الباب الثامن

جهاز التخزين The Storage System

لا يستعمل النبات عادة ناتجات عملية التمثيل بعد تكوينها مباشرة ، فهناك فترة من الوقت تمضى ما بين إنتاج المواد المرنة وما بين استعمالها وفنائها . ففى أبسط أنواع الطحالب الخيطية مثل *Spirogyra* أو *Ulothrix* يكون نشاط عملية التمثيل الضوئى نهاراً كما يحدث انقسام الخلايا ليلا، ولذا تستعمل المواد المرنة التى تنتج نهاراً بمساعدة ضوء الشمس فى تكوين جدر جديدة للخلايا ليلا أو فى غير ذلك . أما النباتات الراقية فهى أكثر تعقيداً من جهة حاجياتها ، ولذلك يحدث إنتاج المواد واستعمالها فى أوقات مختلفة وأماكن متعددة . ويؤدى ذلك بالنسبة لانفصال هاتين العمليتين عن بعضهما وتوزيع ناتجات عملية التمثيل ، الى تخزين هذه المواد بدرجات متفاوتة .

وتختلف عمليات التخزين بالنسبة لاختلاف أجزاء النبات المتخصصة فى القيام بها . وأبسطها ما يشاهد فى ترسيب المواد المرنة بالأماكن التى تتكون فيها ، كانتاج حبيبات النشا داخل البلاستيدات الخضراء . غير انه قد تنفصل المواد المرنة فى أحوال أخرى لترسب فى أماكن أكثر بعداً عن مواقع إنشائها وفى خلايا متعددة الأشكال ، كوجود حبيبات النشا فى ألياف اللحاء وبعض عناصر الجهاز الناقل ، وخصوصاً البرنشيمة الناقلة كبرنشيمة الخشب أو فى الأشعة النخاعية وخلايا الثغور المساعدة . وتعتبر عملية التخزين فى 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 ناتجات عملية التمثيل المختزنة أساسياً من المواد المرنة التى يستعملها النبات فى أطوار نموه المختلفة ، وهذه تشمل المواد المختزنة التى توجد فى الجذور والثمار والابصال والدرنات

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

ولا يرتبط التخزين عموما 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 انتثار البذور ، أو فى عملية التلقيح ، أو الوقاية .

وتحتوى بعض أعضاء النبات التى تتكاثر خضرياً كالدرنات والأبصال علاوة على ماهى مزودة به من ناتجات عملية التمثيل على قدر من المياه المختزنة ، 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 المختزنة مماثلا فى ذلك النشا والبروتين . والنبات عموما 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 ناتجات 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 المختزنة أو التخلص منها .

أولا — 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 . وتمتاز بوجود هذه الطبقات أنواع النباتات الزيروفيتية التى تنمو فى المناطق الصخرية ، وكذا النباتات العلوية كنباتات

BROMELIACEAE وكثير من نباتات ORCHIDACEAE وأنواع أجناس *Peperonia* و *Begonia* و *Tradescantia* . وتحتاج النباتات التى تنمو فى المناطق الاستوائية الى تخزين المـاء وخصوصاً اذا ما كانت أوراقها كبيرة رقيقة يتسبب عنها حدوث النتح بكميات كبيرة ، كما فى *Canna* و *Maranta* و بعض أجناس SCITAMINEAE و *Ficus elastica* و *Conocephalus ovatus* و *Euphorbia thymifolia* وكثير من نباتات النخيل . كما تزود بعض نباتات المنجروف النصف مائية بأنسجة مائية تامة التكوين .

وتتكون الأنسجة المـائية من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم تحتوى على طبقة رقيقة من السيتوبلازم تبطن الجدر من الداخل وتنغمس بها النواة وقليل من البلاستيدات الخضراء، أما فجواتها فتمتلئ بسائل مائى رائق أو بسائل لزج اذا كانت فى مواضع عميقة . أما جدرها الخلوية فرقيقة خالية من النقر ، وفى بعض الحالات تكون حواف جدر الخلايا ذات غلظ كولنشيمي . وهى فى العادة متساوية الأقطار ، وأحيانا ما تكون مستطيلة الشكل كما فى *Hohenbergia strobilacea* . وغالبا ما تكون خلايا النسيج المـائى فى الأوراق المنبسطة شبه عمادية كما فى *Caropa moluccensis* و *Rhizophora mucronata* ، ويؤدى توجيه محورها الطولى فى مثل هذه الحالات الى قصر المسافة التى يجب أن يقطعها المـاء فى طريقه الى نسيج التمثيل الضوئى .

وتعتبر الأنسجة المـائية بالنسبة لموقعها إما خارجية سطحية أو داخلية . ويعتبر الخارجى السطحى منها تابعاً لجهاز البشرة المخزن للماء ، وغالبا ما يرى فى الأوراق المنبسطة العـادية جهة أحد سطحيها أو السطحين معاً ، غير أنه عادة ما يكون متكونا جهة السطح العلوى .

أما الأنسجة المـائية الداخلية فيمتاز بوجودها أعضاء التمثيل الضوئى فى النباتات التى تعيش تحت الظروف الزيروفيتية ، مثل CACTACEAE وكل من جنس *Agave* و *Aloe* و *Mesembryanthemum* .

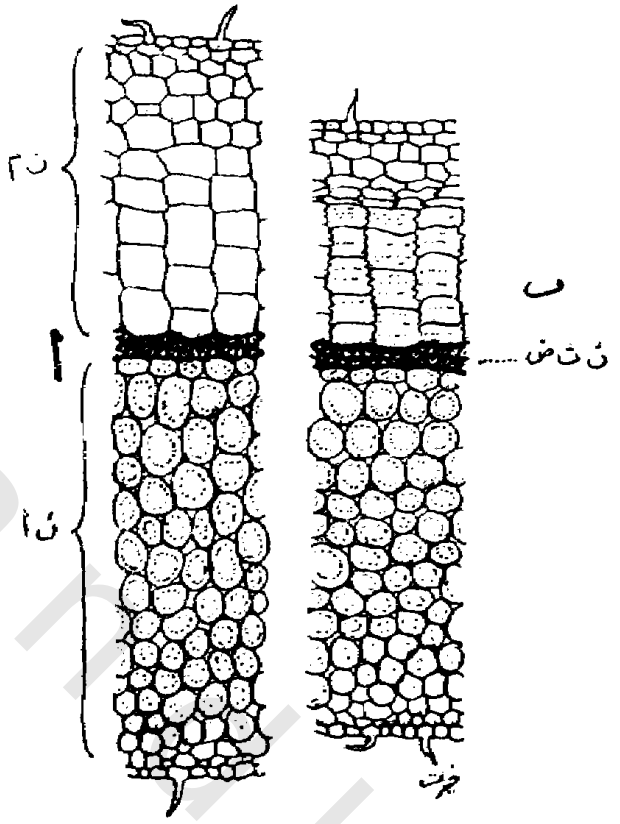
ويختلف تكوين النسيج المـائى كماً ، فقد يكون مكونا من عدة طبقات ناتجة عن البشرة فى هيئة البشرة المتضاعفة ، وهذه قد يزداد ارتفاع خلاياها أو يحدث لهـا عدة انقسامات

تماسية . وفى أعضاء التمثيل الضوئى فى النباتات العصارية ، قد يزيد سمك كتلة النسيج المائى عن سمك نسيج التمثيل الضوئى نفسه . وقد تزود حواف أوراق بعض النباتات المعرضة لفقدان الماء بنسيج مائى موضعى مكونا من طبقات من الخلايا تتفاوت فى عددها، وترى مثل هذه الأنسجة المائية الحافية فى عدة أنواع من جنسى *Acacia* و*Quercus*. ويقول Lippisch ان حواف أوراق الموز وهى صغيرة تتكون كلها من الخلايا المخزنة للماء، وتتكمش هذه فيما بعد لما يتمزق النصل إلى عدد من الشرائح المتوازية . وفى النباتات العلوية مثل جنس *Peperomia* وبعض نباتات GESNERACEAE تستطيل الخلايا المخزنة للماء وبذلك يزداد النسيج المائى فى السمك بتقدم نمو الأوراق . وعادة يرجع ازدياد مثل هذه الأوراق فى السمك بتقدمها فى السن الى زيادة تكوين النسيج المائى بها .

وتختص أنصال الأوراق بوجود الأنسجة المائية ، كما توجد فى بعض الأعضاء الأخرى التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى . وتوجد هذه الأنسجة فى كثير من نباتات الأوركدز العلوية فيما يسمى بالأبصال الكاذبة التى قد تتكون من سلامية واحدة أو عدة سلاميات . كما توجد الدرنات المخزنة للماء بأحجام مختلفة بين نباتات RUBIACEAE و VACCINIACEAE و MELASTOMACEAE وفى أنواع جنس *Gesnera* وأحسن مثال لها هو درنة البطاطس العادية . والدرنات كالأبصال يتشابهان فى اختزان كل من الماء والمواد المرنة فى نفس النسيج الواحد .

وتتمثل أكبر الأعضاء المخزنة للماء فى السوق الدرنية اللحمية لنباتات جنسى *Hydnophytum* و*Myrmecodia* التى تنمو فى الملايو وغينيا الجديدة وجنوب استراليا . وتتكون الدرنة فى هذه النباتات من منطقة الهيبوكوتيل المتضخمة ، ويصل طولها فى *Myrmecodia* الى حوالى ٣٠سم وسمكها ٢٠سم ، أما فى *Hydnophytum tortosum* فقد ذكر Beccari أنه قد يصل قطرها الى ٦٠ سم . وهى تشتمل على نسيج مائى عصارى يتقاطع معه جهاز معقد من فجوات وقنوات تتصل جميعها مع بعضها. وتبطن جدر هذه الفجوات ، كما تغلف الدرنة من الخارج ، بطبقة من الفلين تغطى بعدد كبير

من عديسات بيضاء اللون يعتبرها Treub أعضاء خاصة بعملية التهوية . ويقطن هذه الفجوات عادة جحافل من النمل يسوؤها أن يتطفل سواها على مساكنها المنعزلة ، ويلوح أنها تقوم بحراسة النبات من الحيوانات الأخرى الضارة . وتعتبر مثل هذه الأعضاء كأماكن متسعة لتخزين الماء ، أما الممرات فتزودها أثناء نموها بكميات من الاكسيجين لازمة لعملية التنفس .



(شكل ٧٩)

ق . ع . فى أوراق *Peperomia trichocarpa* — (ا) ورقة غضة . (ب) ورقة مصابة تركت لتفقد ماءها مدة أربعة أيام فى درجة ١٨° — ٢٠° م — ن م = نسيج مائى ، ن ت ض = نسيج نمثيل ضوئى ، ن ا = نسيج أسفنجى ، (عن ها برلاندت) .

وتعتبر الأنسجة المائية السطحية والموجودة أسفل البشرة الخارجية ذات أهمية ومظاهر فسيولوجية خاصة . فاذا تركت إحدى الأوراق المشتملة على مثل هذا النسيج المائى لتجف تدريجياً يكون تأثير فقدان الماء ظاهراً فى الخلايا المخزنة للماء نفسها . وبفقدان هذه الخلايا للماء تدريجياً فانها تنقبض وتنكمش ، كما تنثنى وتتجعد جدرها القطرية الرقيقة (شكل ٧٩ — ب) . وترجع هذه الظاهرة الى أن الماء المفقود لايحل محله الهواء الذى يصعب دخوله الى الخلايا نظراً لوجود طبقة بروتوبلازمية حية تبطن جدرها من الداخل ، كما تعتبر الجدر القطرية الرقيقة الغير مغلظة والتى تسمح لمثل هذا الانقباض ثم الامتداد لكل النسيج المائى ، أحد المظاهر التشريحية الهامة . واذا زود النسيج المائى مرة أخرى بكمية وافرة من الماء فسرعان مايعود الى حالته الأولى ، فتستقيم الجدر القطرية للخلايا بعد تجعدها ،

تحت تأثير الضغط الإنتفاخى الناتج عن امتصاص المـاء . ويعتبر ذلك من المظاهر التى يمتاز بها هذا النسيج .

ويعود انـكماش النسيج المـائى 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 المـائية . 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 المـائى جهاز التمثيل الضوئى عند نقص كمية المـاء المطلوبة فيزوده بها ، وبذلك يستمر نشاط عملية التمثيل الضوئى فى هذه الأثناء . وما دام المـاء متوفراً تحصل الخلايا الـكلورنشيمية 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 المـائى .

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

وتحتوي بعض النباتات الحززية على الأنسجة المائية ، وهذه علاوة على تخزينها للمـاء تقوم بتخزين المواد المرنة . وفى النباتات المنبطحة كما فى MARCHANTIACEAE يمثل النسيج المـائى خلايا كبيرة الحجم عديمة اللون توجد أسـفل الحجرات الهوائية . أما فى النباتات القائمة فتوجد الأنسجة المـائية بالأكياس الجرثومية تحت البشرة فى جدار الـكيس الجرثومى كما فى *Funaria hygrometrica* ، أو فى الابوفيسيس كما فى *Webera nutans* . وقد يوجد النسيج المـائى فى بعض النباتات الأخرى فى الـكوليوميللا، ويحتوى على حبيبات النشا لما يكون الـكيس الجرثومى حديث التكوين .

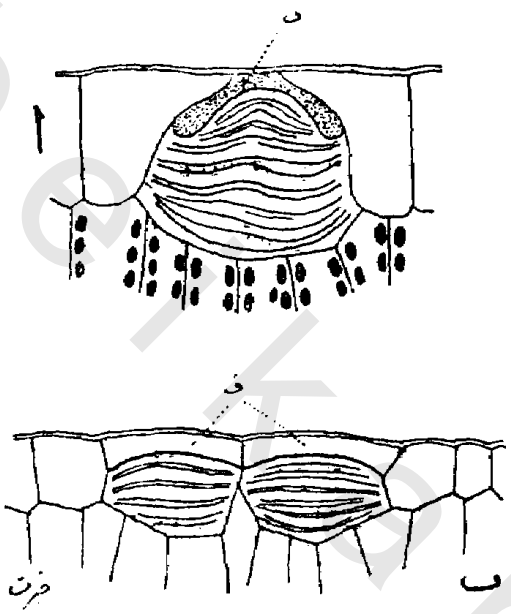
٢ — الخلايا الغروية المخزنة للماء Mucilaginous Water -Storing Cells

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 الاوركدز . وتصعب التفرقة بين الانسجة الغروية والأنسجة المائية النموذجية لان الاخيرة أحيانا ما تحتوى على عصير خلوى غروى . ولما كانت المادة الغروية مشتقة من الجدر الخلوية، حيث تبقى بعض طبقات الغلاف 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 .

واذا تكونت الكتلة الغروية من الزيادة الكبيرة فى سمك الجدر الخلوية فانها تظهر عادة فى هيئة طبقات متتالية . وعموما لا تصبح الطبقات الأولية للجدار الخلوى غروية إلا اذا تجمعت الخلايا الغروية فى هيئة صفوف أو مجاميع ، وتتهشم الطبقات الابتدائية وتختفى 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 الداخلية 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 *Conocephalusovatus* و *Rhizophora mucronata* على الخلايا الغروية النموذجية علاوة على احتوائها على نسيج مائى خالى من المواد الغروية .

ويحتوى القلف فى عدد من النباتات الصحراوية مثل *Haloxylon* و *Eurotia* و *Calligonum* و *Halimodendron* على مجاميع من الخلايا الغروية تنشأ من الفلوجين (Jönsson)، وتسمى تبعاً لذلك بالفلين الغروى Mucilage Cork، وتتجه هذه الخلايا نحو السطح الخارجى وتقوم بامتصاص الماء علاوة على تخزينه.



(شكل ٨٠)
خلايا بشرة جدرها الداخلية ذات غلظ غروى (ا) فى بشرة أوراق نبات *Theobroma Cacao*. (ب) فى بشرة أوراق نبات *Pterocarpus saxatilis* — ف = فجوة، (عنها برلاندت).

وتشتمل كثير من الأغلفة الثمرية وقصرات البذور على ما يسمى بالطبقات الخلوية الغروية Mucilaginous Cell Layers، وتكون وظيفتها فى مبدأ الأمر حماية الأجنة من الجفاف. ويمتاز بوجودها النباتات الزيروفيتية، وترى فى كثير من نباتات LABIATAE و CRUCIFERAE وتوجد فى العادة فى الطبقات الخارجية المكونة للأغلفة الثمرية وقصرات البذور، كما قد توجد داخلها أو على أسطحها الداخلية. وتتكون من خلايا غروية كما فى *Salvia* و *Plantago* و *Corchorus* و *Linum*، وتساعد علاوة على وظيفتها السابق ذكرها على تثبيت البذور أو الثمار فى التربة كما تقوم بتنظيم امتصاص كميات المياه اللازمة.

ومن الأمثلة النموذجية للنسيج الغروى ما يوجد فى بذور كتان الألياف. ويشمل الطبقة الخارجية من القصرة فى شكل خلايا منشورية تنفصل كل منها عما يجاورها بجدار متوسط رقيق ينتهى من جهة الخارج فى الطبقات المكوتنة التابعة للجدار الخارجى، أما الجدر الثانوية الخارجية والداخلية فزائدة السمك وتمتاز بازدياد انتفاخها

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

وتمتاز البندقات الصغيرة لنبات السالفيا بتكون نسيجها الغروى السطحى من خلايا منشورية يبلغ طول كل منها ضعف اتساعها ، كما تتمثل الزيادة فى السمك على جدرها الجانبية . ولهذا لا تتمزق الجدر المتوسطة عند الانتفاخ بل تكون أجساما دقيقة شبكية الشكل يبرز من بين تفرعاتها الطبقات الثانوية المنتفخة فى هيئة أجسام غروية أنبوبية طويلة . أما الطبقات الداخلية الثالثة من الجدر الجانبية فلا تشترك فى عملية الانتفاخ بل تبرز الى أعلى من كل خلية من الخلايا فى شكل شريط واحد أو أكثر ملتف حلزونيا ، ثم تنسحب نحو الخارج بواسطة الأنابيب الغروية الممتدة السابق ذكرها . وتعتبر مثل هذه الألياف الحلزونية كاطارات أو هياكل تجمع المادة الغروية مع بعضها لتمنعها من الذوبان السريع .

٣ — القصيبات المخزنة للماء

وهى عناصر خاصة بتخزين الماء تمتاز بموتها ، وخلوها من البروتوبلاست الحى ، وبالتغليظ الخاص لجدر خلاياها مماثلة فى ذلك القصبات والقصيبات . وتمتلئ مثل هذه الخلايا بالماء عن طريق الحزم الوعائية أو الخلايا البرنشيمية المجاورة لها . وهى تخالف الأنسجة المائية فى أنها لا تتكمش عند خلوها من الماء لأنها تمتلئ بالهواء ، كما أنها تماثل القصيبات العادية فى شكلها ولو أنها تخالفها فى وظيفتها ، فهى لا تقوم بنقل الماء بل بتخزينه ، كما تمتاز باتساع أقطارها وتساويها تقريبا . أما الذي أطلق عليها اسم القصيبات المخزنة Storage Tracheides فهو Heinricher .

وتظهر مثل هذه القصيبات فى 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 اللجنة فى شكل غلظ حلزونى أو شبكى ، أو قد تكون مزودة بعدد كبير من النقر المستطيلة الشكل تتقاطع معها عرضياً . وقد تتكون مثل هذه القصيبات أحيانا من قصيبات الحزم الوعائية الطرفية التى امتدت واتسعت لتتخذ هـذا الشكل ، كما فى *Euphorbia biglandulasa* و*E. splendens* و*E. Myrsinites* ، كما قد تتكوّن فى أحيان أخرى من تحور الخلايا البرنشيمية المكونة لأغلفة الحزم الوعائية أو من الخلايا الكلورنشيمية المكونة للنسيج الميزوفللى ، كما فى *Capparis spinosa* و*C. aegyptiaca* و*Centaurea glomerata* . وقد يشمل هذا التحور فى بعض الأطوار المتقدمة فى التخصص كل الأشرطة الوعائية الدقيقة .

وتوجد القصيبات المخزنة للمـاء فى كثير من النباتات التى تنمو فى الأماكن الجافة المشمسة فى مواضع لاعلاقة لهـا بالجهاز الوعائى . وقد تكون فى حالة فردية ، كما قد تكون فى بعض الأحوال طبقات متصلة توجد بين البشرة ونسيج التمثيل الضوئى ، ويرى هذا الوضع الأخير فى أنواع جنسى *Pleurothallis* و*Physosiphon* . ففى القطاع العرضى لورقة نبات *Physosiphon Landsbergü* توجد طبقتان من الخلايا أسفل البشرة العليا تمثلان النسيج المـائى النموذجى ، يوجد أسفلهما مباشرة طبقة واحدة من قصيبات مخزنة عمادية الشكل ذات غلظ حلزونى يتبادل على الجدر القطرية ، ويتقاطع مع هذه الطبقة بعض خـلايا النسيج المـائى التى تماثل القصيبات فى شكلها وتمتد معهـا بعيداً فى النسيج العمادى . ويشتمل النسيج الاسفنجى على كثير من القصيبات المخزنة للمـاء المستطيلة الشكل أو المتساوية الاقطار ، كما يلى البشرة السفلى طبقة من هذه القصيبات يتقاطع معها عدد من الخلايا البرنشيمية المخزنة للمـاء .

وقد تظهر القصيبات المخزنة للمـاء منتثرة فى حالة فردية خلال النسيج الميزوفللى لأنصال الأوراق . وقد ذكر Vesque أنه فى جنس *Reaumuria* يحتوى كل من النسيج العمادى والاسفنجى للأوراق الابرية الشكل على عـدد كبير منها يدل شكلها على انها إما متحورة عن خلايا عمادية أو اسفنجية . وترى أيضاً فى الانصال الكاذبة لبعض نباتات الاوركدز العلوية مثل *Liparis filipes* و *Oncidium spp.* فى شكل خلايا

مستطيلة أو متساوية الأقطار ذات غلظ حلزونى . وفى نبات *Nepenthes* تمتلىء الخلايا « الأنبوبية الحلزونية » فى كل من الساق والأوراق بالهواء أو بخار الماء ، وتعتبر بالنسبة لذلك مخزنة للماء . وقد تكون القصيبات البرنشيمية التى شاهدها Rothert فى نخاع نبات *Cephalotaxus Koraiana* ذات طبيعة مماثلة حيث أنها مزودة بتغليظ ليفى غير منتظم وكذا بالنقر المضفوفة .

٤ — اختزان الماء فى المسافات البينية

تخدم المسافات البينية فى أعضاء النبات الخضرية عادة فى عملية التنفس ، غير أنها قد تقوم فى حالات قليلة بتخزين الماء . ويرى مثل هذا الوضع الشاذ فى نبات *Philodendron cannaefolium* حيث تحتوى أعناق الأوراق المغزلية الشكل على مسافات بينية متسعة تمتلىء أثناء الطقس الرطب بسائل ذى طبيعة غروية علاوة على الفقاعات الهوائية . وعند الجفاف يختفى 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 . ويغلف المنطقة المركزية الصلبة فى ثمرة نبات *Poterium spinosum* طبقة سميكة من نسيج يتكون من خلايا برنشيمية نجمية ذات مسافات بينية عديدة متسعة تمتلىء بالهواء أثناء الجفاف ، فاذا ما وجدت هذه الثمرة فى وسط رطب امتلأت كل من فجوات هذه الخلايا ومسافاتها البينية بالماء (عن Klebs) . وفى *Aldumia cirrhosa* تتحول البشرة الداخلية للغلاف الثمرى الى نسيج شبكى ذى مسافات بينية متفرعه متسعة ، كما تتلجنن جدر الخلايا وتزود بعدد كبير من النقر ، فاذا ما ندیت هذه الطبقة بالماء امتلأت كل فجوات الخلايا ومسافاتها البينية به (عن Heinricher) .

ثانياً — تخزين المواد المرنة

١ — الأنواع المختلفة للمواد المختزنة

(ا) المواد المختزنة الغير آزوتية

تتكون هذه المواد إما من الكاربوبدرات أو الزيوت الدهنية . وتوجد الكابوايدرات المختزنة عادة فى حالتها الصلبة إما على هيئة النشا أو السليلوز ، كما يوجد البعض منها مثل الانيولين أو السكريات المختلفة على هيئة محلول فى العصير الخلوى .

وعلاوة على ما سبق ذكره عن حبيبات النشا (فى باب المحتويات الغير حية فى الخلية) ، تخلو الأنسجة المختزنة لها من محتوياتها النشوية بانتقال النشا من موضع الى آخر نتيجة لما يسمى بعملية الاذابة Solution . وهى عملية تحليل مائية تحدث بمساعدة انزيم الدياستاز وينتج عنها تحويل النشا فى خطوات متتالية إلى Amylodextrine وDextrine و Isomaltose وأخيراً الى المالتوز . ويتغير فى العادة شكل حبيبات النشا فى النباتات المختلفة تبعاً الى ذلك ، ففى البطاطس وفى قواعد الاوراق الحرشفية الشحمية لابصال نبات *Lilium candidum* تذوب الحبيبات الكبيرة الحجم المركزية السرة تدريجيا من الخارج للداخل ، وتكون الطبقات الاكثر مائية أسرع ذوبانا فينشأ عن ذلك تجاويف حلقية الشكل ، ثم ينتهى الأمر بالحبيبة الذائبة بأن تأخذ شكلا عصويا ذا انقباضات فى عدة مواضع منه . كما تتقاطع مع حبيبات نشا الفول وغير ذلك من النباتات البقلية عدة شقوق قطرية . وتذوب حبيبات النشا فى أندوسپرم الذرة والشعير والشوفان وغيرها من حبوب نباتات العائلة النجيلية من الخارج إلى الداخل أيضا فى عدة مواضع منفصلة ينشأ عنها نقر وقنوات سرعان ما تتلاقى معاً وتسبب انقسام محتويات الحبة الى عدة أجزاء منفصلة يكمل ذوبان كل منها وهى مستقلة عن الأخرى . ويختلف اتساع هذه القنوات فتكون ضيقة فى الطبقات النشوية الكثيفة وأكثر اتساعا فى الأخرى المائية ، وبذلك يسهل تأثير أنزيم الدياستاز عليها . ويرى النشا مختزنا أيضاً فى نخاع سوق كثيرة من أنواع النخيل مثل *Caryota* و*Oreadoxa* لغرض انتاج الأزهار ، وكذا فى نخاع نباتات معراة البذور مثل *Cycas*.

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

وتجمع جميع الكاربوايدرات التى تخزن على هيئة الجدر الخلوية السميكة تحت اسم السليلوز المخزن Reserve Cellulose ، وتنتمى كيمائيا إلى قسم الهميسليلوز ، وأكثر أنواعه توزيعا هى Mannans و Galactans وتتحول الى سكر بواسطة انزيم السايتاز . ويمتاز اندوسپرم نخيل البلح بوجود النوع الأول كما تمتاز بذور النباتات البقلية بوجود النوع الثانى . ومن السليلوز المخزن ما يشبه النشا فى تلونه باللون الأزرق عند إضافة اليود اليه فقط (بدون معاملة حمضية سابقة) ، ويطلق عليه اسم Amyloia ، ويرى فى *Impatiens Balsamina* و *Tropaeolum majus* وكثير من نباتات PRIMULACEAE . ولا يشتمل السليلوز المخزن السابق ذكره على كل الكاربوايدرات ويغلب أن توجد مثل هذه الهميسليلوزات فى الجدر الخلوية السميكة مختلطة أو قد تتحد لتكون مركبات أكثر تعقيداً .

ويشبه تحول السليلوز المخزن بواسطة الانزيمات أثناء عملية الانبات ، التحليل المائى لحبيبات النشا ، من عدة أوجه . ففى *Impatiens Balsamina* (عن Heinricher) تختفى الطبقات السميكة تدريجا ، غير أنها تزول بسرعة أكثر فى بعض أجزاء

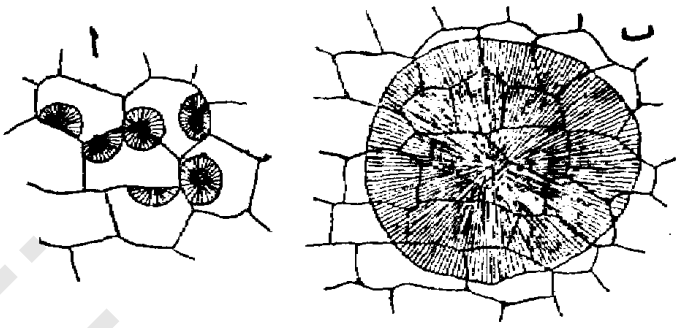
الجدر عما فى بعض الأجزاء الأخرى . وفى *Tetragonolobus* و *Lupinus* و *Goodia latifolia* (عن Nadelmann) ، تترتب الجدر التى على وشك الذوبان فى هيئة خطوط قطرية ثم تذوب بعد ذلك فى شكل منتظم ، أما الجدر المتوسطة فتبقى فى العادة كما هى .

وتعتبر السكريات المختلفة من الكاربوايدرات التى تخزن على هيئة محلول فى العصير الخلوى ، فيخزن سكر القصب فى الانسجة المخزنة لجذر البنجر بنسبة قد تبلغ ٢٠ ٪ ، وخليط من الجلوكوز (سكر العنب) فى قواعد الاوراق الحرشفية الشحمية للبصل ، كما تخزن كثيرمن النباتات السكر فى أوراقها . ويرى أيضا مخزنا فى عناصر الخشب الحديثة أثناء فصل الشتاء . وفى الواقع تحتوى كل أعضاء النباتات المخزنة على كمية معينة من أنواع السكريات المختلفة .

وتعتبر مادة الانيولين Inulin من أهم أنواع الكاربوايدرات المخزنة الذائبة فى العصير الخلوى ، ويمتاز بوجودها ريزومات وجذور نباتات العائلة المركبة ، فتوجد فى الدرنات الجذرية لنبات *Dahlia variabilis* وفى نباتى *Helianthus annus* و *Inula Helenium* . وتوجد هذه المادة على هيئة محلول زائد التركيز ذى مظهر زيتى أصفر باهت اللون . وإذا عومل قطاع فى إحدى الدرنات المحتوية على مادة الانيولين بالكحول ، كونت السكريات العديدة (البوليسكريدات) راسباً من حبيبات دقيقة ، أما اذا حفظت الدرنة بأكملها فى الكحول لمدة طويلة سبب دخول الكحول البطىء فيها تكوين بلورات كبيرة متجمعة من مادة الانيولين (شكل ٨١) . وتوجد أنواع أخرى من الكاربوايدرات تماثل الانيولين فى علاقته الكيماوية بالفراكتور ، مثل Triticin و Gaminin و Scillin و Irisin فى أنواع مختلفة من نباتات ذات الفلقة الواحدة . وتتحول مادة الانيولين الى سكر الفاكهة بفعل انزيم الانيولاز .

وتنتمى المواد الدهنية المخزنة كالدهون النباتية عموما الى قسم Glycerides ، وهى فى الواقع أثيرات جليسرينية لاحماض دهنية مختلفة ، أهمها أحماض Palmitic و Stearic و Oleic . وتوجد معظم المواد الدهنية سائلة فى درجات الحرارة العادية

(زيوت دهنية) ، وقد تشبه الزبد فى طبيعتها مثل Cacao-butter و Nutmeg-fat . وهى ذات قابلية للذوبان فى الاثير وثانى كبريتور الكربون والبترول ، فزيت الخروع



(شكل ٨١)

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

يذوب اذابة تامة فى الكحول مع البرودة . ولا تعتبر الدهون النباتية فى 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 فى الخلية المخزنة فانها تكون فى العادة معلقة فى البروتوبلازم على هيئة قطرات أو حوصلات دقيقة . وتوجد فى البذور الزيتية كمية صغيرة من المواد الدهنية تتوزع نسبة كبيرة منها بين الخيوط السيتوبلازمية من جهة وبين حبيبات الأليرون من جهة أخرى . والزيوت العطرية غير ذات قيمة كمواد مخزنة بالنسبة لتطايرها . ويؤثر انزيم الليباز على الدهن فيحوله الى جلسيرول وأحماض دهنية . وتكون الأنزيمات فى حالة سكون البذور فى طورسكون أيضا Zymogen Stage ثم تنشط عند بدء انباتها ونموها .

(ب) المواد المختزنة الآزوتية

غالبا ما تخزن المواد الآزوتية إما فى هيئة بروتينات Proteins أو أميدات Amides (وأحماض أمينية) . وتشمل المواد البروتينية المخزنة مختلف ال Globulins

و Vitellins (Plytovitellins) و Albuminoses وبعض Nucleoproteids ومجموعة Gluten . وتشمل الأميدات Asparagin و Glutamin و Leucin و Tyrocin وغيرها .

وتكون المواد الآزوتية المختزنة معظم المواد الذائبة فى العصير الخلوي فى أعضاء النبات العصارية المخزنة كغالبية الدرنات والابصال والريزومات . فاذا عومل مقطع من درنة البطاطس بالكحول تكون راسب متجمع أو حبيبي فى العصير الخلوى للخلايا المخزنة المحتوية على حبيبات النشا ، يتكون جزء منه من الاميدات (غالبا على هيئة Asparagin) والجزء الآخر من البروتينات . وتبلغ نسبة الاميدات فى الدرنات الناضجة من ٣٠ ٪ الى ٤٧ ٪ من مجموع المواد الآزوتية . وإذا عومل مقطع آخر فى إحدى قواعد الأوراق الشحمية للبصل العادى بالكحول ، تكون راسب ضئيل شبه حبيبي فى غالبية الخلايا ، أما الخلايا البرنشيمية المخزنة الملاصقة لأشرطة اللحاء فى الحزم الوعائية فيملؤها راسب كثيف يتكون عادة من مادة بروتينية . وقد تعتبر مثل هذه الخلايا مكونة لغلاف بروتينى (يقابل الغلاف النشوى) . وتتكون المواد الآزوتية الأميدية فى جذر البنجر رئيسياً من الجلوتامين الذى يصحبه كمية قليلة من Betain . وتشتمل الأعضاء المخزنة العصارية عموما على نسبة صغيرة أو كبيرة من المادة الآزوتية المختزنة فى حالة أميدات ذائبة .

أما الأعضاء المخزنة الجافة مثل البذور وكثير من الثمار فتشتمل على نسبة من المواد البروتينية المختزنة تقع ما بين ٢ ٪ و ١٠ ٪ من مجموع المواد الآزوتية . وتظهر المركبات البروتينية فى هذه الحالات على أشكال خاصة تمتاز بها مثل هذه الانسجة المخزنة ، أكثرها مشاهدة مايسمى بالأجسام البللورية Crystalloids . وتعتبر هذه الاجسام بللورات بروتينية ذات مظهر عادى مماثل للبللورات العادية ، غير أنها تمتاز بانتفاخها إذا ما لامست الماء . وتكون كل البللورات البروتينية (عن Schimper) إما منتظمة الشكل كالنوع المكعب فى البطاطس ، أو سداسية الأضلاع كالنوع ذى الستة أسطح المعينة كما فى أندوسپرم *Bertholletia excelsa* . وتوجد هذه البللورات أحيانا فى الأعضاء العصارية المخزنة

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

وتمثل الأجسام البللورية البروتينية مواداً مختزنة حتى ولو وجدت فى خلايا غير تابعة للجهاز المخزن . ويرى Stock أنها تذوب فى الأوراق التى تذبل وتموت ، كما تختفى أيضا من النباتات التى تنمو فى المحاليل المغذية المحتوية على كميات كافية من الآزوت .

وتعتبر حبيبات الأليرون Aleurone Grains من الأشكال المميزة الأخرى للبروتين المختزن ، وقد سبق ذكرها (مع المحتويات الغيرحية فى الخلية) . كما قد ينتشر توزيع الخلايا التى تحتوى على الجلوكوسيدات ومادة التانين فى النباتات المختلفة ، ويقال أن هذه المواد من ضمن المواد المرنة المختزنة ، غير أن ذلك يحتاج إلى دراسة فسيولوجية .

٢ — الأنسجة المخزنة

(ا) الأنسجة التى تقوم بتخزين المواد المرنة

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

وقد لا تحتوى الأعضاء المخزنة المختلفة فى النبات الواحد على مواد مختزنة غير آزوتية من نوع واحد ، كما قد تظهر مركبات غير آزوتية مختلفة فى الأعضاء المتجانسة المخزنة فى أنواع النباتات القريبة الصلة من بعضها ، فبينما يختزن النشا فى البطاطس ، يختزن الانيولين فى درنات الداليا ، وسكر القصب فى جذور البنجر . وتحتوى بذور كل من البطاطس والداليا على الزيوت أما بذور البنجر فنشوية . وتحتوى حبوب معظم النجيليات على النشا ، وقد يحل محله فى أحوال قليلة الزيوت الدهنيه ، كما فى *Phragmites communis* .

وفى نبات *Impatiens Balsamina* تختزن مادة الأميلويد فى الفلقات على هيئة جدر خلوية زائدة السمك . وفى أنواع أخرى من جنس *Impatiens* يكون النسيج الفلقى رقيق الجدر ويحل الزيت محل السليلوز المختزن . وتحتوى قواعد الاوراق الشحمية للبصل العادى على كمية كبيرة من الجلوكوز ، كما تحتوى أبصال Tulips وغيرها من أبصال العائلة الزنبقية على النشا .

وتفوق الدهون النشا فى أنها مورد كبير للكربون حيث أنها تحتوى على نسبة منه أكبر بكثير مما يوجد فى النشا أو أى نوع من الكاربوايدرات الأخرى . وقد يكون احتواء البذور على المواد الغير آزوتية المختزنة فى حالة دهنية وليس فى حالة نشوية ذا علاقة لحد ما بزيادة قابليتها للانتشار ، حيث أن الدهن أخف بكثير من النشا . وغالباً ما تكون البذور أو الثمار المجنحة أو ذات الباراشوت ذات طبيعة زيتية . أما بذور النباتات المائية فتعتمد فى انتشارها على الحوصلات الهوائية الموجودة فى قصراتها التى تساعدها على أن تطفو ، وتتكون هذه من عدد كبير من الخلايا المملوءة بالهواء . وتنتهى مدة انتشارها بامتلاء هذه الخلايا بالماء وبذلك تستقر فى قاع الماء الموجودة به حيث يبدأ انباتها بعد فترة من فترات السكون .

وتحتوى الأعضاء المختزنة الكبيرة الحجم كالدرنات والأبصال والريزومات والبذور الكبيرة على المواد الغير آزوتية المختزنة فى هيئة النشا أو غيره من المواد الكاربوايدراتية وليس على صورة دهنية . وتفوق كمية الأكسيجين الممتصة خلال الانبات فى حالة البذور الزيتية ما يمتص منها فى حالة البذور والثمار النشوية ، بالنسبة لأهميتها فى الحالة الأولى فى أكسدة المواد الدهنية التى تتحول إلى مادة أو أكثر من المواد الكاربوايدراتية العالية الأكسدة ، علاوة على عمليات التنفس . ولما كانت الأنسجة المختزنة غير مزودة بالكثير من المسافات الهوائية فان الأكسيجين يدخل اليها بانتشاره من خلية الى أخرى ، أما الخلايا الأكثر عمقاً من النسيج المختزن فلا يصل اليها ما يكفيها من الأكسيجين بالنسبة لاستنفاذ الكميات الكبيرة منه وقت الانبات .

وتحتوى البذور التى تنمو سريعا على النشا ، الذى قد يكون موجودا فى فترة سكونها أو يظهر أثناء الانبات نتيجة لاكسدة المواد الدهنية . وإذا كان النشا مختزناً

فى الأندوسپرم كان الجنين ملاصقا للنسيج المخزن أو منغمسا به قليلا ، كما فى GRAMINEAE وكذا فى 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 المختزنة من النسيج المخزن تدريجيا فيحيط بهـا الأندوسپرم 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 الاقسام الكيماوية المتباينة فيما يلى :

(أولا) المواد المختزنة التى توجد فى نسيج مخزن فردى .

١ — المواد المختزنة فى فجوات الخلايا .

(ا) الاميدات والپروتينات + السكر ، الذائبة فى العصير الخلوى كما فى جذر البنجر وقواعد أوراق البصل .

(ب) الاميدات والپروتينات الذائبة فى العصير الخلوى + النشا كما فى البطاطس وكثير من الريزومات .

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

(د) حبيبات الاليرون + الزيوت الدهنية كما فى فلقات فول الصويا والاندوسپرم الخروع .

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

(ه) حبيبات الاليرون والزيوت الدهنية (فى فجوات الخلايا) + السليلوز المدخر (مكونا طبقات الجدر الزائدة السمك) كما فى فلقات *Impatiens Balsamina* والاندوسپرم *Phytelephas macrocarpa* ونخيل البلح و *Coffea arabica* و *Ceratonia Siliqua* .

(ثانياً) المواد المختزنة الموزعة بين نسيجين مختلفين .

(و) جزء من المواد المختزنة الغير آزوتية مخزنا فى الجدر الغروية السميكة لخلايا الاندوسپرم التى تضيق وتختزل فجواتها وتحتوى على الزيوت الدهنية وبعض النشا أحيانا مرافقا له حبيبات الاليرون . كما فى خلايا فلقات *Trigonella Foenum graecum* و *Trifolium pratense* و *Medicago* .

وتتميز الطبقة الخارجية من الأندوسپرم فى 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 والزيت فقط حتى ولو كانت باقى خلايا الأندوسپرم محتوية على المواد الكاربوايدراتية فى هيئة النشا أو السليلوز المدخر . وتسمى هذه الطبقة بطبقة الأليرون Aleurone Layer ، ويمتاز بوجودها حبوب النجيليات . ويرى هابرلاندت أنها لا تنتمي إلى الجهاز المخزن إطلاقا بل تمثل نسيجاً غدياً يفرز إنزيم الدياستاز فى فترة الانبات . وقد تعتبر هذه الطبقة فى بعض العائلات الاخرى وخصوصا LEGUMINOSAE كنسيج متخصص فى افراز الانزيمات أو قد تمثل منطقة متكشفة خاصة من جهاز التخزين .

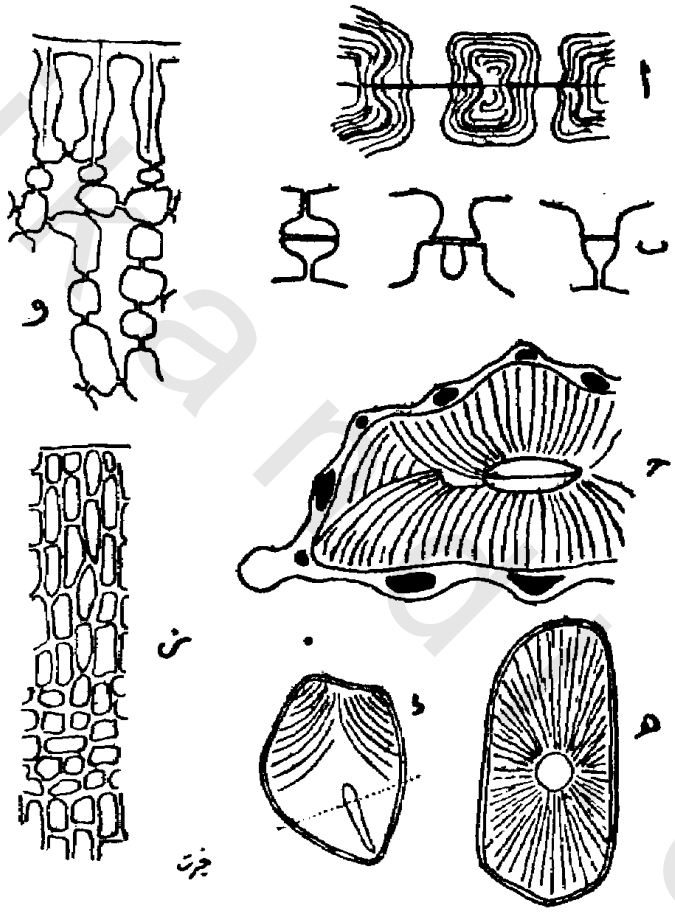
وتتفاوت الخلايا المخزنة فى أشكالها وترتيبها وطبيعة جدرها . ففى الانسجة المختزنة للنشا تكون جدر خلاياها رقيقة غالبا خالية من النقر (كالندوسپرم النباتات النجيلية وقواعد أوراق البصل الشحمية وكذا فى *Oxalis esculenta*) . وقد تكون الجدر بعكس ذلك متوسطة السمك ذات نقر عديدة لتسهل عملية ملأ وإفراغ الخلايا المخزنة ، 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 فانها تكون متجانسة تماما ، كما فى أندوسپرم *Ornithogalum umbellatum* ، أما فى اندوسپرم *Fritillaria imperialis* فان 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 أطارفها السفلية فى شكل قمعى (شكل ٨٢ — ب) مما يسبب زيادة مساحة أغشيتها التى تكون فى الوقت نفسه سميكة لحد ما لكى تعجل عملية الانتشار . ويقول كل من Tangl وستراسبرجر أن هذا الغرض قد يتحقق فى شكل آخر بأن يخترق غشاء النقرة عدد من الخيوط البروتوبلازمية كما فى نخيل البلح و *Ornithogalum umbellatum*. وقد شاهد Tangl فى *Strychnos Nux vomica* اتصالات أخرى تتقاطع مع الاجزاء السميكة من الجدر علاوة على ما هو موجود فى أغشية النقر ، وقد تخدم مثل هذه الاتصالات أو الممرات المباشرة فى سرعة توزيع الانزيمات المذيبة ونواتجها .

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 الذى يمكن مقارنته بأبسط أنواع أنسجة التمثيل الضوئى المختلفة فى فلقات كل من الفول والبسلة والبلوط ، وكذلك فى الاعضاء الدرنية المخزنة . وتكون خلايا الانسجة المخزنة فى الغالب مستطيلة الشكل مرتبة على هيئة صفوف مستقيمة أومنحنية ، ويتعلق هذا الوضع إما بالمطالب الميكانيكية للنسيج المخزن أو بالنظم الغذائية للجنين (أو غيره من الاجسام المتكونة) . فقد تخدم المجاميع المنحنية من هذه الخلايا فى زيادة انضغاط النسيج جميعه (وهذه وظيفة ميكانيكية) ، وفى تسهيل تزويد الجنين بالمواد الغذائية (وظيفة غذائية) .

وقد توزع هذه الوظائف فى أحوال أخرى بين مجموعتين مميزتين من هذه الخلايا المنحنية . ومن القطاع العرضى فى الثمرة النصفية الخيمية لنبات *Anethum Sowa* (شكل ٨٢ — حـ) تدل الخطوط المنحنية لمجاميع الخلايا القطرية على الممرات التى تتجه خلالها المواد الغذائية نحو الجنين أثناء الانبات ، كما يدل مثل هذا الوضع على اشتراكه فى كل من الحاجيات الميكانيكية والغذائية للعضو الموجود به . وفى القطاع الطولى التماسى لبذرة نبات الايرس (شكل ٨٢ — د) ، يحوى الجزء السفلى المدبب من البذرة الجنين ،

بينما يحتوى الجزء العلوى المتسع على خلايا الأندوسپرم المستطيلة السميكة الجدر المنتظمة فى صفوف أو مجاميع منحنية فى وضع مائل نحو الخارج والداخل . وتتعارض خطوط الانحناء فى هذا الوضع مع الممرات التى تنتقل خلالها المواد الغذائية فى طريقها نحو الجنين فى زوايا مختلفة ، ولهذا فانها غير ذات علاقة بالمطالب الغذائية للجنين ، بل ذات



(شكل ٨٢)

(أ) الجدر الخلوية السميكة فى احدى خلايا أندوسپرم بذرة نبات *Fritillaria imperialis* يظهر بها نقرتان × ٥١٠ ، (ب) أشكال مختلفة من النقر فى خلايا أندسپروم النبات السابق ذكره ، (حـ) قطاع عرضى فى ميريكارب *Anethum Sova* يتوسطه فلقتى الجنين وترى صفوف خلايا نسيج الاندوسپرم فى شكل خطوط ، (و) قطاع طولى تماسى فى بذرة الأيرس والجنين يشغل الطرف الضيق منها × ٥ ، (هـ) ق. ع. فى بذرة الأيرس فى موضع الخط المنقط فى و × ١٤ ، (و) الجزء الخارجى من القطاع العرضى فى بذرة *Polygonatum vulgare* ، (ز) جزء من القطاع الطولى القطرى فى أندوسپرم *Silver trilobum* ،

(عن هابرلاندت)

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

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

وفى الثمرة النصفية الخيمية لنبات *Silver trilobum* تكون الأربع 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 فى اتجاه تماسى . وترى الخلايا السطحية ذات جدر سميكة خالية من النقر ، وتنتقل المواد الغذائية الموجودة فى الطبقات الخارجية فى اتجاه قطرى حتى تصل الى المنطقة الداخلية حيث تتجه مباشرة نحو الجنين . وفى هذه الحالة يماثل اتجاه المواد الغذائية اتجاه ناتجات عملية التمثيل الضوئى فى الاوراق التى تحتوى على نسيج عمادى جهة كل من سطحيها .

ومن الأنسجة المخزنة ما يكون موضعيا ، فقد شاهد كل من Tschirch و Holfert فى 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 تلى فى موضعها العناصر التى ستكون نسيجا ميكانيكيا أو طبقات غروية فيما بعد وتؤخذ المواد المرنة اللازمة للزيادة فى سمك جدر الخلايا من هذه الطبقة المغذية ، ولذلك فانها تفرغ عند تمام تكوين القصرة ثم تختفى تماما ، ويتميز موضعها فى البذور الناضجة بمنطقة من جدر خلوية منضغطة ملتوية . ومن أمثلة الطبقات المغذية ما يوجد منها فى قصرات بذور العائلتين PAPILIONACEAE و CRUCIFERAE .

(ب) تخزين المواد التنفسية

ليس هناك أنسجة خاصة بتخزين المواد التنفسية ، التى لا توجد منفصلة عن المواد المختزنة اللازمة لنمو النبات . ولا تستهلك المواد المرنة الموجودة فى الخلايا المخزنة جميعها فى الأنسجة النامية بل تخصص نسبة منها لعمليات الانحلال . وتقوم هذه النسبة التى يطلق عليها اسم المادة التنفسية بتزويد النبات بالوقود اللازم للاحتراق الفسيولوجى الذى ينتج عن انطلاق القوة الكامنة الكيمائية وكذلك فى انتاج الحرارة . فبادرات الذرة التى تستنبت فى الظلام تفقد ٤٧٫٦ من وزنها الجاف خلال عشرين يوما نتيجة للتنفس .

وهناك حالات قليلة شاذة يكون فيها انطلاق الحرارة ظاهرة جوهرية وليست عرضية لعملية التنفس، ولذلك قد تكون الانسجة المخزنة لاستقبال هذه المواد المدفئة فى هيئة النشا أو غيره من المواد الكاربوايدراتية . ومما هو معروف من زمن طويل أن من الازهار والنورات ما يعطى قدرا من الحرارة عند بدء انفتاحها ، ففى بعض نباتات AROIDEAE مثل *Arum italicum* تكون درجة حرارة أغاريضها ٤٤٫٧ م بينما يكون الجو العادى الخارجى ١٧٫٧ م (عن Gregor Kraus) . وقد كانت أقصى درجات الحرارة التى سجلها Hubert فى *Colocasia odora* هى ٤٩٫٥ م . وتشابه نورات النخيل وأزهار NYMPHAEACEAE فى هذه الظاهرة .

ويرجع النقص فى الوزن إلى اختفاء المواد الكاربوايدراتية المختزنة التى تستعمل فى عملية التنفس ما عدا نسبة صغيرة منها تبلغ ٣٫٧ ٪ تتحول الى أحماض عضوية

ومركبات أخرى تبقى فى الانسجه الموجودة بها ، كما تضمحل الانسجة المختزنة نتيجه لذلك .

ويعتبر كل من Kraus و Delpino أن الحرارة التى تنتج فى أغاريض النباتات الارويدية وفى غيرها من النورات والازهار يتسبب عنها جذب الحشرات اللازمة لعملية التلقيح .

ومما لاشك فيه أن الحشرات تنجذب بسهولة إلى أى نبات تجد به مأوى دافئاً لها ، ويحدث هذا غالباً أثناء الليل وفى الساعات المبكرة فى النهار .

(ج) التخزين لأغراض تخص البيئة

تختزن كثير من البذور والثمار وكذا عدة أوراق وأزهار معينة ، المواد المرنة لأغراض تتعلق بالبيئة الموجودة بها . وتستخدم مثل هذه المواد المختزنة التى تكون على هيئة مواد كاربوايدراتية فى الغالب أو قد تشمل أيضاً الدهون والمركبات البروتينية ، فى جذب الحيوانات التى قد تكون ذات فائدة خاصة للنبات عند ما تسعى اليه لتتزود بما يلزمها من المواد الغذائية . وتسمى مثل هذه الأنسجة بالأنسجة المغذية Feeding Tissues .

وتتمثل مثل هذه الأنسجة فى اللب العصارى الذى يوجد فى كثير من الثمار الحقيقية والثمار الكاذبة . ويلتهم هذا اللب العصارى فى مثل هذه الحالات بواسطة الحيوانات وبخاصة الطيور ، أما البذور فاما أن تنتثر أو تنفصل من المحصول أو قد تخرج مع المواد المفرزة . وتتكون هذه الأنسجة من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم رقيقة الجدر ذات بروتوبلاست قليل وفجوات عصارية متسعة . وتتكون المادة التى تجذب الحيوانات عادة من نوع أو عدة أنواع من السكر (الجلوكوز والفركتوز) ، وأحياناً من النشا كما فى *Musa* و *Atrocarpus* ، أو من الزيت كما فى *Olea* و *Persea* و *Gratissima* . ويساعد أيضا فى جذب هذه الحيوانات الألوان الزاهية المتسببة عن وجود الكروموبلاسيتدات أو مادة الأنثوسيانين الذائبة فى العصير الخلوى ، وكذا تكوّن طعم خاص أو رائحة خاصة يتسببان عن تكوين ناتجات مختلفة من عملية التحول الغذائى .

وتوجد الأنسجة المخزنة الزيتية عادة فى الزوائد الموجودة على البذور والتى تسمى بالبسباسة Aril أو Caruncle ، وكذا فى الأعضاء الزهرية المستديمة التى ينجذب النمل اليها فيسبب بذلك انتشار البذور ، وهو بحمله 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 التى تزود بذورها بهذه الأنسجة نبات *Viola odorata* و *Allium triquetrum* و *Luzula Forsteri* وغيرها .

ويشابه هذه الزوائد الزيتية فى البذور ، ما يسمى بالأجسام الغذائية Food-bodies فى أوراق بعض النباتات التى تلقح بواسطة النمل . وتختزن هذه الأجسام قدراً من المواد الغذائية يتزود بها النمل الواقى الذى يقصد هذه النباتات بانتظام . ففى نباتى *Cecropia adenopus* و *C. petata* يغطى السطح السفلى للأوراق بغطاء كثيف من الشعيرات ، يوجد بينها عدد كبير من أجسام دقيقة بيضية أو كمثرية 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 . ويماثل هذه الأجسام نوع آخر يسمى Beltian Bodies ، وهى كمثرية الشكل ذات لون برتقالى مصفر تظهر فى قمم الوريقات الثانوية فى نبات *Acacia sphaerocephala* ، وتتكون من مجموعة من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر (نسيج مخزن) تمتلىء بالزيت والبروتين ، وتنفصل بسهولة عن الوريقات .

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

وتسبب الحشرات بزيارتها لمثل هذه الأزهار عملية التلقيح أثناء التهامها لهذه الشعيرات أو الأنسجة الغذائية . وتتحول المنطقة من اللابلم المحتوية على النسيج المغذى الى عقد وتصلبات فى أشكال مختلفة ، كما فى *Oncidium* و *Stanhopea* ، وهذه من الممكن تمييزها بالعين المجردة . وتتكون مثل هذه الأجسام الافرازية من خلايا رقيقة الجدر يملؤها مختلف المواد العضوية . وتوجد المواد المختزنة الغير آزوتية على هيئة النشا ، كما فى *Catasetum* ، أو الاميلودكسترين 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 المكوتة تنفصل من خلايا البشرة فى طور مبكر من تكوينها مما يجعل المواد الغذائية أكثر استعداداً لأداء ما عليها .

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

بجاميعاً تشبه فى وضعها كتلا من حبوب اللقاح ، كما فى *M. venusta* و *M. Lehmanni* وكذا فى *Polystachia* و *Rondeletia strigosa* .

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

obeikandl.com