

# الباب الثامن

## جهاز التخزين The Storage System

لا يستعمل النبات عادة نواتج عملية التمثيل بعد تكوينها مباشرة ، فهناك فترة من الوقت تمضي ما بين إنتاج المواد المرنة وما بين استعمالها وقائها . ففي أبسط أنواع الطحالب الحيطية مثل *Spirogyra* أو *Ulothrix* يكون نشاط عملية التمثيل الضوئي نهاراً كما يحدث انقسام الخلايا ليلاً، ولذا تستعمل المواد المرنة التي تنتج نهاراً بمساعدة ضوء الشمس في تكوين جدر جديدة للخلايا ليلاً أو في غير ذلك . أما النباتات الراقية فهي أكثر تعقيداً من جهة حاجياتها ، ولذلك يحدث إنتاج المواد واستعمالها في أوقات مختلفة وأماكن متعددة . ويؤدي ذلك بالنسبة لاتصال هاتين العمليتين عن بعضهما وتوزيع نواتج عملية التمثيل ، الى تخزين هذه المواد بدرجات متفاوتة .

وتختلف عمليات التخزين بالنسبة لاختلاف أجزاء النبات المتخصصة في القيام بها . وأبسطها ما يشاهد في ترسيب المواد المرنة بالأماكن التي تتكون فيها ، كإنتاج حبيبات النشا داخل البلاستيدات الخضراء . غير انه قد تتفصل المواد المرنة في أحوال أخرى لترسب في أماكن أكثر بعداً عن مواقع إنشائها وفي خلايا متعددة الأشكال ، كوجود حبيبات النشا في ألياف اللحاء وبعض عناصر الجهاز الناقل ، وخصوصاً البرنشيمة الناقلة كبرنشيمة الخشب أو في الأشعة النخاعية وخلايا الثغور المساعدة . وتعتبر عملية التخزين في غالبية هذه الحالات ، كوظيفة إضافية للنسيج أو الجهاز الموجودة به هذه الخلايا ، غير أنه يجب ألا يعتبر النسيج مخزناً إلا اذا كانت وظيفته الاساسية عمليات التخزين .

وتتكون نواتج عملية التمثيل المحتزنة أساسياً من المواد المرنة التي يستعملها النبات في أطوار نموه المختلفة ، وهذه تشمل المواد المحتزنة التي توجد في الجذور والثمار والابصال والدرنات

والريزومات، وغير ذلك من أعضاء التكاثر الخضرى الموجودة فى حالة ساكنة . وفى حالات أخرى قد تستعمل نأججات عملية التمثيل المتجمعة كمواد تنفسية .

ولا يرتبط التخزين عموماً بالمطالب الفسيولوجية ، فقد تؤدى بعض الاعتبارات الخاصة بالبيئة الى تخزين المواد فى خلايا أو أنسجة خاصة ، كتخزين المركبات العضوية المختلفة فى الفواكه العصارية ، أو فى الأعضاء الزهرية لاجتذاب الحيوانات والحشرات ، أو للمساعدة فى انتشار البذور ، أو فى عملية التلقيح ، أو الوقاية .

وتحتوى بعض أعضاء النبات التى تتكاثر خضرياً كالدرنات والأبصال علاوة على ما هى مزودة به من نأججات عملية التمثيل على قدر من المياه المخزنة ، فتكون بذلك ذات قدرة على النمو بنشاط حتى فى التربة الجافة . ومن المعتاد أن تنمو الأبصال حتى ولو علقت فى جو جاف ، ويعتبر الماء فى مثل هذه الحالات من المواد المخزنة مماثلاً فى ذلك النشا والبروتين . والنبات عموماً فى حاجة أثناء نموه وبناء جسمه الى قدر من الماء لا يقل فى أهميته عما يحتاج اليه من المواد المرنة .

ويتكون جهاز التخزين من كل الأنسجة التى تكون وظيفتها الأساسية تخزين نأججات عملية التمثيل وذات العلاقة بعمليات النمو أو غير ذلك من الوظائف الفسيولوجية أو المتعلقة بالبيئة ، وكذا الأنسجة التى تخدم كأماكن لتخزين الماء . وتتكون معظم الأنسجة المخزنة أساسياً من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم ذات مظاهر خاصة لها علاقة بتسهيل عملية دخول المواد المخزنة أو التخلص منها .

## أولاً - تخزين الماء

### ١ - الأنسجة المائية Water- Tissues

تنفادى كثير من النباتات التى تنمو فى المناطق الحارة اختلال نشاط الأعضاء التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى باحتوائها على طبقات من الخلايا المخزنة للماء ، تكون ما أسماه Pfitzer بالنسيج المائى Water-Tissue . وتماز بوجود هذه الطبقات أنواع النباتات الزيروفيتية التى تنمو فى المناطق الصحريّة ، وكذا النباتات العلوية كنباتات

BROMELIACEAE وكثير من نباتات ORCHIDACEAE وأنواع أجناس *Peperomia* و *Begonia* و *Tradescantia* . وتحتاج النباتات التي تنمو في المناطق الاستوائية الى تخزين الماء وخصوصاً اذا ما كانت أوراقها كبيرة رقيقة يتسبب عنها حدوث النتح بكميات كبيرة ، كما في *Maranta* و *Ganna* وبعض أجناس SCITAMINEAE و *Ficus elastica* و *Conocophalus ovatus* و *Euphorbia thymifolia* وكثير من نباتات النخيل . كما تزود بعض نباتات المتجروث النصف مائة بأنسجة مائة تامة التكوين .

وتتكون الأنسجة المائية من خلايا برانشيمية كبيرة الحجم تحتوي على طبقة رقيقة من السيتوبلازم تبطن الجدر من الداخل وتغمس بها النواة وقليل من البلاستيدات الخضراء ، أما فجواتها فتتملى " بسائل مائي رائق أو بسائل لزج اذا كانت في مواضع عميقة . أما جدرها الخلوية فرقيقة خالية من النقر ، وفي بعض الحالات تكون حواف جدر الخلايا ذات غلظ كولنشي . وهي في العادة متساوية الأقطار ، وأحياناً ما تكون مستطيلة الشكل كما في *Hohenbergia strobilacea* . وغالباً ما تكون خلايا النسيج المائي في الأوراق المنبسطة شبه عمادية كما في *Caropa moluccensis* و *Rhizophora mucronata* ، ويؤدي توجيه محورها الطولي في مثل هذه الحالات الى قصر المسافة التي يجب أن يقطعها الماء في طريقه الى نسيج التمثيل الضوئي .

وتعتبر الأنسجة المائية بالنسبة لموقعها إما خارجية سطحية أو داخلية . ويعتبر الخارجي السطحي منها تابعاً لجهاز البشرة المخزن للماء ، وغالباً ما يرى في الأوراق المنبسطة العادية جهة أحد سطحيها أو السطحين معاً ، غير أنه عادة ما يكون متكوناً جهة السطح العلوي .

أما الأنسجة المائية الداخلية فيمتاز بوجودها أعضاء التمثيل الضوئي في النباتات التي تعيش تحت الظروف الزيروفيتية ، مثل CACTACEAE وكل من جنس *Aloe* و *Agave* و *Mesembryanthemum* .

ويختلف تكوين النسيج المائي كما ، فقد يكون مكوناً من عدة طبقات ناعجة عن البشرة في هيئة البشرة المتضاعفة ، وهذه قد يزداد ارتفاع خلاياها أو يحدث لها عدة انقسامات

نمائية . وفي أعضاء التمثيل الضوئي في النباتات العصارية ، قد يزيد سمك كتلة النسيج المائي عن سمك نسيج التمثيل الضوئي نفسه . وقد زود حواف أوراق بعض النباتات المرضة لفقدان الماء بنسيج مائي موضعي مكونا من طبقات من الخلايا متفاوتة في عددها، وترى مثل هذه الأنسجة المائية الحافية في عدة أنواع من جنس *Quercus* و *Acacia* . ويقول Lippisch ان حواف أوراق الموز وهي صغيرة تتكون كلها من الخلايا المخزنة للماء، وتتكشف هذه فيما بعد لما يتمزق النصل إلى عدد من الشرائح المتوازية . وفي النباتات العلوية مثل جنس *Peperomia* وبعض نباتات *GESNERACEAE* تستطيل الخلايا المخزنة للماء وبذلك يزداد النسيج المائي في السمك بتقدم نمو الأوراق . وعادة يرجع ازدياد مثل هذه الأوراق في السمك بتقدمها في السن إلى زيادة تكوين النسيج المائي بها .

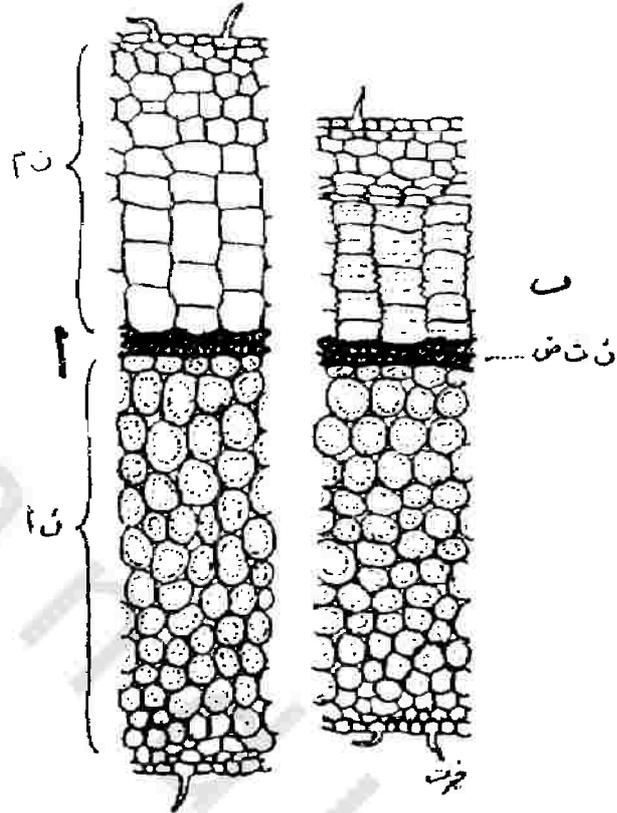
وتختص أنصال الأوراق بوجود الأنسجة المائية ، كما توجد في بعض الأعضاء الأخرى التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي . وتوجد هذه الأنسجة في كثير من نباتات الأوركيدز العلوية فيما يسمى بالأبصال الكاذبة التي قد تتكون من سلامة واحدة أو عدة سلاميات . كما توجد الدرناات المخزنة للماء بأحجام مختلفة بين نباتات *RUBIACEAE* و *VACCINIACEAE* و *MELASTOMACEAE* وفي أنواع جنس *Gesnera* وأحسن مثال لها هو درنة البطاطس العادية . والدرناات كالأبصال يتشابهان في اختزان كل من الماء والمواد المرنة في نفس النسيج الواحد .

وتتمثل أكبر الأعضاء المخزنة للماء في السوق الدرنية اللحمية لنباتات جنس *Hydnophytum* و *Myrmecodia* التي تنمو في الملايو وغينيا الجديدة وجنوب استراليا . وتكون الدرنة في هذه النباتات من منطقة الهيوكوتيل المتضخمة ، ويصل طولها في *Myrmecodia* إلى حوالي ٣٠ سم وسمكها ٢٠ سم ، أما في *Hydnophytum tortosum* فقد ذكر Beccari أنه قد يصل قطرها إلى ٦٠ سم . وهي تشتمل على نسيج مائي عصاري يتقاطع معه جهاز معقد من فجوات وقنوات تتصل جميعها مع بعضها . وتبطن جدر هذه الفجوات ، كما تلتف الدرنة من الخارج ، بطبقة من الفلين تغطي بعدد كبير

من حديسات يضاء اللون يعتبرها Treub أعضاء خاصة بعملية التهوية . ويقطن هذه الفجوات عادة جحافل من النمل يسوؤها أن يتطفل سواها على مساكنها المنزلة ، ويلوح أنها تقوم بحراسة الثبات من الحيوانات الأخرى الضارة . وتعتبر مثل هذه الأعضاء كأما كن متسعة لتخزين الماء ، أما الممرات فتزودها أثناء نموها بكيات من الاكسيجين لازمة لعملية التنفس .

وتمتدب الأنسجة المائية السطحية والموجودة أسفل البشرة الخارجية ذات أهمية ومظاهر فسيولوجية خاصة . فاذا تركت إحدى الأوراق المشتملة على مثل هذا النسيج المائي لتجف تدريجياً يكون تأثير فقدان الماء ظاهراً في الخلايا المخزنة للماء نفسها .

وبفقدان هذه الخلايا للماء تدريجياً فانها تنقبض وتنكش ، كما تنثني وتتجمد جدرها القشرية الرقيقة ( شكل ٧٩ - ب ) . وترجع



( شكل ٧٩ )

ق . ع . في أوراق *Peperomia trichocarpa* -  
 ( ا ) ورقة غضة . ( ب ) ورقة مصابة تركت لتفقد ماءها  
 مدة أربعة أيام في درجة ١٨° - ٢٠° م - ن م =  
 نسيج مائي ، ن ت ض = نسيج تمثيل ضوئي ، ن ا =  
 نسيج أسفنجي ، ( عن ها برلانديت ) .

هذه الظاهرة الى أن الماء المفقود لا يحل محله الهواء الذي يصعب دخوله الى الخلايا نظراً لوجود طبقة بروتوبلازمية حية تبطن جدرها من الداخل ، كما تعتبر الجدر القشرية الرقيقة الغير مغلظة والتي تسمح لهذا الانقباض ثم الامتداد لسكل النسيج المائي ، أحد المظاهر التشرحية الهامة . واذا زود النسيج المائي مرة أخرى بكمية وافرة من الماء فسرعان ما يعود الى حالته الأولى ، فنستقيم الجدر القشرية للخلايا بعد تجعدها ،

تحت تأثير الضغط الإلتفاحى الناتج عن امتصاص الماء . ويعتبر ذلك من المظاهر التي يمتاز بها هذا النسيج .

ويعود انكماش النسيج المائى فى أوقات الجفاف الى تسرب كمية محدودة من مائه فى هيئة بخار عن طريق الجدر الخارجية للبشرة وكذا عن طريق المسافات التنفسية الموجودة فى كل الانسجة المائية . كما تمتص كمية أوفر من الماء عن طريق جهاز التمثيل الضوئى بالنسبة لارتفاع الضغط الأزموزى الناتج فى الخلايا الخضراء ، وتحل هذه محل ما يفقد بواسطة النتح . ويحفظ النسيج المائى جهاز التمثيل الضوئى عند نقص كمية الماء المطلوبة فيزوده بها ، وبذلك يستمر نشاط عملية التمثيل الضوئى فى هذه الأثناء . وما دام الماء متوفراً تحصل الخلايا الكولورنشيمية على مايلزمها من الماء والأملاح المعدنية عن طريق الحزم الوعائية، أما اذا انقطع عنها هذا المورد الطبيعى لسبب من الأسباب فتعتمد هذه الخلايا التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى على ما هو مخزن فى النسيج المائى .

وتحتوى نباتات MARANTACEAE على نسيج مائى ذى شكل خاص يشغل المنطقة السطحية المكونة لأطراف أعناق الأوراق ، ويتكون من طبقة من خلايا مستطيلة الشكل تتجه محاورها الطويلة الى أعلى نحو الخارج فى وضع مائل . ولا تتكش الجدر القشرية لهذه الخلايا عند فقدان الماء ، بل تبقى كما هى بصفة دائمة مخالفة فى ذلك ما يحدث للجدر القشرية لخلايا الانسجة المائية العادية .

وتحتوى بعض النباتات الحرزبية على الأنسجة المائية ، وهذه علاوة على تخزينها للماء تقوم بتخزين المواد المرنة . وفى النباتات المنبسطة كما فى MARCHANTIACEAE يمثل النسيج المائى خلايا كبيرة الحجم عديمة اللون توجد أسفل الحجرات الهوائية . أما فى النباتات القائمة فتوجد الأنسجة المائية بالأوكياس الجرثومية تحت البشرة فى جدار الكيس الجرثومى كما فى *Funaria hygrometrica* ، أو فى الاپوفيسيس كما فى *Webera nutans* . وقد يوجد النسيج المائى فى بعض النباتات الأخرى فى الكوليوميلا، ويحتوى على حبيبات النشا لما يكون الكيس الجرثومى حديث التكوين .

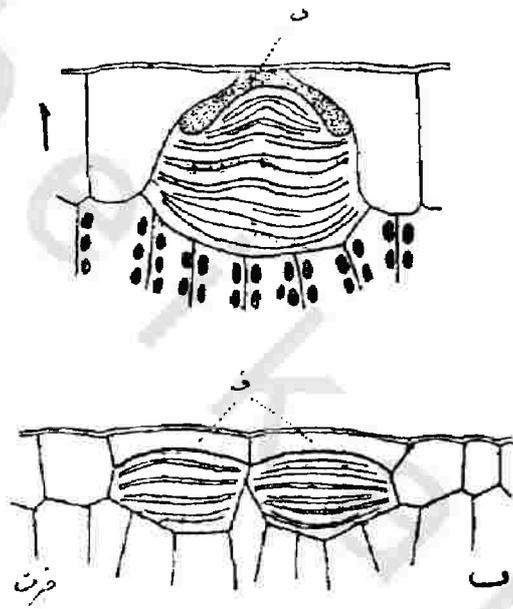
## ٢ — الخلايا الغروية المخزنة للماء - Mucilaginous Water - Storing Cells

تقوم الخلايا والأنسجة الغروية بتخزين الماء بالنسبة لقدرتها ( تبعاً لما تحتويه من المواد الغروية ) على اجتذابه بصورة أقوى مما يقوم به العصير الخلوى العادى . وتكون المواد الغروية جانباً من محتويات الخلية كما فى كثير من النباتات العصارية مثل *Aloe* و *Agave* و *CACTACEAE* وكذا فى الأبصال والجذور الدرنية لبعض أنواع الاورككيدز . وتصعب التفرقة بين الانسجة الغروية والأنسجة المائية النموذجية لان الاخيرة أحياناً ما تحتوى على عصير خلوى غروى . ولما كانت المادة الغروية مشتقة من الجدر الخلوية، حيث تبقى بعض طبقات الغلظ الثانوى غروية فى طبيعتها ، كانت التفرقة بين هذه الانسجة فسيولوجية ، حيث تعتمد خلايا النسيج المائى النموذجى فى امتصاص الماء على وجود البروتوبلاست الحى أو على غشاء بلازماتى ، بعكس خلايا الأنسجة الغروية التى تعتمد فى ذلك على المادة الغروية المشتقة من الجدر الخلوية ذاتها .

وإذا تكونت الكتلة الغروية من الزيادة الكبيرة فى سمك الجدر الخلوية فإنها تظهر عادة فى هيئة طبقات متتالية . وعموماً لا تصبح الطبقات الأولية للجدار الخلوى غروية إلا اذا تجمعت الخلايا الغروية فى هيئة صفوف أو مجاميع ، وتهشم الطبقات الابتدائية وتتحقق فى مثل هذه الأحوال مكونة فراغات كبيرة كما فى الملوخية ( *TILIACEAE* ) ، أو قنوات طويلة كما فى *Fegatella* . وقد يزداد سمك الجدار الخلوى بأن توضع هذه الطبقات الغروية بصورة منتظمة على كل الجدار الخلوى ، أو على مساحات محدودة منه ، ويتضاءل حجم فجوة الخلية كثيراً فى هذه الحالة الأخيرة وتندفع هذه الفجوة الى الجانب الآخر من الخلية ، كما يرى فى الجدر الداخلى لبشرة *Theobroma Cacao* و *Pterocarpus saxatilis* ( شكل ٨٠ ) . وتكون الخلايا الغروية فى الأوراق وفى الأعضاء الخضرية عادة ، فردية أو فى هيئة صفوف أو مجاميع .

وتحتوى أوراق *Conocephalus ovatus* و *Rhizophora mucronata* على الخلايا الغروية النموذجية علاوة على احتوائها على نسيج مائى خالى من المواد الغروية .

ويحتوى القلب في عدد من النباتات الصحراوية مثل *Eurotia* و *Haloxylon* و *Calligonum* و *Halimodendron* على مجاميع من الخلايا الغروية تنشأ



(شكل ٨٠)

خلايا بشرة جذرها الداخلية ذات غلظ غروي  
(أ) وبشرة أوراق نبات *Theobroma Cacao*.  
(ب) في بشرة أوراق نبات *Pterocarpus saxatilis* — ف = فجوة ، (عن ها برلانديت).

من الفلوجين (Jönsson)، وتسمى تبعاً لذلك بالفلين الغروي Mucilage Cork، وتجه هذه الخلايا نحو السطح الخارجي وتقوم بامتصاص الماء علاوة على تخزينه.

وتشتمل كثير من الأغلفة الثمرية وقصرات البذور على ما يسمى بالطبقات الخلوية الغروية Mucilaginous Cell Layers، وتكون وظيفتها في مبدأ الأمر حماية الأجنة من الجفاف. ويمتاز بوجودها النباتات الزيروفيتية، وترى في كثير من نباتات LABIATAE و CRUCIFERAE وتوجد في العادة في الطبقات الخارجية المكونة للأغلفة

الثرية وقصرات البذور، كما قد توجد داخلها أو على أسطحها الداخلية. وتتكون من خلايا غروية كما في *Salvia* و *Plantago* و *Corchorus* و *Linum*، وتساعد علاوة على وظيفتها السابق ذكرها على تثبيت البذور أو الثمار في التربة كما تقوم بتنظيم امتصاص كميات المياه اللازمة.

ومن الأمثلة النموذجية للنسيج الغروي ما يوجد في بذور كتان الألياف. ويشمل الطبقة الخارجية من القصرة في شكل خلايا منشورية تفصل كل منها عما يجاورها بجدار متوسط رقيق ينتهي من جهة الخارج في الطبقات المكونة التابعة للجدار الخارجي، أما الجدر الثانوية الخارجية والداخلية فزائدة السمك وتمتاز بازدياد اتفاخها

إذا ما نالها البلل . وهذه عند امتصاصها التدريجي للماء تتميز بها طبقات التغليف المتتالية ثم تختفي بسرعة بازدياد انتفاخها . ولا تتحمل الجدر المتوسطة الرقيقة لهذه الخلايا طويلا الامتداد القوي الناشئ ، أما الخارجية فتكون غطاء يمنع الذوبان السريع للمواد الغروية .

وتمتاز البندقات الصغيرة لنبات السالفيا بتكون نسيجها الغروي السطحي من خلايا منشورية يبلغ طول كل منها ضعف انساعها ، كما تمثل الزيادة في السمك على جدرانها الجانبية . ولهذا لا تمزق الجدر المتوسطة عند الانتفاخ بل تكون أجساما دقيقة شبكية الشكل يبرز من بين تفرعاتها الطبقات الثانوية المنتفخة في هيئة أجسام غروية أنبوية طويلة . أما الطبقات الداخلية الثالثة من الجدر الجانبية فلا تشارك في عملية الانتفاخ بل تبرز الى أعلى من كل خلية من الخلايا في شكل شريط واحد أو أكثر ملتف حلزونيا ، ثم تنسحب نحو الخارج بواسطة الأنايب الغروية الممتدة السابق ذكرها . وتعتبر مثل هذه الألياف الحلزونية كإطارات أو هيكل تجمع المادة الغروية مع بعضها لتمنحها من الذوبان السريع .

### ٣ - القصيبات المخزنة للماء

وهي عناصر خاصة بتخزين الماء تمتاز بموتها ، وخطوها من البروتوبلاست الحي ، وبالتغليف الخاص لجدر خلاياها مماثلة في ذلك القصبات والقصيبات . وتمتلئ مثل هذه الخلايا بالماء عن طريق الحزم الوعائية أو الخلايا البرنشيمية المجاورة لها . وهي تخالف الأنسجة المائية في أنها لا تنكش عند خلوها من الماء لأنها تمتلئ بالهواء ، كما أنها تماثل القصيبات العادية في شكلها ولوانها تخالفها في وظيفتها ، فهي لا تقوم بنقل الماء بل بتخزينه ، كما تمتاز بانساع أقطارها وتساويها تقريبا . أما الذي أطلق عليها اسم القصيبات المخزنة فهو Storage Tracheides فهو Heinricher .

وتظهر مثل هذه القصيبات في كثير من النباتات عند الامتدادات الطرفية النهائية للحزم الوعائية ، حيث تتحول الأجزاء الطرفية للجهاز الناقل للماء الى مواضع لتخزينه

(شكل ٦٤) . وقد تكون جدر هذه الخلايا قليلة أو زائدة اللجنتة في شكل غلظ حلزوني أو شبكي ، أو قد تكون مزودة بعدد كبير من النقر المستطيلة الشكل تقاطع معها عرضياً . وقد تتكون مثل هذه القصبيات أحيانا من قصبيات الحزم الوعائية الطرفية التي امتدت وانسعت لتتخذ هذا الشكل ، كما في *Euphorbia biglandulasa* و *E. splendens* و *E. Myrsinites* ، كما قد تتكون في أحيان أخرى من محور الخلايا البرنشيمية المكونة لأغلفة الحزم الوعائية أو من الخلايا الكلورنشيمية المكونة للنسيج الميزوفلي ، كما في *Capparis spinosa* و *C.aegyptiaca* و *Centaurea glomerata* . وقد يشمل هذا التحور في بعض الأطوار المتقدمة في التخصص كل الأشرطة الوعائية الدقيقة . وتوجد القصبيات المخزنة للماء في كثير من النباتات التي تنمو في الأماكن الجافة المشمسة في مواضع لا علاقة لها بالجهاز الوعائي . وقد تكون في حالة فردية ، كما قد تكون في بعض الأحوال طبقات متصلة توجد بين البشرة ونسيج التمثيل الضوئي ، ويرى هذا الوضع الأخير في أنواع جنس *Pleurothallis* و *Physosiphon* . ففي القطاع العرضي لورقة نبات *Physosiphon Landsbergii* توجد طبقتان من الخلايا أسفل البشرة العليا تمثلان النسيج المائي النموذجي ، يوجد أسفلها مباشرة طبقة واحدة من قصبيات مخزنة عمادية الشكل ذات غلظ حلزوني يتبادل على الجدر القطرية ، ويتقاطع مع هذه الطبقة بعض خلايا النسيج المائي التي تماثل القصبيات في شكلها وتمتد معها بعيداً في النسيج العمادي . ويشتمل النسيج الاسفنجي على كثير من القصبيات المخزنة للماء المستطيلة الشكل أو المتساوية الاقطار ، كما يلي البشرة السفلى طبقة من هذه القصبيات يتقاطع معها عدد من الخلايا البرنشيمية المخزنة للماء .

وقد تظهر القصبيات المخزنة للماء منتثرة في حالة فردية خلال النسيج الميزوفلي لأنصال الأوراق . وقد ذكر Vesque أنه في جنس *Reaumuria* يحتوي كل من النسيج العمادي والاسفنجي للأوراق الابرية الشكل على عدد كبير منها يدل شكلها على أنها إما متحورة عن خلايا عمادية أو اسفنجية . وترى أيضاً في الاصل الكاذبة لبعض نباتات الإوركيدز العلوية مثل *Liparis filipes* و *Oncidium spp.* في شكل خلايا

مستطبة أو متساوية الأطراف ذات غلظ حلزوني . وفي نبات *Nepenthes* تمتلئ الخلايا « الأنبوية الحلزونية » في كل من الساق والأوراق بالهواء أو بخار الماء ، وتمتبر بالنسبة لذلك مخزنة للماء . وقد تكون القصيات البرنشيمية التي شاهدها Rotherth في نخاع نبات *Cephalotaxus Koraiana* ذات طبيعة مماثلة حيث أنها مزودة بتغليظ ليفي غير مننظم وكذا بالنقر المصفوفة .

#### ٤ — اختزان الماء في المسافات البينية

تخدم المسافات البينية في أعضاء النبات الحضرية عادة في عملية التنفس ، غير أنها قد تقوم في حالات قليلة بتخزين الماء . ويرى مثل هذا الوضع الشاذ في نبات *Philodendron cannaefolium* حيث تحتوى أعناق الأوراق المغزلية الشكل على مسافات بينية متسعة تمتلئ أثناء الطقس الرطب بسائل ذي طبيعة غروية علاوة على الفقاعات الهوائية . وعند الجفاف يجتثى هذا السائل من المسافات البينية حيث يتحول الى أنصال الأوراق (عن Schimper) .

وتقوم المسافات البينية الموجودة بين طبقات الخلايا المكونة للأغلفة الثمرية وقصرات البذور عادة بتخزين الماء . ويفلف المنطقة المركزية الصلبة في ثمرة نبات *Poterium spinosum* طبقة سميكة من نسيج يتكون من خلايا برنشيمية نجمية ذات مسافات بينية عديدة متسعة تمتلئ بالهواء أثناء الجفاف ، فإذا ما وجدت هذه الثمرة في وسط رطب امتلأت كل من فجوات هذه الخلايا ومسافاتها البينية بالماء (عن Klebs) . وفي *Aldumia cirrhosa* تتحول البشرة الداخلية للغلاف الثمري الى نسيج شبكي ذي مسافات بينية متفرعة متسعة ، كما تتلجنن جدر الخلايا وتزود بعدد كبير من النقر ، فإذا ما نديت هذه الطبقة بالماء امتلأت كل فجوات الخلايا ومسافاتها البينية به (عن Heinricher) .

## ثانياً — تخزين المواد المرنة

### ١ — الأنواع المختلفة للمواد المخترنة

#### (١) المواد المخترنة الغير آزوتية

تكون هذه المواد إما من الكاربوهيدرات أو الزيوت الدهنية . وتوجد الكاربوهيدرات المخترنة عادة في حالتها الصلبة إما على هيئة النشا أو السيلولوز ، كما يوجد البعض منها مثل الانولين أو السكريات المختلفة على هيئة محلول في العصير الحلوى .

وعلاوة على ما سبق ذكره عن حييات النشا ( في باب المحتويات الغير حية في الحلية ) ، تحلو الأنسجة المخترنة لها من محتوياتها النشوية بانتقال النشا من موضع الى آخر نتيجة لما يسمى بعملية الاذابة Solution . وهي عملية تحليل مائة تحدث بمساعدة ايزيم الدياستاز وينتج عنها تحويل النشا في خطوات متتالية إلى Amylodextrine و Dextrine و Isomaltose وأخيراً الى المالتوز . ويتغير في العادة شكل حييات النشا في النباتات المختلفة تبعاً الى ذلك ، ففي البطاطس وفي قواعد الاوراق الحرشفية الشحمية لابلال نبات *Lilium candidum* تذوب الحبيبات الكبيرة الحجم المركزية السرة تدريجياً من الخارج للداخل ، وتكون الطبقات الاكثر مائة أسرع ذوبانا فينشأ عن ذلك تجاوز حلقية الشكل ، ثم ينتهي الأمر بالحبيبة الذائبة بأن تأخذ شكلا عصويا ذا انقباضات في عدة مواضع منه . كما تقاطع مع حييات نشا الفول وغير ذلك من النباتات البقلية عدة شقوق قطرية . وتذوب حييات النشا في أندوسپرم الذرة والشعير والشوفان وغيرها من حبوب نباتات العائلة النجيلية من الخارج إلى الداخل أيضا في عدة مواضع منفصلة ينشأ عنها نقر وقنوات سرعان ما تتلاقى معاً وتسبب انقسام محتويات الحبة الى عدة أجزاء منفصلة يكمل ذوبان كل منها وهي مستقلة عن الأخرى . ويختلف اتساع هذه القنوات فتكون ضيقة في الطبقات النشوية الكثيفة وأكثر اتساعا في الأخرى المائبة ، وبذلك يسهل تأثير ايزيم الدياستاز عليها . ويرى النشا مخترنا أيضاً في نخاع سوق كثيرة من أنواع النخيل مثل *Caryota* و *Oreodoxa* لغرض اتاج الأزهار ، وكذا في نخاع نباتات معراة البذور مثل *Cycas*.

وقد تخزن المادة الكاربوايدراتية على هيئة جدر خلوية زائدة السمك ، ويكون النسيج المخزن في مثل هذه الأحوال ذا طبيعة قرنية أو شبه عظمية أو عاجية ، كما في العاج النباتي *Phytelephas macrocarpa* ( الذي يستعمل تجارياً في عمل أيادي العصي وخلافها ) ونخيل البلح وكثير من نباتات العائلة الزنبقية والأروبية وبعض نباتات ذات الفلقة الواحدة . وتخزن المواد الكاربوايدراتية في بعض نباتات العائلة البقية على هيئة طبقات غروية في جدر خلايا الأندوسپرم ، كما قد تزداد جدر خلايا الفلقات في السمك في بعض النباتات الأخرى لنفس السبب المتقدم ، ويرى ذلك في *Impatiens Balsamina* و *Paeonia officinalis* و *Tropaeolum* . وقد شاهد Schaar اخزان المواد الكاربوايدراتية في الجدر السميكة المكونة لخلايا حراشيف نبات المران ( لسان العصفور ) Ash ، وهي ذات أهمية في تزويد أفرع الربيع الحديثة بما يلزمها من المواد الغذائية .

وتجمع جميع الكاربوايدرات التي تخزن على هيئة الجدر الخلية السميكة تحت اسم السليلوز المخزن Reserve Cellulose ، وتنتهي كيميائياً إلى قسم الهيميسليلوز ، وأكثر أنواعه توزيعاً هي Mannans و Galactans وتتحول إلى سكر بواسطة أنزيم السابتاز . ويمتاز أندوسپرم نخيل البلح بوجود النوع الأول كما يمتاز بذور النباتات البقية بوجود النوع الثاني . ومن السليلوز المخزن ما يشبه النشا في تلوته باللون الأزرق عند إضافة اليود إليه فقط ( بدون معاملة حمضية سابقة ) ، ويطلق عليه اسم Amyloia ، ويرى في *Impatiens Balsamina* و *Tropaeolum majus* وكثير من نباتات PRIMULACEAE . ولا يشتمل السليلوز المخزن السابق ذكره على كل الكاربوايدرات ويقلب أن توجد مثل هذه الهيميسليلوزات في الجدر الخلية السميكة مختلطة أو قد تتحد لتكون مركبات أكثر تعقيداً .

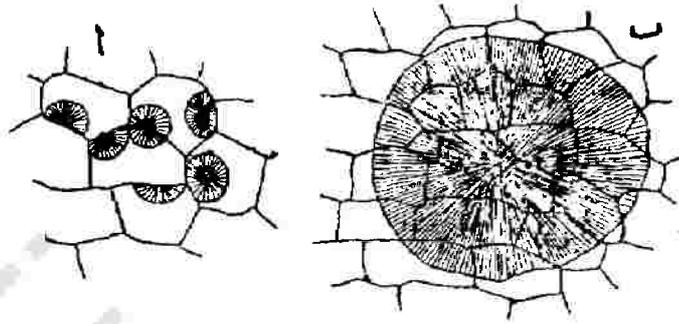
ويشبه تحول السليلوز المخزن بواسطة الأنزيمات أثناء عملية الانبات ، التحليل المائي لحبيبات النشا ، من عدة أوجه . ففي *Impatiens Balsamina* ( عن Heinricher ) تخنق الطبقات السميكة تدريجياً ، غير أنها تزول بسرعة أكثر في بعض أجزاء

الجدر عما في بعض الأجزاء الأخرى . وفي *Lupinus* و *Tetragonolobus* و *Goodia latifolia* ( عن Nadelmann ) ، تترتب الجدر التي على وشك الذوبان في هيئة خطوط قطرية ثم تذوب بعد ذلك في شكل منتظم ، أما الجدر المتوسطة فتبقى في العادة كما هي .

وتعتبر السكريات المختلفة من السكربوايدرات التي تخزن على هيئة محلول في العصير الحلوى ، فيخزن سكر القصب في الانسجة المخزنة لجذر البنجر بنسبة قد تبلغ ٢٠ ٪ ، وخليط من الجلوكوز (سكر العنب) في قواعد الاوراق الجرشفية الشحمية للبصل ، كما تخزن كثير من النباتات السكر في أوراقها . ويرى أيضا مخزنا في عناصر الخشب الحديثة أثناء فصل الشتاء . وفي الواقع تحتوي كل أعضاء النباتات المخزنة على كمية معينة من أنواع السكريات المختلفة .

وتعتبر مادة الانولين *Inulin* من أهم أنواع السكربوايدرات المخزنة الذائبة في العصير الحلوى ، ويمتاز بوجودها ريزومات وجذور نباتات العائلة المركبة ، فتوجد في الدرناات الجذرية لنبات *Dahlia variabilis* وفي نبات *Helianthus annuus* و *Inula Helenium* . وتوجد هذه المادة على هيئة محلول زائد التركيز ذي مظهر زيتي أصفر باهت اللون . وإذا عومل قطاع في إحدى الدرناات المحتوية على مادة الانولين بالكحول ، كونت السكريات العديدة (الپوليسكريدات) راسبا من حبيبات دقيقة ، أما اذا حفظت الدرنة بأكملها في الكحول لمدة طويلة سبب دخول الكحول البطيء فيها تكوين بللورات كبيرة متجمعة من مادة الانولين (شكل ٨١) . وتوجد أنواع أخرى من السكربوايدرات تماثل الانولين في علاقته الكيماوية بالفراكتور، مثل *Triticin* و *Gaminin* و *Scillin* و *Irisin* في أنواع مختلفة من نباتات ذات الفلقة الواحدة . وتتحول مادة الانولين الى سكر الفاكته بفعل انزيم الانولاز . وتنتمي المواد الدهنية المخزنة كالدهون النباتية عموما الى قسم *Glycerides* ، وهي في الواقع أثيرات جلسرينية لاحماض دهنية مختلفة ، أهمها أحماض *Palmitic* و *Stearic* و *Oleic* . وتوجد معظم المواد الدهنية سائلة في درجات الحرارة العادية

(زيت دهنية) ، وقد تشبه الزيت في طبيعتها مثل Cacao-butter و Nutmeg-fat .  
وهي ذات قابلية للذوبان في الاثير وثاني كبريتور الكربون والبتروول ، فزيت الخروع



(شكل ٨١)

- (١) بللورات الأنيولين المتجمعة في مجاميع صغيرة داخل الخلايا .  
(ب) مجموعة كبيرة من البللورات ممتدة خلال عدد من الخلايا ،  
(عن Small) .

يذوب اذابة تامة في الكحول مع البرودة . ولا تعتبر الدهون النباتية في حالتها  
العادية مواداً نقيه ، فعادة يصحبها أحماض دهنية وأحيانا مواد أخرى مثل  
Palm-oil ، وكذا الكوليسترين (Olive-oil and Almond-oil) .

وإذا قلت كمية المواد الدهنية في الخلية المخزنة فإنها تكون في العادة معلقة  
في البروتوبلازم على هيئة قطرات أو حوصلات دقيقة . وتوجد في البذور الزيتية  
كمية صغيرة من المواد الدهنية تتوزع نسبة كبيرة منها بين الخيوط السيتوبلازمية  
من جهة وبين حبيبات الأليرون من جهة أخرى . والزيت العطرية غير ذات قيمة  
كمواد مخزنة بالنسبة لتطايرها . ويؤثر أنزيم اللياز على الدهن فيحواله الى جلسيروول  
وأحماض دهنية . وتكون الأنزيمات في حالة سكون البذور في طورسكون أيضا  
Zymogen Stage ثم تنشط عند بدء انباتها ونموها .

#### (ب) المواد المخترنة الآزوتية

غالبا ماتخزن المواد الآزوتية إما في هيئة بروتينات Proteins أو أميدات  
Amides (وأحماض أمينية) . وتشمل المواد البروتينية المخترنة مختلف ال Globulins

و Vitellins (Plytovitellins) و Albuminose و بعض Nucleoproteids و مجموعة Gluten . وتشمل الأميدات Asparagin و Glutamin و Leucin و Tyrocin وغيرها .

وتكون المواد الآزوتية المخزنة معظم المواد الذائبة في العصير الخلوي في أعضاء النبات المصارية المخزنة كغالبية الدرناات والابصال والريزومات . فإذا عومل مقطع من درنة البطاطس بالكحول تكون راسب متجمع أو حبيبي في العصير الخلوي للخلايا المخزنة المحتوية على حبيبات النشا ، يتكون جزء منه من الاميدات ( غالباً على هيئة Asparagin ) والجزء الآخر من البروتينات . وتبلغ نسبة الاميدات في الدرناات الناضجة من ٣٠٪ إلى ٤٧٪ من مجموع المواد الآزوتية . وإذا عومل مقطع آخر في إحدى قواعد الأوراق الشحمية للصل العادي بالكحول ، تكون راسب ضئيل شبه حبيبي في غالبية الخلايا ، أما الخلايا البرنشيمية المخزنة الملاصقة لأشرطة اللحاء في الحزم الوعائية فيملؤها راسب كثيف يتكون عادة من مادة بروتينية . وقد تعتبر مثل هذه الخلايا مكونة لغلاف بروتيني ( يقابل الغلاف النشوي ) . وتتكون المواد الآزوتية الأميدية في جذر البنجر رئيسياً من الجلوتامين الذي يصحبه كمية قليلة من Betain . وتشتمل الأعضاء المخزنة المصارية عموماً على نسبة صغيرة أو كبيرة من المادة الآزوتية المخزنة في حالة أميدات ذائبة .

أما الأعضاء المخزنة الجافة مثل البذور وكثير من الثمار فتشتمل على نسبة من المواد البروتينية المخزنة تقع ما بين ٢٪ و ١٠٪ من مجموع المواد الآزوتية . وتظهر المركبات البروتينية في هذه الحالات على أشكال خاصة تمتاز بها مثل هذه الأنسجة المخزنة ، أكثرها مشاهدة ما يسمى بالأجسام البللورية Crystalloids . وتعتبر هذه الأجسام بللورات بروتينية ذات مظهر عادي مماثل للبللورات العادية ، غير أنها تمتاز بتفاحها إذا ما لامست الماء . وتكون كل البللورات البروتينية ( عن Schimper ) إما منتظمة الشكل كأنواع المكعب في البطاطس ، أو سداسية الأضلاع كأنواع ذى الستة أسطح المعينة كما في أندوسبرم *Bertholletia excelsa* . وتوجد هذه البللورات أحياناً في الأعضاء المصارية المخزنة

كما في البطاطس ولو أن الأنسجة الجافة المخزنة هي التي تمتاز رئيسياً بوجودها ، كما قدرى في الأنسجة الحية الغير مختصة بعمليات التخزين . ويقول Zimmermann أنه يغلب وجودها من ضمن محتويات النواة كما في OLERACEAE و SCHROPHULARIACEAE و BIGNONIACEAE وكذلك في النباتات التيريدية . وقد تكون الأجسام البلورية معلقة في البروتوبلازم وخصوصاً في خلايا البشرة وعناصر التمثيل الضوئى .

وتمثل الأجسام البلورية البروتينية مواداً مخزنة حتى ولو وجدت في خلايا غير تابعة للجهاز الخزن . ويرى Stock أنها تذوب في الأوراق التي تذبل وتموت ، كما تختفى أيضاً من النباتات التي تنمو في المحاليل المغذية المحتوية على كميات كافية من الآزوت .

وتعتبر حبيبات الأليرون Aleurone Grains من الأشكال المميزة الأخرى للبروتين المخزن ، وقد سبق ذكرها ( مع المحتويات الفيرحية في الخلية ) . كما قد ينتشر توزيع الخلايا التي تحتوى على الجلو كوسيدات ومادة التانين في النباتات المختلفة ، ويقال أن هذه المواد من ضمن المواد المرنة المخزنة ، غير أن ذلك يحتاج إلى دراسة فسيولوجية .

## ٢ - الأنسجة المخزنة

### ( ١ ) الأنسجة التي تقوم بتخزين المواد المرنة

توجد المركبات الآزوتية والغير آزوتية في الأنسجة التي تخزن المواد المرنة متحدة وبنسب كثيرة التفاوت ، غير أن الغير آزوتى منها يفوق الآخر في كميته ، كما قد تقبل المواد الكاربوايدراتية المختلفة وتتغير أو تحل الدهون محلها في أحوال خاصة .

وقد لا تحتوى الأعضاء المخزنة المختلفة في النبات الواحد على مواد مخزنة غير آزوتية من نوع واحد ، كما قد تظهر مركبات غير آزوتية مختلفة في الأعضاء المتجانسة المخزنة في أنواع النباتات القرية الصلة من بعضها ، فيدنا يخزن النشا في البطاطس ، يخزن الانولين في درنات الداليا ، وسكر القصب في جذور البنجر . وتحتوى بذور كل من البطاطس والداليا على الزيوت أما بذور البنجر فنشوية . وتحتوى حبوب معظم النجيليات على النشا ، وقد يحل محله في أحوال قليلة الزيوت الدهنية ، كما في *Phragmites communis* .

وفي نبات *Impatiens Balsamina* تخزن مادة الأميلويد في الفلقات على هيئة جدر خلوية زائدة السمك . وفي أنواع أخرى من جنس *Impatiens* يكون النسيج الفلقي رقيق الجدر ويحل الزيت محل السليولوز المخزن . وتحتوى قواعد الاوراق الشحمية للبصل العادى على كمية كبيرة من الجلو كوز ، كما تحتوى أبصال Tulips وغيرها من أبصال العائلة الزنبقية على النشا .

وتفوق الدهون النشا في أنها مورد كبير للكربون حيث أنها تحتوى على نسبة منه أكبر بكثير مما يوجد في النشا أو أى نوع من السكر بوايدرات الأخرى . وقد يكون احتواء البذور على المواد الغير آزوتية المخزنة في حالة دهنية وليس في حالة نشوية ذا علاقة لحد ما بزيادة قابليتها للانتثار ، حيث أن الدهن أخف بكثير من النشا . وغالباً ما تكون البذور أو الثمار المخضجة أو ذات الباراشوت ذات طبيعة زيتية . أما بذور النباتات المائية فتعتمد في انتشارها على الحوصلات الهوائية الموجودة في قصراتها التي تساعدها على أن تطفو، وتكون هذه من عدد كبير من الخلايا المملوءة بالهواء . وتنتهى مدة انتشارها بامتلاء هذه الخلايا بالماء وبذلك تستقر في قاع الماء الموجودة به حيث يبدأ انباتها بعد فترة من فترات السكون . وتحتوى الأعضاء المخزنة الكبيرة الحجم كالدرنات والأبصال والريزومات والبذور الكبيرة على المواد الغير آزوتية المخزنة في هيئة النشا أو غيره من المواد السكر بوايدراتية وليس على صورة دهنية . وتفوق كمية الأكسيجين المنصه خلال الانبات في حالة البذور الزيتية ما يمتص منها في حالة البذور والثمار النشوية ، بالنسبة لأهميتها في الحالة الأولى في أكسدة المواد الدهنية التي تتحول إلى مادة أو أكثر من المواد السكر بوايدراتية العالية الأكسدة ، علاوة على عمليات التنفس . ولما كانت الأنسجة المخزنة غير مزودة بالكثير من المسافات الهوائية فان الأكسيجين يدخل إليها بانتشاره من خلية إلى أخرى ، أما الخلايا الأكثر عمقاً من النسيج المخزن فلا يصل إليها ما يكفيها من الأكسيجين بالنسبة لاستنفاذ الكميات الكبيرة منه وقت الانبات .

وتحتوى البذور التي تنمو سريعاً على النشا ، الذي قد يكون موجوداً في فترة سكونها أو يظهر أثناء الانبات نتيجة لاكسدة المواد الدهنية . وإذا كان النشا مخزناً

في الأندوسبرم كان الجنين ملاصقا للنسيج المخزن أو منعسا به قليلا ، كما في GRAMINEAE وكذا في PORTULACEAE و CARYOPHYLLACEAE و POLYGONACEAE وغيرها . ويرجع الى مثل هذا الوضع الخارجى السطحى للجنين مسئولية التنبيه الخارجى والاسراع فى إنباته . أما البذور التى يتأخر إنباتها والتى تحصل فيها الأجنة على المواد المخزنة من النسيج المخزن تدريجيا فيحيط بها الأندوسبرم بالجنين من كل جهاته ويتكون من خلايا ذات جدر سميكة . وتكون مثل هذه الانسجة المخزنة أقل قابلية للتلف وأكثر تحصنا لمهاجمة الحشرات وغيرها من الحيوانات حتى ولو بقيت مطمورة فى التربة لأسابيع أو أشهر عدة . ومن السهل التمييز بين الانسجة المخزنة المختلفة بالنسبة لاختلاف طرق التخزين واتحاد المواد المرنة التى تنتمى الى الانقسام الكيماوية المتباينة فيما يلى :

(أولا) المواد المخزنة التى توجد فى لسبيج مخزن فردى .

١ — المواد المخزنة فى فجوات الخلايا .

(أ) الاميدات والبروتينات + السكر ، الذائبة فى العصير الحلوى كما فى جذر البنجر وقواعد أوراق البصل .

(ب) الاميدات والبروتينات الذائبة فى العصير الحلوى + النشا كما فى البطاطس وكثير من الرزومات .

(ج) حبيبات الاليرون + النشا كما فى فلقات البسلة والفول والعدس .

(د) حبيبات الاليرون + الزيوت الدهنية كما فى فلقات فول الصويا وأندوسبرم الحروع .

٢ — المواد المخزن جزء منها فى فجوات الخلايا والآخر فى الجدر الخلوية .

(هـ) حبيبات الاليرون والزيوت الدهنية ( فى فجوات الخلايا ) + السليوز المدخر ( مكونا طبقات الجدر الزائدة السمك ) كما فى فلقات *Impatiens Balsamina*

وإندوسبرم *Phytelephas macrocarpa* ونخيل البلح و *Coffea arabica*

و *Ceratonia Siliqua* .

(ثانياً) المواد المخزنة الموزعة بين نسيجين مختلفين .

(و) جزء من المواد المخزنة الغير آزوتية مخزنا في الجدر القروية السميكة لخلايا الاندوسپرم التي تضيق وتختزل فجواتها وتحتوى على الزيوت الدهنية وبعض النشا أحيانا مرافقا له حبيبات الأليرون . كما في خلايا فلقات *Trigonella Foenum graecum* و *Medicago* و *Trifolium pratense* .

وتتميز الطبقة الخارجية من الأندوسپرم في عدد من البذور بشكل خاص ، حيث تتكون من خلايا قصيرة مربعة الشكل أو مستطيلة نوعا ذات جدر رقيقة أو متوسطة السمك تحتوى على حبيبات الأليرون والزيوت فقط حتى ولو كانت باقى خلايا الأندوسپرم محتوية على المواد السكرىوايدراتية فى هيئة النشا أو السليلوز المدخر . وتسمى هذه الطبقة بطبقة الأليرون Aleurone Layer ، ويمتاز بوجودها جوب النجيليات . ويرى هابرلاندى أنها لا تنمى إلى الجهاز الخزن إطلاقا بل تمثل نسيجاً غذائياً يفرز إنزيم الدياستاز فى فترة الإنبات . وقد تعتبر هذه الطبقة فى بعض العائلات الأخرى وخصوصا LEGUMINOSAE كنسيج متخصص فى إفراز الإنزيمات أو قد تمثل منطقة متكشفة خاصة من جهاز التخزين .

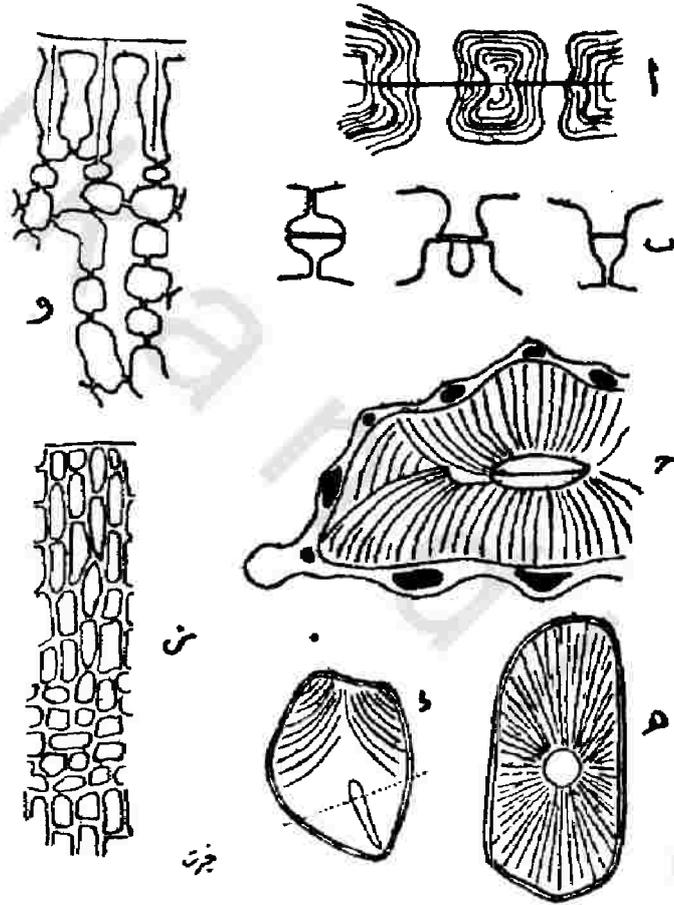
وتفاوتت الخلايا المخزنة فى أشكالها وترتيبها وطبيعة جدرها . فى الأنسجة المخزنة للنشا تكون جدر خلاياها رقيقة غالبا خالية من النقر ( كالأندوسپرم النباتات النجيلية وقواعد أوراق البصل الشحمية وكذا فى *Oxalis esculenta* ) . وقد تكون الجدر بعكس ذلك متوسطة السمك ذات نقر عديدة لتسهل عملية ملأ وإفراغ الخلايا المخزنة ، وتكون هذه النقر دقيقة جدا فى فلقات بذور البلوط ومتوسطة الحجم فى فلقات الفول وغيرها من النباتات البقلية . وإذا خزنت المواد الغير آزوتية فى صورة زيتية تكون جدر الخلايا المخزنة رقيقة عديمة النقر . وفى حالة ما إذا تكونت طبقات الجدر الثانوية من السليلوز المدخر أو الاميلويد فإنها تكون متجانسة تماما ، كما فى أندوسپرم *Ornithogalum umbellatum* ، أما فى أندوسپرم *Fritillaria imperialis* فإن الطبقات المتراكمة تكون تامة الوضوح ( شكل ٨٢ — ١ ) . وتكون مثل هذه الجدر

مزودة بعدد كبير من النقر المتسعة العميقة . وقد تضيق هذه النقر أحيانا عند أطرافها السفلية في شكل قمي ( شكل ٨٢ — س ) مما يسبب زيادة مساحة أغشيتها التي تكون في الوقت نفسه سميكة لحد ما لكي تجعل عملية الانتشار . ويقول كل من Tangl وستراسبرجر أن هذا الغرض قد يتحقق في شكل آخر بأن يخرق غشاء النقرة عدد من الخيوط البروتوبلازمية كما في نخيل البلح و *Ornithogalum umbellatum* . وقد شاهد Tangl في *Strychnos Nux vomica* اتصالات أخرى تقاطع مع الاجزاء السميكة من الجدر علاوة على ما هو موجود في أغشية النقر ، وقد تخدم مثل هذه الاتصالات أو المرات المباشرة في سرعة توزيع الأثريمات المذوية ونائجاتها .

وتظهر خلايا النسيج المخزن الاقل تخصصا متساوية الاقطار عادة مكونة كتلة كثيفة غير منتظمة الشكل لا يدل وضعها على قيمة ميكانيكية أو غذائية . ويظهر هذا الشكل من الخلايا الذي يمكن مقارنته بأبسط أنواع أنسجة التمثيل الضوئي المختلفة في فلقات كل من الفول والبسلة والبللوط ، وكذلك في الاعضاء الدرقية المخزنة . وتكون خلايا الانسجة المخزنة في الغالب مستطيلة الشكل مرتبة على هيئة صفوف مستقيمة أو منحنية ، ويتعلق هذا الوضع إما بالمطالب الميكانيكية للنسيج المخزن أو بالنظم الغذائية للجنين ( أو غيره من الاجسام المتكونة ) . فقد تخدم الجاميع المنحنية من هذه الخلايا في زيادة انضغاط النسيج جميعه ( وهذه وظيفة ميكانيكية ) ، وفي تسهيل تزويد الجنين بالمواد الغذائية ( وظيفة غذائية ) .

وقد توزع هذه الوظائف في أحوال أخرى بين مجموعتين مميزتين من هذه الخلايا المنحنية . ومن القطاع العرضي في الثمرة النصفية الخيمية لنبات *Anethum Sova* ( شكل ٨٢ — ج ) تدل الخطوط المنحنية لجاميع الخلايا القطرية على المرات التي تتجه خلالها المواد الغذائية نحو الجنين أثناء الانبات ، كما يدل مثل هذا الوضع على اشتراكه في كل من الحاجيات الميكانيكية والغذائية للعضو الموجود به . وفي القطاع الطولي التماسي لبذرة نبات الايرس ( شكل ٨٢ — د ) ، يحوى الجزء السفلي المدب من البذرة الجنين ،

بينما يحتوي الجزء العلوى المتسع على خلايا الأندوسبرم المستطيلة السميكة الجدر المنتظمة في صفوف أو مجاميع منحنية في وضع مائل نحو الخارج والداخل . وتعارض خطوط الانحناء في هذا الوضع مع الممرات التي تنتقل خلالها المواد الغذائية في طريقها نحو الجنين في زوايا مختلفة ، ولهذا فإنها غير ذات علاقة بالمطالب الغذائية للجنين ، بل ذات



(شكل ٨٢)

(١) الجدر الخلوية السميكة في احدى خلايا أندوسبرم بذرة نبات *Fritillaria imperialis* يظهر بها تقرتان  $\times 510$  ، (ب) أشكال مختلفة من التقر في خلايا أندوسبرم النبات السابق ذكره ، (جـ) قطاع عرضي في ميريكارب *Anethum Sova* يتوسطه فلتقى الجنين وترى صفوف خلايا نسيج الأندوسبرم في شكل خطوط ، (و) قطاع طولى تماسي في بذرة الأبرس والجنين يشغل الطرف الضيق منها  $\times 5$  ، (هـ) ق.ع. في بذرة الأبرس في موضع الخط المنقط في و  $\times 14$  ، (و) الجزء الخارجى من القطاع العرضي في بذرة *Polygonatum vulgare* ، (ز) جزء من القطاع الطولى القطرى في أندوسبرم *Silver trilobum* (عس هارلانديت)

صفة ميكانيكية بحتة . أما القطاع العرضي في المنطقة الضيقة من البذرة والمار بالجنين ( شكل ٨٢ — هـ ) فيدل على أن خلايا الاندوسپرم مرتبة كلها في صفوف مستقيمة متجهة قطريا نحو الجنين . وهي بوضعها هذا غير ذات صفة ميكانيكية ، بل يدل وجودها إلى جوار الجنين على تسهيل نقل المواد المخزنة اليه . ولذلك كانت خلايا أندوسپرم الاريس مكونة لمجموعتين مميزتين إحداهما ذات صفة ميكانيكية والأخرى غذائية .

وفي كثير من البذور تكون خلايا الأندوسپرم السطحية ( الخارجية ) مستطيلة الشكل وعمودية الوضع على السطح الخارجي مشابهة في ذلك الخلايا العمادية ، إلا أنها تكون في المناطق الداخلية من نوع متساوية الأقطار ، كما في *Polygonatum vulgare* ( شكل ٨٢ — و ) . وتكون هذه الخلايا السطحية في مثل هذه الحالة ذات صفة ميكانيكية ولا توجد في الطبقة الخارجية منها نقر إطلاقا وقد تكون أحيانا قليلة العدد ، وهذا مما يؤكد قيمتها الميكانيكية حتى لا تضعف الجدر الجانبية لهذه الطبقة التي تعتبر كنسيج واق خارجي للبذرة . أما الطبقات الداخلية منها فتكثر على الجدر الجانبية لخلاياها النقر التي تدل على نشاط عملية الاتقال خلال فترة الانبات .

وفي الثمرة النصفية الخيمية لنبات *Silver trilobum* تكون الأربيع أو الخمس طبقات من الخلايا الخارجية الموجودة على كل من الجانبين المسطحين ( شكل ٨٢ — ز ) عمادية الشكل ، أما الطبقات الداخلية من خلايا الاندوسپرم فاما أن تكون متساوية الأقطار أو مستطيلة في اتجاه تماسي . وترى الخلايا السطحية ذات جدر سمكية خالية من النقر، وتنقل المواد الغذائية الموجودة في الطبقات الخارجية في اتجاه قطري حتى تصل الى المنطقة الداخلية حيث تتجه مباشرة نحو الجنين . وفي هذه الحالة يماثل اتجاه المواد الغذائية اتجاه ناهجات عملية التمثيل الضوئي في الاوراق التي تحتوى على نسيج عمادي جهة كل من سطحها .

ومن الأنسجة المخزنة ما يكون موضعيا ، فقد شاهد كل من Holfert و Tschirch في كثير من القصرات أثناء نضج البذور طبقة أسميت بالطبقة المغذية . وتتكون مثل

هذه الأنسجة الموضعية من عدة صفوف تماسية من الخلايا المحتوية على النشا بوفرة تلي في موضعها العناصر التي ستكون نسيجاً ميكانيكياً أو طبقات غروية فيما بعد وتؤخذ المواد المرنة اللازمة للزيادة في سمك جدر الخلايا من هذه الطبقة المغذية ، ولذلك فإنها تفرغ عند تمام تكوين القصرة ثم تختفي تماماً ، ويتميز موضعها في البذور الناضجة بمنطقة من جدر خلوية منضغطة ملتوية . ومن أمثلة الطبقات المغذية ما يوجد منها في قصرات بذور المائلتين PAPILIONACEAE و CRUCIFERAE .

### (ب) تخزين المواد التنفسية

ليس هناك أنسجة خاصة بتخزين المواد التنفسية ، التي لا توجد منفصلة عن المواد المخزنة اللازمة لنمو النبات . ولا تستهلك المواد المرنة الموجودة في الخلايا المخزنة جميعها في الأنسجة النامية بل تخصص نسبة منها لعمليات الانحلال . وتقوم هذه النسبة التي يطلق عليها اسم المادة التنفسية بزيادة النبات بالوقود اللازم للاحتراق الفسيولوجي الذي ينتج عن انطلاق القوة الكامنة الكيميائية وكذلك في إنتاج الحرارة . فبادرات الذرة التي تستنبت في الظلام تفقد ٤٧,٦ ٪ من وزنها الجاف خلال عشرين يوماً نتيجة للتنفس .

وهناك حالات قليلة شاذة يكون فيها انطلاق الحرارة ظاهرة جوهرية وليست عرضية لعملية التنفس ، ولذلك قد تكون الأنسجة المخزنة لاستقبال هذه المواد المدفئة في هيئة النشا أو غيره من المواد السكرية. وبما هو معروف من زمن طويل أن من الأزهار والنورات ما يعطى قدراً من الحرارة عند بدء انفتاحها ، ففي بعض نباتات AROIDEAE مثل *Arum italicum* تكون درجة حرارة أغاريفها ٤٤,٧ م بينما يكون الجو العادي الخارجي ١٧,٧ م ( عن Gregor Kraus ) . وقد كانت أقصى درجات الحرارة التي سجلها Hubert في *Colocasia odora* هي ٤٩,٥ م . وتشابه نورات النخيل وأزهار NYMPHAEACEAE في هذه الظاهرة .

ويرجع النقص في الوزن إلى اختفاء المواد السكرية المخزنة التي تستعمل في عملية التنفس ما عدا نسبة صغيرة منها تبلغ ٣,٧ ٪ تتحول إلى أحماض عضوية

ومركبات أخرى تبقى في الأنسجة الموجودة بها ، كما تضطلع الأنسجة المخزنة نتيجة لذلك .

ويعتبر كل من Kraus و Delpino أن الحرارة التي تنتج في أغاريف النباتات الأرويدية وفي غيرها من الثورات والأزهار يتسبب عنها جذب الحشرات اللازمة لعملية التلقيح .

ومما لاشك فيه أن الحشرات تنجذب بسهولة إلى أي نبات تجده مأوى دافئاً لها ، ويحدث هذا غالباً أثناء الليل وفي الساعات المبكرة في النهار .

### (ج) التخزين لأغراض تخصص البيئة

تخزن كثير من البذور والثمار وكذا عدة أوراق وأزهار معينة ، المواد المرنة لأغراض تتعلق بالبيئة الموجودة بها . وتستخدم مثل هذه المواد المخزنة التي تكون على هيئة مواد كاربوايدراتية في الغالب أو قد تشمل أيضاً الدهون والمركبات البروتينية ، في جذب الحيوانات التي قد تكون ذات فائدة خاصة للنبات عندما تسعى إليه لتزود بما يلزمها من المواد الغذائية . وتسمى مثل هذه الأنسجة بالأنسجة المغذية Feeding Tissues .

وتمثل مثل هذه الأنسجة في اللب العصاري الذي يوجد في كثير من الثمار الحقيقية والثمار الكاذبة . ويلتهم هذا اللب العصاري في مثل هذه الحالات بواسطة الحيوانات وبخاصة الطيور ، أما البذور فلما أن تنتثر أو تنفصل من المحصول أو قد تخرج مع المواد المفروزة . وتتكون هذه الأنسجة من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم رقيقة الجدر ذات بروتوبلاست قليل وخجوات عصارية متسعة . وتتكون المادة التي تجذب الحيوانات عادة من نوع أو عدة أنواع من السكر ( الجلوكوز والفركتوز ) ، وأحياناً من النشا كما في *Musa* و *Atrocarpus* ، أو من الزيت كما في *Olea* و *Persea* و *Gratissima* . ويساعد أيضاً في جذب هذه الحيوانات الألوان الزاهية المتسبية عن وجود الكروموبلاستيدات أو مادة الأثوسيانين الذائبة في العصير الحلوى ، وكذا تكون طعم خاص أو رائحة خاصة يتسببان عن تكوين نواتج مختلفة من عملية التحول الغذائي .

ويوجد الأنسجة المخزنة الزيتية عادة في الزوائد الموجودة على البذور والتي تسمى باللبساسة Aril أو Caruncle ، وكذا في الأعضاء الزهرية المستديمة التي يجذب النمل إليها فيسبب بذلك انتشار البذور ، وهو يحمله للبذور الى أوكاره يترك عدداً منها أثناء طريقه وبذلك يساعد على الاكثار من النبات . وقد جمع Sernander كل هذه الأنسجة المخزنة الزيتية تحت اسم Elaiosomes . ومن النبات التي تزود بذورها بهذه الأنسجة نبات *Viola odorata* و *Allium triquetrum* و *Luzula Forsteri* وغيرها .

ويشابه هذه الزوائد الزيتية في البذور ، ما يسمى بالأجسام الغذائية Food-bodies في أوراق بعض النباتات التي تلتفح بواسطة النمل . وتخزن هذه الأجسام قدراً من المواد الغذائية يزود بها النمل الواقي الذي يقصد هذه النباتات بانتظام . ففي نباتي *Cecropia adenopus* و *C. petata* يغطي السطح السفلي للأوراق بنطاء كثيف من الشعيرات ، يوجد بينها عدد كبير من أجسام دقيقة بيضية أو كثرية الشكل تسمى Müllerian Bodies ، قال عنها Schimper أنها تتكون من كتلة من خلايا برنشيمية تحتوى على كمية كبيرة من الدهن والبروتين . وإذا أزيلت مثل هذه الأجسام بواسطة النمل أو باليد ، انتجت قاعدة الورقة قدراً جديداً منها خلال أيام قليلة . وتعتبر هذه الأجسام مورفولوجيا أحد أنواع الزوائد ، أو بمعنى آخر شعيرات غدية متحورة . ويمثل هذه الأجسام نوع آخر يسمى Beltian Bodies ، وهي كثرية الشكل ذات لون برتقالى مصفر تظهر في قمم الوريقات الثانوية في نبات *Acacia sphaerocephala* ، وتتكون من مجموعة من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر ( نسيج مخزن ) تمتلىء بالزيت والبروتين ، وتفصل بسهولة عن الوريقات .

ويقدم النبات المواد الغذائية للحشرات نظير خدماتها له ، كقيامها بعملية التلقيح ، في هيئة إفراز على يسمى بالرحيق Nectar . وفي الأزهار الأقل تخصصاً تستهلك نسبة من حبوب اللقاح لنفس الغرض المتقدم . ويزود عدد قليل من الأزهار بشعيرات أو أنسجة غذائية خاصة ، كما في نبات العائلة السحلبية ORCHIDACEAE ، توجد في منطقة اللابللم Labellum

وتسبب الحشرات بزيارتها مثل هذه الأزهار عملية التلقيح أثناء التهامها لهذه الشعيرات أو الأنسجة الغذائية . وتحول المنطقة من اللابللم المحتوية على النسيج المغذى الى عقد وتصلبات فى أشكال مختلفة ، كما فى *Oneidium* و *Stanhopea* ، وهذه من الممكن تمييزها بالعين المجردة . وتكون مثل هذه الأجسام الافرازية من خلايا رقيقة الجدر يملؤها مختلف المواد العضوية . وتوجد المواد المخزنة الغير آزوتية على هيئة النشا ، كما فى *Catasetum* ، أو الاميلودكستين كما فى *Stanhopea* ، أو الجلوكوز ، وأحياناً فى هيئة كرات أو كتل زيتية . كما توجد أيضاً كمية كبيرة من المادة البروتينية فى هيئة حبيبات صغيرة ونادراً ما توجد فى هيئة أجسام بللورية ، كما فى *Maxillaria lutescens* و *M. pumila* . وفى *Maxillaria varia* تحتوى كل خلية على كتلة كثيفة متجانسة من المادة البروتينية فى شكل طبقة تلاصق الجدار الداخلى علاوة على عدد كبير من الحبيبات البروتينية . ويقول Porsch إن الكيوتيكل وكذا الطبقات المكونة تفصل من خلايا البشرة فى طور مبكر من تكوينها مما يجعل المواد الغذائية أكثر استعداداً لأداء ما عليها .

ويوجد الجهاز الجاذب للحشرات فى أنواع الأوركندر الاستوائية على هيئة شعيرات خاصة وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا فى منطقة اللابللم ، وتحتوى مثل هذه الشعيرات على الدهن والبروتين . وفى *Maxillaria rufescens* تكون كل شعيرة من خلية واحدة ذات جدار رقيق إلا أن منطقة قاعدتها تكون أكثر ممكاً زائدة الكوتة وذات لون بنى مصفر ، وتسبب الحشرات انكسار هذه الشعيرات عند اتصال المنطقة السمكة بالرقيفة من الجدار الخلقى . وفى *M. ochroleuca* و *M. porphyrostele* يدعم الخلية القاعدية الرقيقة من الشعيرة العديدة الخلايا شعيرات أخرى مساعدة أقصر طولاً وذات جدر أكثر سمكاً ، وهذه تساعد على جعل المجموعة كلها فى وضع رأسى . وقد تكون الشعيرات الغذائية فى أحوال خاصة من خلايا قصيرة مستديرة الشكل منفصلة عن بعضها ومكونة

بجانباً تشبه في وضعها كتلا من جبوب اللقاح ، كما في *M. Lehmanni* و *M. venusta* وكذا في *Polystachia* و *Rondeletia strigosa* .

أما وجود هذا النوع من الشعيرات في *COMMELYNACEAE* و *Aristolochia* و *Anagallis* و *Portulaca* و *Verbascum* و *Cyclamen* فيحتاج الى بحث وإثبات .