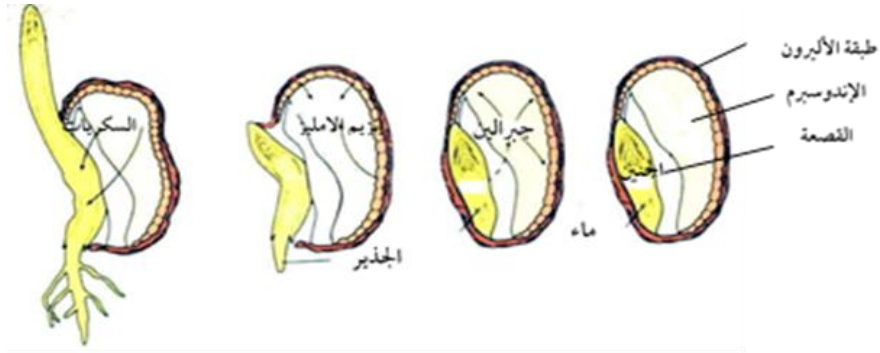
<https://www.elmwhayah.com/2018/12/Ahmiat-Alnabatat-Fy-Alhayah.html>

<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>

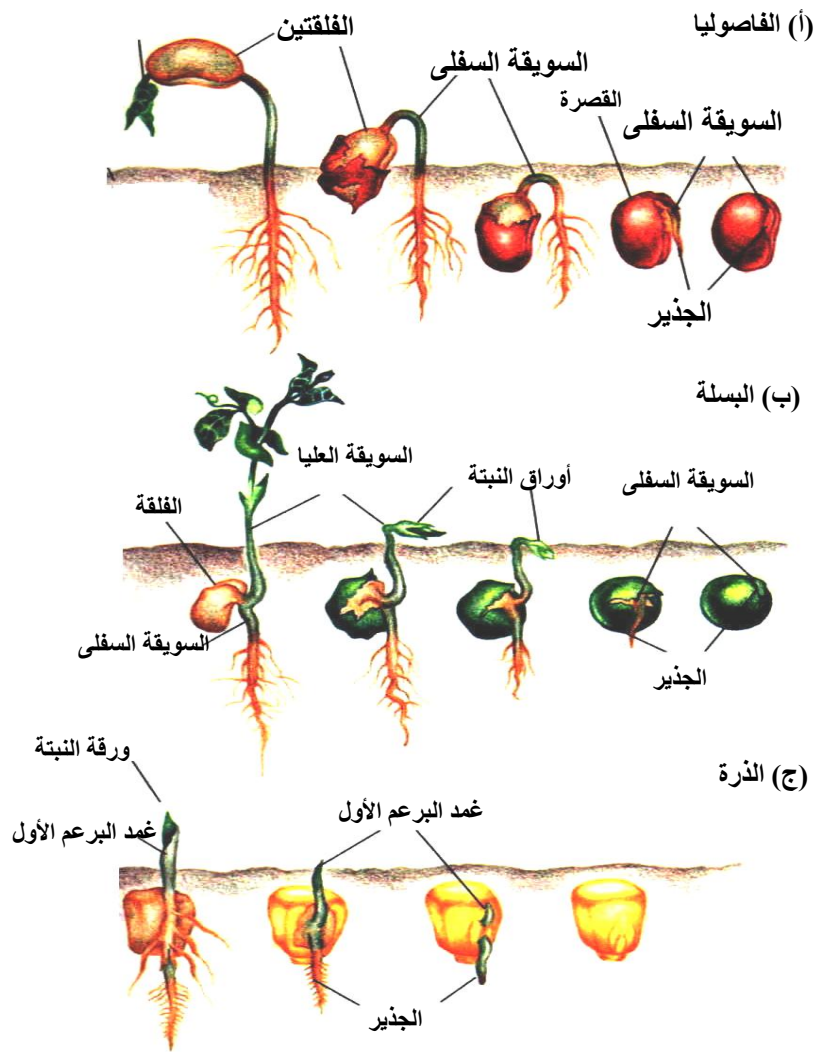
الفصل الثالث: الإنبات

1. 3 عملية الإنبات

الإنبات والتشرب صنوان متلازمان. فلا إنبات دون ماء. فالماء سر الحياء و منه خلق كل شيء حي. فتبارك الذي خلق فسوى و الذي قدر فهدى وتعالى علوا كبيرا. تتشرب البذور الماء من الوسط الذي تزرع فيه؛ لانخفاض "جهدھا المائي-Water potential". ويؤدي تشرب البذور للماء إلى انتفاخها وتمزق أغلفتها وقدح بعض التغيرات الأيضية في أجنتها. وهذه التغيرات تؤدي إلى النمو. ومن التغيرات الأيضية ذات الأهمية، نشاط الإنزيمات التي تقوم بدور العامل المساعد للتفاعلات البيوكيوية التي تؤدي إلى هضم المواد المخزنة في الإندوسبرم أو الفلقتين، كما تساعد في نقل المغذيات إلى المناطق النامية من الجنين. وقد درس انتقال مهضوم الإندوسبرم والمغذيات بكثافة في حبوب "الشعير" و"الذرة" وحبوب أخرى. ففي بذور الذرة تبدأ طبقة الإليرون (الطبقة الخارجية من الإندوسبرم) في تخليق إنزيم ألفا أمليز وأنزيمات أخرى تهضم النشا المخزن في الأندوسبرم بعد تشرب الماء (شكل 1). وقد وجد أنه إذا نزع الجنين خارج البذرة قبل إضافة الماء، تفقد البذرة القدرة على تخليق إنزيم الأمليز، وهذا يؤكد بأن الجنين يبعث إشارات كيميائية إلى طبقة الإليرون، يحفزها على تخليق الأنزيمات. وقد وجد أن هذه الإشارات الكيميائية تنتمي لطائفة من الهرمونات تعرف "بالجبريلينات".



شكل 1. آلية هضم المواد الغذائية المخزنة في الإندوسبرم



شكل 2. الانبات في: (أ) "الفاصوليا"، (ب) "البسلة"، (ج) الذرة"

بعد تشرب الماء، يظهر الجذير أو الجذر الجنيني، مستهلا عملية الإنبات. يعقب إنبات الجذير ظهور قمة المجموع الخضري، تشق

التربة في إعجاز معجز، تسجد له القلوب الطاهرة. وتتقوس السويقة تحت الفلقة أو السفلى، وتأخذ شكل الخطاف، ثم تنمو دافعة الجزء الخطافي فوق سطح التربة. وبهذا تجنب قمة المجموع الخصري الضعيفة والرقيقة الاحتكاك بحبيبات التربة الخشنة التي قد تمزق أنسجة قمة المجموع الخصري إذا اخترقت التربة رأسيا. وتشاهد هذه الطريقة من طرائق الإنبات في "الفصوليا" (شكل 2أ). و إثر تعرض الجزء الخطافي للضوء يستقيم، حاملا معه الفلقتين والسويقة فوق الفلقة أو السويقة السفلى.

يبقى الجنين كامن في البذرة، لكن عندما ترتفع نسبة الرطوبة بالبذرة ينشط الجنين وينمو إلى نبتة صغيرة. لهذا يعرف الإنبات، بأنه: "العملية التي ينشط فيها الجنين الساكن وينمو خارج غلاف البذرة معتمدا على نفسه". عادة ينمو الجنين بامتصاص المواد الغذائية المخزنة في الفلقتين، أو الإندوسبرم أيهما يوجد. وقد درس الإنبات في العديد من النباتات التي تنتمي إلى ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة ووجد أن النباتات تنقسم إلى مجموعتين من حيث الإنبات: نباتات تنمو نمو "فوق سطحي-Epigeal"، و نباتات تنمو نمو "تحت سطحي-Hypogeal".

3. 2 الإنبات في ذوات الفلقتين

3. 2. 1 الإنبات فوق السطحي

في هذا النوع من الانبات تندفع الفلقتين لأعلى عبر التمدد السريع للسويقة تحت الفلقة (جزء المحور الذي يقع أسفل الفلقتين

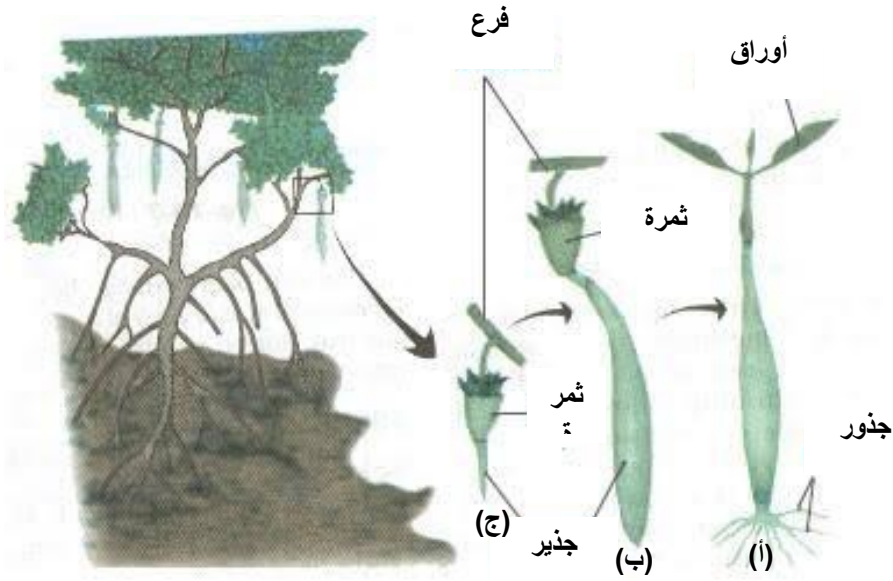
مباشرة) كما في "الفاصوليا (شكل2أ). وعند ما تظهر الفلقتين فوق سطح التربة، تنبسط الفلقتان، وتصبحا ورقية المظهر في بعض النباتات؛ بينما في البعض الأخرى، تضحلان تدريجيا وتسقطان كما في "التمر هند-Tamarind" و"الفل السيفي-Sword-bean".

3. 2. 2 الإنبات تحت السطحي

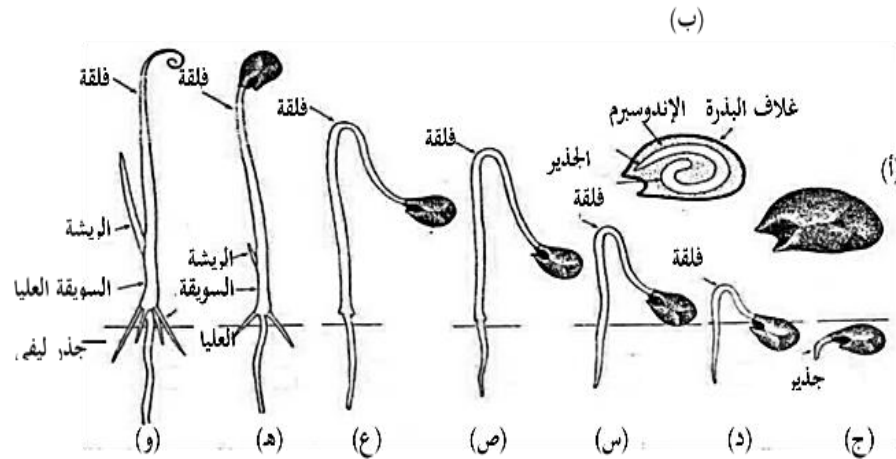
في هذا النوع من الإنبات تشاهد الفلقتين في التربة أو على السطح تماما كما في البسلة (شكل 2ب). في مثل هذه الحالات تستطيل السويقة فوق الفلقة (جزء المحور الذي يقع فوق الفلقتين مباشرة) وتدفع الريشة لأعلى. كذلك، تجف الفلقتان وتسقطان. ويعرف هذا النوع من الإنبات بالإنبات تحت السطحي.

3. 2. 3 إنبات من نوع خاص

يتميز العديد من النباتات التي تنمو في البحيرات المالحة وشواطئ البحار بنوع خاص من الإنبات، يعرف بالإنبات "الولود-Vivipary" (شكل 3). في هذا النوع من الإنبات تنمو البذرة داخل الثمرة وتتغذى منها قبل أن تسقط. ثم يستطيل الجذير وينتفخ جزءه السفلي ويتضخم. ويؤدي تضخم الجزء السفلي من الجذير إلى زيادة وزنه الذي يؤدي إلى سقوطه رأسيا منفصلا عن النبات الأم. ويؤدي سقوطه رأسيا إلى طمره في الطمي الرخو أسفل الشجرة، ويخترق الجذير التربة وتتكون جذور عرضية بسرعة؛ لتثبت النبتة الولودة في التربة كما في نبات "المانجروف".



شكل 3. الإنبات الولود. (أ - ب) مراحل النمو، (ج) البادرة



شكل 4. الإنبات في بذرة "البصل". (أ) بذرة "بصل"، (ب) قطاع طولي في البذرة، (ج - و) مراحل الإنبات

3. 3 الإنبات في ذوات الفلقة الواحدة

3. 3. 1 الإنبات تحت السطحي

يسود في ذوات الفلقة الواحدة الإنبات تحت السطحي باستثناء نبات البصل (شكل 4). فإثناء نمو البذور التي تنتمي لذوات الفلقة الواحدة، يبقى كل من الإندوسبرم والفلقة مدفنين تحت التربة،

ويعرف هذا النوع من الإنبات بالإنبات تحت السطحي كما في "الذرة" (شكل 2ج). في هذه النباتات تمتص القصعة المواد الغذائية المخزنة في الإندوسبرم فينمو الجذير ويشق طريقه عبر الجزء السفلى من الغمد الذي يشبه الطوق، ويسمى "غمدة الجذر-Coleorhiza"، بينما تشق الريشة طريقها خلال الجز العلوي الأسطواناني من الغمد الذي يسمى غمد الريشة أو الزغبى. ثم ينمو الجذير لأسفل ويتحول مباشرة إلى جذر ابتدائي. وفي معظم الحالات يفنى الجذر الابتدائي ويتحول إلى جذور عرضية تظهر من القاعدة. تنمو الريشة لأعلى، ثم تنبثق الورقة الأولى من غمدها وتتتابع الأخريات في تعاقب قمى.

2. 3. 3 الإنبات فوق السطحي

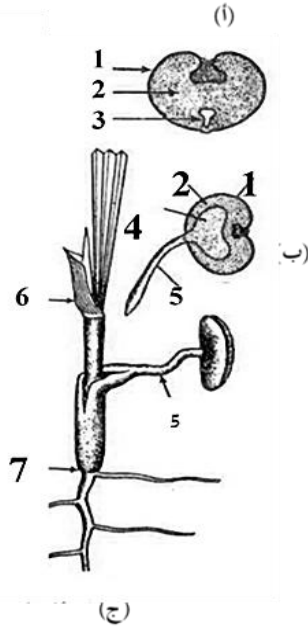
إنبات حبة "البصل": حبة البصل حبة سوداء، خشنة، شبه دائرية، مستوية من جانب، أخدنية عند الطرف الضيق. قصرتها غطاء خارجي أسود (شكل 4أ). إذا قطعت طوليا تشاهد كتلة مبيضة داخل غلاف البذرة تعرف بالإندوسبرم (شكل 4ب)، وإذا شق الإندوسبرم يشاهد جنين (شكل 4ج) إسطواناني، مقوس، عديم اللون، مغمور في الإندوسبرم. ويتكون الجنين من فلقة واحدة و جذير. والفلقة هي الجزء الأكبر من الجسم المنحني المعكوف عند نهايته، أما الجذير فهو الطرف الضيق من الجسم المنحني المعكوف المتجه ناحية طرف البذرة المستدق. وتقع الريشة الدقيقة غير المميزة مخفية جانبا في جزء من السويقة السفلى القصيرة جدا، وتتميز بوضوح أثناء الإنبات. عند إنبات البذور

يخرج الجذير من طرف البذرة المستدق وينمو لأسفل. ثم تستطيل الفلقة وتظهر خارج البذرة باستثناء طرفها المعكوف و تكون قوس واضح. ثم تتحول إلى اللون الأخضر وتستطيل أكثر عندما يرفع غمد الورقة البذرة لأعلى فوق مستوى سطح التربة. لذا فالإنبات في البذرة هوائي. مع ذلك يستمر طرف الفلقة متلولب داخل البذرة ويعمل كعضو ماص يسحب الغذاء من الإندوسبرم وينقله كما هو إلى الأجزاء النامية. ثم يستطيل الجذر أكثر وتتحول الفلقة إلى ورقة أولية لونها أخضر داكن، ثم تنمو الورقة الأولية أكثر فأكثر وتتمد للخارج حاملة البذرة على قممتها. ثم يظهر انتفاخ بسيط عند قاعدة السويقة السفلى، يخرج منه عدد من الجذور العرضية. وعندما تعلو البادرة قليلا تخترق الريشة غمد الورقة وتنمو لأعلى كجسم إسطوانى لونه أخضر وتكون الورقة الثانية للبادرة. بعد فترة وجيزة يذبل طرف الفلقة الملولب ويسقط غلاف البذرة. يتناغم ذلك مع ضمور الإندوسبرم و نفاذ المواد الغذائية المخزنة به.

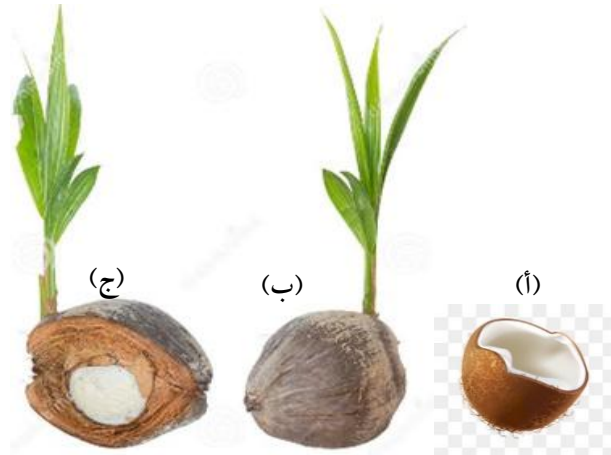
3. 3. 3 إنبات من نوع خاص

(أ) إنبات بذرة "البلح": يمثل الغطاء الحجري لبذرة "البلح" غلاف البذرة وغلاف "الثمرة الداخلي-Endocarp" معا، ويلصق الغطاء الحجري الإندوسبرم. ويملاً الإندوسبرم تجويف البذرة. أما الجنين فهو صغير غير مميز، يقع في جانب من جانبي البذرة مغمورا في ويخترق جزء منها غلاف البذرة في صورة غمد محتويا محور الجنين في داخله. ثم يتفلطح غمد الفلقة ويحمل معه محور الجنين

لأسفل. وبعد أن يغوص في التربة يخرج جذير محور الجنين مخترقا غمد الجذر وينمو لأسفل معطيا الجذر. في النهاية تنبثق الريشة



شكل 5. بذرة البلح. (أ) قطاع في بذرة البلح، (ب) بذرة "البلح" النامية، (ج) نبتة البلح. 1، غلاف البذرة والغلاف الداخلي للثمرة؛ 2، الإندوسبرم؛ 3، الجنين؛ 4، الفلقة؛ 5، غمد الفلقة؛ 6، غمد القمة النامية؛ 7، غمد الجذير



شكل 6. بذرة "جوزة الهند-Cocos nucifera". (أ) نصف البذرة، (ب) الثمرة النامية؛ (ج) نصف ثمرة "جوزة الهند" نامية

الإندوسبرم (شكل 5). عندما يبدأ الإنبات، تتسع أو تتفطح الفلقة من غمد الريشة و تنمو لأعلى في الهواء مكونة المجموع

الخشري.

(ب) إنبات بذرة "جوزة الهند-Coconut-palm Seed": إذا أُذيل الغلاف الليفي لثمرة "جوزة الهند" يشاهد غلاف أسود من طبقة رقيقة ملاصقة للإندوسبرم يعرف بغلاف البذرة (شكل 6). أما الإندوسبرم فهو كتلة سميكة بيضاء. يقع الجنين الصغير غير المميز في عين من الثلاث عيون التي توجد على غلاف البذرة. إثناء إنبات "جوزة الهند" لا يتكون غمد عادي كما في البلح. من الثابت أيضا أن جنين "حبة جوزة الهند" غير المميز ينمو في المعمل، فيمتد طرفه السفلي ويكون فلقة تتفلسح تدريجيا وتنتفح إلى جسم كروي أبيض أسفنجي يملأ كل تجويف البذرة. ومع نمو الفلقة يخف الإندوسبرم، ثم ينمو الطرف العلوي من الجنين إلى مجموع خشري صغير ذي عدد من الجذور العرضية عند القاعدة. وتخرق هذه الجذور غلاف الثمرة الليفي وتخرج في اتجاهات متعددة.

المراجع

Baskin CC, Baskin JM.1998. Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego, Academic Press

Eira MTS, Caldas LS. 2000. Seed dormancy and germination as concurrent processes. Rev Bras Fisiol Vegetal 12:85-104

Filonova LH, Bozhkov PV, von Arnold S. 2000. "Developmental pathway of somatic embryogenesis in Picea abies as revealed by time-lapse tracking". J Exp Bot. 51 (343): 249-264.

Galili G, Kigel J. 1995. "Chapter One". Seed development and germination. New York: M. Dekker.

Gutterman Y. 1993. Seed germination in desert plants. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg.

Raven PH, Evert RF, Curtis H. 1981. Biology of plants. New York: Worth Publishers. p. 410.

Rost TL, Weier TE, WeierTE. 1979. Botany: a brief introduction to plant biology. New York: Wiley. pp. 319.

الفصل الرابع: الجذور

1. 4 المجموع الجذري الوتدي

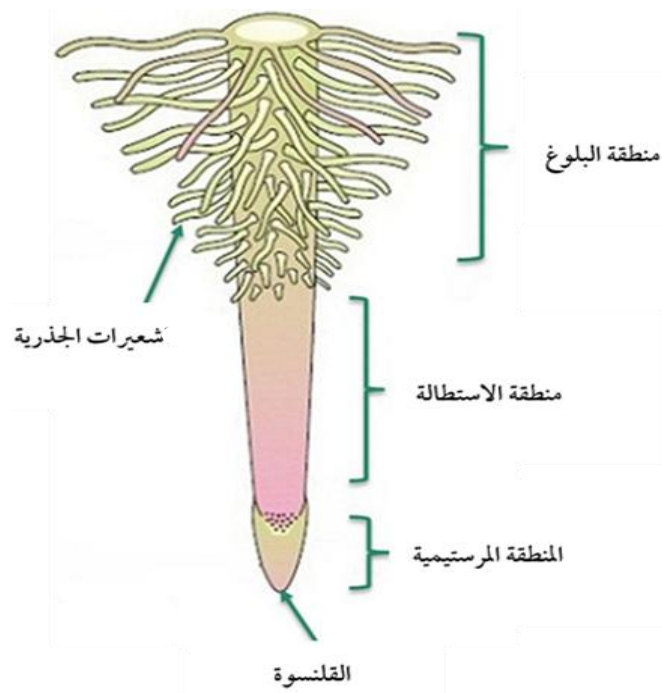
يتكون المجموع الجذري الوتدي من الجذر الابتدائي وتفرعاته (شكل 1). وينمو الجذر الابتدائي رأسيا إلى أسفل وقد يتفرع بغزارة أو باقتصاد طبقا لحاجة النبات، بينما تنمو الجذور الفرعية (الثانوية والثالثية والشعيريات الجذرية...الخ) مائلة إلى أسفل، أو تنتشر أفقيا باتجاه سطح التربة. ويقوم المجموع الجذري بامتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة ليوصلها إلى الساق، كما يثبت النبات في التربة، ويخلق بعض المواد العضوية التي لا يمكن تخليقها في غيره من الأعضاء. إضافة إلى ذلك فالجذر هو همزة الوصل بين النبات والبكتريا والفطريات والأحياء الأخرى بالتربة. كذلك قد يتحول الجذر فيقوم بتخزين المواد الغذائية كما في البطاطا الحلوة والفجل و الجزر و غيرهما. وقد يتحول إلى أشكال مختلفة ليؤدي وظائف محددة.

يمكن مشاهدة مناطق الجذر المختلفة كل منطقة مدمجة في التي تليها دون حدود فاصلة بين منطقة وأخرى إذا تتبعنا الجذر من القمة إلى أعلى(شكل 2).

(أ) **القلنسوة:** تغطي القلنسوة الجذر عند قمته، فتحمي قمته الرقيقة الضعيفة عندما تشق تلك القمة طريقها في التربة. لذا فهي تعتبر ذات وظيفة دفاعية. وتتكون القلنسوة من خلايا برنشيمية تحتوي أحيانا على النشا، وقد تفرز خلاياها المحيطة



شكل 1. جذر وتدي



شكل 2. مناطق الجذر

مادة مخاطية لزجة تسهل اختراق الجذر للتربة. وتتأكل طبقة خلايا القلنسوة السطحية نتيجة احتكاكها بحبيبات التربة الصلبة، وكلما تأكله طبقة حل محلها طبقة جديدة، وتنشئ الطبقة السطحية الجديدة من منشأ القلنسوة الذي يلي الطبقة السطحية. من الجدير بالذكر فأن جذور النباتات المائية لا توجد بها القلنسوة لعدم الحاجة إليها.

(ب) منطقة الانقسام الخلوي: منطقة الانقسام الخلوي أو منطقة النسيج غير المتميز هي المخروط النامي الذي يقع داخل القلنسوة ممتدا قليلا إلى الخلف من واحد إلى عدة مليمترات. تتميز بصغر خلاياها و رقة جدارها و كبر نواتها واحتوائها على كتلة كثيفة من البروتوبلازم. كما تتميز بالانقسام الدائم لخلاياها، لذا تعرف بالمنطقة المرستيمية. وكلمة "مرستيم-meristos" كلمة أعجمية معناها العربي "يقسم". ويساهم جزء من الخلايا المخلقة الجديدة بهذه المنطقة في تكوين القلنسوة كما ذكرنا سابقا، أما الجزء الآخر فيساهم في تخليق منطقة الاستطالة: المنطقة التي تلي منطقة المرستيم (شكل 2). وقد يصل النمو اليومي لجذر بعض النجليات 6.5 سم، إلا أنه لا يتعدى في البعض الآخر 2 سم في اليوم. وهذه الظاهرة مهمة جدا في اختيار النباتات التي تزرع في المناطق الجافة أو المناطق شحيحة المياه، فيختار لها النباتات التي تنمو جذورها بصورة نشطة.

(ت) منطقة الاستطالة: تعلو منطقة الاستطالة منطقة الانقسام وتتصل مباشرة بمنطقة الشعيرات الجذرية: المنطقة التي تليها.

في منطقة الاستطالة تتوقف الخلايا عن الانقسام وتبدأ بالتميز والاستطالة. ولا يتعد طول منطقة الاستطالة المليمترات إلا نادرا.

(ث) منطقة الشعيرات الجذرية: تعرف هذه المنطقة أيضا بمنطقة الامتصاص. ولا يتجاوز طولها (5. 1. 2 ميليمتر). وتتميز بتقدمها إلى اعلي باستمرار مع نمو الجذر، فتسقط الشعيرات الجذرية العلوية المسنة ويحل محلها شعيرات جذرية أحدث لأسفل. وبهذا تلامس منطقة الامتصاص طبقات جديدة من التربة كلما تقدم الجذر في العمر.

يغطي سطح الامتصاص الكلي لنبات واحد مساحة واسعة جدا، غالبا ما تفوق سطح أعضاء النبات الهوائية. ويعود السبب في ذلك إلى امتدادات الشعيرات الجذرية التي تنتشر في اتجاهات متعددة وعلى مساحة واسعة. وتتكون الشعيرة الجذرية من استطالة الجدران السطحية لخلية الأدمة، وتستقر نواة الشعيرة الجذرية في قممها التي يتركز فيها السيتوبلازم. وتشمل خلية الشعيرة خلية الأدمة التي نشأة منها.

الشعيرة الجذرية تحتوي على فجوة مركزية ضخمة وسيتوبلازم جداري. وتلتصق الشعيرات الجذرية بحبيبات التربة، كما تفكك بعض مركباتها الكيميائية وخاصة الفوسفاتية عن طريق ما تفرزه من مواد مخاطية. كذلك تقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص النيتروجين والفوسفور والكبريت والبوتاسيوم والمغنسيوم والحديد، وكذلك بعض العناصر الصغرى كالمنجنيز والبوروم والألمنيوم والكلور وغيرها. أما في حال غياب الشعيرات الجذرية فيتم

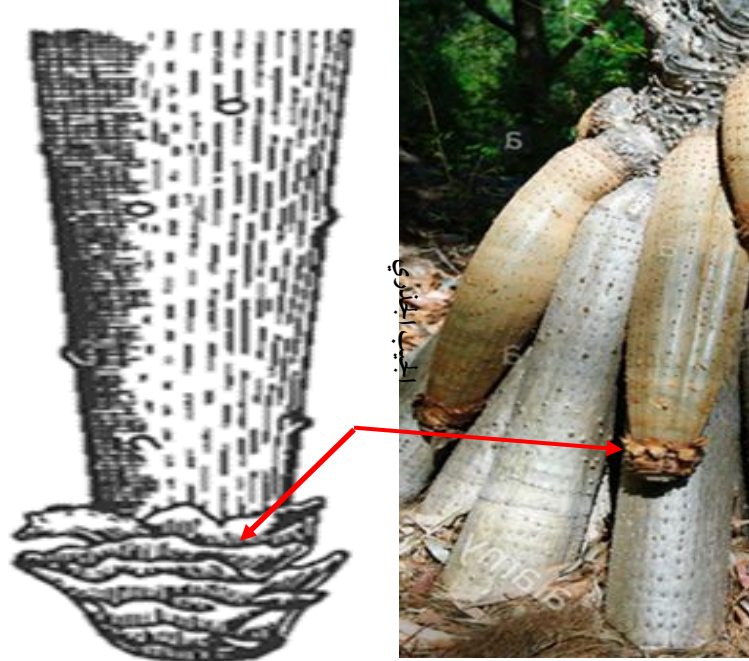
امتصاص المحلول المغذي مباشرة عن طريق خلايا الأدمة، وغالبا ما يتحقق ذلك بمساعدة "الفطريات الجذرية - Mycorrhiza). وتضمّر أو تزول الشعيرات الجذرية في النباتات المائية كما في "ورد النيل - *Nelumbium* " و"النففي - *Nymphaea*" وغيرها من النباتات المائية الأخرى.

(ج) المنطقة الفلينية: تعرف المنطقة الفلينية أيضا بمنطقة الجذور الجانبية. وتحاط المنطقة الفلينية بنسيج فليني، وتغطي المنطقة الباقية من الجذر. لا يوجد بالمنطقة الفلينية شعيرات جذرية، إلا أنها يخرج منها الجذور الثانوية والشعيرات الجذرية، من المحيط الدائري كما في "الجزر- *Daucus*". وأحيانا قد تتكون من الأدمة الباطنة أو من الطبقات الخلوية العميقة من القشرة كما في "الحمص- *Cicer arietinum*". من الجدير بالذكر فإن الجذور الثانوية داخلية المنشأ، أما الشعيرات الجذرية فخارجية المنشأ.

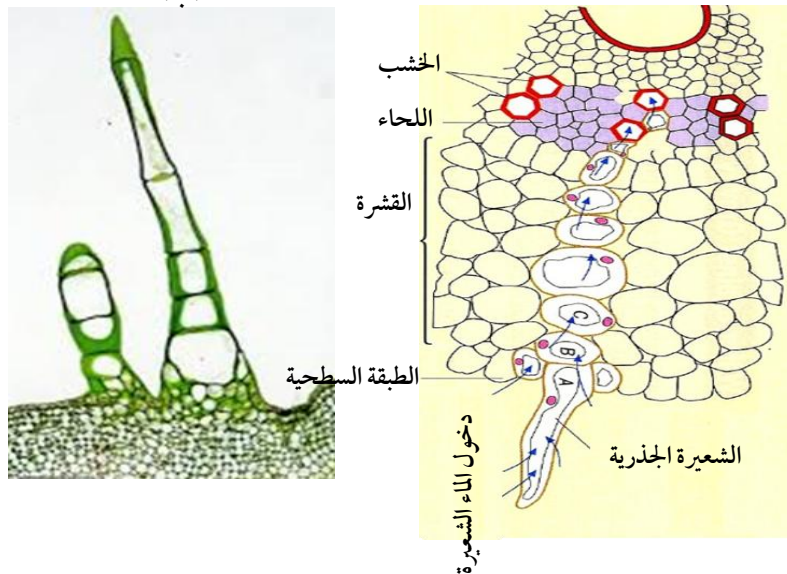
3. 4. خصائص الجذور

يتميز الجذر عن الساق بالخصائص التالية:

1. يخلو الجذر من المادة الخضراء التي يتميز بها المجموع الخضري بما فيه الساق.
2. عادة لا تحمل الجذور براعم، باستثناء جذور نبات "البطاطا الحلوة" والقليل من النباتات الأخرى. وهذه النباتات تتكاثر خضريا بقطع من الجذور تحمل براعم خضرية.
3. تنتهي الجذور بالقلنسوة (شكل 2)، بينما تنتهي السيقان



شكل 3 قلنسوة متضاعفة في جذر شجرة "الكادي"
(ب)



شكل 4. (أ) قطاع تفصيلي في جذر ذي فلقتين تظهر به الشعيرة
الجذرية، (ب) شعيرات متعددة الخلايا بنبات "دوار الشمس"

ببرعم طرفي أو قمعي. يوجد قلنسوة متضاعفة في
الجذور الهوائية لنبات "الكادي" - *Screw pine* (شكل 3). يوجد في
النباتات المائية، مثل: "الطحلب البطي" - *Lemna*، و"ياسنت الماء" -

Eichhornia "غمدة غير محكم سهل الإزالة عند قمة كل جذر، وهذا الغمد نوع غير شائع من القلنسوة يعرف بالجيب الجذري.

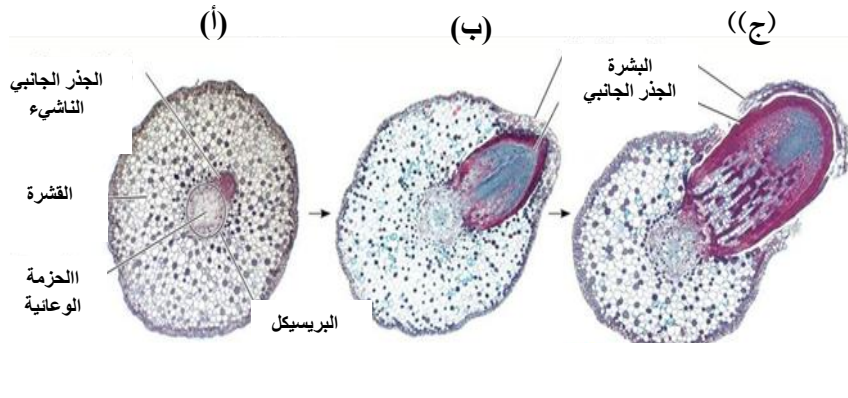
4. يحمل الجذر شعيرات وحيدة الخلية تعرف بالشعيرات الجذرية (شكل 4أ)، بينما يحمل الساق زوائد، غالبا شعيرات متعددة الخلايا (شكل 4ب). توجد الشعيرات الجذرية في عناقيد على الجزء الغضن الجذر خلف قمة الجذر بمسافة صغيرة، بينما الزوائد التي على الساق متعددة الانواع وموزعة على السطح الخارجي للمجموع الخصري. تمتص الشعيرات الجذرية الماء والأملاح المعدنية من التربة، بينما تحمي الزوائد التي على الساق النبات من الحرارة المرتفعة ومن فقد الماء.

5. يوجد على الساق عقد وسلميات غير واضحة في بعض الأنواع وواضحة في البعض الآخر، لكن لا يوجد عقد وسلميات على الجذور مطلقا.

6. تنشأ الجذور الجانبية من طبقة البريسيكل (شكل 5)؛ لذا تعرف الجذور الجانبية بأنها داخلية المنشأ.

4. 4 الجذور العرضية

تنمو الجذور العرضية من أي جزء من النبات باستثناء الجذير والجذر الرئيس. وفي هذه الحالة يموت الجذر الرئيس مبكرا أو ينمو بصورة ضعيفة. إذا لا يمكن تمييزه عن كتلة الجذور العرضية الدقيقة. وتشكل الجذور العرضية بتفرعها جذورا جانبية ثانوية وثالثية... الخ. وتنتشر الجذور العرضية في وحيدات الفلقة، مثل: القمح والشعير



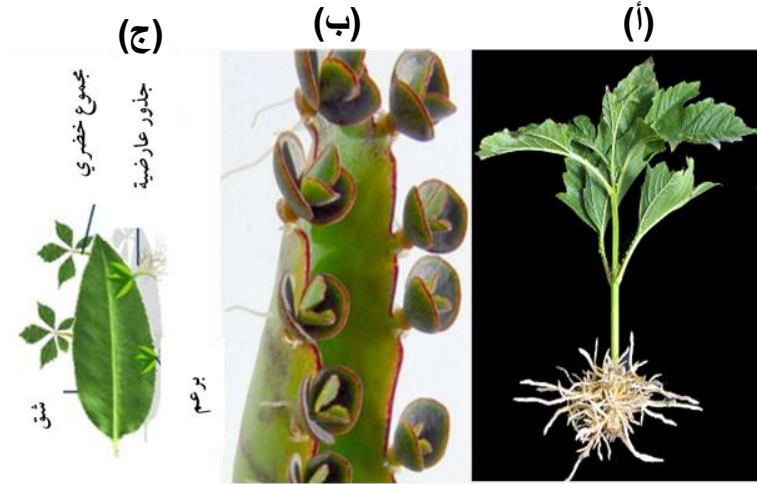
شكل 5. منشأ الجذر الجانبي. (أ- ج) مراحل من مراحل تكوين الجذر الجانبي من البريسكل



شكل 6. الجذور اللبفية في البصل

والارز و غيرها، ونادرا ما تشاهد في ثنائيات الفلقة كما في "جنس الشقائق - *Ranunculus*". والجذور العرضية في ذوات الفلقة متجانسة ومتشابهة؛ نظرا لأنها لا تشتمل على بنية ثانوية.

قد تنشأ الجذور العرضية من قاعدة الساق محل الجذور الابتدائية أو إضافة إليها، أو من أي عقدة أو سلمية على الساق أو الفرع أو حتى من الورقة تحت ظروف معينة. فالجذور اللبفية- Fibrous Roots "تنشأ في عناقيد من قاعدة الساق كما في البصل (شكل 6). وأحيانا قد تنشأ من العقد ومن السلاميات أثناء زحفها على الأرض كما في النجيل والنعناع (شكل 7). كذلك، قد تنشأ الجذور



شكل 7. (أ) الجذور العارضية في نبات "زهرة الغمد"، (ب)، الجذور العارضية في نبات "بريوفيلم"، (ج) الجذور العارضية في نبات "الببوجونيا" أو "أذن الفيل"



شكل 8. الجذور الورقية في نبات "*Peperomia*"

الليفية من أفرع بعض الأشجار عند غرسها في التربة كما في الورد وقصب السكر والصفصاف، أو عند حفظها مغمورة جزئياً في زجاجة بها ماء كما في نبات "زهرة الغمد - *Coleus*" (شكل 7 أ). من ناحية

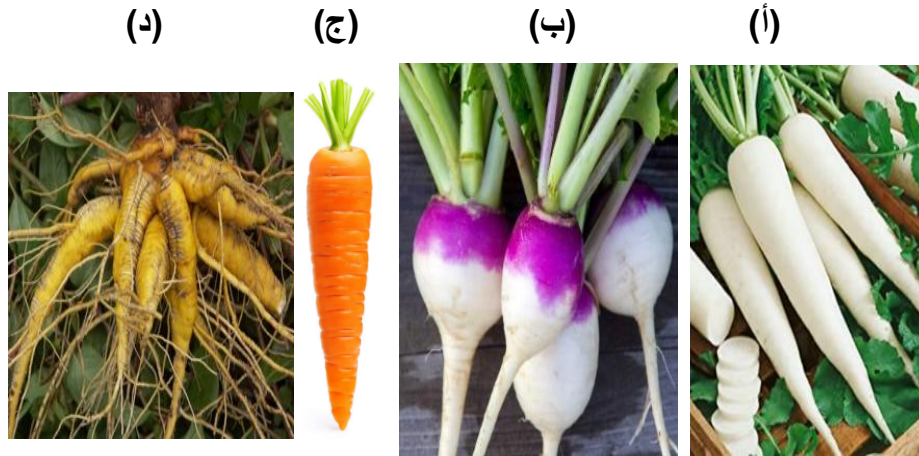
أخرى قد تنمو الجذور العارضية من البراعم الورقية التي تنمو على الأوراق كما في شطاء بعض النباتات التي تنتمي لأجناس الصباريات (شكل 7 ب) ونبات أذن الفيل أو البيجونيا (شكل 7 ج). وقد تنشأ من الورقة إما ذاتيا أو كنتيجة لجرح وتعرف "بالجذور الورقية - Foliar Roots". كما انها قد تنشأ نتيجة لتأثير الهرمونات التي تتميز بقدرتها على حفز النمو. فعند معالجة ورقة "نبات-Peperomia" بهرمونات مخلقة أو صناعية، مثل: حامض"إندول البيوترك" تنشأ عناقيد من الجذور العارضية من عنق الورقة (شكل 8). وهذه الجذور غير شائعة في الطبيعة لأنها لا تنشأ إلا من معالجة النباتات بالهرمونات.

4. 5 الجذور الودية المتحورة

تتحور الجذور الودية للتخزين، وتشمل الأنواع التالية:

(أ) "الجذر المغزلي-Fusiform Root": يتضخم في الوسط ويستدق تدريجيا في اتجاهي القاعدة والقمة وياخذ شكل المغزل تقريبا كما في جذر الفجل (شكل 9 أ). ويعزى التضخم إلى كل من قاعدة الساق والسويقة "تحت الفلقية - Hypocotyl"، أما دعامة الجذر فهي النهاية الودية فقط.

(ب) "الجذر اللفتي-Napiform Root": يتضخم بدرجة كبيرة في الجزء العلوي (عادة السويقة السفلى) آخذا الشكل كروي تقريبا، ويستدق بحدة في الجزء السفلي كما في اللفت (شكل 9 ب). في اللفت تتضخم السويقة السفلى وتصبح كروية، بينما في البنجر تتضخم السويقة و الجذر معا (شكل 9 ج).



شكل 9؛ جذور وتدية متحورة) للتخزين. (أ) (المجذر المغزلي) (ب) الجذر اللفتي، (ج) الجذر المخروطي، (د) الجذر الدرني



شكل 10. جذور عارضة متحورة لتخزين الغذاء. (أ) جذر درني (جذر نبات البطاطا الحلوة)، (ب) جذر حزمي (جذر نبات الأضاليا)، (ج) جذر عقدي (جذر نبات منغوجينجر [الكركوم])

(ج) "الجذر المخروطي-Conical Root": عريض عند القاعدة، مستدق في اتجاه القمة، مخروطي الشكل كما في الجزر (شكل 9ج).

4. 6 الجذور العارضية المتحورة

(أ) "الجذر الدرني-Tuberous or Tubercular Root": بدين ليس له شكل محدد كما في جذر نبات "شب الليل - Mirabilis" (شكل 9 د)

و"البطاطا الحلوة - *Ipomoea*" (شكل 10 أ). والجذور الدرنية، سواء كانت عارضية أو وتدية، تنشأ وحيدة لا في عنقيد.

(ب) "الجذر الحزمي - **Fasciculated Root**": عندما يتواجد عدد من الجذور الدرنية في عنقود أو حزمة عند قاعدة الساق يقال لها حزمية كما في "الأضاليا - *Dahlia*" (شكل 10 ب).

(ت) "الجذر العقدي - **Nodulose Root**": عندما تتضخم الجذور الإسطوانية فجأة عند القمة يقال لها عقدية كما في جذر نبات "منغوجينجر - *Curcuma amada*", نوع من التوابل يستخرج منه الكركم (شكل 10 ج).

(ث) "الجذر العنقودي أو المحبب - **Moniliform or Beaded Root**": عندما يحتوي الجذر على انتفاخات على مسافات متعاقبة أو متتابة يقال له عنقودي كما في جنس "موموردياكا - *Momordica*" (شكل 11 أ).

(ج). "الجذر الحلقي - **Annulated Root**": عند يحمل الجذر عدد من الحلقات تشبه الانتفاخات على بنيته يقال له جزر حلقي كما في نبات "عرق الذهب - *ipecac*" احد النباتات الطبية (شكل 11 ب).

(ح) "الجذور المتحورة للتنفس - **Pneumatophores**": أحيانا يغمر المد معظم النباتات التي تنمو في المستنقعات والبحيرات المالحة، مثل نبات "الشورى - *Rhisophoramangle*" فيحول دون تنفس الجذور. وتجابه هذه النباتات تلك الضغوط البيئية من خلال جذور متفرعة متحورة للتنفس تعرف بالجذور التنفسية (شكل 12). وتنمو



شكل 11. جذور عارضة متحورة لتخزين الغذاء. (أ) جذر عنقودي (جذر أحد نباتات جنس "موموردياكا"، (ب) جذر حلقي (جذر نبات عرق الذهب)



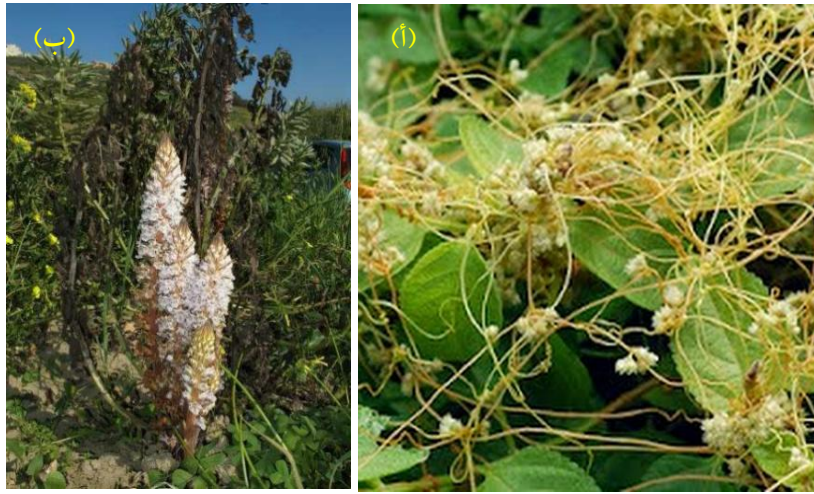
شكل 12. الجذور التنفسية

الجذور التنفسية من الجذور تحت الأرضية للنبات لأعلى وتخرج فوق الماء مثل شوكات مخروطية. وتوجد هذه الجذور بكميات كبيرة حول جذوع الأشجار، ويحتوي كل جذر على عدد من الثقوب أو الفراغات التنفسية عند قمته يأخذ عن طريقها الهواء أثناء عملية للتنفس.

(د) "الجذور المساعدة-Prop Roots": تقوم هذه الجذور بتدعيم وتثبيت السيقان الهوائية القائمة، كما تقوم بامتصاص الماء



شكل 13. جذور عارضة متحورة لتدعيم النبات ميكانيكياً. (أ) الجذور المساعدة لنبات "الذرة"، (ب) الجذور القائمة لنبات "التين البنغالي"، (ج) الجذور المتسلقة لنبات "حبل المساكين"، (د) الجذور المعززة



شكل 14. جذور عارضة ماصة. تطفل نباتي "الحامول" (أ) و "الهالوك" (ب) على النبات العائل

والأملاح المعدنية من التربة. تنمو هذه الجذور من العقد السفلى للسيقان متجهة نحو التربة، ثم تخترق التربة وتتفرع فيه، وتكون أكثر سمكا وصلابة من بقية جذور النبات كما في الذرة (شكل

(ذ) "**الجذور القائمة-Pillar Roots**": جذور عارضة تنشأ من الأفرع الأفقية لسيقان بعض الأشجار وتنمو نحو التربة حتى إذا ما وصلت إليها إخترقتها وكونت قنسوة تحمي قممتها النامية. ثم تتفرع في التربة وتقوم بامتصاص الغذاء، ويزداد قطر الأجزاء الهوائية منها وتتخشب وتعمل كدعامات قائمة لحمل أفرع الشجرة الضخمة كما في "التين البنغالي-*Ficus bengalensis*" (شكل 13ب). وقد يندمج بعض هذه الجذور مع البعض الآخر أو مع ساق الشجرة نفسها. وتعمل هذه الجذور كدعامات قوية للشجرة؛ حيث أن أشجار التين البنغالي تنمو في الأراضي الطينية الرخوة على شواطئ البحار في المناطق الحارة.

(ر) "**الجذور المتسلقة-Climbing Roots**": تشاهد هذه الجذور في نباتات، مثل: نبات "حبل المساكين- (*Hedera helix*)". وتعطي هذه النباتات جذور متسلقة من عقدها أو سلميائها المواجهة للدعامة.

(ز) "**الجذور المعززة-Buttress Roots**": في بعض أشجار الغابات الضخمة تظهر بعض الجذور القوية أو البدينة حول قاعدة الجذع الرئيس بصورة شاذة. وتنمو هذه الجذور بميل أسفل قاعدة الجذع في بادئ الأمر، ثم تنتشر افقيا للخارج بمستوى سطح التربة لارتفاع كبير أحيانا (شكل 13 ج).

(س) "**الممصات أو الجذور الماصة-Sucking or Haustoria**": تعطي النباتات المتطفلة نوع من الجذور يعرف بالجذور الماصة أو الممصات يخترق أنسجة النبات المضيف ويمتص ما بها



شكل 15. جذور عارضة ماصة. (أ) جذور نبات الدبق الماصة والمثبتة،
(ب) جذور هوائية لنباتات عالقة من رتبة الأوركيديات



شكل 16. الجذور التمثيلية لنبات " الكستناء "

من غذاء؛ حيث أن هذه النباتات خالية من المادة الخضراء. وتنقسم هذه النباتات إلى قسمين: قسم يتطفل تطفل كلي على النبات المضيف، مثل: نبات "الحامول-*Cuscuta*" و"الهالوك-*Orobanch*" (شكل 14)، وقسم يتطفل تطفل جزئي، مثل نبات "الدبق-*Viscum*" (شكل 15أ). وتتم عملية الامتصاص عن طريق اتصال ممصات النباتات المتطفلة بخشب و لحاء النبات المضيف. وحيث أن هذه النباتات خالية من المادة الخضراء والجذور فإنها تمتص من لحاء

النبات المضيف الغذاء المجهز ومن الخشب الماء والأملاح المعدنية.

(ش) "الجذور الهوائية للنباتات المعلقة - Epiphytes Roots":
كثير من النباتات الإستوائية التي تنتمي للعائلة "الأوركيدية - Orchidaceae" (شكل 15ب) و"القلقاسية - Araceae" تعيش في غابات المنطقة الحارة عالقة على أفرع بعض الأشجار دون أن يكون لها اتصال بالأرض. ولهذه النباتات ثلاثة أنواع من الجذور العارضية:
1. مثبتات جذرية تثبت النبات في الشجرة.

2. جذور مغذية تقوم بامتصاص الغذاء من البقايا النباتية المتحللة على فروع الشجرة.

3. جذور هوائية طويلة مدلاة في الهواء تقوم بامتصاص الرطوبة من الجو كما تخزن مياه الأمطار أو قطرات الندى. وتحاط هذه الجذور بغلاف أسفنجي يسمى "الحجاب الجذري- Velamen"، يتكون من بضع طبقات من خلايا محكمة الترتيب غير حية، جدرها ثانوية سميكة، عديمة اللون، نصف شفافة، تساعد على امتصاص الرطوبة من الجوى.

(ص) "الجذور التمثيلية-Assimilatory Roots": تكون جذور نبات "الكستناء-Water Chestnut" نصف المغمورة زوج من العقد، لونها أخضر، تقوم بالتمثيل الضوئي (شكل 16). من ناحية أخرى قد تتحول الجذور المعلقة في الأوركيدات إلى جذور تمثيلية.

(ض) "الجذور المنقبضة Contractile Roots": جذور أرضية عارضة



شكل 17. الجذور المنقيضة. (أ) جذور "الزنبق"، (ب) جذور نبات
 "هاورثيا - *Haworthia truncata*"

غالبا، لها القدرة على الانقباض، ساحبة ساق النبات قريبا من سطح التربة أو تحتها؛ ليكون في البيئة المثلى لنموه. ومن نباتات المحاصيل الاقتصادية التي يحدث انكماش في جذورها الجذر وبنجر السكر والبرسيم الحجازي و الأبصال ونبات "هاورثيا" (شكل 17).

المراجع

Harold CB, Alexopoulos CJ, Delevoryas T. 1987. Morphology of Plants and Fungi, 5th ed., page 3. (New York: Harper-Collins

Jeune B, Barabé D, Lacroix C. 2006. "Classical and dynamic morphology: Toward a synthesis through the space of forms". Acta Biotheoretica 54: 277–293

Kirchoff BK, Pfeifer E, Rutishauser R. 2008. "Plant structure ontology: How should we label plant structures with doubtful or mixed identities?" *Zootaxa* 1950: 103–122

Minelli, A. 2018. *Plant Evolutionary Developmental Biology. The Evolvability of the Phenotype*. New York: Cambridge University Press.

Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE, 2005. *Biology of Plants*, 7th ed., page 9. (New York: W. H. Freeman).

Sattler R. 1992. "Process morphology: Structural dynamics in development and evolution". *Canadian Journal of Botany* 70: 708 –714

Sattler R. 1992. "Process morphology: Structural dynamics in development and evolution". *Canadian Journal of Botany* 70: 708 –714.

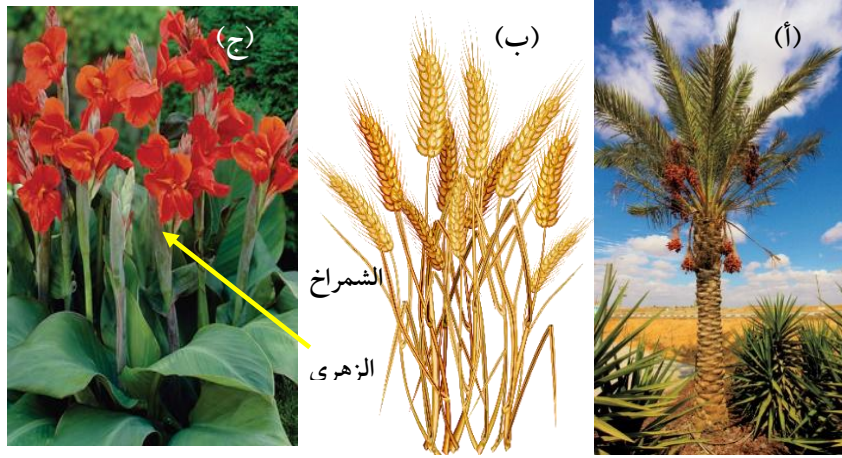
Sattler R. 2018. "Philosophy of plant morphology". *Elemente der Naturwissenschaft* 108: 55 – 79

Sattler R. 1994. Homology, homeosis, and process morphology in plants. In: B.K. Hall (ed.) *Homology: The hierarchical basis of comparative morphology*. New York: Academic Press, pp. 423-475

الفصل الخامس: السيقان

1. 5 أنواع السيقان

(أ) السيقان الدرنية : سيقان تبقى بصفة دائمة تحت سطح التربة وتعطي دوريا مجموع خضري هوائي في الظروف البيئية المواتية، وهي سيقان معمرة تخزن المواد الغذائية.



شكل 1. السيقان القائمة: (أ) سيقان معمرة (ساق النخيل)، (ب) سيقان عشبية (مثل ساق القمح)، (ج) نبات الكنا ويظهر به السيقان الدرنية



شكل 2. أنواع السيقان الضعيفة المنتشرة. (أ) منبطحة "الأوكسالس-
"Oxalis"، (ب) المزاحفة "الاستراجلس - Astragalus"
"tribuloides"، (ج) المنتشرة "الحلبة - Trigonella stellata"
"Forssk"

(ب) السيقان القائمة : السيقان "القائمة المعمرة - Caudex" هي

سيقا أسطوانية سميكة يوجد عليها ندب الأوراق المتساقطة، مثل ساق النخيل (شكل 1). أما السيقان التي تتكون من عقد مصمتة وسلميات مجوفة فتعرف بالسيقان "العشبية-Culm"، مثل ساق "القمح" (شكل 1). بعض النباتات العشبية خاصة ذوات الفلقة الواحدة ليس لها ساق هوائية؛ إلا إنها تعطي مجموع خضري هوائي غير متفرع يحمل زهرة واحدة أو عنقود من الأزهار، مثل هذا المجموع الخضري المزهر يعرف بالشمراخ الزهري كما في نبات "الكنا" (شكل 1ج).

(ت) **السيقان المنتشرة:** تتميز النباتات المنتشرة برقة سيقانها. كما تتميز بأن سيقانها قد تكون قصيرة أو طويلة ومنتشرة على سطح التربة، بعضها يعطي جذور عند العقد والبعض الآخر لا يعطي جذور عند العقد (شكل 2). وعندما تكون "منبطحة - Prostrate" على التربة تعرف بالنباتات المنبطحة، مثل "الأوكسالس". وعندما تزحف لمسافة ما ثم ترتفع قممتها لأعلى تعرف بالنباتات الزاحفة، مثل "الاستراجلس". وعندما تكون فروعها كثيفة ومنتشرة على الأرض في كل الاتجاهات تسمى "منتشرة - Diffuse"، مثل "الحلبة".

(ث) **السيقان الزاحفة:** سيقان ضعيفة ذات أفرع قصيرة أو طويلة تزحف في اتجاه ما، وعادة يخرج من سيقانها جذور عند العقد. والسيقان الزاحفة ثلاثة أنواع: جارية، مثل "الفراولة"، ورائدة، مثل "خس الماء-Pista"، ومماصية، مثل "الأراولا - *Glechoma hederacea*" (شكل 3 أ - ج).

(ج) **السيقان المتسلقة:** نباتات تتسلق على جيرانها بوسائل شتى



شكل 3. أنواع السيقان الضعيفة الزاحفة. (أ) الجارية (الفراولة)، (ب) الرائد (خس الماء)؛ ج، المصاص (الأراولا)



شكل 4. (أ) نبات "القرع - Squash"، (ب) نباتات الجهنمية

لمسافة ما، مثل "القرع، و"الجهنمية" و"الورد" (شكل 4).

2. 5 العقد والسلاميات

يعرف الموضع من الساق أو الفرع الذي يخرج منه ورقة أو أكثر بالعقدة، وتعرف المسافة بين كل عقدتين بالسلامية. وأحيانا، تكون العقد والسلاميات واضحة جدا كما في "البامبو" والنجيليات، وأحيانا أخرى تكون غير واضحة في الكثير من النباتات.

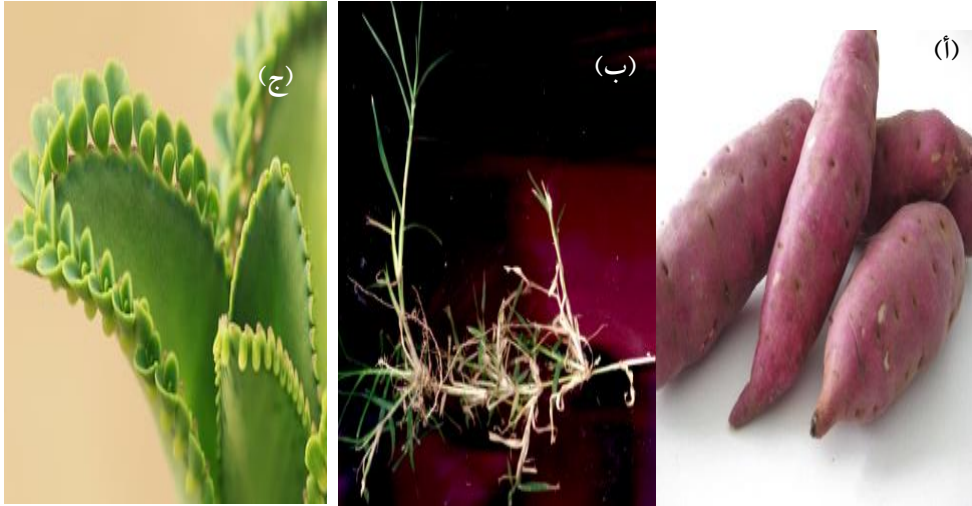
3. 5 البراعم

1. 3. 5 أنواع البراعم

البرعم مجموع خضري صغير غير نامي يتكون من ساق قصيرة وعدد من الأوراق الرقيقة التي تلتف حول القمة النامية. لا ترى السلميات في البرعم؛ لأنها لم تنشأ بعد. لذا تتزاحم أوراق البرعم



شكل 5. قطاع طولي في كرنبية يوضح القمة النامية والبرعم الإبطي والأوراق



شكل 6. مواقع غير طبيعية للبراعم. (أ) براعم على الجذر كما في "البطاطا الحلوة"، (ب) براعم على الساق كما في "النجيل"، (ج) براعم على الورقة كما في "بريوفيلم"

وتتداخل مع بعضها مكونة تركيب محكم يحيط بالقمة النامية إحاطة تامة، وتكون الأوراق السفلى للبرعم السفلى أكبر عمرا وأكبر مساحة من الأوراق العليا. ولكي يشاهد تركيب البرعم بصورة واضحة نقطع "كرنبه" طوليا إلى شقين. بشاهد بالكرنبه المشقوقة نصفين قمة نامية تحيط بها أوراق في تعاقب قمى (شكل 5). عادة، تكون البرعم الطبيعية في قمة الساق أو الفرع أو في أبط الورقة.

وتعرف البراعم التي تنشأ في قمة الساق بالبراعم الطرفية، أما البراعم التي تنشأ في أبط الورقة فتعرف بالبرعم الإبطية. أحيانا يوجد بعض البراعم بجانب البرعم الأبطي تعرف بالبراعم المساعدة. وأحيانا أخرى تظهر البراعم على أجزاء أخرى من النبات، مثل الجذر، وتعرف بالبراعم الجذرية كما في "البطاطا الحلوة (شكل 6أ)؛ أو الورقة وتعرف بالبراعم الورقية كما في "السرخس الجوال- *Adiantum caudatum* (شكل 6ج) و"بريوفيلم- *Bryophyllum*" و"أذن الفيل"، أو قد تنشأ من مواقع مختلفة على الساق والأفرع وتعرف بالبراعم الساقية (Cauline buds) (شكل 6 ب). وتعرف هذه البراعم بالبراعم العرضية؛ وذلك بسبب موضع نموها الشاذ.

2. 3. 5 حماية البراعم

حيث أن البراعم تعطي الأزهار والأوراق والأفرع، لذا هيا الله لها حماية ذاتية من تأثير الشمس والمطر والفطريات والحشرات... الخ التي قد تسبب له الضرر. وهذه الحماية متعددة الخطوط الدفاعية، منها: (1) تداخل أوراقها الصغيرة مما يمكنها من حماية بعضها

البعض وحماية القمة النامية من المؤثرات البيئية الخارجية، (2) وجود شعيرات على أوراقها، كما قد يغطي أوراقها طبقة رقيقة من إفرازات صمغية أو راتنجية. (3) يغلف برعم بعضها من الخارج



شكل 7. تحورات البراعم الخضرية والبراعم الزهرية. تتحول البراعم الخضرية إلى محاليق كما في العنب (أ)، وإلى شوكة كما في "الكارسا" (ب)، كما تتحول البراعم الزهرية إلى محاليق كما في "الفصيلة الحمضية" - *Antigonon*



شكل 8. تسلق النباتات بالشعيرات الجذرية. (أ) نبات "حبل المساكين"، (ب) نبات "البلاب الهندي"

أوراق جافة حرشفية تعرف بالبراعم الحرشفية كما في المانوليا "والتين البنغالي". (4) يغطي أوراق بعضها طبقة كيتونية أو

شمعية تضبط التبخر من الورقة و تمنع الأوراق و القمة النامية من البلل.

3. 3. 5 تحول البرعم

قد تتحول البراعم الخضرية إلى محاليق كما في "العنب" (شكل 7أ)، أو إلى شوكة كما "الكارسا-Carissa" (شكل 7ب). أحيانا، قد تتحول إلى أعضاء تكاثر خاصة تعرف بالبصيليات كما في "البصل". كذلك، قد تتحول البراعم الزهرية إلى محاليق كما في "Antigonon" الذي ينتمي للفصيلة "الحماضية" (شكل 7ج) أو إلى بصيليات بهدف التكاثر.

4. 5 طبيعة النبات

تقسم النباتات تبعا لطبيعة الساق وارتفاع النبات وعمره وطريقة حياته إلى الأقسام التالية:

1. 4. 5 الأعشاب

(أ) **النباتات الحولية:** نباتات صغيرة ذات سيقان لينة ضعيفة، تبدأ دورة حياتها وتنتهي في موسم زراعي واحد، فهي تعيش لعدة شهور أو سنة على أكثر تقدير، تعطي خلالها أزهار وثمار وبذور كما في "القمح" و"الفول" و"الشعير".

(ب) **النباتات ثنائية الحول:** تقضي دورة حياتها في عامين متتاليين. يستغرق العام الأول الطور الخصري كاملا ويستغرق العام الثاني ظهور الأزهار والثمار والبذور كما في "الكرنب"، و"الجزر" و"اللفت" و"الفجل" (وتسلك سلوك النباتات الحولية في

المناطق الإستوائية).

(ت) النباتات دائمة الحول: دورة حياتها تستغرق سنين عدة؛ قد يموت جزؤها الهوائي كل عام في نهاية موسم التزهير، لكن ينشأ مجموع خضري جديد من الساق تحت الأرضية بعد زخات قليلة من المطر، مثل "الكنا"، و"الزنجبيل".

2. 4. 5 الشجيرات

نباتات متوسطة الحجم، ذات سيقان خشبية صلبة، تخرج أفرعها قريبا من الأرض، ليس له جذع واضح، تتميز بطبيعتها الكثيفة وأفرعها المتزاحمة، أكبر من الأعشاب و أصغر من الأشجار، مثل "الديورنتا".

3. 4. 5 الأشجار

نباتات ضخمة ذات جذع سميك وأفرع خشبية صلبة غزيرة (ماعدا النخليات)، مثل: "المانجو" و"الكازورينا". قد يصل ارتفاع بعضها أكثر من تسعين مترا، مثل: أشجار "الكافور" و"السكوية" أو الخشب الأحمر الذي ينتمي إلى الفصيلة الصنوبرية". يعيش بعضها لأكثر من ثلاثمائة عاما، مثل "الكافور". وقد يمتد العمر في بعضها إلى أكثر من ثلاثمائة عاما. وقد تعيش أشجار "السكوية" إلى ما 1000 و 1500 عاما. وقد تستغرق دورة حياة بعض المخروطيات حوالي 2500 عاما أو أكثر.

4. 4. 5 المتسلقات

تتميز المتسلقات بسيقانها الرفيعة والطويلة ذات الافرع المنتشرة.

وتتسلق المتسلقات بالتفاف سيقانها أو بأي عضة آخر من أعضائها، ومنها الأنواع التالية:

(أ) **المتسلقات "بالشعيرات الجذرية - Climbers Rootlet"**: تتسلق بعض النباتات عن طريق جذور شعرية عرضية صغيرة، تكون أقراص أو مخالب لاصقة، تعمل كمواسك، أو تفرز عصير لزج كما في "حبل المساكين- *helix Hedra*", و"البلاب الهندي" (شكل 8).

(ب) **المتسلقات "بالخطاطيف-Hook Climbers"**: تنحني الأشواك وتتقوس، وتأخذ شكل الخطاطيف، وتساعد النبات على التسلق على ما يجاوره من أشياء. تقوم بدور دفاعيا في بعض النباتات كما في "الورد". وقد تتكون هذه الخطاطيف على أعناق الأزهار كما في نبات "أرتابوتريس" (شكل 9 أ)؛ أو على غمد الورقة كما في "الخيزران-*Calamus*" (شكل 9 ب)؛ أو على الساق كما في "الورد" (شكل 9 ج). أما الجهنمية فتتحور البراعم الإبطية إلى خطاطيف مقوسة (شكل 9 د)، تساعد النبات على التسلق. أما في نبات "مخلاب القط-*Bignonia unguis*" فتتحور الوريقة الطرفية إلى خطاف حاد مقوس، يمكنه من التسلق (شكل 9 هـ - و)، وفي "البربريس" تتحور إلى أشواك إبرية.

(ت) **المتسلقات "بالمحاليق-Tendrils Climbers"**: ينشأ من هذه النباتات تراكيب أسطوانية خالية من الأوراق ملولبة مغزليا، تعرف بالمحاليق، تتسلق بها الأشياء. وبالتفاف المحاليق حول الدعامه، يتمكن النبات من التسلق كما يتمكن من حفظ توازنه. وقد تكون المحاليق سيقان متحورة كما في "العنب" (شكل 17 أ)، و"البطيخ"



شكل 9. بعض أنواع المتسلقات بالخطاطيف. (أ) "أرتابوتريس- Artabotrys"، (ب) "الخيزران"، (ج) الورد، (د) الجهنمية، (هـ) "مخلاب القط"، (و)، "البربريس"



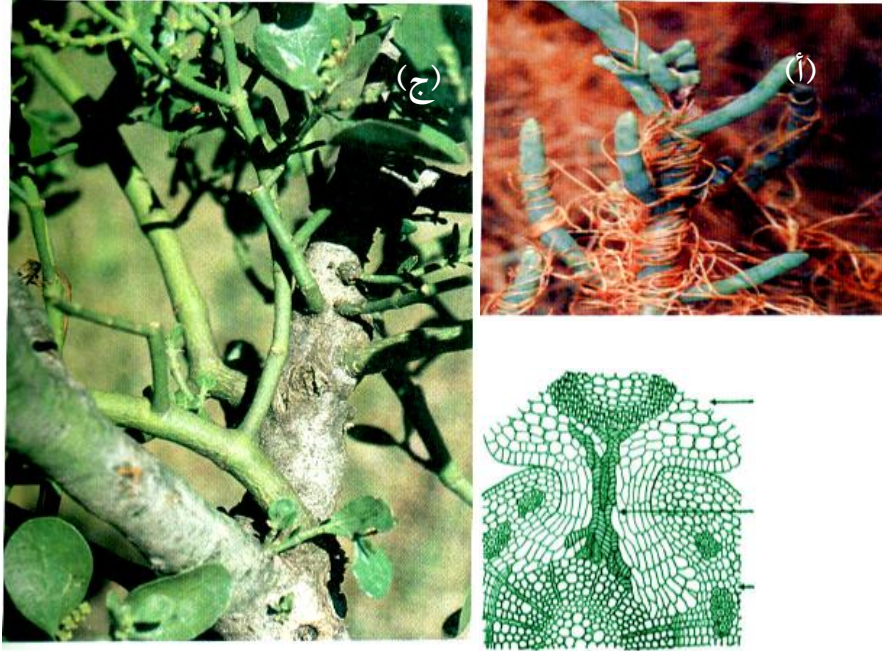
شكل 10. منشأ المحاليق. (أ) محاليق تنشأ من الساق كما في "البطيخ، (ب) محاليق تنشأ من الورقة كما في بسلة الزهور

(شكل 10أ)، الخ، أو أوراق متحورة كما في "بسلة الزهور" (شكل 10ب).

(ث) المتسلقات "بالأوراق- Leaf Climbers": ففي نبات "السلوى- Pitcher"، تلتف أعناق الأوراق الإبريقية حول الدعامة



شكل 11. أنواع المتسلقات بالأوراق. (أ) نبات "السلوي"، (ب) نبات "السوسن البهي"، (ج) نبات "يسمين البر"



شكل 12. (أ) نبات "الحامول" نبات متطفل بكامل ساقه، (ب) قطاع عرضي في كل من نبات "الحامول" والنبات المضيف، (ج) نبات "الدبق" نبات متطفل ببعض ساقه على نبات "التين"

كالمحلاق، مثبتة النبات في وضع رأسي (شكل 11أ). وفي "السوسن البهي-Glory lily"، يتسلق النبات بتلولب قمة الورقة بشدة مثل المحلاق حول الدعامة (شكل 11ب). أما في "يسمين البر-Clematis" فتلتف أعناق الأوراق الحساسة للمس عند ملامستها لأي شيء يجاورها، مما يساعد النبات على التسلق

(شكل 11ج).

(ج) المتسلقات "بالسيقان أو الملتفات- Stem Climbers or Twiners": نباتات ذوات سيقان وأفرع أسطوانية طويلة، تتسلق بالتفاف كينونتها حول الأشجار والشجيرات والوشيع (سياج من الشجيرات)، مثل: "ست الحسن" واللوف" و"العليق"، ليس لها أعضاء خاصة للتسلق مثل المتسلقات الشائعة، بعضها يلتف حول الدعامة في اتجاه عقارب الساعة والبعض يلتف في اتجاه عكس عقارب الساعة، والبعض الآخر وسط في التفافه.

(ح) المتسلقات-Lianes: نباتات معمرة، سميكة وخشبية، تستوطن الغابات. تلتف حول الأشجار الطويلة حتى تصل إلى قمته. وعند القمة تحصل على ما تحتاج إليه من ضوء الشمس كما في "خف الجمل- *Bauhinia vahlii*" و"فول الحصان- *Nicker bean*".

5. 5 أنواع خاصة من النباتات

تخلق النباتات ما تحتاج إليه من مواد كربوهيدراتية من خلال عملية التمثيل الضوئي وتعرف حينئذ بالنباتات ذاتية التغذية. أما النباتات التي تستمد غذائها من مصادر أخرى فتعرف بالنباتات غير ذاتية التغذية أو النباتات المتطفلة. والتطفل له صور مختلفة، منها الصور التالية:

5. 5. 1 "الطفيليات - Parasites"

نباتات تنمو متطفلة على النباتات الحية أو على الحيوانات، وتمتص الغذاء من المضيف عن طريق جذورها الماصة التي

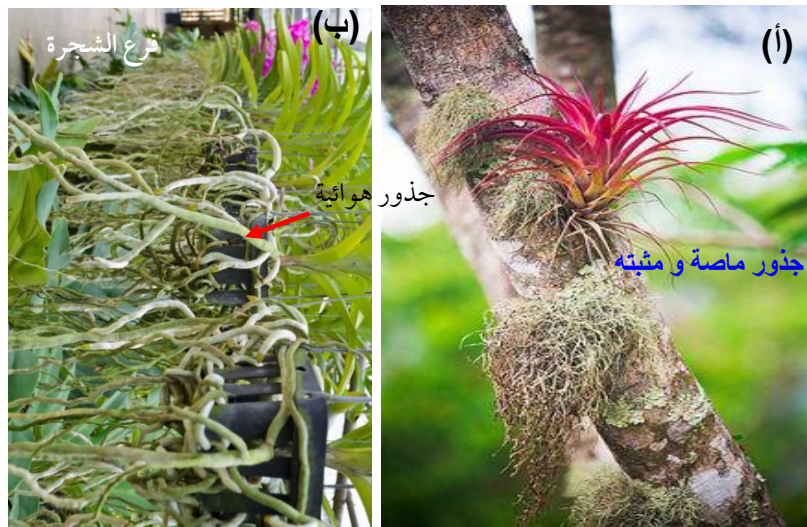
تعرف بالممصات-Haustoria . والطفيليات منها الأنواع التالية:

(أ) طفيليات تتطفل بكامل ساقها، مثل "الحامول-Cuscuta" (شكل 12 أ، ب).

(ب) طفيليات تتطفل ببعض ساقها، مثل "الدبق-Viscum" (شكل 12 ج).



شكل 13. (أ) نبات "الهالوك" نبات متطفل بكامل جذره، (ب) نبات "ذانون أو ذقن العاذر" نبات متطفل بكامل جذره.



شكل 14. نباتات فوقية من رتبة الأوركيديات، عليها الجذور الماصة والمثبتة (أ)، والجذور الهوائية (ب)

(ت) طفيليات تتطفل بكامل جذرها على جذور "البطاطا" و"الطماطم" والباذنجان و"الدخان"... الخ، مثل: نبات "الهالوك - *Orobanchaceae* " ونبات "ذانون - *Cistanche violacea* (Desf.) Beck (شكل 13 أ، ب). ويسبب الهالوك و "ذانون" أضرار كبيرة لهذه النباتات.

(ث) طفيليات تتطفل ببعض جذورها، مثل "أشجار خشب الصندل- *Santalum album* .

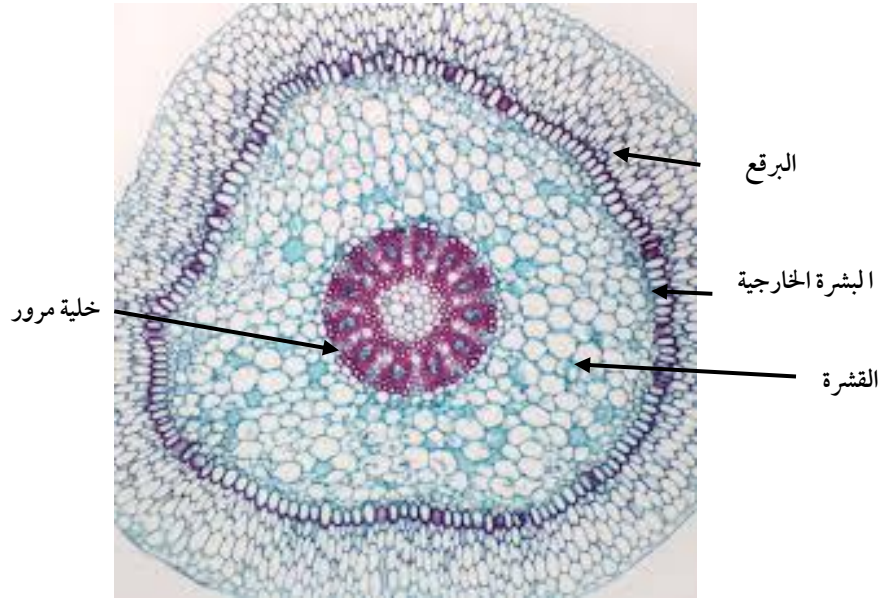
5. 5. 2 "النباتات الفوقية-Epiphytes"

نباتات تنمو على نباتات أخرى (شكل 14)، إلا أنها لا تمتص منها الغذاء كما يحدث في حالة النباتات المتطفلة ويغطي هذه النباتات ثلاث أنواع مختلفة من "الأغطية -Velamen" (شكل 15)، تتكون من أربع إلى خمس طبقات من خلايا مستطيلة متعددة الأضلاع، ميتة تحتوي هواء أو ماء فقط. ويتميز البرقع بطبيعته الإسفنجية، مما يمكنه من امتصاص الرطوبة من الجو المحيط، والماء الذي يجري تحت الجذور. ومن هذه النباتات نباتات "الأوركيديات" وبعض السرخسيات التي تكون في بداية حياته فوقية على "نخل البلح" وبعض الأشجار.

5. 5. 3 "النباتات الرمية-Saprophytes"

نباتات تنمو في البيئات الغنية بالمواد العضوية المتحللة: نباتية أو حيوانية، وتستمد غذاءها منها، مثل "البببة الهندية - *Monotropa* . والنباتات الرمية جزئية الرمية خضراء اللون، أم النباتات الرمية كاملة الرمية فهي عديمة اللون. وتتعايش جذور النباتات الرمية مع كتل

خيطية من الفطريات، تحل محل الشعيرات الجذرية وتقوم بامتصاص



شكل 15. قطاع في جذر أحد الأوركيدات،
موضحا عليه السداة أو البرقع والبشرة
الخارجية والقشرة وخلايا المرور



شكل 16. نبات "البببة الهندية"، نبات يعيش
معيشة تكافلية

المواد الغذائية من المواد العضوية المتحللة في التربة. وتعرف
الفطريات التي تتعايش مع جذور النباتات الراقية "بالميكوريزا-
"Mycorrhiza".



شكل 17. العقد الجذرية في جذور "البرسيم



شكل 18. الشكل الظاهري لبعض النباتات آكلة الحشرات. (أ) "الابريق"، (ب)
"الدروسيرة"، (ج) "صائد الذباب"

5. 5. 4 "النباتات المتكافلة-Symbionts"

كائنات يعيشان مع بعضهما كما لو كانا جزءين من نبات واحد، ويعاون بعضهم البعض الآخر كما في الأشن التي تجمع بين طحلب وفطر في علاقة تكافلية. تشاهد الأشن كقشور مخضرة رقيقة مستديرة على جذوع الأشجار والصخور والحوائط القديمة. وفي الأشن يقوم الطحلب بتخليق المواد الغذائية عبر التمثيل الضوئي بينما يمتص الفطر الماء والأملاح المعدنية من الوسط المحيط ويحمي الطحلب. من أمثلة المعيشة التكافلية الأخرى بعض أنواع "الميكوريزا وبكتريا العقد الجذرية "ريزوبيم" (شكل 17).

5. 5. 5 "النباتات أكلة الحشرات - Carnivorous Plants"

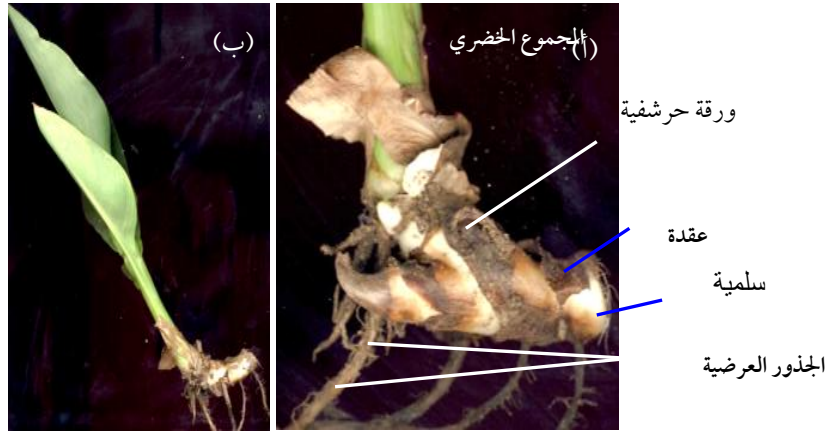
نباتات تصطاد وتتغذى على الحشرات والحيوانات الدقيقة لتوفير بعض احتياجاتها من المواد النيتروجينية. أما ما تحتاج إليه من مواد كربوهيدراتية فتقوم بتخليقه ذاتيا وذلك لاحتوائها على المادة الخضراء. وينتمي إلى هذه المجموعة من النباتات نبات "السلوى" و"الدروسيرة" و"صائد الذباب" و"خناق الذباب" (شكل 18).

5. 6 تحويلات السيقان

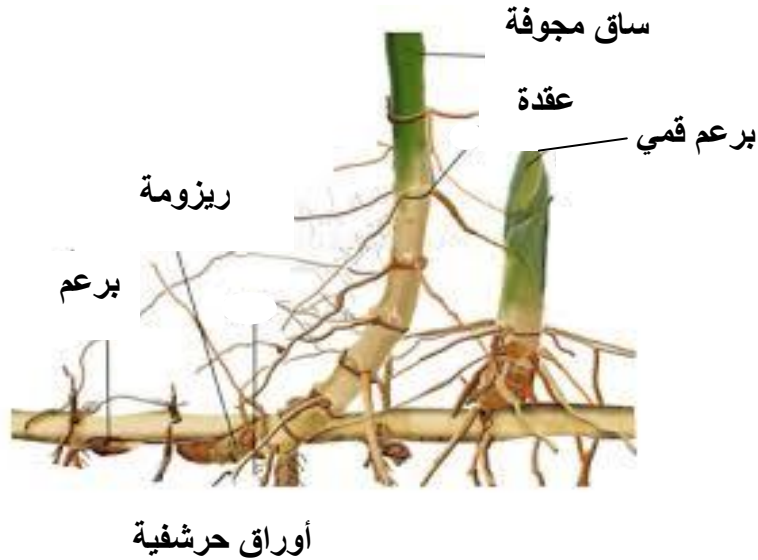
الوظائف الرئيسة للسيقان المحورة: (أ) التعمير، أي القدرة على المعيشة أعوام عدة عبر سيقان أرضية معينة؛ (ب) التكاثر الخضري عبر بعض الأفرع تحت الهوائية التي تنتشر خارج التربة في اتجاهات شتى؛ و(ج) القيام بوظائف خاصة من خلال أعضاء هوائية محورة.

5. 6. 1 سيقان متحورة تحت أرضية

سيقان معمرة سميكة وغاصة تحتوي على مواد غذائية مخزنة، تنشأ تحت الأرض، تخلص من الأوراق في مواسم محددة، تعطي مجموع خضري هوائي كل عام في الظروف البيئية المواتية، تعطي جذور ليست خضراء. تتميز هذه السيقان بالعقد



شكل 19. ريزومة "الكنة" موضحة عليها: العقد، والسلميات والبرعم القمي والبرعم الإبطي والأوراق الحرشفية. (أ) ريزومة، (ب) النبات الكامل



شكل 20. ريزومة "النجيل" موضحة عليها العقد والسلميات والبرعم القمي والبرعم الإبطي والأوراق الحرشفية

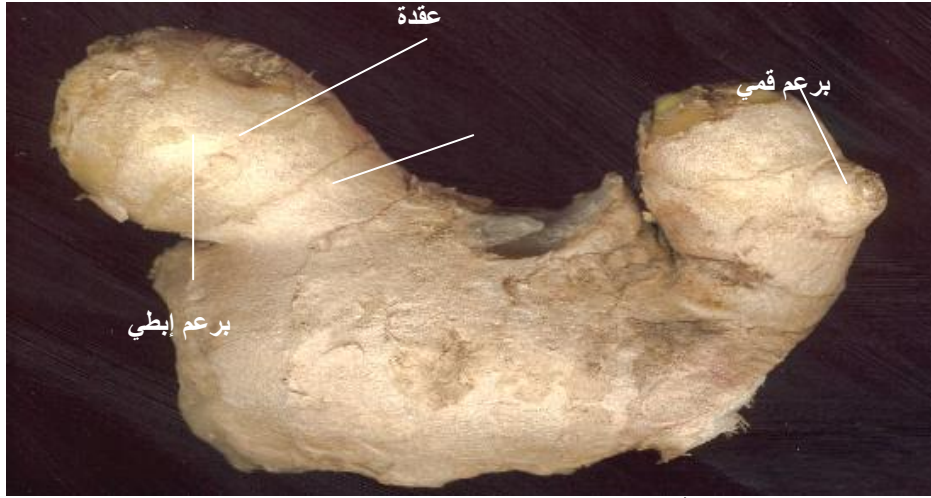
والسلميات والأوراق الحرشفية والبراعم (القمية والإبطية). وظائفها الرئيسية: (أ) التعمير، و(ب) تخزين المواد الغذائية، و(ج)

التكاثر الخضري، منها الأنواع التالية: (أ) "الريزومة-Rhizome": تتكون الريزومات من عقد يخرج من عند كل عقدة براعم تغطيها أوراق حرشفية، وتنتهي الريزومة ببرعم طرفي. يخرج من جانب الريزومة السفلي بعض الجذور العرضية الأسطوانية. قد تكون الريزومة غير متفرعة. براعم الريزومة الإبطية قد تنمو إلى مجموع خضري هوائي ينمو في اتجاه أفقي، إلا أنه في حالات قليلة قد ينمو في اتجاه رأسيا كما في "الكنّا" (شكل 19) والنجيل (شكل 20) و"الزنجبيل" (شكل 21). وقد تبقى البراعم الإبطية ساكنة تحت الأرض. أما براعمها القمية فتتنمو مع اقتراب موسم النمو الخضري.

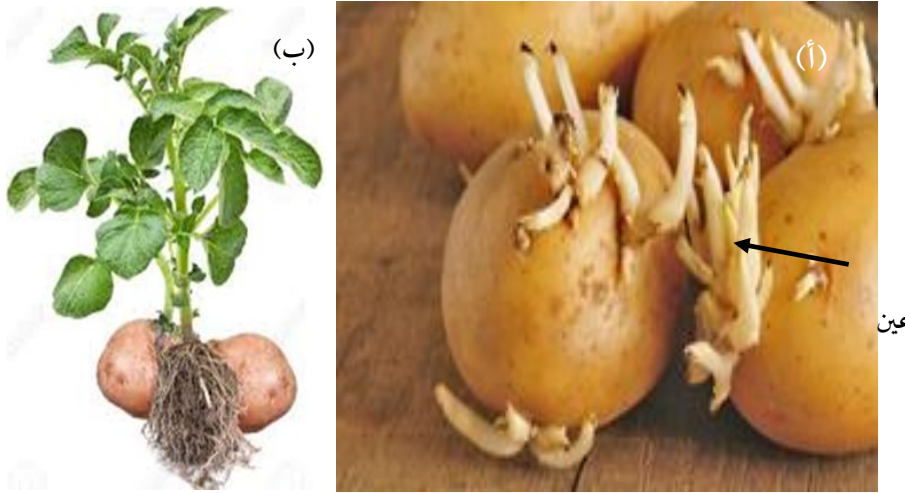
(ب) "الدرنات-Tubers": الدرنات هي النهايات المنتفخة للأفرع تحت الأرضية التي تنشأ من إبط الأوراق السفلية وتنمو أفقيا ثم تنتهي بانتفاخ عند قممتها. ويوجد على سطحها عدد من العيون أو البراعم التي تنمو إلى نباتات جديدة. تخلص الدرنات من الجذور العرضية التي تنشأ بكثرة على السيقان الأرضية الأخرى. وغالبا الدرنات كروية منتفخة؛ لأنها تحتوي على مواد غذائية مخزنة كما في "البطاطس" (شكل 22).

(ج) "الأبصال-Bulb": مجموع خضري تحت أرضي متحور، يتكون من ساق قصيرة محدبة أو مخروطية قليلا وبرعم طرفي وعدد من الأوراق الحرشفية (تمثل القواعد المتشحمة للأوراق الخضرية). وتسمى الأوراق الحرشفية بالحراشيف، وتنمو من السطح العلوي للساق أو حوله، بينما يخرج من قاعدة الساق عنقود من الجذور العرضية الليفية. والحراشيف نوعان: داخلية وخارجية.

والحراشيف الداخلية لحمية غضة، أما الحراشيف الخارجية فهي



شكل 21. ريزومة "الزنجبيل" موضحا عليها العقد والسلميات والبرعم القمى والبرعم الإبطي



شكل 22. (أ) درنة البطاطس، (ب) نبات البطاطس الكامل

جافة. وقد تحيط الحراشيف بالساق في حلقات متحدة المركز كما في "البصل و"الثوم" (شكل 23). وتخزن الأوراق المتشعبة الغذاء (السكر في البصل، والنشا في الأنبصال الأخرى)، بينما توفر الحراشيف الجافة الحماية. وتنمو الأنبصال في اتجاه رأسيا، أما البرعم الطرفي فقد ينشأ في أبط الأوراق الغضة. قد تتحول الأنبصال إلى مجموع خضري هوائي، ثم تكون أنبصال بنوية، أو قد

تبقى ساكنة. وفي الموسم التالي تنمو الأبصال البنوية إلى



شكل 23. الابصال. (أ) البصل؛ (ب) الثوم



شكل 24. الشكل الخارجي لكرمة. (أ) كرمة "أمورفوفللس"، (ب) كرمة "جلاديولس"، (ج) "القلقاس"



شكل 25. الفسيلة. (أ) النخيل، (ب) خس الماء، (ج) ياسنت الماء

مجموع خضري.

(د) "الكرمة-Corm": الكرمة صورة مضغوطة للريزومة، تتكون من ساق تحت أرضية غضة وصلبة وسميكة، تنمو في اتجاه رأسي، شكلها مستدير لحد ما، تحتوي مواد غذائية مخزنة بكثافة، تنمو لأحجام كبيرة-غالبا، تحمل برعم أو أكثر في أبط كل ورقة حشفية؛ ينمو بعضها إلى كرمات بنوية، ينشأ من قاعدتها جذور عرضية-عادة؛ كما تنشأ من الجوانب جذور عرضية-أحيانا، منها: "أمورفوفللس- *Amorphophallus*" و"الجلاديولس" و"القلقاس" (شكل 24).

2. 6. 5 سيقان محورة تحت هوائية

سيقان متحورة للتكاثر الخصري ومنها الأنواع التالية:

(أ) "مداد-Runner": فرع جاري اسطواناني ذو سلمييات طويلة أو قصيرة، يزحف على الأرض ويتجذر عند العقد. ينشأ المداد من برعم أبطي ويزحف مسافة ما بعيدا عن النبات الأم. ينشأ من النبات الأم العديد من المدادات التي تنتشر على الأرض في كل الاتجاهات. وقد تنفصل المدادات من النبات وتنمو كنبات بنوي مستقل كما في "الأوكسالس" (شكل 3أ).

(ب) "الرائد-Stolon": يشبه المداد في كونه فرع جانبي اسطواناني ينشأ من قاعدة الساق. لكنه ينمو - في بادئ الأمر-عموديا لأعلى مسافة ما، ثم ينحني على سطح الأرض، متجذرا عند القمة، ومعطيا برعم. ينمو البرعم سريعا إلى نبات بنوي. قد ينمو الرائد مرات متتابة بنفس الطريقة، معطيا جذور وبراعم. كذلك قد تنمو بعض هذه الرائدات معطية سلمييات قصيرة أو طويلة بعيدا عن

النبات الأم كما في "الفراولة" (شكل 3 ب).

(ت) "الفسيلة-Offset": يشبه المداد في كونه ينشأ من برعم إبطي كفرع أفقي قصير وسميك تقريبا. يستطيل إلى مدى معين فقط ويعطي عند قمته عنقود من الأوراق لأعلى وعنقود من الجذور الصغيرة لأسفل. غالبا، تنفصل من النبات الأم وتبدأ حياة جديدة مستقلة كما في النخيل (شكل 25أ)، و"خس الماء- Pistia" (شكل 25ب)، و"ياسنت الماء - Eichhornia" (شكل 25 ج)، والفسيلة أقصر وأغلظ من المداد، وينتشر بين النباتات الوردية الشكل.

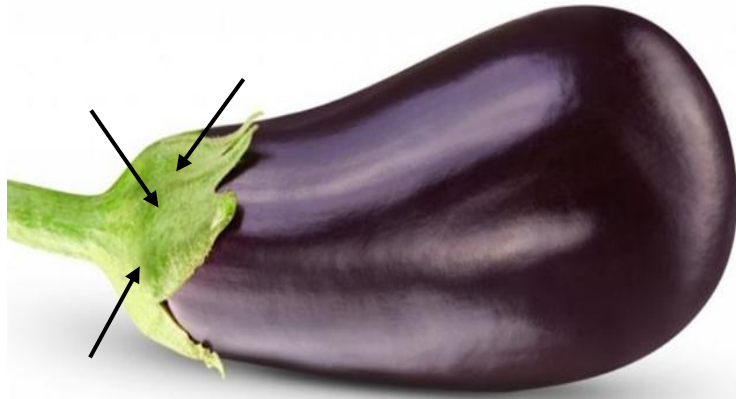
(ث) "الممص-Sucker": يشبه الرائد في كونه ينشأ من فرع جانبي، ينشأ عند العقدة من الجزء تحت الأرضي للساق، لكنه ينمو رأسيا لأعلى ويعطي مجموع خضري ورقي مباشرة، أو نبات جديد. أحيانا ينمو أفقيا في اتجاه الخارج لمدى معين، لكنه ينقلب لأعلى فورا كما في "الأراولا- Chrysanthemum" (شكل 3ج)، وقد يكون قصيرا وسميكا كما في الموز (شكل 26).

3. 6. 5 سيقان "متحورة هوائية-Aerial Modifications"

سيقان تنشأ من البراعم الخضرية والزهرية الهوائية لتؤدي وظائف محددة غير وظائفها الطبيعية. فالتطبيعي أن تنمو هذه البراعم إلى أفرع أو أزهار، إلا أنها تتحول إلى محاليق للتسلق أو أشواك للحماية أو بصيلة للتكاثر الخضريا وتصبح ورقية لتخليق المواد الكربوهيدراتية.



شكل 26 . الممص في نبات الموز



شكل 27. يبين ثمرة الباذنجان. تشير الأسهم البيضاء إلى مواقع الأشواك على الكأس

(أ) "الساق المحلاقية-Stem tendril": المحلاق فرع ملولب مغزليا خال من الأوراق سلكي الشكل رفيع، يتسلق به النبات على ما يجاوره من أشياء كما في "العنب" (شكل 7أ). في "زهرة الآلام" وفي "العنب" يتحول البرعم الإبطي إلى محلاق، أما في "كرمة المنطاد" فيتطور البرعم الزهري إلى محلاق.

(ب) "مسلة-Thorn": فرع متحور صلب، غالبا مستقيم ومدبب، ينشأ

من برعم أبطي كما في "الليمون" و"الديورنتا" و"الرمان"، وينشأ من البرعم طرفي كما في "الكارسا-Carissa". وأحيانا قد تحمل المسلات أوراق أو أزهار أو ثمار كما في "الديورنتا" و"المشمش"، ونادرا ما تكون متفرعة كما في "Flacourtia".

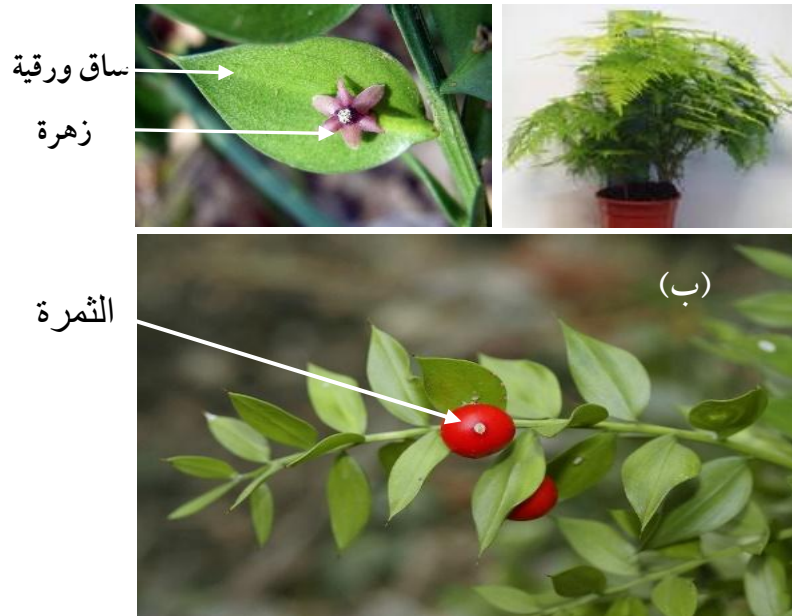
ما الفرق بين المسلة والشوكة؟ كلاهما أعضاء دفاع أساسية وكلاهما حاد ومدبب، يعملان كأعضاء تسلق - أحيانا. يختلفان ظاهريا في التالي: المسلة - غالبا - برعم إبطي متحور، إلا أنها قد تنشأ - أحيانا - من برعم طرفي متحور كما في "كارسا"؛ وقد تحمل أوراق وأزهار وثمار وقد تتفرع أيضا. أما الشوكة فهي مجرد نمو خارجي لا يحمل أوراق على الإطلاق ولا أزهار ولا ثمار وغير متفرعة. من ناحية الموقع تشاهد المسلة إما قميا أو جانبيا. أما الشوكة فتوزيعة غير منتظم؛ أي توجد على أي جزء من الساق أو الفرع أو الورقة أو الزهرة (على كأس الباذنجان، شكل 27). إضافة إلى ذلك قاعدة المسلة غائرة، أما الشوكة فهي سطحية.

(ت) **ساق متحورة إلى "ورقة-Phylloclade"**: الساق الورقية فرع غير محدود النمو أو ساق خضراء منبسطة أو اسطوانية، تتكون من سلميات وعقد متتابة على مسافات قصيرة أو طويلة. تنتشر بكثرة في النباتات الصحراوية؛ حيث تنمو الأوراق ضعيفة أو تسقط مبكرا أو تتحور إلى أشواك لاختزال السطح الناتج. تقوم مقام الورقة كما في "الكازورينا" (شكل 28أ) أو تعمل كنسيج مخزن يحتفظ بكميات كبيرة من الماء والمواد المخاطية كما في الصبار (شكل 28ب).

(ث) "الساق الورقية-Cladode": تنشأ الساق الورقية كفرع قصير أو أكثر محدود النمو في إبط ورقة حرشفية تنشأ عند عقدة على



شكل 28. بعض النباتات التي تحولت سيقانها إلى أوراق. (أ) نبات "الكازورينا"، (ب) نبات "الصبار" (أ)



شكل 29. بعض النباتات التي تحتوي سيقان ورقية. (أ) نبات "الأسبرجس"، (ب) نبات "السفندر" (ب)

الساق أو الفرع، يتميز بلونه الأخضر وشكله الاسطواناني أو المنبسط كما في "الأسبرجس" (شكل 29أ). وقد تتكون

الساق الورقية من سلمييات كما في نبات "السفندر- *Ruscus* *aculeatus*" (شكل 29ب). وتحمل الساق الورقية "بالسفندر". أزهار مذكرة أو مؤنثة، تخرج من إبط أوراق حشفية، تقع في منتصفها؛ وتعطي الزهرة المؤنثة ثمرة لبية كبيرة لونها أحمر.

(ج) "البصلة-Bulbil": جسم متعدد الخلايا ضروري لتكاثر النبات، قد ينشأ من تحول برعم خضري أو برعم زهري ينفصل من النبات الأم وينمو إلى نبات مستقل كما في "البصل" والثوم (شكل 23).

7. 5. التفرع

يقصد بالتفرع طريقة ترتيب الأفرع على الساق. والتفرع نوعان رئيسان: جانبي و ثنائي التفرع.

1. 7. 5. "التفرع الجانبي-Lateral Branching"

عندما تنشأ الفروع من جوانب الساق الرئيسة، يعرف هذا التفرع بالتفرع الجانبي. قد يكون التفرع الجانبي غير "محدود-Racemose" أو أحادي المحور وقد يكون "محدود المحور-Cymose".

1. 1. 7. 5. التفرع الجانبي غير محدود المحور

في التفرع الجانبي غير محدود المحور يستمر نمو الفرع الرئيس عن طريق البرعم الطرفي ويعطي أفرع جانبية في تعاقب قمي اصغرها عمرا لأعلى واطولها عمرا لاسفل كما في "الكازورينا" (شكل 28أ) و"الصنوبر"... الخ. ويكون شكل النباتات ذوات النمو غير المحدود مخروطي أو هرمي.

2. 1. 7. 5. التفرع الجانبي محدود المحور

في التفرع الجانبي محدود المحور يكون نمو المحور الرئيس محدود. ففي هذا التفرع يتوقف البرعم القمي عن النمو وتخرج الأفرع الجانبية من البراعم الاباطية وقد تتكرر هذه العملية مرات عديدة. وتأخذ النباتات ذات التفرع الجانبي محدود المحور شكل القبة. وللتفرع الجانبي محدود المحور الاشكال التالية:

(أ) **"وحيد الشعبة-Uniparous Cyme"**: يعتبر النبات وحيد الشعبة إذا أعطي فرع جانبي واحد كل مرة، وقد يعرف أيضا بالتفرع "كاذب المحور-Sympodial"؛ حيث انه يتكون من مجموعة متعاقبة من المحاور البنوية (محاور كاذبة) المندمجة مع بعضها. وقد يكون التفرع وحيد الشعبة "قوقعي-Helicoïd". وينشأ هذا القوقعي من نمو الأفرع الجانبية المتعاقبة في ناحية واحدة مكونة ما يشبه القوقع كما في "الياسمين" (شكل 29أ). وقد يكون "عقربي-Scorpioid". وفي التفرع العقربي تنشأ الأفرع الجانبية على الجانبين بالتبادل، مكونة شكل زجاجي كما في "العنب-Vitis vinifera" (شكل 7 أ) و "البطيخ" (شكل 29ب). وفي هذا النوع من التفرع يتكون المحور الكاذب من تعاقب المحاور الجانبية.

(ب) **"ثنائي الشعبة-Biparous"**: في هذا التفرع ينشأ الفرعان الجانبيان في نفس الوقت وعند نفس العقدة كما في "الدبق-Mistletoe" (شكل 12ج) و"كارسا" (شكل 30ج).

(ت) **"عديد الشعب-Multiparous"**: في هذا النوع من التفرع ينشأ أكثر من فرعين في نفس الوقت وعند نفس العقدة كما في بعض أنواع "اللبينية" (شكل 31أ) و"الكسكارلا-Croton sparsiflorus"

(شكل 31ب)



شكل 30. أنواع التفرع. (أ) تفرع محدود وحيد الشعبة قوقي، (ب) تفرع محدود وحيد الشعبة عقربي، (ج) تفرع محدود ثنائي الشعبة



شكل 31. التفرع المحدود عديد الشعب. (أ) اللبينية، (ب) "الكسكارلا -

"*Croton sparsiflorus*"



شكل 32. التفرع ثنائي الشعبة. (أ) "رجل الذنب"، (ب) الدوم، (ج) البانداس

5. 7. 2 التفرع ثنائي الشعبة

يعرف التفرع بالتفرع ثنائي الشعبة عندما يتفرع البرعم الطرفي إلى شعبتين معطيا فرعان كالشوكة. ويسود هذا النوع من التفرع بين النباتات اللازهرية، مثل: "الريشيا" و"المركنتيا" و"رجل الذئب-*Lycopodium phlegmaria*" (شكل 32). كما أن هناك بعض النباتات الزهرية التي تتفرع تفرع ثنائي الشعبة، مثل: نبات "الدوم-*Hyphaene*" و"الباندانس-*Pandanus*" (شكل 32).

8. 5 وظائف الساق

ينشأ الساق من الريشة التي تتحول إلى المجموع الخضري. والساق يمثل الجزء الرئيس بالمجموع الخضري، ويقع عادة فوق سطح التربة، وقد يكون تحت أرضي كما أسلفنا سابقا. ويحمل الساق الهوائي أو فوق الأرضي الأوراق والبراعم والأزهار والثمار وضعا إياها في موضعها الملائم مما يمكنهما من أداء وظائفها. فتقوم الأوراق بعمليتي النتح والتمثيل الضوئي، وتجذب الأزهار الحشرات التي تمكنها من التلقيح والإخصاب. كما يقوم الساق بتوصيل الغذاء غير المجهز من الجذور إلى الأوراق والبراعم والأزهار والثمار. كذلك، يقوم بتوصيل الغذاء المجهز من الأوراق إلى أجزاء النبات. كذلك يقوم الساق بتخزين الماء والغذاء.

المراجع

Brand U, Hobe M, Simon R. 2001. "Functional domains in plant shoot meristems". BioEssays 23: 134–41

Harold CB, Alexopoulos CJ, Delevoryas T. 1987. Morphology of Plants and Fungi, 5th ed., page 3. (New York: Harper-

Collins)

Jeune B, Barabé D, Lacroix C. 2006. "Classical and dynamic morphology: Toward a synthesis through the space of forms". *Acta Biotheoretica*. 54: 277–293

Kirchoff BK, Pfeifer E, Rutishauser R. 2008. "Plant structure ontology: How should we label plant structures with doubtful or mixed identities?". *Zootaxa* 1950: 103–122

Minelli A. 2018. *Plant Evolutionary Developmental Biology. The Evaluability of the Phenotype*. New York: Cambridge University Press

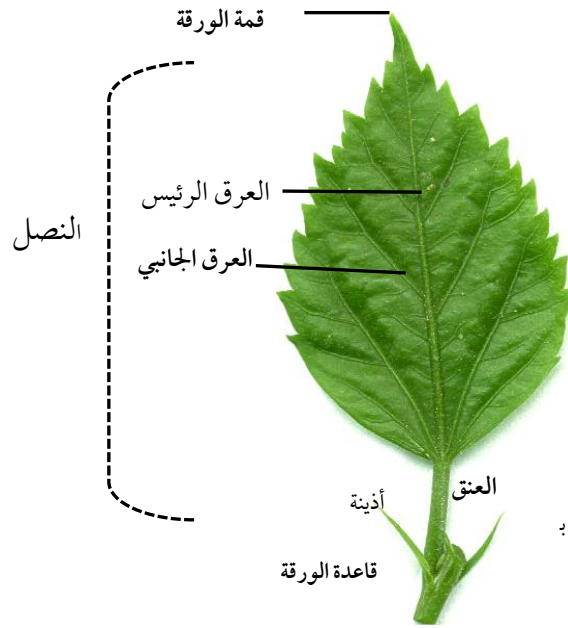
Raven PH, Evert RF, Eichhorn SE. 2005. *Biology of Plants*, 7th ed., page 9. (New York: W. H. Freeman)

Sattler R. 2018. "Philosophy of plant morphology". *Elemente der Naturwissenschaft* 108: 55–79

الفصل السادس: الأوراق

1. 6 ما هية الورقة

الورقة نمو جانبي منبسط، ينشأ من الساق أو الفرع عند العقدة، ويحمل في إبطه برعم. تنشأ خارجياً؛ أي من أنسجة سطحية. وتنمو الأوراق على الساق في "تعاقب قمّي-Acropetal"، أي الأوراق



شكل 1. أجزاء الورقة



شكل 2. أشكال قواعد الأوراق. (أ) قاعدة غمدية، (ب) قاعدة مؤذنة، (ج) قاعدة منتفخة أو وثارة

الكبيرة تكون في أسفل الساق، والصغيرة في أعلاه. يعتبر البعض من المهتمين بدراسة النبات أن الورقة ساق أو فرع جزئي ذو نمو محدود. وللورقة أهمية كبيرة للنبات، قد تفوق أهمية أي عضوا آخر، ففيها المادة الخضراء التي تقوم بتحويل الطاقة الضوئية (طاقة الشمس) إلى طاقة كيميائية ممثلة في السكريات.

2. 6 أجزاء الورقة

تتكون الورقة النموذجية من قاعدة الورقة والعنق والنصل (شكل 1). سنتناول تلك الأجزاء بالشرح والتفصيل يلي:

1. 2. 6 "قاعدة الورقة-Leaf base"

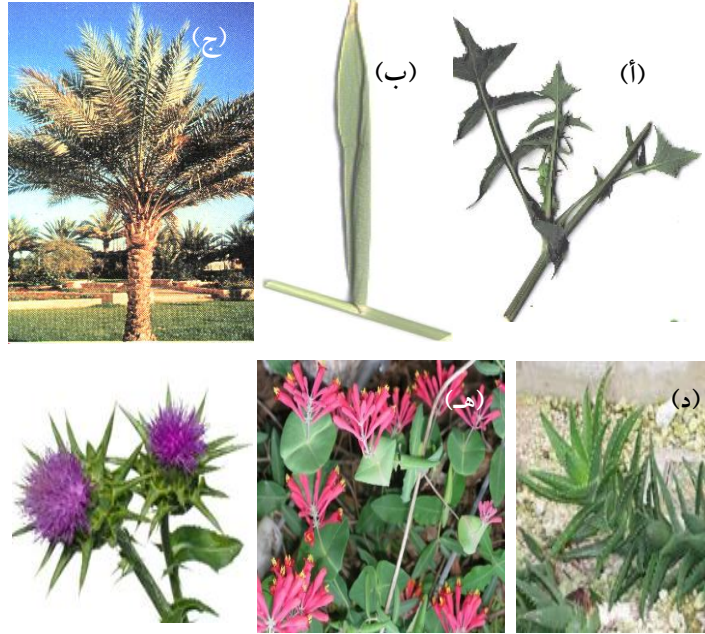
قاعدة الورقة هي جزء الورقة المتصل بالساق. في ذوات الفلقة الواحدة تتمدد قاعدة الورقة مكونة غمد يحيط بالساق جزئياً أو كلياً (شكل 2أ)، بينما في ذوات الفلقتين تحمل قاعدة الورقة نمويين جانبيين، يسميان "أذيان-Stipules" (شكل 2ب). في الفصيلة القرنية وبعض النباتات الأخرى تنتفخ قاعدة الورقة، ويعرف هذا الانتفاخ "بالوثة-Pulvinus" (شكل 2ج).

2. 2. 6 "العنق-Petiole"

العنق هو سويقة الورقة التي تحملها للخارج معرضة إياها لضوء الشمس. ولأعناق الأوراق الطويلة دورا مهم في تمكين الأوراق من الحصول على كمية وفيرة من الطاقة. وتعرف الأوراق التي ليس لها عنق بالأوراق الجالسة، أما الأوراق ذوات الأعناق فتعرف



شكل 3. أنواع أعناق الأوراق. (أ) عنق بصلي الشكل كما في نبات "ورد النيل"، (ج) عنق مجنح كما في نبات "اللارنج"، (ج) عنق محور إلى عنيق ورقي كما في "السنت الأسترالي"، (د) عنق محلاقي كما في "كلاماتس"، (هـ) عنق متفرع كما في "سملكس"



شكل 4. طرائق التصاق الأوراق على الساق. (أ) ورقة مؤذنة كما في "الجعضيض"، (ب) ورقة معانقة كما في "البوص"، (ج) ورقة شبه معانقة كما في "النخلات"، (د) ورقة مسوقة كما في "الصبار"، (هـ) أوراق ملتحمة كما في "العراتلي العطر"، (و) ورقة مقنفة كما في "الشوك العربي"

بالأوراق "المعانقة-Petiolate". عادة العنق اسطواناني مستدق

الجانبين أو أخدودي، إلا أنه قد يكون غير ذلك في العديد من النباتات. ففي "ورد النيل-*Water hyacinth*" ينتفخ العنق مكونا بصلة أسفنجية (شكل 3أ)، تعرف بالبصيلة الكاذبة. وتحتوي البصيلة الكاذبة على غرف هوائية لا نهائية تمكن النبات من الطفو على سطح الماء. في الموالح، مثل: البرتقال والبابلي والارنج يكون عنق الورقة مجنحا (شكل 3ب). أما في "السنت الأسترالي-*Australian Acacia*" فيتحول عنق ومحور الورقة إلى نصل منجلي الشكل منبسط يعرف "بالعنيق الورقي-*Phyllode*" (شكل 3ج). وفي نبات "الكلاماتس-*Clematis*" فالعنق محلاقي الشكل (شكل 3د). وفي نبات "سملكس-*Smilax*" (شكل 3هـ) ينشأ محلاقان ملولبان بقوة على جانبي سويقة الورقة مكونان ما يعرف "بالعنق المتفرع-*Chorisis*".

3. 2. 6. نصل الورقة

النصل جزء الورقة المفلطح ذو اللون الأخضر. يشق النصل من قمته إلى قاعدتها عرق يعرف "بالعرق الوسطي-*Midrib*"، يخرج منه "عروق-*Veins*" جانبية رفيعة يقل سمكها كلما ابتعدت عن العرق الوسطي حتى تستدق تماما ويتضائل سمكها تعرف نهاياته الطرفية "بالعريقات-*Veinlets*". واهمية النصل للورقة تفوق أهمية أي جزء آخر من الورقة فهو المكان الذي يخلق فيه المواد الغذائية التي يحتاجها النبات. وإذا نظرنا إلى تركيبه الخارجي وتركيبه الداخلي لأدركنا من الوهلة الأولى أنه خلق لأداء التمثيل الضوئي والوظائف الأخرى، ولسجدنا مسبحين للذي خلق

فسوى والذي قدر فهدى، الله تجلى في علاه.

عندما تحيط قاعدة الورقة بالساق جزئياً تعرف حينئذ الورقة بالورقة "المؤذنة-Auriculate"، كما في "الجعريض" (شكل 4أ)، بينما عندما تحيط به كلياً تعرف بالورقة "المعانقة-Amplexicaul" كما في النجليات (شكل 4ب)، وعندما تحتضن قاعد الورقة الساق بصورة غير كاملة، تسمى شبه معانقة (Semi-amplexicaul) كما في "النخليات" (شكل 4ج)، وعندما يلتقي فصّي القاعدة عبر الساق ويندمجان معاً، تعرف الورقة بالورقة "المسوقة-Perfoliate" كما في "الصبار المسوق-Aleo perfoliate" (شكل 4د)، وعندما تلتقي ورقتان جالستان مع بعضهما عبر الساق ويندمجان معاً يقال لهما "ملتحمتان-Connate" كما في "العراتلي العطر-Lonicera simpervirens" (شكل 4هـ). في بعض النباتات الشوكية، مثل "الشوك العربي" تشكل كل من قاعدة الورقة والعنق جناح يمتد لأسفل الساق يصبح على أثرها مجنحاً، وتعرف الورقة من هذا النوع "بالورقة القنفاء-Decurrent" (شكل 4و).

3. 6 أنواع الأوراق

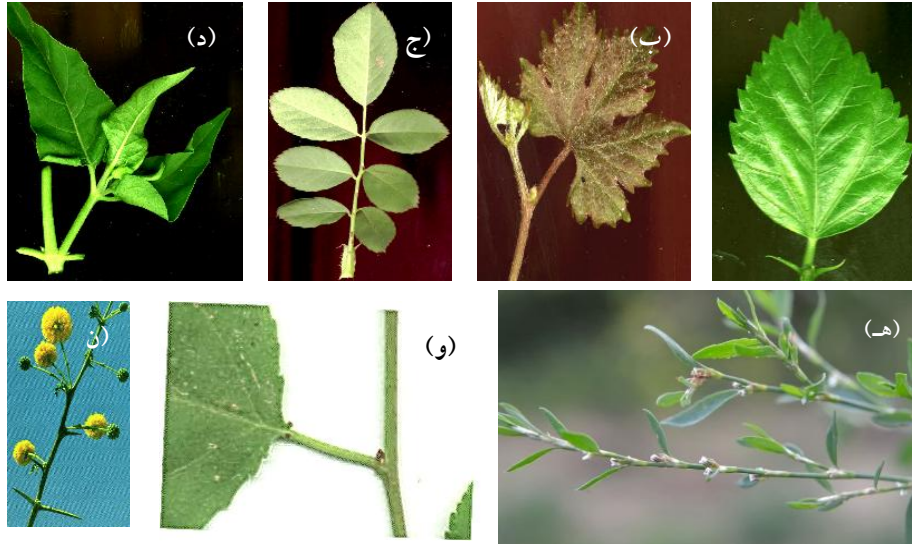
"أوراق النبتة-Foliage leaves": أوراق خضراء مستوية تنشأ عند العقد.

"الأوراق الفلقية-Cotyledons or Seed leaves": أوراق تتصل بمحور الجنين وتتحول مع نمو البذرة إلى اللون الأخضر وتأخذ شكل ورقي.

"الأوراق الحرشفية-Cataphylls or Scale leaves": أوراق مختزلة غير معنقة بنية اللون غالبا، منها حراشيف البرعم والحراشيف التي تنشأ على الريزومة وعلى الأجزاء الأخرى من النبات.



شكل 5. الأوراق البوغية في "السرخسيات"



شكل 6. أنواع الأذونات. (أ) أذونات جانبية حرة كما في "الخطمية"، (ب) أذونات حرشفية كما في "العنب"، (ج) أذونات ملتحمة كما في "الورد"، (د) أذونات بين عنقية كما في "الأكزورا"، (هـ) أذونات الأكرة كما في "البروق"، (و) حراشيف البراعم كما في "التوت"، (ن) أذونات شوكية كما في "السنت"

"الأوراق القنابية-Hypophylls or bract leaves": أوراق خاصة تنشأ عند قاعدة النورة أو الزهرة المفردة أو الزهيرات، وتعرف بالقنابات والقنبيات. وعندما تنشأ على ساق البادرة تعرف "بالورقة الأولية-Prophylls".

"لسين-Ligule": نمو حرشفي، دقيق ينشأ عند النهاية العليا لغمد الورقة كما في "النجليات" ويندر وجوده في ذوات الفلقتين.

"الأوراق الزهرية-Floral leaves": وهي أعضاء الزهرة التي تشكل المحيطين غير الأساسيين أو المساعدين (الكأس والتويج) والمحيطين الأساسيين (الطلع والمتاع).

"الأوراق البوغية-Sporophylls leaves": أوراق تحمل الجراثيم المسؤولة عن التكاثر الجنسي في النباتات. وقد تكون أوراق خضرية عادية كما في "السرخسيات" (شكل 5) أو أوراق محورة تنفصل إلى أجزاء جنسية كما في "ليكوبديم" أو إلى أزهار كما في "كاسيات البذور". وتعتبر الأسدية والكرابل الأوراق البوغية في كل من عاريات و كاسيات البذور.

6. 4 "الأذانات-Stipules"

الأذانات زوائد جانبية تنشأ عند قاعدة الورقة، وظيفتها حماية الأوراق الصغيرة في البرعم، قد تقوم بعملية البناء الضوئي مثلها مثل الأوراق تماما إذا كانت خضراء اللون.

تنتشر الأذانات بكثرة في ذوات الفلقتين، وتندر جدا في ذوات الفلقة الواحدة، ولا تقوم في كثير من الأحيان بأي دور وظيفي.

قد تسقط مبكرا كما في "جنس التفاح-*Malus*", و قد تبقى طيلة المرحلة الإعاشية للنبات ولكنها لاتؤدي وظيفة حيوية تذكر كما في جنس "الورد-*Rosa*" حيث تساهم في الاصطناع الضوئي بشكل ضعيف جدا، وقد تنمو بسرعة في البقوليات وتأخذ شكلا ورقيا، وقد تلعب دورا واضحا في عملية البناء الضوئي كما في نبات "الببيقية-*Lathyrus aphaca*", وقد تلتحم الأذنتان مع بعضهما وتشكلان عضوا خاصا ذو وظيفة دفاعية يدعى "الأكرة-*Ocrea*" كما في الفصيلة "العقدية-*Polygonaceae*" و"الحماض المعروف-*Rumex acetosa*" وغيرهما. وتشكل الأذنتان في "السنديان الوبري-*Quercus pubescens*" و"الكستناء الزراعية-*Castanea sativa*" غطاء واقيا يحمي الورقة الفتية منذ بداية تمايزها وحتى اكتمال نموها ثم يسقط بعد ذلك. وأخيرا قد لا توجد الأذنتان على الإطلاق في بعض الفصائل الكبرى كالصليبية-*Cruciferae* و"الفاغرة-*Lamiaceae*" و"النجمية-*Asteraceae*" وغيرهما.

أنواع الأذنتان

بناء على الشكل والموقع واللون والحجم تقسم الأذنتان إلى الأنواع الآتية:

"الأذنتان الجانبية الحرة-*Free Lateral Stipules*" (شكل 6أ)، وهي أذنتان حرة صغيرة . عادة لونها أخضر، تنشأ على جانبي قاعدة الورقة كما في "القطن" و"الورد الصيني"، و"الخطمية"..... الخ.

"الأذنتان الحرفية-*Scaly Stipules*" (شكل 6ب)، وهي حراشيف صغيرة جافة عددها عادة اثنان، تنشأ على جانبي قاعدة الورقة كما

في "الكرمة الخمرية- *Vitis vinifera*".

"الآذونات الملتحمة- **Adnate Stipules**" (شكل 6ج)، وهي آذونات جانبية تنمو على امتداد العنق إلى ارتفاع معين وتلتصق به وتجعله يشبه الجناح في المظهر كما في "الورد" و"الفرولة" و"القول السوداني"..... الخ.

"الآذونات بين عنقية- **Interpetiolar Stipules**" (شكل 6د)، وهي آذان تقع بين أعناق الأوراق المتقابلة أو السوارية كما في "الأكزورا- *Ixora*" و"الجارديا". والآذان موقعهما أبطي؛ أي بين العنق والساق؛ لهذا يعرفا بالآذونات بين عنقية.

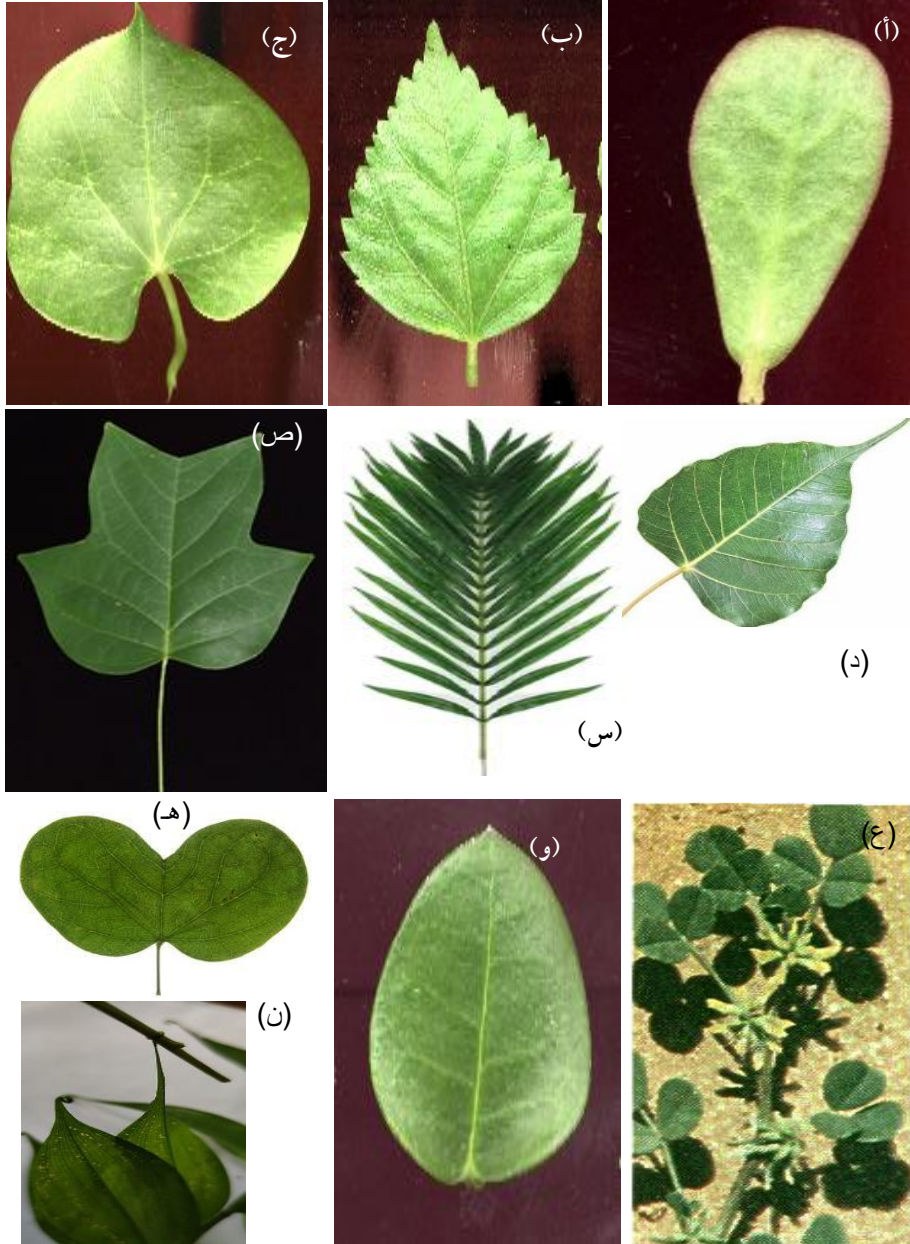
"الآذونات الأكرة- **Ochreate Stipules**" (شكل 6هـ). إنها تكون أنبوبة مجوفة تحيط بالساق من العقدة حتى ارتفاع معين من السلمية في مقدم العنق كما في نبات "البروق- *Polygonum palaestinum*"

"الآذونات الورقية- **Foliaceous Stipules**" (الفصل الثالث، شكل 12أ)، إنها تراكيب ورقية خضراء كبيرة كما في "البسلة"، و"الجلبان".

"حراشيف البرعم- **Bud-scales**" (شكل 6و)، وهي آذونات حرشفية تغلف وتحمي البراعم الخضرية، وتسقط بمجرد أن تترعرع الورقة كما في "التين البنغالي"، و"التوت".

"آذونات شوكية- **Spinous Stipules**" (شكل 6ن). في بعض النباتات، مثل شجرة الصمغ العربي "السنط"، و"الست المستحية"، و"السدر- *Ziziphus nummularia*"، تتحول الآذونات إلى تراكيب حادة مدببة تعرف بالأشواك، تنشأ على جانبي قاعدة الورقة. وتقوم الأشواك

بحماية الورقة من الحيوانات أكلة الأعشاب. من الجدير بالذكر، أن الأنواع الثلاث الأخيرة من أَلآذَنَات أنواع متحورة.



شكل 7. أشكال قمة الورقة. (أ) مستديرة، (ب) مدببة، (ج) مستدقة، (د) مذبذبة (س) شوكية، (ص) مستقيمة، (ع) غائرة، (هـ) منخفضة، (و) حلمية، (ن) محلاقية

5. 6 نصل الورقة البسيطة

1. 5. 6 "قمة الورقة - Apex of the leaf"

"مستديرة-Obtuse": أي مقوسة كما في "الرجلة" و"التين البنغالي" و"النبق" (شكل 7أ).

"حادة مدببة-Acute": قمة مدببة، غير صلبة، على شكل الزاوية الحادة، لا يوجد تقعر على جانبي قاعدتها كما في "الخطمية" و"الملوخية" و"الديورنتا" (شكل 7ب).

"مستدقة-Acuminate": قمة مدببة وممتدة نوعاً ما، يتقعر حافة النصل قليلاً خلفها كما في "السرسوع"، و"ست الحسن" (شكل 7ج).

"مذنبة-Caudate": قمة متطاولة على هيئة ذيل أسطواني طويل كما في نبات "الفيكس-Ficus religiosa".

"شوكية-Cuspidate or Aristate": قمة تنتهي بطرف حاد صلب طويل شوكي كما في "البلح" (شكل 7س).

"غائرة-Retuse": قمة مستديرة أو بتراء بها انخفاض ضئيل كما في نبات "البرسيم المصري" (شكل 7ع).

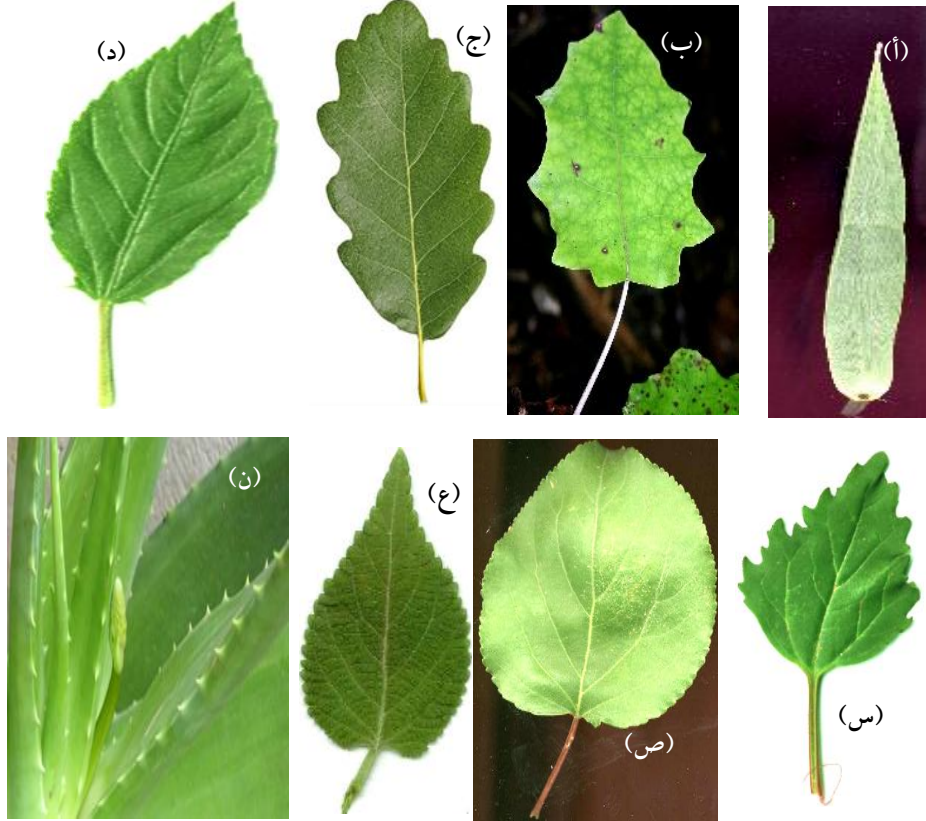
"مستقيمة أو بتراء-Truncate": قمة نهايتها مستقيمة وعمودية على العرق الوسطي كما لو كانت مقطوعة بخط مستقيم كما في أوراق نبات "زهرة الدم-Asclepias".

"منخفضة-Emarginate": قمة بها انخفاض عريض وعميق كما في ورقة نبات "خف الجمل".

"حلمية-Mucronate": قمة يبرز فيها طرف العرق الوسطي قليلاً، فينتهي طرف الورقة بقمة مدببة كما في "البرسيم الحجازي".

و"الحلبة" و"كارسا" (شكل 7و)

"محلاقية-Cirrrose": قمة تنتهي بمحلاق كما في"السوسن المتألق-Glory Lily"، أو زائدة اسطوانية تشبه الخيط الملولب كما في "الموز" (شكل 7ن).



شكل 8. أشكال حافة الورقة. (أ) كاملة، (ب) متموجة الحاشية، (ج) حافة ذات تجاويف غائرة غيرمنتظمة العمق و الحجم، (د) منشارية، (س) منشارية متضاعفة، (ص) مسننة، (ع) معرجة، (ن)شوكية كما في "Aloe vera"

2. 5. 6 حافة الورقة

لحافة الورقة الاشكال المتعددة التالية:

"كاملة-Entire" كما في "الكينا" و"البرتقال" و"البوص و نخل البلح" (شكل 8أ).

"متموجة الحاشية قليلا-Repand" كما في "المانجو"(شكل 8ب).

"متموجة-Sinuate" حافتها ذات تجاويف غائرة غير منتظمة العمق والحجم كما في "البلوط"(شكل 8ج).

"منشارية-Serrate" بها أسنان تتجه أسنانها لأعلى كأسنان المنشار كما في "الملوخية" (شكل 8د).

"منشارية متضاعفة-Biserrate" تحمل كل سنة أسنان أخرى كما في "عرف الديك"(شكل 8س).

"مسنة-Dentate" تتجه أسنانها لأعلى في وضع عمودي على حافة الورقة كما في "المشمش" (شكل 8ص).

"معرجة-Crenate" نتوءات حافتها صغيرة على شكل أنصاف دوائر بينها تجاويف غائرة كما في "التوت" و"اللنتانا" (شكل 8ع).

"شوكية-Spinous" كما في "*Aloe vera*" (شكل 8ن).

3. 5. 6 سطح الورقة

يعرف سطح الورقة بالسطح: (1) "الأملس-Glabrous" إذا كان سطح الورقة أملس خالي من الوبر أو أي زوائد أخرى، (2) "الخشن-Rough" إذا كان سطح الورقة خشن لحد ما، (3) "اللزج-Glutinous" إذا غطى سطح الورقة نضج لزج كما في "التبغ"، (4) "الشوكي-Spiny" إذا خرج من سطح الورقة أشواك و (6) "الوبري-Hairy" إذا غطي سطح الورقة وبر كثيف أو متناثر. وقد يكون السطح الوبري: (أ) "زغب-Pubescent" إذا غطي سطح الورقة شعر قصير ناعم مستقيم، (ب) "أشعر-Pilose" إذا غطى سطح الورقة طبقة

رقيقة من شعر طويل ناعم، (ج) "زغبى-Villose" إذا غطى سطح الورقة طبقة سميكة من شعر طويل ناعم، (د) "كث الزغب-Tomentose" إذا غطى سطح الورقة طبقة كثيفة من شعر متشابك لحد ما طويل ناعم يشبه القطن، (هـ) "مخل-Floccose" إذا كان سطح الورقة قطني ذو خصل من الشعر سهلة الإزالة، (و) "شوكي-Hispid" إذا كان سطح الورقة مرصع بشعر قاسي، (ن) "أهلب-Hirsute" إذا غطى سطح الورقة شعر طويل خشن صلب.

6. 6 شكل الورقة البسيطة

"أبري-Acicular" إذا كانت الورقة إبرية الشكل كما في "الصنوبر" أو أنبوية الشكل ضيقة كما في "البصل" (شكل 9أ).

"شريطية-Linear" إذا كان نصل الورقة طويل وضيق ومستوي، طوله عدة أمثال عرضه كما في العديد من النجيليات (شكل 9ب).

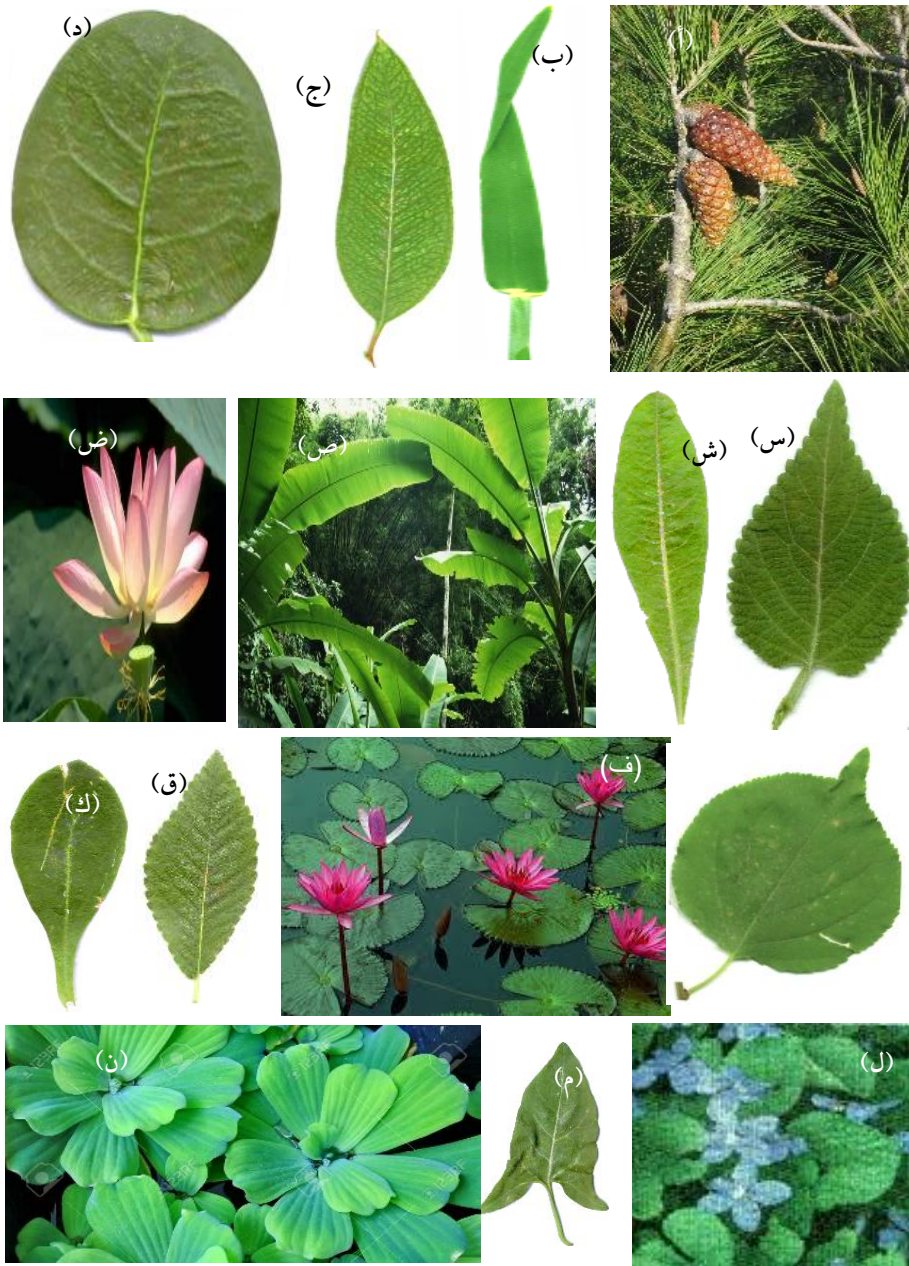
"رمحي-Lanceolate" إذا كان شكل النصل يشبه الرمح كما في "الكينا أو الكافور" (شكل 9ج).

"إهليجي" إذا كان شكل النصل يشبه شكل الإهليج لحد ما كما في "كارسا" (شكل 9د) و"الفنكا" و"الجوافة".

"بيضوي-Ovate" إذا كان النصل يشبه في شكله القطاع الطولي لبيضة الدجاجة وطوله حوالي مرة ونصف مثل عرضه وحافته مقوستان ويتصل عنقه بطرفه العريض كما في "التين البنغالي" و"الدورانتا" ولنتانا" (شكل 9س).

"بيضي مقلوب-Obovate" إذا كان النصل يشبه شكل البيضة

المقلوبة كما في "الترميناليا-Terminalia" (شكل 9ش).



شكل 9. أشكال النصل المختلفة. (أ) أبري، (ب) شريطي، (ج) رمحي، (د) إهليجي، (هـ) بيضوي، (و) بيضوي مقلوب، (ز) مستطيل، (ح) مستدير، (ط) قلبي، (ق) كلوي، (ك) مائل، (ل) ملعقي، (م) سهمي، (ن) مراقي، (ن) وتدي

"مستطيل-Oblong"، إذا كان نصل الورقة عريض و طويل وذو حافتان متوازيتان كما في "الموز" (شكل 9ص).

"مستدير-Rotund or orbicular"، إذا كان النصل دائري كما في
كما في البلارجونيم و "اللوتس" (شكل 9ض).

"قلبي-Cordate"، إذا كان نصل الورقة يشبه القلب؛ أي طوله أكبر
من عرضه ذو فصين مستديرين كما في "المشمش"، و"البطاطا"
(شكل 9ع).

"كلوي-Reniform"، إذا كان النصل يشبه الكلية كما في "خف
الجمال"، و"البشنيين" (شكل 9ف).

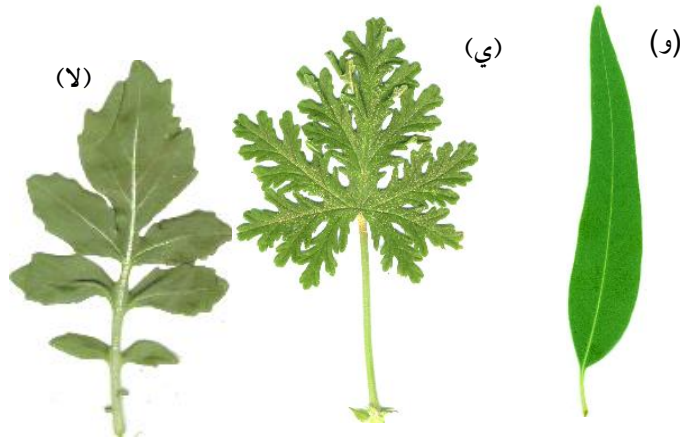
"مائل-Oblique"، إذا كان نصفي النصل غير متساويين كما في
"البجونيا" (شكل 9ق)، و وريقات بعض الأوراق المركبة.

"ملعقي-Spathulate"، إذا كان النصل يشبه الملاعقة؛ أي عريض
ومستدير لحدما عند القمة وضيق عند القاعدة كما في "الرجلة"
(شكل 9ك).

"سهمي-Sagitate"، إذا كان النصل يشبه رأس السهم، وقاعدته
ممتدة في شكل فصين، يكون كل منهما زاوية حادة مع عنق
الورقة كما في نبات "القطبة- *Sagittaria sagittifolia*" (شكل 9ل).

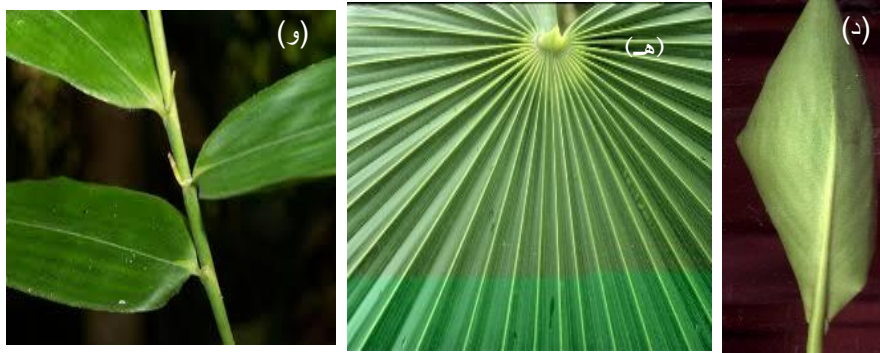
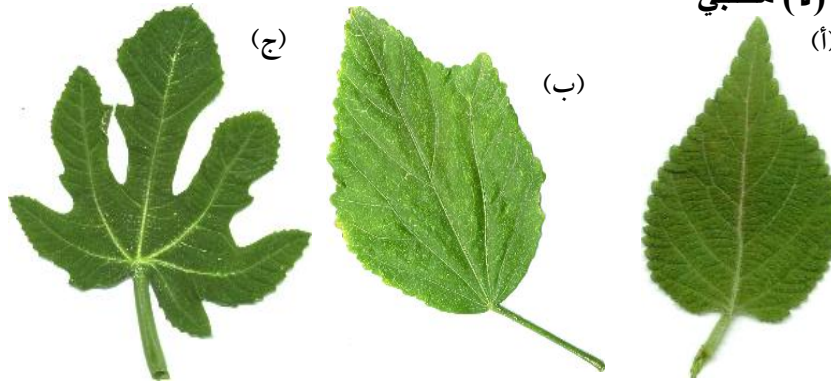
"مزراقي-Hastate"، إذا كان النصل يشبه رأس السهم، غير أن
فصي القاعدة منفرجان أفقيا ومتجهان إلى الخارج كما في أوراق
نبات "العليق" (شكل 9م).

"وتدي-Cuneate"، إذا كان النصل يشبه الوتد، كما في "خس الماء
أو ياسنت الماء- *Pistia*" (شكل 9ن). "منجلي- *Falcate*"، إذا كان
النصل يشبه المنجل كما في "البمبو"، وبعض أنواع "الكينا" (شكل



شكل 10. تابع أشكال النصل المختلفة. (و) منجلي، (ي) قيثاري،

(لا) مخلي



شكل 11. أنواع التعرق. (أ) تعرق شبكي ريشي، (ب) تعرق شبكي راحي متقارب، (ج) تعرق شبكي راحي منفرج، (د) تعرق متوازي ريشي، (هـ) تعرق متوازي راحي منفرج، (و) تعرق متوازي راحي متقارب

"قيثاري-Lyrate"، إذا كان النصل يشبه القيثارة؛ أي به فص علوي كبير وفصوص جانبية صغيرة كما في "الفجل"، و"الجرجير" (شكل

10ي).

"مخلبي-Pedate"، إذا كان النصل يشبه مخلب الطائر؛ ذو فصوص منتشرة للخارج كما في نوع من العنب يعرف "بالعنب المخلبي-Vitis pedate"، أو بعض أنواع "الريحان"(شكل 10و).

7. 6 "التعرق-Venation"

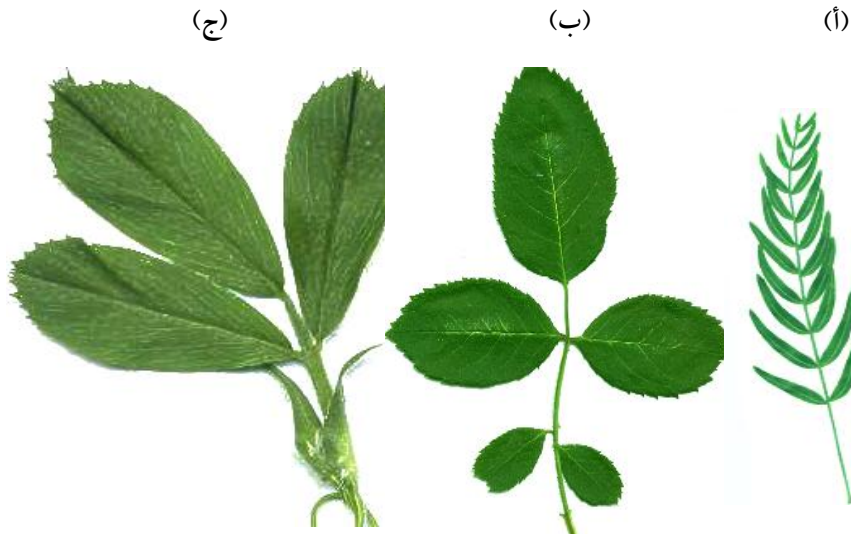
يعرف ترتيب العروق والعريقات في نصل الورقة بالتعرق. والعروق تراكيب خطية صلبة، تنشأ من عنق الورقة والعرق الوسطي وتتخلل النصل في اتجاهات مختلفة. تتكون من أنسجة ميكانيكية وتوصيلية. تقوم الأنسجة التوصيلية بتوزيع الماء والأملاح المعدنية المذابة عبر النصل وتحمل الغذاء المجهز من النصل إلى أجزاء النبات الأخرى. أما الانسجة الميكانيكية فهي تكسب النصل الرقيق المنبسط قدر كافي من القوة و الصلابة.

يوجد نوعان رئيسان من التعرق: تعرق "شبكي-Reticulate" إذا كانت العريقات غير منتظمة التوزيع ذات طابع شبكي، ويميز التعرق الشبكي النباتات ذوات الفلقتين؛ وتعرق "متوازي-Parallel" إذا كانت العريقات موزعة في خطوط متوازية، ويميز التعرق المتوازي النباتات ذوات الفلقة الواحدة. من الجدير بالذكر أنه يوجد نباتات تنتمي لذوات الفلقة الواحدة ذات تعرق شبكي، منها "اليام-Yama" و"الفشاغ-Smilax"، كما يوجد نباتات تنتمي لذوات الفلقتين ذات تعرق متوازي، منها "Calophyllum".

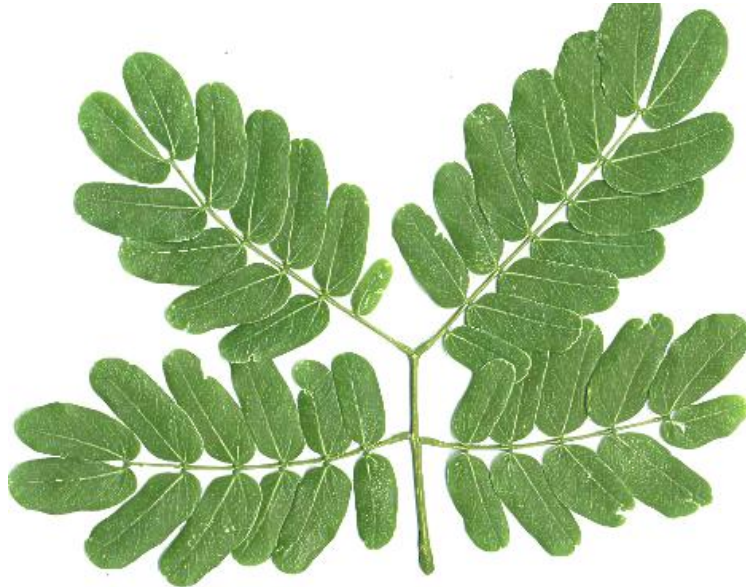
1. 7. 6 "التعرق الشبكي-Reticulate Venation"

1. 1. 6. 7. "شبكي ريشي- Pinnate"

يحافظ على الأوراق من التمزق أو التجعد إثر تعرضها للرياح. كما أنها تجعل النصل منبسط مما يزيد من مساحة سطح الورقة المعرض لضوء الشمس، وبالتالي تزيد من كفاءة عملية التمثيل الضوئي. أما وظيفة



شكل 12. أشكال الورقة المركبة الريشية. (أ) مركبة ريشية أحادية الريشة مزدوجة، (ب) مركبة ريشية أحادية الريشة مفردة، (ج) ريشية ثلاثية الوريقة



شكل 13. ورقة مركبة ريشية متضاعفة

العروق الفسيولوجية، فتتمثل في نقل الماء والأملاح غير العضوية إلى النصل، ونقل الغذاء المجهز من الورقة إلى أجزاء النبات الأخرى، بصفة خاصة أعضاء التخزين.

يميز التعرق الريشي وجود عرق رئيس قوي يخرج منه عروق جانبية تمتد تجاه حافة الورقة أو قممتها، مثل الريش في الطيور، ثم تتصل ببعضها عبر عريقات تنتشر في كل اتجاه مكونة شكل شبكي كما في "المانجو" و"الملوخية" و"الجوافة" و"اللنتانا" (شكل 11أ).

2. 1. 6. "شبكي راحي-Palmate"

في التعرق الراجي يوجد عدد من العروق القوية المتساوية لحدما، التي تنشأ من قمة العنق وتتجه لأعلى الورقة أو لحافتيها. ويوجد منه نوعان: (أ) "متقارب-Convergent" إذا تقاربت العروق في اتجاه قمة الورقة كما "الخطمية" (شكل 11ب)، (ب) المنفرج إذا تشعبت العروق الرئيسة في اتجاه حافة الورقة كما "الخروع" (شكل 11ج).

2. 2. 6. "التعرق المتوازي-Parallel Venation"

1. 2. 6. "متوازي ريشي-Pinnate"

في التعرق المتوازي الريشي، تحتوي الورقة على عرق رئيس بارز يخرج منه أفرع جانبية تسير في اتجاه موازي للفرع الرئيس وموازية لبعضها البعض الآخر في اتجاه الحافة أو قمة النصل كما في "الموز" و"الكنا" (شكل 11د).

2. 2. 6. "متوازي راحي-Palmate"

يوجد نوعان من التعرق المتوازي الراجي: (أ) منفرج إذا نشأت

العروق من قمة العنق وسارت في اتجاه حافة النصل بطريقة متوازية لحد ما كما في النخل "المروحي-palms Fan" (شكل 11هـ)، (ب) متجمع إذا احتوي على عدد من العروق الصلبة المتساوية لحد ما الناشئة من قاعدة النصل والمتجهة إلى قمته في اتجاه متوازي لحد ما كما في "النجليات" و "ورد النيل" و"الأرز" (شكل 11و).

3. 7. 6 وظائف العروق

العروق تراكيب صلبة له وظيفة ميكانيكية وأخرى فسيولوجية. ميكانيكا تكسب العروق نصل الورقة قوة تمنعه

8. 6 الأوراق المركبة

قبل دراسة الورقة المركبة ينبغي معرفة الفرق بين الورقة البسيطة والورقة المركبة من ناحية والفرق بين الورقة المركبة والفرع من ناحية أخرى حتى لا يكون هناك خلط بين الورقة المركبة والفرع.

1. 8. 6 الفرق بين الورقة المركبة و الورقة البسيطة

يقال للورقة بسيطة إذا كانت تتكون من نصل بسيط كامل أو مجزأ إلى أي عمق، لكنه غير مجزأ إلى العرق الرئيس أو العنق؛ ويقال للورقة مركبة إذا كان تجزء النصل يصل حتى العرق الرئيس أو المعلق الورقي، لذا تنقسم الورقة المركبة إلى عدد من القطع، تسمى وريقات. والوريقات طليقة ومتصلة عند قواعدها بالزند. يوجد في إبط الورقة البسيطة أو المركبة برعم إبطي، لكن لا يوجد

في إبط الوريقات براعم على الإطلاق. يوجد نوعان من الأوراق المركبة: ريشي وراحي.

2. 8. 6 الفرق بين الورقة المركبة و الفرع

تختلف الورقة المركبة عن الفرع فيما يلي: (1) لا تحمل الأوراق المركبة برعم طرفي، بينما يحمل الفرع براعم بصفة دائمة؛ (2) الورقة المركبة تشبه الورقة البسيطة، تحمل في إبطها برعم إبطي، لكنها لا تنشأ في إبط ورقة أخرى، بينما لا يحمل الفرع برعم إبطي، لكنه يحتل الموقع الإبطي للورقة - بسيطة أو مركبة - التي تنشأ مباشرة من ما يقال له برعم؛ (3) يخلو إبط وريقات الورقة المركبة من البراعم الإبطية، بينما تنشأ الأوراق البسيطة على فرع يحمل في إبطه برعم إبطي؛ (4) يتكون الفرع من عقد وسلميات، بينما يخلو معلاق الورقة منهما.

3. 8. 6 شكل الورقة المركبة

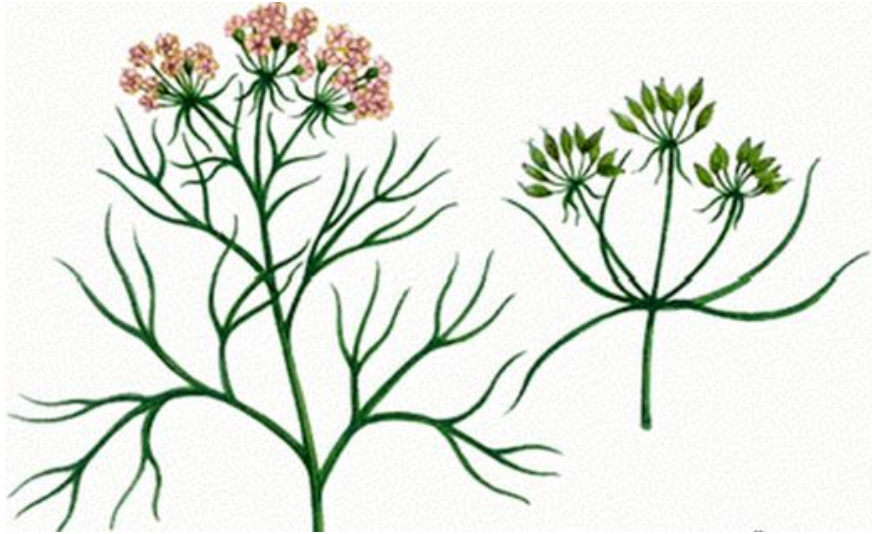
1. 3. 8. 6 ورقة مركبة ريشية

الورقة المركبة الريشية هي الورقة التي يعرف عرقها الوسطي بالمعلاق الورقي، وتحمل عدد من الوريقات الجانبية المتقابلة أو المتبادلة، مثل: أوراق "السنت العربي" و"الورد" و"البوانسيانا" و"الحمص" و"البرسيم" و"الحلبة". والأوراق المركبة لها صور متعددة سنتناولها فيما يلي:

"أحادية الريشة-Unipinnate": ورقة مركبة يحمل معلاقها الورقي الوريقات مباشرة كما في "الورد". وإذا كان عدد الوريقات زوجي،



شكل 14. ورقة مركبة ثلاثية الريشة"



شكل 15. ورقة مركبة ريشية مضاعفة

Imparipinnate) سميت ورقة مركبة أحادية الريشة "مزدوجة-Paripinnate" (شكل 12أ) كما في "السنت العربي" والسيسبان!؛ أما إذا كان عدد الوريقات فردي، سميت "أحادية الريشة مفردة-" (شكل 12ب) كما في "الورد". وقد تكون الورقة المركبة احادية الريشة من ثلاث وريقات كما في "الحلبة" و"الفول" و"البرسيم"

(شكل 12 ج)..

"ثنائية الريشة-Bipinnate": أما إذا كان المعلق الورقي يعطي محاور ثانوية فتعرف الورقة بالريشية المتضاعفة. فإذا انتهت المحاور الثانوية بورقتين فتعرف الورقة بالمركبة الريشية المتضاعفة ثنائية الريشة كما في "البونسيانا" (شكل 13).

"ثلاثية الريشة-Tripinnate": إذا كانت الورقة ثلاثية الريشة؛ بمعنى أن المحاور الثانوية تعطي محاور ثلاثية تحمل الوريقات كما في "المورنجة- Moringo" و "الحذا- *Ducrosia anethifolia*" (شكل 14).

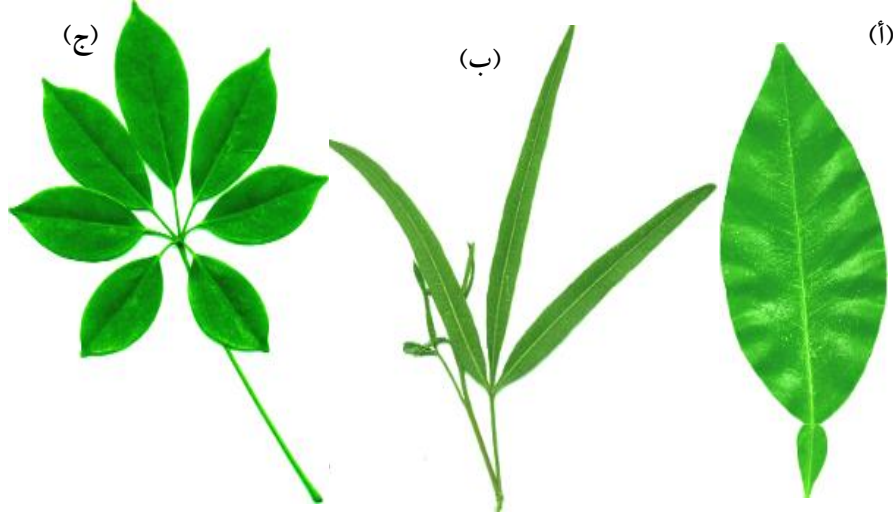
"مضاعف-Decomound": عندما تتكون الورقة من أكثر من ثلاث محاور أو ريش كما في "الجزر" و"الينسون" (شكل 15).

2. 3. 8. 6 مركبة راحية

تختلف الأوراق المركبة الراحية عن الأوراق المركبة الريشية بصورة واضحة. فالأوراق المركبة الراحية يحمل معلقها الورقي في نهايته وريقات تقع في مستوى واحد كما في "الترمس" و"كستناء الحصان".

وقد تكون الأوراق المركبة الراحية أحادية الوريقة إذا حملت وريقة واحدة فقط، كما في "الليمون"، و"البرتقال" و"اللانج" (شكل 16 أ)؛ وقد تكون ثنائية الوريقة إذا حمل المعلق الورقي وريقتين وهذه نادرة جداً، وقد تكون ثلاثية الوريقة إذا حمل المعلق الورقي ثلاث وريقات في نفس المستوى كما في "الأوكسالس" (شكل 16 ب)،

وقد تكون رباعية الوريقات إذا حمل المعلق الورقي أربع وريقات وهذه نادرة جدا، وقد تكون عديدة الوريقات إذا حمل المعلق الورقي خمس وريقات أو أكثر منتشرين مثل أصابع اليد كما في "الترمس" و"أبو قرن- Gynandropsis" و"الأراليا" (شكل 16ج).



شكل 16. أشكال الورقة المركبة الراحية. (أ) مركبة راحية أحادية، (ب) مركبة راحية ثلاثية، (ج) مركبة راحية عديدة الوريقات



شكل 17. تحورات الأوراق. (أ) ورقة متحورة إلى محلاق، (ب) قمة الورقة متحورة إلى محلاق

9. 6 عمر الورقة

يختلف عمر الورقة من نبات إلى نبات. فقد تسقط الورقة مباشرة بعد تكشفها، ومن ثم تعرف بالورقة "مبكرة السقوط

أو المتساقطة-Caducous"؛ وقد تستمر لفصل واحد وتسقط عادة في الشتاء، فتعرف "بالورقة الموسمية-Deciduous"؛ وقد تستمر أكثر من موسم (عادة تستمر سنين عديدة)، فتعرف "بدائمة الخضرة-Evergreen".

10. 6 تحورات الأوراق

تتحور أوراق بعض النباتات لتلائم أداء وظائف محددة، يتكامل بها نشاطها الفسيولوجي وتواجه بها الظروف البيئية التي تحيط بها. وقد صنفنا هذه التحورات إلى التصنيفات التالية:

"الأوراق المحلاقية-Leaf tendrils": تتحور الأوراق في بعض النباتات إلى تراكيب أسطوانية شبيهة بالسلك ملولبة بقوة تعرف بالمحاليق. والمحاليق أعضاء تسلق حساسة لأي أجسام أجنبية. وتنشأ المحاليق من تحور جزئيا أو كلي للورقة. ففي "بسلة الزهور" (الفصل الثاني، شكل 4أ) تتحور الوريقة العلوية إلى محلاق. وفي "العدس" يتحور المعلق الورقي إلى محلاق. وفي "النرجس البهي" تتحور قمة الورقة إلى محلاق (شكل 17أ). أما في نبات "السلوى" فيتتحور عنق الورقة إلى محلاق يضع النبات في وضع رأسي (شكل 22). من ناحية أخرى تتحور ورقة "بسلة الزهور" إلى محلاق، وتقوم الأذيتان الورقيتان بوظائف الورقة (شكل 17ب أ).

"الخطاطيف-Hooks": في نبات "مخلاب القط" تتحور الوريقة الطرفية إلى ثلاث خطاطيف حادة جدا مقوسة وصلبة جدا تشبه مخلب القط، تلتصق بقلب الشجرة وتمكن النبات من التسلق



شكل 18. فرع من نبات "مخلاب القط" يحمل ورقتين تتحول الورقة الطرفية في كل منهما إلى ثلاث خطاطيف



شكل 19. أنواع الأوراق الشوكية. (أ) تتحول الورقة الأصلية إلى شوكية كما في "نبات بربيرس"، (ب) تتحول الأوراق الدقيقة للبرعم الطرفي إلى أشواك كما في "التين الشوكي"، (ج) أشواك ناشئة على حافة الورقة كما في "الخشخاش"، (د) أشواك ناشئة على كل من قمة الورقة وحافتها كما في "جوزاء - *Silybum marianum*".

بسهولة إلى قمة الشجرة العالية (شكل 18).

الأوراق الشوكية: تتحول أوراق نباتات معينة إلى تراكيب مدببة

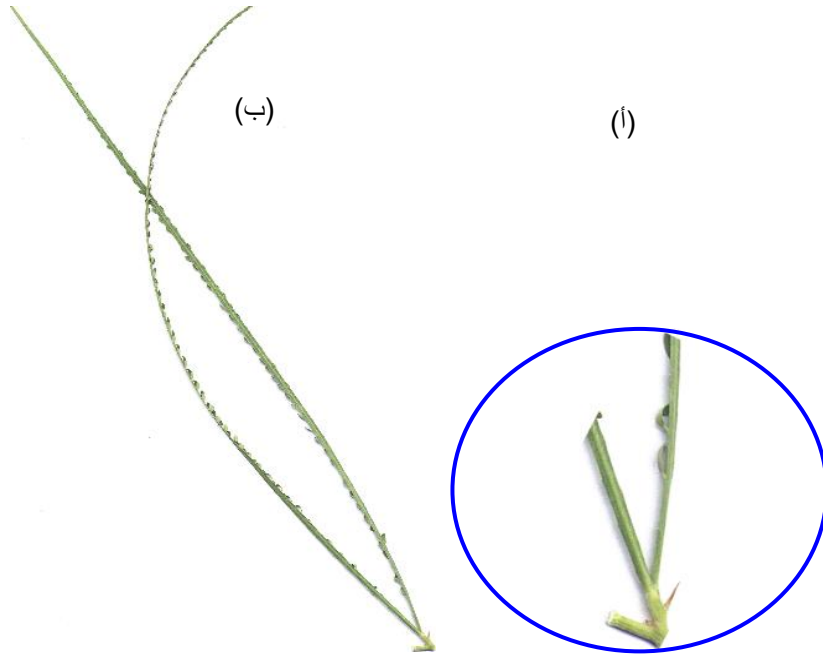
حادة ذات اهمية دفاعية تعرف بالأشواك. وقد استدل على أن هذه الأشواك متحورة عن أوراق؛ لأنها تخرج من نفس الموقع الذي تخرج منه الأوراق، وتحمل برعم في إبطها كما في الأفرع الزهرية، ومنها نبات "بربيرس-*Berberis*" الذي تتحول فيه الورقة إلى شوكة، وتبقى أوراق البرعم الأبطي عادية (شكل 19أ). أما في نبات "التين الشوكي" فتنشأ الأوراق ضعيفة وتسقط مبكراً، إلا أن الأوراق الدقيقة للبرعم الإبطي تتحول إلى أشواك (شكل 19ب). كذلك قد تنشأ الأشواك عند قمة الورقة كما في "نخل البلح" (شكل 8أ)، أو على حافتها كما في "الخشخاش" (شكل 19ج)، أو في كلا المكانين كما في "جوزاء- *Carthamus oxyacantha*" (شكل 19د).

الأوراق الحشفية: إنها تراكيب غشائية غير معنقة جافة رقيقة بنية عادة عديمة اللون أحياناً. تقوم بحماية البرعم الإبطي الذي يحملها في إبطه. أحياناً تكون سميكة متشعبة كما في "البصل" وظيفتها تخزين الماء والغذاء. تنتشر على السيقان تحت الأرضية والنباتات المتطفلة والنباتات المترمة و"التين" و"الكازورينا" و"الأثل".

"عنيق ورقى-*Phyllode*": في "السنت الأسترالي" ينبسط أو يتجنح العنق أو أي جزء من المعلق الورقي، ويأخذ شكل ولون الورقة الخضراء، ويسمى عنيق ورقى (شكل 20). وفي بعض الأنواع النباتية مثل "السنت السبحاني-*Acacia moniliformis*" تنشأ الورقة المركبة ثنائية الريشة في البادرة فقط، ثم تسقط



شكل 20. تطور العنق الورقي في نبات "السنت الأسترالي". (أ) ورقة ريشية مركبة، (ب، ج) عنق متطور إلى عنق ورقي، (د) عنق ومعلق ورقي متطورين إلى عنق ورقي، (د) عنق ورقي.



شكل 21. العنق الورقي لنبات "شوكة القدس". (أ) معلق ورقي شوكي، (ب) صورة مكبرة لزوجي الأذنان الشوكية

سريعاً. فيما بعد ينشأ العنق الورقي ويستمر خلال حياة النبات. من ناحية أخرى فإن بعض النباتات مثل "السنت المنقوش- *Acacia melanoxylon*" يحمل النبات اليافع كل من الأوراق ثنائية الريشة

والعنيق الورقي معا أثناء دورة حياته.

من الملاحظ أنه في كل الحالات السابقة تسقط الوريقات فوراً، ويقوم العنيق الورقي بوظائفها المختلفة بصفة خاصة التمثيل الضوئي. إضافة إلى ذلك تتجه حافة العنيق الورقي - طبيعياً إلى أعلى، لهذا تتجنب ضوء الشمس المباشر، مما يؤدي إلى اختزال تبخر الماء. أما في "شوكة القدس- *Parkinsonia aculeate*" (شكل 21) ينتهي المعلق الورقي للورقة ثنائية الريشة بشوكة قصيرة، بينما يتحول كل من المعلقين الورقيين الثانويين إلى عنيق ورقي أخضر منبسط بدرجة كبيرة، يقوم بوظائف الوريقات الصغيرة جداً التي تسقط مبكراً.

"السلوى أو الجرة-Pitcher": في نبات "السلوى-Nepenthes" تتحول الورقة إلى ما يشبه الإبريق أو الجرة. ويحمل الجرة أو الإبريق رأسياً عنق أسطوانى ملولب يشبه المحلاق جزؤه القاعدي مستوي يشبه الورقة (شكل 22). ويحتوي الإبريق على غطاء صغير يغلق ثغره، والإبريق هو نصل الورقة المتحور الذي يقوم باصطياد وهضم الحشرات، أما سطح الإبريق الداخلي فيقابل سطح الورقة العلوي. وينشأ غطاء الإبريق من نموات خارجية من قمة الورقة. ويمثل العنق الأسطوانى الذي يتلولب مثل المحلاق عنق الورقة. أما التركيب الورقي الذي يشبه الورقة ويتصرف مثل نصلها، فينشأ من قاعدة الورقة.

"التحور إلى مثانة": في نبات "حامول الماء-Utricularia" الورقة مجزأة بدرجة كبيرة. كذلك تتحور بعض أجزاء الورقة إلى تراكيب



شكل 22. نبات "السلوى"



شكل 23. (أ) نبات "حامول الماء" به العديد من المثانات الصغيرة، (ب) قطاع مكبر في مثانة

تشبه المثانة له مدخل له باب سحري، يسمح بمرور الحيوواين إلى الداخل كما يمنع خروجها ثانية.

11. 6 "ترتيب الأوراق على الساق-Phyllotaxy"

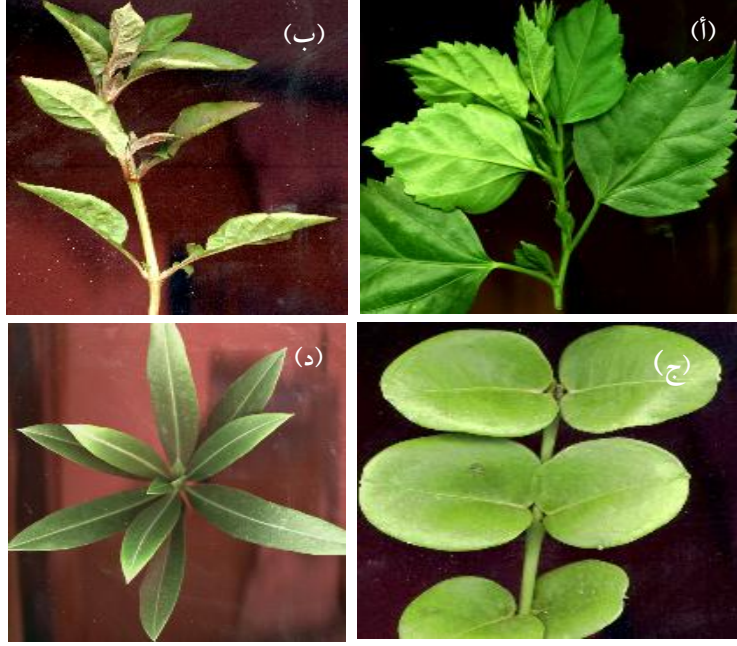
"كلمة-Phyllotaxy" كلمة أعجمية تتكون من مقطعين: (phylla)

وتعني "أوراق" و (taxis) وتعني "ترتيب". تعني "كلمة-Phyllotaxy" الطرائق المختلفة التي تترتب بها الأوراق على الساق أو الفرع. ويهدف هذا الترتيب إلى الحيلولة دون حجب أشعة الشمس عن الأوراق بعضه البعض وتعريض الأوراق كافة إلى أعلى كمية وفيرة من ضوء الشمس؛ لتقوم بوظائفها الطبيعية بصفة خاصة تصنيع الغذاء

1. 11. 6. أنواع ترتيب الأوراق على الساق

1. 11. 6. "متبادلة أو مغزلية-Spiral Alternate or"

إذا نشأت ورقة واحدة عند كل عقدة وكانت الورقة عند العقدة السفلى مقابلة للورقة عند العقدة التي تليها وهكذا كما في "التبغ" و"دوار الشمس" و"الخطمية"(شكل 24أ). في هذا النوع من الترتيب تشاهد الأوراق مرتبة حلزونيا حول الساق. فإذا تخيلنا خط مغزلي مرسوم من قاعدة ورقة ما، ومر هذا الخط حول الساق عبر قواعد الأوراق المتعاقبة، نرى أن الخط الحلزوني يصل في نهاية الأمر إلى الورقة التي تقع رأسيا على الورقة التي بدأ منها الخط. ويعرف هذا الخط الوهمي "بالحلزون الوراثي-Genetic spiral"، أما الصف الرأسي من الأوراق فيعرف "بالخط الرأسي-Orthostichy". وكلمة الخط الرأسي تتكون باللاتينية من مقطعين: "orthos" وتعني بالانجليزية "straight" وتعني بالعربية "مستقيم"، و"stichos" وتعني بالانجليزية "line" وتعني بالعربية "خط". ويوجد من هذا الترتيب المتبادل الصور التالية:



شكل 24. الأنواع المختلفة لترتيب الأوراق البسيطة على الساق. (أ) ترتيب متبادل، (ب) ترتيب متقابل متعامد، (ج) ترتيب متقابل متراكب، (د) ترتيب سوري



شكل 25. ترتيب الأوراق ذي الصفين في النجيليات

6. 11. 1. 2 "ترتيب الأوراق ذو الصفين-Phyllotaxy distichous":
في النجيليات و"الزنجبيل" على سبيل المثال لا الحصر تقع الورقة

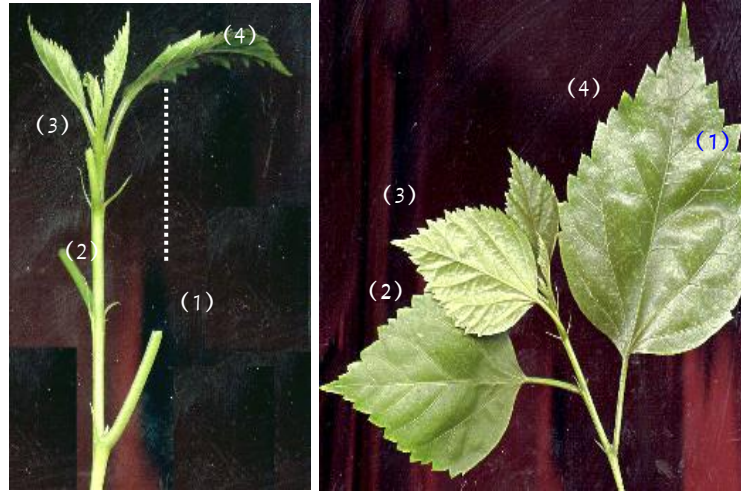
الثالثة أعلى الورقة الأولى، ويأخذ الحلزون الوراثي لفة واحدة ليصل إلى تلك الورقة، ويشمل ذلك ورقتين. وتقع الورقة الرابعة أعلى الورقة الثانية والخامسة أعلى الأولى وهكذا. لذا يوجد صفان رأسيان فقط، بمعنى أن الأوراق مرتبة في صفين، ويعرف ذلك بالترتيب ذي الصفين. فإذا حدد موقع الأوراق على دائرة أو حلزون سوف تشاهد موضع الأوراق عند نقطة في منتصف محيط الدائرة، ولذلك سوف نشاهد الأوراق على مسافات متساوية من بعضها. ويعرف هذا الترتيب بالترتيب النصفى ويمثل بالكسر $\frac{1}{2}$ ، ويمثل البسط عدد لفات الحلزون الوراثي ويمثل المقام عدد الأوراق التي يمر بها الحلزون لفة واحدة. ويصنع الحلزون الوراثي لفة كاملة في هذه الحالة تقابل زاوية مقدارها 360° في مركز الدائرة وتشمل ورقتين؛ لهذا "فالانفراج الزاوي-Angular divergence" يعني البعد الزاوي بين ورقتين متعاقبتين؛ أي $\frac{1}{2}$ مضروب في 360° ، أي 180° (شكل 25).

3. 11. 6. "ترتيب الأوراق ذو الثلاث صفوف- Phyllotaxy tristichous":

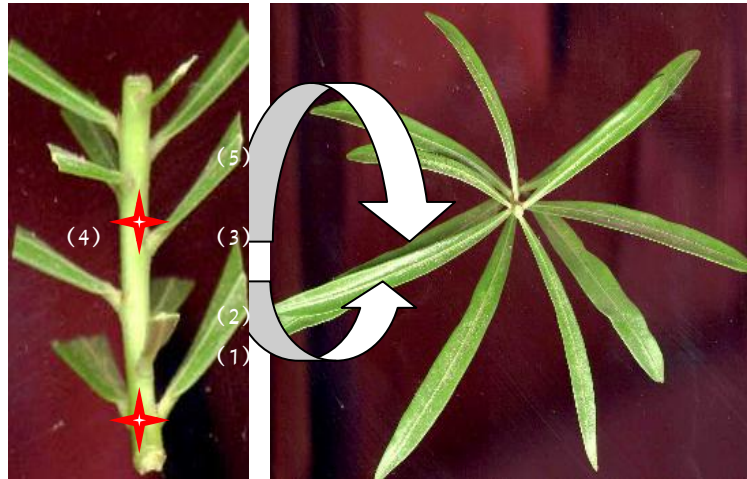
في نبات "البردي-Sedges" ونبات "الخطمية" تعلو الورقة الرابعة رأسيا فوق الورقة الأولى، ويأخذ الحلزون الوراثي لفة كاملة ليصل لتلك الورقة تشمل ثلاث ورقات (شكل 26).

وتعلو الورقة الخامسة الورقة الثانية والسادسة تعلو الثالثة والسابعة تعلو الرابعة والأولى. لهذا يوجد ثلاثة صفوف، بمعنى أن الأوراق مرتبة في ثلاثة صفوف. فإذا حدد موقع الأوراق على

دائرة أو حلزون فسوف تشاهد عند نقطة في ثلث محيط الدائرة؛



شكل 26. ترتيب الأوراق ذي الثلاث صفوف في نبات "الخطمية"



شكل 27. يبين ترتيب الأوراق ذي الخمس صفوف

لهذا ترتيب الأوراق ثلاثي الصفوف أو $1/3$. والانفراج الزاوي ثلث 360° ، أي 120° .

4. 1. 1. 6 "ترتيب الأوراق ذو خمس صفوف- Phyllotaxy
:"Pentastichous

في "الورد الصيني" تعلو الورقة السادسة الورقة الأولى، ويأخذ
الحلزون الوراثي دائرتين كاملتين ليصل إلى الورقة السادسة (شكل

27). كذلك تعلو الورقة السابعة الورقة الثانية وتعلو الثامنة الثالثة وتعلو التاسعة الرابعة، وتعلو الحادية عشر السادسة والأولى. لهذا يوجد ترتيب ذو خمسة صفوف، بمعنى الأوراق مرتبة في خمس صفوف، ولأن اللفتين الكاملتين للحزون تشمل خمس ورقات، لهذا تقع الأوراق عند نقطة تمثل $2/5$ محيط الدائر. لهذا فترتيب الأوراق ذا خمسة صفوف. هذا النوع الشائع جدا في الترتيب المتبادل في هذه الحالة الانفراج الزاوي خمس 360° ، أي 144° .

2. 11. 6 "متقابلة-Opposite"

إذا نشأت ورقتان متقابلتان عند كل عقدة، كان زوجي الأوراق عند عقدة ما عمودي على زوجي الأوراق عند العقدة التي تليها أو التي تسبقها فيعرف هذا النوع من الترتيب بالترتيب "المتقابل المتعامد-Decussate" (شكل 24ب)، ويشاهد في الكثير من النباتات، منها "الريحان" و"الجوافة" و"الزيتون". أحيانا يكون زوجي الأوراق عند عقدة ما وزوجي الأوراق عند العقدة التي تليها في نفس المستوى ويعرف هذا الترتيب "بالترتيب المتراكب-Superposed" كما في "كارسا" (شكل 24ج).

3. 11. 6 "الترتيب السواري-Whorled"

في هذا النوع من الترتيب يوجد أكثر من ورقتين عند كل عقدة في ترتيب دائري أو سواري كما في "الدفلة" (شكل 24د). وأحيانا يوجد كل من الترتيب المتقابل والسواري على نفس النبات.

4. 11. 6 "الترتيب الفسيفسائي-Leaf Mosaic"

في أرضيات وجدر وأسقف العديد من المساجد و المباني المزخرفة



شكل 28. التوزيع الفسيفسائي للأوراق في "أذن
اقسيس - pennywort"



شكل 29. متغاير الأوراق في نبات "رأس السهم"



شكل 30. محلاق نبات "زهرة الآلام"

نرى أحجار وقطع زجاج ذات ألوان وأحجام مختلفة متراسة بجانب بعضها البعض الآخر وهو ما يعرف "بالفسيفساء-Mosaic". الشيء نفسه قد نجده في توزيع الأوراق على بعض النباتات. ويعرف أي نمط من هذه الأنماط بالترتيب الفسيفسائي. وحيث أن الأوراق في حاجة ماسة لضوء الشمس لصنع المواد الغذائية، لهذا فإنها تتوافق مع بعضها وتتهيء ذاتها في الاتجاه الذي يؤمن لها أقصى كمية ممكنة من ضوء الشمس مع أقل كمية ممكنة من التداخل. فالنباتات المتسلقة التي تحمل كمية كثيفة من الأوراق كما في "حبل المساكين" و"ست الحسن" (شكل 28) تنتظم الأوراق فيها بطريقة تشبه انتظام قرميد السقف. أما النباتات ذوات الأوراق الفلقية وردية الشكل أو ذات الأوراق السوارية فأوراقها العلوية متبادلة مع أوراقها السفلية (شكل 24د). من ناحية أخرى نرى أن النباتات ذوات الأوراق المزدحمة، مثل "البيجونيا" و"أبوخنجر" فتتوزع فيها الأوراق مثل قطع زجاج معشقة في فسيفساء: الأوراق الصغيرة في الفراغات بين الأوراق الكبيرة. كذلك نشاهد الأوراق المزدحمة في النباتات المنبطح، مثل: "الحميض" و"سرة الأرض أو آذان القسيس-pennywort" في توزيع فسيفسائي بديع.

6. 12 وظائف الورقة

للورقة العادية ثلاثة وظائف رئيسية هي: (1) تصنيع الغذاء في البلاستيدات الخضراء في وجود ضوء الشمس إضافة إلى ثاني أكسيد الكربون والماء الذي يحصل عليهم النبات من الهواء

والتربة؛ (2) تبادل ثاني أكسيد الكربون والأوكسجين بين الجو المحيط والنبات، فيأخذ النبات من الجو المحيط ثاني أكسيد الكربون اللازم لتصنيع السكريات في المادة الخضراء، ويخرج الأوكسجين اللازم لتنفس الخلايا الحية؛ (3) تبخير الماء من الثغور التي توجد على الورقة. إضافة إلى ذلك لأوراق بعض النباتات وظائف أخرى، مثل: تخزين الماء والغذاء بالأوراق المتشحمة أو اللحمية كما في "الصبار"، و"الرجلة"، والبصل؛ والتكاثر الخضري كما في "البيجونيا"، و"السرخسيات" الزاحفة.

13. 6 "متغاير الأوراق - Heterophylly"

يعرف متغاير الأوراق بأنه: "حمل النبات لأنواع مختلفة من الأوراق". ينتشر متغاير الأوراق في العديد من النباتات المائية، بصفة خاصة، التي تنمو في المياه الجارية. وبصفة عامة تكون فيها الأوراق الهوائية عريضة منبسطة تماما، غير مجزأة أو مفصصة، بينما الأوراق المغمورة ضيقة شريطة الشكل خطية أو مجزأة بدرجة كبيرة. والتغاير الورقي في النباتات المائية نوع من التكيف يتكيف به النبات مع البيئتين اللتين يعيش فيهما كما في نبات "رأس السهم - *Sagittaria*" (شكل 29).

14. 6 "التجانس و التناظر - Homology and analogy"

يعرف التجانس بأنه: "الدراسة الظاهرية لأعضاء محورة من ناحية منشأها". أما التناظر فيعرف بأنه: "دراسة الأعضاء من ناحية تركيبها ذاته ووظيفتها". الأعضاء التي تماثل بعضها في أصلها وتتماثل ظاهريا مهما كانت تراكيبها ووظائفها يقال لها أعضاء

متجانسة مع بعضها". أما الأعضاء التي تشابه بعضها في تراكيبها وتتكيف لأداء نفس الوظائف بالرغم من أن أصلها مختلف يقال لها أعضاء متناظرة مع بعضها. فالمحاليق، أيا كان أصلها، فهي متناظرة مع بعضها؛ لأنها تؤدي نفس الوظيفة ولها نفس التركيب. فمحاليق "زهرة الآلام" متجانسة مع البراعم الإبطية (شكل 30)، ومحاليق البسلة متجانسة مع الوريقات (شكل 6و). من ناحية أخرى فالمسلات والأشواك تراكيب متناظرة؛ لأنها ذات وظيفة دفاعية. إلا أن المسلات تعتبر متجانسة مع البراعم الطرفية أو الإبطية التي تحورت عنها، بينما الأشواك متجانسة مع الأوراق أو جزء منها الذي تحورت عنها. كذلك فإن مسلات "الدورنتا" و"محلاق-زهرة الآلام" متجانسان تركيبيا. إضافة إلى ذلك فالسيقان المحورة (ريزومة ودرنة) والجذور المحورة قد تتحوران لأداء نفس الوظيفة، مثل تخزين الغذاء. لكن يجب أن نلاحظ أن السيقان المحورة متجانسة مع الساق، لأنها متحورة عنها، بينما الجذور المحورة متجانسة مع الجذر، لأنها متحورة عنها. أما "الفلقاد أو الساق الورقية - Phylloclades" فهي متجانسة مع الساق؛ لأنها متحورة عنه. لكنها متناظرة مع الأوراق؛ لأنها كيفية نفسها لأداء وظائف الورقة. كذلك فإن الأسدية والكرابل متجانسة مع كبيرة الأبواغ وصغيرة الأبواغ في عاريات البذور والورقة البوغية في السرخسيات والأوراق الخضرية. أيضا. نفس الشيء فالسبلات والبتلات أوراق خضرية محورة، لذا فإنهما متجانستان مع الأوراق الخضرية.

المراجع

James PJ. 2009. "'Tree and Leaf': A different angle". *The Linnean*. 25: 13–19

Kirchoff BK, Pfeifer E, Rutishauser R. 2008. "Plant structure ontology: How should we label plant structures with doubtful or mixed identities?". *Zootaxa* 1950: 103–122

Massey JR, Murphy JC. 1996. "Vascular plant systematics". NC Botnet. University of North Carolina at Chapel Hill

Minelli A. 2018. *Plant Evolutionary Developmental Biology. The Evolvability of the Phenotype*. New York: Cambridge University Press.

Radford AE, Dickison WC, Massey JR, Bell CR. 1976, "Phytography-Morphological Evidence", *Vascular Plant Systematics*, Harper and Row, New York

Sattler R. 2018. "Philosophy of plant morphology". *Elemente der Naturwissenschaft*. 108: 55–79

Stearn WT. 2004. *Botanical Latin* (4th (p/b) ed.). Portland, Oregon: Timber Press

<https://en.Wikipedia.org/wiki/Leaf#Surface>

https://commons.wikimedia.org/wiki/Leaf_morphology#shape

<https://bio.libretexts.org/>

الفصل السابع: الوسائل الدفاعية في النبات

تتطفل الحيوانات بصفة خاصة الحيوانات آكلات الأعشاب تطفلا مباشر أو غير مباشر على النباتات. وحيث أن النباتات ليس لديها القدرة على الحركة، لذا فهي لا تستطيع المناورة إذا هاجمها حيوان، لكن الله سبحانه وتعالى وهبها أعضاء ووسائل خاصة تدافع بها عن نفسها، وتتقي بها شر أعدائها. وهذه الأعضاء والوسائل سنلقي الضوء عليها فيما يلي:

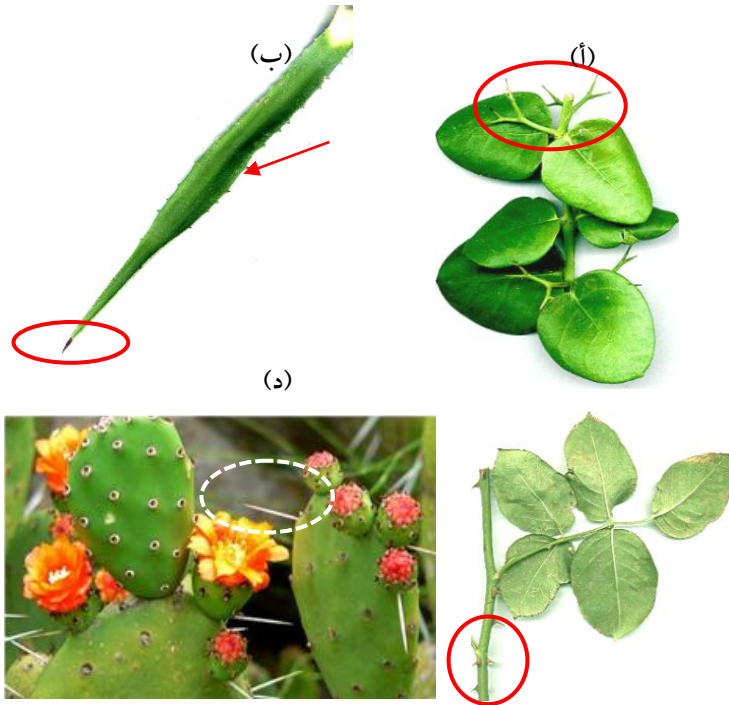
7. 1 "الدرع-Armature"

"المسلات، الأشواك، الواخزات، الهلاب- **Thorns, Spines, Prickles, and Bristles**" تراكيب صلبة حادة مدببة تنشأ بصفة خاصة لدفع أذى الحيوانات آكلة الأعشاب. وتشاهد هذه التراكيب بوضوح على النباتات الشوكية الصغيرة، مثل نبات "الشويك- **Echinops**"، الذي تغطيه أشواك وواخزات تجعل الحيوانات لا تهفو إليه ولا تقترب من حياضه.

7. 1. 1 "المسلات Thorns"

تتحور المسلات عن أفرع النبات، وتنشأ من أنسجة عميقة في جسم النبات، وتتميز باستقامتها وصلابتها وقدرتها على اختراق أجسام الحيوانات سميكة الجلد، وتشاهد في العديد من النباتات، منها: "البرقوق" و"الليمون" و"الدورنتا" و"كارسا" (شكل 1أ).

7. 1. 2 "الأشواك-Spines"



شكل 1. أنواع الدروع. (أ) مسلات، (ب) أشواك، (ج) واخزات، (د) هلاب



شكل 2. نبات إبرة آدم

تتحور الأشواك عن أوراق أو أجزاء من الأوراق، وتلعب دورا مهم في دفاع النبات عن نفسه ضد الحيوانات أكلات الأعشاب، وتوجد

في الكثير من النباتات، منها: "الأناناس" و"الصبار الأمريكي-**Agave**" و"إبرة آدم-**Yucca**" و"الخشخاش الشوكي" (شكل ب). ففي نبات "شوكة آدم" تنتهي كل ورقة بشوكة مدببة حادة جدا مثل الخنجر تتجه عمودية للخارج، تقوم بحماية النبات من حيوانات الرعي (شكل 2).

3. 1. 7 "الواخزات-**Prickles**"

الواخزات وسيلة دفاعية مدببة صلبة أيضا مثل المسلات، لكنها مقوسة عادة وذات منشأ سطحي؛ توزيعها غير منتظم على الساق أو الفرع أو الورقة، توجد في العديد من النباتات، منها: "الورد" (شكل 1ج) و"شجرة المرجان-**Erythrina**" و"البومبكس". كذلك توجد في الشجيرات المتسلقة الكبيرة، مثل شجيرة "**Calamus**" التي تتسلح بواخزات حادة وأشواك عديدة تمكنها من التسلق والدفاع عن نفسها.

4. 1. 7 "الهلاب-**Bristles**"

الهلاب شعور تشبه الإبر قصيرة وصلبة، تنمو في عناقيد، ليست شوكية بصفة دائمة، جدارها سميك، تغطيها طبقة من السليكا أو كربونات الكالسيوم، توجد في "التين الشوكي" (شكل 1د) وفي العديد من الصباريات.

2. 7 "الشعور اللاسعة- **Stinging Hairs**"

توجد في مجموعة من النباتات ذات وبر شائك تعرف بالقراص، منها: نبات "الحريق-**Urtica dioica**" ونبات "الشیطان- **Laportea**

"crenulata". ويغطي نباتات القراص شعور لاسعة،



شكل 3. شعرة لاسعة



شكل 4. نبات الكوبرا

تتكون من قمة حادة يغطيها مادة سليكونية وقاعدة منتفخة
تخزن السم الحامضي (شكل 3). والشعور اللاسعة حساسة للمس،
فإذا لمسها إنسان أو حيوان انتصبت فجأة، واخترقت قممها الحادة

جسده، جارحة إياه، ومفرغة السم الحامضي في جلده فوراً، ويسبب ذلك آلم حارقة حادة يصاحبها. عفرز السم من الشعرة اللاسعة نتيجة وقوع أي ضغط ولو كان طفيفاً. على قاعدة الشعرة.

3. 7 "الشعور الغدية-Glandular Hairs"

تغطي الشعور الغدية أفرع وسيقان وثمار العديد من النباتات. يفرز من الشعور الغدية مادة لزجة (نوع من الصمغ) تلتصق بفم أي حيوان يتغذى عليها، ويستحيل عليه التخلص منها. لهذا تتجنب حيوانات الرعي هذا النباتات. ومن هذه النباتات نبات "التبغ" ونبات "بلمباجو" ونبات "بورهيافيا-Boerhaavia".

4. 7 "الشعور-Hairs"

تنفر الحيوانات من النباتات التي يغطيها طبقة كثيفة من الشعور الصلبة؛ لأن هذه الشعور تلتصق بحلق الحيوان وتسبب له شعور بالاختناق. ومن النباتات التي يغطيها شعور نبات "العشب المجتر-*Gnaphalium*" وكثير من نباتات "اليقطين-*Cucurbita*".

5. 7 وسائل دفاعية أخرى

1. 5. 7 السموم

بفرز العديد من النباتات سموم ومواد مهيجة. مما يجعل الحيوانات تتجنبها وتفرق بينها وبين النباتات غير السامة بالفطرة. وتفرز النباتات السموم الآتية:

"اللثي-Latex": تفرز بعض النباتات عصير لبنى يعرف باللثي يحتوي

على مواد سامة أو مهيجة تسبب التهاب وتقرح عند ملامسته للجلد. ومن النباتات التي تحتوي على اللثي في خلاياها اللبنية "الدفلة" و"العشار" و"اللبينة" و"التين". هناك نبات أخرى تحتوي على اللثي في أوعية لبنية، منها: "الببو" و"الخشخاش الشوكي" و"خشخاش الحديقة" وبعض النباتات التي تنتمي للفصيلة "المركبة"، مثل "الجعضيض".

"الشبقلي- Alkaloids": بعض الشبقلي سام جدا، وكمية صغيرة منه كافية لقتل حيوان قوي. يوجد منها أنواع مختلفة، مثل: "ستريكنين- *Strychnine*" في "الجوز المقيئ- *Nux vomica*" والمورفين في "الخشخاش" والنيكوتين في "التبغ والداتيرين في الداتورة" و الكيونين في "الكينا- *Cinchona*".

"المادة المهيجة- Irritating Substance": يوجد مواد مهيجة في أنسجة بعض النباتات، مثل: "القلقاس" و"أمورفوفلس" في صورة بلورات مدببة وحادة تشبه الإبر، تتكون من أوكسلات الكالسيوم، تشوك لسان وحلق الحيوان الذي يتغذى عليها، وتسبب بهما آلم حاد وتهيج. لهذا لا تجرؤ الحيوانات الرعوية على مهاجمة مثل هذه النباتات.

2. 5. 7. المذاق المر والرائحة المنفرة

من الوسائل الأخرى التي يدافع بها بعض النباتات ما يهاجمه من حيوانات افراز رائحة منفرة والمذاق المر. فبعض النباتات تبعث رائحة كريهة تجعل الحيوانات تنفر منه، مثل نبات **"*Paederia foetida*"**. وهناك نباتات تبعث رائحة نفاذة غير

محببة، مثل: "الريحان" و"الفلية". كذلك هناك نباتات، مثل نبات "*Amorphophallus*" تبعث نورتها رائحة نتنة مزعجة تصيب بالغثيان. من ناحية أخرى هناك نباتات مذاقها مر تعافه الحيوانات، مثل "القرع المر- *Momordica*".

3. 5. 7 "النواتج المهملة-Waste Products"

تنتج بعض النباتات نواتج نباتية مهمة، مثل: التانين والراتينج والزيوت العطرية والسليكا تمنع الحيوانات من الهجوم عليها.

4. 5. 7 "التخفي أو التكر-Mimicry"

تحمي بعض النباتات نفسها من حيوانات الرعي بمحاكاة لون وشكل ومظهر، أو أي صفة أخرى لنبات أو حيوان لديه أسلحة دفاعية خاصة يزود بها عن نفسه. فعلى سبيل المثال يشبه نبات "كلدوم - *Caladium*" الحية الرقطاء متعددة الألوان. للعلم نبات كلدوم نبات أمريكي ذو أوراق جميلة. كذلك، فإن أوراق أنواع عديدة من نبات "قنب وتر القوس - *Sansevieria*" ونباتات أخرى من نفس الجنس مقلمة ومنقطة نقاط متنوعة؛ لذا تخطئها الحيوانات أكلة الأعشاب، لاعتقادها أنها ثعابين أو بعض المخلوقات الأخرى الميتة. أما نورة نبات "شيطان المبصقة - *Amorphophallus bulbifer*" فتشاهد من على مسافة كقلنسوة ثعبان. كذلك يمتد الإغريض الوردي المخضر لنبات "الكوبري - *Arisaema*" خارج النورة الإغريضية كقلنسوة الكوبري (شكل 4). كذلك فإن النباتات تخلق الكيوتين والقلق والفلين لتحمي نفسها من الفطريات المتطفلة والحشرات القارضة وأشعة الشمس الحارقة.

Bond W, Lee W, Craine J. 2004. "Plant structural defenses against browsing birds: a legacy of New Zealand's extinct moas". *Oikos* 104: 500–508.

Boyd J. 2012. "A bit touchy: Plants' insect defenses activated by touch". Rice University Carmona D, Lajeunesse MJ, Johnson MTJ. 2011. "Plant traits that predict resistance to herbivores". *Functional Ecology* 25: 358-367

Cooper SM, Norman O-S. 1986. "Effects of plant spine scene on large mammalian herbivores". *Oecologia* 68: 446-455

Fernandes GW.1994. "Plant mechanical defenses against insect herbivory". *Revista Brasileira de Entomologia* 38: 421-433

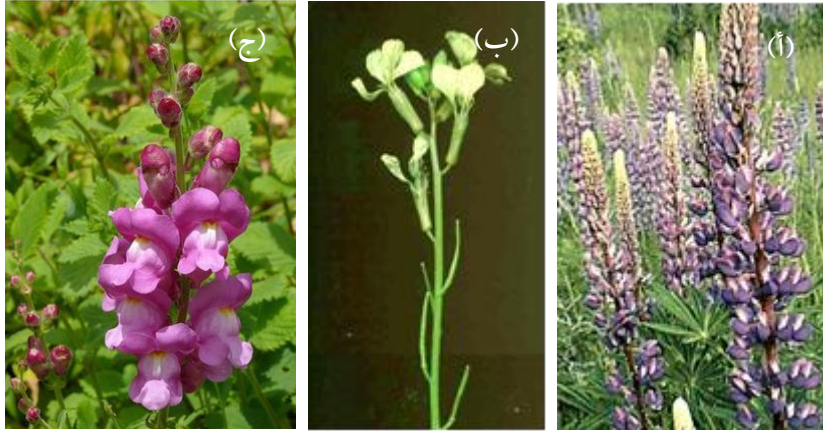
Hanley ME, Lamont BB, Fairbanks MM, Rafferty CM. 2007. "Plant structural traits and their role in anti-herbivore defense". *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 8: 157-178

Sarmiento RA, Lemos F, Dias CR, Kikuchi WT, Rodrigues JCP, Pallini A, Sabelis MW, Janssen A.2011. "A herbivorous mite down-regulates plant defense and produces web to exclude competitors". *PLOS ONE* 6: e23757. Schuman MC, Barthe IK, Baldwin IT. 2012. "Herbivory-induced volatiles function as defenses increasing fitness of the native plant *Nicotiana attenuata* in nature". *eLife*. 1: e00007.

الفصل الثامن: النورات

1. 8 النورات غير المحدودة

في النورات غير المحدودة يستمر البرعم الطرفي في النمو، وتعطي البراعم الزهرية الجانبية أزهار في تعاقب قمي؛ أي أن الأزهار السفلى أو الخارجية أكبر عمرا من الأزهار العليا أو الداخلية.



شكل 1. نورات غير المحدودة طويلة المحور الرئيس عنقودية بسيطة. (أ) الترمس؛ (ب) الجرجير؛ (ج) حنك السبع



شكل 2. نورة غير محدودة طويلة المحور الرئيس عنقودية مركبة كما في "العنب"

ولهذا تتفتح الأزهار من الخارج إلى الداخل؛ أي "ناحية المركز-

Centripetal"، وعندما يكون المحور الزهري مفلطح يتجه التفتح من الخارج إلى الداخل. وتصنف النورات غير المحدودة إلى ثلاث مجموعات رئيسية: المجموعة الأولى يستطيل فيها المحور الرئيس والثانية يتقزم فيه المحور الرئيس والثالثة يتفلطح فيه المحور الرئيس أو يتقعر أو يتحدب.

1. 1. 8. النورات غير المحدودة طويلة المحور الرئيس

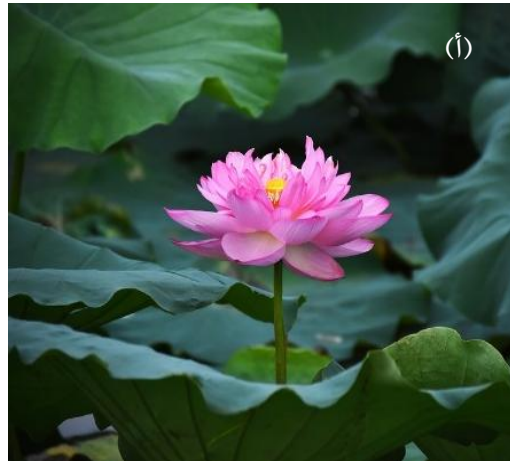
"النورة العنقودية-Simple raceme": يستطيل محور النورة العنقودية الرئيس، ويحمل عدد من الأزهار الجانبية المعنقة، وتحمل الأزهار السفلية أعناق أطول من الأزهار العلوية، كما في "الترمس" و "الجرجير" و"حنك السبع" (شكل 1). وعندما يتفرع المحور الرئيس إلى أفرع جانبية وتحمل الأفرع الجانبية أزهار تعرف النورة بالنورة "العنقودية المركبة-Panicle" كما في "العنب" (شكل 2).

إذا احتوت النورة على المحور الرئيس والأفرع الجانبية سمي المحور الرئيس والأفرع الجانبية "شمراخ زهري-Peduncle". وتسمى الأعناق التي تحمل أزهار النورة بالسويقة "زئيد-Pediceل". في حالة الأزهار الشعاعية يعرف العنق بالشمراخ الزهري أيضا. وعندما يتفلطح الشمراخ الزهري ويأخذ شكل المنصة المقعرة كما في "الخرشوف" (شكل 3) أو يأخذ شكل كمثري أو مجوف كما في "التين". أما الشمراخ الزهري غير المتفرع غير الورقي الذي ينشأ من السيقان الأرضية وتحيط به الأوراق الفلقية وينتهي بزهرة واحدة كما في اللوتس أو يحمل أزهار كثيرة كما في "البصل" يعرف "بالسويقة الجذرية أو عراق الريشة-Scape" (شكل 4).

السنبلة :يستطيل محور السنبلة الرئيس، وتتفتح الأزهار السفلي الأكبر مبكرا عن الأزهار العليا كما في النورة العنقودية، لكن الأزهار هنا جالسة، أي بدون أعناق كما في "عرف الديك" (شكل 5).



شكل 3. شمراخ زهري مفلطح كما في "الخرشوف"



شكل 4. عراق الريشة. (أ) "اللويس"، (ب) البصل

السنبيلات أو السنبلة المركبة: سنبال صغيرة بها زهرة أو زهيرات محدودة، مرتبة في السنبلة غير المحدودة، جالسة على



شكل 5. النورة السنبلة في "عرف الديك"



شكل 6. السنيبلات. (أ) القمح، (ب) الشعير

المحور الزهري الرئيس. وتحمل كل سنبلة عند قاعدتها حرشفتين دقيقتين أو قنابتين، تسميان عصيفتين فارغتين، أعلى منهما قليلا تحمل قنبه ثلاثة تسمى "العصيفة الزهرية-Lemma"، تقابلها أخرى

تسمى "قنابة داخلية-Palea". وتبقى كل زهرة من أزهار السنبلة مغلقة بالعصيفة الزهرية والقنابة الداخلية. وتترتب الأزهار والعصيفات في السنبلة في صفين متقابلين. تستطيل سنبيلات نباتات "الفصيلة النجيلية" كما في القمح والشعير (شكل 6).

"الهرة-Catkin": سنبلة ذات محور طويل متدلي، تحمل أزهار وحيدة الجنس فقط، مثل "الصفصاف" و"الحور" و"التوت" (شكل 7).
"الإغريضية-Spadix": سنبلة ذات محور عريض سميك، يغلفها قنابة لونها زاهي، تسمى الإغريض كما في نورة "البلح" و"ذيل القط" و"القلقاس" (شكل 8)، وتشيع في ذوات الفلقة الواحدة فقط.

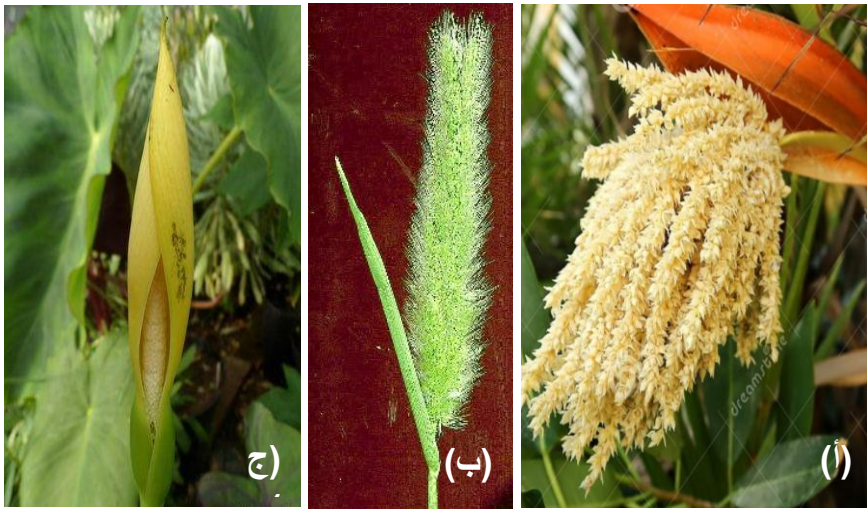
2. 1. 8 النورات غير المحدودة قصيرة أو متقزمة المحور الرئيس.

المشطية: في النورة المشطية يكون المحور الرئيس قصير نسبيا. وفي هذه النورة أيضا تكون الأزهار السفلى أعناقها أكبر من الأزهار العليا كما في "السوسن" و"المنثور" و"اللاتانا" (شكل 9)؛ لذا تبدو الأزهار عند نفس المستوى.

الخيمية: النورة الخيمية محورها الابتدائي قصير، يحمل عند قمته مجموعة من الأزهار ذات الخيمية، تنشأ كل زهرة من أبط قنابة، وتكون القنبات محيط يعرف بالقلافة. وقد تكون الخيمية متفرعة، ويحمل كل فرع عدد من الأزهار فتعرف بالخيمية المركبة كما في "الينسون-Ansie"، "والخلة" (شكل 10). نادرا ما تكون غير متفرعة، ويحمل المحور الرئيس الأزهار مباشرة.



شكل 7. النورة الهرة كما في "التوت"



شكل 8. النورة الإغريضة. (أ) "البلح"، (ب) "ذيل القط"، (ج) القلقلس



شكل 9. نورة مشطية كما في "الانتانا"



شكل 10. النورة الخيمية المركبة: (أ) الينسون؛ (ب) (ج) الخلطة



شكل 11. النورة الرأس أو الهامة كما في (أ) "دوار الشمس" و (ب) "كاسيا"

3. 1. 8. النورات غير المحدودة مفلطحة المحور الرئيس

"الرأس أو الهامة-Head or Capitulum": محورها الرئيس محدود،

مسطح، تقع عليه الزهيرات: الكبيرة من الخارج، والصغيرة من الداخل، وتتفتح الزهيرات الخارجية مبكرا عن الداخلية كما في "دوار الشمس". مع أن النورة تبدو كزهرة واحدة، إلا أنها تتكون من مجموعة كبيرة من الأزهار (الزهيرات) الجالسة، والزهيرات نوعان: "الزهيرات الشعاعية-Ray florets"، و"الزهيرات القرصية (أنبوبية)". وقد تتكون الرأس من نوع واحد من الزهيرات. ويحيط بالنورة محيط أو أكثر من القنابات الخضراء يعرف بالقلافة (شكل 11). وتشيع هذه النورة في "الفصيلة المركبة". كذلك، توجد في "السنت-Acacia" (شكل 11ب) وفي النباتات الحساسة، مثل: "الست المستحية-Mimosa".

8. 2 "النورات المحدودة - Cymose"

في النورات المحدودة، ينتهي المحور الرئيس بزهرة، وينتهي المحور الجانبي الذي ينشأ أسفل منه بزهرة طرفية أيضا، ولهذا يقف نموه، وقد تكون الأزهار معنقة أو جالسة. أما عن نشأة الأزهار في النورة المحدودة، فتنشأ الأزهار في تتابع "قاعدى-Basipetal"؛ أي الزهرة القمية الأكبر والزهرة الجانبية الأصغر، وتتفتح الأزهار "مركزيا-Centrifugal"؛ أي تتفتح من المركز في اتجاه الخارج. وقد تكون النورة المحدودة "وحيدة الشعبة-Uniparous"، أو "ثنائية الشعبة-Biparous"، أو "عديدة الشعب-Multiparous".

8. 2. 1 النورة المحدودة وحيدة الشعبة

في هذا النوع من النورات ينتهي المحور الرئيس بزهرة طرفية ويعطي فرع جانبي واحد ينتهي هو الآخر بزهرة طرفية. ويعطي



شكل 12. نورة محدودة وحيدة الشعبة. (أ) قوقعيه، (ب) عقريية



شكل 13. نورة محدودة ثنائية الشعبة



شكل 14. نورة محدودة متعددة الشعب

كل من الفرع الرئيس والفرع الجانبي والأفرع التالية فرع واحد فقط. لذا يشاهد نوعان من النورات المحدودة وحيدة الشعبة "قوقعيه-Helicoid" ووحيدة الشعبة "عقريية-Scorpid" (شكل 12). عندما تنشأ الفروع الجانبية على نفس الجانب والقنابات على

الناحية الأخرى، ومن ثم يبدو المحور في شكل المنحنى؛ لذا تسمى بالنورة وحيدة الشعبة القوقعية كما في "البيجونيا"، السمار والعديد من النباتات التي تنتمي للفصيلة "الباذنجانية". أما عندما تخرج الأفرع من الجهتين على التوالي، ويبدو المحور مستقيما أو متعرجا كما في نورة "الكتان".

2. 2. 8 النورة المحدودة ثنائية الشعبة

في هذا النوع من النورات يحمل المحور الأصلي فرعين جانبيين، ينتهي كل منهما بزهرة؛ أي تحمل النورة ثلاث. ازهار، وتسمى النورة في هذه الحالة نورة محدودة ثنائية الشعبة بسيطة أما في النورة المحدودة ثنائية الشعبة المركبة فتستبدل الزهرتان الجانبيتان بنورتين محدودتين ثنائيتي الشعبة، وقد يتكرر هذا النسق من التفرع عدة مرات كما في الجهنمية-"Bougainvillea" (شكل 13).

3. 2. 8 النورة المحدودة عديدة الشعب

في هذه النورة، يخرج أكثر من فرعين يحيطين بالزهرة الوسطى وينتهي كل منهم بزهرة كما في "الكافور" و"العشار" و"الجارونيا" (شكل 14). وتتميز هذه النورة عن الخيمية بأن الأزهار الأكبر عمرا تقع في وسط النورة بعكس الخيمية حيث تقع أكبر الأزهار للخارج.

8. 3 "النورات المختلطة والمركبة - Compound and Mixed forms"

1. 3. 8 المختلطة

يتفرع المحور الرئيس بالطريقة غير المحدودة، بينما تتفرع الفروع الجانبية بالطريقة المحدودة أو العكس كما في "الفصيلة الزيتونية" (شكل 15) حيث يحمل الفرع الأصلي نورة غير محدودة وتحمل الأفرع الجانبية نورات محدودة.

كذلك في "الفصيلة البوراجينية" نجد النورة الأصلية عنقودية وافرعها وحيدة الشعب. وفي "العنب" يحمل الفرع الاصلي نورة عنقودية (شكل 2) بينما تحمل الأفرع الجانبية نورات غير محدودة التفرع.

2. 3. 8 النورات المركبة

يتفرع المحور الرئيس إلى أفرع جانبية تحمل الأزهار. ويوجد أشكال مختلفة من النورات المركبة: عنقودية مركبة كما في "البونسيانا-*Delonix regia*", سنبلية مركبة كما في "القمح"، إغريضيه مركبة كما في "البلح" (شكل 16أ)، مشطية مركبة كما في زهرة "الاندلس-*Candytuft*"، مركبة خيمية كما في "الكزبرة-*Coriander*"، رأس مركبة كما في "زهرة شوك الجمل-*Echinops*" (16ب).

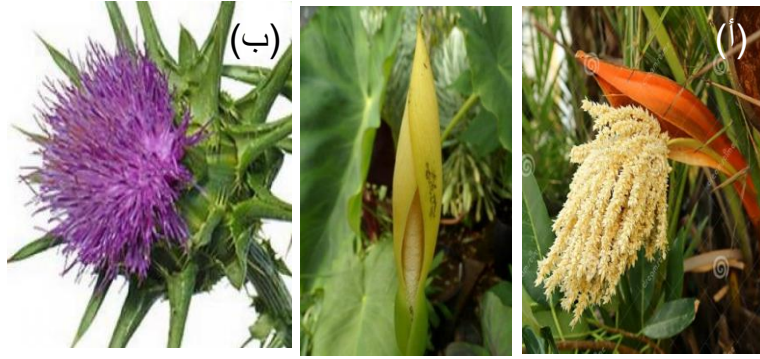
4. 8 أنواع أخرى من النورات

1. 4. 8 "النورة اللبئية-*Cyathium*"

نورة محدودة اختزلت اختزالا كبيرا بحيث تتركب النورة من زهرة واحدة مؤنثة تشغل طرف النورة يحيط بها خمس مجموعات من الازهار المذكرة، وكل مجموعة عبارة عن نورة محدودة عقرييه، وتوجد كل مجموعة أمام قنابة، ويحيط القنابات الخمسة بالنورة،



شكل 15. نورة مختلطة كما في "الزيتون"



شكل 16. نورات مركبة. (أ) إغريضيه كما في "البلح"، (ب) رأس كما في "شوك الجمل"



شكل 17. النورة اللبئية. (أ) اللبئية"، (ب) بنت القنصل

وتلتحم على هيئة كأس، وتتبادل مع هذه القنابات غدد هلائية الشكل في حالة "اللبئية- *Euphorbia peplus*" عددها أربع او ثلاث. أما في حالة "بنت القنصل" يوجد غدة كبيرة واحدة، وتتركب كل من

الازهار المذكرة من سداة واحدة (شكل 17).



شكل 18. النورة اللولبية كما في "الريحان"



شكل 19. النورة التينية

2. 4. 8 "النورة اللولبية-Verticillate"

النورة اللولبية نورة محدودة مركبة، أعناق أزهارها قصيرة جدا لدرجة أنها تبدو جالسة، وتتركب من نورتين متقابلتين، يخرج كل

منها من إبط ورقة على ساق، ثم تتفرع كل نورة إلى شعبتين، وبذلك تحاط الساق بالنورتين إحاطة تامة كما في "الريحان" (شكل 18) وبعض أنواع الفصيلة الشفوية.

3. 4. 8. "النورة التينية-Syconium"

في النورة التينية يكون محور النورة أو الشمراخ شحميا مجوفا، توجد بداخلها الأزهار، ويتصل داخل النورة بالخارج عن طريق فتحة في أعلى النورة غالبا ما تغطي بورقة صغيرة، وعن طريق هذه الفتحة تدخل الحشرات التي تقوم بعملية التلقيح، والأزهار التي تحملها النورة التينية عادة وحيدة الجنس (شكل 19).

المراجع

Benlloch R, Berbel A, Serrano-Mislata A, Madueno F. 2007. "Floral Initiation and Inflorescence Architecture: A Comparative View". *Annals of Botany* 100: 659-676

Guertin P, Barnett, L, Denny EG, Schaffer SN. 2015. USA National Phenology Network Botany Primer. USA-NPN Education and Engagement Series 2015-001

Kirchoff BK, Claßen-Bockhoff R. 2013. "Inflorescences: concepts, function, development and evolution". *Annals of Botany* 112: 1471-6

Schultz EA, Haughn GW. 1991. "LEAFY, a Homeotic Gene That Regulates Inflorescence Development in Arabidopsis". *The Plant Cell* 3: 771-781

Shannon S, Meeks-Wagner DR. 1993. "Genetic Interactions That Regulate Inflorescence Development in Arabidopsis". *The Plant Cell* 5: 639-655

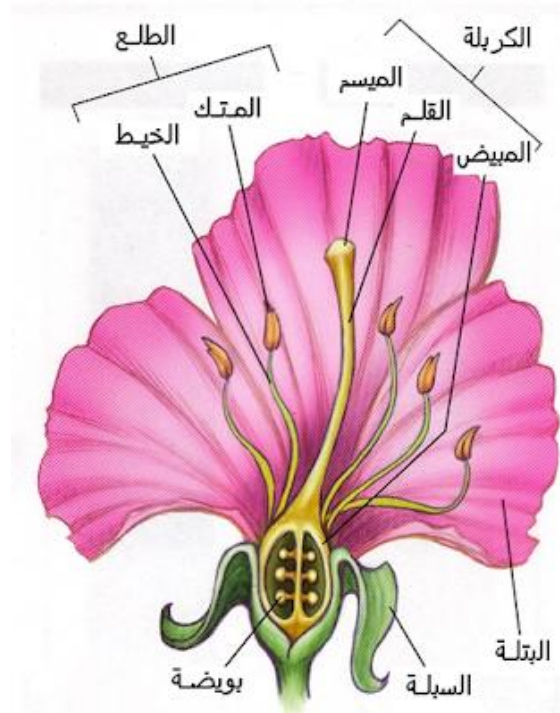
Tucker SC, GrimesJ. 1999. "The inflorescence: Introduction". *The Botanical Review* 65: 303-316

Wyatt R. 1982. "Inflorescence Architecture: How Flower Number, Arrangement, and Phenology Affect Pollination and Fruit-Set". *American Journal of Botany* 69: 585–594

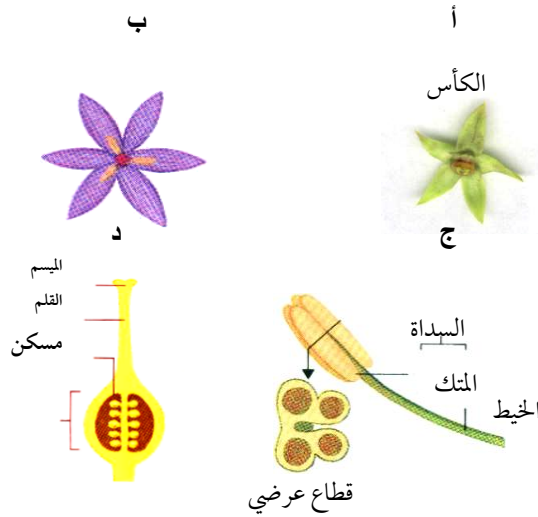
الفصل التاسع: الزهرة

الزهرة ساق متحورة ذات نمو محدود، تحمل أعضاء التكاثر "الأسدية - Stamens" أو "صغرية الأبواغ - Microsporophyll" و"الكرابل - Carpels" أو "كبيرة الأبواغ - Megasporophyll" أو أيا منهما فقط، إضافة إلى محيطين مساعدين أو غير أساسيين. الكأس والتويج وأحيانا تحتوي على محيط من المحيطين غير الأساسيين أو تخلو من كلاهما (شكل 1). وظيفيا، الزهرة عضو النبات المسئول عن التكاثر الجنسي. وتتكون الزهرة الكاملة أو المثالية من أربع محيطات: محيطان سفليان غير أساسيان-الكأس والتويج ومحيطان علويان أساسيان-الطلع والمتاع (شكل 2 أ و ب). وعندما يستحيل التفرقة بين الكأس والتويج يطلق عليهما معا "الغلاف الزهري-Perianth". ويتكون الغلاف الزهري من أوراق زهرية تعرف "بالكأسجيات-Tepals". الطلع هو المحيط الزهري المذكر، ويتكون من الأسدية، وتتكون كل سداة من "خيط-Filament" و"متك-Anther" و"موصل-Connective". أما المحيط الزهري المؤنث فهو المتاع الذي يتكون من "المبيض-Ovary" و"القلم-Style" و"الميسم-Stigma".

تعرف الزهرة التي تحمل كل من الطلع والمتاع "بالزهرة الخنثى أو ثنائية الجنس-Bisexual-Hermaphrodite". أما الزهرة التي تحمل محيط واحد من المحيطات الزهرية الأساسية فتعرف "بالزهرة وحيدة الجنس-Unisexual". والزهرة وحيدة الجنس إما مذكرة إذا



شكل 1. الزهرة بمحيطاتها الأساسية وغير الأساسية



شكل 2. المحيطات الزهرية غير الأساسية والأساسية، وأجزاؤها المختلفة

كانت تحمل الأسدية فقط وإما مؤنثة إذا كانت تحمل الكرابل فقط. أما النباتات التي تحمل كل من الأزهار المذكرة والأزهار المؤنثة

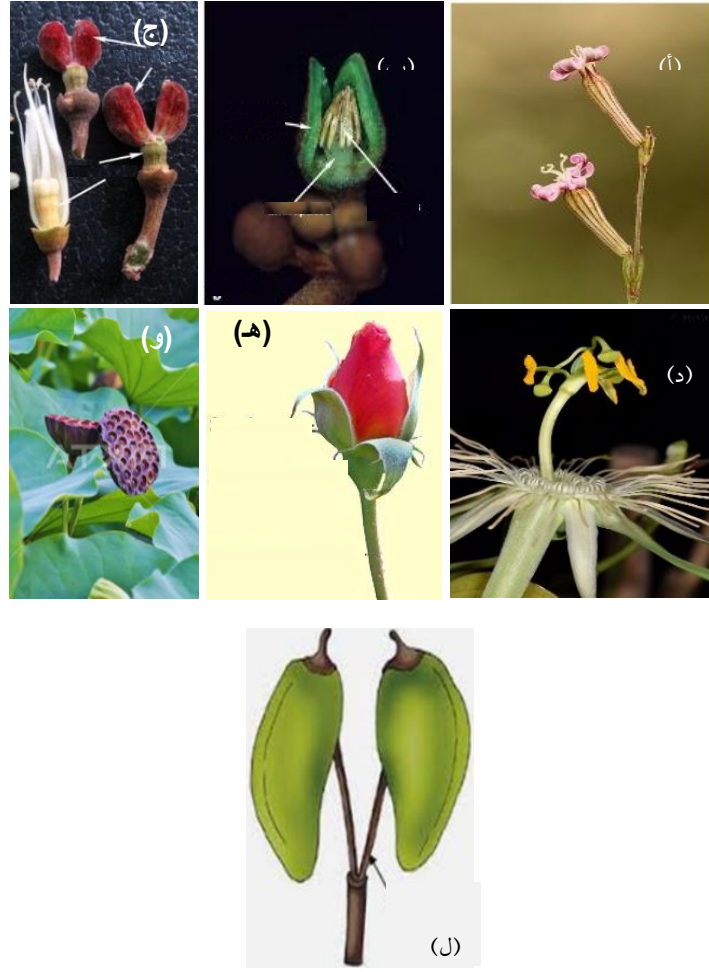
فتعرف بالنباتات "أحادية المسكن - Monoecious"، مثل: "النخل المروحي" و"التوت" و"الببو". من ناحية أخرى تعرف النباتات التي تحمل أزهار وحيدة جنس وأزهار خنثى وأزهار لاجنسية بالنباتات "متعددة الأمشجة - Polygamous"، مثل: "المانجو" و"العقدي - Polygonum". إضافة إلى ذلك، تعرف الأزهار التي تملأ من الكأس والتويج "بالأزهار العارية - Aclamydeous"، مثل "التامول - Betel"، بينما تعرف الأزهار التي يوجد بها محيط واحد من المحيطات غير الأساسية بالزهرة "وحيدة الغمد - Monochlamydeous"، مثل أزهار نبات "العقدي"، أما الأزهار التي تحتوي على المحيطين غير الأساسيين فتعرف بالأزهار "ثنائية الغمد - Dichlamydeous".

يقال للزهرة ملتفة أو حلقية إذا كانت السبلات والبتللات والأسدية والكرابل مرتبة في حلقات أو محيطات حول "كرسي الزهرة - Thalamus" كما في معظم الأزهار. ويقال لها غير ملتفة إذا كانت المحيطات الزهرية مرتبة مغزليا كما في "المانوليا" و"زنبق أو سوسن الماء"... الخ. وقد تكون الزهرة شبه ملتفة إذا كان بعض المحيطات ملتف والبعض الآخر غير ملتف كما في "الورد".

1. 9 كرسى الزهرة

1. 1. 9 شكل كرسى الزهرة

كرسى الزهرة أو "التخت-Receptacle or torus" هو النهاية المنتفخة المضغوطة للمحور الزهري التي تتصل بها الأوراق الزهرية، أي: السبلات والبتللات والأسدية والكرابل (شكل 3).



شكل 3. (أ) الحامل الزهري، (ب) حامل الطلع، (ج) حامل متاع، (د) حامل طلع ومتاع، (هـ) مقعر كمثري، (و) اسفنجي وقمي، (ز) حامل كربة



شكل 4. وضع الأوراق الزهرية على التخت. أ، زهرة سفلية؛ ب، زهرة علوية؛ ج، زهرة محيطية

وكرسي الزهرة قصير جدا في معظم الأزهار، إلا أنه يستطيل في

بعض الحالات المحدودة، ويظهر عليه بوضوح العقد والسلاميات. وفي "السيلين - *Silene*" تستطيل السلمية التي بين الكأس والتويج، ويطلق عليها "الحامل الزهري - *Anthophore*" (شكل 3أ). أما في "أبو قرن - *Gynandropsis*" و"زهرة الآلام" فتستطيل السلمية التي بين التويج والطلع بدرجة كبيرة وتعرف "بحامل الطلع - *Androphore*" (شكل 3ب). وفي "النقارة - *Drumstick*" يستطيل المحور بين الطلع والمتاع ويعرف "بحامل المتاع-*Gynophore*" (شكل 3ج). أما إذا استطالت السلمية بين التويج والمتاع والسلمية بين الطلع والمتاع فيعرفان "بحامل طلع ومتاع - *Androgynophore*" كما في "أبو قرن" (شكل 3د). ويختلف شكل وطبيعة كرسي الزهرة من زهرة إلى أخرى، فقد يكون لحمي ومطاول ويحمل الأوراق الزهرية في ترتيب مغزلي كما في "المانوليا"، وقد يكون مقعر كمثري الشكل كما في "الورد" (شكل 3هـ) أو إسفنجي وقمي الشكل كما في "اللوتس" (شكل 3و). وفي "البلسم" و"الينسون" و"الكسبرة" و"الكمون" و"جنس الغرنوقي - *Geranium*"... الخ يستطيل كرسي الزهرة لأعلى مكونا محور أسطواناني يحمل الكرابل في بادئ الأمر ثم تنفصل منه عند البلوغ يعرف "بحامل الكريلة - *Carpophore*" (شكل 3ل).

2. 1. 9 وضع الأوراق الزهرية على كرسي الزهرة

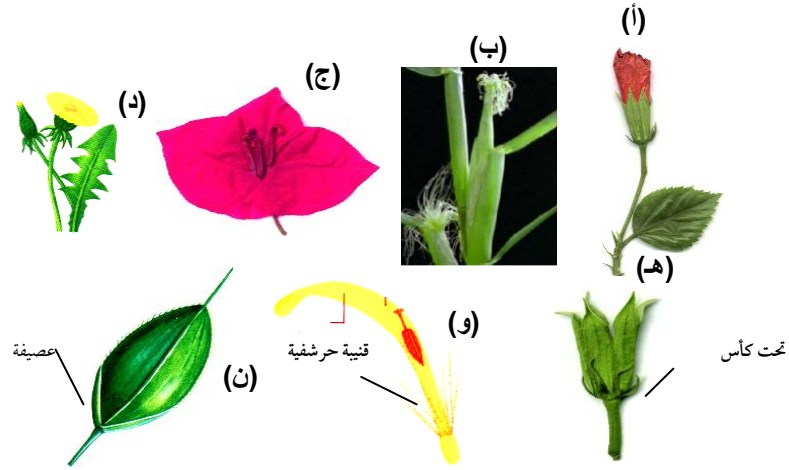
عادة يترتب الكأس والتويج والطلع والمتاع على كرسي الزهرة في تتابع محدد. لكن قد ينمو كرسي الزهرة بطريقة غير طبيعية فيختل هذا الترتيب وينتج عنه تباين في المواقع النسبية للثلاثة محيطات

الأولى (الكأس والتويج والطلع) بالنسبة للمبيض. وينحصر هذا التباين في ثلاثة أوضاع: سفلية ومحيطيه وعلوية (شكل 4).

الزهرة سفلية: في الزهرة السفلية يكون التخت مخروطي، محدب، أو مستوي أو مقعر قليلا، والمبيض يحتل أعلى نقطة من التخت؛ بينما تقع المحيطات الأخرى أسفل المبيض، لذا تعرف الزهرة بالزهرة السفلية ويعرف المبيض بالمبيض العلوي (شكل 4أ). ومن الأزهار السفلية زهرة "الورد الصيني" و"المانوليا" و"الباذنجان" و"الخردل".

الزهرة العلوية: في هذا النوع من الأزهار يكون التخت كأسيا أو قاروريا، وتختلف عن الزهرة المحيطية في التحام الكرابل مع بعضها والتصاقها بجدار التخت، مما ينتج عنه غلق فتحة التخت العلوية، ودفن المتاع في تجويفه، وظهور البتلات والأسدية أعلى المبيض. لذا يكون المتاع سفليا، والأعضاء الزهرية الأخرى علوية (شكل 4ب)، ومن هذه الأزهار زهرة "دوار الشمس" و"الخيار" و"التفاح" و"الكمثرى".

الزهرة المحيطية: في الزهرة المحيطية تنمو حافة التخت لأعلى مكونة تركيب يشبه الكأس، يسمى أنبوبة الكأس، يحيط بالمبيض لكنه غير ملتصقة به، ويحمل عند طرفه السبلات، والبتلات والأسدية. ويقال للمبيض في هذه الحالة بأنه نصف سفلي (شكل 4ج). وفي بعض الأزهار المحيطية يكون المبيض غارق جزئيا في التخت. ومن الأزهار المحيطية "الورد" و"المشمش" و"البلح" و"الخوخ" و"البسلة" و"الفول".



شكل 5. أشكال القنابات



شكل 6. زهرة "الورد" ويظهر بها التخت يعلو المحيطات الزهرية

9. 2 القنابات (Bracts)

القنابات أوراق خاصة يخرج من إبطها زهرة أو أكثر (شكل 5). في بعض الأحيان، يوجد على عنق الزهرة تركيب ورقي صغير أو حرشفي يعرف "بالقنبلة - Bracteole". وتتباين القنابات في الشكل والحجم واللون والعمر، وتشمل الأنواع التالية:

"قنابة ورقية - Foliaceous Bracts": القنابة الورقية خضراء اللون، منبسطة، تشبه الورقة في مظهرها كما في "الخطمية"(شكل 15أ).

"قناب قنوي-Spathe": القناب القنوي قناب كبير، يشبه الزورق، يحيط عنقود من الأزهار أو نورة ويعرف "بالقنو أو ازهارار طلعي- Spadix" كما في "الموز" و"البلح" و"النورة المؤنثة في الذرة".

"قنابة بتلية-Petaloid Bracts": قنابة زاهية اللون، تشبه البتلات لحد ما كما في "لؤلؤة الحديقة-الجهنمية" (شكل 5ج). وفي "البونسيطة-Poinsettia pulcherrima" القنابات حمراء اللون ذات شكل ورقي.

"القلافة-Involucre": تتكون القلافة من محيط أو أكثر من قنابات خضراء اللون، تحيط بعنقود من الأزهار. وتميز القلافة أفراد الفصيلة المركبة، مثل: "دوار الشمس" و"الينسون" و"الجزر" و"الكزبرة" (شكل 5د).

"فوق الكأس-Epicalyx": يتكون فوق الكأس من محيط أو أكثر من القنيبات التي تنشأ عند قاعدة الكأس. ويميز تحت الكأس أفراد "الفصيلة الخبازية"، مثل: "القطن" و"أصبع الست" و"الخطمية" (شكل 5هـ). كذلك يوجد تحت الكأس في العديد من النباتات التي تنتمي للفصيلة "الوردية"، مثل "الفراولة".

"القنيبة الحرشفية-Scaly Bracteole": توجد القنيبة الحرشفية

عند قاعدة كل زهيرة من زهيرات النورة الهامة أو الرأس التي تميز أفراد الفصيلة المركبة (شكل 5و). والقنيبة الحرشفية غشائية رقيقة، تشبه المثقاب.

"العصيفات-Glumes": العصيفات قنابات خاصة - صغيرة، جافة وحرشفية - توجد في سنيبلات النجيليات (شكل 5ن). تأخذ شكل حرشفتين دقيقتين صغيرتين تعرفان بالعصيفتين الفارغتين: العصيفة الزهرية وتعرف "بالقنابة السفلية-Lemma" والقنيبة وتعرف "بالقنابة الداخلية-Palea".

3. 9 منشأ الزهرة

منشأ الزهرة وتركيبها الظاهري والتشريحي يدلان أن الزهرة فرع متحور، نشأ من برعم خضري محور، وإن التخت هو محور هذا الفرع، والأوراق الزهرية: السبلات والبتللات والأسدية والكرابل هي أوراق. وقد استدل العلماء على ذلك بالأدلة التالية:

- يتكون تخت الزهرة من عقد وسلميات متقزمة جدا، نموها الطبيعي متوقف تماما. إلا أنه قد يستطيل في بعض الأزهار ويظهر عليه عقد وسلميات كما في نبات "زهرة الآلام"، و"أبوقرن-Gynandropsis" (شكل 3ب)، و"اللف- Capparis"؛ مما يؤيد الرأي القائل إن التخت فرع متحور.

- أحيانا، ينمو التخت نمو هائل، فيمتد أعلى المحيطات الزهرية حاملا أوراق خضرية عادية كما في بعض أزهار "الورد" (شكل 6) و"الكمثرى" و"العائق" و"الآذريون"، وهنا يتصرف التخت مثل الفرع

الخضري تماما.

- تشابه السبلات والأوراق في التركيب والشكل والتعرق. وقد تتحول إحدى السبلات إلى تركيب ورقي واضح ملون عادة أو أبيض أحيانا كما في "المسيندا -Mussaenda" (شكل 7). أما منشأ البتللات فما زال موضع جدل وخلاف. فالبعض

يرى أن البتللات ذات علاقة بالسبلات، بينما يرى البعض الآخر أن البتللات نشأت من الأسدية. ويؤيد الرأي الأول تشابه بتلات زهرة "الورد الأخضر" مع الورقة في اللون والتركيب. من ناحية أخرى لا يوجد وجه شبه بين الأسدية والكرابل من ناحية والورقة من ناحية أخرى. لكن يمكن استخلاص بعض أوجه الشبه بين الورقة وكل من الأسدية والكرابل في بعض الأزهار. فعلى سبيل المثال لا الحصر يوجد انتقال تدريجي من السبلات إلى البتللات ومن البتللات إلى الأسدية في زهرة "زنبق الماء" (شكل 8أ). وهذا يوضح أن السبلات قد تتحول تدريجيا إلى أسدية وأن الأسدية قد تتحول هي الأخرى إلى بتلات. وقد يتحول بعض أو معظم الأسدية إلى بتلات كما في بعض أنواع "الخطمية، مثل (*Hibiscus mutabilis*) (شكل 8ب).

- تشابه البرعم الزهري والبرعم الخضري في الموقع: قمي أو إبطي. كذلك فإن ترتيب السبلات والبتلات.... الخ على التخت يشبه إلى حد بعيد ترتيب الأوراق على الساق أو الفرع: سوري أو متبادل أو متقابل.

- عادة يحمل محور النورة الأزهار، إلا أنه في "الصبار الأمريكي



شكل 7. زهرة المسيندا



شكل 8. (أ) زنبق الماء، (ب) الخطمية



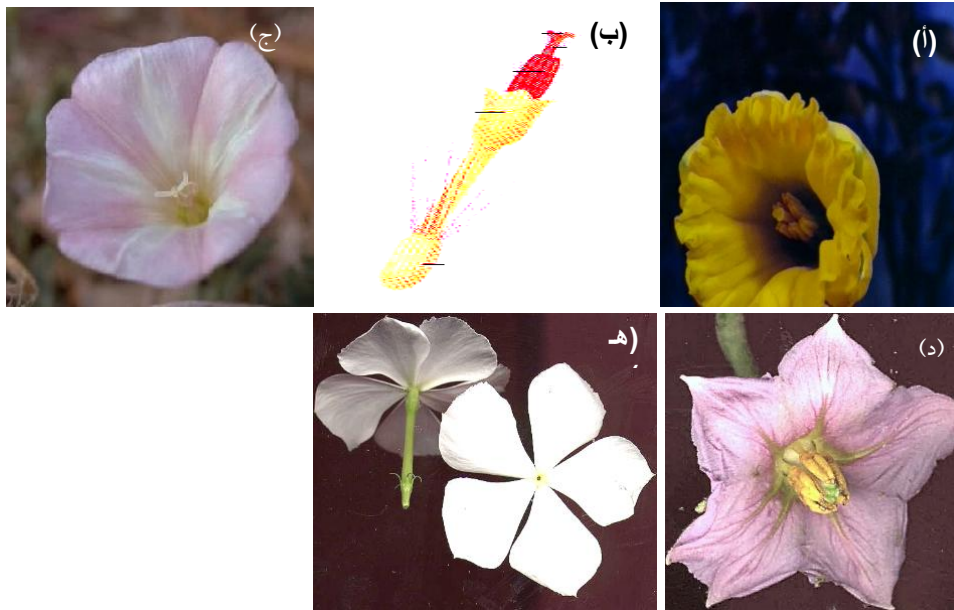
شكل 9. محور نورة "الأناناس" يحيطه سوار من البصيلات

“تتحور بعض البراعم الزهرية إلى براعم خضرية، تعرف بالبصيلات، تقوم بعملية التكاثر الخضري. كذلك يحمل محور نورة "الأناناس"

برعم أو أكثر من البراعم الخضرية أو البصيلات (شكل 9) ينحصر دوره في عملية التكاثر الخصري أيضا.



شكل 12. أشكال التويج المنتظم سائب البتلات. (أ) صليبي، (ب) قرنفلي، (ج) وردي



شكل 13. أشكال التويج المنتظم ملتحم البتلات. (أ) جرسى؛ (ب) أنبوبي؛ (ج) قمعى؛ (د) دولابى؛ (هـ) طبقي

4. 9 التناطر في الزهرة

يقال للزهرة متماثلة أو منتظمة إذا أمكن تقسيمها إلى نصفين متماثلين بأي قطاع رأسي يمر عبر مركزها، مثل زهرة: "الخردل" و"الداتورة" و"الباذنجان" و"العليق" و"الشطة" (شكل 10). أما إذا

أمكن تقسيم الزهرة إلى نصفين متشابهين بمقطع رأسي واحد فقط فتعرف بالزهرة وحيدة التناظر كما في "البسلة" و"الفول" و"الكاسيا" و"حنك السبع" و"الموهير الذهبي-Delonix". وإذا لم يكن في الإمكان تقسيم الزهرة إلى نصفين متماثلين بأي مستوى رأسي فتعرف بالزهرة غير المنتظمة كما في "زهرة الكنا" و"عصفور الجنة".

كذلك يقال للزهرة متماثلة إذا كانت محيطاتها (السبلات والبتللات والأسدية) تتكون من نفس العدد من الأوراق الزهرية أو إذا كان العدد في محيط ضعف العدد في محيط آخر وتعرف هذه الأزهار بالأزهار "متساوية الأجزاء-Isomerous". والأزهار متماثلة الأجزاء قد تكون ثنائية

الأجزاء أو ثلاثية أو رباعية أو خماسية طبقا لعدد الأوراق الزهرية في كل محيط: 2، 3، 4، أو 5 أو مضاعفتها. ويميز التماثل الثنائي والثلاثي أزهار ذوات الفلقة الواحدة، أما التماثل الخماسي والرباعي فيميز ذوات الفلقتين. وإذا اختلف عدد الأوراق الزهرية في المحيطات المختلفة كانت الزهرة "غير متجانسة الأجزاء-Heteromerous".

9. 5 "الكأس Calyx"

الكأس عادة أخضر، أحيانا ملونا. قد يكون منتظما أو وحيد التناظر أو غير منتظم. وقد يكون "سائب البتللات-Polysepalous" أو "ملتحم البتللات-Gamosepalous". قد يتحول الكأس إلى "زغب-Pappus" كما في الفصيلة المركبة. كذلك، قد تتحول إحدى السبلات إلى ورقة

كبيرة، غالبا صفراء أو برتقالية، وأحيانا قرمزية أو بيضاء كما في "المسيندا".

"العمر-Duration": إذا سقط الكأس مبكرا يعرف بالكأس "مبكر السقوط-Caducous" كما في "الخشخاش-Poppy". أما إذا سقط عند ذبول الأزهار فيقال إنه كأس "نفضي-Deciduous". أما إذا بقي ملتصقا بالثمرة فيعرف "بالكأس الدائم-Persistent". والكأس الدائم قد يكون ذا مظهر ذابل كما في القطن أو قد يكون غاضا يانع كما في "الباذنجان" أو قد يكون منتفخ يحتوي الثمرة في جوفه كما في "كرمة المنطاد" و"عنب الثعلب-Gooseberry" وعنب الثعلب البري أو قد يكون لحمي لحد ما كما في "الكردية-Hibiscus sabdariffa" أو قد يكون لحمي وملون ويحيط بالثمرة إحاطة تامة كما في "الديورنتا".

9. 6 "التويج-Corolla"

التويج إما منتظم، أو وحيد التناظر، أو غير منتظم. وإما ملتحم البتلات أو سائب البتلات. والتحام البتلات قد يكون التحام كلي أو جزئي. لذا فالتويج متعدد الأشكال.

9. 6. 1 "أشكال التويج Forms of Corollas"

9. 6. 1. 1 التويج المنتظم سائب البتلات

"التويج الصليبي-Cruciform": يتكون التويج الصليبي من أربع بتلات سائبة، كل بتلة تتكون من ظلف ونصل. والأربع بتلات مرتبة على هيئة صليب كما في الفصيلة الصليبية، مثل بتلات: "الخردل"

و"الفجل" و"الكرنب" و"القرنبيط"(شكل 9 أ).

"**التويج القرنفلي-Caryophyllaceous**": يتكون التويج القرنفلي من خمس بتلات، كل بتلة ذات ظلف طويل نسبيا، وذات نصل عمودي على الظلف كما في "القرنفل" (شكل 9 ب).

"**التويج الوردي-Rosaceous**": يتكون التويج الوردي من خمس بتلات، مثل التويج القرنفلي، لكن أظلافها قصيرة أو غير موجودة على الإطلاق، وأنصالها منتشرة بانتظام للخارج كما في "الورد"(شكل 12 ج).

2. 1. 6. 9 التويج المنتظم ملتحة البتلات

"**التويج الجرسى-Campanulate**": تويج يشبه الجرس، مثل تويج زهرة "عنب الديب" وزهرة الجرسية" وزهرة "اللوبيليا" وزهرة "الكامبانيولا" (شكل 13 أ).

"**التويج الأنبوبي-Tubular**": تويج أسطواني يشبه الأنبوبة، يمتد من القاعدة إلى القمة بانتظام إلى حد ما، مثل تويج الزهيرات المركزية "لدوار الشمس" (شكل 13 ب).

"**التويج القمعي-Funnel shaped**": تويج يشبه القمع كما في "الداتورة" و"ست الحسن" و"العليق" (شكل 13 ج).

"**دولابي-Rotate**": تويج أنبوبيته ضيقة قصيرة، ونصله قائم على أنبوبيته، يشبه الدولاب إلى حد ما كما في "الياسمين" و"الباذنجان" (شكل 13 د).

"**طبقي-Salver shaped**": تويج أنبوبيته طويلة نسبيا مقارنة بأنبوبة

التويج الدولابي، والتويج ككل يشبه الطبق لحد ما كما في "الفنكا" (شكل 13هـ).

3. 1. 6. 9 التويج وحيد التناظر سائب البتلات

"التويج الفراشي-Papilionaceous": هذا التويج يشبه الفراشة في شكله العام. ويتكون من خمس بتلات، الخلفية منها كبيرة وتعرف بالعلم، والجانبين تعرفان بالجنابين، أما الأماميتان فملتحمتان التحاما خفيفا وتكونان الزورق الذي يوجد بداخله الطلع والمتاع، مثل: تويج "الفل" وتويج "البسلة" (شكل 11).

4. 1. 6. 9 التويج وحيد التناظر ملتحم البتلات

"التويج الشفوي-Bilabiate": في هذا التويج ينقسم النصل إلى جزأين أو شفتين - العليا والسفلى بينهما فجوة كالفم مفتوحة على مصراعيها، مثل تويج زهرة: "الريحان"، و"النعناع" و"البردقوش" و"الزعر" و"السلفيا" (شكل 15أ).

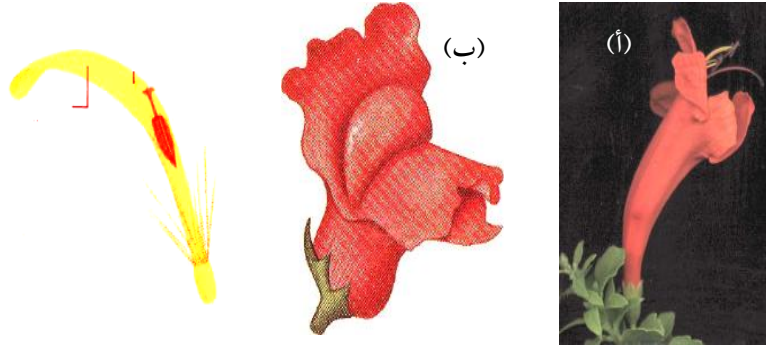
"التويج المقنع-Personate": يتكون التويج المقنع من شفتين، مثل التويج الشفوي، لكنهما منطبتان على بعضيهما انطباق محكم كما في "حنك السبع" (شكل 15ب).

"التويج اللسيني أو الشريطي أو الغشائي-Ligulate or Strap shaped": تويج جزؤه السفلي أنبوبي ضيق قصير، منبسط من أعلى مثل الشريط كما في تويج الزهيرات الخارجية "لدوار الشمس" (شكل 15أ).

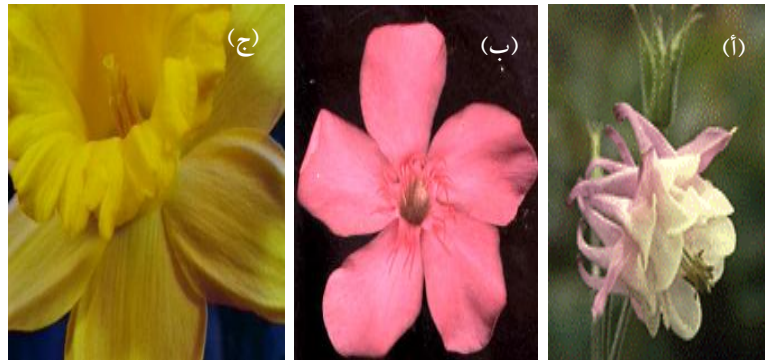
2. 6. 9 ملحقات التويج



شكل 14. شكل التويج وحيد التناظر سائب البتلات (الفراشي الشكل) في زهرة "البسلة"



شكل 15. أشكال التويج وحيد التناظر ملتحم البتلات. (أ) الشفوي، (ب) المقنع، (ج) اللسيني



شكل 16. ملحقات التويج. (أ) المهماز، (ب) الكرونا، (ج) كرونة "النرجس"

أحيانا يزود التويج أو الغلاف الزهري بنموات خارجية. ففي "حنك السبع" تتمدد أنبوبة التويج على الجانب مكونة زائدة تشبه الجيب

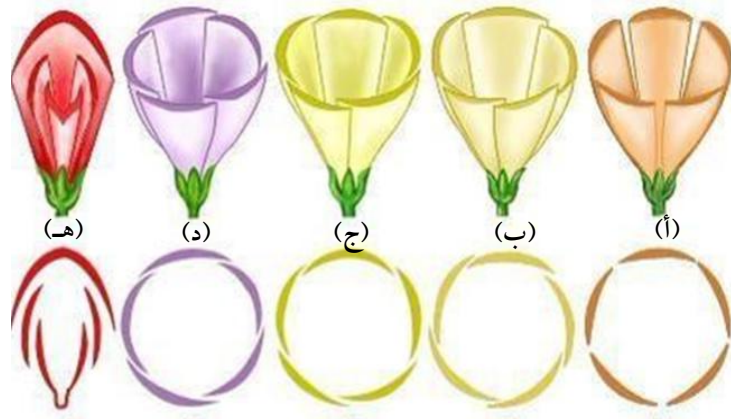
أو الكيس تعرف "بالأحدب-Gibbous" (شكل 15ب). أما في "البلسم" و"أبوخنجر-Garden nasturtium" و"العائق" و"الأوركيدات" فيمتد الغلاف الزهري في صورة أنبوبة تعرف بالمهماز، ومن ثم يعرف التويج بالتويج المهمز أو ذو المهماز (شكل 16أ). أحيانا عند شق التويج عرضيا يشاهد محيط إضافي عند حلق الزهرة، يتكون من فصوص أو حراشيف أو شعيرات سائبة أو متحدة تعرف بالكرونا أو التاج. والكرونا قد تكون واضحة كما في زهرة "الآلام" و"الدفلة" (شكل 16ب) و"الحامول". وفي "النجس" يوجد كورونا جميلة تشبه الكأس، تضيف جمالا إلى الزهرة وتلعب دورا رئيس في جذب الحشرات التي تقوم بعملية التلقيح (شكل 16ج).

3. 6. 9 "التربيع الزهري-Aestivation"

تعرف طريقة ترتيب السبلات أو البتللات بالنسبة لبعضها البعض الآخر بالتربيع الزهري. والتربيع الزهري صفة مهمة من الناحية التصنيفية، ومنه الأنواع التالية:

"الصمامي-Valvate": إذا كانت أعضاء المحيط الزهري متلامسة مع بعضها من حوافها أو إذا كانت قريبة من بعضها دون تداخل كما في "العشار" و"القشطة" (شكل 17أ). تعرف بالتربيع الزهري الصمامي. وقد يتحول هذا الترتيب بحيث تنشئ حواف السبلات أو البتللات إلى الداخل، وهنا يعرف "بالتربيع المنثني للداخل-Induplicate" أو قد تنطوي الحواف إلى الداخل فيعرف "بالتربيع الصمامي المطوي الحواف-Involute".

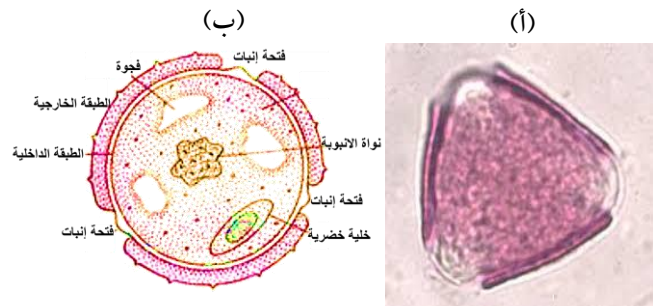
"الملتف-Contorted": إذا التفت إحدى حافتي السبلة أو البتلة



شكل 17. التربيعة الزهري. (أ)، مصراعي، (ب) ملتف عكس اتجاه عقارب الساعة، (ج) ملتف في اتجاه عقارب الساعة، (د) تراكب تصاعدي، (هـ) تراكب تنازلي، (و) كونسبي، (ن) بندي



شكل 18. متك عقيمة "زهرة الظهيرة - *Pentapetes*"



شكل 19. تركيب حبة اللقاح. (أ) تحت الميكروسكوب الضوئي، (ب) رسم تخطيطي

على حافة السبلة أو البتلة المجاورة، بينما غطى الحافة الأخرى طرف الورقة الزهرية المجاورة كما في "الورد الصيني" أو

"الخطمية"، أو "القطن"، الخ. وقد يكون التفاف البتلات في اتجاه عقارب الساعة أو في عكس اتجاه عقارب الساعة (شكل 17ب).

"الترتيب المترابك-Imbricate": وهو نوعان: "تصاعدي-Ascending imbricate" وفيه تكون حافتا الورقة الزهرية الأمامية ملتفتين حول الورقتين المجاورتين، بينما تكون حافتا الورقة الزهرية الخلفية مغلفة بحافتي الورقتين المجاورتين كما في بتلات تحت الفصيلة البقمية أو "تنازليا-Descending imbricate" وهو عكس الترتيب السابق، حيث تكون السبلة أو البتلة الخلفية هي التي تحيط باقي السبلات أو البتلات، بينما السبلة أو البتلة الأمامية هي المغلفة بالورقتين المجاورتين كما في أزهار تحت الفصيلة الفراشية (شكل 17ج).

"الترتيب الكونسي-Quincuncial": وفيه ورقتان زهرتان خارجيتان وورقتان داخليتان وورقة خامسة طرف منها خارجي والطرف الآخر داخلي (شكل 17 د).

"الترتيب البندي-Vexillary": والأزهار من هذا النوع يوجد بها خمس بتلات، الخلفية منهم كبيرة أو عريضة وتغطي معظم البتلتين الجانبيتين، وتحتوي البتلتان الجانبيتان بدورهما البتلتين الأماميتين الصغيرتين. ويوجد هذا الترتيب بصورة شائعة في تحت الفصيلة الفراشية، مثل "البسلة"، و"الفول" (شكل 17 هـ).

9. 7 الطلع (Androecium)

1. 7. 9 تركيب الطلع

يتركب من عدد من الأسدية أو "صغرية الأبواغ - **Micro sporophylls**". تتكون كل سداة من خيط ومنتك وموصل (شكل 2)، ويتكون المنتك من فصين، كل فص من غرفتين أو مسكنين، يسميان "كيسي اللقاح - **Pollen sacs or micro sporangia**": لهذا يحتوي كل متك أربع مساكن (شكل 2)، تملؤها "حبوب اللقاح أو الأبواغ - **Microspores**". في بعض الحالات قد يحتوي المنتك غرفة أو غرفتين. وبمقارنة المنتك بالورقة، فالخيط يماثل عنق الورقة، والمنتك يماثل النصل، والموصل يماثل العرق الوسطي. ويتصل

الموصل بظهر المنتك، وتمثل الناحية الأخرى وجه المنتك. ويوجد بالوجه أخدود طولي، يمتد من قمته إلى قاعدته. وإذا اتجه وجه المنتك جهة المتاع يعرف بالمنتك "المتفتح للداخل - **Introse**", إما إذا اتجه وجهه إلى الخارج فيعرف بالمنتك "المتفتح للخارج - **Extrose**". وفي بعض الأزهار قد يتجه بعض المنتك نحو المتاع والبعض الآخر نحو الخارج كما في أزهار "الزبدية" و"القرفة". وتعرف السداة الخالية من حبوب اللقاح "بالسداة العقيمة - **Staminode**" كما في "القرنفل" و"زهرة الظهيرة - **Pentapetes**" (شكل 18).

2. 7. 9 تركيب حبوب اللقاح

حبوب اللقاح حبوب دقيقة جدا، تشبه ذرات الغبار، يتراوح حجمها بين 10 و 200 ميكرون. وتتكون حبة اللقاح من خلية ميكروسكوبية، يتركب جدارها من ثلاث طبقات (شكل 19):

"**الطبقة الخارجية-Exine**": تتركب الطبقة الخارجية من مادة صلبة تسمى "سبوروبولينين - **Sporopollenin**", تعتبر أصلب مادة في الوجود. وهي أكثر المواد النباتية مقاومة للعوامل الجوية والكيميائية، حيث لا يؤثر فيها أقوى الأحماض، مما مكنها من البقاء بين الصخور دون تأثر محتفظة بشكلها وما عليها من زوائد وفتحات إنبات. ويختلف شكل هذه الطبقة من حيث الشكل والتركيب والسمك فهي إما سميكة جدا أو رقيقة جدا، وهي إما حبيبية الشكل ليس لها تركيب خاص، أو تتركب من أعمدة متراصة عمودية على سطح الورقة، تعرف "بالباكيولا - **Bacula**", وقد تنتهي هذه الباكبولات بتركييب تعرف "بالرؤوس - **Capita**", وقد تلتحم هذه الرؤوس مكونة أدمة خارجية تسمى "تيجلم - **Tegillum**" تخترقها فتحات الإنبات، وقد تتشكل هذه الأدمة بأشكال كثيرة تبعا لترتيب الباكبولات، فمنها ما هو شبكي المظهر، ومنها ما هو مرتب في صفوف متوازية (شكل 20). ويختلف الشكل الشبكي اختلافا كبيرا من حبة لأخرى تبعا لاتساع أو ضيق عيون الشبكة. وتقوم الطبقة الخارجية بحماية محتويات الحبة من الجفاف ومن المؤثرات البيئية الخارجية. ومن الملاحظ أن هذه الطبقة سمكها رقيق فوق فتحات الإنبات، مما يمكن أنابيب الإنبات من اختراقها للخارج بسهولة ويسر.

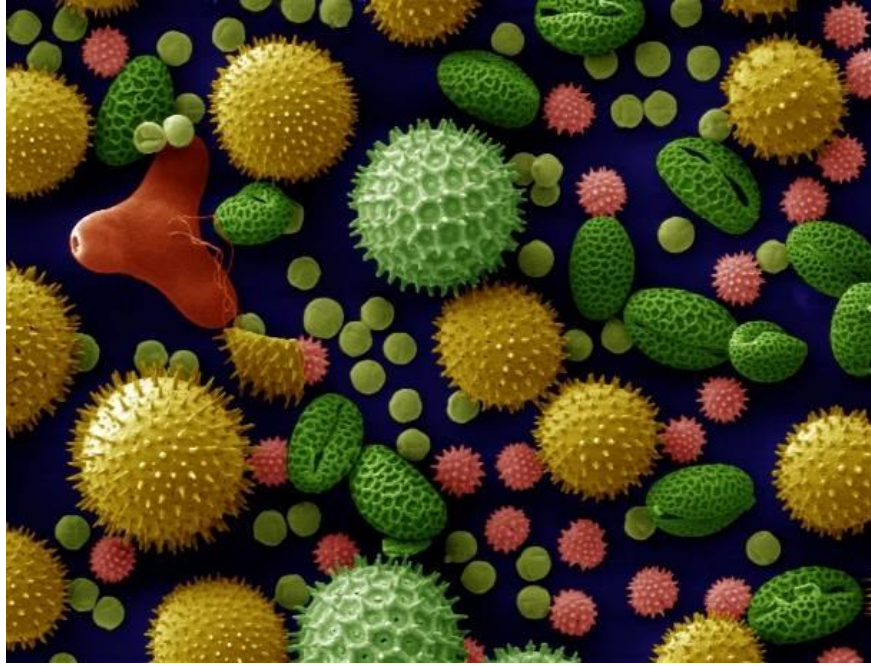
"**الطبقة الوسطى-Medine**": ثبت وجود هذه الطبقة في جميع حبوب اللقاح بدرجات متفاوتة. وتتميز هذه الطبقة بطبيعتها الهلامية البكتينية وبتوسطها في التركيب والوظيفة بين

الطبقتين الخارجية والداخلية. وتنحصر وظيفتها في حماية فتحات الإنبات من الجفاف وفي الحيلولة دون تعزق حبة اللقاح أثناء تمددها وانكماشها؛ نتيجة امتصاص الماء في الجو الرطب وفقدانه في الجو الجاف؛ وذلك لطبيعة تركيبها من طبقات متتالية من مادتين مختلفتين في التركيب والصلابة. كذلك يلاحظ أن هذه الطبقة غليظة تحت فتحات الإنبات عكس الطبقة الخارجية (شكل 19).

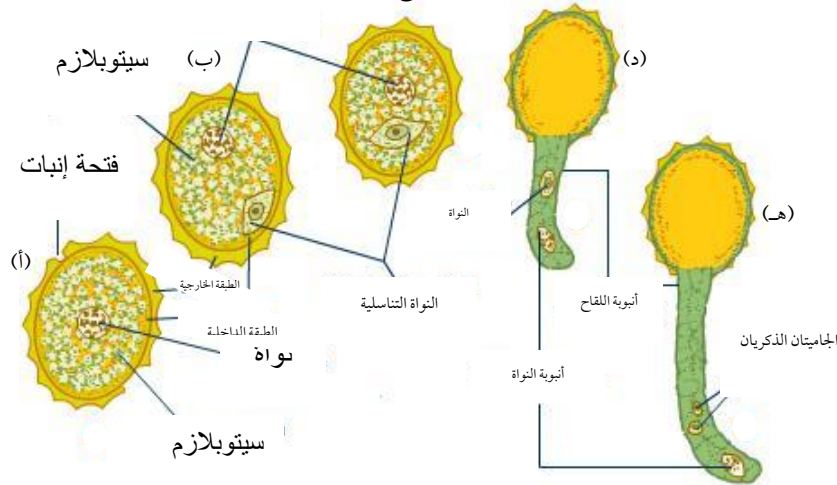
"الطبقة الداخلية-Intine": طبقة رقيقة سليلوزية تحيط بالبروتوبلازم إحاطة تامة. وعندما تنبت حبة اللقاح تنمو الطبقة الداخلية للخارج مكونة أنبوبة تعرف بأنبوبة اللقاح (شكل 21ا)، تبرز للخارج من خلال شقوق أو فتحات رقيقة وضعيفة تعرف "بفتحات الإنبات - **Germ Pores**", توجد في الطبقة الخارجية (شكل 21ب). أحيانا يغطي فتحات الإنبات غطاء مميز، يفتح إثر دفع أنبوبة اللقاح التي تنمو من الطبقة الداخلية. في بادئ الأمر تحتوي كل حبة لقاح نواة واحدة فقط، تنقسم فيما بعد إلى نواتين (شكل 21ب-ج)، الكبيرة منهما تعرف "بالنواة الخضرية - **Vegetative nucleus**" أو "نواة الأنبوبة - **nucleus Tube**", أما الصغيرة فتعرف "بالنواة التناسلية-**Generative nucleus**". ومع نمو أنبوبة اللقاح، تتحرك نواة الأنبوبة والنواة التناسلية عند قممها، وتتقدم نواة الأنبوبة النواة التناسلية (شكل 21د-ه). تنقسم النواة التناسلية فوراً وتعطي نواتين ذكريتين تعرفان بالجاميتين المذكرين. أما نواة أنبوبة اللقاح فتتحلل.

3. 7. 9 تطور أو نشأة حبوب اللقاح

في بداية نشأة المتك يظهر أربعة صفوف رأسية من خلايا ذات محتويات سيتوبلازمية كثيفة، صف في كل فص من فصوص المتك الاربع (شكل 22أ). تنقسم كل خلية من خلايا هذه الصفوف الأربعة إلى خلية داخلية كبيرة. "الخلية الجرثومية أو اللقاحية - **Archesporium cell or Sporogenous**", وخلية خارجية صغيرة تعرف "بالخلية الجدارية - **Parietal cell**" (شكل 22ب). تنقسم الخلية الجدارية مماسيا إلى طبقتين أو ثلاث (شكل 22ج). يعقب الانقسام المماسي سلسلة متتابة من الانقسامات القطرية، يتخلف عنها مجموعة من الخلايا تحيط بالخلية اللقاحية إحاطة تامة (شكل 22د). تبدأ الخلية اللقاحية في الانقسام بدورها مكونة مجموعة من الخلايا المركزية (شكل 22س). تنمو هذه الخلايا، ثم تتباعد عن بعضها، مكونة ما يعرف بخلايا أمهات اللقاح أو الجرثومة (شكل 17ش). وتعرف طبقة الخلايا الجدارية الداخلية التي تحيط بالخلايا اللقاحية مباشرة وبخلايا أمهات اللقاح فيما بعد بالنسيج المغذي (شكل 17ش). خلايا النسيج المغذي خلايا وتدية الشكل بها نواة أو أكثر. ويمد النسيج المغذي حبوب اللقاح بالغذاء أثناء النمو، ثم يتحلل في نهاية المطاف. تنقسم نواة كل خلية من خلايا أمهات اللقاح (شكل 22ص) انقسامين: الانقسام الأول اختزالي والثاني غير اختزالي، يترتب عليهما احتواؤها على أربع أنوية بها نصف عدد الكروموسومات (شكل 22ض - ط). تترتب الأنوية الأربعة على هيئة شكل رباعي السطوح



شكل 20. اشكال الطبقة الخارجية
نواة الأنثوية (ج)



شكل 21. حبوب اللقاح ونمو أنبوبة اللقاح. (أ) حبة لقاح، (ب-ج) قطاع في حبة اللقاح يبين نواة الأنثوية والنواة التناسلية، (د) أنبوبة اللقاح تخترق فتحة الإنبات، (هـ) نمو أنبوبة اللقاح

(شكل 22ظ)، ثم ينشق السيتوبلازم إلى أربع قطع واضحة، تحتوي كل قطعة نواة تعرف بخلايا اللقاح (شكل 22هـ). يختفي جدار الخلية الأمية (شكل 22و)، وتفرز كل خلية لقاح جدار خارجي سميك

(الطبقة الخارجية) وجدار داخلي رقيق (الطبقة الداخلية) وطبقة وسطى بينهما. تنفصل الخلايا البالغة الأربعة من بعضها وتكون أربع حبوب لقاح. في ذوات الفلقة الواحدة ينقسم السيتوبلازم بمستويين متعامدين على بعضهما ولا ينقسم على هيئة شكل رباعي السطوح كما في ذوات الفلقتين.

4. 7. 9 اتصال الخيط بالمتك

يوجد خمس طرائق رئيسة يتصل الخيط بها بالمتك. فيعرف المتك بالمتك "القاعدي-Basifixed" إذا اتصل الخيط بقاعدة المتك كما في "الخردل" و"الفجل"، ويعرف "بالظهري-Dorsifixed" إذا اتصل بالمتك من الخلف كما في زهرة "الآلام"، ويعرف بالمتحرك إذا اتصل بالمتك من الخلف في نقطة واحدة فقط، لذا يتأرجح بحرية في الهواء، كما في الفصيلة النجيلية، ويعرف "بالموصل العريض-Adnate"، إذا اتصل المتك بالخيط على طول استقامته كما في "المانوليا"، وقد ينمو الموصل ويستطيل فيفصل الفصين عن بعضهما كما في زهرة "السلفيا"، فتتحور السداة إلى رافعة من النوع الأول تحمل في كل طرف فص من فصوص المتك.

4. 8 "الالتصاق (التماسك) والالتحام - Cohesion and Adhesion"

يستخدم مصطلح الالتصاق للإشارة إلى التصاق أجزاء محيطات زهرية مختلفة، مثل: البتلات مع الأسدية أو الأسدية مع الكرابل. ويستخدم مصطلح الالتحام للإشارة إلى اتحاد أعضاء نفس المحيط، مثل: الأسدية مع بعضها والكرابل مع بعضها.

1. 8. 9. التحام الأسدية

قد تكون الأسدية منفصلة أو ملتحة. وتلتحم الاسدية بدرجات مختلفة فقد يكون الالتحام "التحام خيطي-Adelphous" إذا التحمت خيوط المتك فقط مع بعضها، وقد يكون "التحام متكّي-Syngenesious" إذا التحمت المتوك فقط مع بعضها، وقد يكون "التحام كامل-Synandrous" إذا التحمت كل من الخيوط والمتوك. ويوجد بالنباتات الأنواع التالية من الالتحام:

"متك وحيد الأنبوبة السدائية-Monoadelphous Stamens": عندما تتحد كل الخيوط في حزمة واحدة وتبقى المتك منفصلة، يقال للأسدية وحيدة الأنبوبة السدائية كما في الفصيلة الخبازية، مثل "القطن".

"متك ثنائي الأنبوبة السدائية-Diadelphous Stamens": إذا اتحدت الخيوط في حزمتين كما في "البسلة" و"الفول".

"متك عديد الأنابيب السدائية-Polyadelphous Stamens": إذا اتحدت الخيوط في أكثر من حزمة كما في "الخروع" و"الليمون".

"متك متحد المناسل السدائية-Syngenesious Stamens": إذا اتحدت المتك مع بعضها في أنبوبة وبقيت الخيوط حرة كما في "دوار الشمس".

"الأنبوبة الطلعية-Synandrous Stamens": إذا اتحدت الأسدية بالكامل: متوك وخيوط كما في "اليقطين" و"القلقاس".

2. 8. 9. التصاق الأسدية

تعرف الأسدية بالأسدية "فوق بتليه-Epipetalous" إذا التصقت مع التويج كليا أو جزئيا عبر خيوطها كما في "البطاطس" و"دوار الشمس"، وتعرف "بالفوق غلافية-Epiphyllous" إذا التصقت بالغلاف كما في الفصيلة "الزنبقية"، كما تعرف "بالخنثوية-Gynandrous" إذا اتحدت كليا بالكرابل أو إذا اتحدت متوكها فقط كما في "الأوركيدات" و"العشار".

3. 8. 9 "أطوال الأسدية Length of Stamens"

يوجد في أفراد الفصيلة "الشفوية" أربع أسدية: اثنان طويلان واثنان قصيران وتعرف مثل هذه الأسدية "بمختلفة الزوجين-Didynamous" كما في "الريحان". أما في الفصيلة الصليبية فيوجد ست أسدية: الأربعة الداخلية طويلة والاثنان الخارجيتان قصيرتان وتعرف مثل هذه الأسدية "برباعية الشدة-Tetradynamous" كما في "الفجل" و"اللفت". أحيانا يحمل نفس النبات أنواع مختلفة من الأزهار، بعضها به أسدية طويلة والبعض الآخر به أسدية قصيرة، وتعرف مثل هذه الحالة "بمزدوجة الهيئة أو الشكل-Dimorphic Stamens".

4. 8. 9 تفتح المتك

قد يتفتح المتك طوليا كما في "القطن" و"الداتورة"، أو عرضيا كما في "الريحان"، أو مسامي كما في "البطاطس" و"الباذنجان"، أو صمامي كما في "الكمون" و"الكافور".

9. 9 "المتاع-Gynoecium"

يتركب المتاع من كربلة أو أكثر. قد يتكون المتاع من كربلة واحدة فيعرف بالمتاع البسيط، وقد يتركب من كربلتين أو أكثر فيعرف بالمتاع المركب. والمتاع المركب قد يكون "سائب الكرابل-**Apocarpous**"، كما في "اللوتس" و"الورد"، وقد يكون "ملتحم الكرابل-**Syncarpous**" كما في "البطيخ" و"الكوسة".

يتكون المتاع من ثلاثة أجزاء: الميسم والقلم والمبيض (شكل 2). يحتوي المبيض على جسم أو أكثر يشبه البيضة، بيضوي أو شبه مستدير يمثل بداءة البذرة يعرف بالبويضات. تحتوي كل بويضة خلية بيضوية كبيرة تعرف بالكيس الجنيني. في بعض الأحيان يكون "المتاع عقيم-**Pistillode**". يتصل القلم بالمبيض، وقد يكون الاتصال طرفي أو جانبي أو قاعدي. وينشأ القلم القاعدي من منخفض مركزي يتوسط مبيض ذي فصوص أربع، ويبدو كأنه يخرج من قاعدة المبيض مباشرة كما في الفصيلة "الشفوية".

1. 9. 9 المبيض

الكربلة ورقة متحورة، استدل على طبيعتها الورقية من أزهار "البسلة" و"الفول"؛ حيث تحتوي الزهرة كربلة واحدة فقط. وتشبه هذه الكربلة ورقة انثنت على امتداد عرقها الوسطي وتلاقت حافتيها واندجتا مكونة غرفة واحدة. وتعرف منطقة الالتحام "بالجانب البطني-**Ventral suture**"، والعرق الوسطي الذي تنشئ على امتداده "بالجانب الظهري-**Dorsal suture**". وينشأ على الجانب البطني نتوء من الأنسجة يحمل البويضات يعرف "بالمشيمة-**Placenta**". ويتكون المبيض منفصل الكرابل بالطريقة السابقة، أما

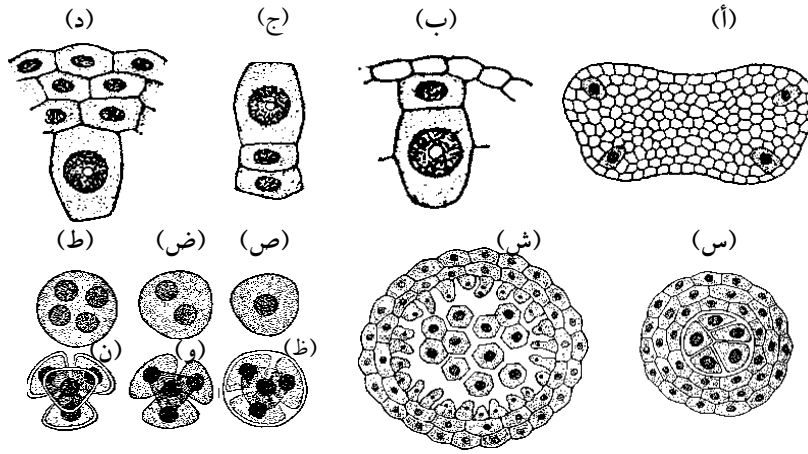
المبيض ملتحم الكرابل فتتحد كرابله بحوافها فقط، مكونة مبيض وحيد الغرفة كما في "الأوركيدات" و"الببو"؛ أو قد تنثني للداخل وتتلاقى حوافها في المركز مكونة مبيض عديد الغرف ذي محور مركزي كما في "السوسن" و"الورد الصيني". في عاريات البذور تبقى الكرابل منبسطة، وتنشأ البويضات عارية على امتداد حافتي الكربة المفتوحة، وبالتالي لا يوجد ميسم، و لا قلم، ولا مبيض.

2. 9. 9. المتاع ملتحم الكرابل

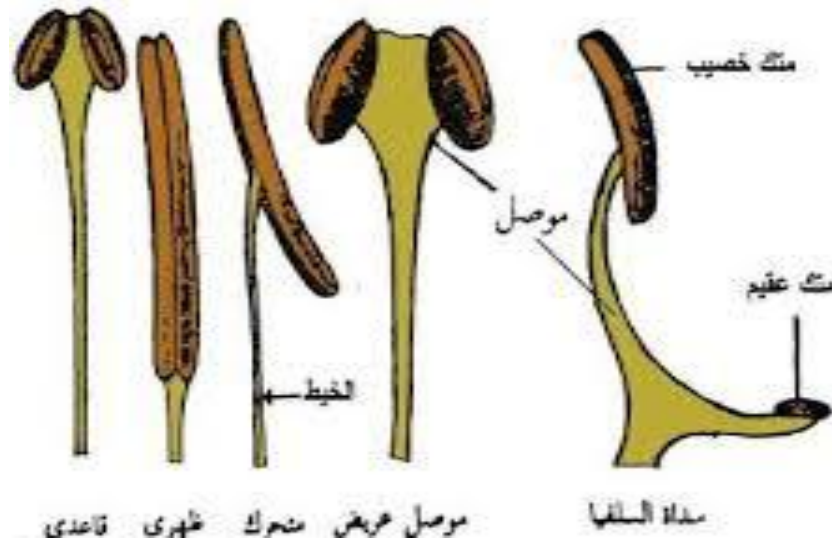
يصعب تحديد عدد الكرابل في المتاع ملتحم الكرابل. ويستدل على عدد الكرابل في المبيض ملتحم الكرابل من عدد المياسم أو الفصوص الميسمية أو عدد الأقلام أو عدد فصوص المبيض أو عدد غرف المبيض أو عدد المشيمة في المبيض أو عدد مجاميع البويضات في المبيض.

قد تكون الكرابل ملتحمة إما على امتداد طولها كما في معظم المتاعات ملتحمة الكرابل، وقد تكون متحدة في منطقة من المتاع فقط. فبعض الكرابل ملتحمة في منطقة المبيض فقط، مثل كرابل: "القرنفل" و"الكتان"؛ وبعضها ملتحم في منطقة المبيض والقلم، مثل كرابل "القطن"؛ والبعض الآخر ملتحم في منطقة القلم والميسم، مثل كرابل "الدفة"؛ والبعض ملتحم في منطقة الميسم والبعض ملتحم في منطقة القلم جزئياً كما في "العشار". المشيمة نتوء من الأنسجة البرانشيمية في جدار المبيض الداخلي تتصل به البويضات. وتنشأ المشيمات عادة على حواف الكرابل، إما على امتداد خط الالتحام، أو عند القاعدة أو

القمة. وتعرف الطريقة التي تتوزع بها المشيمات في تجويف المبيض بالوضع المشيمي.



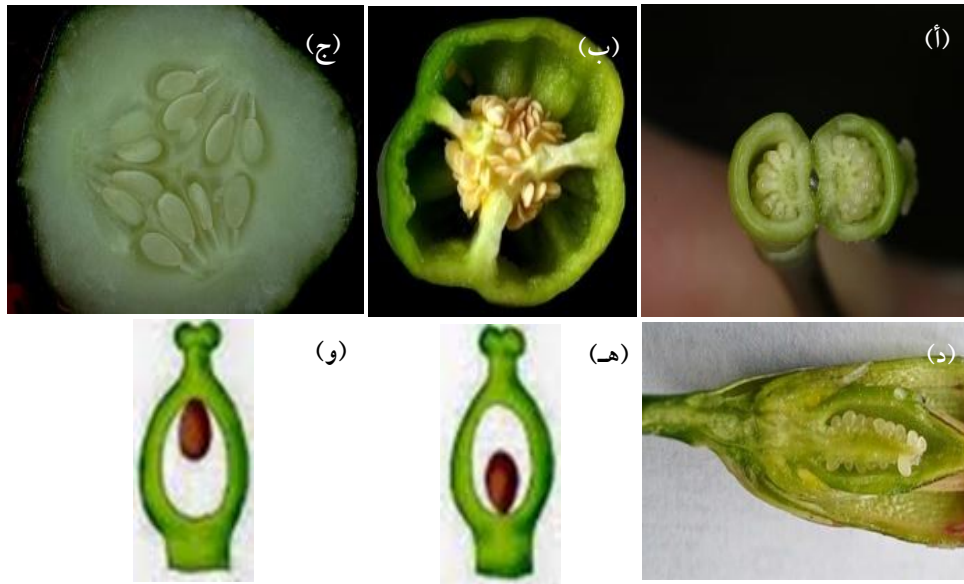
شكل 22. (أ - ش) نشأة كيس اللقاح، (ص - ن) نشأة حبوب اللقاح



شكل 23. الطرائق المختلفة لاتصال الخيط بالمتك

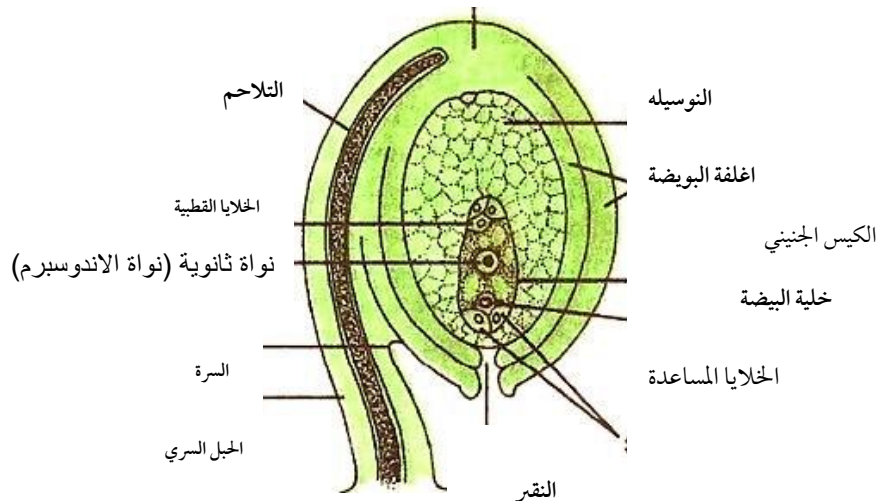
3. 9. 9 "الوضع المشيمي"

في المبيض البسيط يوجد نوع واحد من الأوضاع المشيمة يعرف بالوضع "المشيمي الحافي". وفي المبيض المركب يكون الوضع المشيمي محوري أو جداري أو مركزي أو قاعدي أو قمعي:



شكل 24. الأوضاع المشيمية المختلفة. (أ) حافي، (ب) محوري، (ج) جداري، (د) مركزي سائب، (هـ) قاعدي، (و) قمى

الكلازا



شكل 25. قطاع طولي في بويضة مقلوبة

الوضع المشيمي الحافي: في الوضع المشيمي الحافي يتكون المبيض من حجرة واحدة، تنشأ فيها المشيمة من على امتداد خط التحام حافتي الكربلة، أو ما يعرف بخط الالتحام البطنى، كما في تحت الفصيلة الفراشية، مثل: "البسلة" و"الحمص" و"الفول" و"الكاسيا" أو "المستحية" (شكل 24أ).

الوضع المشيمي المحوري: في الوضع المشيمي المحوري يتكون المبيض من غرفتين أو أكثر، تنشأ فيها المشيمة من المحور المركزي الذي يمثل ملتقى حواف الكرابل كما في "الليمون" و"البرتقال" و"أصبع الست" و"الطماطم" و"البطاطس" (شكل 24ب).

الوضع المشيمي الجداري: في الوضع المشيمي الجداري يتكون المبيض من غرفة واحدة، تنشأ فيها المشيمة الحاملة للبويضات من الجدار الداخلي للمبيض، نقطة تلاقى حواف الكرابل كما في "الخشخاش" و"الخشخاش الشوكي". ومع أن المبيض في الفصيلة الصليبية، مثل: "الخردل" و"الفجل" يتكون من غرفتين إلا أن الوضع المشيمي جداري أيضا. لكن من الملاحظ أن المبيض يتكون من غرفة واحدة في بادئ الأمر، سرعان ما ينشأ حاجز كاذب يقسمها إلى غرفتين، ومن الملاحظ أيضا أن البذور تبقى متصلة بإطار أو هيكل سلكي يعرف "بالحاجز الكاذب-Replum" (شكل 24ج).

الوضع المشيمي المركزي: في الوضع المشيمي المركزي تتحل الجدر الحاجزة في المبايض الصغيرة فورا وتصبح غرفة واحدة، وقد تشاهد بقايا الجدر في المبيض الناضج. أما المشيمة التي تحمل البويضات فتنشأ من محور مركزي كما في "القرنفل".

الوضع المشيمي المركزي السائب: في الوضع المشيمي المركزي السائب تنشأ المشيمة من قاعدة المبيض وتمتد لمسافة كبيرة في داخل تجويفه كمحور مركزي متشحم أو منتفخ، وتحمل البويضات على محيطها أو سطحها كله كما في زهرة "الربيع".

وحيث أن المشيمة طليقة في تجويف المبيض يعرف هذا الوضع المشيمي بالوضع المشيمي المركزي السائب (شكل 24د).

الوضع المشيمي القاعدي: في الوضع المشيمي القاعدي يتكون المبيض من غرفة واحدة تنشأ فيه المشيمة على التخت مباشرة، حاملة بويضة واحدة عند قاعدة المبيض كما في "دوار الشمس" (شكل 24هـ).

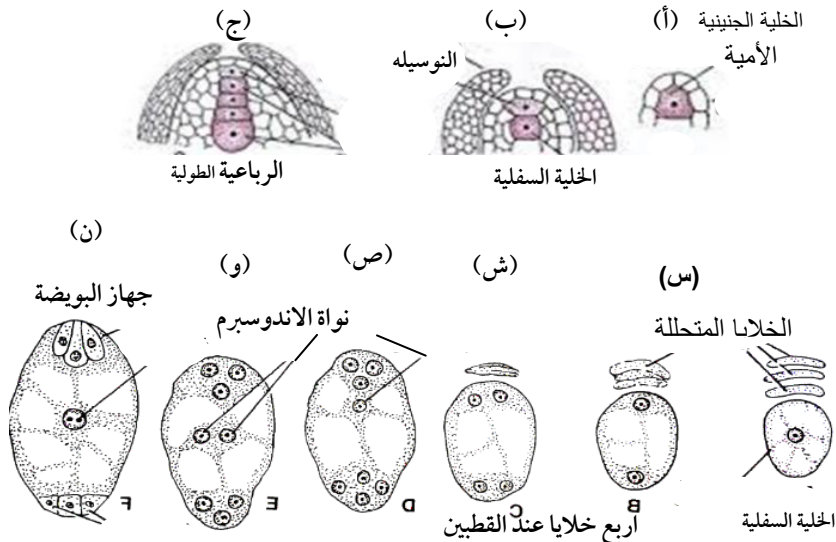
الوضع المشيمي القمي: في الوضع المشيمي القمي يتكون المبيض من غرفة واحدة، وتنشأ المشيمة على التخت مباشرة، حاملة بويضة واحدة عند قمة (شكل 24و).

9. 9. 4 البويضة

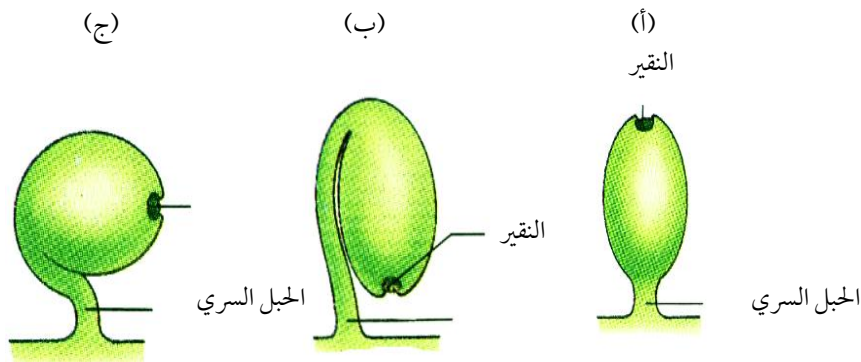
9. 9. 4. 1 تركيب البويضة

تتصل البويضة بالمشيمة بسويقة أسطوانية تعرف بالحل السري. وتعرف نقطة اتصال جسم البويضة بساقها أو الحل السري بالسرة. وفي البويضة المقلوبة يمتد الحل السري خلف السرة على امتداد جسم البويضة، مكونا نتوء يعرف "بالتلاحم-Raphe" (شكل 25). وتشكل النهاية العلوية للتلاحم منطقة اتصال أغلفة البويضة والنوسيله التي تعرف "بالكلازا-Chalaza". ويحيط "بالنوسيله-Nucellus" غلافان يسميان "بأغلفة البويضة-Integuments". لكن في بعض العائلات ذوات التويج منفصل البتلات يوجد غلاف واحد فقط. وفي النباتات الطفيلية، مثل: "خشب الصندل" و"اللورنتث" تغيب الأغلفة كلية. ويوجد عند قمة

الأغلفة فتحة صغيرة تعرف "بالنقير". أخيرا يوجد بالنوسيله ناحية الطرف النقيري خلية بيضة كبيرة تعرف بالكيس الجنيني، أي، الكيس الذي يحمل الجنين، والذي يعتبر الجزء المهم من البويضة.



شكل 26. نشأة الكيس الجنيني. (أ - و) مراحل تكوين الكيس الجنيني، (ن) الكيس الجنيني الناضج"



شكل 27. أشكال البويضات. (أ) مستقيمة، (ب) منعكسة، (ج) افقية

2. 9. 4. 9 نشأة وتركيب الكيس الجنيني

في بادئ الأمر، تنشأ البويضة كبروز أو نتوء صغير من المشيمة (شكل 26أ)، يحتوي خلية تعرف بالخلية الأمية لل كيس الجنيني، تزداد وضوحا في النوسيله (شكل 26ب). تزداد الخلية الأمية في الحجم، وتنقسم مرتين مكونة صف من أربع أبواغ كبيرة تعرف

بالرباعية الطولية (شكل 26ج). وقد لوحظ أن أحد انقسامي الخلية الأمية اختزالي والآخر غير اختزالي. لذا تحتوي الخلايا الأربعة نصف العدد الطبيعي للكروموسومات. تتحلل الثلاث خلايا الأعلى ويظهرن كقلنسوة داكنة (شكل 26د-س)، بينما تبقى خلية واحدة في حالة نشطة هي الخلية السفلية. تنقسم نواة الخلية السفلية وتتحرك النواتان البنويتان كل إلى قطب من قطبي الخلية (شكل 26س). ثم تنقسم ثانية، فتكونان أربع خلايا: اثنان عند كل قطب (شكل 26ش)، ثم تنقسم ثانية مكونة أربع خلايا عند كل قطب (شكل 26ص). يزداد الكيس الجنيني في الحجم، ثم تتحرك نواة من كل قطب ناحية الداخل، ثم تندمج النواتان القطبيتان في مكان ما في وسط الكيس الجنيني، مكونتين "نواة الإندوسبرم- **Definitive nucleus**" (شكل 26و). ثم تحيط كل نواة من الأنوية المتبقية عند الطرف النقيري، بجدار رقيق، مكونة "جهاز البيضة - **Egg apparatus**" (شكل 26ن). أما الثلاث أنوية في الجهة المقابلة عند الطرف الكلازي فتوجد في مجموعة أو في صف يحاط بها بدر رقيقة غالبا وتكون ما يعرف "بالخلايا القطبية- **Antipodal cells**" (شكل 21ن).

وتتميز خلايا جهاز البيضة إلى البويضة وخليتان أخريان تعرفان "بالخلايا المساعدة- **Synergids**". والخلايا المساعدة كمثريه الشكل لحد ما، أما خلية البيضة فأكبر منهما حجما وتقع أسفل منهما. وإثر التلقيح تعطي خلية البيضة الجنين، بينما تتحلل الخلايا المساعدة بعد التلقيح مباشرة أو قبله أحيانا أو أثناء عملية التلقيح

ذاتها. ويبدو أن الخلايا القطبية ذات وظيفة مغذية، ويحتمل أن تكون خلايا خضرية لطور مشيجي مؤنث مختزل إلى أبعد الحدود (في كاسيات البذور يعتبر الكيس الجنيني ذو الثماني أنوية الطور المشيجي المؤنث). وإثر الإخصاب تعطي نواة الإندوسبرم (شكل 26و) نسيج الإندوسبرم.

3. 4. 9. أشكال البويضات

البويضة المستقيمة: تعرف البويضة بالبويضة "المستقيمة-Orthotropus" إذا وقع الحبل السري والكلازا والنقير على نفس الخط الرأسي كما في "الحمض" والفصيلة الفلفلية (شكل 27أ).

البويضة المقلوبة: وتعرف "بالمقلوبة-Anatropous" إذا انحنت على امتداد الحبل السري مما يؤدي إلى وقوع النقير بجانب السرة ووقوع النقير والكلازا على خط مستقيم (شكل 27ب).

البويضة الأفقية: تعرف البويضة "بالأفقية-Amphitropus" إذا وقعت البويضة عرضيا بزاوية قائمة على ساقها أو الحبل السري كما في "الطحلب البطي" (شكل 27ج).

البويضة حدوة الحصان: وتعرف البويضة بحدوة الحصان، عندما لا يكون النقير والكلازا على نفس الخط المستقيم (ج) كما في العديد من أفراد العائلات التالية: العشارية والصليبية والقرنفلية والرمرامية و"النجليات".

5. 4. 9. وضع البويضة في المبيض

قد تكون البويضة علوية، أي تتجه لأعلى كما في "دوار الشمس"، أو بندولية، أي معلقة لأسفل من القمة كما في "الينسون"، و"الكسبرة؛ أو معلقة، أي تخرج من الجانب متجهة لأسفل بزاوية مائلة؛ أو أفقية، أي تتجه من الجانب إلى الداخل أفقياً.

المراجع

Chinese Academy of Sciences. 2018. Flowers originated 50 million years earlier than previously thought

Downie S, Robertson K. 2016. Digital Flowers: Floral Formulas. University of Illinois

Eames AJ. 1961. Morphology of the Angiosperms. New York: McGraw-Hill Book Co.

Greyson RI.1994. The Development of Flowers. Oxford University Press.

Leins P, Erbar C.2010. Flower and Fruit. Stuttgart: Schweizerbart Science Publishers

Lewis SK. 2007. Flowers Modern & Ancient. PBS Online

Prenner G. 2010. Floral formulae updated for routine inclusion in formal taxonomic descriptions. Taxon 59 :241-250

Sattler R. 1973. Organogenesis of Flowers. A Photographic Text-Atlas. University of Toronto Press

Sattler R.1978. Fusion' and 'continuity' in floral morphology. Notes of the Royal Botanic Garden, Edinburgh 36: 397-405

Sharma OP. 2009. Plant Taxonomy (2nd ed.). Tata McGraw-Hill Education. pp. 165-166

الفصل العاشر: التلقيح

10. 1 نبذة تاريخية

أجرى "كامرارييس" دراسات مطولة وعميقة على نباتات عديدة، مثل: "الذرة" و"الخروع" و"التوت". وانتهت به الدراسة في عام 1694م إلى الاستنتاج بأن التلقيح ضروري لإنتاج البذور. ويعتبر هذا الإعلان بمثابة الشرارة الأولى لدراسة تلقيح النباتات. كذلك استدل "كامرارييس" على وجود أعضاء تذكير وأعضاء تأنيث بالنبات. وعرف عضو التذكير بالسداة التي تتكون من الخيط والمك، كما عرف عضو التأنيث بالمتاع الذي يتكون من الميسم والقلم والمبيض. لكن لسوء الحظ، لم ترى أبحاث "كامرارييس" النور إلا بين نفر قليل من مريديه. وبعد ردحا من الزمن قام "كولريتر" (1764م - 1806م) بإجراء التلقيح لأكثر من ثلاثمائة وعشر زهرة من أنواع مختلفة وتوجت أبحاثه بالحصول- لأول مرة- على هجن صناعية أو أصناف جديدة، ويعتبر بحق أول عالم عرفته البشرية، يهجن النباتات تهجيناً صناعياً، وأول من لاحظ أن الحشرات والرياح لها دور رئيس في عملية التلقيح. بالرغم من ذلك، بقيت عملية الإخصاب التي تؤدي إلى إنتاج البذور في رحم الغيب حتى أبان اللثام عنها "كولريتر" الذي لاحظ أثناء الفحص المجهرى أن حبوب اللقاح عندما تسقط على الميسم تخرج منها مادة زيتية تختلط مع مادة زيتية يفرزها الميسم، وتخترق المادة المختلطة القلم، وتدخل المبيض، ومن ثم ينشأ الجنين. وقد كانت هذه النتائج فتحة جديد في مجال تلقيح

النباتات، وانكب العلماء أفراد وجماعات للكشف عن أسرار التلقيح، ومعرفة أسرارهِ. وفي عام 1793م نشر "كونريد سبزينجل" بحثاً لاحظ فيه أن موصفات أو تحورات الأزهار ذوا علاقة بعملية التلقيح الخلطي بواسطة الحشرات. كذلك، لاحظ أن الأزهار الخنثى والأزهار وحيدة الجنس قد هيأها الله- سبحانه و تعالى- للتكاثر الخلطي لا للتكاثر الذاتي.

2. 10 أنواع التلقيح

ما هو تعريف التلقيح؟ عرف التلقيح بأنه: "انتقال حبة اللقاح من متك زهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو زهرة أخرى من نفس النوع أو نوع تجمع بينه وبينها خصائص أو صفات مشتركة عبر وسطاء عديدين، مثل: الرياح والحشرات.. الخ". والتلقيح نوعان "تلقيح ذاتي- Autogamy"، و"تلقيح خلطي-Allogamy". والتلقيح الذاتي هو التلقيح الذي تنتقل فيه حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو من متك زهرة إلى ميسم زهرة على نفس النبات. وأحيانا يعرف التلقيح الذاتي الذي يحدث بين زهرتين على نفس النبات "بالتلقيح المسكني-Geitonogamy". ويلاحظ في التلقيح الذاتي أن الانسال الناتجة تنشأ من نبات أبوي واحد. ويعرف التلقيح الخلطي أو ما ما يعرف أحيانا "بالتلقيح الغريب-Xenogamy" بأنه التلقيح الذي يحدث بين زهرتين على نباتين منفصلين لنفس النواع أو نوع ذي علاقة وراثية به. في التلقيح الخلطي يشارك كلا الأبوين في النتاج أو الذرية؛ لهذا تكون صفات الانسال خليط من صفات الأبوين، وهذا يؤدي إلى أنسال لها

القدرة على التنافس من أجل البقاء.

1. 2. 10. التلقيح الذاتي

تتميز أزهار النباتات التي يكون فيها التلقيح تلقيا ذاتيا بالموصفات الآتية:

"تجانس الأمشاج-Homogamy": وتتميز هذه الأزهار بأنها خنثي، وأن أعضاء التذكير وأعضاء التأنيث بها تنضج في نفس الوقت. وفي هذه الحالة تنقل الحشرات أو الرياح حبوب اللقاح إلى ميسم نفس الزهرة. كذلك، قد تنتقل حبوب اللقاح نتيجة للانفجار المفاجئ للمتك. وبوصول حبوب اللقاح إلى الميسم يحدث التلقيح الذاتي.

"الإلقاح المغلق-Cleistogamy": يعض الأزهار الخنثى لا تفتح إطلاقا؛ لذا تسمى أزهار مغلقة ذات إلقاح ذاتي. ومن الأزهار التي شوهد فيها الإلقاح الذاتي الأزهار تحت الأرضية لنبات "الفول السوداني" وبعض أنواع "البنفسج" و"الحميض" و"السمار".

2. 2. 10. التلقيح الخلطي

يحدث التلقيح الخلطي عبر وسائل خارجية، مثل الحشرات (النحل، الذباب، الفراش) أو الحيوانات (الطيور، القواقع، الخ) أو الرياح أو الماء ويسود في الأزهار وحيدة الجنس. وهذه الأزهار بها من التحويلات والمواصفات ما يمكنها من التلقيح الخلطي.

"الإلقاح الحشري-Entomophily": يحدث هذا التلقيح في العديد من النباتات. وتتميز الأزهار حشرية الإلقاح بالعديد من المواصفات التي تجذب الحشرات، مثل اللون والريح والرائحة:



شكل 1. تحورات القنابات والإغريض الزهري، في بعض الأزهار؛ لتلبية احتياجات التلقيح بواسطة الحشرات. (أ) الماسندا، (ب) الجهنمية، (ج) بنت القنصل، (د) الموز



شكل 2. أزهار ذوو مهاميز

اللون: من أهم الصفات التي تميز الأزهار حشرية التلقيح لون البتلات الفاقع والمبهرج. وكلما كان لون الزهرة نيرا وشكلها

غير منتظم أمتها الحشرات. وفي الأزهار غير الواضحة حشرية التلقيح تتحور السبلات أو القنابات أو الإغريض الزهري إلى تراكيب ملونة فاقعة اللون تجذب الحشرات إليها. ففي نبات "الماسندا-Mussaenda" تتحور سبلة من السبلات إلى تركيب ورقي أبيض أو ملون، يعمل كمرشد لجذب الحشرات. وفي نبات "الجهنمية" (شكل 1) و"بنت القنصل" (شكل 1ب) تأخذ القنابات ألوان زاهية وجذابة تجذب الحشرات من مسافات بعيدة. أما في "الموز" فيتلون الإغريض الزهري لنفس الغرض (شكل 1ج).

الرحيق. تتميز الأزهار ملتحمة البتلات حشرية التلقيح إضافة إلى ألوانها الجذابة باحتوائها على الغدد الرحيقية التي تفرز الرحيق الذي يجذب الحشرات الماهرة، مثل النحل - أحيانا - يفرز الرحيق في تركيب خاص يسمى المهماز (شكل 2). ويوجد الرحيق - عادة - عند قاعدة أحد المحيطات الزهرية، وعندما يقوم النحل بجمعه من الغدد الرحيقية أو المهماز تلتقح الأزهار عرضيا.

الرائحة:. من المواصفات الأخرى التي تتصف بها الأزهار حشرية التلقيح رائحتها الشذية. مع ذلك، ليست كل الأزهار حشرية التلقيح، تبعث روائح جميلة، فبعض الأزهار تبعث رائحة كريهة، إلا أنها محبة لبعض الحشرات. كذلك فإن معظم الأزهار التي تتفتح ليلا التلقيح وتبعث رائحة جميلة تجذب الحشرات من مسافات بعيدة. وفي الليل عندما يبهت اللون تبقى الرائحة ذات أهمية خاصة في جذب الحشرات للأزهار. لهذا فالأزهار التي تتفتح ليلا أغلبها ذات رائحة جميلة. ومن الأزهار التي تتفتح ليلا "الياسمين" و"ملكة



شكل 3. (أ) نورة "أمورفوفيلس"، (ب) نورة "الوف - Arum"



شكل 4. نبات "شوكة آدم"

الليل-Cestrum"، الخ. أحيانا تكون رائحة الأزهار كريهة، تصيب بالغثيان، إلا أنها محبة جدا لبعض الحشرات الصغيرة. ومن الأزهار التي تبعث برائحة كريهة أنتن من رائحة اللحم الفاسد نورة "أمورفوفيلس" و"الوف-Arum"، وهذه الرائحة تجذب أسراب ذباب الجيفة الذي يتوسط عملية التلقيح.

حبوب اللقاح: تتميز حبوب لقاح الأزهار ذات التلقيح الحشري

بلزوجتها ونمواتها الخارجية الشوكية ومياسمها اللزجة غير المتفرعة. وتؤم الحشرات هذه الأزهار لتتغذى على حبوب لقاحها وعلى رحيقها؛ حيث أنهما غذاء جيد للحشرات أو لتستظل بها من المطر والشمس. وفي كلا الحالتين تحمل حبوب اللقاح على جسمها عرضيا وتنتقل بها من زهرة لأخرى فيحدث التلقيح الخلطي. التلقيح في نبات "شوكة آدم" (شكل 4): يلاحظ أن أزهار نبات "شوكة آدم" مهيأة للتلقيح الحشري، فأزهارها بيضاء ذات شكل بيضاوي، يحملها عنقود كبير، تفتح ليلا، ويصدر عنها رائحة مميزة. كذلك تمتد مياسمها خارج المتك، مما يجعل التلقيح الذاتي غير ممكن. وتتوسط عملية التلقيح أنثى "فراشة-Pronuba" التي تنشط ليلا (شكل 5). ويلاحظ أن عملية الإلقاح تبدأ بزيارة أنثى الفراشة الزهرة. يعقب ذلك قيام الحشرة بجمع حملا من حبوب اللقاح، تحمله على ظهرها. ثم تزور زهرة أخرى وعلى ظهرها ما حملت من حبوب اللقاح. ثم تحفر عدد من الحفر في جدار مبيض الزهرة، كل حفرة تسع -عادة- بيضة واحدة، مستخدمة حامل البيض الطويل في عملية الحفر، ثم تضع بيضة واحدة في كل حفرة. في نهاية عملية التبويض ترحل الفراشة إلى قمة الميسم وتضع حملها من حبوب اللقاح في منخفض الميسم، وتضغطه بلسانها. هنا تنتهي عملية التلقيح الخلطي بنجاح. بعد الإخصاب تنمو كل من اليرقات والبذور في تناغم زمني. من الجدير بالذكر أن اليرقات تتغذى على بعض البويضات، لا على كل البويضات. وعندما تنمو اليرقات إلى حشرات تشق طريقها للخارج



شكل 5. " فراشة - Pronuba "



شكل 6. بعض النورات كثيفة الأزهار. (أ) "دوار الشمس"، (ب) "السنت العربي"، (ج) "شويكة"



شكل 7. زهرة "حنك السبع" (أ)، نورة "التين" (ب)

عبر جدار الثمرة. يصاحب ذلك سقوط عدد من البذور عبر الحفر التي في جدار المبيض، إلا أن أغلبية البذور لا تتحرر إلا بعد تفتح الثمرة.

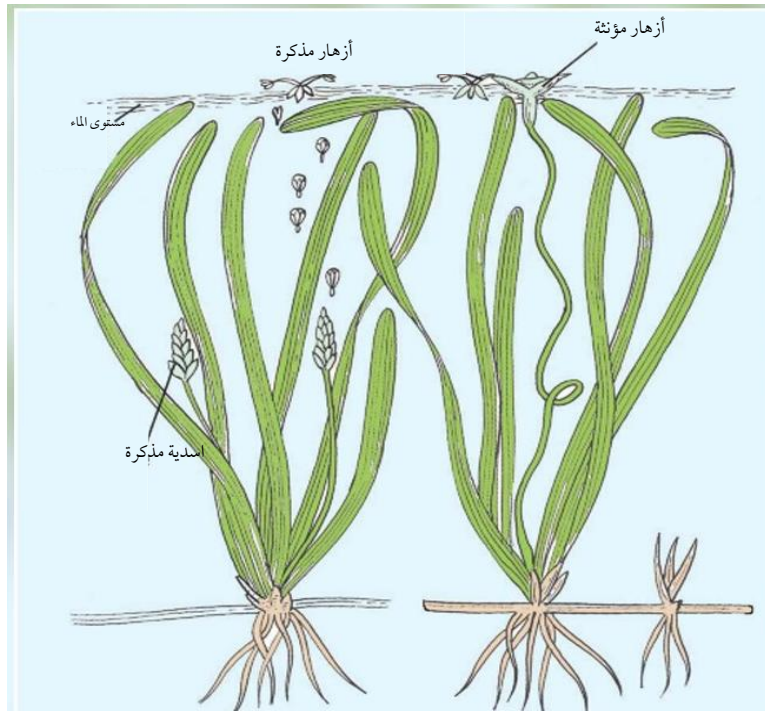
مواصفات خاصة: في "دوار الشمس" و"السنط العربي" و"شويكة"، تتجمع الأزهار الصغيرة، غير المتفتحة، في نورات، كثيفة الأزهار (شكل 6أ. ج)، فرص التلقيح فيها متساوية. وفي "حنك السبع" (شكل 5أ) والكتان العلجومي-*Linaria*، حيث التويج قناعي الشكل، لا تستطيع أي حشرة أن تدخل الزهرة إلا إذا كانت ذات حجم ووزن معين. أما الحشرات ذات اللسان الطويل، فلا تستطيع أن تقوم بالتلقيح إلا في حالة الأزهار ذات التويج طويل الأنبوبة.

في "التين"، تدخل الحشرات في تجويف الثمرة الذي يتكون من التخت اللحمي، عبر فتحة قميه ضيقة، وتحمل حبوب اللقاح أثناء زحفها البطيء على الأزهار وحيدة الجنس داخل التجويف (شكل 7ب). ويفشل التلقيح الذاتي في "التين"؛ لأن الأزهار المؤنثة التي تقع عند قاعدة التجويف تفتح مبكرا، بينما الأزهار المذكرة التي تقع قريبا من القمة تفتح متأخر أو بعد الأزهار المؤنثة، مما يجعل من الضروري نقل حبوب اللقاح من نورة إلى أخرى.

التلقيح في الفصيلة المركبة. بالرغم من أن أزهار الفصيلة المركبة متباينة الأشكال والتركيب، إلا أن آلية التلقيح الخلطي في هذه الفصيلة متجانسة لحد ما. فهذه النباتات تفرز الرحيق، من غدد رحيقية، حلقة الشكل، تقع حول قاعدة القلم، تحميها أنبوبة التويج، بصورة تامة. وتتباين أنبوبة التويج من زهرة إلى زهرة، فتسمح لحشرات بعينها بالوصول بجسدها أو بخرطومها إلى الرحيق والإرتشاف منه. وفي الأزهار الصغيرة يبرز القلم بميسميه المغلقين خلف أنبوبة المتك. وعندما ينضج المتك، يفرغ



شكل 8. أعضاء التذكير وأعضاء التأنث في نبات "الذرة"



شكل 9. التلقيح المائي في نبات "الكلوي"

حبوب اللقاح في أنبوبة المتك. هنا، يكنس القلم الشعري حبوب اللقاح ويدفعها إلى الطرف العلوي لأنبوبة المتك، ويخزنها هناك. فإذا دخلت حشرة الزهرة - في هذه المرحلة. يغبر جسدها بحبوب

اللقاح. وتطير الحشرة من زهرة إلى أخرى وتزحف من زهرة إلى زهرة حاملة حبوب اللقاح. يتمدد القلم أكثر ويتفتح ميسمه (غالبا الأكبر) ويظل الزهرة، فتتعرض أسطحه المستقبلية العلوية، وتستقبل حبوب اللقاح من الحشرات الزائرة. لهذا، تلقح أزهار نورات النباتات التي تنتمي للفصيلة المركبة بسرعة ويسر. في المتخلفات، أي: الأزهار التي لم تلقح، تعود المياسم إلى سابق عهده وتستقبل حبوب اللقاح من نفس الزهرة أو من الأزهار المجاورة. هذا يؤكد أن التلقيح قد يكون خلطي أو ذاتي. كذلك لوحظ أن أسدية نبات "العنبر-Centaurea" قابلة للإثارة، فعند ملامسة الحشرات الحاملة لحبوب اللقاح (أو أي شيء صلب) تنكمش وتتلولب أو تتحرك حركة لولبية تدفع بقوة حبوب اللقاح إلى قمة أنبوبة المتك.

التلقيح في "القصعين-Salvia". من طرق التلقيح الحشري الطريفة والمثيرة التلقيح في نبات "القصعين". ففي هذا النبات يتكون الطلع من سداتين، تتكون كل سداة من خيط وملك يتكون من فصين: فص علوي خصب وفص سفلي عقيم، يفصل بينهما موصل طويل مقوس، حر الحركة على الخيط. في الوضع الطبيعي يكون الموصل في وضع قائم. لكن عندما تدخل الحشرة أنبوبة التويج، تدفع الفص الخصب من كل سداة، فيدور الموصل حول محوره، فينزل الفص الخصب العلوي لأسفل، ويرتطم بظهر الحشرة ويغبرها بحبوب اللقاح. وحيث أن الزهرة مبكرة طلع، فعندما تنضج المياسم تنثني لأسفل وتلامس ظهر حشرة زائرة أخرى تحمل

حبوب اللقاح من زهرة أخرى، مما يؤدي إلى نجاح عملية التلقيح الخلطي.

10. 2. 3 "التلقيح بواسطة الرياح-Anemophily"

في بعض الحالات يتم التلقيح بواسطة الرياح. والأزهار "رياحية الإلقاح-Anemophilous" صغيرة غير متفتحة، غير ملونة. كذلك، لا تبعث أي رائحة، ولا تفرز رحيق، تعطي كمية هائلة من حبوب اللقاح، يفقد الكثير منها أثناء انتقالها من زهرة إلى أخرى. وحبوب اللقاح خفيفة جافة، مزودة بأجنحة -أحيانا- تساعد على الانتشار بواسطة الرياح كما في "الصنوبر"، مياسمها كبيرة نسبيا، متفرعة ريشية غالبا. من النباتات ذات الإلقاح الرياحي الذرة والقمح والشعير. ولتوضيح آلية التلقيح بالرياح سنلقي الضوء على التلقيح في نبات "الذرة".

التلقيح في الذرة: يحمل النبات عدد كبير من الأزهار المذكرة (السنبيلات) في عنقود زهري طرفي، يقع أسفل منه إغريض أو اثنان مؤنثان، يتدلى منه خصلة من خيوط دقيقة حريرية وطويلة؛ الأقلام. عند نضج المتك، تقذف السنبيلات بسحابة من حبوب اللقاح تشبه الغبار ترى بوضوح في محيط النبات. يقع بعضها في شراك المياسم البارزة إلى الخارج، فيحدث الإلقاح (شكل 8).

10. 2. 4 "إلقاح مائي أو التلقيح بواسطة الماء-Hydrophily"

قد يحدث التلقيح في بعض النباتات المائية، بصفة خاصة النباتات المغمورة تحت الماء، عبر وساطة الماء، كما في "نخشوش الحوت -

Ceratophyllum، و"الكلوي - *Vallisneria*". أما النباتات التي تحمل أزهارها فوق سطح الماء فالتلقيح فيها إما بواسطة الحشرات أو بواسطة الرياح. وتتميز الأزهار مائية الإلقاح بأنها صغيرة وغير متفتحة.

التلقيح في نبات "الكلوي": يتميز نبات "الكلوي" بأنه ثنائي المسكن مغمور في الماء. يحمل النبات المذكر عدد كبير من الأزهار المذكرة الدقيقة في إغريض صغير يحيطه القناب القنوي، ويحمله عنق قصير، بينما يحمل النبات المؤنث أزهار شعاعية مؤنثة عند سطح الماء. ينفجر القناب القنوي وتتحرر الأزهار المذكرة من الإغريض وتطفو على سطح الماء بينما لا تزال مغلقة؛ يتمدد غلافها الزهري فيكسبها القدرة على الطفو على سطح الماء (شكل 9). تلامس بعض الأزهار المذكرة الأزهار المؤنثة، فيفتتح المتك وتلتصق بعض حبوب اللقاح اللزجة بحواف وأسطح المياسم ثلاثية الشقوق التي تغلق عليها. بعد التلقيح يصبح عنق الزهرة المؤنثة ملولب مغزليا، فيسحب الزهرة المؤنثة إلى أسفل الماء. تنشأ الثمار وتنضج تحت الماء على ارتفاع قليل من القاع.

10. 2. 5 "إلقاح حيواني-Zoophily"

تعمل الطيور والسناجب والخفافيش والقواقع.... الخ كوسائل تلقيح جيدة؛ فعلى سبيل المثال، تحمل الطيور والسناجب - أحيانا - حبوب لقاح "شجرة المرجان-*Erythrina*" و"البومبكس أو القطن الحريري" و"البيجونيا"؛ ويحمل الخفاش حبوب لقاح "أنثوسيفلس أو ذو الرأس الزهرية-*Anthocephalus*" كما تحمل القواقع حبوب لقاح

بعض أنواع "الإرويدز-Aroids" وحبوب لقاح نبات "الكوبرا-Arisaema".

3. 10 مميزات ومساوئ التلقيح الذاتي والخلطي

من مميزات التلقيح الذاتي سيادته في الأزهار الخنثى شريطة نضج الميسم والكرابل في نفس الوقت. ومن مساوئه ضعف الذرية أو النّاج جيل بعد جيل. أما مميزات التلقيح الخلطي فتشمل المميزات التالية: (أ) الذرية الناتجة أكثر قوة من الأباء وقدرتها على التنافس على البقاء كبيرة؛ (ب) ينتج كمية كبيرة من البذور الحية؛ (ج) يمكن من خلاله الحصول على أصناف جديدة؛ (د) قدرة أنساله على التكيف مع البيئة عالية جدا. أما من مساوئ التلقيح الخلطي اعتماد النباتات على وسطاء خارجين لإتمام عملية التلقيح، وهذا مشكوك فيه لحد ما أو لا يقوم على أسس مؤكدة، حيث أن النباتات التي يجري فيها التلقيح الخلطي يحب أن تتميز بالعديد من المميزات التي تمكنها من جذب وسائل التلقيح المختلفة. أما في حالة النباتات التي يتم فيها التلقيح بواسطة الرياح فإن كمية كبيرة من حبوب لقاحه تفقد اثناء فترة التلقيح.

4. 10 وسائل التلقيح الخلطي

قد تمنع التحويلات التي تحدث في الأزهار التي يحدث فيها تلقيح خلطي، التلقيح الذاتي كليا أو جزئيا، وأهم هذه التحويلات ما يلي:

"أحادية الجنس-Dicliny": تتميز الأزهار التي تلقح تلقيح خلطي بأنها "منفصلة الجنس-Diclinous" أو وحيدة الجنس، يحمل ازهرها

المذكرة والمؤنثة نبات واحد أو نباتين منفصلين. وهذا يوضح وجود نباتات تحمل فيه الازهار المؤنثة والازهار المذكرة على نفس النبات وتعرف هذه النباتات بالنباتات "أحادية المسكن-Monoecious"، مثل "الذرة" و"الخروع"؛ ونوع آخر من النباتات تحمل فيه كل من الزهرة المذكرة والزهرة المؤنثة على نباتين مختلفين، ويعرف هذا النوع من النباتات بالنباتات "ثنائية المسكن-Dioecious"، مثل "النخيل" و"التوت".

"العقم الذاتي-Self sterility": يحدث التلقيح الخلطي في بعض النباتات؛ لأن حبوب لقاح نفس الزهرة ليس له القدرة على تلقيح ميسمها، وهذا ما يعرف بالعقم الذاتي. ويشاهد في بعض الاوركيدات، حيث أن حبوب لقاحها ذات تأثير ضار على ميسم نفس الزهرة؛ حيث أنه إذا وقعت حبة اللقاح على الميسم جف وسقط. ومن الأزهار الأخرى العقيمة ذاتيا، أزهار "الشاي" و"الخبيزة".

"تفاوت البلوغ-Dichogamy": في كثير من الأزهار الخنثى، ينضج كل من المياسم والمتوك في أوقات متفاوتة، وتعرف هذه الظاهرة بتفاوت البلوغ. وتمنع هذه الظاهرة عملية التلقيح الذاتي. فقد ينضج الطلع مبكرا عن المتك، لذا يستقبل الميسم حبوب اللقاح القادمة من زهرة أخرى وتعرف هذه الازهار "بمبكرة طلع-Protogyny"، ومنها "التين" وبعض أنواع "النخيل" و"السفرجل". وقد يبلغ المتك مبكرا عن ميسم نفس الزهرة؛ لذا تحمل حبوب اللقاح إلى ميسم زهرة أخرى، وتعرف هذه الأزهار "بمبكرة متاع-Progyny"، ومنها "دوار الشمس" و"الحميض" و"الورد"

و"الكزبرة" و"القטיפفة". مما هو جدير بالذكر فإن الأزهار مبكرة
الطلع أكثر شيوعاً من الأزهار مبكرة المتاع.



شكل 10. متغاير الأقسام ثنائي الصورة في نبات "الربيع". (أ) زهرة ذات
قلم قصير، (ب) زهرة ذات قلم طويل



شكل 11. التلقيح في نبات "القلب الدامي". (أ) القلم في وضع قائم،
(ب) الأسدية في وضع قائم، والقلم متدلي، (ج) زهرة "الثالوث - *Viola*
"tricolor"

"تغاير الأقسام-Heterostyle": يوجد بعض النباتات التي تحمل أزهار
من نوعين أو صورتين مختلفتين. فبعض الأزهار ذات أسدية طويلة

وأقلام قصيرة والبعض الآخر ذو أسدية قصيرة وأقلام طويلة، وتعرف هذه الظاهرة "بمتغاير الأقلام ثنائي الصورة- Dimorphic heterostyle". نفس الشيء قد يوجد متغاير الأقلام ثلاثي الشكل، بمعنى أن الأسدية والأقلام ذات أطوال ثلاث متباينة، تحملها ثلاث صور مختلفة من الأزهار. وفي كل هذه الحالات، لا ينجح التلقيح الخلطي إلا إذا كان بين أسدية وأقلام ذوات أطوال متماثلة تحملها أزهار مختلفة. ويشاهد متغاير الأقلام ثنائي الصورة في "زهرة الربيع" (شكل 10). أما متغاير الأقلام ثلاثي الصورة فيوجد في بعض أنواع "الكتان" و"الأكسالس".

"التباين المكاني أو البعد الجغرافي-Herkogamy": في العديد من الأزهار يطرأ على المحيطات الزهرية بعض التحويلات التي تعمل كحاجز يمنع التكاثر الذاتي، مما يجعل هذه الأزهار متوافقة مع التلقيح الخلطي بواسطة الحشرات. فقد يقعا عضوي التكاثر على مسافة ما من بعضهما؛ فيغوص المتك في جوف التويج ويبرز القلم للخارج أو العكس أو يتفتح المتك من الجانب الخارجي أو قد يكون مقلنس أو مستظل بالبتلات أو بالقلم البتلي كما في "السوسن".

قد تتحرك الأسدية والقلم عن بعضهما فتجعلا المتوك والمياسم على مسافة مانعة من بعضهما. ففي "القلب الدامي- *Clerodendrum thomsonae*", تقف الأسدية قائمة، وينحني القلم لأسفل، على جانب من جوانب الزهرة (شكل 11). وبعد أن ينفجر المتك وتحمل الحشرات حبوب اللقاح تلتف خيوط المتوك في لولاب

مضغوطة على جانب من جانبي الزهرة. في هذا الإثناء يقف القلم منتصباً ويأخذ الوضع القائم، أي: وضع الأسدية الأصلي. في هذا الوضع يستقبل الميسم المشقوق نصفين حبوب اللقاح، من جسم الحشرة الزائرة.

قد يكون الموقع النسبي لكل من المتوك والميسم مانعاً للتلقيح الذاتي. لهذا نجد أن حبوب لقاح "الأوركيدات" و"العشار" تنشأ في موقع لا يمكنها من الوصول إلى ميسم نفس الزهرة. كذلك قد تبقى حبوب اللقاح مثبتة في موقعها بأقراص لزجة فلا يحملها من زهرة إلى أخرى إلا الحشرات فقط. ولقد ناقشنا من قبل ترتيب الأسدية والمتاع في "القصعين أو السلفيا" ودورهما في التلقيح الخلطي. كذلك قد يعوق التلقيح الذاتي وجود غطاء أو جنح يحمي الميسم من حبوب لقاح متوك نفس الزهرة كما في زهرة "الثالوث- *Viola tricolor*".

المراجع

Abrol DP. 2012. Non-Bee Pollinators-Plant Interaction. Digital object identifier-Wikipedia. Pollination Biology. Chapter 9. pp. 265–310

Cox PA. 1988. Hydrophilous Pollination. Annual Review of Ecology and Systematics 19: 261-279

Culley TM, Klooster MR. 2007. The cleistogamous breeding system: a review of its frequency, evolution, and ecology in angiosperms". The Botanical Review 73: 1-30

Culley TM, Weller SG, Sakai AK. 2002. The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution* 17: 361-369

Denisow B, Weryszko-Chmielewska E. 2015. Pollen grains as airborne allergenic particles. *Acta Agrobotanica* 68: 281-284

Dressler RL. 1968. Pollination by Euglossine Bees. *Evolution; International Journal of Organic Evolution* 22: 202-210

Fan XL, Barrett SC, Lin H, Chen LL, Zhou X, Gao JY. 2012. "Rain pollination provides reproductive assurance in a deceptive orchid". *Annals of Botany* 110: 953-958

Godínez-Álvarez H. 2004. "Pollination and seed dispersal by lizards". *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 569-577

Harder LD, Williams NM, Jordan CY, Nelson WA. 2001. The effects of Floral design and display on pollinator economics and pollen dispersal. In Chittka L, Thomson JD (eds.). *Cognitive Ecology of Pollination: Animal Behavior and Floral Evolution*. Cambridge University Press. pp. 297-317

Olesen JM, Valido A. 2003. Lizards as pollinators and seed dispersers: an island phenomenon". *Trends in Ecology & Evolution* 18: 177-81

Potts B, Gore P. 1995. *Reproductive Biology and Controlled Pollination of Eucalyptus*. School of Plant Science, University of Tasmania

Whitehead DR. 1969. Wind Pollination in the Angiosperms: Evolutionary and Environmental Considerations. *Evolution; International Journal of Organic Evolution* 23: 28-35

Faegri K, Van der Pijl L. 2013. *Principles of Pollination Ecology*. Elsevier. p. 34

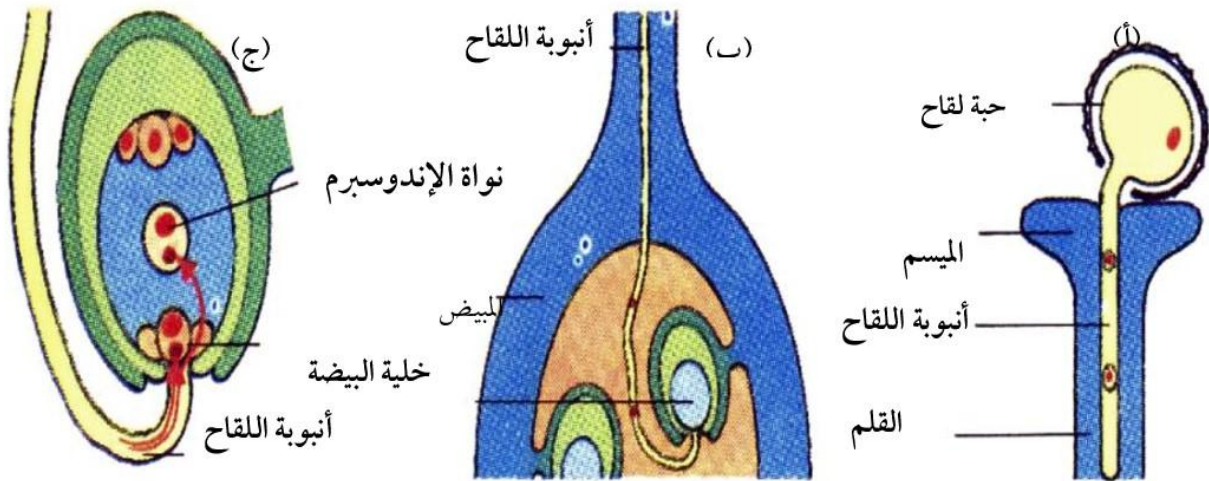
الفصل الحادي عشر: الإخصاب

1. 11 تعريف الأخصاب وكيفية حدوثه

يعرف الإخصاب بأنه: "اندماج وحدات جنسية غير متشابهة تعرف بالأمشاج". واكتشف "استرسبيرج" الإخصاب في النباتات لأول مرة في عام 1884م. ويبدأ الإخصاب بعد التلقيح، أي بعد وقوع حبة اللقاح على الميسم. وعندما تقع حبة اللقاح على الميسم تنمو الطبقة الداخلية لحبة اللقاح إلى أنبوبة تعرف أنبوبة اللقاح عبر نقطة ضعيفة تعرف بفتحة الإنبات. من الشائع خروج أنبوبة لقاح واحدة من كل حبة لقاح، إلا أنه في بعض النباتات يخرج من حبة لقاحها عدد من أنابيب اللقاح كما في النباتات التي تنتمي للفصيلة "الخبازية" و الفصيلة "القرعية". تنمو حبة اللقاح على الميسم معطية أنبوبة اللقاح التي تحتوي على النواة التناسلية ونواة الأنبوبة. تخترق أنبوبة اللقاح القلم وجدار المبيض. قبل إخصاب البويضة تنقسم النواة التناسلية -سريعا- إلى مشيجين مذكرين بينما تتحلل نواة الانبوبة. وأثناء تمدد الانبوبة تتحرك النواتان المذكرتان إلى مقدمتها لتستقرا في كتلة من السيتوبلازم. ثم تتجه الانبوبة إلى النقيير، مختركة إياه إلى الداخل، حيث الكيس الجنيني، فتلاصق خلية البويضة، وتعرف هذه الظاهرة "بالإخصاب النقيري-Porogamy"، وهذه الطريقة شائعة بين النباتات عامة. إلا أنه في بعض النباتات تدخل أنبوبة اللقاح الكيس الجنيني من الكلازا كما في "الكازورينا" أو تخترق



شكل 1. قطاع طولي في المبيض يوضح عملية الإخصاب. لاحظ أن المشجين الذكريين عند قمة أنبوبة اللقاح



شكل 2. الإخصاب في كاسيات البذور. (أ) تحط حبة اللقاح على الميسم، ثم تنمو مخترقة أنسجة القلم حاملة المشيجين المذكرين. (ب) تنمو أنبوبة اللقاح مخترقة جدار المبيض فنقيير البويضة. (ج) يخصب مشيج ذكري خلية البويضة ويخصب الآخر نواة الإندوسبرم مكونا الخلية الأمية المولدة لخلايا الإندوسبرم

أغلفة البويضة، وتعرف هذه الظاهرة "بالإخصاب الكلازي". مما لا شك فيه أن البروتينات والسكريات التي يفرزها الميسم والقلم تستحث نمو حبة اللقاح، إلا أن العامل الذي يوجه أنبوبة اللقاح تجاه الكيس الجنيني مازال مجهولا. هناك بعض الافتراضيات التي لا تسند إلى دليل مادي ترى أن البويضة تفرز بعض المواد الكيميائية تجذب أنبوبة اللقاح تجاهها. بعد اختراق أنبوبة اللقاح للكيس الجنيني تتحلل قمة الأنبوبة ويتحرر المشيجان المذكوران. يندمج مشيج منهما مع خلية البيضة (شكل 2) بينما يندفع الأخرى لمسافة أبعد داخل الكيس الجنيني، ثم يندمج مع نواتين قطبيتين أو ناتج اندماجهما (شكل 2)، أي مع نواة الإندوسبرم. بعد اندماج المشيج الذكري الثاني مع نواة الإندوسبرم يكتمل الإخصاب. من الجدير بالذكر أن اندماج المشيج الذكري الثاني مع نواتي الإندوسبرم يعرف "بالاندماج الثلاثي-Triple fusion". أما الخلايا المساعدة فهي تراكيب سريعة الزوال، غير ضرورية لعملية الإخصاب، تتحلل سريعا بعد الإخصاب، وأحيانا تتحلل قبل الإخصاب أو أثناءه. أما الخلايا القطبية فليس لها وظيفة موجبة، لذا قد تختفي قبل الإخصاب. بعد الإخصاب تحيط خلية البيضة نفسها بجدار خلوي وتعرف بالزيجوت. يعطي الزيجوت الجنين وتتحول البويضة إلى بذرة والمبيض إلى ثمرة ونواة الإندوسبرم إلى نسيج الإندوسبرم. إذا فشل الإخصاب لسبب أو لآخر يذبل المبيض ويسقط. يتحول المبيض إلى ثمرة دون إخصاب في بعض النباتات، مثل: "الموز" و"البرتقال"، و"التفاح" و"الأناناس". وتعرف

هذه الظاهرة "بالتكاثر البكري-Parthenocarpy". والثمار التي تنتج من التكاثر البكري نادر ما تحتوي على بذور. تختلف الفترة الزمنية بين التلقيح والإخصاب من نبات إلى آخر. وتتراوح هذا الفترة بين ساعات محدودة وأيام معدودة، لكن في بعض النباتات تتراوح بين بضع أيام وعدة شهور كما في "البلوط-Oak".

11. 2 "الإخصاب الثنائي-Double fertilization"

مما سبق يتضح أن الإخصاب في كاسيات البذور يحدث مرتين: الأولى يندمج فيها أحد مشجي أنبوبة اللقاح مع البويضة في الكيس الجنيني والثانية يندمج فيها المشيج الآخر مع نواة الإندوسبرم، وتعرف هذه الظاهرة بالاندماج الثنائي. ويؤدي اندماج المشيج الذكري مع البويضة إلى تكوين الجنين بينما يؤدي اندماج المشيج الآخر مع نواة الإندوسبرم إلى تكوين الإندوسبرم.

11. 3 الانقسام الاختزالي

تتكون كل من حبة اللقاح والكيس الجانييني بالانقسام الاختزالي من الخلايا الأمية. لهذا يكون العدد الكروموسومي لكل من المشيج المذكر في أنبوبة اللقاح والمشيج المؤنث في البويضة نصف عدد كروموسومات الخلايا الأمية، أي أحادي العدد الكروموسومي. وعند اندمج هذه الامشاج مع بعضها يتضاعف عدد الكروموسومات في الزيجوت. وهذه هي الطريقة المثلى التي يبقى بها عدد الكروموسومات ثابت من جيل إلى جيل في النبات الواحد.

المراجع

- Abbott RJ, Gomes MF. 1989. Population genetic structure and outcrossing rate of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Heredity* 62: 411-418
- Darwin CR. 1876. The effects of cross and self-fertilization in the vegetable kingdom. London: John Murray
- Friedman WE, Williams JH. 2003. Modularity of the Angiosperm Female Gametophyte and Its Bearing on the Early Evolution of Endosperm in Flowering Plants. *Evolution* 57: 216-30
- Igic B, Kohn JR. 2006. "The distribution of plant mating systems: study bias against obligately outcrossing species". *Evolution* 60: 1098-103
- Johnstone A. 2001. Biology: facts & practice for A level. Oxford University Press. p. 95
- Kirk D, Starr C. 1975. Biology today. Del Mar, Calif.: CRM. p. 93
- Otto, S.P; Gerstein, A.C (2006). "Why has sex? The population genetics of sex and recombination". *Biochemical Society Transactions* 34: 519-22
- Raghavan V. 2006. Double fertilization: embryo and endosperm development in flowering plant. Berlin: Springer-Verlag. p. 12

Stenberg P, Saura A. 2013. "Meiosis and Its Deviations in Polyploid Animals". *Cytogenetic and Genome Research* 140: 185-203

Stock M, Ustinova J, Betto-Colliard C, Scharl M, Moritz C, Perrin N. 2011. "Simultaneous Mendelian and clonal genome transmission in a sexually reproducing, all-triploid vertebrate". *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 1293-1299

Wright SI, Kalisz SST. 2013. Evolutionary consequences of self-fertilization in plants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 280: 2013-0133

الفصل الثاني عشر: البذور

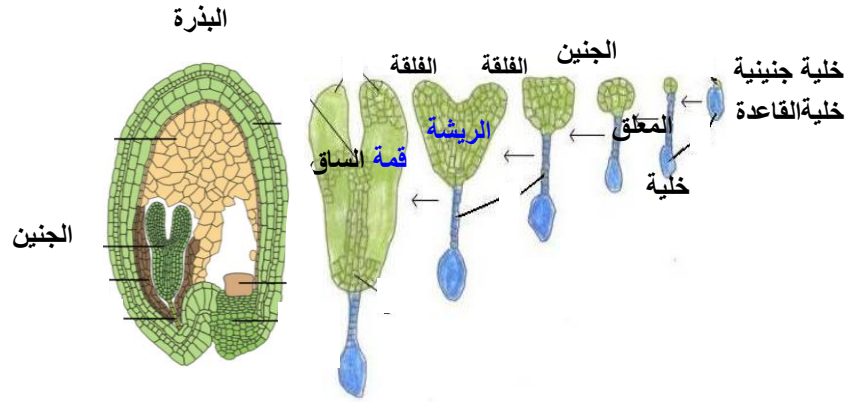
12. 1 تكوين البذرة

بعد عملية الإخصاب تمر البويضة بسلسلة من التغيرات، ينتج عنها تكوين البذرة أو الحبة. لهذا تعرف البذرة أو الحبة بأنها: " البويضة الناضجة". وتتكون البذرة الإندوسبرمية من الجنين والإندوسبرم. وينتج الجنين من البويضة المخصبة، أما الإندوسبرم فينشأ من نواة الإندوسبرم المخصبة. وهذان الحدثان على أهميتهما صورة مبسطة لما يجري بالبويضة حتى تصل إلى بذرة أو حبة. فالبويضة لكي تصبح بذرة أو حبة تمر بسلسلة من الأحداث المعقدة والمتناغمة التي سوف نناقشها تفصيلا في هذا الفصل.

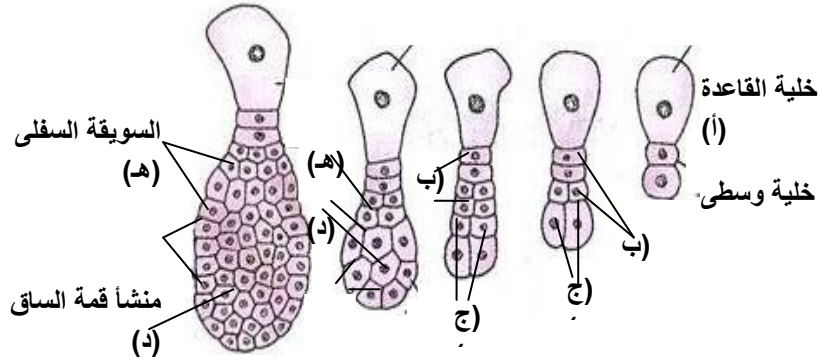
12. 1. 1 تكوين الجنين

في ذوات الفلقتين تفرز البويضة أو خلية البيضة بعد الإخصاب جدار سيلولوزي حول نفسها وتعرف في هذه المرحلة "بالزيجوت-Oospore" (شكل 1). ثم يأخذ الزيجوت في الانقسام، فتتقسم خلية البيضة بجدار عرضي إلى خلية صغيرة بعيدة عن النقيير تسمى خلية الجنين وخلية كبيرة جهة النقيير لا تدخل في تكوين الجنين تعرف "بخلية القاعدة-Basal Cell". ثم تنقسم الخلية الجنينية عدة مرات؛ لتكون صف من الخلايا يعرف "بالمعلق-Suspensor"، والخلية الأخيرة للمعلق والبعيدة عن النقيير هي الخلية التي ستكون بانقسامها الجنين. ثم يستطيل المعلق دافعا الجنين داخل الحافظة الجنينية، ويعمل كعضو مغذي يمد الجنين بما يحتاج من

مواد غذائية أثناء تكوينه. لهذا تتفطح خلية القاعدة وتعمل



شكل 1. خطوات تكوين الجنين في ذوات الفلقتين



شكل 2. خطوات تكوين الجنين في ذوات الفلقة الواحدة

كعضو ماص. مع ذلك يفقد المعلق بنائه المنتظم إثر تكوين "الجذير-Radicle". من ناحية أخرى تسمى الخلية الطرفية للمعلق الواقعة خلف الكتلة الجنينية بالخلية "النامية السفلى-Hypophysis"، أما الخلية العلوية الواقعة بعيدا عن النقيير فتعرف "بالخلية الجنينية-Embryonal Cell". تعطي الخلية النامية السفلى قمة الجذير، أما الخلية الجنينية فتتقسم إلى خليتين ثم إلى أربع ثم إلى ثمان بواسطة جدران متعامدة على بعضها؛ لذا يتكون الطور الجنيني ذي "الثماني خلايا-Octant Stage" (شكل 1). تنقسم

هذه الخلايا بجدر موازية للسطح وتتميز إلى بشرة وقشرة ونسيج وعائي، ويتفلسح الجنين، وتبدأ الفلقتين في الظهور في طرف الجنين السائب كبروزين، يظهر بينهما أصل الريشة. أما طرف الجنين المتصل بالمعلق فينشأ منه الجذير. ينقسم الجنين ذو الثمان خلايا بجدار موازي لسطحه المقوس، فتتكون طبقتان من الخلايا: طبقة الخلايا السطحية وخلايا الكتلة المركزية التي تعرف بالكتلة الجنينية. تنقسم الخلايا السطحية في اتجاه واحد بجدر قطرية فقط مكونة طبقة واحدة تعرف بالطبقة "مولدة القشرة-Dermatogen"، مثل الطبقة الخارجية لقمة الساق أو قمة الجذر، أما الكتلة الجنينية فتتقسم انقسامات عديدة، وتتميز إلى أجزاء الجنين المختلفة. لهذا تنشأ الريشة والفلقتين من الثمانية الخلفية، وينشأ الجزء الرئيس من الجذير والسويقة الجنينية من الثمانية الخلفية. أما قمة الجذير فتنشأ من الخلية النامية السفلى.

بالرغم من أن تكوين الجنين في ذوات الفلقة الواحدة لا يختلف عن تكوين الجنين في ذوات الفلقتين - بصفة عامة، إلا أن هناك بعض الاختلاف في التفاصيل الدقيقة حتى بين النباتات التي تنتمي إلى ذوات الفلقة الواحدة (شكل 2). ففي بعض ذوات الفلقة الواحدة تكون الفلقة طرفية وقمة الساق خلفية والبعض الآخر العكس. كذلك يوجد تباين كبير في بعض التفاصيل الخاصة بتكوين أجنة ذوات الفلقة الواحدة. فتتقسم خلية الزيجوت إلى خلية علوية وأخرى سفلية. تتفلسح الخلية العلوية التي تقع ناحية النقيير وتكون معلق ضخم، أما الخلية السفلية (الخلية الجنينية) فتتقسم

في مستويات مختلفة وتعطي فلقاً واحدة. وتنقسم الخلية الأخرى بنفس الطريقة وتعطي قمة الساق والسويقة الجنينية وقمة الجذر.

2. 1. 12 تكوين الإندوسبرم

تنمو نواة الإندوسبرم في كل النباتات الزهرية باستثناء "الأوركيدات" و"البودوستيمات" إلى نسيج غذائي مخزن يسمى الإندوسبرم خلاياه ثلاثية العدد الكروموسومي. تنقسم نواة الإندوسبرم عدة مرات بسرعة فائقة، في نفس الوقت الذي ينمو فيه الكيس الجنيني بنفس المعدل، وتنتشر نويات الإندوسبرم داخل الكيس الجنيني، ثم تتكون جدر خلوية تفصل بينها، ويتكون من ذلك نسيج الإندوسبرم الذي يختزن بداخله الغذاء اللازم لنمو الجنين. في بعض النباتات التي تنتمي إلى الفصيلة "الشقية" يتكون الإندوسبرم قبل دخول الانبوبة اللقاحية إلى الكيس الجنيني. وحيث أن وظيفة الإندوسبرم امداد الجنين بالغذاء اللازم أثناء نموه وتكشفه إلا أن بعض النباتات، مثل: "القمح" و"الذرة" و"الشعير" و"الأرز"، ينمو جنينها ببطء ولا يستنفذ كل الإندوسبرم المخزن؛ لذا تحتوي بذورها الناضجة على بقايا نسيج الإندوسبرم، وتعرف بذورها بالبذور الإندوسبرمية. أما النباتات التي ينمو جنينها بسرعة ويمتص كل الغذاء المخزن في الإندوسبرم والنوسيلة، ويحتفظ به حتى نضج البذرة في الجنين ذي الفلقتين عادة، مثل: "البازلاء" و"الفول" و"اللوبيا" فتعرف بذورها بالبذور عديمة الإندوسبرم. في معظم الحالات تمتص النوسيلة وتتحلل أثناء نمو

الجنين، لكن في بعض النباتات، مثل: "المرام" و"البشنيين" تبقى بقية من النوسيلة خارج الجنين في البذرة الناضجة تعرف "بالبريسبرم-Perisperm"، يعمل مع الإندوسبرم على تغذية الجنين أثناء إنبات البذرة.

توجد ثلاث طرائق مختلفة لتكوين الإندوسبرم: "الطريقة النووية" و"الطريقة الخلوية" وطريقة ثالثة تجمع بين الطريقتين السابقتين تعرف بالطريقة "النوخلوية-Helobial type":

الطريقة النووية: في هذه الطريقة تنقسم نواة الإندوسبرم بعد الإخصاب مباشرة عدة مرارة بسرعة فائقة دون تكوين جدر، مما يترتب عليه ظهور أنوية عديدة داخل الكيس الجنيني. في الكيس الجنيني الضخم تتكون عدة مئات من هذه الأنوية الطليقة، بينما في الكيس الجنيني الصغير تكون الانقسامات قليلة جدا. في الحال تظهر فجوة مركزية كبيرة في الكيس الجنيني تدفع السيتوبلازم والأنوية إلى محيط الكيس الجنيني (شكل 3). يحيط بكل نواة كتلة سيتوبلازمية، ثم تتكون الجدر الخلوية من الخارج إلى الداخل، وأحيانا، تتكون في نفس الوقت في جميع أنحاء الحافظة. في نهاية المطاف تتكون كتلة من الأنسجة غنية بالمادة الغذائية تعرف بنسيج الأندوسبرم. لما ينمو الإندوسبرم يملأ النوسيلة. وأثناء تكوين الجدر الخلوية لخلايا الإندوسبرم تشاهد بكل خلية عدة أنوية، تندمج - فيما بعد - مكونة نواة واحدة فقط.

الطريقة الخلوية: في هذه الطريقة تنقسم نواة الإندوسبرم وتتكون جدر خلوية حول كل نواة، في ذات الوقت. كذلك تتميز

هذه الطريقة بغياب الطور النووي الحر الذي يميز الطريقة النووية. إلا أن طريقة تكوين الجذر الأولية بالنسبة للكيس الجنيني مختلفة من نبات إلى آخر، فقد تكون طويلة كما في "Adoxa" أو قد تكون عرضية كما في أنواع عديدة من "الفصيلة القشبية-Annonaceae" أو قد تكون مائلة كما في بعض أنواع الفصيلة "البوراجينية-Boraginaceae".

"الطريقة النوخلوية-Helobial type": في هذه الطريقة تنقسم نواة الإندوسبرم إلى نواتين، ثم يتكون جدار مستعرض بين النواتين المتكونتين حديثاً فاصلاً الكيس الجنيني إلى قسمين غير متساويين: قسم صغير يقع تجاه الخلايا السمتية وقسم كبير يحتل معظم الكيس الجنيني. في القسم الكبير تنقسم النواة عدة انقسامات دون أن تكون جذر خلوية، ثم تتكون الجذر - فيما بعد - من الخارج إلى الداخل كما في الطريقة النووية. أما نواة القسم الصغير فقد لا تنقسم على الإطلاق أو قد تنقسم انقسامات محدودة فقط. فإذا تكونت جذر تحيط بأنوية القسم الصغير، تشاهد كتلة صغيرة من الخلايا ملتصقة بطرف الإندوسبرم ناحية القسم الصغير.

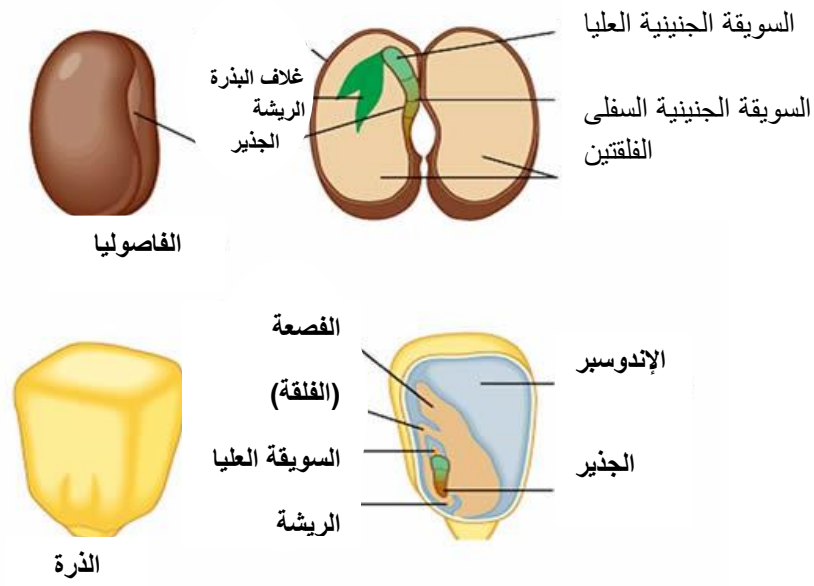
3. 1. 12 "مصاصات الإندوسبرم-Endosperm Haustoria"

في بعض النباتات تنمو مصاصات من طرف أو من كل من طرفي الإندوسبرم ناحيتي النقيير والكلازا. فمن ناحية النقيير يظهر المصاص النقيري من الطرف العلوي للإندوسبرم كامتداد خارجي وحيد الخلية، ثم يتفلسح وينمو عبر النقيير، ثم يتفرع وينتشر حول البويضة

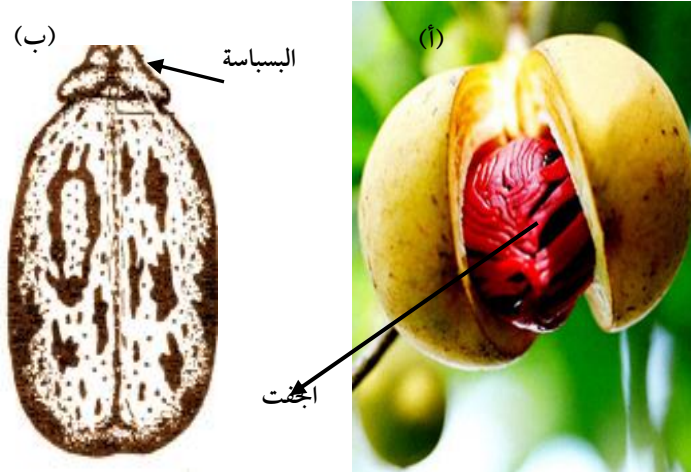
في نهاية المطاف. وفي بعض النباتات التي تنتمي للفصيلة الشفوية تهاجر الانوية الإندوسبرمية إلى الممص أثناء تكوين الإندوسبرم عبر "الطريقة النووية". أما المماص الكلازي فينمو من الناحية السفلى للإندوسبرم التي تتمدد وتأخذ شكل أنبوبي. وتخترق هذه النهاية الأنبوبية النسيج المغذي عند قاعدة (الطرف الكلازي) البويضة، وتعمل كعضو ماص أو مماص كما في الفصيلة "البروتياسية"، مثل: "البلوط أو السنديان الفضي-*Grevillea*" و "ماكاداميا-*Macadamia*". ففي "السنديان الفضي" يأخذ الممص شكل أنبوبي ملتوي دودي الشكل يعرف "بالزائدة الدودية-*Vermiform appendage*"، يغزو النسيج المغذي عند الطرف الكلازي، ويعمل كعضو ماص كفاء. أما في شجرة الجوز "المكاداميا" فيزود المماص الأنبوبي بعدد من الفصوص بغرض زيادة كفاءة الامتصاص. كذلك يوجد مماص إندوسبرمي مكون من كل من نهايتي الإندوسبرم في فصليتي "حنك السبع" و"الأكانثية".

2. 12 التغيرات الاخرى التي تطرأ على البويضة

ينمو "غلافي البويضة-*Integuments*" إلى غلافي بذر. غلاف خارجي يعرف بالقصرة وغلاف داخلي يعرف "بالسيراء-*Tegmen*". في بعض البذور يوجد نمو خارجي من "الحبل السري-*Funicle*"، ينمو حول البويضة ويغلف البذرة تماما يعرف "بالجفت-*aril*" كما في "ورد الماء" و"جوزة الطيب-*Myristica frgrans*" (شكل 4أ). والجفت في "جوزة الطيب" أحمر فاتح غائر الفصوص أروماتي الرائحة. كذلك



شكل 3. تركيب البذرة و الإندوسبرم، والفرق بين البذرة الإندوسبرمية وغير الإندوسبرمية



شكل 4. (أ) بذرة جوزة الطيب ويظهر بها الجفت، (ب) بذرة الخروع وتظهر بها البسباسة

يشاهد في بذور "الخروع" نمو بارز خارج النقيير يعرف "بالبسباسة" - "aruncle" (شكل 4). في حالات عديدة، كما في رتبة الموزيات: "الموز" و"الكنا" و"الزنجبيل"...الخ. وفي نبات "شب الليل" الذي ينتمي للفصيلة "الجهنمية"، لا تستهلك النوسيلة كلية، أثناء نمو الجنين؛ لكن يتبق منها نسيج مغذي سميك أو رقيق، يشبه

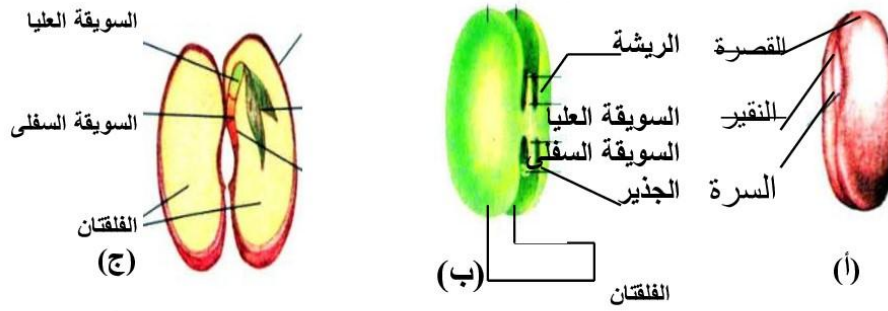
الإندوسبرم مغموس فيه الجنين، يعرف "بالبريسبرم-Perisperm".
في بعض الحالات كما في الخروع و"الفلفل الأسود-Piper nigrum"
و"ورد النيل" يوجد كل من الإندوسبرم و"البريسبرم".

3. 12. تركيب البذور

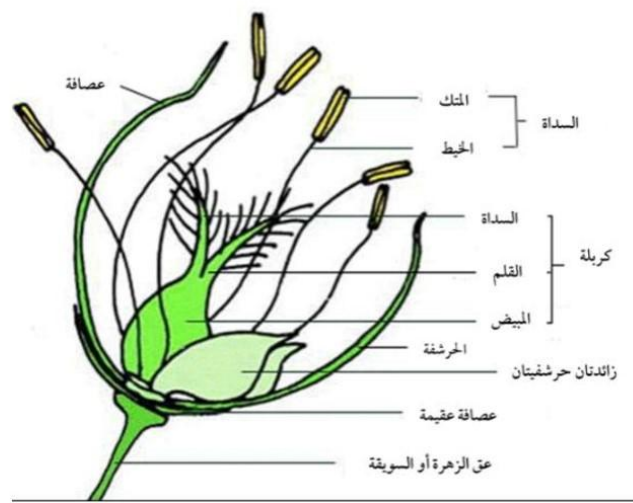
1. 3. 12. بذور ذوات الفلقتين

"البذور غير الإندوسبرمية-Exalbuminous Seeds": تتكون أغلفة
البذور الإندوسبرمية من طبقتين متحدتين أو منفصلتين، وتسمى
الخارجية منها القصرة والداخلية السيراء أو الغلاف الداخلي.
ولهذه البذور سرة تمثل نقطة الاتصال مع حبل البذيرة ونقيير
(فتحة دقيقة فوق السرة) و"التحام-Raphe" (متن يتكون من الحبل
السري أو حبل البذيرة في عديد من البذور). ويتكون الجنين في
هذه البذور من المحور وفلقتين متشحمتين مملوءتين بمادة غذائية.
ويمثل الجذير النهاية المستدقة من محور الجنين، أما الريشة
فتمثل الطرف الورقي لمحور الجنين. وعندما تنمو هذه البذور
يعطي الجذير الجذر وتعطي الريشة المجموع الخضري، ومن
هذه البذور بذور "الفاصوليا" (شكل 5).

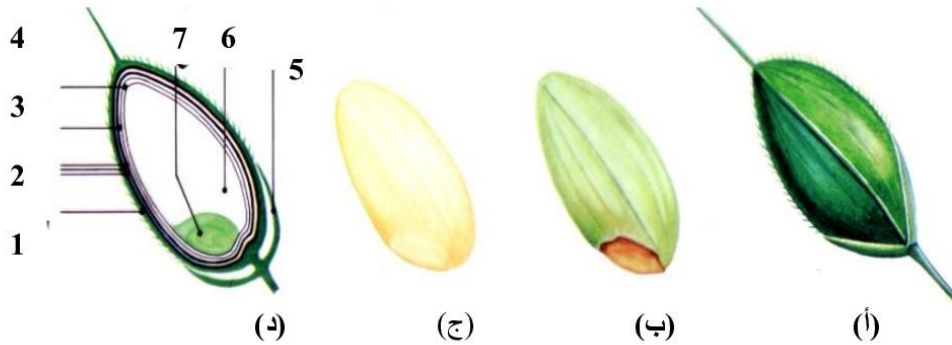
"البذور الإندوسبرمية-Albuminous Seeds": من هذه البذور بذور
نبات الخروع الذي تمثل قشرته الخارجية الصلبة البنية المقلمة
القصرة (شكل 4). أما البسباسة فهي النمو الخارج عند النقيير.
ويقوم هذا النمو بامتصاص الرطوبة التي تنشط عملية الإنبات. أما
السرة فغالبا تختفي تحت البسباسة، في حين يشاهد الالتحام بارز
جلي لا تخفيه خافيه. وكما ذكر سابقا فبذرة الخروع تتميز



شكل 5. تركيب بذرة "الفاصوليا". (أ) البذرة الناضجة، (ب) بذرة نامية منزوعة القصرة، (ج) بذرة نامية بها الريشة والجذير والسويقة العلي والسويقة السفلى



شكل 6. قطاع طولي في زهرة "الأرز"



شكل 7. (أ) حبة الارز وعليها العصاف والحسكة (غير مقشورة)، (ب) حبة الارز بلا عصاف، (ج) حبة الارز المقشورة اللامعة، (د) قطاع طولي في حبة "إرز" غير مقشورة. (1) عصاف غلافية وحسكة، (2) زوائد الزهرة، (3) قشرة الثمرة و البذرة، (4) طبقة البروتين، (5) قشرة الحبة، (6) الإندوسبرم، (7) القصعة

باحتوائها على كل من "البريسبرم" (غشاء أبيض رقيق ورقي يحيط

بالإندوسبرم) والإندوسبرم. و"البريسبرم" نسيج مغذي يتخلف عن النوسيلة. أما الإندوسبرم فهو نسيج متشحم غني بالزيت يقع داخل "البريسبرم". ويحوي الإندوسبرم بداخله الجنين الذي يتكون من محور وجذير مستدق للخارج وريشة غير مميزة وفلقتين مستويتين رقيقتين يتخللهما عروق واضحة.

2. 3. 12 بذور ذوات الفلقة الواحدة

البذور الإندوسبرمية: من البذور الاندوسبرمية ذات الفلقة الواحدة بذور "القمح" و"الذرة" و"البصل" و"البلح". فحبوب القمح والذرة هي ثمار صغيرة وحيدة الخلية تسمى "برة-Caryopsis". والبرة تتكون من زهرة واحدة، يغلفها قشرة مائلة إلى اللون البني، تتكون من أربعة أجزاء تعرف "بالعصافات-Glumes" مرتبة في صفين (شكل 6):العصافتان الدقيقتان أو الصغيرتان عند القاعدة فارغتان بينما الكبيرتان يحيطان بالزهرة؛الخارجية منهما كبيرة نسبياًتعرف "بالقنابة-lemma"، أما الصغيرة نسبياً فتعرف "بالحرشفة-palea"، وتحيط القنابة جزئياً بالحرشفة. وتتكون كل حبة من الأجزاء التالية (شكل 7د): (1) غلاف البذرة (شكل 7. 3): طبقة غشائية تميل إلى اللون البني ملاصقة للحبة، تتكون من غلاف البويضة وجدار الثمرة مندمجين معا؛ (2) الإندوسبرم (شكل 7. 6): نسيج تخزيني يكون معظم الحبة، غني بالمواد الغذائية، بصفة خاصة النشا. في قطاع عرضي من حبة "الذرة"، يشاهد الأندوسبرم مفصلاً من الجنين بطبقة واضحة تعرف "بالظهارة أو المبطنة-Epithelium"؛ (3) الجنين صغير جداً، يقع في أخدود عند طرف من طرفي الإندوسبرم

(شكل 7. د7). ويتكون الجنين من (أ) فلقة تشبه الترس تعرف "بالقصعة-Scutellum"، و(ب) محور قصير به ريشة وجذير تحمي قمته القلنسوة. ويحيط بالريشة أو القمة النامية أوراق النبتة أو غلاف غمد يسمى "غمدة الريشة-Plumule sheath" أو الزغبى أو "غمدة البرعم الأول-Coleoptile". كذلك يحيط بالجدير الذي يغلف قمته القلنسوة غمد يعرف "بالغمدة الجذري - Coleorhiza". أما الطبقة السطحية من القصعة التي نلاصق الإندوسبرم فتعرف بالطبقة المبطنة. وتقوم الطبقة المبطنة بهضم وامتصاص الغذاء المخزن في الإندوسبرم.

البذور غير الإندوسبرمية: معظم بذور ذوات الفلقة الواحدة إندوسبرمية عدا عدد محدود جدا غير إندوسبرمي، مثل: الأوركيدات و"مزمار الماء-Alisma" و"السهمي-Sagittaria".

المراجع

Baskin JM, Baskin CC. 2004. "A classification system for seed dormancy". Seed Science Research. 14: 1-16

Baskin JM, Baskin CC, Li X. 2000 "Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds". Plant Species Biology 15:139-152

Dunn EG. 2019. "The Startup Taking On Bayer With Cheaper, Non-GMO Seeds". Bloomberg Businessweek.

Galili G, Kigel J. 1995. "Chapter One". Seed development and germination. New York: M. Dekker.

Jones SB, Luchsinger AE. 1979. Plant systematics. McGraw-Hill series in organismic biology. New York: McGraw-Hill. p. 195

Raven PH, EvertRF, Curtis H. 1981. Biology of plants. New York: Worth Publishers. p. 410

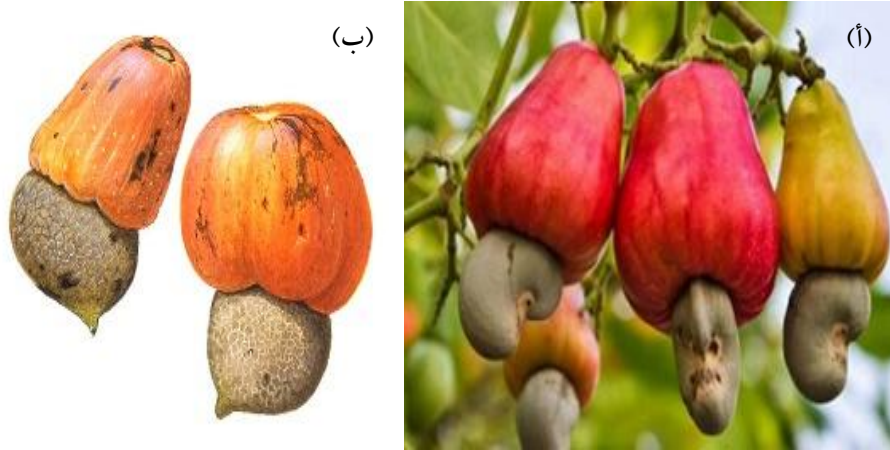
Rost TL, Weier TE, WeierTE. 1979. Botany: a brief introduction to plant biology. New York: Wiley. pp. 319

Rudall PJ. 2007. 6-Seed and fruit – University Publishing Online – Paula J. Rudall. Anatomy of Flowering Plants: An Introduction to Structure and Development. Third edition. Cambridge University Press.

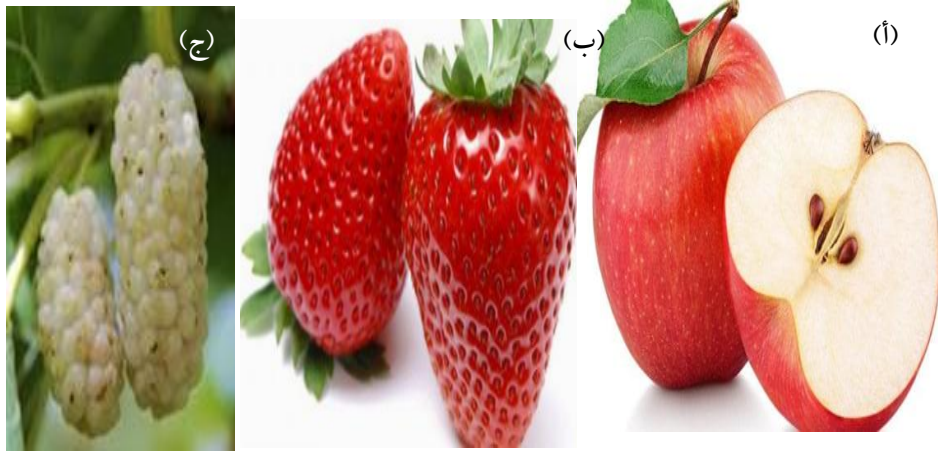
الفصل الثالث عشر: الثمار

1. 13 نشأة البذور

هل تقتصر عملية الإخصاب على تخصيب البويضة فقط؟ الثابت علميا فإن أثر الاخصاب يشمل المبيض كله. فقد وجد أن الأوكسينات تزداد كميّا في المبيض بعد الإخصاب مباشرة، وأن هذه الزيادة تلعب دورا مهما ومؤثرا في نشأة الثمار من المبيض ("ليند" 1956م). وترجع هذه الزيادة في الأوكسينات إلى أنبوبة اللقاح التي تفرز إنزيمات تحول الحامض الاميني "تريبتوفان" إلى "أوكسين". وينمو المبيض وبنضجه يتحول إلى ثمرة. لهذا تعرف الثمرة بأنها: "المبيض الناضج"، وتعرف البذرة أو الحبة بأنها: "البويضة الناضجة". وتتكون الثمرة من الجدار الثمري الذي ينشأ من جدار المبيض والبذور التي تنشأ من البويضات. وقد يكون الجدار الثمري سميك أو رقيق. وعندما يكون سميك فإنه يتكون من ثلاثة أجزاء: الغلاف الخارجي أو ما يعرف بجدار الثمرة، والغلاف المتوسط وهو غلاف شحمي كما في "المانجو" و"الخوخ" و"البلح"، أما الغلاف الداخلي فغالبا رقيق غشائي كما في "البرتقال" أو صلب حجري كما في "المانجو". من الجدير بالذكر من الصعب تمييز الجدار الثمري إلى ثلاثة في العديد من الثمار. عند نمو المبيض إلى ثمرة تعرف الثمرة في هذه الحالة بالثمرة الحقيقية، لكن عندما تتكون الثمرة من التخت أو الكاس مثلا تعرف في هذه الحالات بالثمرة الكاذبة. على سبيل المثال

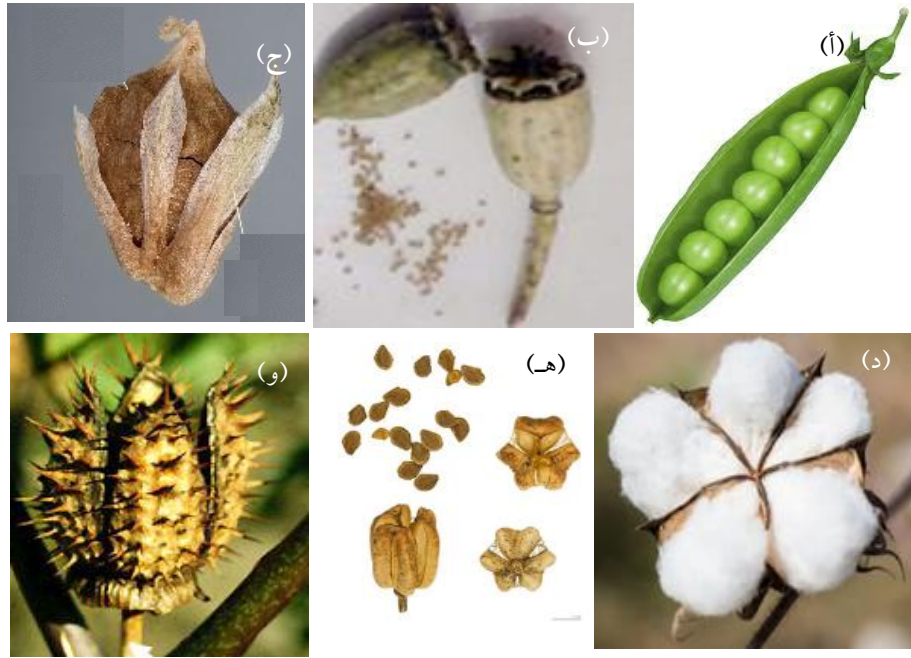


شكل 1. (أ) ثمرة "الكاشو"، (ب) ثمرة "جوز الوسم"



شكل 2. (أ) ثمرة "التفاح"، (ب) ثمرة "الفراولة"، (ج) ثمرة "التوت"

ففي "التفاح" و"الكمثرى" ينمو التخت حول المبيض السفلي ويصبح غاض، وفي "الكاشو" ينمو التخت والعنق ويتضخمان ويصبحان شحميين ويكونان جسم الثمرة الكاذبة الذي يؤكل بينما تنشأ الثمرة الحقيقية الكلوية الشكل من المبيض المتكبيء على العنق والتخت المتضخمين (شكل 1أ). يشاهد الشيء نفسه في "جوز الوسم" فيتضخم العنق وتتكيء الجوزة الحقيقية على قمة العنق المتضخم (شكل 1ب). من الجدير بالذكر فإن "جوز الوسم"



شكل 3. تفتح الثمار. (أ) تفتح حاجزي كما في "البسلة"، (ب) تفتح مسامي كما في "الخشخاش"، (ج) تفتح عرضي كما في "عرف الديك"، (د) تفتح مسكني كما في "القطن"، (هـ) تفتح حاجزي كما في "الكتان"، (و) تفتح مصراعي كما في "الداتورة"



شكل 4. ثمرة قرنية

لا يؤكل لكنه يستخدم كواسم في محلات كي وغسل الملابس القطنية. أما ثمرة "التوت" فإنها تتكون من مبايض الأزهار والأوراق الزهرية المتشحمة. والثمرة الكاذبة إما بسيطة "كالتفاح" أو متجمعة "كالفراولة" أو مركبة "كالتوت" و"التين" (شكل 2 أ - ج). في بعض النباتات يستطيل التخت بعد الإخصاب بحيث يصبح في طول القلم كما في "الجارونيا" حيث تلتصق الكرابل بالتخت ثم تنفصل عنه. وفي البشنيين يتضخم التخت كثيرا ويحمل في أعلاه الثمار كل ثمرة في تجويف خاص.

2. 13. تفتح الثمار

تتفتح الثمار لتحرر بذورها بالطرائق التالية (شكل 3): (1) عرضي كما في "السنط" و"الرجلة" و"عرف الديك". (2) مسامي، أي: بالثقوب كما في "الخشخاش" و"اللوف". الخ. (3) صمامي، أي تتفجر جزئيا أو كلياً إلى قطع تسمى صمامات، ومنها: (أ) الحاجزي، أي يتفتح من حاجز أو من كلا الحاجزين كما في "البسلة" و"الفول". (ب) مسكني أي تتفتح الثمرة طولياً على امتداد الخطوط الظهرية، أي وسط الكرابل كما في "القطن". (2) حاجزي وفيه تتفتح الثمرة طولياً على امتداد خطوط التحام الكرابل كما في "الكتان" و"الخردل". (ج) المصراعي وفيه تتفتح الكرابل على امتداد خطوط الكرابل والخطوط الظهرية، وبذلك تنفصل الجدر الخارجية للكرابل على شكل مصاريع تاركة ورائها حوافها، وتبقى الحواجز الفاصلة بين الكرابل متصلة بمحور الزهرة كما في الداتورة.

3. 13. تقسيم الثمار

تقسم الثمار حقيقة كانت أو كاذبة إلى ثلاث مجموعات: ثمار بسيطة، و ثمار متجمعة، و ثمار مركبة.

1. 3. 13. الثمار البسيطة

تعرف الثمرة البسيطة بأنها: "الثمرة التي تنشأ من متاع يتكون من كربة أو عدة كرابل (بسيط أو مركب) أو من متاع وبعض الأجزاء المساعدة سواء كانت هذه الأجزاء حقيقية أو كاذبة. والثمرة البسيطة قد تكون جافة أو غضة. والجافة منها قد تكون متفتحة أو غير متفتحة، وقد تكون منشقة، أي تنشق الكربة أو الكرابل إلى أجزاء، كل جزء به بذرة واحدة.

1. 3. 1. 13. الثمار البسيطة المتفتحة

الثمرة القرنية: ثمرة وحيدة الكربة، جافة، تنشأ من مبيض علوي وحيد الغرفة، وتفتح من اللامين الظهري والبطني كما في ثمار "تحت الفصيلة الفراشية"، ومنها ثمرة "البسلة" و"الفول" (شكل 4).

الثمرة الجرابية: ثمرة وحيدة الغرفة، علوية، جافة، مثل الثمرة القرنية، لكنها تفتح من جانب واحد فقط. والثمرة الجرابية إما بسيطة أو مركبة: البسيطة نادرة الوجود وقد ترى -أحيانا- في نبات "العشار"(شكل 5)، أما المركبة فشائعة بين الفصائل النباتية، وتتركب من كربلتين منفصلتين أو ثلاث أو أكثر كما في "العائق" و"بودرة العفريت".

الثمرة الخردلة: ثمرة طويلة، ضيقة، عديدة البذور، تنشأ من مبيض



شكل 5. ثمرة جرابية



شكل 6. ثمرة "خردلة - Penny Cress"

علوي ثنائي المسكن ذي مشيمتين جداريتين، وتتفتح من أعلى إلى أسفل على امتداد اللحامين البطنيين إلى صمامين، ويصل الحافتين ببعضهما الحاجز الكاذب الذي ينشأ كامتداد

للحافتين البطنيتين للكربتين، وتشيع في الفصيلة "الصليبية" (شكل 6). وقد تكون الثمرة الخردلة قصيرة، عريضة، مسطحة، فتعرف حينئذ بالخردلة كما في بعض أفراد الفصيلة "الصليبية"، مثل "كيس الراعي".

العلبة: ثمرة وحيدة، عديدة المساكن، عديدة البذور، تنشأ من مبيض علوي أو سفلي يتكون من كربة واحدة أو من عدة الكرابل، وتتفتح بطرائق عديدة كما في "الخشخاش" و"القطن" و"الداتورة" و"البامية" (شكل 7 أ - ج).

2. 1. 3. الثمار البسيطة غير المتفتحة

الثمرة البرة: ثمرة صغيرة، جافة، وحيدة البذرة، تنشأ من مبيض وحيد الكربة علوي، يندمج فيه غلاف الثمرة مع أغلفة المبيض، شائعة الوجود في الفصيلة "النجيلية"، مثل "القمح" و"الأرز" و"الذرة" و"الشعير" (شكل 8).

الأكين أو الفقيرة: ثمرة صغيرة، جافة، وحيدة الغرفة، وحيدة البذرة، تنشأ من مبيض وحيد الكربة علوي أو سفلي، لكنها تختلف عن الثمرة البرة في أن كل من غلف المبيض وأغلفة البويضة منفصلين. والثمرة الفقيرة البسيطة غير شائعة، فتشاهد في نباتات معدودة، مثل نبات "شب الليل". لكنها شائعة في الثمار المتجمعة كما في "الورد" و"الفراولة".

السبسل: ثمرة جافة، وحيدة الغرفة، وحيدة البذرة، تنشأ من مبيض ثنائي المسكن سفلي، غلاف الثمرة الخارجي وغلافي



شكل 7. ثمرة علبة

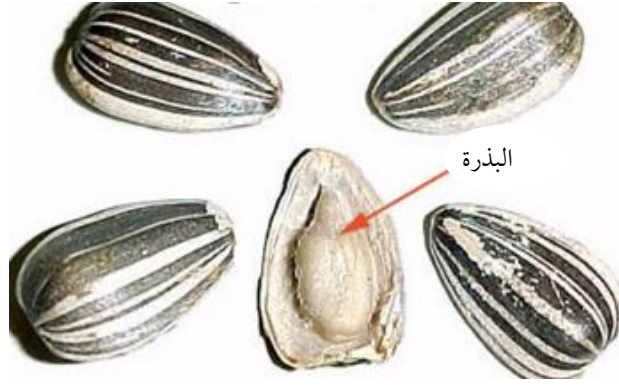


شكل 8. ثمرة برة

البذرة منفصلان كما في "العائلة" المركبة"، مثل "دوار الشمس" (شكل 9).

الجناحية: تشبه الفقيرة، حيث تتركب من كربلة وحيدة، إلا أن الغلاف الثمري يتمدد على هيئة زوائد تشبه الأجنحة كما في ثمرة "أبو المكارم" (شكل 10).

البندقة: ثمرة جافة، وحيدة الغرفة، وحيدة البذرة، تنشأ من مبيض ثنائي أو متعدد الكرابل، علوي، غلافها الخارجي صلب أو خشبي،



شكل 9. ثمرة سبيلاء



شكل 10. ثمرة جناحية

مثل "كاشو" و"البوط" والكستناء و"أبو فروة" و"البندق" (شكل 11).

3. 1. 3. الثمار البسيطة المنشقة

قرظة: قرنية غير متفتحة، جافة، محززة إلى أجزاء، يحتوي كل جزء بذرة واحدة. تنشق عرضياً عند الحواجز أو الحزوز إلى أجزاء، يحتوي كل جزء بذرة واحدة كما في "السنط" (شكل 12).

الثمرة مجزأة: تتكون من غرفتين، غير متفتحة، جافة، تنشأ من مبيض ثنائي الكريلة سفلي. تنشق عند النضج إلى قطعتين،



شكل 11. ثمرة بندقة



شكل 12. ثمرة قرظة

غير متفتحتين، تسمى كل قطعة ثميرة، تحتوي كل قطعة على بذرة واحدة. تبقى الثميرات متصلة بالنهاية المميزة لحامل الثمرة كما في "الكمون" و"الينسون" و"الجزر" (شكل 13).



شكل 13. ثمرة مجزأة



شكل 14. ثمرة جناحية
متضاعفة



شكل 15. ثمرة متفلفة

جناحية متضاعفة: تنشأ الثمرة من مبيض ثنائي الكريلة، علوي، وعند النضج تنشق إلى ثمريتين جناحيتين، تحتوي كل ثمرة على بذرة واحدة، ولكل ثمرة جناح كما في ثمار شجر "القيقب" (شكل 14).

متفلفة: ثمرة غير متفتحة، جافة، تنشأ من متاع ملتحم الكرابل، تنشق من المركز إلى أجزاء عديدة، تسمى متفلفات، تحتوي



شكل 16. ثمرة جويضة



شكل 17. ثمرة حسلية



شكل 18. ثمرة لبية

على بذرة أو بذرتين، تخرج البذور فيما بعد عندما تتحلل الثمرة الجافة كما في "الخروع" (شكل 15).

جويضة: ثمرة صغيرة جافة، غير متفتحة، تتكون من أربع غرف، تنشأ

من متاع ثنائي الكربة علوي، يغلفها كأس دائم، تنشق الثمرة إلى أربع غرف تحتوي كل غرفة بذرة أو جوية (شكل 16). تتميز الجوية أفراد الفصيلة الشفوية.

4. 1. 3. 13. الثمار البسيطة الغضة

الحسلية: ثمرة غضة، تتكون من غرفة أو أكثر، تحتوي بذرة أو أكثر، تنشأ من متاع سائب أو ملتحم البتلات، ذات غلاف ثمري مكون من غلاف خارجي جلدي وغلاف متوسط متشحم وغلاف داخلي صلب كما في "المانجو" و"الزيتون" (شكل 17).

الثمرة اللبية: ثمرة سفلية أو علوية (أحياناً)، غير متفتحة، عادة عديدة البذور، غضة أو لبية، تنشأ من كربة مفردة أو من متاع ملتحم الكرابل، ذي مشيمة جدارية أو محورية، مثل "الطماطم" و"الباذنجان" و"الموز" و"الجوافة". تلتصق البويضات بالمشيمة في الثمرة اللبية في بادئ الأمر، لكنها تنفصل عنها فيما بعد وتبقى طليقة في اللب. أحياناً يوجد ثمرة لبية وحيدة البذرة كما في "البلح" (شكل 18).

القرعية: ثمرة عديدة البذور، شحمية أو لحمية، لكنها تنمو من مبيض سفلي وحيد الحجرة أو ثلاثي الحجيرات المنفصلة، ملتحمة المتاع ذات مشيمة جدارية، تبقى متصلة بالبذور المدفونة في اللحم كما في "الخيار" و"قرع العسل" (شكل 19). وتميز هذه الثمرة الفصيلة القرعية.

التفاحية: ثمرة سفلية، ملتحمة المتاع، لحمية، تتكون من حجرة أو



شكل 19. ثمرة قرعية



شكل 20. ثمرة تفاحية



شكل 21. ثمرة موالحية

حجيرتين يحتويهما التخت. في هذه الثمرة يؤكل التخت بينما لا تؤكل الثمرة الفعلية التي تقع في داخله كما "الكمثرى" و"التفاح" (شكل 20).

الموالحية: ثمرة لحمية، تتكون من حجرتين، أو حجيرات عديدة، تنشأ

من متاع ملتحم البتلات، ذي مشيمة محورية. يبرز غلاف الثمرة الداخلي للخارج مكونا غرف واضحة، أما الغلافان الخارجي والداخلي فمندمجان معا في غلاف جلدي لين أو مضغوط كما في "البرتقال" و"الليمون" (شكل 21).

الرمانية: تنشأ من متاع سفلي، عديد الغرف والبذور، ملتحم البتلات، يتكون من محيطين من كرابل قاعدية تقع داخل التخت. أثناء نمو المبيض تتحول الكرابل الخارجية إلى غطاء مركب. لهذا تتكون طبقتان من الحجر (الغرف) يحتل الخارجي منها موقع جداري. الغلاف الخارجي للثمرة جلدي خشن، وجدر الغرف التي تتكون منها الثمرة رقيقة غشائية. تمتلئ قصرة البذرة بعصير حامض بينما تتميز السيراء أو الغلاف الباطني بطبيعته القرنية (صلب أو خشن) كما في الرمان (شكل 22).

2. 3. 13 الثمار المتجمعة

الثمار المتجمعة: مجموعة من الثمار البسيطة (أو الثميرات) التي تنشأ من متاع سائب الكرابل، ويوجد منها: متجمعة جرابية: تتكون الثمرة من جرابتين كما في نبات العشار، ومن ثلاث جرابيات كما في نبات "الأقونيتم"، ومن العديد من الجرابيات كما في "بودرة العفريت" (شكل 23).

متجمعة من عدد من الأكينيات: تتكون الثمرة المتجمعة من عدد من الأكينيات كما في ثمرة "الورد" و"الفراولة" و"اللوتس".

متجمعة حسلية: تتكون الثمرة من عدد من الحسلات أو الحسيلات



شكل 22. ثمرة رمانية



شكل 23. ثمرة جرابية متجمعة

كما في "توت العليق". وتتميز هذه الثمرة بتختها اللحمي.
متجمعة لبية: تكون الثمرة اللبية مدفونة في تخت لحمي كما في
"السفرجل".

3. 3. 13 الثمار المركبة أو المتضاعفة

تنشأ الثمرة المركبة من نورة، وتشمل هذه النورة أوراقا زهرية
وأعناق وقنابات أزهار، وبوجد منها:



شكل 24. ثمرة مركبة أناناسية



شكل 25. ثمرة مركبة تينية



شكل 26. ثمرة توتية

ثمرة مركبة أناناسية: تنشأ هذه الثمرة من إغريض أو سنبلة تندمج فيه الأزهار مع بعضها، مكونة كتلة مضغوطة كما في "الأناناس" الذي تتميز أزهار نورته بسبلات العصارية كما تتميز

النورة بمحورها اللحمي أو الخشبي (شكل 24).

الثمرة المركبة التينية: تنشأ من تحت كمثري ، مجوف، شحمي أو لحمي، يغلف عدد من الأزهار المؤنثة والمذكرة. ينمو التخت، ويصبح لحمي، ويكون ما يسمى بالثمرة. والتخت يغلف عدد من الثمار الحقيقية أو الأكينية التي تنشأ من الأزهار المؤنثة التي تقع داخل التخت عند قاعدته كما في "التنين" (شكل 25).

الثمرة التوتية: يحيط بكل ثمرة وريقات زهرية شحمية هي التي تؤكل كما في التوت (شكل 26).

المراجع

Wiles AD. 2004. Restoring American Gardens: An Encyclopedia of Heirloom Ornamental Plants, 1640-1940. Timber Press

Brian C. 2005. Botany for Gardeners. Timber Press. pp. 198-99

Cothran JR. 2003. Gardens and Historic Plants of the Antebellum South. University of South Carolina Press. p. 221

Esau K. 1977. Anatomy of seed plants. John Wiley and Sons, New York

Evolutionary trends in flowering plants. 1991. New York: Columbia University Press. p. 209

Farrell KT. 1999. Spices, Condiments and Seasonings. Springer. pp. 17-19

Feldkamp S. 2002. Modern Biology. Holt, Rinehart, and Winston. p. 634

Gupta PK. 2007. Genetics Classical to Modern. Rastogi Publication. pp. 2-134

Heiser CB. 2003. Weeds in My Garden: Observations on Some Misunderstood Plants. Timber Press. pp. 93-95

MausethJD.2003. Botany: An Introduction to Plant Biology. Jones and Bartlett. pp. 271-72

Mauseth JD.003). Botany: an introduction to plant biology. Boston: Jones and Bartlett Publishers. p. 258

Rost TL, Barbour MG, Thornton RM, Weier TE, Stocking CR. 1979. Botany: a brief introduction to plant biology. New York: Wiley. pp. 135-37

Schlegel RHJ. 2003. Encyclopedic Dictionary of Plant Breeding and Related Subjects. Haworth Press. p. 177

Singh G. 2004. Plants Systematics: An Integrated Approach. Science Publishers. p. 83

Sinha N, Sidhu J, Barta J, Wu J, Cano MP. 2012. Handbook of Fruits and Fruit Processing. John Wiley & Sons

الفصل الرابع عشر: انتشار الثمار والبذور

14. 1 مقدمة

تنتج النباتات البذرية أعدادا كبيرة من البذور والثمار. يهلك الكثير من هذه البذور نتيجة للتنافس الشديد بينها وتفوق بعضها على البعض الآخر رغم انتشارها على مساحة شاسعة. ولنا أن نتصور إذا سقطت تحت النبات الأم مباشرة، ونمت بادرته بجانب بعضها البعض الآخر فلا شك في أنها ستستهلك ما بالتربة من مواد غذائية أساسية وستتنافس فيما بينها على المكان والضوء والهواء مما يؤدي إلى اخفاق البيئة في تلبية احتياجاتها المتماثلة وسيؤدي ذلك إلى هلاك كل النباتات. يضاف إلى ذلك أنها ستصبح فريسة سهلة للحيوانات آكلة الأعشاب. ولكي تبقى النباتات ولا تندثر، فقد جعل الله -سبحانه وتعالى- لها وسائل خاصة تساعد على الانتشار على مدى واسع حتى لا تتنافس بادرته على احتياجاتها من التربة. وبالتالي تبقى لتزودنا بما نحتاج من غذاء وكساء ولباس ووقود...الخ. تنتشر البذور والثمار بوسائل شتى سنتناولها في هذا الفصل.

14. 2 انتشار الثمار والبذور بواسطة الرياح

ميز الله -سبحانه وتعالى- الثمار والبذور التي تنتشر بالرياح بميزات عديدة وتراكيب خاصة تمكنها من الانتقال من منشأها إلى مسافات بعيدة بواسطة الرياح. من هذه التراكيب الزغب والأجنحة والشعور وتركيب أخرى.

1. 2. 14. الأجنحة

زود الله -تجلى في علاه- بذور وثمار بعض النباتات بزائدة أو أكثر، غشائية جافة منبسطة رقيقة، تعرف بالجنح، تساعد البذور على الانتثار بالرياح. من هذه البذور بذور "الكينا" و"البذرة المجسمة" و"النقارة". كذلك، هناك العديد من الثمار التي وهبها الله -سبحانه وتعالى- جناح أو أكثر تحلق بهما إلى حيث المستقر، منها ثمار "اليام" وشجرة "الدردار" و"الترميناليا" و"القيقب" وشجرة "زيت الغابة" وشجرة "الملح" (شكل 1).

2. 2. 14. المظلة الزغبية

يتحور الكأس في العديد من أفراد الفصيلة المركبة إلى تراكيب تشبه الشعر تعرف بالزغب تبقى متصل بالثمرة بعد نضجها (شكل 2أ). فإذا انفصلت الثمرة من النبات الأم مكنتها المظلة الزغبية من الانتقال بواسطة الهواء من مكان إلى آخر.

3. 2. 14. الهددة

تتفتح ثمار بعض النباتات، مثل: الخشخاش و"الخشخاش الشوكي" و"اللوب" إلا أن بذورها لا تنتثر من ثمارها بعيدا عن النبات الأم إلا إذا هدهدة الرياح الثمار.

4. 2. 14. الشعور

يحيط ببذور "العشار" و "الصقلاب-*Asclepias*" و"شجرة إبليس-*Alitonia*" و"القطن" شعور تغطي الجسم كله، أو تكون في قطب من قطبي البذرة أو في كلا القطبين معا، تساعد البذور على

الانتشار بواسطة الرياح (شكل 2 ب - د).



شكل 1أ. أنواع البذور المجنحة مثل: (1) "الكينا - Cinchona"، (2) "البذرة المجسمة - Stereospermum"، (3) "النقارة - Moringo"، (4) "اليام - Dioscorea"



شكل 1ب. الثمار المجنحة، مثل: (1) "الدردار - Fraxinus"، (2) "الترميناليا - Terminaliamyriocarpa"، (3) "القيقب - Acer"، (4) "زيت الغابة - Dipterocarpus"، (5) "الملح - Shorea"

14. 2. 5 الأعلام الدائمة

يستديم القلم الريشي في ثمار نبات "كليماتس" ونبات "نارافليا"



شكل 2. البذور التي يغطيها الزغب أو الشعور. (أ) بذور الفصيلة المركبة، (ب) بذرة "العشار"، (ج) بذرة "شجرة إبليس"، (د) بذرة "القطن"



شكل 3. ثمار يستديم فيها القلم. (أ) ثمار "كليمانس"، (ب) ثمار "نارافليا - Naravelia"

مما يساعد الثمار على الانتقال بواسطة الرياح إلى مسافات بعيدة (شكل 3 أ - ب).

6. 2. 14 الثمار والبذور الخفيفة

يتميز هذا النوع من الثمار والبذور بخفتها وصغر حجمها مما يمكن

أي نسمة هواء من نقلها بعيدا عن النبات الأم. من هذه البذور بذور "الأوركيدات" والتي تعتبر أصغر البذور في المملكة النباتية. فثمرة النبات تحتوي ملايين البذور التي تشبه ذرات الغبار. ومن البذور الأخرى التي تتميز بصغرها بذور بعض "النبليات". كذلك تتميز بذور "الكينا" أيضا بصغرها وخفة وزنها، إضافة إلى جناحها الغشائي (شكل 1ب). ومما يجدر ذكره فإن الجرام الواحد من بذور "الكينا" يحتوي على حوالي 2500 بذرة.

3. 14 انتشار الثمار والبذور بواسطة الماء

لقد وهب الله - سبحانه وتعالى - البذور التي تنتقل بواسطة الماء أغلفة خارجية ليفية أو إسفنجية تمكنها من الطفو على سطح الماء كما في ثمرة "جوز الهند" التي تتميز بغلافها الخارجي الليفي الذي يحمله على سطح البحر لمسافات بعيدة دون أن تتلف. كذلك تتميز ثمرة نبات "جوز الهند الدبة" - *Lotoicea maldivia* بغلاف ليفي خارجي. من الجدير بالذكر إن هذه الثمرة تزن حوالي 18 كيلوجرام وفي بعض الأحيان قد تصل لأكثر من ذلك كما يبلغ طولها حوالي متر، وتأخذ من 6-12 سنوات لتنضج (شكل 4). أما في نبات "اللوتس" فيحمل كرسي الزهرة الإسفنجي الثمرة على قمة نصفه الكروي، ويطفو بها على سطح الماء منجرف مع تيار الماء أو الرياح. من ناحية أخرى قد تكون البذور صغيرة وخفيفة ولديها القدرة على الطفو على الماء، مثل بذور "زنبق الماء" الذي وهبه الله - سبحانه وتعالى - غلاف خارجي يعرف بالجفت (غلاف خارجي لبعض البذور) يملأه الهواء.



شكل 4. ثمرة نبات "جوز الهند الدبة"



شكل 5. ثمار متفجرة. (أ) ثمرة نبات "خف الجمل - Bauhinia"، (ب) ثمرة نبات "ريليا - Ruellia tuberosa"

4. 14 انتشار البذور بواسطة انفجار الثمار

تنتشر البذور من بعض الثمار بواسطة الانفجار الذي يكون مصحوب بهزة عنيفة (شكل 5أ). ويضرب هذا النبات أروع وأمتع الأمثلة في

تفجر الثمار، فتنفجر ثماره بعنف، مبعثرا البذور في كل الاتجاهات، ويصاحب الانفجار صوت مرتفع جدا.

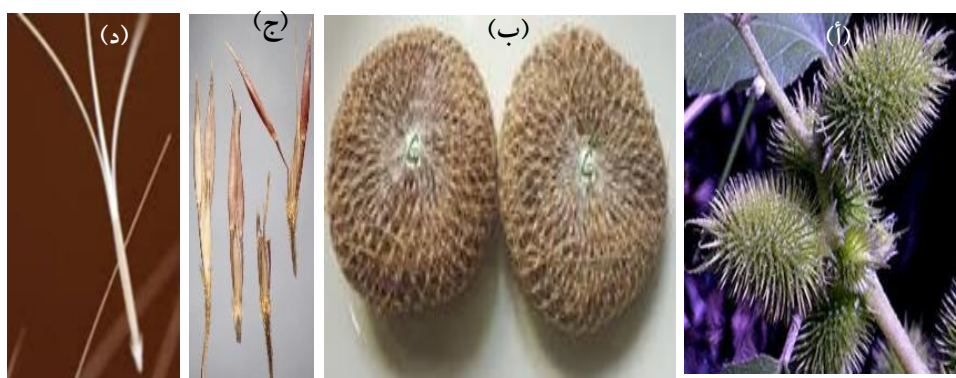
من ناحية أخرى، شوهد العديد من النباتات التي تنتمي للفصيلة "الأكانثية" تتفجر ثمارها في الظروف الجافة أو الرطبة، وتتفتح من القمة إلى القاعدة قاذفة بالبذور بقوة. في العديد من هذه الحالات تزود البذور بخطاطيف مقوسة تستقيم فجأة فتساعد على دفع البذور بعيدا. لهذا عندما تلامس ثمار "ريليا" الماء (شكل 5ب)، بعد زخات المطر، تنفجر فجأة إلى صمامين، ويصاحب الانفجار صوت مسموع، ويؤدي ذلك إلى انتشار البذور في كل اتجاه. كذلك تنفجر ثمرتا نباتي "أكانثي-*Barleria*" الناضجتين فجأة عند جفاف الهواء وتقذف بالبذور. أما ثمار نباتي "الفلوكس-*Phlox*" و "*Barleria*" فتنفجران في الأيام ذوات الشمس الساطعة، ويتخلف عن الانفجار صوت مسموع، هو صوت تكسير الثمرة المتفجرة.

5. 14. انتشار الثمار والبذور بواسطة الحيوانات

ينتشر العديد من البذور والثمار بواسطة الحيوانات والإنسان، وتتميز هذه البذور والثمار بأنها مزودة بوسائل خاصة تمكنها من الانتقال بواسطة الإنسان والحيوانات، بسهولة ويسر.

1. 5. 14. الثمار الكلابية

العديد من الثمار يغطي سطحها كلابات أو أشواك أو هلاب أو "أسلاه-*Babs*" أو شعور صلبة.... الخ، تمكنها من الالتصاق بجسم الحيوانات التي يغطيها صوف أو وبر أو شعر كما تمكنها من



شكل 6. بعض أنواع الثمار التي يغطيها خطاطيف مقوسة أو شعور صلبة. من البذور التي يغطيها خطاطيف مقوسة: (أ) "الشبيط"، (ب) "يورنيا" ومن الثمار التي يغطيها شعور صلبة: (ج) "زعرور الحب - *Chrysopogon*"، و(د) "حشيشة الرمح - *Aristida*".



شكل 7. (أ)، ثمرة "الدبق" يغطيها غدد لزجة؛ (ب)، زهرة " ببوليا - *Pupalia*" يغطيها أشواك خطافيه؛ (ج) بذرة "ظفر النمر - *Martynia annua*" مزودة بزواج من الخطاطيف المقوسة الحادة

الالتصاق بملابس الإنسان - أيضا، وغالبا يحمله الإنسان والحيوان وهو غافل إلى أماكن بعيدة. ومن البذور ما هو مغطى بأشواك وخطاطيف، مثل بذور "الشبيط" و"يورنيا" (شكل أ-ب)؛ ومنها ما هو مغطى بعناقيد من شعور صلبة متجهة إلى الخارج، مثل سنبيلات "شوكة الحب أو زعرور الحب" وبذور "حشيشة الرمح" (شكل 6 ج-د). ومنها ما يحمل هلاب خطافيه نجمية منتشرة للخارج، مثل عناقيد

أزهار نبات "ببوليا" (شكل 7ب)؛ ومنها ما هو مزود بخطافين صلبين منحنيين ومدببين، مثل بذور نبات "ظفر النمر" (شكل 7ج)؛ ومنها ما يحمل أشواك صلبة حادة، مثل ثمار نبات "*Tribulus*".

2. 5. 14. الثمار اللزجة

زود الله - سبحانه وتعالى - ثمار بعض النباتات بغدد لزجة تمكنها من الالتصاق بجسم الحيوانات، فتنقلها إلى أماكن بعيدة. من هذه الثمار ثمار نبات "بورهيافيا" (شكل 7أ)، ونبات "بلمباجو". كذلك فإن لبذور نبات "الدبق-*Viscum*" غدد لزجة - أيضا.

5. 5. 14. الثمار اللبية

تتميز الثمار اللبية بجمالها وروعة ألوانها، مما يجعل الإنسان يحملها معه من مكان لآخر؛ ليتمتع بجمالها شكلها.

6. 5. 14. الثمار التي تؤكل

تعتبر الطيور والإنسان وكيلين مهمين لانتشار البذور. فالطيور تتغذى على لب ثمار "الجوافة" و"التين" و"العنب".... الخ، وتبتلع بذورها التي لا تؤثر العصارات الهضمية على أجنتها التي تغطيها أغلفة واقية تختلف طبيعتها من نبات لآخر، ومن ثم تخرج مع براز الحيوانات الذي يستخدم كسماد للتربة. أما الإنسان فينقل البذور من مكان إلى آخر للاستفادة منها واستغلالها في الصناعة والزراعة. فقد أدخل الإنسان الموالح إلى اسبانيا وأدخل "الذرة" إلى العالم القديم بعد اكتشاف أمريكا، كما أدخل "قصب السكر" و"القطن" إلى شمال إفريقيا.

المراجع

- Bullock SH, Primack RB. 1977. "Comparative experimental study of seed dispersal on animals". *Ecology* 58: 681-686
- Delibes M, Castañeda I, Fedriani JM. 2017. "Tree-climbing goats disperse seeds during rumination". *Frontiers in Ecology and the Environment* 15: 222
- Hämäläinen A, Broadley K, Droghini A, Haines JA, Lamb CT, Boutin S, Gilbert S. 2017. "The ecological significance of secondary seed dispersal by carnivores". *Ecosphere* 8: e01685
- Handel SN, Beattie AJ. 1990. "Seed Dispersal by Ants". *Scientific American*. 263: 76-83
- Hodkinson DJ, Thompson K. 1997. "Plant Dispersal: The Role of Man". *Journal of Applied Ecology* 34: 1484-1496
- Howe HF, Smallwood J. 1982. "Ecology of Seed Dispersal". *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228
- Howe HF, Smallwood J. 1982. "Ecology of Seed Dispersal". *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 201-228
- Larsen H, Burns KC. 2012. "Seed dispersal effectiveness increases with body size in New Zealand alpine scree weta (*Deinacrida connectens*): WETA FRUGIVORY". *Austral Ecology* 37: 800-806
- Manzano P, Malo JE. 2006. Extreme long-distance seed dispersal via sheep. *Frontiers in Ecology and the Environment*

4: 244-248

Østergaard LJ. 2010. Annual Plant Reviews, Fruits Development and Seed Dispersal (first ed.). United Kingdom: Blackwell Publishing. pp. 204-205

Ran N. 2006. Long-Distance Dispersal of Plants. *Science* 313: 786-788

Ran N, Schurr FM, Spiegel O, Steinitz O, Trakhtenbrot A, Tsoar A. 2008. Mechanisms of long-distance seed dispersal. *Trends in Ecology and Evolution* 23: 638-647

Sorenson AE. 1986. Seed dispersal by adhesion. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 443-463

Vittoz P, Engler R. 2008. Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica* 117: 109-124