أسرار الحياة في عالم النباتات

مجموعة بحوث علمية

تأليف

مجموعة من العلماء

ترجمة

د. الدمرداش سرحان

تقديم ومراجعة

د. محمد عزالدين ابراهيم

الكتاب: أسرار الحياة في عالم النباتات.. مجموعة بحوث علمية

الكاتب: مجموعة من العلماء

ترجمة : د. الدمرداش سرحان

تقديم ومراجعة : د. مُحَمَّد عز الدين ابراهيم

الطبعة: ٢٠١٩

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means without prior permission in writing of the publisher.

جميع الحقوق محفوظة: لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو أي جزء منه أو تخزينه في نطاق استعادة المعلومات أو نقله بأي شكل من الأشكال، دون إذن خطي مسبق من الناشر.

دار الكتب المصرية

فهرسة إثناء النشر

أسرار الحياة في عالم النباتات.. مجموعة بحوث علمية / مجموعة من العلماء ، ترجمة : د. الدمرداش سرحان، تقديم و مراجعة : د. مُحَمَّد عز الدين ابراهيم

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

٣٢٤ ص، ١٨ سم.

الترقيم الدولي: ٦ – ٩٢٦ – ٤٤٦– ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ٥١٦١ / ٢٠١٩

أسرار الحياة في عالم النباتات

تقديم

لا حياة للإنسان بدون النباتات، فالنبات غذاء الإنسان ومصدر للأكسجين الذي يتنفسه، وقد تأثرت حياة الإنسان بالإيجاب بما حققه من نجاح في دراساته لعالم النبات وما استحدثه من تطبيقات عملية أدت إلى زيادة إنتاج الطعام ورفع مستوى الحياة. ويهتم العلماء بدراسة النباتات، لأنها تساعدهم على كشف القناع عن أسرار الحياة بوجه عام، وهذا ما تسعى إليه فصول كتاب "حياة النبات" الذي تضعه "وكالة الصحافة العربية _ ناشرون" بين يدي القارىء.

وتشكل أسرار النبات وتفاصيل حياته وعلاقته بالإنسان محورا يربط بين فصول الكتاب وهي باقة مختارة بعناية من بين مقالات كثيرة في نفس التخصص نشرتها مجلة العلوم الأمريكية، نقلها إلى العربية بلغة سلسة الدكتور الدمرداش عبد المجيد سرحان، المترجم والعالم التربوي الراحل، وقد كان أستاذا بكلية التربية بجامعة عين شمس. حصل على بكالوريوس في العلوم مع مرتبة الشرف من جامعة القاهرة عام ١٩٣٦، وعلى دبلوم معهد التربية العالي للمعلمين عام ١٩٣٨، وعلى درجة الماجستير في التربية من جامعة كولومبيا بأمريكا عام ١٩٤٧، وعلى درجة الدكتوراه في

التربية من جامعة كولومبيا عام ١٩٤٩. قدم للمكتبة العربية مؤلفات كثيرة في التربية والعلوم. وقد توفي في ٢٥ فبراير ٢٠٠٣.

ولم يقتصر جهد المترجم على نقل الكتاب إلى لغتنا العربية، بل بذل جهدا كبيرا في تعريب المصطلحات العلمية الواردة به، وأثبت كل اسم معرب منها مقرونا بأصله الإنجليزي زيادة في الفائدة.

شيخوخة النباتات

الكتاب مقسم إلى سبعة أبواب يضم كل منها عدد من المقالات المتكاملة معا بحيث يعالج كل منها جانبا من جوانب الموضوع المحدد للفصل، كذلك ترتيب الأبواب يأتي في سياق منهج متكامل، بحيث يبدو وكأن الكتاب لمؤلف واحد مع أنه وكما أوضح عنوانه من تأليف نخبة من العلماء، فمثلا الفصول المكونة للأبواب الأربعة الأولى، وهي تشغل تقريبا نصف صفحات الكتاب تدور كلها حول موضوع "نمو النباتات"، لكن كل فصل اختص بمرحلة من مراحل النمو، ففي الباب الأول مثلا يقدم للقارىء معرفة وافية بموضوع الأوكسينات أو الهرمونات النباتية المؤثرة في النمو وتحديد المواعيد المناسبة لزراعة كل نبات من النباتات، بينما تركيز فصول الباب الثاني على دراسة الظروف الجوية وتأثيراتها على النبات توضح مدى ملائمة كل بيئة من البيئات الزراعية لزراعة المحاصيل التي تناسبها، وهكذا يسلمنا لفصول الباب الثالث التي تعالج مشكلات النمو

المختلفة. بينما يحاول الرابع تحديد العمر الفسيولوجي للنبات ومراحل انتقاله من الشباب إلى الشيخوخة.

فمن الطريف في هذا الباب أن فصوله تلحظ تماثلا بين مراحل عمر الإنسان ومراحل عمر النبات، فكما يمر الإنسان بمرحلة شباب وفتوة يتلوها شيخوخة وهرم ثم موت، يحدث نفس الشيء مع النباتات. وهو يدرسها من خلال ملاحظة ما يطرأ على أوراق الشجر من تغيرات، فكلما تقدم النبات في السن فإن الأوراق التي ينتجها تتغير بصورة خاصة يمكن تقديرها. ويلاحظ أنه بينما تعتبر الخواص النباتية للنبات الواحد ثابتة لا نتغير بتغير الزمن أو تقدمه في السن، فن الأجزاء التي ينتجها النبات تتطور وتتغير أشكالها حسب عمر النبات.

لذلك يمكن اتخاذها وسيلة لتقدير العمر الفسيولوجي للنبات، فالأوراق المستديرة في نبات الهربل مثلا تسمى أوراقاً حديثة. وفي الظروف المعتادة لا تكون النباتات البالغة مثل هذه الأوراق. ولكن النبات الذي يحفظ في ظروف تؤخر نموه وتكوينه مثل الظل العميق والرطوبة الزائدة، تكون في الغالب أوراقاً حديثة ولو أن النبات الذي يكونها يكون بالغاً. وفي مثل هذه الظروف يتأخر موعد الإزهار كما يتأخر الموعد الذي يصل فيه النبات إلى الهرم.. وطالما ينمو النبات تتكون خلايا مرستيمية جديدة على قمة الساق. وعلى ذلك فإن القمة تكون دائماً حديثة بالنسبة لعمرها الزمني، ولكنها لا تكون كذلك بالنسبة لعمرها الفسيولوجي. ففي النبات صغير السن تكون الخلايا المرستيمية أوراقاً حديثة، أما في النبات المسن

فإنها تكون أوراقاً بالغة وفي بعض الأحيان تكون أزهاراً . ويظهر أنه ليس هناك مفر من ظاهرة تقدم النبات في السن حتى ولو أمد النبات بالمواد الغذائية والضوء المناسبين.

وهذا يرتبط بظاهرة ألوان الأوراق النباتية وكيف تختلف من الخضراء إلى الحمراء، وما تقوم به من عمليات كيماوية تعتبر مفتاحاً لكثير من المشكلات في دراسة النبات، ويوضح أن تغيرات الألوان تحدث بتأثير عاملين: هما ذهاب لون الأصباغ الموجودة فعلاً في النبات، ثم تكون أصباغ الجديدة بدلا منها.

علاقات اجتماعية نباتية

من المعلومات الطريفة التي يمدنا بها الكتاب أن ثمة حياة اجتماعية تحياها النباتات، فهي مثل الحيوانات لا تعيش وحدها. وكما أن لكل حيوان بيئته التي تشتمل على غيره من الحيوانات، فالحال نفسه مع النباتات، فهي تتأثر بالنباتات الأخرى التي في بيئتها، بل إن هناك أنواعاً من العلاقات الاجتماعية بين النباتات ومن المعروف أن أفراد المملكة النباتية لا تتنافس فيما بينها على الغذاء والضوء والماء فحسب، ولكنها تشترك كذلك في علاقات اجتماعية تشبه ما نعرفه سواء في الحروب أو في أساليب التعاون.

وقد أظهرت الدراسات أن عالم النبات تحت الأرض أشبه بشبكة اجتماعية تسودها التحالفات القوية ومحاباة الأقارب. ويقول العلماء إن

فك شيفرة الرسائل المتبادلة بين تلك الكائنات قد يفضي إلى تغيرات جذرية في أساليب التعامل مع المزارع والغابات بل قد يفيد حتى في تطوير الشبكات الاجتماعية البشرية.

فمثلا في كل خريف تجتاح أسراب فراش "الغبار الرمادي" غابات أشجار البتولا الممتدة على المنحدرات الجبلية بشمال اسكندنافيا، وتبيض على الأغصان، لتفقس بحلول الربيع يرقات تلتهم الأوراق المتبرعمة. ويبدو أنها معركة خاسرة بالنسبة للأشجار التي لا تملك أية دفاعات طبيعية، لكن بعضها يملك سلاحاً سرياً. فهي تكون تحالفات مع نبات مجاور، من الفصيلة الخلنجية، مستعيرة بهبات من مبيداته الحشرية الطيّارة كنوع من التمويه الشمي.

ويعرف العلماء أن النباتات تستجيب لبعضها البعض، ويدركون مدى دقة تفاعلها أو تواصلها فيما بينها. فالنباتات تتنصت باستمرار على الثرثرة الكيمائية لبعضها البعض أحيانا بشكل ينم عن تعاطف، وأحيانا أخرى بشكل أناني. وبعض النباتات مثل أشجار الأزهار الخلنجية تساعد جاراتها عن طريق مشاركتها في مواردها. والبعض الآخر يتعرف على الأقارب من الفصائل الأخرى ويحابيهم على الغرباء. وهناك أيضاً نبات متطفل يسترشد بالرائحة الكيميائية المميزة للنبات المضيف ليتلمس طريقه إليها.

وكلما تعمقنا في دراسة إشارات وتواصل النبات، كلما دهشنا بمدى تطورها وتعقيدها، وقد كان هذا الكتاب سباقا في رصد هذه الظاهرة التي أشار إليها في طبعته الأولى منذ ستين عاما ، فقد أشار إلى أن أفضل مكان للبحث عن مظاهر العلاقات الاجتماعية بين النباتات هو المحيط الجذري، وهو المنطقة الملاصقة لجذور النباتات وفيها تنمو ميكروبات تتركز بأعداد ضخمة حول جذور النباتات النامية التي لها تأثير مشجع لهذه الميكروبات يختلف من نبات إلى آخر وحسب عمر النبات. وتحت أرض الغابة، تحتوي كل حفنة من التراب على ملايين الكائنات الدقيقة من البكتيريا والفطريات والتي تشكل علاقة تكافلية مع جذور النباتات، حيث تساعد البكتريا جذر النبات المضيف على امتصاص الماء والعناصر الحيوية مثل النيتروجين في مقابل الحصول منه على إمدادات ثابتة من المواد المغذية.

والآن أظهرت دراسة حديثة أن الخيوط الفطرية تشكل ضفائر تربط ما بين جذور عشرات الأشجار، كثير منها من أنواع مختلفة، مشكلة شبكة مايكوريزالة واحدة. وهذه الشبكات التي تنتشر تحت أقدامنا عبارة عن شبكات اجتماعية حقيقية.

ومن خلال اقتفاء أثر حركة نظائر الكربون المشعة عبرها، أثبتت الدراسة أن الماء والمواد المغذية تتدفق في أحيان كثيرة من الأشجار التي تصنع كميات فائضة عن حاجتها من الغذاء إلى تلك التي ليس لديها كفايتها من الغذاء.

وعلى سبيل المثال اكتشف العلماء أن أشجار تنوب دوجلاس الأكبر سنا تنقل الجزيئات التي تحتوي على الكربون والنيتروجين إلى الشجيرات الصغيرة من نفس الفصيلة عن طريق الشبكات الميكوريزالية، ولاحظوا أن الشجيرات الأكثر اتصالاً بتلك الشبكات تنعم بأفضل مستويات من الصحة.

وقد توصل علماء النبات منذ فترة إلى أن النباتات يمكن أن تستجيب لإشارات الدفاع المرسلة هوائياً من النباتات الأخرى التي تتعرض لهجوم. فمثلا عندما يبدأ يعسوب في التمهم نبات طماطم، تنتج أوراق النبات مركبات تطرد المهاجم، بينما تحفز في الوقت نفسه النباتات المجاورة للتأهب وتجهيز دفاعاتها الخاصة استعداداً لهجوم محتمل من قبل حشرات اليعسوب.

كذلك اكتشف الباحثون أن الجذور أيضاً عندما تصاب بأمراض فطرية ترسل إشارات تحذير عبر الشبكات الاجتماعية الميكوريزالية إلى جذور النباتات المجاورة لحضها على تهيئة دفاعاتها الكيميائية المضادة لتلك الإصابة الفطرية. كما اكتشفوا أن بعض النباتات تستطيع التعرف على أبناء فصيلتها من أصناف النباتات الأخرى وتعمل معها من أجل الصالح العام للفصيلة.

فكم هو غريب ومدهش عالم النبات وكم هو ممتع ومفيد الكتاب الذي يصحبنا في رحلة إلى "أسرار الحياة في عالم النباتات"

د. محمد عز الدين ابراهيم

مقدمة المترجم

هذا كتاب عن حياة النبات، وحياة النبات وطيدة الصلة بحياة الإنسان؛ فالإنسان بطبيعته مجبول على التطفل على النباتات، ولا حياة لإنسان أو حيوان بدون النبات؛ فالنباتات وحدها، دون سائر الكائنات الحية، قادرة على تركيب المواد الغذائية مثل الشكل والنشأة من مواد أولية بسيطة تحصل عليها من التربة والهواء، ولذلك نجد أن المواد التي تدخل في تركيب أجسامنا، هي ذاتها المواد التي تدخل في تركيب أجسام النباتات.

ويهتم العلماء بدراسة النباتات في الوقت الحاضر، لأنها تساعدهم على كشف القناع عن أسرار الحياة بوجه عام ، وتعتبر النباتات فوق ذلك مواد رخيصة يستطيع الدارس أن يحصل عليها بسهولة ويجري عليها بحوثه حول النمو والشكل والوراثة والتطور وما يتم في أجسام الكائنات الحية من الظواهر الطبيعية والتفاعلات الكيماوية.

وسوف يلمح قارئ هذا الكتاب مدى ما بذله المؤلفون من عناية واهتمام بالنواحي التطبيقية التي تتصل بالزراعة وإنتاج الطعام. ومؤلفو هذا الكتاب من العلماء الضليعين في نواحي تخصصهم، وذوي الصلة القوية بالموضوعات التي يكتبون فيها. وقد كتبوا هذا الكتاب في بادئ الأمر

كمقالات صحفية ظهرت في مجلة سنتيفيك أمريكان (scientific American) في الفترة بين سنة ١٩٤٧ ، سنة ١٩٥٠. ويبلغ متوسط عدد قراء هذه المجلة سبعة عشر ألفاً من القراء. وعلى ذلك فإن كل فصل من فصول الكتاب، يعتبر وحدة قائمة بذاتها. ومع ذلك فقد رتبت الموضوعات بصورة تظهر ما بينها من صلة وتسلسل، بحيث يمكن اعتبار الكتاب مرجعاً في علم النبات يعالج مشكلاته المهمة ويدلي بأحدث الآراء فيها، ويعلن آخر كلمة قالها العلم في كل موضوع من موضوعاته التي تتسم بالحيوية، وتستحوذ على اهتمام القارئ.

ويعالج القسم الأول من الكتاب موضوع الهرمونات النباتية أو الأوكسينات وما تقوم به من دور مهم في تنشيط النمو أو إعاقته وتحديد مواقيت تفتح الأزهار وسقوط الأوراق ونضج الثمار. ويعالج القسم الثاني من الكتاب أثر الظروف الجوية في نمو النبات، وهو موضوع ذو صلة وثيقة بالموضوع السابق. ويقدم الكتاب في هذا القسم ملخصاً لخبرة عشرة سنوات من البحوث والتجارب المستمرة على النباتات في أعجب معمل نباتي وهو "الفيتوترون" الذي يمكن فيه الحصول على جميع أنواع الأجواء التي يحتمل أن تكون ذات أثر في حياة النبات، وقد أسفرت هذه التجارب عن تحديد أنسب الظروف لزراعة بعض النباتات، ومعرفة أنسب النباتات لظروف مختلف البيئات. أما القسم الثالث من الكتاب فيحاول أن يعالج بعض المشكلات المهمة حول النمو في النباتات، فهو يبين لنا كيف ينبثق نبات "عيش الغراب" بين يوم وليلة، وكيف تتنوع خلاياه وأنسجته، وما يكتنف ذلك من الأسرار، وما ينطوي عليه في النبات. كما أنه يعالج

مشكلة الهرم في النبات، ويوضح لنا لماذا تختلف الأوراق التي تتكون في بدء حياة النبات عن تلك التي تتكون في هرمه وشيخوخته. ويحاول أن يتخذ من اختلاف أشكال الأوراق التي يكونها النبات الواحد في مراحل حياته المختلفة بين الشباب والهرم طريقة لتقدير عمره الفسيولوجي وما يطرأ عليه من تغير كلما تقدمت به الأيام. كما يقدم دراسة مستفيضة للأنسجة النباتية، وكيف يمكن تربيتها داخل المحاليل الغذائية منفصلة عن النبات الأصلي، وهو موضوع ذو أهمية كبيرة لما يلقيه من ضوء على ظاهرة النمو في النبات وتنوع الأنسجة ومرض السرطان في الإنسان.

ويعالج القسم الرابع من الكتاب ألوان الأوراق النباتية وكيف تختلف من الخضراء إلى الحمراء، وما تقوم به من عمليات كيماوية تعتبر مفتاحاً لكثير من أمهات المشكلات في دراسة النبات، لما تلقيه من ضوء على عملية التمثيل الكربوني، وتكوين المركبات العطرية داخل النبات، وما قد يؤدي إليه كل ذلك من فهم كيمياء الحياة وما تنطوي عليه من أسرار وما قد يترتب على ذلك من فك طلاسم العمليات الحيوية المعقدة التي عجز الإنسان حتى اليوم عن إدراك كنهها وإجرائها داخل المعمل بعيداً عن النبات.

ويعالج القسم الخامس من الكتاب بعض الظواهر التي تتصل بما نشاهده من حركة النبات وظواهره الديناميكية الأخرى، فهو يتناول بالدراسة موضوع ارتفاع العصارة داخل سيقان النبات إلى ارتفاعات قد تبلغ مئات الأقدام فوق سطح الأرض، ويعتمد في تفسير ذلك على ما

يحدث في الخلية الحية ذات الحجم الميكروسكوبي من تفاعلات طبيعية وكيماوية. ثم يتناول بعد ذلك ما يتصل بهذه الظاهرة من حركة النباتات، فمن النباتات ما يزحف على الأرض، ومنها ما يطير في الهواء، ومنها ما تتفتح أوراقه وأزهاره في أثناء النهار وتقفل في أثناء الليل أو لدى لمسها.

أما القسم السادس من الكتاب، فيدور حول الملاءمة بين النبات وبيئته وما يؤدي إليه ذلك من تطور في عالم النباتات؛ فهو يستعرض النباتات التي تقتنص الحشرات، ويطوف بنا على الأشجار الخانقة التي تطبق على فريستها من الأشجار الأخرى فتخنقها وتسحقها ولا تتركها إلا حطاماً مجرداً من الحياة، وهو يعالج أيضاً ملاءمة النباتات الصحراوية لظروف بيئتها وملاءمة الأزهار لعوامل التلقيح.

أما القسم الأخير من الكتاب، فيصور لنا ما حدث في عالم الزراعة من ثورة يرجع عهدها إلى عشرة آلاف سنة، فهو يعود بنا إلى الأصول البرية القديمة للنباتات، ويستعرض ما طرأ عليها من تطور نتيجة لعوامل الانتقاء الطبيعي والطفرة وما بذله الإنسان من جهود متصلة لتحسين خواصها الوراثية وتربيتها وتهجينها وخلق أنواع جديدة منها تتوافر فيها شروط خاصة وتتناسب مع ظروف البيئات المتنوعة مع زيادة مقاومتها للأمراض ومضاعفة إنتاجها.

ولا شك أن حياة الإنسان قد تأثرت إلى حد بعيد بما حققه من نجاح في دراساته لعالم النبات وما استحدثه من تطبيقات عملية لما وصل إليه من النظريات، مما أدى إلى زيادة إنتاج الطعام ورفع مستوى الحياة

وقد راعينا في ترجمة هذا الكتاب الأمانة العلمية والدقة في نقل المعاني قدر المستطاع، وقد صادفنا عند ترجمة الكتاب بعض الاسماء لنباتات لا تنمو في بيئتنا مما ليس له نظير مشهور في اللغة العربية، وقد حاولنا أن نعرب هذه الألفاظ والاسماء مستعينين بكل ما لدينا من الإمكانيات، ثم قرنا كل اسم معرب منها بأصله الإنجليزي زيادة في الإيضاح.

ونرجو أن يكون هذا الكتاب مفيداً لمن سبق لهم دراسة علم النبات، فسوف يجدونه معيناً لهم على إزالة غبار النسيان عن معلوماتهم السابقة وجديد معلوماتهم بنتائج البحوث والدراسات الحديثة، بل مصححاً لكثير مما لديهم من الأفكار والنظريات السابقة التي عدلتها البحوث الحديثة. كما نرجو أن يكون هذا الكتاب مفيداً لغير المختصين بدراسة النبات، إذ يطوف بهم في عالم رائع من الظواهر الحيوية والأسرار الكونية والتفاعلات التي تدور في عالم النبات الذي قد يحبه الإنسان ميتاً لما يبدو عليه من ركود وسكون.

ونرجو أن نكون بترجمة هذا الكتاب إلى اللغة العربية قد أضفنا كتاباً قيماً إلى المكتبة العربية يفيد منه العرب في كل مكان. ونتقدم بخالص

الشكر إلى مؤسسة فرانكلين صاحبة الفضل الأكبر في ترجمة هذا الكتاب وتقديمه إلى مواطنينا العرب سائلين الله ان يجعله محققاً للآمال والله ولي التوفيق.

المترجم

ديسمبر سنة ١٩٥٨

القسم الأول

مواد النمو

١- الأوكسينات

٢- السيطرة على عملية الإزهار في النبات.

٣- سقوط الأوراق

٤- مواد نمو جديدة في النبات.

الأوكسينات

فيكتور شوكن

يدرك معظم الناس ما للهرمونات من أثر بعيد في وظائف أجسامهم، بل في شخصياتهم. وقد لا يدرك الكثيرون أن في عالم النبات كما في عالم الحيوان تقوم الهرمونات بتنظيم التفاعلات الكيماوية التي تدخل في جميع عمليات الحياة للكائن الحي.

والهرمونات النباتية كالهرمونات الحيوانية من حيث أنها مواد كيماوية تنتج في أحد أجزاء الكائن الحي وتؤثر في عمليات فسيولوجية في جزء آخر من جسمه. ولا تتكون الهرمونات في النبات في غدد خاصة، بل في البراعم أو مناطق النمو. وقد أمكن استخلاص بعض هذه الهرمونات في صورة نقية.

وكلما أمكن تحضير بعض العقاقير التي لها عمل الهرمونات في جسم الإنسان، فقد أمكن كذلك تجهيز بعض المركبات التي تشبه الهرمونات النباتية وبعبارة أخرى إنه لم يعد للنبات الأدرينالين الخاص به فحسب بل صار له البنزدرين الخاص به كذلك (البنزدرين هو المركب الصناعي الذي يشبه الأدرينالين في عمله).

ومن ذلك يتضح أن الإنسان قد توصل إلى طريقة عملية لعلاج أفراد المملكة النباتية والسيطرة عليها إلى حد بعيد. وهذه المركبات الطبيعية والصناعية والتي أطلق عليها اسم الأوكسينات لها تأثير شديد على نمو النباتات وسلامتها حتى عندما تستخدم بكميات متناهية في الصغر. ويستخدمها المهتمون بتربية النباتات وبزراعة البساتين بكثرة في الوقت الحاضر لقتل الأعشاب ولغير ذلك من الأغراض المهمة، ومع ذلك فإننا لم نكتشف بعد جميع خواصها وإمكانياتها.

وقد جاءت الملاحظات الأولى الدالة على وجود الهرمونات في النبات على يدي تشارلز دارون عند دراسته للانتحاء الضوئي أو ميل النبات إلى الانحناء نحو مصدر الضوء، وقد شوهدت هذه الظاهرة قبل دارون بزمن طويل. ولكنه كان أول من أثبت أن الأجزاء التي يقع عليها المؤثر تختلف عن الأجزاء التي تحدث فيها الاستجابة. وقد أجرى دارون تجاربه على بادرات بعض النجيليات مثل الشوفان ووجد أنه إذا تم طي قمة البادرة بصفيحة رقيقة من القصدير أو بالزجاج المطلي باللون الأسود فإن النبات لا ينحني نحو الضوء المسلط عليه من أحد جوانبه. كما وجد دارون أنه إذا دفنت البادرة في رمل أسود دقيق بحيث لا يظهر منها غير قمتها ثم يسلط الضوء على أحد جوانبه. كما وجد دارون أنه إذا دفنت البادرة في رمل أسود دقيق بحيث لا يظهر منها غير قمتها ثم يسلط الضوء على أحد جوانبها، فإنه يحدث انتحاء ضوئي وينثني جسم النبات كله داخل الرمل نحو الضوء. وقد لاحظ دارون أيضاً أنه إذا قطع جزء من قمة

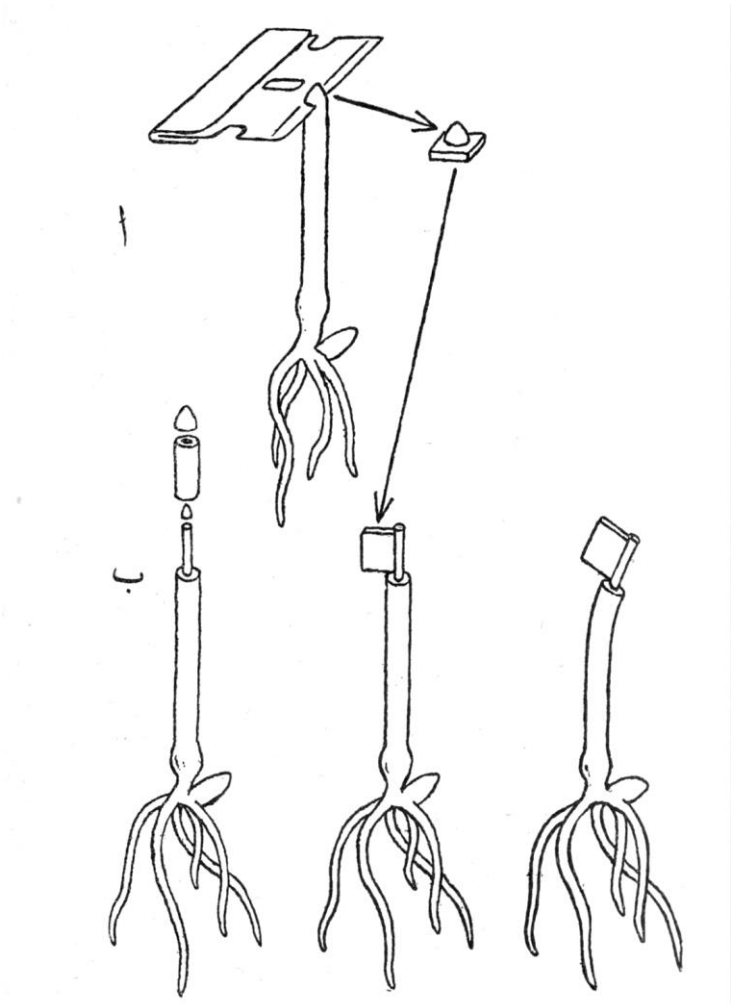
النبات، حتى وإن كان هذا الجزء ضئيلاً لا يتعدى عشر البوصة، فإن البادرة لا يظهر عليها أي أثر للانتحاء الضوئي.

وقد استنتج دارون من هذه التجارب وغيرها، كما سجل في عام ١٨٨١ في "قدرة النبات على الحركة" أنه عندما تتعرض البادرات بكثرة لضوء جانبي، فإن تأثيراً معيناً ينتقل من الجزء العلوي للنبات إلى الجزء السفلي منه مسبباً انحناء هذا الجزء. ولكن كيف ينتقل هذا الأثر؟

لقد وجد العالم النباتي الدانمركي بويسن جينسن (boysen Jensen) أنه إذا عمل قطع أفقي في الجانب المظلم لبادرة مضاءة من أحد جوانبها، ووضعت قطعة من الميكا في هذه الفتحة فإن المثير لا ينتقل والبادرة لا تنحني. على حين أنه إذا عملت نفس العملية في الجانب المضاء فإنها لا تحول دون انثناء البادرة نحو الضوء. وقد استنتج بويسن جنسن من ذلك أن التنبيه الضوئي يمر إلى أسفل في الجانب المظلم من البادرة، وبعد ذلك قطع جنسن الجزء العلوي من البادرة ووضع قطرة محلول الجلاتين على الطرف المقطوع للساق، ثم أعاد الجزء المفصول إلى مكانه وثبته في مكانه بحلقة من زبدة الكاكاو، فوجد أنه عندما يضاء هذا الجزء من القمة من أحد جوانبه فإن جزء البادرة الذي يقع أسفله ينثني نحو الضوء بصورة واضحة مع بقائه في الظلام ومع أنه لا يتصل بالقمة التي يقع الضوء عليها إلا بوساطة الجلاتين. أي إن المؤثر قد انتقل خلال الجلاتين، وهو طبقة من مادة غير حية. ومن الواضح أن انتقال المؤثر من القمة إلى منطقة الاستجابة لم يرتبط بإحدى العمليات الحيوية في البادرة.

وفي النهاية أثبت بال (a.paa'l) أثناء عمله في جامعة أترخت بهولندا أن الاستجابة لأثر الضوء ترجع بكليتها إلى إحدى مواد النمو التي لا توزع توزيعاً متماثلاً في النبات. وقد أوضح بال أنه إذا قطعت قمة بادرة ثم أعيد وضعها بحيث تقع على جانب واحد من الساق المقطوعة، فإن هذا الجانب ينمو بقدر أكبر وينتج عن ذلك انثناء النبات بصورة ملحوظة. وقد أثبتت هذه التجربة في النهاية أن هناك مادة منظمة للنمو تنتقل من قمة البادرة إلى الأجزاء السفلى، كما أثبتت التجربة فوق ذلك أنه إذا وصل إلى أحد جوانب البادرة قدر أكبر من هذه المادة، فإن هذا الجانب ينمو بسرعة أكبر وتنثني البادرة في الاتجاه المضاء.

بقيت مشكلة استخلاص هذه المادة المجهولة. لقد تابع ونت (f.w. went) العمل في جامعة اترخت فقطع أطراف عدد من البادرات ووضع هذه الأطراف على كتلة من الآجار agar ثم وضع الآجار على جانب واحد من قمة إحدى بادرات الشوفان بعد إزالة قمتها. فلاحظ انثناء البادرة في الجانب المضاء لكتلة الآجار كما في تجربة بال، مما يثبت أن هرمون النمو الذي في القمم المقطوعة قد انتقل خلال الآجار إلى النبات (انظر الشكل التوضيحي).



تجربة بادرة الشوفان . أجراها فريتز و. ونت لإثبات وجود الأوكسين. في الرسم الأول قطعت قمة البادرة أ ووضعت فوق كتلة من الجيلاتين. وفي الرسم الثاني جهزت بادرة شوفان أخرى ب كما في الشكل. وفي الرسم الثالث ألصقت كتلة الجيلاتين التي وضعت عليها قمة البادرة أ إلى جانب البادرة ب. وفي الرسم الأخير انحنت البادرة ب نحو اليمين دالة

على أن الأوكسين الذي كان في قمة البادرة أ قد نبه نمو الخلايا على الجانب الأيسر للبادرة ب. وتدل زاوية انحناء البادرة على كمية الأوكسين.

وقد وجد ونت أن مقدار الانثناء يتوقف على عدد القمم المستخدمة في هذه التجربة والتي يمكن اعتبارها مقياساً تقريبياً لدرجة تركيز هرمون النمو الموجود على الكتلة. وقد أدت هذه الملاحظة إلى اختبار أفينا (avena) وهي نوع من النبات يشبه الشوفان الذي يستخدمه لتقدير كمية مواد النمو تقديراً كمياً.

وعندما توصل الكيماويون البيولوجيون إلى هذه الطريقة لتقدير نشاط هرمون النمو، زاد اهتمامهم بهذا الميدان من ميادين البحث العلمي، وصار في استطاعتهم في الوقت الحاضر أن يقدروا التركيز النسبي للهرمون في المواد المختلفة. كما أنهم يستطيعون متابعة النشاط الهرموني باستخلاصه وتركيزه وإجراء التجارب عليه. وإذا أمكن استخدام اختبار أفينا للاستدلال على مادة غنية بالأوكسين فإنه سوف يمكن التوصل إلى استخلاص الهرمون منها. وقد قام بهذا البحث في جامعة اترخت الأستاذ فريتز كوجل (fritz kogl) وتلاميذه وعند اختبار عدد كبير من المواد اكتشفوا أن بول الإنسان غني بمواد النمو، ولذلك أحضروا أربعين جالوناً من البول – حصلوا عليها من أحد المستشفيات – وأخذوا يركزون الهرمون بالطرق الكيماوية حتى حصلوا في النهاية على أربعين مليجراماً من بلورات يبلغ نشاطها ٥٠٠٠ ضعفا من نشاط البول. وهذه الكمية الضئيلة من المادة والتي لا يزيد حجمها عن حجم نصف قيراط من الماس

كانت على درجة كبيرة من التركيز بحيث إنها إذا أذيبت وخففت فإنها لإحداث انثناء مقداره عشر درجات في بليونين من بادرات الشوفان.

وعندما حللت هذه المادة النشيطة تحليلاً كيماوياً، وجد أنها مركب جديد معادلته الكيماوية ك ١٨ يد ٣٢ ا ٥ وقد سميت هذه المادرة حمض الأوكسنترويوليك أو أوكسين ا.

وفي نفس السنة – ١٩٣٤ – أمكن فصل مادة ثانية من زيت جنين القمح باتباع نفس الطريقة للاستخلاص والتركيز. وهذه المادة التي تشبه أوكين ا إلى حد كبير معادلتها الكيماوية ك ١٨ يد ٣٠ ا ٤٠ وقد سميت حمض الأوكسينوليك أو أوكسين ب . وأخيراً أثناء تحضير الأوكسين من كمية كبيرة من البول استطاع تلاميذ الأستاذ كوجل أن يفصلوا مادة ثالثة هي حمض الأندوخليك ، وهو مركب كان يعرفه الكيماويون قبل ذلك بخمسين سنة ولكنهم لم يعرفوا أنه إحدى المواد المنشطة للنمو.

بقيت مشكلة تحديد أي هذه المواد الثلاث هي الهرمون الطبيعي في النبات، وقد ثبت بدراسة الوزن الجزيئي والخواص الكيماوية أن الهرمون النباتي هو أوكسين ا، ولو أنه قد أمكن فصل حمض الأندوخليك من بعض النباتات.

وعلى كل حال فقد كان لاكتشاف حمض الأندوخليك الفضل في استمرار منهج البحث الذي تلا ذلك. ولم يقتصر الأمر على استخدام حمض الأندوخليك ذاته، بل وجد الباحثون أن كثيراً من المواد التي تنتسب

إلى فصيلته مثل حمض الأندوبروبيونيك وحمض نفتالين الخليك لها القدرة على تنشيط النمو، وبذلك تيسر لعلماء النبات استخدام مجموعة من المواد العضوية التي تعتبر بسيطة نسبياً، والتي يسهل الحصول عليها واستخدامها في إجراء تجارب أخرى.

وقد صار حمض الأندوخليك هو المعيار الذي يستخدم لقياس قدرة أية مادة على تنشيط النمو في النبات، وذلك باستخدام اختبار أفينا. ويجرى هذا الاختبار بالصورة الآتية: تستحضر عينة من سلالة نقية من بذور الشوفان وتنزع عنها قشورها الخارجية، ثم تستنبت على ورقة ترشيح مبللة بالماء المقطر، ثم تترك لكي تنمو داخل أحواض زجاجية، وعندما يبلغ طول البادرات نحو بوصة تزال قممها ثم تقسم البادرات إلى قسمين. ويوضع على أحد جوانب السيقان المقطوعة في أحد القسمين كتل من الآجار تحتوي على كمية معلومة من حمض الأندوخليك، ويوضع على رؤوس سيقان القسم الآخر كتل من الآجار لها نفس الحجم والتركيب كما في القسم الأول تماماً، ولكنها تحتوي المادة التي يراد اختبارها بدلاً من حمض الأندوخليك. وبعد ٩٠ دقيقة من النمو تؤخذ صور فوتوغرافية لجميع البادرات ويقاس انثناؤها. وبمقارنة الانحناء الناتج من تأثير المادة المجهولة، بالانثناء الناتج من تأثير حمض الأندوخليك يمكن الحصول على تقدير كمي لنشاط الأوكسين في المادة المجهولة.

بعد أن كشف القناع عن الأوكسينات كان أهم كشف حولها هو أنه بالإضافة إلى أثرها في زيادة سرعة النمو في النبات، فإنها تؤثر أيضاً في

شكل النبات وتركيبه؛ فلقد كان من المعروف منذ زمن بعيد أنه في الوقت الذي تنمو فيه الساق الرئيسية في االنبات فإن البراعم الجانبية تبقى خاملة. أما إذا قطع البراعم الذي في القمة فإن البراعم الجانبية تنشط وتبدأ في النمو. ولقد فسر هذا بأن مادة عائقة للنمو تنتشر من البرعم النامي إلى الأنسجة التي في أسفله.

وقد تحققت هذه النظرية عندما تقدمت البحوث الخاصة بتجهيز المواد الصناعية المؤثرة في النمو؛ فعندما أزيل البرعم الطرفي من إحدى السيقان ووضعت على قمة الساق المقطوعة كمية ضئيلة من حمض الأندوخليك فإن البراعم الجانبية لم تتكون وبقيت على خمولها. وعلى ذلك فإن حمض الأندوخليك الذي لوحظ في تجارب أخرى أنه ينشط النمو، له القدرة كذلك على وقف النمو.

وقد ثبت في نفس الوقت أن للأوكسينات القدرة على تنشيط تكوين الجذور، وقد أوضح هذا الاكتشاف أيضاً ما للأوكسينات من آثار متضاربة على نمو النباتات، كما كان لهذا الاكتشاف قيمة عملية كبيرة، فقد أثبتت التجارب التي أجريت على عدد كبير من النباتات المختلفة أن الأوكسينات تنشط نمو الجذور على الأجزاء المقطوعة. ولهذه الظاهرة التي تعرف بالتكاثر الخضري فائدة كبيرة بالنسبة للمهتمين بتربية النباتات، فهي تمكنهم من الحصول على أعداد كبيرة من النباتات ذات السلالات النقية من نبات واحد. وإذا عثر الإنسان على نبات له صفات وراثية خاصة

كالتفاح الممتاز أو البرتقال عديم البذور أو وردة ذات لون جديد، فإنه يستطيع باستخدام هذه الطريقة المحافظة عليها من جيل إلى جيل.

وفي غالب الأحيان يستخدم في التكاثر الخضري سويقة أو عسلوج عليه بعض الأوراق، كما يمكن استخدام الأوراق أو أجزاء من الساق أو الجذر، بل أحياناً الحراشيف الموجودة على الدرنات للحصول على نبات جديد. وقد وجد أن الأجزاء النباتية التي تعالج بالأوكسينات تتكون لها الجذور أسرع مما تتكون للأجزاء النباتية التي لا تعالج بها. كما أن الجذور تكون أقوى وأكثر عدداً في حالة استخدام الأوكسينات. وقد صار غمس الأجزاء النباتية في محاليل الأوكسينات أو مساحيقها من الأعمال التي تستخدم بكثرة في تربية النباتات، ويوجد اليوم في الأسواق عشرات من المستحضرات التي يمكن أن يستخدمها المهتمون بتربية النباتات وزرعاة الحدائق.

وبمناسبة الحديث عن الأوكسينات فقد اكتشف أن الأثلين وهو أحد مركبات البترول له قدرة على تنشيط نمو الجذر وسرعة إنضاج الفاكهة. والإثلين يتصاعد من بعض أنواع التفاح ذات النضج السريع. وقد لوحظ أنه إذا وضع أحد هذه الأنواع في وعاء محكم مع الطماطم الخضراء فإنه يساعد على سرعة نضجها.

ومن الخواص ذات الأهمية الاقتصادية للأوكسينات أنها عندما توضع على أزهار بعض النباتات – وبخاصة الطماطم – فإنها تساعد على تكوين

الثمار دون تلقيح، وبالنسبة لصعوبة الحصول على تلقيح مناسب في البيوت الزجاجية التي تربى بها النباتات بسبب قلة الحشرات وضعف الرياح، يلجأ زارعو الطماطم إلى الأوكسينات فيستخدمونها في صورة رذاذ أو ضباب لتحسين نوع الثمار. والثمار التي يحصل عليها بهذه الطريقة تكون في الغالب عديمة البذور. وعلى ذلك فإنه بالإضافة إلى زيادة المحصولات يؤدي استخدام الأوكسينات إلى تكوين أنواع جديدة من الثمار عديمة البذور.

وعند زراعة الأناناس توجد بعض الصعوبات في الحصول على إخصاب جيد أو ثمار ممتازة، وترجع المشكلة إلى أن النبات لا يزهر في الوقت المناسب، فحجم الثمار يتوقف على عدد الأوراق التي يحملها النبات في وقت تكوين الأزهار. وقد وجد فان أوفربيك j . van overbek في أثناء عمله في بورتريكو أناناس كابيزونا وهو من الأنواع التي تزهر إزهاراً ضئيلاً إذا تركت وشأنها، من الممكن أن يزهر في أي وقت من السنة إذا عولج مرة واحدة بالأوكسين (حمض نفتالين الخليك أو ٢.٤ حمض ديكلور فيموكسي خليك). وبذلك يمكن إنتاج ثمار منتظمة ذات أحجام مناسبة إذا ما عولج كل نبات بالأوكسين في الوقت الذي يحمل فيه العدد المناسب من الأوراق.

وبرغم أن التفاح والكمثرى لا تحتاج إلى مثل هذه المعالجة لكي تزهر أو تثمر بكثرة، فإن زراعها يستخدمون كميات كبيرة من الأوكسينات لغرض آخر، فإن من أسباب الخسارة الكبيرة في إنتاج التفاح والكمثرى ما

يصيبها من سقوط الثمار قبل الأوان مما يسبب ضياع كمية من المحصول تتراوح بين ربعه ونصفه بسبب سقوطها قبل أن تنضج أو تكتسب اللون المناسب. وعلى ذلك فإن المنتج إما أن يقطف الثمار قبل أن تصل إلى أحسن ما يمكن أن تصل إليه، أو يتعرض لخسارة السقوط الغزير. وكان قد لوحظ أن استخدام الأوكسينات يؤجل سقوط الأوراق في بعض أنواع النباتات التي تنتسب لعائلة النعناع.

وقد جربت هذه الطريقة مع أشجار التفاح فعولجت بالأوكسينات بقصد تأجيل سقوط الثمار، ونجحت العملية إلى حد كبير. وفي الوقت الحاضر يستطيع زارعو التفاح والكمثرى أن يأمنوا السقوط المبكر للثمار باستخدام أحد أنواع رذاذ الأوكسينات العديدة التي تحضر خصيصاً لهذه الأغراض التجارية.

ومن الفوائد التجارية أيضاً للأوكسينات الاستفادة من خاصيتها في إعاقة النمو؛ فالمثيل أيستر لحمض نفتالين الخليك يمنع انبثاق براعم البطاطس عند تخزينها، وبذلك تبقى الدرنات وقتاً أطول حتى في الأجواء الحارة، ويلمس المهتمون بتربية النباتات فائدة هذا المركب عند تخزين النباتات سريعة الانبثاق مثل شجيرات الورد.

ومن الإضافات الحديثة إلى قائمة الأوكسينات أوكسين ٢.٤ د (٢.٤ حمض ديكلور فينوكسي الخليك) الذي اكتسب شهرة واسعة كقاتل للأعشاب، فعندما يرش هذا الأوكسين على النبات فإنه يقتل الأوراق

المريضة للنباتات ذوات الفلقتين التي ينتسب إليها كثير من الأعشاب والشجيرات بينما لا يصيب النجيليات بسوء، وبذلك يمكن استخدامه في أحوال مناسبة لصيانة حقول قصب السكر والذرة وملاعب الجولف والمروج المزروعة ببعض الحشائش النجيلية دون حاجة إلى بذل الجهود الشاقة لاقتلاع الأعشاب التي تنمو بها.

وتدل التجارب الحديثة على أن النباتات التي تتأثر بأوكسين ٢.٤ قد تحدث فيها زيادة شديدة في معدل التحول الغذائي (الميتابوليزم) وعلى ذلك فإن النبات لا يصيبه الضرر في الأجزاء التي يصيبها الرذاذ فحسب، بل إنه يأخذ في حرق ما لديه من احتياطي غذائي مدخر حتى يموت جوعاً. ويمكن استخدام أوكسين ٢.٤ د بكميات ضئيلة لإحداث جميع التأثيرات التي تناولناها فيما سبق، بل يمكن استخدامه لعلاج بعض الأمراض التي تنتج عن الفطريات النباتية بسبب تأثيره القاتل على بعض النباتات. والواقع أن أوكسين ٢.٤ يوضح لنا الآثار العديدة التي يمكن أن تحدثها الأوكسينات في النبات.

وتظهر التأثيرات المتضاربة لهذا الأوكسين في الوصف الذي قدمه ميتشل Mitchell . w . j في الكتاب السنوي للزراعة عام ١٩٤٣ – ١٩٤٧ وقد جاء في هذا الكتاب ما يأتي:

"إذا أخذت كمية ضئيلة لا تتجاوز جزءًا على مليون من الأوقية من أوكسين ٢.٤ ووضعت على جانب إحدى بادرات الفول فإن خلايا هذا

الجانب تنمو بسرعة أكبر من خلايا الجانب الآخر ويترتب على ذلك أن ينثني النبات بقوة في اتجاه مضاد للسطح المعالج، بينما إذا أخذ ألفا ضعف هذه الكمية من الأوكسين – وهي كمية من المسحوق تكفي لتغطية ثمن بوصة من السطح المستوي لإحدى الأخشاب الدقيقة التي تستخدم في "تسليك" الأسنان ثم خلطت هذه الكمية بقليل من اللانولين ووضع الخليط على جزء رخو من الساق، فإن النبات يتأثر بصورة تختلف عن الصورة السابقة، إذ تتحرك المواد الغذائية التي بالنباتات من بقية الأجزاء الأخرى من الساق، ويحتمل أن تتحرك هذه المواد من الأوراق أيضاً نحو الجزء المعالج بالأوكسين حيث يتكون كثير من الخلايا الجديدة.

وفي النهاية تنتظم الخلايا الجديدة وتترتب بحيث تكون جذوراً جديدة داخل الساق، وهذه الجذور الصغيرة التي تسمى مبادئ الجذور تشق طريقها بعد ذلك نحو السطح الخارجي للساق. وإذا غطى هذا الجزء من الساق بتربة مبللة، فإن الجذور الصغيرة تشق طريقها في هذه التربة وتقوم بوظيفة الجذور المعتادة فتمد النبات بالماء والمواد الغذائية"

"ومن جهة أخرى فإنه إذا عولجت أجزاء النبات التي تقع فوق سطح التربة برذاذ أو مسحوق أوكسين ٢.٤ د، فإن تأثير الأوكسين يختلف إذ تجف الأوراق ويزداد معدل التنفس وتتكسر المواد الغذائية المدخرة بالنبات وتحترق وينتج عن ذلك أن يموت النبات في الغالب بعد مدة تتراوح بين أسبوع وثلاثة أسابيع من بدء معالجته بهذه الطريقة أو في الوقت الذي يتم فيه استنزاف ما به من المواد الغذائية المدخرة".

وهكذا نستطيع أن نرى أنه بينما تتشابه الهرمونات الحيوانية مع الأوكسينات النباتية إلى درجة ما، فإن التشابه بينهما ليس كاملاً. فالأوكسينات كما يبدو أوسع مجالاً وأكثر تضارباً في آثارها من الهرمونات الحيوانية. فبينما لا ينشط الهرمون الحيواني إلا عملية واحدة، فإن الأوكسين يؤثر في النبات بطرق متعددة كما يظهر من ملاحظة التغيرات الطبيعية في النبات على الأقل؛ ففي بعض الأحيان يزيد الأوكسين من سرعة نمو النبات وفي أحيان أخرى يعوق نموه. كما أنه يؤدي أحياناً إلى تكوين انتفاخات في النبات وأحياناً يقتل النبات. وهذه الملاحظات تجعل الإنسان يعتقد أن الأوكسينات لا بد أن تكون ذات تأثير على بعض العمليات الرئيسية التي تتم في الخلية النباتية، وأن هذا التأثير يمكن أن يتخذ صوراً متعددة تبعاً لطبيعة النسيج النباتي وعمره ووجود بعض المواد المتفاعلة والظروف الخارجية والداخلية للنبات.

وقد عني كثير من الباحثين بدراسة الطريقة التي تؤثر بها الأوكسينات على النبات وما ينطوي على تأثيرها من التفاعلات. ويرجع ذلك إلى أن الإحاطة بالعوامل التي تؤثر في نمو النبات وتكوينه سوف تكون خطوة أكيدة نحو فهم الحياة ذاتها. وقد وضعت مختلف النظريات حول هذه الأمور، ولكنها لا تعدو أن تكون مجرد افتراضات تساعد على توجيه الأبحاث الجديدة حول الموضوع، وليس من بين هذه الفروض ما يؤيده القدر الكافي من الحقائق والمشاهدات بحيث يمكن اعتباره تفسيراً شافياً لما يحدث من الظواهر.

ولما كانت كمية الأوكسينات التي يحتاج إليها لكي يظهر أثرها في النبات متناهية في الضآلة، فإنه يعتقد أنها نوع من العوامل المساعدة التي يتصل عملها بالإنزيمات، وتقوم بنوع من الوساطة الكيماوية.

ويؤمل أن تساعد البحوث التي تجرى في الوقت الحاضر على تحديدها وكشف القناع عن كنهها وطبيعة عملها. وفي الوقت ذاته فإن الثورة الكيماوية في الزراعة مستمرة. ويبشر استخدام الأوكسينات لتنظيم معدل نمو النبات وأساليبه بعصر تزدهر فيه النباتات نتيجة لزيادة سيطرة الإنسان عليها.

السيطرة على عملية الإزهار في النبات

أوبري . نيلور

لقد تفتح الورد مبشراً بمقدم الربيع، وكلما تقدمت الأيام على مدار السنة تفتحت أزهار نباتات أخرى كل في موعده المعلوم الذي يمكن توقعه والتنبؤ به؛ فللأزهار مواسم خاصة وتوقيت مألوف لدينا، ولكن ماذا وراء هذا التنبؤ بموعد الإزهار؟ ولماذا لا تزهر النباتات في غير مواسمها أو مواعيدها المعلومة؟

تمثل عملية الإزهار في النبات تغيراً أساسياً في وظائف أعضائه؛ فالنبات يتحول فجأة عن إنتاج السيقان والأوراق إلى إنتاج الأزهار، وهذه تنتج بدورها الثمار والبذور للتكاثر، فكيف تبدأ هذه العملية، وماذا يسيطر عليها؟ إذا استطعنا أن ندرك العوامل التي تجعل النبات يزهر، فإننا نستطيع أن نحقق تقدماً مذهلاً في الزراعة وفي سيطرتنا على الطبيعة.

ولا بد أن نبدأ أي دراسة حول هذا الموضوع بعوامل البيئة التي تؤثر في تكوين النبات، فدرجة الحرارة والضوء والماء والتغذية يلعب كل منها دوره في هذه العملية، وقد عرف المهرة من المهتمين بزراعة الحدائق والبيوت الزجاجية التي تربى فيها النباتات، منذ زمن بعيد، كيف يجعلون

النبات يزهر عن طريق السيطرة على هذه العوامل. ولكن الطرق التي يتبعها هؤلاء لم تلق إلا ضوء ضئيلاً على العمليات الفسيولوجية التي تجعل النبات يتحول من منتج للأجزاء الخضراء إلى منتج للأزهار.

إن النبات كما نعلم – مثل الحيوان – لا بد أن يصل إلى درجة معينة من النضج قبل أن يكون مستعداً لإنتاج الأزهار وللتكاثر؛ فأشجار الفاكهة مثلاً تحتاج إلى سنوات عديدة قبل أن تبدأ في حمل الأزهار والثمار. ونبات الذرة لا يزهر قبل أن يحمل حداً أدنى معيناً من الأوراق يتوقف على نوعه، وهناك نوع مشهور من نبات البامبو ينمو على الجبال في جامايكا ويمتاز نموه بظاهرة بالغة الغرابة؛ فبعد ٣٢ سنة من بداية حياة النبات يزهر مرة واحدة ثم يموت. ويظهر أن دورة حياة هذا النبات لا ترتبط ببيئته، إذ أنه إذا زرع في أي مكان آخر في العالم فإنه يزهر في موعده المعلوم، أي أنه إذا زرع في أي مكان آخر في العالم فإنه يزهر في موعده المعلوم، أي عندما يصير ٣٢ سنة، وليس قبل هذا الموعد أو بعده. ولا تزال الأسباب التي تجعل النبات ينضج ويزهر غير معروفة. وفي بعض الأحيان يزهر النبات قبل موعده، وتشبه هذه الظاهرة ما يحدث في الحيوان عندما يصل الحيوان إلى نضجه الجنسي مبكراً. وفي الحيوانات يمكن تحقيق البلوغ الجنسي المبكر بإزالة الغذة الصنوبرية التي بالمخ، مما يترتب عليه على الأرجح تغير في الاتزان الهرموني داخل الجسم وازدياد سرعة النضج الجنسي، ويوحي هذا الأمر بأن الهرمونات قد يكون لها علاقة بعملية إنضاج النبات وتكوين الأزهار.

وقد سارت البحوث الخاصة بدراسة الأسباب الفسيولوجية لظاهرة إزهار النباتات في اتجاهين، واستخدم فيها وسيلتان للسيطرة على عملية الإزهار.

أما الوسيلة الأولى فدرجة الحرارة؛ فمنذ ٣٥ سنة اكتشف العالم النباتي الألماني جوستاف جاسنر GUSTAV GASSNER أنه يستطيع أن يؤثر في عملية الإزهار بالسيطرة على درجة حرارة البذور عند إنباتها. ومن النباتات التي أجرى عليها هذا العالم تجاربه نيات الجويدار الشتوي (WINTER RYE) الذي يزرع في الخريف وينبت في الشتاء ويزهر في الصيف التالي.

أما إذا زرع هذا النبات في الربيع فإنه لا يزهر ولا ينتج خلال فصل نموه غير الأعضاء الخضراء، وقد وجد جاسنر مع ذلك أنه إذا حفظ بذور هذا النبات يزهر حتى ولو زرع في نهاية فصل الربيع، وهكذا اتبعت هذه الخطة بعد ذلك عند تربية النباتات لتحويل البقول من محصولات شتوية إلى محصولات تنمو في الربيع، وقد عرفت هذه العملية بأنها عملية تربيع (نسبة إلى فصل الربيع) أو الإنتاج في الربيع.

وقد كان يظن في بادئ الأمر أن المعالجة بدرجة الحرارة المنخفضة تؤثر على عملية التحول الغذائي في النبات، ولكنه اتضح بعد ذلك أن عملية الإنتاج في الربيع عملية عكسية، وأن التغير الذي يحدث فيها يتم من خلال فترة محددة مداها أربعة أيام. وبعد انقضاء هذه الفترة لا يمكن

أن تسير العملية في الاتجاه العكسي. كما اتضح أن بادرات الجو يدار لا يمكن جعلها تزهر في الربيع ما لم تحصل على كفايتها من الغذاء. ويتضح من كل ذلك أن عملية الإزهار في النبات تتوقف على تكون مواد معينة في النبات أكثر مما تتوقف على حدوث تغير في عملية التحول الغذائي فيه.

أما الوسيلة الثانية لدراسة عملية الإزهار في النبات فتدور حول معرفة أثر طول النهار أو الفترة المضيئة من اليوم على عملية الإزهار، وقد لقي هذا الاتجاه في الدراسة نجاحاً أكبر مما لقيته الدراسات التي تدور حول معرفة أثر درجة الحرارة. وقد أجرى كثير من الدراسات والتجارب حول هذا العامل وأدت إلى نتائج لها قيمة عملية كبيرة في الزراعة. وتبدأ القصة العجيبة لدراسة أثر طول النهار إلى بحث تاريخي تم منذ ثلاثين سنة في قسم الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية وأشرف عليه جارنر وآلارد W.W.GARNER AND M . A . ALLARD. لقد تعجب الباحثان لماذا يتأخر إزهار نوع معين من نبات التبغ اسمه ماري لاند ماموث mary land mammoth إذا زرع بالقرب من واشنتجن. د . س. إن إزهار هذا النبات يتأخر لدرجة أن بذوره لا تنضج. وقد حاول الباحثان زراعة هذا النبات تحت ظروف متباينة وصادفا كثيراً من الصعاب قبل أن يصلا إلى الجواب: لقد وجدا أنه في الفترة الحرجة يكون النهار في منطقة واشنجتن أطول ويكون الليل أقصر مما يصلح لهذا النبات..

فهذا النوع من أشجار التبغ يعتبر نباتاً قصير النهار، بمعنى أنه يبدأ في تكوين أزهاره عندما يكون طول النهار بين عشر واثنتي عشرة ساعة.

وعند زراعة هذا النبات في الموسم الزراعي بواشنجتن لا يصل طول النهار إلى هذه الدرجة من القصر إلا في نهاية الصيف ويترتب على ذلك أن يتأخر موسم إزهاره بدرجة كبيرة، وذلك برغم استعداد النبات لتكوين الأزهار قبل هذا الموعد بوقت طويل. وقد استمر جارنر وآلارد في بحثهما لكي يختبرا ويتحققا من صحة هذا الاكتشاف فأجريا تجاربهما على مجموعة كبيرة من النباتات المختلفة ووجدا أن النباتات يمكن تقسيمها إلا ثلاثة أنواع: قصيرة النهار وطويلة النهار ومتوسطة النهار. وبذلك أمكن استخدام ظاهرة التأثير الضوئي على عملية الإزهار لتفسير كثير من الأمور التي حيرت عملاء النبات زمناً طويلاً. كما قدمت هذه الظاهرة تفسيراً مقبولاً لإزهار النباتات التي من نوع واحد في نفس الوقت تقريباً حتى وإن زرعت في أوقات مختلفة، كما أنها تقدم تعليلاً لنجاح زراعة بعض النباتات في مناطق تحدها خطوط عرض معينة بينما تكاد هذه النباتات تكون غير موجودة خارج هذه الحدود.

ومن أمثلة ذلك نبات عشب الخرقة (ragweed) الذي يبدأ في تكوين أزهاره عندما يصل طول النهار ١٤.٥ ساعة. ويصل طول النهار إلى هذا القدر في واشنجتن حوالي أول يوليو. ويزهر النبات ويطرح حبوب لقاحه في منتصف شهر أغسطس. وبذلك يكون لدى النبات متسع من الوقت لكي يكون بذوره وينثرها قبل نزول الصقيع. ولكن هذا النبات لا يوجد في منطقة مين الشمالية (maine) حيث لا ينخفض طول النهار إلى ١٤.٥ ساعة إلا بعد أول شهر أغسطس. وبذلك يبدأ نبات عشب الخرفة في تكوين أزهاره بعد هذا التاريخ، مما يؤدي في غالب الأحيان إلى

موته من أثر الصقيع قبل أن تنضج بذوره. وعلى ذلك فإنه حتى عندما تحمل الريح أو الطيور بعض بذور هذا النبات إلى منطقة مين فإن النبات لا يستطيع أن يواصل حياته هناك. ويعكس ذلك فإن النبات الذي ينمو في الشمال، قد لا يستطيع أن ينمو في منطقة جنوبية حيث يكون طول النهار في الربيع والخريف أقصر منه في المنطقة التي تجود فيها زراعة النبات. ومن أمثلة ذلك النبات الصخري (sedum telephium) الحي عالم وهو يحتاج إلى نهار لا يقل طوله عن ست عشرة ساعة لكي تتكون أزهاره. وينمو هذا النبات بنجاح كبير في جنوب فرمونت ولكنه لا يزهر في منطقة فرجينيا. وكثيراً ما يجتذب هذا النبات بعض الرحالة بألوانه الجميلة، وقد يأخذونه معهم إلى أوطانهم ويزرعونه في حدائقهم، ثم يفاجأ بأنه برغم نمو سيقانه وأوراقه إلى حد كبير فإنه لا يزهر أبداً، وعلى ذلك فإن هذه الظواهر والنتائج المحيرة تجعلنا نعتقد أن السبب في حدوثها هو حساسية النبات لطول فترة النهار.

وهناك عدة أنواع من قصب السكر البري التي لا تزهر إلا حينما تتراوح فترة الظلام بين ١٠ ، ١٢ ساعة، وفي الظروف الطبيعية لا تستطيع هذه النباتات بطبيعة الحال أن تنمو إلا في المناطق الاستوائية، وعلى نقيض ذلك فإن نبات السبانخ لا يمكن أن يزهر أو يتكاثر بالحبوب في المناطق الاستوائية، إذ لا بد أن يقع عليه الضوء لمدة أربع عشرة ساعة في اليوم ولفترة لا تقل عن أسبوعين. وكذلك الحال في كثير من النباتات الأخرى.

لقد كان لاكتشاف الدور المهم الذي يلعبه التأثير الضوئي على حياة النبات قيمة كبيرة بالنسبة للمشتغلين في الزراعة، ويقوم القسم الزراعي في الولايات المتحدة الأمريكية بتعيين طول فترة النهار اللازمة لنجاح زراعة النباتات الجديدة قبل تعميم زراعتها. وقد وجد أن الأنواع المختلفة من فول الصويا والأبصال لها حساسية زائدة بالنسبة لطول فترة الإضاءة. وقد ينمو أحد النباتات بنجاح كبير داخل حدود ضيق من خطوط العرض لا تمتد إلى أكثر من مائة وخمسين ميلاً. ولا تجود زراعة مثل هذه النباتات شمالي هذه الحدود أو جنوبيها. وبالإضافة إلى ذلك فإن المعلومات الخاصة بأثر الضوء على النبات تخدم المهتمين بتربية النباتات خدمات جليلة؛ فقد يرغبون في إتمام عملية التلقيح الخلطي بين نوعين من النباتات يزهران في أشهر مختلفة. وبالسيطرة على طول فترة الإضاءة داخل البيوت الخضراء يمكن جعل النباتين يزهران في وقت واحد وبذلك يتسير إتمام التلقيح بينهما. وهكذا أصبح من الممكن الحصول على أنواع جديدة من نباتات لم يكن من الممكن تلقيحها تلقيحاً خلطياً قبل ذلك.

وقد لقيت دراسة أثر الضوء على النبات نجاحاً كبيراً عند إجراء التجارب عليها، وقد اكتشف الباحثون في هذا الميدان منذ بداية اشتغالهم بهذه التجارب حقيقة عجيبة. لقد افترضوا أنه إذا كان النبات يحتاج إلى نهار ذي طول معين لكي يزهر، فإن إحاطة النبات بجو من الظلام لفترة معينة في أثناء النهار لا بد أن يؤثر في عملية إزهاره. وقد أجريت هذه التجربة وكررت مراراً ولكن شيئاً لم يحدث، فالنباتات تزهر كما لو كانت قد تعرضت للضوء طيلة فترة النهار. أما إذا قطعت فترة الظلام في أثناء الليل

فإن النتيجة تختلف؛ فقد ثبت أن إضاءة النبات في أثناء الليل ولو لفترة لا تتجاوز دقائق قليلة تؤثر في عملية الإزهار في النبات. فإذا عرض نبات قصير النهار مثل نبات الكريزانثم في منتصف الليل للضوء لمدة دقائق قليلة في أثناء الفصل الذي يزهر عادة فيه، فإنه لا يزهر. بينما يمكن جعل نبات طويل النهار مثل نبات البايرثرم يزهر في فصل قصير النهار ليس من عادته أن يزهر فيه، وذلك بتعريض النبات للضوء فترة وجيزة في أثناء الليل. وعلى ذلك فإن العامل الأساسي في أثر الضوء على النبات ليس هو طول فترة النهار وإنما طول فترة الليل. وعلى ذلك فإنه ينبغي تقسيم النباتات إلى نباتات طويلة الليل وقصيرة الليل بدلاً من طويلة النهار وقصيرة النهار.

ومن الواضح أن لهذه المعلومات قيمتها العملية، فزارعو الأزهار كانوا يعمدون إلى تأجيل عملية الإزهار في نبات الكريزانثم حتى آخر الخريف وذلك عن طريق إطالة فترة النهار باستخدام الأضواء الصناعية عدة ساعات، أما الآن فإنهم يستطيعون أن يحققوا نفس النتيجة ويوفروا كثيراً من التيار الكهربي إذا ما لجأوا إلى إضافة النبات لمدة دقائق قليلة في منتصف الليل.

ولعل ما يفوق ذلك أهمية هو ما أدى إليه هذا الكشف من توجيه للبحوث حول عملية الإزهار ذاتها، فمن المؤكد أن التفاعلات الكيماوية التي تنطوي عليها هذه العملية تستمر في النبات أثناء الليل، ولهذه التفاعلات حساسية للضوء، وقد ثبت من تجارب أخرى أنها تحتاج إلى ثاني

أوكسيد الكربون أو السكر الذي يرش على الأوراق بدلاً من ثاني أكسيد الكربون، كما أن هذه العملية تتوقف على نوع الضوء (أي طول موجاته) وكل هذه العوامل تدل على أن التفاعلات التي تنطوي عليها ظاهرة التأثير الضوئي تتصل بصورة ما بعملية التمثيل الضوئي. ولكنها مع ذلك تتوقف على بعض الأصباغ الأخرى غير الكلوروفيل التي تعمل كمادة ماصة للضوء.

ولنعد الآن إلى المشكلة الأساسية: ما هو الأساس الكيماوي لعملية الإزهار؟ لقد افترض عالم فسيولوجيا النبات الألماني يوليوس فون ساكس JULIUS VON SACHES منذ مائة سنة أن الأوراق النباتية تنتج مواد مكونة للأزهار. وهذه المواد تنتقل إلى مناطق النمو حيث تنبثق الأزهار وقد اكتشفت الأدلة العلمية التي تؤيد هذه النظرية عام ١٩٣٤. اكتشفها في نفس الوقت عدد من الباحثين في أماكن متفرقة، ومن هؤلاء الأستاذ نوت knott في جامعة كورنل وويرسم wiersum وغيرهما، وقد أجرى نوت تجاربه على نبات السبانخ وهو من النباتات طويلة النهار؛ فقام بتعريض أوراق النبات لفترات ضوئية طويلة مع تغطية القمة النامية للساق بعض الوقت في أثناء النهار لكي تسير على نظام يوم ضوئي قصير.

فلاحظ أن النباتات تزهر كما لو كانت قد تعرضت بأكملها لفترة ضوئية طويلة، وعندما عكس الخطة السابقة بأن عرض القمم النامية للسيقان فترات ضوئية طويلة والأوراق فترات ضوئية قصيرة، وجد أن النبات يتأثر كما لو كان قد تعرض بأكمله لفترات ضوئية قصيرة أي إنه لم

يزهر. وقد قام باحثون آخرون بالتحقيق من صحة النتائج السابقة وامتدت بحوثهم إلى نباتات أخرى وصار من الواضح أن المثير الذي يؤدي إلى تكوين الأزهار لا بد أن ينشأ في الأوراق، وقد أيدت النظرية التي ترى أن المثير ليس إلا نوعاً من المنظم الكيماوي الذي ينتقل من الأوراق إلى مناطق النمو في الساق حيث تتكون الأزهار.

وقد وجد كارل مهمنر karl hamner ، جيس بونر james bonner في جامعة شيكاغو أدلة أقوى وأشد إقناعاً، فقد أجريا تجاربهما على أحد النباتات العشبية الشائعة واسمه عنب شاطئ البحر (cocklebur) وهو نبات مثالي للتجريب على أثر طول فترة الإضاءة على النباتات، وهو كذلك من النباتات قصيرة النهار ويمتاز بحساسيته إلى فروق في طول فترة الظلام تقل عن ٣٠ دقيقة، ومن الممكن أن نجعل هذا النبات يزهر إذا حفظ في الظلام لمدة تسع ساعات دفعة واحدة، وهو بالإضافة إلى ذلك يستطيع أن يتحمل قدراً كبيراً من التشوية عند إجراء التجارب عليه.

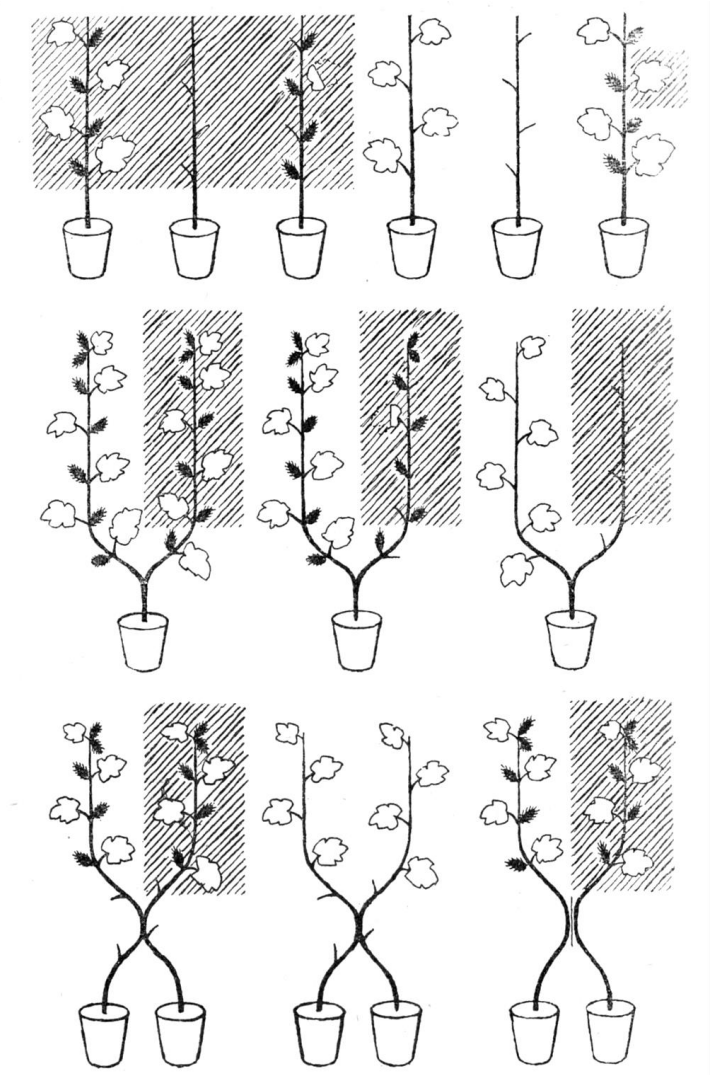
وقد قام مهمنر وبونر أول الأمر بتجريد النبات من جميع أوراقه كاملة النمو، ثم عرضا الساق المجردة من الأوراق للظلام لفترة طولها ٩ ساعات ليريا ما إذا كان النبات سوف يزهر. فوجدا أن النبات لم يزهر ولكنهما اكتشفا أنهما إذا تركا قدراً ضئيلاً من أد الأوراق لا يتجاوز في مساحته ثمن روقة كاملة على الساق فإن النبات يزهر بعد تعريضه للظلام فترة مناسبة من الوقت (انظر الأشكال). وقد قاما بإجراء تجارب أخرى؛

فجعلا النبات يتفرع إلى فرعين وقاما بتطعيم ساق النبات بأفرع نباتية تحمل أوراقاً وغير ذلك من التجارب التي أثبتا بها أن المثير الذي ينبه النبات لنتاج الأزهار يمكن أن يتحرك في الساق إلى أعلى أو إلى أسفل وأنه يعبر وصلات أو لجامات الطعم. كما استطاعا أن يحددا بطريقة تقريبية معدل حركة المثير أو المنبه داخل النبات.

ويقوم كثير من الباحثين في الوقت الحاضر بإجراء التجارب العلمية على مجموعة كبير من النباتات المختلفة، وقد استطاعوا أن يثبتوا ويوضحوا نشاط المثير الذي يجعل النبات يزهر ببطرق أخاذة؛ فمن الممكن أن نجعل أحد النباتات غير المزهرة يزهر بأن نطعمه بورقة واحدة من نبات مزهر، بل بورقة منفصلة بعد تعريضها للقدر المناسب من الضوء. ويستطيع المثير أن ينتقل مسافة ملحوظة داخل النبات المطعم بأكثر من طعم واحد. وفي إحدى التجارب على نبات عنب شاطئ البحر أمكن وصل ستة أفرع مزدوجة من هذا النبات باستخدام عملية التطعيم وجردت الأفرع من أوراقها ما عدا ورقة واحدة في قمة النبات الأخير، ثم عرضت هذه الورقة لفترات ظلام مناسبة في طولها فلوحظ أن جميع الأفرع بدأت في تكوين أزهارها بنظام تنازلي يبدأ من أسفل إلى أعلى.

والعامل المنشط للنمو ليس من النوع المتخصص أو الذي يختلف من نوع نباتي إلى آخر، والظاهر أنه نوع من العامل العام المشترك لجميع النباتات. ومما يؤيد ذلك أننا نستطيع أن نجعل النبات يزهر إذا طعمناه بورقة من نبات ينتسب إلى نوع أو فصيلة أو قسم نباتي آخر. وهناك نوع

من النباتات الطفيلية ينمو تحت التربة على جذور البرسيم الأحمر ويظهر أن هذا النبات يستمد العامل المنشط لنمو الأزهار من النبات الذي يتطفل عليه.



زهرة الكوكليز gockleburs عند تعرضها لدورة الضوء المنبهة لنمو الأزهار (المستطيلات) عندما لا يبقى على النبات سوى ثمن ورقة (الثالث من اليسار إلى أعلى)، وعندما لا يتعرض للضوء سوى ورقة واحدة. النباتات المجردة من الأوراق وتلك التي عرضت لدورات ضوئية أخرى لم تزهر. الاستدلال على أن مادة كيماوية تنتج في الأوراق هي التي تجعل النبات يزهر دعمته التجارب على النباتات المتفرعة والنباتات المزروعة بطريقة الطعم الموضحة في الصفين الثاني والثالث بالشكل. وحتى عندما وضعت قطعة من الورق بين الطعم والأصل (اليمين من أسفل) فإن ذلك لم يمنع النبات غير المضاد من الأزهار عندما تعرض النبات الآخر للدورة المنبهة للأزهار.

ولعلنا نتساءل كيف يحدث نفس العامل الإزهار في كل من النباتات قصيرة النهار وطويلة النهار مع أنها تتأثر بالضوء بصورة مختلفة. إن من الفروض الناجحة لتفسير هذه الظاهرة أن هذا العامل إنما هو مادة تنشط نمو الأزهار عندما ينخفض تركيزها فوق هذا الحد، وبمقتضى هذه النظرية التي قدمها هاري بورثويك harry borthwick وماريون باركر marion parker فإن النبات الذي يصل درجة النضج الزهري ينتج مادة نشيطة بصورة مستمرة. ولكن هذه المادة لا تبقى ثابتة في الضوء؛ ففي النباتات طويلة النهار تحمي المادة من الأثر الضار للضوء عليها بطريقة ما، وبذلك لا ينخفض تركيزها عن الحد الأدنى اللازم لعملية الإزهار. ومثل هذه النباتات سوف تزهر حتى ولو عرضت للضوء بصورة دائمة. أما في الظلام فإن المادة تتجمع في النبات، فإذا كان الليل طويلاً فإن تركيز هذه المادة

يصل إلى الحد الذي يعوق عملية الإزهار. وعندما يسلط الضوء على النبات من الإزهار. أما في النباتات قصيرة النهار فإن المادة المنشطة للنمو لا تحمي من الأثر الضار للضوء الواقع عليها وعلى ذلك فإنها تحتاج إلى فترة طويلة متصلة من الإظلام لكي يتجمع القدر الكافي من المادة اللازمة للإزهار.

وتشير جميع الأدلة إلى وجود هرمون ينشط نمو الأزهار، ويميل العالم الروسي كاجلكيان gajlachian إلى تسمية هذه المادة بمكونة الأزهار أو فلوريجين florigen وتبلغ القوة الكامنة لهذه المادة، إذا كانت موجودة فعلاً من الوضوح جعلت جعلت الجهود تتجه إلى استخلاصها وفصلها من النبات. وقد أجريت تجارب عديدة لمحاولة ذلك في الولايات المتحدة وخارجها ومع ذلك فإنه لم ينجح أحد في تحقيق هذا الذي طالما لاح مرات عديدة ومن الصعوبات التي تحول دون ذلك أن احداً لا يعرف كيف يمكن استخدام هذه المادة في النبات لتنشيط عملية الإزهار في هذا النبات، فتعد معالجة حقل من الأناناس بإحدى هاتين المادتين بمدة تتراوح ما بين ستة وثمانين أسابيع يزهر الحقل كله بانتظام يدعو إلى العجب.

وبذلك صار من المستطاع زراعة الأناناس مع الاستفادة من وسائل وآلات الإنتاج الضخم، وتعالج النباتات عادة بحمض نفثالين الخليك، ولكن لهذه المعالجة عيوبها فإنما تؤدي إلى ضعف وتدلي السيقان التي تحمل الثمار، ومع ذلك فإنه يمكن تدارك ذلك برش النبات برذاذ حمض نفثالين الخليك (b) في الوقت المناسب.

ومن الباحثين البارزين في هذا الميدان فان أوفربك jvan overbeek الذي يرى أن منتجي الأناناس لا يزالون غير راضين، فهم يريدون طريقة تجعل الثمار تنمو بحجم معين لكي يناسب حجم العلب التي يحفظونه فيها!. وتبشر السيطرة الكيماوية على النباتات بتحقيق حلم آخر، فطالما تمنى الزراع في جزر هاواي لو استطاعوا أن ينتجوا ثمار "جوز ليتشي" litchinut بكميات ضخمة، وهذه الثمار من أطيب ما تنتجه الأشجار في المناطق الاستوائية. وأشجار هذه الثمار ضعيفة الإنتاج في جزر هاواي حيث لا يزهر ولا يحمل الثمار منها إلا ٤ % ويظهر أن حمض نفتاين الخليك سوف يقدم حلاً لهذه المشكلة فقد وجد أنه إذا رشت أشجار الليتشي بهذه المادة في آخر شهر سبتمبر فإن نحو ٨٨% من الأشجار تثمر، ولا شك أن استغلال هذا الاكتشاف قد يخلق في جزر هاواي صناعة جديدة.

وقد أجريت أيضاً دراسات على الخضراوات ومحصولات الحبوب، ومن النباتات التي تبشر بنجاح السيطرة عليها الخس والكرفس، والمشكلة في هذين النباتين هي الحيلولة دون إزهارهما، لأنهما يزرعان لأجزائهما الخضراء (السيقان والأوراق) ويفقدان سوقهما عندما تتكون فيهما البذور. وقد نجحت التجارب في تأخير تكوين الشماريخ التي تحمل الأزهار والبذور في الخس بمعالجة بذوره في طور إنباتها ببعض المواد الكيماوية وحفظها في جو بارد، وقد وجدت مادة كيماوية تؤجل عملية الإزهار في الكرفس وأخرى تسرع بهذه العملية، فأولئك الذين يزرعون الكرفس للمائدة يستطيعون استخدام (إحدى هاتين المادتين)، والذين يزرعونه لبذوره

يستطيعون استخدام المادة الأخرى. ونبات التبغ أيضاً من النباتات التي يحسن فيها منع الإزهار، وقد تحقق بعض النجاح في هذا السبيل.

ويعتبر القمح من أهم المحصولات التي تجرى عليها التجارب للسيطرة على عملية الإزهار فيها، إذ يعتبر المحصول الأساسي بين محصولات الولايات المتحدة الأمريكية. وتجرى البحوث في هذه السبيل إلى تحقيق هدفين: الأول هو تنظيم الإزهار بحيث يمكن إحداث التلقيح الخلطي بين الأنواع الممتازة التي تزهر عادة في نفس الوقت، والثاني هو تعقيم أزهار القمح بالطرق الكيماوية لمنع النبات من تلقيح نفسه وإنتاج نفس النوع؛ فمن المعروف إنتاج المحصولات الجديدة يتطلب تلقيح النبات بحبوب لقاح مستمدة من أنواع ممتازة. وفي الوقت الحاضر تتم هذه العملية باليد فتصير بذلك مرتفعة التكاليف، أما التعقيم الكيماوي فسوف يكون أسهل وأرخص.

ولتحقيق السيطرة على هذين العاملين أمكن التوصل إلى أساليب تجريبية تبشر بالنجاح. فرش النبات بأوكسين ٢.٤ – د وهو قاتل الأعشاب المعروف يؤجل عملية الإزهار فيه دون الإضرار بالنبات.

أما تعقيم الأزهار فمن الممكن أن يتم بمعالجة النبات بمادة هايدرا زيد المليك maleic hydrazide وهي من المواد التي تعوق عملية النمو.

والنتائج التي تحققت في هذا الميدان تبشر بنجاح كبير، بل إنها حققت نجاحاً هائلاً في بعض الأحيان. فإذا تم فهمنا لعملية الإزهار في النبات فإن التقدم سوف يكون بطبيعة الحال سريعاً بل ربما نصير قادرين على جعل النباتات التي لا تزهر إلا نادراً في الوقت، تزهر بكثرة.

سقوط الأوراق في النبات

وليام جاكوبز

William p . Jacobs

يعتبر سقوط الأوراق الجافة والأوراق الصفراء في النبات رمزاً لفصل الخريف، ولكن سقوط الأوراق ليس مقصوراً على هذا الفصل، فالأوراق تسقط مثل المطر وبصورة ثابتة وإن لم تكن ملحوظة طيلة الصيف في المناطق المعتدلة وعلى مدار السنة في المناطق الاستوائية.

والنبات يخلع دائماً عن نفسه بعض أنسجته كلما تقدمت أعضاؤه في السن؛ فليست الأوراق وحدها هي التي تسقط من النبات، بل تسقط منه كذلك الأزهار والثمار وغيرها من الأعضاء.

وتؤدي هذه العملية للنبات من الفوائد ما يحسد عليها، وما لا يستمتع به معظم أفراد المملكة الحيوانية. ولو كان للإنسان القدرة على التخلص من أطرافه العجوزة لكي ينمو مكانها أعضاء جديدة لما لجأ الرسام الفرنسي المشهور رنوار Renoir إلى ربط الفرشاة التي يستخدمها في الرسم إلى يده العجوز المرتعشة لكي يستطيع أن يرسم ما يخطه يراعه الذي كان لا يزال في مرحلة الشباب.

وقد حاول علماء النبات منذ قرابة قرن من الزمان أن يكتشفوا سر العملية التي يطرح فيها النبات أوراقه. ومن الشواهد الأولى التي لفتت أنظارهم أن بعض النباتات تكون طبقة محدودة من الخلايا عند قاعدة عنق الورقة ثم تنفصل الورقة في هذه المنطقة. ولكن هذا التفسير قد ثبت خطؤه؛ فكثير من النباتات لا تتكون فيها هذه الطبقة الفاصلة، وفي كثير من النباتات الأخرى تتكون الطبقة الفاصلة ولكن الأوراق لا تسقط عن النبات.

ومهما تكن الطبيعة الفسيولوجية لعملية سقوط الأوراق، فإنها تسرع في فصل الخريف عندما يقصر النهار. وقد ثبت ذلك من زمن بعيد بإجراء بعض التجارب التي بينت أنه عندما يطول النهار باستخدام الأضواء الصناعية، فإن النباتات تحمل أوراقها فترة أطول من المعتاد. وقد وجد أن هناك عوامل أخرى عديدة تؤثر في عملية سقوط الأوراق، ولكن العامل الذي ثبتت أهميته الكبرى في الكشف عن غموض هذا الموضوع هو ما لوحظ منذ مائة سنة تقريباً من أنه إذا قطع نصل أحد الأوراق فإن قاعدة هذه الورقة تسقط عن النبات بعد ذلك بفترة وجيزة.

وفي السنوات الأخيرة سارت الأبحاث الحديثة في نفس الاتجاه الذي أدت إليه الملاحظة السابقة وأجري في المعمل كثير من التجارب حول هذا الموضوع بشغف وفائدة كبيرة.

ومن المعروف أن الأشجار الكبيرة ليست من الأشياء التي يسهل إجراء التجارب الدقيقة عليها، فبالإضافة إلى ما يحتاج إليه العمل معها من العضلات، فإنها تستغرق وقتاً طويلاً لكي تعمل أي شيء! ولنفس الأسباب التي تجعل علماء الحيوان يفضلون الفأر على الفيل لدراسة وظائف الأعضاء فإن علماء النبات يفضلون أن يقوموا بإجراء التجارب في البيوت الخضراء.

والنبات المفضل لدراسة ظاهرة سقوط الأوراق هو النبات المنزلي المشهور الذي يسمى نبات النجدة (coleus) ويعرف هذا النبات أحياناً باسم (بفتيك النبات) بسبب لون أوراقه الأحمر الداكن الذي يشبه لون "البفتيك"، وعندما يزرع هذا النبات في البيوت الخضراء تحت الظروف المعتادة التي تستخدم في إجراء التجارب، فإنه يحتفظ بعدد ثابت تقريباً من الأوراق على ساقه الرئيسية. وكلما مرت مدة تتراوح بين سبعة وعشرة أيام فإن الورقتين القديمتين السلفيتين على الساق تسقطان، وينمو على القمة زوج من الأوراق الجديدة. ومن مزايا نبات النجدة فوق ذلك أنه تسهل زراعته من الأجزاء المقطوعة منه بحيث يمكن الحصول بهذه الطريقة ثم نبات واحد على مجموعة كبيرة من النباتات المتماثلة في صفاتها الوراثية. وقد استطعت أن أحصل على ثلاثة آلاف نبات من هذا النوع من نبات واحد وهي تعتبر جميعاً توائم متماثلة. وبهذا التماثل الوراثي نستطيع أن نقيس بدرجة كبيرة من الدقة الآثار الناتجة عن أحد العوامل حتى، ولو كانت هذه الآثار ضعيفة وفي عينة قليلة.

إن الجزءين الأساسيين في الورقة هما النصل المفلطح والعنق الذي يربط بين النصل وساق النبات، وإذا قطع النصل كما رأينا من قبل فإن العنق سرعان ما ينفصل ويسقط عن النبات. وفي نبات النجدة تنمو الأوراق بسرعة كبيرة وتبقى على النبات فترة تتراوح بين ٣٥، ٤٠ يوماً قبل أن تصل إلى السن التي تسقط فيها ثم تسقط فعلاً. وقد لوحظ أن هذه الأوراق تسقط في مدة تتراوح بين ٥، ٦ أيام إذا قطع نصلها.

ومن الشواهد الأولية التي ألقت ضوءًا على العوامل الداخلية المسيطرة على سقوط الأوراق ما لوحظ من أنه إذا بقي من نصل الورقة ولو جزء ضئيل متصل بالعنق فإن الأواق تبقى على الساق مدتها الكاملة كما لو كانت أنصالها كاملة، مما يدل على أن المادة التي في النصل والتي تمنع سقوط الورقة يظهر مفعولها الشديد حتى ولو كانت كميتها ضئيلة للغاية. وليس من المعقول أن تكون هذه المادة من المواد الغذائية العامة مثل السكر، وغالب الظن أنها أحد الهرمونات.

وقد اكتشف هذا الهرمون بعد فترة وجيزة من الزمان، تبين أنه هو هرمون النمو النباتي المعروف بالأوكسين. وقد استخدم هذا الهرمون أحد علماء الألمان الأفذاذ حيث عالج به بعض أوراق نبات النجدة المتجردة من أنصالها فلاحظ أن الهرمون لم يعمل على استمرار بقاء الأوراق نامية فحسب، بل إنه أجل موعد سقوطها.

وقد ثبت بعد ذلك أن أنصال أوراق نبات النجدة تنتج كميات وفيرة من الأوكسين، كما ثبت وجود علاقة مباشرة أكيدة بين إنتاج الأوكسين في النبات وسقوط أوراقه، فكلما زاد إنتاج الورقة من الأوكسين تأجل موعد سقوطها، والأوراق سريعة النمو تنتج قدراً كبيراً من هذا الأوكسين.

ويصل إنتاج الأوكسين أقصى مداه عندما يتروح طول الورقة الصغيرة بين ٦٠، ١٠٠ ملليمتر، أما الأوراق المسنة فإنها لا تنتج إلا قليلاً من الأوكسين وقد لا تنتج أوكسينا بالمرة.

وقد ثبت من التجارب الكمية التي عولجت فيها الأوراق المجردة من أنصالها بقدر من الأوكسين المستحضر صناعياً مساو للقدر الذي تنتجه أنصال الأوراق عادة أن سقوط أوراق نبات النجدة قد تأجل إلى الموعد الطبيعي. والنتيجة العامة لهذه التجربة هي أن الأوكسين الذي تنتجه الورقة ينتقل أسفلها ويصل إلى العنق حيث يؤجل موعد سقوط الورقة بالقدر الذي يتناسب مع كميته. وقد ثبتت صحة هذه النتيجة بطريقة كمية مع أورق نباتات أخرى وفي حالة عدد من أنواع الثمار. والواقع أن رش أشجار التفاح بزذاذ الأوكسين صار من الطرق الشائعة لمنع سقوط الثمار قبل اكتمال نضجها.

ويظهر أن السيطرة بالأوكسين على سقوط الأوراق صارت من الأمور الواضحة، بل من الأمور بالغة الوضوح، وكما يحدث عادة عندما

نستطيع أن نفسر الطبيعة تفسيراً بسيطاً فإن هذه البساطة تكون في أنفسنا وليست في الطبيعة.

وفي أثناء تفكيري حول هذه النظرية الخاصة بسقوط الأوراق استلفت نظري شيء عجيب وهو أن كل ورقة تعمل كما لو كانت وحدة مستقلة، بمعنى أن سقوط كل ورقة كان يتوقف على كمية الأوكسين التي تصل إلى العنق من نصل الورقة ذاتها. وفي جميع الحالات التي نعرفها يتوقف ما يحدث لأي جزء من أجزاء النبات على المواد التي تصل إليه – سواء أكانت معطلة أم منبهة – من الأجزاء الأخرى من النبات، مما يجعل الإنسان يشك في النظرية التي ترى أن سقوط الأوراق لا يتأثر بما يصل إلى ورقة من الأجزاء النباتية الأخرى. وفوق ذلك فإنه بينما تفسر هذه النظرية ما يمنع الأوراق من السقوط فإنها لا توضح لنا ماذا يسبب سقوط الأوراق عندما تسقط.

وفي ضوء هذه الأفكار أخذنا نصمم بعض التجارب للكشف عن التأثيرات التي يمكن أن تصل إلى الورقة من الأجزاء النباتية الأخرى. وقد تطلب ذلك إجراء محاولات مختلفة وتشكيلات متنوعة لتجريد بعض النباتات من أنصالها، ولما كانت أوراق نبات النجدة colus تنمو في أزواج متقابلة على جانبي الساق فإن الطريقة التي لجأنا إليها كانت تتلخص في قطه نصل إحدى الورقتين من كل زوج وترك شقيقتها على حالها للمقارنة. فإذا كان سقوط الورقة لا يتأثر إلا بما يحدث فيها نفسها، فإن النظام الذي يتبع في قطع أنصال الأوراق، لا ينبغي أن يكون له أي وباستعراض ما

أجرى من الأبحاث حول هذا الموضوع فإننا لم نجد ما يعين على الوصول إلى حل للمشكلة. ولذلك صممنا على أن نفحص النباتات التي تجرى عليها التجارب بدقة بالغة. وعندئذ لاحظنا شيئاً كان ينبغي أن نلاحظه من قبل؛ ففي جميع التجارب السابقة لم تكن الأوراق الرقيقة التي بالبرعم الطرفي للساق تمس. وجميع الطرق التي أدت إلى سرعة سقوط الأوراق السفلى التي على الساق كانت تؤدي في الوقت ذاته إلى سرعة نمو الأوراق التي في القمة.

وقد تأكدت هذه النظرية من التجربة التالية. أحضرت كثير من النباتات ثم قطعت أنصال أوراقها الصغيرة بينما تركت أزواج الأوراق المسنة على حالها. وكما في التجارب السابقة لوحظ أن بقاء الأوراق المسنة السفلى على الساق قد أدى إلى سرعة سقوط المقطوعة الأنصال التي فوقها، وذلك مع بقاء البرعم الطرفي الذي في القمة على حاله. أما عندما قطع هذا البرعم الطرفي فإن الأوراق مقطوعة الأنصال سقطت ببطء كبير. وإذا وضعنا الأوكسين المستحضر صناعياً مكان البرعم المقطوع فإن الأوراق مقطوعة الأنصال تسقط بسرعة كما لو كان البرعم موجوداً. وعلى ذلك فإن التجارب قد أيدت ما ذهبنا إليه من أن الأوكسين الذي يتكون في البرعم الطرفي يزيد من سرعة سقوط الأوراق المقطوعة الأنصال.

وتثبت هذه التجارب وغيرها مما لا يتسع المقام لوصفه أن سقوط الأوراق تسيطر عليه درجة من الاتزان الهرموني بين أوكسين وأوكسين. فالأوكسين يزيد وفي نفس الوقت يقلل من سرعة سقوط الأوراق. وما دام

نصل الورقة قادراً على إنتاج كمية من الأوكسين تقاوم تأثير الأوكسين الذي يصل إليها من الأوراق الحديثة التي فوقها، فإن الورقة تبقى متصلة بالنبات ولا تسقط. وبمجرد هبوط إنتاج الورقة من الأوكسين إلى ما دون المعدل الحرج بسبب التقدم في السن أو التعرض لمزيد من الظل أو لهجوم الحشرات أو بسبب تجريدها من نصلها، فإن الأوكسين المتكون في الأوراق الحديثة القوية التي فوقها يسبب سقوطها، ولهذا النظام فائدته بالنسبة للنبات فهو يزيد من قدرته على الملاءمة للظروف، فالأوراق المسنة الهزيلة تسقط بتأثير الهرمون الذي تفرزه الأوراق الحديثة القوية.

ومن العجيب أن الهرمون الذي يزيد في سرعة سقوط الأوراق هو ذاته الذي ينقص من هذه السرعة. ويظهر أن التأثيرات المتضاربة لهذا الهرمون تتوقف على الاتجاه الذي يسير فيه. ولا نستطيع إلا أن نسلم بالعبقرية الاقتصادية للطبيعة التي وهبت النبات هرموناً واحداً يستطيع أن يفعل كل هذه الأشياء المختلفة.

ولنكتفي الآن بما ذكرناه عن نبات النجدة. وبقي أن نتساءل عن مدى انطباق نتائج هذه البحوث على الأشجار. ولما كانت التجارب من النوع الذي سبق وصفه لم يسبق من قبل إجراؤها على الأشجار، فإننا لا نستطيع أن نعرف مدى انطباق هذه النتائج عليها. والواقع أن مثل هذه التجارب سوف لا يمكن إجراؤها على الأشجار، فإجراء تجربة كتلك التي أجريت على ٣٠٠٠ من نباتات النجدة المتماثلة تماماً من الناحية الوراثية يحتاج إلى ما يقرب من ١٠٠٠٠ شجرة من الأشجار التي تنمي البذور.

ومع ذلك فإنه يبدو أن هناك من الأسباب ما يدعو إلى الاعتقاد بأنه يحدث في الأشجار كما في نبات النجدة نوع من التوازن الأوكسيني. وقد أدت إطالة فترة النهار باستخدام الأضواء الصناعية إلى زيادة كمية الأوكسين التي تنتجها أنصال الأوراق في الأشجار. كما لوحظ أن النمو السريع لفرع جديد في فصل الربيع يكون مصحوباً بإنتاج كمية كبيرة من الأوكسين في الفرع الجديد، مما يترتب عليه بطبيعة الحال سقوط الأوراق المسنة التي على الساق.

ولم نصل بعد إلى ما يبين لنا الدور الذي يقوم به الأوكسين عند سقوط أوراق الأشجار في فصل الخريف. وحتى تتوافر لدينا الأدلة في هذا الصدد فإننا نتخذ الموقف الذي يتخذه علماء الأحياء عادة في مثل هذه الأحوال. فهم يرون أن الكائنات تعتبر متشابهة حتى يثبت اختلافها.

وتبعاً لهذا الرأي فإن أوراق الأشجار تبقى –كما هي الحال في أوراق نبات النجدة – على الشجرة حتى يقل إنتاجها من الأوكسين عن الدرجة التي تستطيع بها أن تقاوم عمل الأوكسين الذي يصل إليها من الأوراق الأخرى، وعندئذ تضطر إلى السقوط.

مواد نمو جديدة في النبات

فرنك سالسبري

Frank b. Salisbury

في عام ١٩٢٦ أجرى طالب دانمركي شاب ممن يدرسون في آترخت تجربة بسيطة على بادرات الشوفان، ولكن لهذه التجربة قيمة تاريخية. كان هذا الطالب يعمل بالنهار في القسم الحربي الخاص بالغازات في الجيش الدانمركي، أما في الليل فإنه كان يذهب إلى معمل فسيولوجيا النبات الخاص بوالده في الجامعة لكي يتابع دراسته العليا للنبات. كان اسم هذا الطالب ونت went، وكان يذهب هو ورفاقه من الطلاب المهتمين اهتماماً زائداً ببعض البحوث التاريخية عن نمو النبات، وهي البحوث التي بدأها بعض علماء النبات الأوربيين، وكانوا يقضون الليالي الطويلة في مناقشات حول معنى تلك التجارب العديدة التي أجريت في هذا الميدان.

وقد دلت الاختبارات المختلفة التي أجريت لدراسة الأثر الذي ينتج عن قطع قمة بادرات الشوفان ووضع أشياء أخرى مكانها، على أن هذه القمة تنتج مادة معينة تسيطر على نمو الغمد الذي يغطي ساق الشوفان

وقد أخذ ونت يفكر في تجربة يستطلع بها ما إذا كانت هذه المادة موجودة فعلاً أم غير موجودة فلجأ في سبيل ذلك إلى قطع قمة إحدى بادرات الشوفان ثم وضعها على كتلة من الجيلاتين وتركها عدة ساعات، ثم رفع القمة المقطوعة من فوق الجيلاتين ولصق هذه الكتلة إلى جانب القمة المقطوعة لإحدى البادرات، فإذا كانت مادة النمو المزعومة قد انتشرت من القمة إلى الجيلاتين، فلا بد أن يظهر أثر هذه المادة على نمو البادرة الثانية. وقد تحقق ذلك فعلاً فيما جانب الساق الذي وضع عليه الجيلاتين أسرع من الجانب الآخر، وترتب على ذلك انحناء الساق.

ففي الساعة السادسة من صباح ١٧ من أبريل سنة ١٩٢٦ لا حظ ونت أن تجربته قد نجحت، وتعتبر هذه اللحظة من اللحظات الحاسمة في تاريخ دارسة ظاهرة النمو في الكائنات الحية، فلقد أدت هذه التجربة الفذة التي أجراها ونت إلى تمكيننا من استخلاص ودراسة الهرمون الذي ينشط النمو في النبات، والذي يسمى الآن الأوكسين، وهو يلعب دوراً مهماً في نمو الجذور والسيقان والبراعم وفي تكوين الثمار وسقوط الثمار والأوراق.

وقد أصبحت الأوكسينات أداة فعالة في زراعة النباتات، فهي تساعد على تحقيق أغراض متنوعة، مثل تكاثر النبات بالأجزاء المقطوعة واستخدامها في قتل الأعشاب. وبالإضافة إلى ذلك فقد وضعت تجربة ونت الأساس لمعظم ما وصل إليه علمنا في الوقت الحاضر حول موضوع النمو في النبات.

وفي عام ١٩٥٦ بعد أن انقضى ثلاثون عاماً على اكتشاف ونت للأوكسين حدث أمر جديد مهم من نفس النوع؛ فبعد ظهر ٢٨ أغسطس سنة ١٩٥٦ اجتمع علماء النبات في ستورز storrs بولاية كونكي كت لكي يستمعوا إلى أول تقرير حول التطورات المهمة الجديدة في البحوث الخاصة ينمو النبات . وكان الموضوع الذي يناقشه المؤتمر ويشرف عليه المعهد الأمريكي للدراسات النباتية "منظمات جديدة غير الأوكسينات". ولقد كان الميدان الذي فتحته البحوث التي استعرضت في هذا المؤتمر أكثر أهمية من الدراسات التي أدى إليها اكتشاف ونت. والواقع أن منظمات النمو، خلاف الأوكسينات سوف تمس حياة كل منا، لا في غرفة الدراسة فحسب، بل في المزرعة وعلى مائدة الطعام كذلك.

ولكي أوضح لماذا أعتقد في صحة هذا الرأي فإنني سوف أقدم عرضاً موجزاً لبعض النقاط المهمة التي عولجت في ذلك اليوم. لقد قام خمسة رجال بتلخيص البحوث التي تجرى في المعامل في الولايات المتحدة وإنجلترا واليابان وغيرها، فتحدث استيورات f.g. steward من جامعة كورنل من مجموعة من المواد التي عرفت باسم "عوامل لبن جوز الهند".

في معظم الأنواع النباتية تبدأ البادرة الجديدة نموها على الغذاء المدخر داخل البذرة وفي جوز الهند يكون هذا الغذاء موجوداً في اللبن الذي بداخل الثمرة، وعندما يستنبت جوز الهند فإن الورقة الجنينية للبذرة التي بداخل القشرة تتغذى على اللبن وتنمو بسرعة نتيجة لانقسام خلاياها حتى تملأ فجوة جوزة الهند.

وفي عام ١٩٤١ اكتشف فان أوفربيك j. van overbeek أن للبن جوز الهند القدرة على زيادة سرعة النمو في أجنة أعشاب جيمسن، وهو من فصيلة نبات البطاطس. وقد تابع فريق فريق استيوارت في كورنل هذا الكشف وحاولوا أن يكشفوا عن طبيعة المادة التي تنشط النمو في لبن جوز الهند.

وقد وجدوا أنه عند إضافة هذا اللبن إلى مزرعة من أنسجة الجزر في أنبوبة اختبار، فإنه يؤدي إلى زيادة سرعة نمو وانقسام خلايا الجذر وبهذه الطريقة أصبحت للدينا وسيلة لاختبار نشاط المكونات المختلفة للبن جوز الهند. ولقد كان كشف القناع عن هذه المكونات من الأعمال الشاقة التي استغرقت وقتاً طويلاً . فمن حوالي ٦٦٠ جالوناً من لبن جوز الهند استطاع الباحثون في كورنل أن يستخلصوا ٢٦ رطلاً من سائل في صورة شراب قاتم ثخين القوام، وعندما حللوه وجدوا أنه يتكون من مجموعة من المواد تبين أن معظمها أحماض أمينية ومواد غذائية أخرى. وقد استطاعوا أن يكتشفوا من بينها حتى اليوم أربعا من المواد التي لها قدرة على تنشيط النمو.

ومن هذه المواد مادة تحقق الباحثون من أنها دايفينيل البولينا diphenylurea معا أن البولينا تعتبر دائماً من المنتجات الحيوانية. ولقد كانت هذه المادة أول مادة من نوعها تكتشف في مستخلص نباتي. وهناك نظائر صناعية لهذا المركب وهي معروفة بقدرتها على قتل الأعشاب وليس ذلك مجرد مصادفة. فلقد اكتشف باحثو كورنل أن العوامل المنشطة للنمو

في لبن جوز الهند تتفاعل مع المواد الأخرى ببطرق خاصة لكل منها، فنشاط بعضها مثلاً يزداد بدرجة كبيرة إذا أضيفت للمزرعة أحماض أمينية من بروتين اللبن الذي يسمى الكازين.

ولبعضها مفعول مضاد في تأثيره لمفعول المواد المستخلصة من درنات البطاطس، ومع ذلك فإن نسيج البطاطس نفسه يمكن أن ينمو في مزرعة بسيطة إذا أضيف إليه لبن جوز الهند مع كمية ضئيلة من قاتل العشب أوكسين ٢.٤ – د .

ويرى ستيوارد steward أن النمو الطبيعي في النبات إنما هو نوع من التوازن بين المواد المنشطة للنمو مثل لبن جوز الهند والمواد المعوقة للنمو مثل المواد المستخرجة من درنات البطاطس. وكلما نضج النبات فإن المواد المعوقة للنمو تتجمع فيه وبذلك تبطئ عملية انقسام الخلايا، حتى تقف كلية في النهاية، أما ما يحدث في درنات بعض النباتات من نمو مستمر، وربما في الحيوانات كذلك فقد يرجع إلى اختلال التوازن بين المنشطات والمعوقات.

وقد استطاع فريق كورنل، باسخدام مرزعة الجزر في أنبوبة الاختبار أن يكتشفوا منشطات للنمو في نباتات أخرى غير جوز الهند؛ فقد اكتشفوا بعض هذه المنشطات في ثمار الموز قبل اكتمال نضجها وفي ثمار الجنجو gin kgo والجوز وبندق الحصان (horse nuts) والقمح في طوره اللبني وفي بعض الدرنات النباتية. وقد تبين أن النشط الموجود في

ثمار بندق الحصان غير الناضجة إنما هو من فصيلة بعض المواد الملونة أو الأصباغ الموجودة في بتلات الأزهار ولكنه عديم اللون.

وبعد تقرير ستيوارد استعرض جودوين r.h. Goodwin في كلية كونكتي كت البحوث التي أجريت في المعامل المختلفة على مجموعة أخرى من المواد النباتية تسمى اللكتونات غير المشبعة (unsaturated lactones) . وقد عرفت هذه المواد – على نقيض عوامل جوز الهند – منذ زمن على أنها مواد نباتية. كما عرف تركيبها الكيماوي ولكنها تأثيرها في تنشيط نمو النبات لم يكتشف إلا حديثاً.

ونستطيع أن نعمم فنقول إن هذه المواد تعتبر معوقة للنمو ولتأثيرها على نمو الجذر أهمية خاصة فقد أثبت جودوين وتلاميذه أن تركيز بعض اللكتونات ومشتقاتها يزداد في بعض الجذور كلما قل نمو خلايا الجذر.

وقد اهتم فريق من الباحثين بمعرفة كيف تعوق اللكتونات غير المشبعة نمو الخلية، ومما يعرف عن هذه المواد أنها تعطل عمل بعض الأنزيمات. وقد تكشف البحوث عن أهمية هذه اللكتونات في أطوار النمو المختلفة للنبات، فقد لوحظ أنها توجد بكثرة في النباتات. ولا نستطيع إلا أن نسلم بنظرية ستيوارد من أن النمو إنما هو نوع من التوازن بين عوامل جوز الهند وبعض العوامل غير المعروفة التي تعوق النمو، ولكن هل يثبت بعد ذلك أن هذه المعوقات هي اللكتونات غير المشبعة؟

وقد يثبت أن اللكتونات لها أهمية كبيرة في دراسة علم البيئة فقد عرف أن بعضها مثل الكومارين coumarin الموجودة في بعض النباتات يعطل عملية استنبات البذور. ولا شك أن ما يمنع البذور من الانبثاق يؤثر تأثيراً بالغاً على توزيع النباتات وانتشارها. وقد وجد ونت الذي كان يجري بحوثه في المعهد التكنولوجي بكاليفورنيا منذ عام ١٩٣٣ أن النباتات الصحرواية تشن دائماً حرباً كيماوية ضد النباتات المنافسة باستخدام مواد تعطل نمو هذه النباتات. وقد ذكرت هذه النظرية بالتفصيل في الفصل الخاص ببيئة النباتات الصحراوية الذي كتبه ونت (صفحة ٢١٦) وفي الفصل الذي كتبه جيمس بونر عن علم الاجتماع الكيماوي في عالم النباتات (صفحة ٢٣١) وقد استخلص بونر وبعض تلاميذه في كال تخ (gal tech) بعض المركبات التي تنتجها النباتات الصحراوية والتي لها تأثير سام على النباتات الأخرى، وكشفوا عن طبيعة هذه المواد. وقد وجد أن ثلاثاً من هذه المواد من اللكتونات غير المشبعة. وعلى ذلك فإن دراسة هذه المواد قد تكشف عن آفاق جديدة في فهم توزيع النباتات.

ثم تحدث بعد ذلك كنت تيمان Kenneth v . thiman من جامعة هارفارد وكان رئيس المؤتمر عن مجموعة من المواد التي أشرف على إجراء البحوث الخاصة بها فوك سكوج وكارلوس ميلر واسترونج من جامعة ويسكونزن ولم يستطيعوا جميعاً أن يحضروا هذا المؤتمر. والمادة الأساسية في هذه المجموعة مركب اسمه الكاينتين (kinetin) وهو أحد مشتقات الأدينين (adenine) الذي يدخل في تركيب الأحماض النووية (nucleic acids) وهي من المواد ذات القيمة الحيوية في تركيب جميع الخلايا. وقد وجد فريق

ويسكونزن أن مادة الكاينتين تنبه خلايا نبات التبغ لكي ينقسم في المزرعة الصناعية وأنها لم تكن لتنقسم لولا ذلك. وقد استخلص الكاينتين من الحيوانات المنوية لسمك الرنجة ومن كائنات أخرى. وقد وجدت مادة لها نشاط مشابه في خلاصة الخميرة وبعض المنتجان النباتية الأخرى، كما أمكن تركيب بعض مشتقات الأدينين الصناعية التي تنشط انقسام الخلية. والكاينتين أو أقرباؤه تجعل ساق نبات التبغ النامية في مزرعة مائية تكون عدداً كبيراً جداً من البراعم.

وهناك نوع من التفاعل العكسي بين الأوكسين والكاينتين، فكلما كثر الأوكسين في المزرعة ازداد عدد الجذور التي تتكون، وكلما كثر الكاينتين ازداد عدد البراعم. وقد وجد أن الكاينتين وأقرباءه تنشط نمو الأوراق وتزيد من سرعة الاستنبات في نبات الخس. وبالإضافة إلى ذلك فإن الكاينتين والأوكسين لها نفس تأثير بعض أنواع البكتريا في إنتاج الانتفاخات النباتية.

ولا شك أن البحوث التي تجرى حول الكاينتين سوف تلقي ضوءاً على كثير من المشكلات المتعلقة بنمو النباتات المعتادة والنباتات الشاذة ومن بين الأشياء التي قد تكشف عنها هذه البحوث لماذا تتخذ النباتات أشكالها الخاصة بها.

ولعل التقرير الذي كان معظمنا يترقبه بشغف هو ذلك الذي يعالج موضوع الجبرلينات (gibberellins) وقد استعرض ستودولا (stodola)

وهو كيماوي في مركز البحوث بإلينوي، تاريخ بحوث الجبرلين وتحدث عن نتائج الدراسات الحديثة حول تركيبها الكيماوي.

ومما يدل على ضآلة الاتصال العالمي في هذا الميدان أن العالم الغربي قد بدأ لتوه ينتبه لهذه المواد المهمة، بينما تم اكتشافها في اليابان منذ عام ١٩٢٦، أي قبل اكتشاف ونت للأوكسين. لقد عرف اليابانيون أن أحد الفطريات ويسكى جبرايلا فوجكري gibrella fujikuroi يسبب مرضاً لنبات الأرز. ويسمى هذا المرض جنون البادرة، لأنه يجعل بادرة الأرز تنمو في طولها بصورة عجيبة. وقد وجد أحد المختصين في أمراض النباتات أن خلاصة هذا الفطر تستطيع أن تسبب ها المرض. وبعد انقضاء ١٢ سنة من الجهد المتواصل استطاع الباحثون في جامعة طوكيو أن يفصلوا مادة نشيطة سموها الجبرلين. وفي الوقت الذي حدثت فيه موقعة بيرل هاربر كان اليابانيون قد نشروا سبعة بحوث عن هذه المادة لخصت ستة منها في الولايات المتحدة.

وقد ظهر ١٢ بحثاً يابانياً آخر خلال فترة الحرب. ومع ذلك فإنه حتى عام ١٩٥٠ لم يكن البحث قد اتجه نحو هذه المادة خارج اليابان. وكان من أوائل المشتغلين بهذه البحوث ستودولا (stodola) وفريقه في جامعة إلينوي، بريان (brain) وزملاؤه في الصناعات الإمبراطورية الكيماوية في إنجلترا. وقد ازداد الاهتمام بالجبرلين منذ سنة ١٩٥٥ حتى اليوم زيادة بالغة.

وقد أمكن فصل ثلاثة أنواع على الأقل من الجبرلين وجميعها من الأحماض ذات التركيب المعقد. ومن الطريف أن نلاحظ أن اللكتون يدخل في تركيبها جميعاً، مما يجعل الجبرلين ينتسب عمليا إلى فصيلة اللكتونات. وقد حاول علماء فسيولوجيا النبات بشغف أن يقوموا بإجراء بحوث حول أثر هذه المركبات في تنشيط نمو النبات. وقد انتخب فيناي b.o. phinney من جامعة كاليفورنيا لكي يتحدث في المؤتمر عن هذه البحوث، فذكر أن الجبرلينات قد استخدمت في عدد كبير من النباتات وأحدثت فيها تأثيرات متنوعة. ولعل أشد هذه التأثيرات وأظهرها هو ما ينتج عن استخدام هذه المواد من استطالة سيقان النباتات بصورة ملحوظة، فقد سببت استطالة سيقان الموالح أكثر من ستة أضعاف، وعند استخدامها في مجموعة من النباتات يبلغ عددها ٤٢ نوعاً، وتضم الحشائش والأشجار والبنجر والفول السوداني وغيرها لم يزد عدد النباتات التي لم تتأثر بالجبرلين عن ثلاثة هي الصنوبر الأبيض والبصل والجلاديوس، فقد شوهد أن سيقان هذه النباتات لم تستطل.

وللجبرلينات تأثيرات طريفة جداً على بعض النباتات القصيرة، فقد وجد بريان brain أن هذه المواد تجعل شجيرات البازلا القصيرة تستطيل حتى يصل طولها إلى طول القائم التي تتسلق عليه. كما استطاع فيناي phinney أن يجعل خمسة من تسعة أقزام نباتية من القمح تنمو إلى الأطوال المعتادة بمعالجتها بالجبرلين بعد أن فشلت المنشطات الأخرى في إحداث ها الأثر. فهل من المحتمل أن يكون نبات القمح المعتاد أو نبات البازلاء المعتادة من النباتات التي تنتج الجبرلين أو مادة أخرى مشابهة لها؟.

إن لدينا من الأدلة ما يجعلنا نعتقد في صحة هذا الرأي فقد اكتشف بعض الباحثين أن خمسة من نباتات القمح الأقزام قد أمكن جعلها تنمو للأطوال المعتادة بمعالجتها بخلاصة مأخوذة من البذور الحديثة لعدد من النباتات المختلفة.

والجبرلين ينشط أيضاً عملية الإزهار في بعض النباتات. فمن النباتات ما يزهر عادة من تأثير برد الشتاء ومنها ما يزهر استجابة لطول فترة النهار في فصل الربيع، ومنها ما يحتاج إلى مزيج من الحرارة وطول فترة النهار. وقد أمكن حتى الآن جعل ١٢ من هذه الأنواع تزهر في غير مواقيتها بمعالجتها بالجبرلين. ومن العجيب أن النباتات التي تحتاج إلى أيام الخريف القصيرة لكي تزهر لا تتأثر بالجبرلين بنفس هذه الطريقة. ومع ذلك فإنه حيث يؤثر الجبرلين، يمكن استخدامه عند زراعة البور مع تحقيق نتائج اقتصادية كبيرة.

ويظهر أن أحداثاً عظيمة تنتظر علماء فسيولوجيا النبات عند محاولتهم اختبار هذه المواد؛ فلقد شغلت الأوكسينات الباحثين حول موضوع نمو النبات ما يزيد عن ثلاثين سنة. ويوجد الآن أربع فصائل من المواد النباتية تنتظر البحث والدراسة. وقد يتضح أن هذه المواد سوف تندمج في عدد أقل فقد اتضح أن عوامل لبن جوز الهند تشبه الكاينتين في عملها وأن الجبرلين ينتسب إلى اللكتونات في تركيبه الكيماوي.

ومما يستحق الذكر أن أفراد كل قسم من أقسام هذه المركبات، تختلف فيما بينها من حيث خواصها وسلوكها. وقد تكون هذه الاختلافات ذات أهمية، ولذلك فإن علماء الفسيولوجيا يهتمون بأوجه الشبه في العمليات الأساسية كالتنفس في جميع الكائنات.

ولكن يلوح أنه قد حان الوقت لكي نتساءل لماذا تختلف الأنواع النباتية والحيوانية في وظائفها الفسيولوجية؟ ولعلنا نحصل على الإجابة الحاسمة عن هذه الأسئلة من دراسة منظمات النمو في النبات؛ فالعوامل المنشطة التي نحصل عليها من بندق الحصان تختلف بصورة واضحة عن تلك التي تحصل عليها من جوز الهند، فكم من النباتات الراقية توجد بها مواد تشبه الجبرلين وبأي قدر ولأي غرض. هذه جميعاً أسئلة جديدة مهمة في الميدان.

إن جميع النظريات التي تشملها الكتب حول موضوع النمو في النبات لا بد أن تراجع في ضوء ما تكشف عنه البحوث الجديدة. وسوف يبقى بعض هذه النظريات وينهار البعض الآخر. ولكن هل يساعدنا هذا الفهم الجديد لمشكلة النمو في حل مشكلة السرطان؟.

القسم الثاني

الطقس والزراعة

الطقس والزراعة

فريتز ونت

Frits w. went

نكاد ننسى في بلدنا ذات التقدم الصناعي الكبير أن حياة الإنسان الحديث مازالت تعتمد إلى حد كبير على الزراعة، ومن الصعب أن نقدر ما قد يتعرض له هذا الأساس من تزعزع مع لزومه لإمداد عدد متزايد من السكان بالغذاء. ولم يستطع الإنسان المتمدين أن يحصل على ما يحتاج إليه من الغاء من التربة، وأن يجعلها وافية بحاجاته المتزايدة بمشقة العمل والاختراع. ويعتبر الوصول إلى عملية الزراعة المنظمة في حد ذاته عملاً فنياً رائعاً. ولقد كان على الفلاحين الأوائل، في سبيل تحقيق هذا الهدف أن يستنبطوا المحصولات مثل القمح والأرز وغيرها، كما كان عليهم أن يكتشفوا ويهذبوا عمليات الحرث والعزق والري واستئصال الأعشاب ومحاربة الآفات والأمراض، حتى وصلت الزراعة إلى ما وصلت إليه اليوم.

فعن طريق استخدام وسائل الإنتاج الوفير، أصبح الفلاح الواحد قادراً على إنتاج كمية من الغاء تكفي سبعة عشر شخصاً. وقد يسرت البحوث السيطرة على معظم أمراض وآفات النباتات المهمة، كما مكنتنا من المحافظة على التربة وجعلها تنتج محصولاً وفيراً عاماً بعد آخر. وسهلت المواصلات سرعة توزيع الغذاء عبر القارات فعالجت بذلك ما قد يكون في

بعض أنواع التربة من قصور عن إنتاج بعض النباتات، كما وفرت الوسائل الحديثة التي تتبع لحفظ الغذاء الطازج على مدار السنة.

والعامل الوحيد الذي لم يستطع الإنسان أن يسيطر عليه حتى اليوم هو الطقس؛ فالرياح العاصفة والفيضانات الجارفة، وتجمد المياه والزوابع والأعاصير ما زالت تهدد المشروعات الزراعية وتعوض المحصولات للخسارة والتلف حتى في الولايات المتحدة.

وتتجلى أهمية دراسة الطقس إذا نظرنا إلى إحصائيات الإنتاج السنوي للطماطم في الولايات المتحدة؛ فإنتاج الفدان من الطماطم يختلف سنوياً اختلافاً كبيراً في ولاية عنه في أخرى. ولكن هذا الإنتاج لا يتعرض للاختلافات الكبيرة في كاليفورنيا إذا ما قورنت بغيرها من الولايات التي تبلغ اختلافات الطقس فيها درجة كبيرة. مما لا يدع مجالاً للشك في أن الفوارق والاختلافات في حالة الطقس من سنة إلى أخرى تعتبر مسئولة إلى حد كبير عن الاختلاف في الإنتاج. ويتأثر بتغيرات الطقس عدد من المحصولات الأخرى مثل الفول والبازلاء والفواكه المختلفة. فما هي العوامل المناخية التي تتلف المحصولات والتي نجد صعوبة في تحديدها فضلاً عن قياس أثارها؟. ولا شك أن هذه العوامل ترتبط بأشياء مثل هذه العوامل ترتبط بأشياء مثل كمية ضوء ودرجة الحرارة والرطوبة.

ومنذ عشرة سنوات أخذنا نجري بعض البحوث حول أثر العوامل الجوية في إنتاج النبات. وقد تمت هذه البحوث في المعهد التكنولوجي

بكاليفورنيا، وبدأت جميعاً بدراسة تجريبية لأثر الظروف المختلفة في نمو الطماطم. ولقد كان تحت يدنا اثنان من البيوت الزجاجية يعود الفضل فيهما إلى كرم مس كلارك وإلى الخبرة العلمية والفنية لإفرسول. وقد قررت أن أقوم أولاً بدراسة تأثير للرطوبة النسبية في الهواء على نمو النبات، ولما كان من اللازم أن تكون درجة الحرارة مرتفعة لكي تتوفر لدينا نسبة منخفضة من الرطوبة، فقد وقع الاختيار على نبات الطماطم ليكون موضوع تجاربي، فالطماطم من النباتات التي تحب الدفء.

وقد حافظنا على درجة الحرارة ثابتة (٧٩ فهرنهيت) في البيتين الأخضرين، ولكننا جعلنا درجة الرطوبة في أحد البيتين ٧٠% وفي الآخر ٤٠% ولم يظهر للرطوبة أي تأثير؛ فقد نمت نباتات الطماطم في كلا البيتين بنفس السرعة. ولكننا لاحظنا أن جميع النباتات كانت ضعيفة إلى حد ما. وقد فشلت في اكتساب لون أخضر مناسب وكان شكلها مغزلياً، وأسوأ ما في الأمر أنها لم تنتج أزهاراً، فلم نحصل خلال السنة الأولى على أكثر من أربع ثمرات ناضجة كانت هي كل ما أنتجته مئات النباتات التي زرعت في هذه التجربة.

وقد قدم الخبراء في زراعة الطماطم الذين شاهدوا هذه النباتات جميع التفسيرات الممكنة لضعف المحصول، ولكن هذه التفسيرات جميعاً لم تساعد في الوصول إلى حل المشكلة. وأخيراً حاولنا أن نخفض درجة الحرارة في أحد البيتين الأخضرين إلى ٦٤ ف، وحينئذ بدأت نباتات الطماطم

الموضوعة في هذا البيت في تكوين الثمار مباشرة، كما لوحظ أن هذه الثمار نضجت بصورة طبيعية.

وقد بدا هذا الأمر غاية في الغرابة، فالطماطم تنمو وتثمر جيداً في الحقل تحت درجة حرارة أعلى بكثير من درجة ٧٦ وهي الدرجة التي حافظنا عليها في التجربة الأولى. وبعد إجراء التجارب أمكننا أن نصل إلى أن هذه النباتات تحتاج إلى اختلاف في درجة الحرارة بحيث يتم هذا الاختلاف في صورة دورة يومية. ويكون النمو أحسن ما يكون إذا كانت درجة الحرارة في أثناء الليل، وهي الفترة المظلمة، حوالي درجة ٦٤ ف.

ومما لا شك فيه أننا كنا في حاجة إلى مزيد من المعلومات المفصلة لكي نفهم تأثير كل واحد من العوامل المختلفة على نمو النباتات.

وقد تقدمت مؤسسة إرهارت (earhart) بمنحة سخية قدرها ٤٠٧٠٠٠ من الدولارات، زادت عليها بعد ذلك ٧٤٠٠٠ دولارا للإنشاء والإشراف على مجموعة من البيوت الخضراء لدراسة جميع العوامل المناخية التي تؤثر عل نمو النبات، وهذه المنشأة التي تعرف بمعمل إرهارت لبحوث النباتات يطلق عليها أيضاً اسم فتيوترون. وكلمة فيتو إغريقية معناها النبات وكلمة ترون معناها علم الطبيعة أو الفيزياء.

ولكي نعطي فكرة عن معمل إرهارت يحسن أن نقوم بجولة سريعة داخله، فمن الخارج يبدو البناء كأنه قصر كبير له له نوافذ عديدة. أما من الداخل فإن الباب الأمامي يقودك مباشرة إلى بابين كتب على أحدهما

"سيدات"، وعلى الآخر "رجال". وقبل أن تستطيع دخول المعمل يطلب إليك أن تذهب إلى حيث تغسل يديك وتمشط شعرك وتبدل ملابسك التي كنت ترتديها في الشارع بأخرى من ملابس المعمل المغسولة والمكوية، وذلك للتأكد من أنك لا تصحب معك إلى المعمل حشرات أو أمراضاً. وداخل البناء تجد نفسك في جو عجيب خال من آثار للحشرات أو التراب أو الدخان. وعند مرورك من الباب إلى البيت الأخضر تجد نفسك فجأة في عالم جديد مليء بالنباتات التي تقع عليها أضواء منتشرة رقيقة نتيجة لمرور رذاذ الماء على السقف الزجاجي لكي يقوم بامتصاص معظم الأشعة تحت الحمراء التي يشتمل عليها ضوء الشمس، فهذه الأشعة لا تستخدم عند إجراء التجارب على نمو النبات. ويبدو الهواء دائماً منعشاً وعليلاً، كما أنه لا يكون راكداً في البيوت الخضراء المعتادة. فالهواء المكيف يدور دورة مستمرة داخل هذه البيوت فهو يدخل من فتحات في الأرض ويخرج من فتحات تهوية خاصة في الحوائط.

ويتم تجديد الهواء تجديداً كاملاً مرتين في كل دقيقة مما يساعد على التخلص من حرارة الشمس. وفي فترة الظهر يمتص البيت الأخضر قدراً كبيراً من الحرارة لدرجة أنه خلال الدقيقة التي تتم خلالها دورة الهواء، ترتفع درجة الحرارة داخل البيت سبع درجات. ويعمل جهاز التهوية على بقاء الهواء متحركاً بدرجة من الانتظام لا تسمح بوجود أية مناطق راكدة، وبذلك تتعرض جميع النباتات في البيت الأخضر إلى نفس القدر تماماً من درجة الحرارة والرطوبة.

وأعلى درجة للحرارة في هذه البيوت هي درجة ٨٨ ف، في أثناء النهار صيفاً وشتاء. ومع ذلك فإن الإنسان لا يكاد يشعر بشدة هذه الحرارة ويستطيع أن يسير داخل البيت بارتياح. وقد يدهشك في الواقع أن تعرف درجة الحرارة الحقيقية في المكان؛ فدرجة الحرارة أقل أهمية من الإشعاع من حيث إحساس الإنسان بالحرارة أو البرودة. وفضلاً عن ذلك فإن درجة الرطوبة النسبية للهواء لها تأثير كبير على إحساس الإنسان بالحرارة، فالهواء الجاف يبدو كما لو كان أكثر برودة من الهواء الرطب الذي يماثله في درجة حرارته. ونقطة ثالثة هي أن الهواء المتحرك يبدو أكثر برودة من الهواء الساكن في نفس درجة الحرارة.

وجولة كاملة داخل معمل إرهارت تؤدي بنا إلى ٥٤ غرفة منفصلة تنمو بها النباتات. وبعض هذه الغرف مظلم، والبعض الآخر يضاء إضاءة صناعية إلى غير ذلك من الظروف المتنوعة في مختلف الغرف. وجميع النباتات موضوعة على مناضد ذات عجلات، وبذلك يمكن تحريكها إلى أي بيئة من البيئات المختلفة التي يبلغ عددها ٥٤ بيئة. ونستطيع في المعمل أن ندرس أثر عامل أو أكثر على نمو النبات، فمن الممكن أن نجمع بين عاملين مثل درجة الحرارة العالية في أثناء النهار والمنخفضة في أثناء الليل، كما نستطيع أن نغير فترة الإضاءة، أو أن نعرض النبات للطر الصناعي وللريح الشديدة أو لتأثيرات الغازات المختلفة.

والعوامل التي يعني المعمل بدراستها بصفة خاصة هي درجة الحرارة نهاراً ودرجة الحرارة ليلاً وقوة الإضاءة وطول فترة الإضاءة النهارية ونوع

الضوء والرطوبة النسبية للهواء والريح والمطر والغازات التي يشتمل عليها الهواء.

أما جميع العوامل الأخرى فهي مستبعدة بقدر الإمكان وذلك لكي تتركز الجهود حول دراسة العوامل التي حددناها لمعرفة آثارها. وقد جعلنا التغذية وظروف التربة متماثلة وذلك بزراعة جميع النباتات في فرمكيولايت vermiculite أو رمل خشن أو خليط منهما، وري النباتات بمحاول غذائي معروف التركيب يصل داخل أنابيب إلى جميع البيوت الخضراء والغرف التي تنمو بها النباتات.

ونستطيع بطبيعة الحال أن نغير طريقة التغذية وقت اللزوم عند إجراء دراسات خاصة.

وتزرع نباتات عديدة مختلفة في نفس البيت الواحد، أما في الأغراض التجارية فتستخدم بيوت مستقلة لكل نوع وتهيأ له أنسب الظروف المناسبة لنموه. أما هدفنا فكان اختبار نباتات معينة تحت ظروف متباينة، ولذلك فقد كنا نجمع أحياناً بين الطماطم والبازلاء والبطاطس وغيرها من الأنواع النباتية الأخرى في نفس البيت، ثم نختبر مدى تأثرها بدرجة حرارة معينة. وفي بيت زجاجي آخر يمكنك أن تشاهد بعض النباتات الصحراوية تنمو بجوار أشجار البن والشعير " والسبانخ " والقرنفل وعشرات من النباتات الأخرى كل منها يشترك في تجربة لها هدف معين.

وبانتهاء جولتنا خلال البيوت الخضراء دعنا نلقي نظرة على الغرف التي تضاء صناعياً، ويوجد ثلاثة عشرة مجموعة من هذه الغرف، لكل منها جهاز خاص بها لتكييف الهواء. وكل مجموعة من هذه المجموعات مقسمة إلى عدد من الغرف أو الحجرات المستقلة التي يفصلها عن بعضها أبواب متحركة متزلجة، بحيث يمكن جعل النباتات التي في غرف المجموعة الواحدة تتعرض لنفس الدرجة من الحرارة مع اختلاف ظروفها الضوئية. والنباتات محمولة على منضد يمكن التحكم في ارتفاعها بحيث أنه كلما ازدادت النباتات طولاً نتيجة النمو، أمكن خفض المنضدة وبذلك يبقى النبات دائماً على نفس البعد من مصدر الضوء. وتضاء المصابيح الكهربية وتطفأ بصورة آلية باستخدام ساعات زمنية خاصة. ومن الممكن تحريك النباتات، وهي على حالها إلى غرف مظلمة مجاورة إذا تطلب الأمر ذلك.

وتتروح درجة الحرارة في الغرف المضاءة صناعياً بين ٣٨، ٣٦ ف. ويشمل ها المدى أنسب درجات الحرارة بالنسبة للنباتات الاستوائية، وكلك بالنسبة لنباتات المناطق الباردة .وتبقى درجة الحرارة في هذه البيوت بين ٥٣، ٧٣. وتنخفض درجة الحرارة دائماً في أثناء الليل لأن معظم النبتات تحتاج إلى هذا الاختلاف اليومي لكي تنمو على أحسن حال.

فإذا انتقلنا إلى أماكن العدد والآلات والمراقبة فإنك سوف تلاحظ كثيراً من الأجهزة والآلات المعقدة التي تلزم لإدارة هذا المعمل والمحافظة على سير العمل فيه؛ ففي موضع استراتيجي في وسط الطابق السفلي توجد غرفة المراقبة وبها لوحات مستطيلة عليها كثير من العدادات وأجهزة

التسجيل التي تبين بكل دقة ظروف كل غرفة من الغرف. وفي هذا المكان يجلس الرئيس الذي يشرف على البناء وما به من الأجهزة، كما يوجد أيضاً الجهاز الإداري المحكم الذي يعمل على استلال كل جزء من المكان إلى أقصى ما يمكن.

وفي الطابق تحت السفلي (البدروم) توجد أنابيب عديدة لتوصيل الهواء الساخن والهواء البارد والهواء المضغوط وسوائل التغذية والماء غير المتأين وماء الصنابير المعتادة وغيرها إلى حيث يحتاج إليها. كما يوجد جهاز تكييف خاص لكل غرفة من الغرف العليا. ويوجد في هذا الطابق تحت السفلي كذلك معمل عام ومخازن وغرف فوتوغرافية ... إلخ.

ومن المشكلات التي كان ينبغي أن تحل لكي يحقق المعمل رسالته مشكلة ترشيح الهواء الداخل؛ فتكييف الهواء يتطلب استخدام كميات هائلة من الهواء لأن التبريد يحدث بالبخر. ومن الواجب أن يرشح هذا الهواء لضمان خلوه من التراب والحشرات وجراثيم الأمراض والدخان والجزيئات الصغيرة من المواد التي توجد غالباً في جو مدينة مثل بازادينا حيث يختلط الهواء بناتج تأكسد أبخرة الجاسولين التي تعتبر سامة للنبات. وتبلغ سعة أجهزة الترشيح ما يقرب من طن من الهواء في الدقيقة واحدة. وقد أمكن التغلب تدريجياً على جميع الصعوبات التي تقف في وجه عملية الترشيح وصار لدينا في المعمل هواء كامل النظافة.

أما وقد ألقينا نظرة على المعمل فنقوم باستعراض بعض ما أدت إليه التجارب والبحوث من النتائج حول النباتات وعلاقتها بالظروف الجوية خلال السبع سنوات ونصف السنة، وهي المدة التي انفصلت منذ بدأ هذا المعمل عمله. وسوف نبدأ بحاجة النبات إلى تبادل درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة في أثناء اليوم الواحد. وهي الظاهرة التي لاحظناها في تجاربنا الأولى على نباتات الطماطم. وقد دلت التجارب العديدة التي قمنا بإجرائها على أن معظم أنواع نباتات الطماطم تحتاج إلى نفس درجة الحرارة ليلاً لكي تكون الثمار. ويوضح لنا ذلك لماذا ينخفض إنتاج الطماطم انخفاضاً كبيراً في المناطق الاستوائية، فدرجة الحرارة هناك في أثناء الليل فوق المعدل المناسب لتكوين الثمار.. أما في الأجواء الباردة فإن درجة حرارة الليل تكون منخفضة أكثر من اللازم. ويكون إنتاج الطماطم على أحسنه في كاليفورنيا حيث تكون درجة الحرارة ليلاً في الصيف متجانسة تقريباً وفي حدود المعدل المناسب لإنتاج الطماطم. وفي المناطق الجنوبية الغربية والشرقية تؤدي الاختلافات الكبيرة في درجات الحرارة في أثناء الليل إلى اختلاف كبير في إنتاج الطماطم؛ ففي بعض السنوات لا يتوافر إلا أسابيع قليلة من درجات الحرارة الليلية المناسبة، وحينئذ يكون المحصول ضئيلاً. وتقوم في المعمل في الوقت الحاضر باختبار أنواع جديدة من الطماطم يأمل مربو النباتات أن تكون أكثر احتمالاً للاختلافات في درجات الحرارة الليلية. وتدل الشواهد على أن الجهود التي تبذل لإنتاج أنواع من الطماطم أقل حساسية من الأنواع المعتادة، سوف تكلل بالنجاح.

والبطاطس وهو ذو قرابة كبيرة للطماطم يتأثر بالحرارة بنفس الطريقة، فهو لا يكون الدرنات إلا إذا هبطت درجة الحرارة ليلاً داخل حدود ضيقة وأنسب مدى لاختلاف درجات الحرارة الليلية للبطاطس يقع بين ٥٠ درجة، ٥٧ درجة ف، أي أقل من المدى المناسب للطماطم بنحو عشر درجات.

ويوضح لنا ذلك لماذا تنمو البطاطس نمواً ممتازاً في المناطق الشمالية مثل منطقة مين وأيرلندا وشمال أوربا. ويمكن أن تزرع البطاطس في الوادي المتوسط في كاليفورنيا في الربيع وأواخر الخريف، ولكن ليس خلال منتصف الصيف. وفي المناطق الاستوائية يمكن أن تزرع البطاطس على الجبال حيث تكون درجات الحرارة في أثناء الليل في حدود المدى المناسب لنمو النبات. وقد وجدنا أن الأمر المهم هنا هو درجة الحرارة التي تتعرض لها قمة نبات البطاطس فتدفئة التربة صناعياً أو تبريدها كان له أثر ضئيل جداً على تكوين الدرنات.

أما بنجر السكر فهو يستجيب للحرارة بطريقة معقدة إلى حد ما، فالنبات ينمو نمواً ممتازاً – على الأقل في الأنواع التي تنمو في الأجواء الحارة – عندما تكون درجة الحرارة حوالي ٦٨ درجة ف، ولكن هذه الدرجة لا تناسب عملية تكوين السكر داخل النبات. ونباتات البنجر التي تنمو تحت درجة حرارة ليلية قدرها ٦٨ درجة تكون درنات ضخمة جداً ولكنها تحتوي قدراً ضئيلاً جداً من السكر. وتكون هذه الدرنات أقصى

كمية من السكر عندما تتعرض لدرجة حرارة ليلية تنخفض عن هذا القدر بكثير، وعندما تحصل على قدر ضعيف نسبياً من الغذاء النيتروجيني.

ومعنى ذلك أن أفضل تتابع للظروف بالنسبة لبنجر السكر هو: صيف حار مع تغذية نيتروجينية مبكرة عندما يكون النبات في طور نموه، ثم يتبع ذلك طقس خريفي مشمس – لكي يساعد على عملية التمثيل الضوئي وتكوين السكر – بحيث تكون الليالي باردة إلى ما يقرب من التجمد.

والبازلاء تنمو في أثناء النهار ولا تتأثر بدرجة حرارة الليل إلا بقدر ضئيل وتبلغ أحسن نموها عندما تكون درجة حرارة النهار تحت ٧٠ درجة ف، وبمجرد ارتفاع درجة الحرارة في أثناء النهار فوق ٨٠ درجة إلى ٨٥ درجة فإنها تموت. وفي المناطق الحارة لا يمكن أن تزرع إلا كمحصول شتوي.

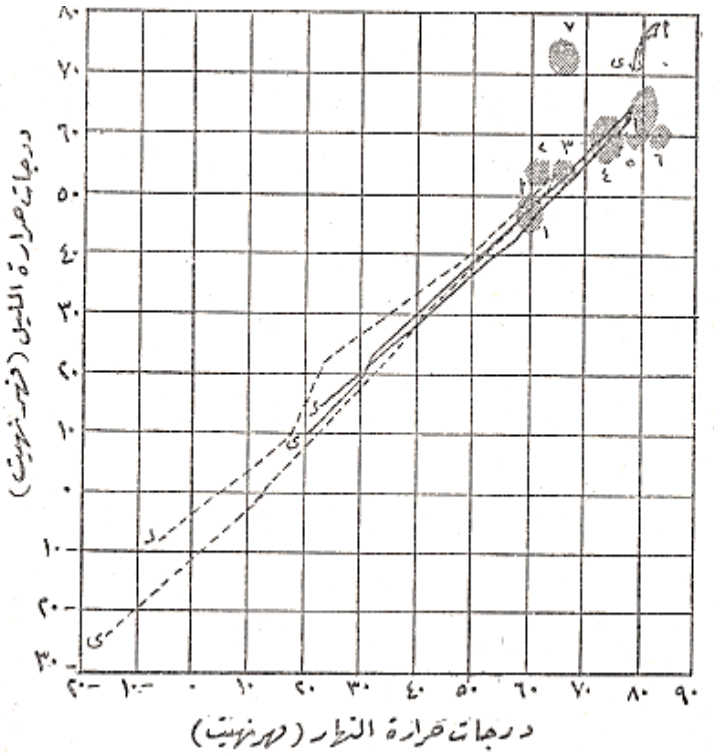
وقد بحثت كذلك استجابة عدد كبير من النباتات الأخرى لدرجات الحرارة في أثناء النهار والليل، ورسمت لكل منها خريطة تبين أنسب مدى لدرجات الحرارة. وفي الشكل المبين على (صفحة ٩٠) عينة للمدى المناسب لبعض نباتات الحدائق.

وكلما بعدت درجات الحرارة عن عن المدى المناسب ضعف نمو النبات حتى يقف نهائياً، فالبنفسج الإفريقي يموت بعد انقضاء أسابيع أو أشهر إذا عرض لظروف تعتبر أنسب الظروف لنبات الديزي

الإنجليزي English daisy، بينما يموت هذا النبات إذا عرض لأكثر الظروف ملاءمة بالنسبة للبنفسج الإفريقي.

وإذا طبقنا خريطة كهذه على خريطة تبين اختلافات درجة الحرارة في منطقة معينة فإننا نستطيع أن نحدد أي النباتات يمكن أن ينمو وأين، كما نستطيع أن نحدد أنسب الفصول لنمو نبات معين في بيئة معينة. ومعظم النباتات المعمرة التي تنمو في الأجواء المعتدلة يتوقف نموها على اختلافات دورية في درجات الحرارة في أثناء الليل والنهار ، فالتيوليب مثلاً لا يمكن أن يزهر في جو تام التجانس. وهناك اختلاف في درجات الحرارة المناسبة لكل طور من أطوار نمو النبات. فلا بد في بادئ الأمر من فترة تكون درجة الحرارة فيها تحت الـ ٥٠ لكي تمهد لنمو ساق الزهرة. وبعد ذلك تحتاج الساق إلى درجة ٦٣ لكي تحقق أحسن نمو لها. وأخيراً يحتاج نبات التيوليب إلى درجة حرارة ٨٠ لكي ينتج الأوراق والأزهار في الموسم التالي.

أما نبات الهياسنت (hyacinth) فإنه يحتاج إلى ما يقرب من عشر درجات فوق المعدل السابق. والبصل يبدأ في تكوين الأزهار في درجة حرارة منخفضة ولكنه يحتاج إلى درجات حرارة أعلى في عمليات نموه الأخرى.



أنسب الدرجات توضحها المساحات المطلة بالشكل

والنباتات هى : نباتات الديزى الانجليزي (١) ، الستوك (٢) ، الاجيراتم (٣)، أسطر الصين (٤) ، الزينيا (٥) ، البيتونيا (٦) ، البنفسج الافريق (٧) ، وموضح بالشكل أيضا متوسط درجات الحرارة بالنهار والليل في ثلاث مناطق ، المنحنى الطويل المتقطع يوضح درجات الحرارة في فير بانكس بالاسكا ، والمنحنى الأسود لشلالات سايوكس سزد ، المنحنى القصير الأسود في اليمين إلى أعلى لمنطقة سان جوان بير توريكو ، الأحرف التى على المنحنيات تدل على أن أشهر السنة ، حيث يتقاطع منحنى المنطقة مع المساحة المطلة لنبات ، يجود نمو هذا النبات

والنباتات التي تمكث في الأرض عامين مثل البنجر والجزر، تقضي عامها الأول في تكوين مجموعة من الأوراق وجذر ممتلئ بالمواد الغذائية. وتكون هذه النباتات في فترة ركود في أثناء الشتاء، وفي الربيع التالي تنبثق ساق طويلة من وسط مجموعة الأوراق، وهذه الساق تنتج الأزهار والثمار. ولا بد لهذه النباتات من فترة الشتاء الباردة، فإذا بقي البنجر مثلاً في درجة مرتفعة بصفة مستمرة، فإنه يعيش سنوات وينمو إلى حجم كبير متضخم، ولكنه لا ينتج أزهاراً أبداً.

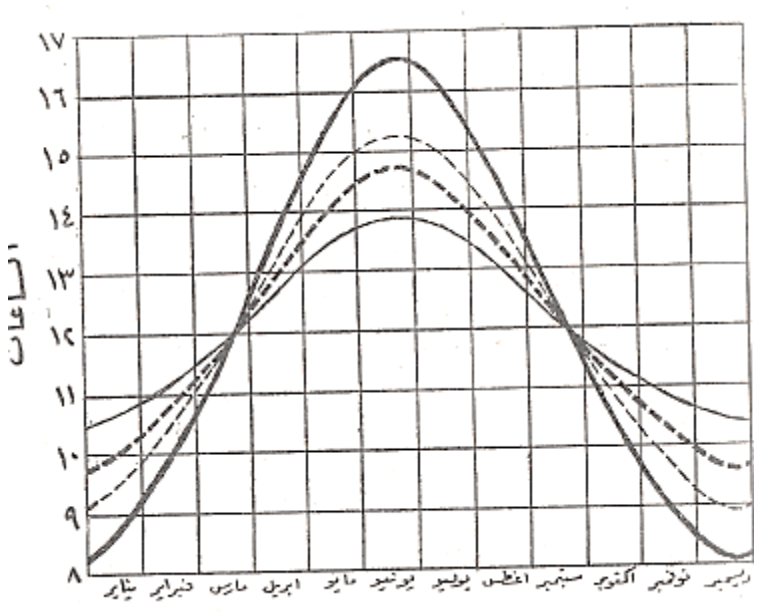
ومعظم نباتاتنا التي تسقط أوراقها، تحتاج إلى تتابع فصول الصيف الحارة مع فصول الشتاء الباردة؛ فشجرة الخوخ أو الكمثرى لا تفتح براعمها الورقية أو الزهرية في الربيع إلا إذا مر بالشجرة شتاء بارد برودة كافية. ولم تجر بعد بحوث كافية على أثر البرودة ومدى احتياج النبات إليها، ولكن يلوح أن درجة الحرارة ينبغي أن تنخفض عن درجة ٤٠ لعدة أشهر. وتختلف هذه المدة تبعا لنوع الأشجار، فأنواع الخوخ التي تنمو عادة في الأجواء الباردة تحتاج إلى فترة من درجة الحرارة المنخفضة أطول من تلك التي تحتاج إليها الأنواع التي تنمو في مناطق أكثر دفئاً من السابقة. وعلى ذلك فإن شجرة الخوخ التي لا تجود زراعتها في منطقة سانت لويس، لا تكون أوراقاً في كاليفورنيا الجنوبية، بينما نجد أن الخوخ الذي ينمو في جنوب كاليفورنيا يحتمل أن ينمو جيداً في سانت لويس في أثناء إحدى موجات الجو الحار التي تأتي في منتصف الشتاء، وذلك لأن احتياجاته المعتدلة من الجو البارد تكون قد تحققت بسرعة زائدة.

والأشجار التي تسقط أوراقها تتأثر بالأحوال الجوية بطريقتين: التغيرات في درجة الحرارة، والتغيرات في فترة النهار (راجع الفصل السابق عن السيطرة على عملية الإزهار في النبات) فشجرة الخوخ أو الكمثرى تحس بمقدم الخريف نتيجة لتأثرها بقصر النهار، وعندئذ تدخل براعمها في مرحلة الركود. وإذا بقيت شجرة الخوخ بصفة مستمرة في فترات نهارية طويلة داخل المعمل، فإنها تستمر في نموها الحضري دون أن تكون براعم ساكنة. وفي الطبيعة يؤدي تتابع الأيام الطويلة مع القصيرة والأجواء الحارة مع الباردة إلى نوع من التوافق بين الشجرة وفصول السنة. واستجابة شجرة الخوخ معقدة؛ فهي تحتاج إلى شتاءين باردين متواليين يفصلهما صيف حار؛ ففي الشتاء الأول تأخذ براعم الأزهار الجديدة في الظهور أما في الصيف والشتاء الثاني فإن النبات يجهز لإزهار هذه البراعم.

والشجيرات دائمة الخضرة التي تنمو في الأجواء الحارة مثل نباتات الكاميليا تخضع أيضاً لتأثير عاملين: تغيرات درجة الحرارة في الفصول المختلفة وطول فترة النهار؛ ففي هذه النباتات تتكون براعم الأزهار أبان الصيف عندما تكون درجات الحرارة مرتفعة، وتتفتح الأزهار في الشتاء التالي. ولكي تنمو هذه النبتات خضرياً لا بد أن تتوافر لها فترات نهار طويلة. وعلى ذلك فإن نباتات الكاميليا لا تجود إلا حيث تتعرض لتغيرات موسمية كافية.

وكثير من النباتات الاستوائية كالنخيل والهبسكس تكون أوراقاً وأزهاراً على مدار السنة، ويرجع السبب في عدم صلاحيتها للزراعة في

الأجواء المعتدلة إلا أن الصقيع يقتل نموها الخضري، ومع ذلك فإنه حتى بعض النباتات الاستوائية مثل البونسيانا الملكية (royal – Poinciana) تستجيب لدورة سنوية وهي دورة الفصول الممطرة والفصول الجافة.



يحدد طول النهار متى يزهر النبات: الإحداثي العمودي في هذا الشكل يمثل طول النهار بالساعات والدقائق، والإحداثي الأفقي يمثل أشهر السنة. المنحنيات الأربع تصور الاختلاف السنوي في طول النهار بأربعة من خطوط العرض هي: ميامي (٢٦ درجة شمالاً)، سان فرانسيسكو (٣٧ درجة)، شيكاغو (٤٢ درجة)، وينبج (٥٠ درجة) يحتاج نبات الكوكليير إلى تسع ساعات أو أكثر في الظلام (أي ١٥) ساعة أو أقل من الضوء لكي يزهر. وعلى ذلك فإنه في منطقة وينيج يقضي فترة طويلة من

النمو الحضري حتى بعد بلوغه درجة النضج الكافية للإزهار، أما في ميامي فإنه يزهر بمجرد بلوغه النضج اللازم لهذا الأمر. وفي وينتيج تظهر براعم الكوكليبر حوالي الثالث من أغسطس وهو موعد متأخر قد يكفي لقتل النباتات.

ومن الواضح أن الطقس يؤثر على النباتات بتأثيره على كيمياها الحيوية التي ليس لدينا في الوقت الحاضر معلومات كافية عنها، ولكننا نجد أن لعوامل الطقس تأثيرات معينة على مذاق الفاكهة وخواصها الأخرى، وباستخدام اللسان كأداة للتحليل والمقارنة استطعنا أن نبحث تأثير العوامل المختلفة على نكهة الفراولة.

فعندما تنمو الفراولة في درجات الحرارة المرتفعة أو المعتدلة، تكون ثمارها حمراء وحلوة مع حموضة خفيفة ولكنها لا تكون لها النكهة الخاصة بالفراولة؛ فلتكوين هذه النكهة لا بد أن تنضج الثمار في درجات حرارة نهارية حوالي درجة ٥٠ ف وقد علمتنا التجارب أن النباتات لا بد أن تتعرض للكمية المناسبة للضوء ودرجة الحرارة لمدة لا تقل عن أسبوع حتى تكتسب طعم الفراولة والنكهة الخاصة بها.

وتفسر لنا هذه النتائج لماذا يكون طعم الفراولة التي تنمو في أول الموسم أحسن ما يمكن. إنها تنضج حينما تكون رجة الحرارة في الصباح المبكر حوالي درجة ٥٠ درجة ف، أما الفراولة التي تنضج في أواخر الربيع وفي أثناء الصيف فإنها تكون عديمة النكهة، لأن الثمرة الناضجة لا تتعرض

لدرجة الحرارة المناسبة في أي وقت في أثناء النهار. وعند خطوط العرض المرتفعة أو في المناطق الشمالية تنخفض درجات الحرارة في الصباح حتى في فصل الصيف. وعلى ذلك فإن الفراولة التي تنمو في آلاسكا وشمال السويد والمناطق الجبلية تكون ممتازة الطعم دائماً.

وفي ضوء هذه المعلومات يجب أن نكون قادرين على زراعة الفراولة في ظروف تؤدي إلى إنتاج أنواع ممتازة في جميع صفاتها من حيث النكهة الكاملة وغيرها من الصفات، فمما لا شك فيه أن هذه النكهة هي التي تجعلنا ندفع في سلة الفراولة الصغيرة ١٥ قرشاً بينما لا يزيد ثمن ما فيها من المواد السكرية والحمضية (إذا اشتريت مستقلة) عن خمسة مليمات.

ومن الممكن أن تكون نفس العوامل هي التي تجعل لكثير من الفواكه الأخرى طعمها الخاص، ومن المحتمل كذلك أن يكون الطعم الذي يمتاز به تفاح الشمال راجعاً إلى درجة الحرارة المنخفضة التي يتعرض لها في الأيام الأخيرة من نضجه وبخاصة في فترة الصباح. ويهتم الزراع بالنوع والمظهر، والأجدر بهم أن يهتموا بالنكهة التي نجعلها في المكان الأول عندما نشتري التفاح. ومن المحتمل أن تزداد معلوماتنا عن الظروف التي تؤدي إلى تحسين طعم الفاكهة ونكهتها إلى أقصى حد ممكن.

ولما كانت الزراعة تمثل العمود الفقري لوجودنا، ولما كانت الظروف الجوية عاملاً مهما إنتاج المحصولات، فماذا نستطيع أن نقوم به في هذا السبيل؟

تبلغ هذه هذه المشكلة من الضخامة قدراً يستوجب مزيداً من عنايتنا كما يستوجب عناية الدارسين والباحثين في جميع أنحاء العالم. ومن الملاحظ أن جميع مراكز البحوث الزراعية وكليات الزراعة توجه جهودنا نحو دراسة أمراض النباتات وما يصيبها من الآفات وتحاول إنتاج الأنواع الجديدة وتحديد أحسن الطرق للزراعة واستخدام الآلات، ولكن قليلين منهم من يهتمون بهذا النوع من الدراسات. ومن بين هؤلاء معهد دركسل التكنولوجي الذي يقوم بإجراء التجارب للكشف عن أثر العوامل الجوية في حياة النبات، وكذلك تهتم جامعة ويسكونزن وكلية الزراعة بجامعة كاليفورنيا.

ولا بد أن تتضافر على إجراء مثل هذه البحوث جهود المختصين في الفلك والأرصاد الجوية والزراعة وفسيولوجيا النبات، كما تفتقر هذه الدراسة إلى معمل من نوع الفينوترون الموجود في كالتخ. وإننا لنتوقع أن تبنى في المستقبل القريب أمثال هذه المؤسسة، لا لدراسة المشكلات الرئيسية المتعلقة بالنبات فحسب، بل لمحاولة حل كثير من المشكلات الأخرى في عالم الزراعة وتربية النباتات والعناية بالغابات.

وليس هناك مجال كبير لتحسين قدرتنا على اختيار الطقس المناسب للمحصولات التي تمتد على مساحات شاسعة مثل القمح والأرز والقطن، فمثل هذه المحصولات تزرع في أكثر الظروف ملاءمة لها مما توصل إليه الإنسان في ضوء خبرته وبتأثير العوامل الاقتصادية ونتيجة لمحاولة أنواع جديدة تناسب الظروف المحلية. أما المحصولات الخاصة فإن جهوداً كبيرة

تبذل لزراعتها في كل مكان ويحالفها النجاح أحياناً ويصيبها الفشل أحياناً أخرى.

ويستطيع علم دراسة الأحوال الجوية وعلاقتها بالزراعة أن يقدم لنا معلومات وافية عن مدى نجاح كل محصول في منطقة معينة وأن يدلنا على أنسب الأنواع التي يمكن زراعتها في هذه المنطقة، كما أنه يستطيع أن يؤدي خدمات جليلة عن طريق التحذيرات الجوية، ومن أحسن الأمثلة التي تبين فائدة هذا العلم تلك التحذيرات التي يتلقاها زراع الموالح في جنوب كاليفورنيا؛ ففي فصل الشتاء تذاع على الفلاحين بالراديو معلومات عن الحد الأدنى الذي ينتظر أن تصل إليه درجة الحرارة انخفاضاً يستوجب إشعال المدافئ. ويعتمد الفلاحون اعتماداً كبيراً على هذه المعلومات وينامون ملء جفونهم في الليالي المناسبة ويتخذون العدة لإشعال المدافئ في الوقت المناسب.

وفي نذرلاند natherlands يقوم معهد الأرصاد الجوية بتوجيه التحذيرات للزراع ضد أمراض البطاطس؛ فهو يعلنهم عن الظروف الجوية الملائمة لانتشار هذه الأمراض فيتخذون الاحتياطات المناسبة في الوقت المناسب.

كما تذاع تحذيرات قيمة تتصل بكثير من العمليات الزراعية مثل معدل فقد الماء من التربة الذي يمكن الزراع من معرفة متى وبأي قدر يروون حقولهم. وإذا استطعنا أن نحصل على تنبؤات جوية بعيدة المدى،

فإن إمكانيات جديدة كامنة سوف تتحقق في علم دراسة الأحوال الجوية وعلاقتها بالزراعة وسوف يستطيع الخبراء أن يوصلوا الناس فيما يتعلق بأجود أنواع النباتات (كالطماطم مثلاً) التي يمكن زراعتها لتحقيق أحسن محصول.

ويوجد فعلاً في الوقت الحاضر عدة طرق تمكن الزراع من السيطرة إلى حد ما على الأحوال الجوية في الحقل؛ فهم يستطيعون أن يزيدوا من سرعة إزهار الكريزانثمم وغيره من النباتات عن طريق استخدام الأضواء الكهربية والستائر التي تنظم طول فترة النهار تنظيماً صناعياً. وقد وجدنا أنه من الممكن جعل نباتات الطماطم تكون ثمارها في منطقة بازادينا في وقت مبكر من شهري مايو ويونيو وذلك بتغطيها بأقمشة قاتمة اللون فيما بعد العصر وفي الوقت الي تكون فيه درجة الحرارة مناسبة لتكوين الثمار. وقد وجد أن هذه النباتات تأخذ في تكوين ثمارها قبل مثيلاتها الأخرى غير المغطاة بشهر على الأقل. وهناك طريقة أخرى لإنتاج ثمار الطماطم في وقت مبكر، ولكنها تتطلب نفقات أكثر من الطرق السابقة؛ فهي تتطلب أن تزرع الطماطم على امتداد الجانب الشرقي لجدار أو شجرة من أشجار الظل. وبذلك تكون النباتات مظلة فتبدأ نشاطها الليلي في وقت مبكر من المساء حينما تكون درجة الحرارة لا تزال مرتفعة بالقدر الذي يحتاج إليه النبات، ومما يدعو إلى الاطمئنان أن التكنولوجيا قد تقدمت في وقتنا الحاضر تقدماً يجعل كل مشكلة فنية ممكنة الحل إذا كانت لها الأهمية الكافية.

لقد رأينا فيما سبق إمكانيات ملاءمة الظروف الجوية للنبات، ولكن إلى أي مدى نستطيع أن نجعل النبات يتلاءم مع الظروف الجوية؟.. ليس لدينا في الوقت الحاضر إلا قليل من الأدلة العلمية التي تؤيد فكرة أن الأنواع النباتية تستطيع مع مضي الزمن أن تتلاءم مع الظروف التي لا تناسب طبيعتها الأصلية. وأفضل خطة لحل هذه المشكلة هي محاولة تربية أنواع جديدة من النباتات مناسبة للظروف الجوية. وقد حاول ذلك، بطبيعة الحال، كثير من المهتمين بتربية النباتات والقائمين بالبحوث تتلاءم مع الظروف الجوية السائدة في هذه الولاية. ومن العقبات الكبيرة التي تواجه هذه الدراسات وجود فروق طفيفة في الأحوال الجوية من سنة إلى أخرى. وعلى ذلك فإن النباتات التي تنجح زراعتها في سنة من السنوات قد لا تكون مناسبة للظروف الجوية الخاصة بهذه المنطقة.

وبالاستعانة بالفينوترون الذي يمكن فيه السيطرة على عوامل الطقس سوف يصير من الممكن اختيار أنواع خاصة تتلاءم مع كل جو. ونحاول في الوقت الحاضر أن ننفذ برنامجاً لتربية نباتات الطماطم التي تثمر في درجات حرارة ليلية عالية نسبياً في مناطق مثل تكساس. وتقوم بتمويل هذا المشروع شركة كانبل، وهي أكبر هيئة مفردة تنتج الطماطم في الولايات المتحدة. وقد بدأنا ببعض أنواع الطماطم التي تنمو في درجات حرارة ليلية عالية نسبياً في مناطق مثل تكساس. ولكن إنتاجها يكون ضئيلاً ، ووجدنا أنه بلتقيحها من الأنواع الأخرى فإننا نستطيع أن ننقل صفة احتمالها للحرارة إلى بعض أنواع الطماطم الممتازة وبهذه الطريقة سوف يكون من الممكن إنتاج عدة أنواع مناسبة للأجواء المختلفة.

وتؤكد الأمثلة التي نوقشت في هذا المقال أن مستقبلاً باهراً ينتظر ميدان علم دراسة الطقس وعلاقته بالزراعة. وقد أثبت معمل إرهارت أن إجراء التجارب تحت الظروف المحددة في المعمل يؤدي في كثير من الأحيان إلى خفض تكاليف إجراء الاختبارات في الحقل خفضاً كبيراً؛ فمن ذلك أنها ساعدت مصلحة الأبحاث في الولايات المتحدة على اختيار النباتات التي تصلح لتغطية سفوح الجبال في جنوب كاليفورنيا، وفي بحث آخر وجدنا أن أحد الأعشاب (American hellebore) الذي لم تنجح زراعته في جميع تجارب الميدان يحتاج إلى ستة أشهر تحت درجة حرارة التجمد تتبعها ستة أخرى تحت درجة حرارة بالغة الانخفاض. وقد جربت زراعة هذه النباتات في المناطق المرتفعة فوق جبال شمال واشنجتن، فنجحت نجاحاً كبيراً، وقد ثبت في كثير من الحالات أن الجو كان من أهم العوامل المؤثرة في نمو النبات، ولا شك أن ذلك ينطبق أيضاً على كثير من النباتات الأخرى.

وتعتبر طاقة ضوء الشمس من أهم العوامل الجوية التي يستخدمها الإنسان في الزراعة، ولا تؤدي الطرق المستخدمة حالياً إلا إلى الاستفادة من جزء ضئيل من هذه الطاقة. وقد أثبتت تجارب المعمل أن النبات يستطيع أن يحول ١٠% أو أكثر من الطاقة الضوئية الساقطة عليه إلى طاقة كيماوية في صورة مركبات عضوية. أما في الطبيعة فإننا لا نجني من الطاقة الشمسية الساقطة على حقل من القمح أو البنجر أكثر من ٢ % ، في صورة مواد نباتية. ومن الأسباب التي تؤدي إلى ضعف الاستفادة من هذه الطاقة أن النبات الحولي الذي يبدأ حياته بذرة صغيرة مثلا يغطي من

سطح الأرض في مراحل نموه الأولى إلا نسبة مئوية ضئيلة. أما المحصولات المعمرة فإنها تغطي مساحة أكبر وتمتص قدراً أكبر من الطاقة الشمسية على مدار الموسم الزراعي، ولكن غالب إنتاجها يضيع في صورة أوراق وأغصان لا يستفاد منها.

ومن الواضح أن هذه الحقائق تفتح ميداناً متسعاً للبحوث أمام الراغبين في دراسة الطقس وعلاقته بالإنتاج في النبات. ولا بد أن يكون من أهداف هذه الدراسة محاولة تغطية سطح الأرض بالنباتات بصورة أفضل من الصورة الحالية، وكذلك العمل على تحسين عملية تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كيماوية. وقد وجد فعلاً أن الطحالب التي تنمو في محلول غذائي تستطيع أن تحول الضوء إلى طاقة عضوية بقوة تبلغ ضعف أو ثلاثة أمثال قوة النباتات الراقية. ومع ذلك فإن زراعة الطحالب بنجاح تتطلب كثيراً من الاحتياطات والنفقات. ولو أن مثل هذه الجهود والاستعدادت الفنية وجهت نحو زراعة النباتات الراقية لأدت إلى نجاح كبير في هذا الميدان.

إن الجو أحد منابع الثروة الطبيعية لدينا، فإذا استطعنا أن نحدد على وجه الدقة كنه العلاقة بين الظروف الجوية والنبات فإننا سوف نكون قادرين على الإفادة من هذا المصدر من مصادر الثروة إلى حد بعيد.

القسم الثالث

النمو والشكل

١- النمو في فطر عيس الغراب

٢- شكل الورقة

٣- مزارع الأنسجة

النمو في فطر عيش الغراب

جون تيلر بونر

John tyler bonner

هناك طرق عديدة لدراسة كيف تنمو الكائنات الحية، وقد تبدو دراسة عيش الغراب لأول وهلة من أقل هذه الطرق تحقيقاً للغاية المنشودة. لقد كنت أعرف – في شيء من الغموض – أن هذه النباتات تنمو، ولكن صلاحيتها لكي تكون موضوع بحث ودراسة لعملية النمو في النبات لم تخطر ببالي حتى حدثت لي قصة عجيبة في وودز هول (woods hole) حيث كنا نقضي فصل الصيف، فقد اعتدت أن أخرج كل صباح لأتمشى مع كلبتنا على الطريق المهجور المرصوف بالأسفلت في هذه المنطقة. ولاحظت ذات يوم أن بالأسفلت بعض بروزات مستديرة في مثل أحجام أطباق الزبد. وبعد بضعة أيام لاحظت مع بالغ العجب أن إحدى هذه الكتل البارزة قد انفجرت، وأن أحد نباتات عيش الغراب قد انبثق وشق طريقه خلال الأسفلت. ولقد تعجبت من تلك القوة الهائلة التي يمتلكها نبات رقيق كعيش الغراب. وقد تلطف صديق عزيز فأخبرني أنها ليست قوة فحسب، بل هي مثابرة أيضاً، فالأسفلت في حقيقة الأمر سائل ويحتاج إلى قوة ثابتة ومستمرة لكي تحركه أو تزيله من أمامها. وقد اكتشفت أنني لم أكن أول من لاحظ هذه الظاهرة، فقد قرأت في إحدى المجلات السوفيتية بحثاً يصف مثل هذا الانفجار في أرضية أحد المعامل

السوفييتية، ولا بد أن يكون هذا الأمر قد شغل قبل الاستعلامات هناك جانباً من الوقت.

ومن العجيب أن ما كتب عن تفاصيل النمو في نباتات عيش الغرب يعد ضئيلاً، وكما هي العادة دائماً فإن ما كتب حول هذا الموضوع في بادئ الأمر يعد أوفى ما كتب عنه، ومنذ كتب العالم النباتي أنطون دي باري anton de bary تقريره العلمي في القرن التاسع عشر بمدينة ستراسبور فإنه لم تحدث إضافة تذكر إلى هذا التقرير. ويجد مدرسو علم النبات اليوم كثيراً من الحقائق التي يستطيعون أن يقدموها لطلابهم حول القمة النامية في جذر البصل وغيره من النباتات الراقية، ولكنهم يتجاهلون نبات عيش الغراب؛ فهو من وجهة نظرهم ينمو فحسب، ولا يعرف كثير من الناس عن هذا النبات إلا أن بعض أنواعه يؤكل ويباع في الأسواق. وينتسب هذا النوع إلى النوع الذي ينمو طبيعياً ويسمى agaricus compestris .

وسواء أكان القارئ ممن أعدوا هذا النبات للطهو أم ممن استمتعوا به في أحد ألوان الطعام، فلا شك أن يعرف أن هذا النبات يتكون من قبة تشبه الشمسية تغطي قمة ساق غليظة. ولو أنك قمت بفحص أحد هذه النباتات فلا بد أنك قد لاحظت أنه مع ما يبدو على مظهره من رخاوة فإنه يكون في الواقع كتلة متماسكة من خيوط دقيقة تشبه خيوط القطن. أما جذوره فهي خيوط دقيقة تنتشر بكثرة خلال التربة.

ونبات عيش الغراب من النباتات التي تحمل البذور وتقوم بتوزيعها، وعلى السطح السفلي للقمة، وهو السطح المجعد بالأخاديد توجد خلايا تطرح البذور عدداً ضخماً قد يبلغ نحواً من نصف مليون بذرة في الدقيقة الواحدة، وتستمر هذه العملية ثلاثة أو أربعة أيام. وإذا فصلنا هذه القمة عن الساق ووضعناها على قطعة من الورق؛ فإننا نشاهد عدداً كبيراً من البذور تبطن أخاديد الخياشيم الموجودة على السطح السفلي.

ويستطيع عالم النبات أن يحدد نوع نبات عيش الغراب من لون بذوره.

وفي البيئة المناسبة كالتربة أو السماد البلدي أو الأخشاب المتعفنة أو غيرها من مواد التغذية تنمو بذور هذه النباتات وترسل خيوطها التي تستطيع أن تغزو كل مرتفع وسهل. والخيوط التي تنشأ من هذه البذور تشبه البذور نفسها من حيث إنها تحتوي على نصف عدد الكروموسومات التي تحملها خلايا النبات البالغ. وليست هذه الخيوط في حقيقة الأمر إلا نوعاً من الخلايا التناسلية مثل البويضات والحيوانات المنوية ولكي تتم دروة الحياة لا بد أن تتقابل هذه الخيوط وتندمج. ومع ذلك فإننا لا نستطيع أن نسميها ذكوراً وإناثاً لأن معظم أنواع عيش الغراب لها أربعة أجناس لا جنسين اثنين كما في النباتات الأخرى. وهناك طريقتان فقط للتلقيح الخلطي بين هذه الأجناس الأربعة؛ فالتزاوج لا يحدث مثلاً إلا بين الأول والثالث أو الثاني والرابع.

وبعد أن يندمج زوجان من هذه الخيوط وتتحد نواتاهما يصير عدد الكروموسومات في الخلية الجديدة هو نفس العدد الموجود في خلايا النبات البالغ. ثم يأخذ الجسم الناتج من اندماج الخيطين في امتصاص الغذاء ويستطيل ويتقدم ويغزو ما يعترض طريقه، وينمو الخيط عند قمته، وكلما انقسمت الأنوية تكونت حواجز عرضية عبر الخيوط، وفي النهاية تحدث ثقوب في هذه الحواجز ويتكون عنها ممرات طولية داخل هذه الخيوط. وفي هذه الممرات يستطيع البروتوبلازم بل النوايا أن تنتقل بحرية من خلية إلى أخرى. وقد قام بدراسة هذه الظاهرة ريجينالد بولر Reginald buller وهو من العلماء الكنديين الأفذاذ، وقد وجد أن هذه الظاهرة لها أهمية بالنسبة لعملية النمو في النبات.

وتنتشر خلال التربة شبكة من الخيوط تسمى الميسيليم mycelium وهي تشبه في انتشارها التموجات التي تحدث عندما يسقط حجر على سطح الماء في بحيرة ساكنة. وأستطيع أن أرى وأنا جالس في الطابق الرابع بقعة مستديرة وسط الحديقة التي تحت نافذة حجرتي. ويبلغ قطر هذه البقعة ستة أقدام، والحشائش النامية فيها أكثر نضارة وأشد خضرة مما حولها. وأنا أعلم أن هذه البقعة يقع تحتها ميسيليم عيش الغراب. وفي الخريف الماضي كانت تحد هذه البقعة دائرة كاملة من نباتات عيش الغراب، وهي الدائرة التي تسمى "دائرة الجن" fairy ring وتبدأ هذه الدائرة من المركز، ولما استنفدت جذور عيش الغراب ما في التربة من غذاء صالح لها، امتدت نحو الخارج في شكل دائري مكونة حلقة كاملة، ما دامت الظروف ملائمة لنمو النبات وتكوين ثماره.

وقد كتب جون رامزبتم john ramsbottom وهو أخصائي النبات السابق في متحف لندن فصلاً عن حلقات الجن في كتابه الممتع "عيش الغراب وفضلاً الضفادع". وذكر فيه أن اتساع حلقة الجن في السنة الواحدة يتراوح بين خمسة وتسع عشرة بوصة. ومن ذلك نستطيع أن نحسب عمر بعض الحلقات المتسعة التي تبلغ من العمر ما يتراوح بين ٤٠٠ ، ٦٠٠ سنة، ويرفق رامزبتم بهذا المقال صورة فوتوغرافية لبعض حلقات الجن التي تحيط خرائب استون صنج المشهورة.

وتنمو الأنواع التي تزرع من عيش الغراب في خليط من التربة وروث الخيل، وتعرض بعض شركات البذور مايسيليات هذه النباتات مرافقة للتعليمات الكافية اللازمة لزراعتها. ولا بد أن تحفظ النبتات في أماكن رطبة هادئة درجة حرارتها قريبة من ٦٥ درجة ف.

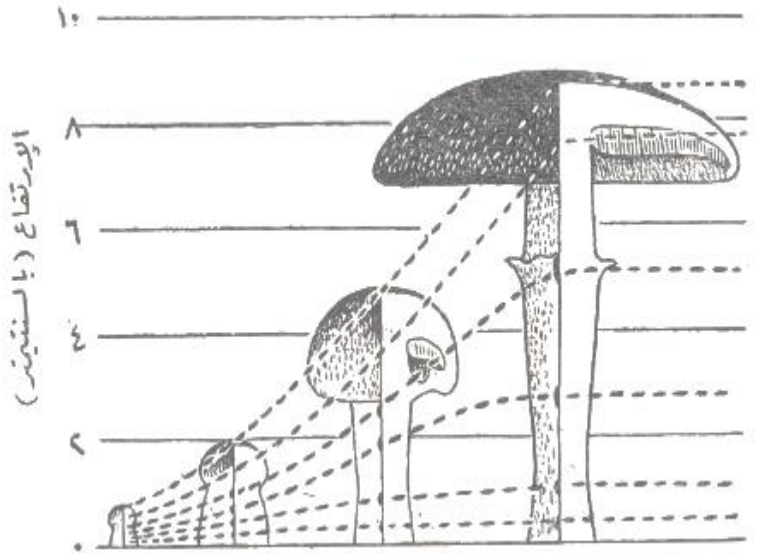
وإذا كان هناك كهف أو طابق أرضي قديم فإنه يصلح مكاناً ممتازاً لنمو هذه النباتات، وفي أشهر قليلة يتغطى سطح المكان بشبكة متداخلة من خيوط المايسيليم، وأول علامات إثماره هو ظهور رؤوس بيضاء تشبه رؤوس الدبابيس تغطي جميع السطح. ثم يأخذ بعض هذه الرؤوس في التضخم، بينما يتلاشى البعض الآخر، ويلوح أن ذلك يحدث بتأثير الرؤوس النشطة. وعندما يصل طول الرأس إلى خمس ملليمترات، يتميز الساق عن القمة ثم يتمدد النبات فيزداد سمكاً وارتفاعاً حتى يصل ارتفاعه إلى ١٥ – ٣٠ ملليمتراً. وبعد ذلك ينمو طولاً فقط. وباتجاهه إلى أعلى يتفتح رأسه ويأخذ شكل الشمسية مكوناً قمة النبات المعروفة.

وعندما عزمت على دراسة هذه المشكلة بالتفصيل في جامعة برنستون منذ عام، عرض علي زميلان أن يشتركا معي في هذه الدراسة، وأخذا يبحثان بهمة عن مصدر لهذه النباتات. ولم يلبثا أن وجدا أحد المنتجين في نيويورك، ولقد قبل مشكوراً أن يمدنا بكل ما نحتاج إليه. وقد ظننت في بادئ الأمر أن هذا المصدر سيكون بعيداً علينا، ولكنني اكتشفت بعد ذلك أن قربه من كلية فاسر جعل الأمر شيقاً بالنسبة للزميلين اللذين كان يقضيان عطلة نهاية الأسبوع هناك ويعودان بما نحتاج إليه من هذه النباتات. وقد بقي علينا بعد ذلك أن نجد مكاناً لتربية هذه النباتات، وانتهى بنا المطاف إلى وضعها تحت مناضد المعمل في الغرف الباردة.

وكانت الخطوة الأولى هي تقدير النمو النسبي للأجزاء المختلفة من النبات الصغير، وقد كنا نقسم الساق إلى مسافات متساوية ونضع نقاطاً من صبغة الكرميل الحمراء الواضحة على الساق لكي تحدد هذه الأقسام، وهي طريقة معروفة ثم نقوم بتصوير النبات وقياس أجزائه في فترات جوية منتظمة. ومن المعروف أن ساق عيش الغراب ينمو بطريقة خاصة، فاستطالته تحدث على الأخص في المنطقة التي تلي القمة مباشرة. وقد اتجه اهتمامنا لقياس النمو في هذه المنطقة وغيرها من المناطق قياساً دقيقاً في مختلف مراحل النمو.

وقد بينت علامات الصبغ الحمراء قصة النمو في هذا النبات بصورة بيانية، فعلى طول معظم الساق بقيت علامات الصبغ مستديرة، أما

العلامات التي في المنطقة القريبة من القمة، فقد كانت تستطيل وتتحول كل منها إلى خط عمودي، فهذه هي المنطقة التي تنمو فيها الساق كما في الشكل.



مواضع النقاط على ساق عيش الغراب النامي تحدد المنحنيات التي توضح التغيرات في نسب النبات والمعدلات المختلفة لنمو أجزائه المتباينة، وتدل الاستطالة النسبية للنقاط على نفس التكوينات. يمثل الجانب الأيمن من نبات عيش الغراب مقطعاً في كل طور يوضح تركيبه الداخلي.

وقد لوحظ أن نمو القمة لم يكن منتظماً وأنه لم يكن نمواً فجائياً. لقد كانت القمة تنمو أسرع ما يمكن عند الحافة، ثم يبطئ نموها كلما تقدمنا نحو المركز.

ويتضح من هذه التجارب التي تستخدم فيها الصبغة أنه إذا كان لدينا أحد هذه النباتات الذي يبلغ ارتفاعه ١٥ – ٢٠ ملليمتراً، فإن نمو الساق يكون محصوراً في المنطقة الواقعة تحت القمة، أما القمة نفسها فإنها تبلغ أقصى نموها عند الحافة. وقبل أن يصل النبات إلى هذا الارتفاع تتمدد جميع أجزائه بصورة منتظمة.

وقد وضعنا بعض النباتات الحديثة بعد وضع العلامة عليها في غرفة رطبة وبدون تربة، ثم قطعنا بعض النباتات عمودياً خلال القمة والساق، كما تقطع عند الطهو، فوجدنا أن هذه النباتات تتمدد في نفس المناطق التي يحدث فيها النمو في النباتات التي تنمو تحت الظروف المعتادة في التربة. وبالرغم من أن تمدد النباتات في التجربة السابقة كان محدوداً للغاية فقد وجدنا أن منطقة النمو التي بالساق هي وحدها المنطقة التي إذا فصلت عن الساق ووضعت فوق محلول جيلاتينية الآجار فإنها تتمدد بصورة ملحوظة.

وعلى ذلك فقد صار من الواضح أنه لكي نتقدم في فهم ميكانيكية النمو في هذا النبات، فإنه ينبغي أن ندرس تكوين الخيوط الدقيقة التي تكون عيش الغراب. وقد أخذنا لذلك نباتات في مختلف مراحل نموها وعالجناها بنفس الطريقة التي نعالج بها الأنسجة عندما نريد فحصها تحت الميكروسكوب، ولذلك قمنا بعمل قطعات رقيقة بعد غمرها في شمع البارافين، ثم وضعناها على شرائح وصبغناها بالصبغات المناسبة ثم قمنا بفحصها تحت الميكروسكوب، ولم نكتشف أشياء جديدة أو غريبة، ولكننا

لاحظنا أن من الممكن ملاحظة وجود علاقة بين التمدد الخارجي للنبات والتغيرات التي تحدث في ترتيب خيوطه الداخلية.

فالخيوط الداخلية تكون في بادئ الأمر في صورة حزمة غير منتظمة، وتستمر على هذه الحال حتى يصل طول النبات إلى ١٠ ملليمترات يتحدد اتجاه الخيوط في المنطقة العليا تحديداً تاماً، بينما تبقى الساق في المنطقة التي تحت القمة مباشرة في اتخاذ اتجاه معين، بينما تبقى الساق في المنطقة السفلى على صورة كتلة من الخيوط المتشابكة. وتكون القمة متشابكة غير منتظمة كذلك ولو أنه من الممكن ملاحظة أنها تأخذ اتجاهاً محورياً في بعض أجزائها.

ولدينا أدلة قوية على أنه عندما يصل طول نبات عيش الغراب إلى ١٥ – ٢٠ ملليمتراً فإن انقسام خلايا ساقه يقف، كما يقف ازدياد عدد خيوطه. ويظهر أن النمو السريع الذي يحدث بعد ذلك في ارتفاع النبات يرجع إلى مجرد استطالة الخلايا الموجودة فعلاً. ويمكن الاستدلال على ذلك بمقارنة الارتفاعات والسمك وتقدير الأوزان في النبات؛ فارتفاع الساق يتناسب تناسباً طردياً منتظماً مع ازدياد الوزن مما يدل على أن الزيادة في المادة ترجع إلى استطالة الخيوط. ولكن ماذا يسبب استطالة الخلايا: أهو الماء وحده أم أن هناك مواد أخرى بالإضافة إلى الماء يستمدها النبات من التربة؟

للإجابة عن هذا السؤال قورنت الأوزان الجافة بالأوزان الرطبة لمجموعة من نباتات عيش الغراب في مختلف مراحل نموها، فوجد أن الوزن الجاف يزداد بنسبة مطردة مع ازدياد الوزن غير الجاف، ومعنى ذلك أن الخلايا تتفتح نتيجة لامتصاص مواد صلبة بالإضافة إلى الماء، ويفسر لنا ذلك – دون شك – لماذا لا تتمدد الأجزاء المقطوعة من هذه النباتات إلا بقدر محدود عندما توضع في غرف رطبة بحيث لا تستطيع أن تحصل إلا على الماء.

ومن ذلك نرى أن الشكل الذي يتخذه نبات عيش الغراب ومستقبله يتحددان في مراحل نموه الأولى؛ فخيوطه المتشابكة تتخذ مواضعها بأعدادها المحددة في الساق استعدادً لدفعة النمو السريع التي تنتظره؛ فإذا كانت الظروف الخارجية مناسبة فإن خيوط المايسيليا تمتص من التربة ما تحتاج إليه من الماء والغذاء وتدفع به إلى النبات، فتستطيل الخلايا ويرتفع النبات في الهواء.

وعلى ذلك فإن نبات الصفير يشبه البالون غير المنفوخ من حيث إنه لا يحتاج إلا لمادة تملؤه لكي ينتفخ ويتوتر ويتخذ شكله الخاص، ولعل ذلك يفسر لنا ما يقال أحياناً من أن هذا النبات ينبثق فجأة؛ فالأفراد الصغيرة تبقى في الغالب مختفية تحت الحشائش وأوراق النبات، وبمجرد توافر الرطوبة ودرجة الحرارة المناسبين، فإن العملية النهائية لاندفاع المواد داخل خيوط النبات تتم بسرعة بالغة. والنبات في ذلك يشبه البندقية المعمرة والمستعدة للانطلاق في أية لحظة. أما المطر ودرجة الحرارة فهي الزناد الذي يجعل النبات ينطلق ويصل إلى مرحلة نموه النهائية.

شكل الورقة

إريك آشبي

Eric ashby

ليس ما يثير الإنسان فيما يتصل بالبحوث العلمية هو مجرد استعراض نتائجها وإنما القيام بالملاحظة العلمية ذاتها. ومما يؤسف له أن هواة الدراسة العلمية لا يجدون هذه المتعة ميسرة في الوقت الذي تعتمد فيه الملاحظة على استخدام الأجهزة العلمية المعقدة في بعض أفرع العلوم كالطبيعة والكيمياء. ولذلك ينبغي أن يكتفي الهاوي بالقراءة عن التجارب التي لا يستطيع أن يجريها بنفسه. أما في علم الأحياء فلا تزال الفرصة سانحة أمام الملاحظ النشيط لكي يصل إلى بعض الاكتشافات الطريفة، غير محتاج في سبيل تحقيق ذلك إلى أكثر من بيت ذي حديقة. والواقع أننا نستطيع أن نبدأ دراسة بيولوجية مهمة حول مشكلة تقدم النبات في السن معتمدين في ذلك على ملاحظات من النوع البسيط ألا وهي ملاحظة أحجام الأوراق وأشكالها. ولو أنك لاحظت بدقة أشكال الأوراق المتتابعة على ساق أي نبات حولي، فسوف تفاجأ بشيء قد لا تكون لاحظته من قبل: إنك لن تجد على الساق ورقتين متشابهتين؛ ففي نباتات الجزر والدلفنيم والهبسكس وبنجر السكر، بل ومعظم النباتات الأخرى، يختلف الشكل من ورقة إلى أخرى كلما اتجهنا إلى أعلى الساق.

وليست هذه الفروق في شكل الأوراق مجرد مصادفة أو قائمة على غير أساس؛ ففي الدلفنيم مثلاً يزداد عدد القطع التي تتكون منها الورقة بصورة تدريجية كلما اتجهنا إلى أسفل الساق؛ فإذا كان عدد القطع في الورقة العليا تسعاً فإنه يكون في الثانية اثنتي عشرة، وفي الثالثة ثماني عشرة. وفي نبات المورننج جلوري (morning glory) تتخذ الأوراق الثلاث الأولى شكل القلب، أما الأوراق التي أسفلها فتكون فصوصها عميقة. وفي نبات الهربل الإنجليزي (marebell) تكون الأوراق التي تتكون في بادئ الأمر مستديرة، بينما تكون تلك التي تتكون بعد ذلك ضيقة تشبه الحشائش. وفي كثير من النباتات تكون هذه التغيرات في أشكال الأوراق التي تحملها الساق متدرجة بحيث يمكن تمثيلها في شكل بياني يمثل في عدد الأوراق على أحد المحورين، ويتخذ نوعا من القياس لشكل الأوراق على المحور الآخر كما هو موضح في الشكل الخاص بأوراق نبات القطن (صفحة ١٢٠).

ويكشف الفحص الميكروسكوبي الدقيق فروقاً أخرى بالغة الأهمية بين كل ورقة والتي تليها؛ فتحت الميكروسكوب يبدو سطح الورقة وكأنما قد رصف ببلاط من الخلايا التي تبلغ مساحة كل منها ٥٠٠ على ١٠٠.٠٠٠ من البوصة المربعة، ويبلغ عدد الخلايا التي تغطي سطح الورقة نحو أربعة ملايين خلية في حالة الأوراق المعتادة لنباتات البنجر أو التبغ. ويلاحظ أن حجم هذه الخلايا يقل من ورقة إلى أخرى كلما اتجهنا إلى أعلى. وهكذا نجد أن الأورق العليا تكون أصغر من خلايا الأوراق

السفلى، كما أن عدد الخلايا يقل كلما اتجهنا إلى أعلى، وهكذا نجد أن الأوراق العليا تكون بوجه عام أصغر من السفلى.

ولكن ما أهمية هذه الملاحظات عن شكل الأوراق المتتالية على الساق وحجمها؟ وماذا نستطيع أن نستنتج من كل ذلك؟ إن لهذه الملاحظات قيمة علمية لسببين، فهي أولاً تهيئ لنا طريقة بسيطة لدراسة تغير الشكل في النبات مع التقدم في السن؛ فكلما تقدم النبات في السن فإن الأوراق التي ينتجها تتغير بصورة خاصة يمكن تقديرها. ويلاحظ أنه بينما تعتبر الخواص النباتية للنبات الواحد ثابتة لا تتغير بتغير الزمن أو تقدمه في السن، فإن الأجزاء التي ينتجها النبات تتطور وتتغير أشكالها حسب عمر النبات؛ فالنبات يشبه في ذلك قطعة من الموسيقى قد تتغير تفاصيلها مع الإبقاء على اللحن.

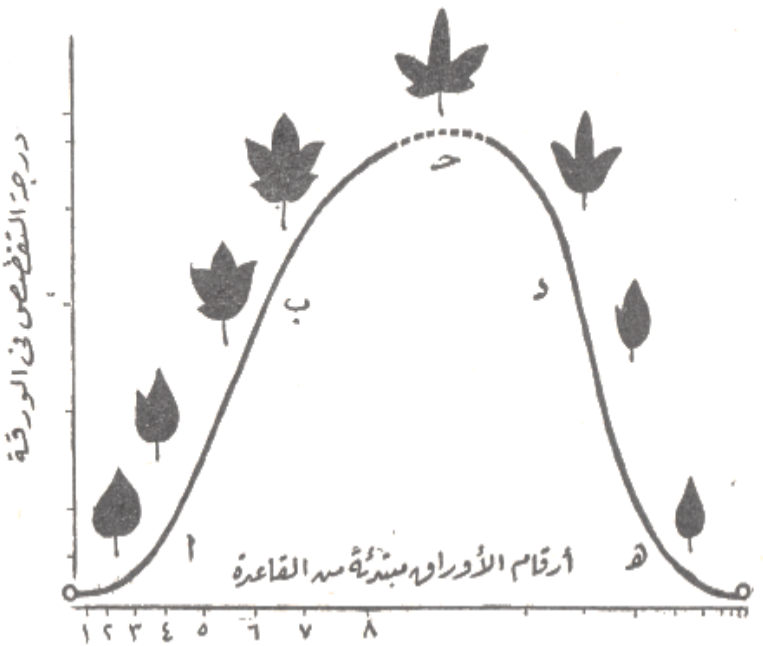
والأمر الثاني حول أهمية هذه التغيرات في الشكل هو أنه يمكن اتخاذها وسيلة لتقدير العمر الفسيولوجي للنبات؛ فالأوراق المستديرة في نبات الهربل تسمى أوراقاً حديثة. وفي الظروف المعتادة لا تكون النباتات البالغة مثل هذه الأوراق، ولكن النبات الذي يحفظ في ظروف تؤخر نموه وتكوينه مثل الظل العميق والرطوبة الزائدة، وكذلك النباتات التي تنمو من القطع النباتية المأخوذة من هذا النبات تكون في الغالب أوراقاً حديثة، ولو أن النبات الذي يكونها يكون بالغاً. وفي مثل هذه الظروف يتأخر موعد الإزهار كما يتأخر الموعد الذي يصل فيه النبات إلى الهرم.

فهل من الممكن إذاً أن تهيئ لنا دراسة أشكال الأوراق طريقة لتقدير مرحلة النمو التي يمر بها النبات وعمره الزمني، لا عمره الفسيولوجي؟

إن ملاحظاتنا الأولى حول هذا الموضوع تجعلنا نتساءل لماذا وكيف تختلف الأوراق العليا عن السفلى في النباتات الحولية؟.. وللإجابة عن هذا السؤال يحسن أن نبدأ بأبسط الفروض، وهو أن الأوراق العليا تتكون في وقت متأخر في الموسم عن السفلى، وعلى ذلك فإن التغيرات المستمرة في شكل الأوراق وحجمها تكون ناتجة عن التغيرات في درجة الحرارة والضوء من الخريف إلى الصيف.

وليس من العسير أن نختبر صحة هذا الفرض؛ فلو أن مجموعة من نباتات المورننج جلوري زرعت في أصيص، على أن يزرع واحد منها كل أسبوع طوال فصل الربيع، وبحيث توضع جميعاً بجوار بعضها في بيت أخضر واحد فإن الورقة العاشرة من النبات الذي زرع أولاً ستنمو في نفس الوقت وتحت نفس الظروف مثل الورقة الثانية مثلاً من النبات الذي زرع في موعد متأخر، فلو أن شكل الورقة وحجمها يتحددان بتأثير البيئة وحدها، فلا بد أن تكون الورقتان السابقتان متشابهتين. ولكن التجارب العديدة لا تؤيد ذلك؛ فشكل الورقة وحجمها يعتمدان اعتماداً رئيسياً على موضعها من النبات. حقيقة أنهما يتأثران بالموسم، ولكنه تأثير يختلف اختلافاً واضحاً عن تأثير موضع الورقة من الساق. وعلى ذلك فإننا نجد أنفسنا مضطرين إلى رفض هذا الفرض والبحث عن تفسير آخر لاختلاف

الشكل والحجم في الأوراق يتصل بالتغير الداخلي الذي يتوقف على العمر الفسيولوجي للنبات..



تختلف أشكال الأوراق في نبات القطن كلما تضخم النبات وضعف؛ الأوراق الأولى للنبات الصغير وهي المبينة على اليسار ملساء جافة، وحيدة الفص. في منتصف عمرها يكون تفصص الأوراق حاداً. آخر الأوراق التي ينتجها النبات المسن تشبه الأوراق الأولى.

وينبغي أن نلاحظ أن التقدم في السن يختلف في النبات عنه في الحيوان، ففي الحيوان يشمل النمو جميع الجسم حتى مرحلة البلوغ، وبعد ذلك يستمر الحيوان حياً فترة طويلة حتى بعد أن تقف عملية النمو فيه.

أما في النبات فإن النمو ينحصر في قمم السيقان النامية؛ ففي نبات القمح مثلاً تستمر خلايا القمة في الانقسام وتكون أوراقاً جديدة. وفوق هذه الأوراق الحديثة تبقى دائماً منطقة من الخلايا التي تكونت حديثاً تسمى المرستيم، ومن هذه يستأنف النبات بعد ذلك نموه؛ فالنمو في نبات القمح يشبه ما يحدث عند نسج جورب من الصوف بوساطة الإبر، حيث تحدث الإضافة الجديدة في طرف واحد فقط، وعلى ذلك فإن النبات لا يكون في نفس السن في جميع أجزائه، فقد يكون عمر أوراقه السفلى ثلاثة أو أربعة أشهر بينما يكون عمر العليا بضع ساعات فقط. وطالما ينمو النبات تتكون خلايا مرستيمية جديدة على قمة الساق. وعلى ذلك فإن القمة تكون دائماً حديثة بالنسبة لعمرها الزمني، ولكنها لا تكون كذلك بالنسبة لعمرها الفسيولوجي؛ ففي النبات صغير السن تكون الخلايا المرستيمية أوراقاً حديثة، أما في النبات المسن فإنها تكون أوراقاً بالغة وفي بعض الأحيان تكون أزهاراً. ويظهر أنه ليس هناك مفر من ظاهرة تقدم النبات في السن حتى ولو أمد النبات إمداد مستمراً بالمواد الغذائية والضوء المناسبين.

وتعترضنا هنا مشكلة رئيسية عند البحث عن سبب الهرم أو التقدم في سن النبات . أن هناك أدلة مشجعة على أن تشريح الأوراق وشكلها يكمن أن تستخدم مقياساً مفيداً لسن النبات . ولا شك ان القدرة على قياس ظاهرة من الظواهر تعتبر الخطوة الأولى نحو فهمها، وقد بدأنا أخيراً في جامعة مانستشر في إجراء بحث عن ظاهرة الهرم في النبات مع تثبيت ظروف البيئة، واستخدم في هذه الدراسة نبات عشب البط (

duckweed) وهو من النباتات الطافية التي قد توجد في مياه أية بركة راكدة، وتنتج كل واحدة من أوراق هذه النباتات ورقة أخرى من الجيب الآخر للورقة الأصلية ورقة أخرى جديدة تعتبر ابنة ثانية لها. وعندما تصل هذه إلى كامل نموها تكون الأبنة الأولى قد انفصلت عن أمها وكونت نباتاً مستقلاً. ومن مكانها في الجيب الخالي تظهر ابنة ثالثة تتبعها رابعة في الجيب الذي كانت تشغله الثانية. وبهذه الطريقة فإن الورقة الأصلية تنتج ما قد يصل إلى خمس ورقات جديدة، وبعد ذلك تموت الورقة الأصلية بعد أن يكون قد انقضى عليها نحوا ٤٥ يوماً. أما الخمس أوراق التي تنتجها في هذا المدى من الزمان فتشبه الأوراق التي تنمو على ساق النبات.

ومن الحقائق الجلية أنه حتى في جميع التجارب التي كان التحكم في عواملها كاملاً فإن كل ورقة من الأوراق الحديثة كانت أصغر حجماً من سابقتها، بحيث كانت الورقتان الرابعة والخامسة أقل في حجمهما من نصف حجم الأولى، ومعنى ذلك أن الخلايا المرسستيمية التي في الورقة الأصلية كانما يصيبها نوع من الضعف. ومن الممكن أن نفسر هذا الضعف من الناحية الفسيولوجية بطريقتين: الأولى هي أن الورقة الأصلية تنتج مادة منشطة للنمو، وأن معدل إنتاج هذه المادة ينخفض تدريجياً مما يجعل نصيب الورقة الخامسة من مادة النمو أقل من الأولى. أما التفسير الثاني فهو أن الورقة الأصلية تنتج مادة تعوق النمو وكلما تجمعت هذه المادة في النبات أعاقت نمو الأوراق التي تتكون بعد ذلك بقدر يتزايد مع مضي الزمن.

وتوضح التجربة البسيطة التالية أي هذين الفرضين أقرب إلى الصواب: نقطع إحدى الوريقات الحديثة غير الناضجة عن أمها. فإذا كانت الأم تمد الورقة بمادة منشطة للنمو فإن الابنة المحرومة من هذه المادة سوف تكون صغيرة الحجم بصورة غير طبيعية عند نضجها. أما إذا كانت الأم تعطي مادة تعطل النمو فإن الورقة المنفصلة عنها سوف تنمو وتتضخم إلى حد كبير. وتدل التجربة على أن الورقة الأصلية تعمل على تنشيط النمو في الأوراق التي تنشأ عليها. وعلى ذلك فإن ما يطرأ على الأوراق المتوالية من صغر في الحجم لا بد أن يكون راجعاً إلى نقص في كمية المادة المنشطة للنمو التي تصل إليها.

ولكن هذه ليست نهاية المطاف في هذه القصة. ولو كان الأمر كذلك لتضاءلت الأجيال المتتالية في مستعمرة من نباتات عشب البط تضاؤلاً تدريجياً في أحجامها حتى تتلاشى آخر الأمر، ولكن ذلك لا يحدث. فمتوسط حجم الأوراق في المستعمرة يبقى كما هو، والسبب في ذلك هو أن الورقتين الرابعة والخامسة اللتين تكونان ضعيفتين تحتفظان برغم ضعفهما بقدرتهما على إنتاج وريقات جديدة أكبر حجماً من نفسها. وعلى ذلك فإن ظاهرة الهرم في حياة النبات تتبعها عودة إلى الشباب، وكل ورقة في مستعمرة عشب البط تمثل في الواقع جزءاً من دورتي الهرم وعودة الشباب.

ويختلف العمر الفسيولوجي عن العمر الزمني في أن الأول يمكن أن يسير في اتجاه عكسي كما يحدث في النباتات الحولية التي يصيبها الضعف

وتموت في نهاية السنة، ولكنها تترك وراءها بذوراً يعتبر استنباتها في الواقع بعثاً للشباب. وفي نبات عشب البط تشاهد ظاهرة انبعاث الشباب دون تكوين بذور، وليس لدينا من الأرقام ما يدعم نظرية عامة عن الهرم وانبعاث الشباب في النباتات. ولا بد أن نقنع في الوقت الحاضر ببعض الفروض التقريبية التي تساعدنا على حل المشكلة برغم أن كثيراً من هذه الفروض لا يزال بعيداً عن الكمال.

والتفسير الذي نعالجه، والذي لا يعتبر فرضاً علمياً بقدر ما يعتبر محاولة للتشخيص وضعه عالم نباتي روسي اسمه كرينج "krenke " وقد مات في سنة ١٩٤٠ فقد لاحظ كرينج أن أوراق بعض أنواع القطن تتغير أشكالها تبعاً لموضعها على الساق؛ فالأوراق المتتالية تزداد فصوصها عمقاً، ثم تنعكس العملية وتصير فصوص الأوراق التالية أقل عمقاً، فإذا كان التفصص يظهر في ورقة حديثة نسبياً، فإن الإزهار يظهر مبكراً أيضاً، والعكس صحيح.

وقد اقترح كرينج على ذلك أن دورة الكل في أوراق القطن يمكن اتخاذها مقياساً لعمره الفسيولوجي، وأنه عندما ينشأ فرع جانبي من برعم على الساق الأصلية، فإنه تبدو عليه دلائل العودة إلى الشباب لأنه يكرر تتابع الشكل بنفس الصورة التي حدثت على الساق الأصلية. ومع ذلك فإن التكرار لا يكون موازياً تمام الموازاة لما حدث في الساق الأصلية، فالساق الفرعية الناشئة من برعم منخفض على الساق تكون ورقتها الأولى أقل تفصصاً من الورقة التي على الساق الأصلية، بينما يلاحظ في الفرع

الجانبي الذي ينشأ في مكان مرتفع على الساق أن الورقة الأولى تكون أكثر تفصصاً من الورقة التي على الساق الأصلية. وهذا هو ما يتوقعه الإنسان بكل دقة إذا كان شكل الورقة يقيس عمرها الفسيولوجي.

وإذا كانت جميع الأفرع الجانبية مثل أحفاد أوراق عشب البط أي أحدث فسيولوجياً من الساق الاصلية في المكان الذي تنشأ فيه. ولما كان التفصص في هذا النبات يكون في بادئ الأمر دليلاً على التقدم في السن، ويكون بعد ذلك دليلاً على الشباب أو حداثة السن، فإننا نتوقع أن يبدو على الأفرع الجانبية مزيد من مظاهر الشباب بتكوين أوراق ذات فصوص عميقة.

ولا يفسر فرض كرينج بطبيعة الحال هذه التغيرات الدائمة، بل إنه لا يصف جميع أنواعها، ولكنه مع ذلك فكرة جريئة تدعو إلى القيام بمزيد من البحث وتجعلنا نؤمن بأن دراسة شكل الورقة قد يصير مشكلة ذات أهمية كبيرة في علم الأحياء.

مزارع الأنسجة

فيليب هوايت

Philip r. white

لكل خلية من خلايا الجسم مجموعتان من الصفات: إحداهما أساسية تتصل بالصفات الوراثية للخلية ولا يمكن تعديلها دون إتلاف الخلية ذاتها ذاتها، والأخرى تتصل بالتكوين الاجتماعي للخلية؛ فالخلية تمثل في الواقع فرداً من ملايين الخلايا التي يشتمل عليها جسم الكائن الحي. ويمكن أن نقول بأن النوع الأول من الصفات يعتبر فردياً أو شخصياً بينما يعتبر النوع الثاني اجتماعياً. وطالما بقيت الخلية في موضعها الطبيعي من الجسم فمن العسير أن نميز بين صفاتها الشخصية وصفاتها الاجتماعية، أما إذا أبعدت خلية أو مجموعة من الخلايا عن مكانها من جسم الكائن الحي، ووضعت في بيئة تكفي للإبقاء على حياتها، فإن الصفات الاجتماعية للخلية تضيع أو تنهار. وحينئذ نستطيع أن نكتشف الخواص الشخصية للخلية، بل وكيف تؤثر عليها الاجتماعية، والخلايا أو الأنسجة التي تفصل عن جسم الكائن وتعالج بهذه الطريقة تسمى مزارع الأنسجة.

فإذا أخذنا قطعة من عسلوج من نبات الصفصاف يبلغ طولها نحو قدم وزرعناها في أرض رملية مبللة، فإنه يتكون لها جذور عند أحد طرفيها وأوراق عند الطرف الآخر، وتكون في النهاية نباتاً جديداً.

وإذا قسمنا القطعة السابقة إلى ستة أجزاء طول كل جزء منها بوصتان، فإن كل جزء يكون جذوراً وأوراقاً بنفس الطريقة السابقة؛ فبعض الأنسجة التي كانت قريبة من قاعدة الورقة والتي كونت جذوراً في الحالة الأولى سوف تكون في القطعة المقسمة إلى أجزاء صغيرة قريبة من القمة وتكون أوراقاً بدلاً من الجذور، ومعنى ذلك أن الأعضاء الجديدة التي تنشأ عن الخلايا يتوقف نوعها على مكانها وظروفها، وبالاختصار على محيطها الاجتماعي بالنسبة إلى الكل التي هي جزء منه.

أما إذا أخذنا قطعة متناهية في الصغر من نسيج سواء أكانت هذه القطعة من باطن ساق حديثة أم من الطبقة سريعة النمو التي تفصل الخشب عن القشرة، فإن ما تحتاج إليه لكي تحتفظ بحيويتها ومصيرها سوف يختلف عما حدث في الحالات التي سبق وصفها. فإذا وضع هذا النسيج على رمل فقط، فإنه يموت بعد فترة وجيزة، ولا بد لرعاية النسيج من وضعه في وسط غذائي يحتوي على جميع الأملاح اللازمة لنموه والمواد الكربوهيداتية والفيتامينات وغيرها من المواد التي يتطلبها نمو النبات؛ ففي مثل هذا الوسط الغذائي تتكاثر الخلايا دون أن تكون جذوراً او أوراقاً أو قشرة، وإنما تكون كتلة غير مشكلة من الخلايا، ومن الممكن أن يستمر نمو هذه الكتلة أشهراً أو سنوات. تلك هي إحدى مزارع الأنسجة، فباختزال عدد الخلايا التي تستطيع أن تؤثر في أية خلية في هذه الكتلة، وكذلك باختزال أنواع الخلايا نكون قد أزلنا معظم المحيط الاجتماعي الذي تعيش فيه هذه الخلايا، ولم نسمح لها بالتعبير إلا عن خواصها الوراثية. ومن

الممكن تقسيم النسيج السابق إلى عدد كبير من الأنسجة المتكافئة جميعاً في صفاتها الموروثة، وعمل مزارع منها متكافئة في طروف بيئتها.

ومن الممكن استخدام مثل هذه المزارع المتكافئة لدراسة العوامل المختلفة عليها مثل التغذية ودرجة الحرارة والحموضة وغير ذلك من العوامل الأخرى.

وقد يبدو تحقيق هذا الأمر هيناً ولكنه ليس كذلك من الوجهة العملية وبخاصة فيما يتعلق بتحديد الاحتياجات الغذائية؛ فالتغذية من العلوم الحديثة نسبياً، وقد مرت أربعون سنة من التجارب بين اليوم الذي وضع فيه أحد العلماء الألمان سنة ١٨٩٨ خطة لبحث هذه المشكلة بحثاً دقيقاً وبين تاريخ الوصول إلى حل لها في سنة ١٩٣٩ حين توصل ثلاثة من العلماء مستقلين وفي نفس الوقت إلى نتائج مكنتهم من عمل مزارع الأنسجة النباتية، وقد مهدت هذه الدراسات لقيام بحوث تجريبية بالغة الأهمية خلال السنوات الماضية.

ولننظر الآن ماذا تحتاج إليه قطعة من نسيج نباتي من المواد المغذية لكي تنمو، ويتطلب حل هذه المشكلة أن نجري تجربة على قطعة رقيقة من ساق حديثة لنبات الطماطم؛ فإذا وضعت هذه القطعة على رمل مبلل بالماء أو فوق كتلة جيلاتينية مشبعة بالماء، فإنه يطرأ عليها – على فرض خلوها من الفطريات – سلسلة من التغيرات المميزة فإذا كان النسيج كبيراً بدرجة كافية فإنه قد يكون جذوراً وسيقاناً كما شاهدنا في حالة

الصفصاف. ومن المحتمل في كثير من الحالات أن يقتصر التغير الذي يطرأ على هذه القطعة على مجرد انتفاخ حيث تأخذ خلاياها السطحية بعض الماء وتتمدد مكونة حويصلات كبيرة تشبه الأكياس. وسوف تنقسم بعض الخلايا التي تحت السطح في اتجاه مواز لاتجاه القطع وتتحول الخلايا الناتجة إلى فلين. أما الخلايا الداخلية فإنها سوف تتخشب وبعد ذلك يقف نمو كتلة النسيج. ومن الواضح في هذه الحالة أن البيئة الجديدة التي لا تعتبر بطبيعة الحال بيئة غذائية لا تعد مناسبة لقيام النسيج بوظائفه الطبيعية.

وكلنا نعرف أن الجذور التي تفصل عن النبات يمكن أن نجعلها تنمو لمدة سنوات على غذاء بسيط لا يشتمل إلا على بعض الأملاح وسكر القصب والثيامين ومادة أو اكثر من المواد الخاصة التي تتوقف على نوع الجذر الذي تجري عليه التجربة. وفي حالة جذور الطماطم تكون المادة الخاصة هي مادة الجلايسين وهو أبسط الأحماض الأمينية أو من الفيتامينين: بايريدوكسين، نياسين. ومن الطبيعي أن نظن أن أنسجة السيقان سوف تنمو مثل أنسجة الجذور على إحدى هذه المواد الغذائية، وهو ما لا يحدث لسوء الحظ؛ فأنسجة الساق تحتاج إلى أكثر من ذلك. وقد أثبت جوثريت نوبيكورت gartheret nobecourt أن ذلك الشيء الإضافي هو الهرمون النباتي أو الأوكسين الذي يسمى حمض الأندوخليك، وهو مادة سامة جداً إذا زادت كميتها عن القدر الطبيعي. والواقع أن المادة التي تعتبر قريبة جداً في تركيبها من هذا الأوكسين وهي ٢.٤ – د تعتبر من المواد القاتلة للأعشاب. ولكن الأوكسين إذا استخدم بصورة مخففة جداً أصبحت له قدرة كبيرة على تنشيط النمو؛ فإذا أضيف إلى المادة

الغذائية التي تعيش عليها قطعة من النسيج مفصولة عن أصلها، وبحيث لا يزيد تركيزه عن جزء من مليون، فإنه يوقف تكوين الفلين والخشب وينشط انقسام الخلايا ويجعل النسيج ينمو بصورة مستمرة مكوناً كتلة غير منتظمة من الخلايا مما يوضح أن حمض الأندوخليك يساعد في تكوين مزارع الأنسجة.

وهناك مادة أخرى من نفس النوع، وهي حمض نفتالين الخليك، وقد وجد أنها أكثر صلاحية من المادة السابقة مع نباتات متعددة، وبعض الأنسجة قد تحتاج إلى أغذية إضافية مثل البيوتين وغيره من الفيتامينات، ولكنه قد ثبت أن حمض الأندوخليك أو ما يكافئه هو المادة الإضافية الوحيدة التي ثبت حتى اليوم أن معظم الأنسجة لا تستغني عنها.

وبتهيئة هذه الاحتياجات البسيطة أمكن زراعة كثير من الأنسجة ودراستها خلال السنوات القليلة الماضية. وكان نبات الجزر هو أول نبات أجريت عليه هذه البحوث، وإذا زرعت أنسجة الجزر في الظلام فإنها تحتاج إلى مادة الثيامين، أما إذا عرضت للضوء فإنها تكون بنفسها ما تحتاج إليه من هذه المادة. وقد لوحظ أن أنسجة الجزر تنمو في بادئ الأمر عند أحد قطبيها فقط، ولكن هذه الصفة تزول عنها إذا قسم النسيج بعد أن تنقسم خلاياه ونقل إلى وسط غذائي جديد وكررت هذه العملية أربع مرات أو خمس. كما وجد أن أنسجة الجزر تفقد قدرتها أيضاً على تكوين الجذور، وقد وجد جوثارت أن بعض أنسجة الجزر لم تعد تحتاج إلى حمض

الأندوخليك بعد زراعتها بفترة طويلة لأنها تكتسب القدرة على تكوين هذه المادة بنفسها. ويسمى مثل هذا التصرف من جانب النبات تأقلماً.

ولا تستطيع جميع مزارع الجزر أن تتأقلم بهذه الصورة، بل إننا لا نعلم على وجه التحديد ما هي الظروف اللازمة لحدوث هذا التأقلم، ولكن مجرد حدوثه في بعض الأحيان يعتبر أمراً بالغ الأهمية بالنسبة لظاهرة نمو الأنسجة عامة. ومن الأنسجة التي كان لدراستها أهمية كبيرة: النسيج المأخوذ من درنات أحد أنواع الخرشوف (Jerusalem artichoke) فأنسجة معظم النباتات تكون محتوية على بعض الأوكسين المتخلف بها عند انفصالها، وهي تكون بذلك قادرة على النمو بقدر ضئيل إذا مدت بغذاء بسيط. ثم لا يلبث نموها أن يقف بعد فترة وجيزة. أما في حالة الأنسجة المأخوذة من درنات الخرشوف الناضج فإنها تكون خالية من الأوكسين المتخلف، وعلى ذلك فإنه لا يحدث فيها نمو بالمرة، مما يجعل هذه الأنسجة مادة صالحة لدراسة أثر التدرج في زيادة تركيز الأوكسين عليها. ويلاحظ في الوقت ذاته أن أنسجة بعض النباتات مثل نبات كحلربي kohlrabi تحتوي على كمية من الأوكسين المتخلف تبلغ من الضخامة درجة تجعلها تقتل نفسها ولا تقوم بعملية الانقسام عند عمل مزارع منها، فالخلايا تنفجر إلى شظايا عديدة.

ويمكن استخدام أنسجة نباتات العنب وسطاً بدراسة سلوك النبات الفطري الذي يسمى بلازموبارا فيتيكولا plasmopara viticola وهو نبات طفيلي لم يكن من الميسور قبل ذلك دراسته حياً في المعمل. ولا شك

أن هذه الطريقة سوف تؤدي إلى الاستفادة من مزارع الأنسجة، وقد استخدمت نفس الطريقة لدراسة بعض الطفيليات التي تعيش على نباتات التبغ والطماطم.

ومن الأنسجة التي أمكن زراعتها أنسجة الورد والبلاك بري وغيرها، كما أن أنسجة الصفاف تعتبر من الأنسجة التي نجحت زراعتها، فبرغم أن نبات الصفصاف كان من أول النباتات التي أجريت عليها الدراسات فإن مشكلة التغذية فيها لم تحل إلا بعد خمس عشرة سنة من البحث المتواصل الذي أجراه جوثرد.

وتختلف أنسجة النباتات السابقة اختلافاً كبيراً من حيث احتياجاتها وخواص نموها، فبعض مثل الصفاف يحتاج إلى مجموعة من الفيتامينات والمواد الأخرى، والبعض الآخر مثل الجزر لا يحتاج إلا إلى مادة واحدة هي حمض الأندوخليك، بل إن البعض مثل الجزر المتأقلم يستطيع أن ينمو دون حاجة إلى مدد خارجي من الفيتامينات أو غيرها من المواد المشابهة. وبعض الأنسجة تنمو عند أحد قطبيها بينما لا تظهر هذه الصفة في نباتات أخرى. وبعض النباتات تنتج موادا صلبة متماسكة نتيجة لانقسام جميع خلاياها السطحية، بينما لا يحدث الانقسام في أنسجة أخرى إلا في الطبقات العميقة في أماكن متفرقة مما يؤدي إلى تكوين نسيج هش متفكك يكون بعض الأحيان أبيض مثل الصقيع كما في مدادات فرجينيا Virginia creeper ، بينما يكون البعض الآخر أصفر مثل الجزر أو أسود تقريباً مثل السكورزونيرا scorzonera وهكذا تختلف الأنسجة اختلافات لا

حصر لها من حيث سلوكها وتغذيتها وغير ذلك من احتياجاتها البيئية العديدة.

ولننتقل الآن إلى وجه جديد لم تسبق لنا الإشارة إليه من قبل برغم أن له أهمية خاصة، وذلك هو تطبيق نتائج هذه البحوث على دراسة السرطان؛ فالانتفاخات في أجسام النباتات والسرطان في أجسام الحيوانات تعتبر أجزاء من الجسم تحررت من الرقابة الاجتماعية المفروضة على الأجزاء الأخرى التي تنمو نمواً طبيعياً. ويلاحظ أن عند إعداد مزارع الأنسجة نلجأ إلى إزالة هذه القيود عن قصد، وبذلك نحول الأنسجة المعتادة إلى أنسجة تحمل بعض وجوه الشبه المهمة لأنسجة الأورام والانتفاخات، ووجه الشبه تحت هذه الظروف مصطنعة ونعلم طريقة نشأتها. وعلى ذلك فإننا نستطيع أن نبدأ في فهم التعليمات التي تؤدي إلى نشأة هذه الانتفاخات في الطبيعة.

وبالإضافة إلى ذلك فقد صارت لدينا في الوقت الحاضر طريقة لدراسة الأنسجة المنتفخة في النباتات داخل المعمل؛ فالنباتات تكون أنواعاً مختلفة من الانتفاخات التي تمثل جميع الأنواع الرئيسية للسرطان الذي يصيب الحيوانات؛ فمن هذه الانتفاخات ما يكون وراثياً ومنها ما يتسبب عن الفيروزات ومنها ما ينتج عن المواد الكيماوية أو البكتريا أو غير ذلك من الأسباب المجهولة. ومن الممكن تنمية جميع هذه الأنواع في مزارع، وقد أمكن بهذه الطريقة الوصول إلى أن هناك على الأقل نوعين من الانتفاخات النباتية المعقمة والتي تستطيع برغم ذلك أن تحدث انتفاخات

جديدة عند زراعتها على نباتات سليمة، ومعنى ذلك أن لها خواصا تشبه خواص السرطان الخبيث في جسم الإنسان.

وقد توصلنا إلى كثير من المعلومات عن الخطوات التي تتخذ عند حدوث بعض هذه الأورام أو الانتفاخات، فمن ذلك مثلاً أن أنسجة الانتفاخات لا تحتاج إلى مدد خارجي من الأوكسينات كما هي الحال في الأنسجة المعتادة، ولو أن قطعاً من أنسجة معتادة وضعت بجوار قطع من أنسجة منتفخة، فإن النسيج المعتاد سوف ينمو حتى ولو خلا غذاؤه من الأوكسين، ومعنى ذلك أن النسيج المنتفخ يفرز قدراً من الأوكسين يكفي لنمو النبتات المعتادة التي تجاوره. وقد أيدت تجارب أخرى صحة هذا الفرض، فلو أن قطعاً من نبات الشيكوريا (chicory) وضعت على رمل مبلل فإنه يكون في العادة براعم على سطحها العلوي وجذوراً على سطحها السفلي. ومن الممكن أن نوقف تكوين البراعم بإحدى طريقتين: إما بوضع عجينة بها أوكسين على السطح العلوي أو بزراعة أجزاء بسيطة من نسيج منتفخ على هذا السطح، ومعنى ذلك بطريقة أخرى أن أنسجة الانتفاخات تقوم بعمل عجينة الأوكسين. وبالإضافة إلى ذلك فإن الأنسجة المنتفخة لا تتأثر بنفس الطريقة التي تتأثر بها أنسجة النباتات المعتادة إذا ما عولجت بجرعات معتدلة من الأوكسينات.

وتشير جميع الأدلة البسيطة إلى أن الأنسجة المنتفخة لا بد أن تنتج بعض الأوكسينات، وإلى أنه عندما تتحول إحدى خلايا الجسم الطبيعية إلى خلية سرطانية فإن قدرتها تزداد على إنتاج الأوكسينات أو على الأقل

للحصول عليها. ومن الممكن دراسة الطريقة التي تؤدي إلى حدوث هذا التغير.

ومن الحقائق غير المتوقعة التي لم تكشف عنها هذه الدراسات تلك السرعة البالغة التي يتم بها تحول الخلية المعتادة إلى خلية داخل انتفاخ.

وقد كشف آرمين برون (armin braun) في معهد روكفلر للبحوث الطبية أن تحول الخلايا المعتادة إلى خلايا خبيثة يتم في مدى عشر ساعات في نبات كرون جول الذي تنشأ الانتفاخات فيه من أثر البكتريا، وقد وجد أن ذلك يتم تحت درجة حرارة حرجة لا يزيد مداها عن ثلاث درجات. وتعتبر هذه المعلومات أكثر دقة مما وصل إليه الباحثون عن منشأ أي أورام في الحيوانات.

ويقوم عدد كبير من المعامل بدراسات مستفيضة لتحديد جميع العوامل البيئية التي تساعد على بقاء وصيانة مزارع الأنسجة النباتية سواء في الأحوال المعتادة أو في حالة الانتفاخات من حيث الأيونات اللازمة للتغذية ومصدر الطاقة والمواد الغذائية والمواد التي تساعد على التغذية والفيتامينات والهرمونات ودرجة الحرارة والضوء والحموضة والقيم الاسموزية وغير ذلك. ولدينا في الوقت الحاضر من المعلومات حول احتياجات الأنسجة النباتية وما يترتب على تعديل بيئتها من تغيرات أكثر مما نعرف عن الأنسجة الحيوانية وبعض الطرق التي ثبت نجاحها في حالة الأنسجة النباتية. ونأمل ان تساعد هذه الطرق على كشف الناحية الغذائية

للأنسجة الحيوانية فقد دأبت البحوث الخاصة بمزارع هذه الأنسجة على تكوينها من عصارة الجنين وبلازما الدم، وقد يئس الباحثون حتى اليوم من إيجاد حل لهذه المشكلة، والعقبة الرئيسية في سبيل التقدم حول هذا الموضوع هي عدم توافر العدد الكافي من الباحثين للقيام بهذه الدراسة، ونأمل أن يكون المستقبل القريب كفيلاً بتصحيح هذا الوضع.

الفصل الرابع

أوراق خضراء وأوراق حمراء

١- التقدم في عملية التمثيل الغذائي

٢- ألوان الخريف

التقدم في عملية التمثيل الضوئي

يوجين رابينوفيتش

Eugene I . rabinowitch

لا تزال عملية التمثيل الضوئي أو تركيب المواد العضوية من ثاني أكسيد الكربون والماء بواسطة النبات عند تعرضه للضوء إحدى المشكلات الكبرى في علم الأحياء التي لم نصل بعد إلى حل لها. وإذا كان الباحثون حول هذه العملية قد حققوا أي تقدم في السسنوات الأخيرة فإنه يمكن تلخيص ذلك في أن عملية التمثيل تعتبر أكثر تعقيداً مما كان يظن من قبل، وبرغم الدراسات المستفيضة التي يقوم بها الباحثون حول هذه العملية فإن عملية فصلها عن باقي العمليات الأخرى في الخلية وتحليلها إلى عمليات كيماوية أساسية يبدو أكثر صعوبة مما كان يتوقعه الباحثون. وعملية التمثييل الضوئي كغيرها من مجموعات التفاعلات الأخرى في الخلية الحية تبدو مرتبطة بتركيب الخلية حيث إنه لا يمكن إجراؤها خارج الخلية. ونستطيع أن نتصور أن مجموعة من الأنزيمات التي تختص بإتمام التفاعلات الكيماوية في تتابع معين تنتظم في إطار تركيبي خاص وأن الجزيئات التي تدخل في التفاعلات تمر في طريق مرسوم وممرات خاصة يشبه الطريق الذي يسلكه زوار قصر من القصور عندما يقومون بجولة خاصة داخل القصر. وهناك أسباب لاتباع هذا التنظيم في عملية التمثيل

الضوئي، فالعملية ينتج عنها مركبات متوسطة غير ثابتة لا يسمح لها بالتأثير على التفاعلات الأخرى التي تتم في الخلية وإلا فإنها قد تتحد مرة ثانية ولا توصل إلى النواتج المعروفة. فقبل أن تترك النواتج المواد المساعدة لا بد أن تتحول إلى أكسيجين جزيئي عند أحد الطرفين وإلى مواد عضوية مثل المواد السكرية عند الطرف الآخر.

ولقد توصلنا إلى كثير من المعلومات حول تركيب الجهاز التمثيلي في النبات، فالكلوروفيل، وهو المادة الأساسية المساعدة في عملية التمثيل الضوئي، يوجد في جميع النباتات تقريباً فيما يسمى بالبلاستيدات الخضراء وهي أجسام خضراء صغيرة داخل الخلايا، حيث يتركز في صورة حبيبات دقيقة. وقد كشف المجهر الإلكتروني عن ان هذه الحبيبات تكون على صورة أجسام أسطوانية منبسطة "مفلطحة" يبلغ قطر كل منها ميكروناً واحداً وسمكه ٥\١ ميكرون، وقد ترى الحبيبة الواحدة مقسمة إلى ٢٠ أو ٣٠ قرصاً رقيقاً تشبه صفاً من قطع النقد المعدنية التي رصت فوق بعضها. ويعتقد (على أساس المعالجة بالمذيبات المختلفة) أن هذه الأقراص تتكون أساساً من البروتين وأنها تتماسك مع بعضها بتأثير مادة شبه دهنية. وهي تشبه في ذلك مجموعة من قطع الخبز المرصوصة فوق بعضها، ويفصل كل واحدة منها عن الأخرى طبقة من الزبد. ولا يزيد سمك كل قرص من هذه الأقراص عن جزء على عشرين من الميكرون وهو سمك طبقة واحدة أو طبقتين من جزيئات البروتين.

وبعض البلاستيدات الخضراء، وبخاصة تلك التي توجد بالطحالب، لا تحتوي على حبيبات. ولكن البلاستيدة تتكون من عدد من الأجسام الرقيقة المتوازية التي تشبه الأطباق، وتسمى الشرائح أو الصفائح (imaellae) وقد أمكن بفضل ما طرأ على المجهر الإلكتروني من تحسن أن نصور البلاستيدات التي تحمل الحبيبات فتبين أنها تحتوي هي الأخرى على صفائح رقيقة، تمتد بطول جسم البلاستيدة بأكملها. وفي هذه البلاستيدات التي تحمل الحبيبات فتبين أنها تحتوي هي الأخرى على صفائح رقيقة، تمتد بطول جسم البلاستيدة بأكملها. وفي هذه البلاستيدات يزداد سمك الصفائح في أماكن متفرقة مكونة أجساماً أكثر كثافة وتبدو كأنها منفصلة عن طبقات الصفائح ومرتبة في الأجسام الأسطوانية التي تشبه صفوف العملة والتي سميناها الحبيبات. وهذه الأجسام الكثيفة تظهر في صورة حبيبات عند التصوير الإلكتروني الدقيق للبلاستيدات الجافة أو المفككة.

فماذا تلقي هذه الحقائق من ضوء على وظيفة الكلوروفيل في عملية التمثيل الضوئي؟. من المعلوم أن جزيء الكلوروفيل يشبه في شكله أبا ذنيبة فله رأس مربع مفلطح (كلورفلين) وذنب طويل عديم اللون (فيتول phytol) يتصل بإحدى زوايا الرأس. وفي الحياة الاجتماعية للجزيئات العضوية تتجاذب الأجسام المتماثلة، ورأس جزيء الكلوروفيل قطبي، أي إنه يحمل شحنة موجبة وأخرى سالبة. والماء كذلك مركب قطبي. ولما كانت الجزيئات القطبية تتجاذب مع الجزيئات القطبية الأخرى فإن رأس

الكلوروفلين ينجذب نحو الماء ويقال في هذه الحالة إن لديه ميلاً نحو الماء. أما فإنه ليس قطبياً فهو بذلك يتنافر مع الماء.

والبروتينات محبة للماء بينما الدهنيات تتنافر عنها، وعلى ذلك فإنه يفترض أن الكلوروفيل يتجمع على الحدود التي تفصل بين الأقراص البروتينية والطبقات الدهنية بحيث تكون رؤوس جزيئات الكلوروفيل ملتصقة بالبروتين وذيولها مغمورة في الطبقات الدهنية. هذه صورة خيالية ولكنها عظيمة الفائدة.

ومن تحليل الأوراق والطحالب يقدر أن البلاستيدة الخضراء الواحدة تحتوي على ما يقرب من بليون جزيء من الكلورفيل في المتوسط. وهذا البليون من جزيئات الكلوروفيل إذا انتشر في طبقة سمكها جزيء واحد، فإنه يكفي لتغطية ألف ميكرون مربع، ومعنى ذلك أنه توجد على سطح الأقراص مساحة تكفي الكلوروفيل الموجود لتغطيتها بطبقة سمكها جزيء واحد. فلو أننا ضربنا مساحة أحد الأقراص البروتينية (٠.٤ ميكرونا مربعا) في عدد الحبيبات الموجودة في البلاستيدة الواحدة (نحو ١٠٠)، فإننا نحصل على ألف ميكرون مربع.

ومن الفروض التي يميل الإنسان إلى الأخذ بها أن أقراص البروتين هي المسرح الذي يمثل عليه الدور الخاص بالعمليات التركيبية في التمثيل الضوئي، فبعض البروتينات الموجودة في هذه الأقراص وهي الإنزيمات تمثل أدوار النجوم، بينما يقوم البعض الآخر بأدوار ثانوية. والطبقات الدهنية

التي بين الأقراص تفسح المجال لانتشار المواد العضوية غير المستقطبة من الأقراص وإليها. وتنطوي عملية التمثيل الضوئي على كثير من التفاعلات الأخرى التي تتم خارج الحبيبات، بل ربما خارج البلاستيدات الخضراء ذاتها.

وأقرب شيء إلى عملية التمثيل أمكن إجراؤه حتى الآن خارج الخلية الحية، هو ما يسمى تفاعل هل (hill reaction) وقد سمي بهذا الاسم تبعاً لاسم صاحبه روبين هل بجامعة كمبردج. فقد أثبت هل أن البلاستيدات الخضراء التي تفصل عن الخلية وتعلق في الماء تستطيع أن تؤكسد الماء في الضوء وينطلق الأوكسين. ولكنها تحتاج إلى مورد خارجي من مادة مؤكسدة لكي تستمر عملية التأكسد أية فترة من الوقت. وقد وجد أن كثيراً من المواد المؤكسدة مثل أملاح الحديديك وسيانور الحديديك والكينون وكثير من الأصباغ العضوية تصبلح لهذا الغرض.

وفي عملية التمثيل الضوئي يتم تأكسد الماء بوساطة ثاني أكسيد الكربون، ويحتاج ذلك إلى طاقة هائلة لأن الماء يتحد بقوة بذرات الأيدروجين، ويستمد النبات الطاقة اللازمة لهذا التفاعل من الضوء الذي يختزن بعد ذلك إلى طاقة هائلة لأن الماء يتحد بقوة بذرات الأيدروجين ويستمد النبات الطاقة اللازمة لهذا التفاعل من الضوء الذي يختزن بعد ذلك داخل النبات في صورة طاقة كيماوية. والمواد المؤكسدة المستخدمة في تفاعل هل لها ميل للاتحاد بالأيدروجين أكبر من ميل ثاني أكسيد الكربون.

وعلى ذلك فإن هذا التفاعل لا يؤدي إلى اختزال قدر من الطاقة الضوئية يماثل القدر يتم اختزاله في عملية التمثيل.

وقد حاول كثير من الباحثين أن يزيدوا كمية الطاقة المدخرة في هذا التفاعل عن طريق استخدام مواد مؤكسدة أقل ميلاً للأيدروجين وإضافتها إلى البلاستيدات العالقة بالماء ولكن هذه التفاعلات واجهتها الصعوبة التي أشرنا إليها من قبل وهي عدم ثبات المركبات الوسطى وميلها إلى الانحلال، وهي تشبه في ذلك الكرة التي يقذف بها إلى السقف والتي ترتد سريعاً ما لم توجد وسيلة للإمساك بها هناك. وفي الخلية الحية تقوم بهذه العملية إنزيمات خاصة تمسك بالمركبات المتوسطة في مستوى عال من الطاقة ولا تسمح لها بالانحلال. وهذه الإنزيمات تضيع عند تحضير محاليل البلاستيدات الخضراء، والمشكلة هي أن نعرف ما هي هذه الإنزيمات وكيف تعمل.

وقد وجد بعض الباحثين مصائد صناعية، فاستخدموا مادة البايردين (pyridine nucleotides) كمادة مؤكسدة أضافوها إلى البلاستيدات الخضراء، وهذه المادة المؤكسدة تعتبر أقل نفوراً عن الأيدروجين من ثاني اوكسيد الكربون بدرجة قليلة. وقد استخدموا حامض البايروفيك (pyruvic acid) ليقوم بعمل مصيدة. وأضافوا أنزيمات خاصة لكي تسهل دخول الأيدروجين المصيدة. وقد كان يؤمل أن تقوم هذه الأنزيمات بإمساك بعض ذرات الأيدروجين والإيقاء على مادة البايردين ونقلها إلى حمض البابروفيك تعتبر ثابتة نسبياً، وعلى ذلك فإن بعض المركبات المتوسطة التي تنتج عن تأكسد الماء والتي لا يوجد معها مواد أخرى ثابتة

تساعدها على أن تنحل أو تسير في تفاعل عكسي قد تتحول إلى أكسجين من الممكن أن ينطلق من الخلية.

وقد نجحت الخطة وأدت المصيدة عملها وتم فعلاً اختزال بعض حمض البايروفيك، وانطلقت في الجو كمية مكافئة من الأكسجين. ولكن الأكسجين الناتج يعتبر حتى الآن ضئيلاً جداً في كميته. ولعل النجاح الهائل الذي تتم به عملية التمثيل الضوئي في الخلايا الحية يرجع إلى بعض الخواص التركيبية للمواد التي تقوم بعملية الاقتناص، وهذه المواد تضيع عند ما تتكسر الخلايا. هناك أدلة على أن جزيئات الأنزيمات التي تلتصق بالبلاستيدات الخضراء هي وحدها التي تمتلك القدرة على تحويل المركبات المتوسطة التي تتكون في الخلايا.

وفي عام ١٩٤٨ اكتشف عالم روسي في الكيمياء الطبيعية واسمه كرازنوفسكي krasnovsky تفاعلاً كيماوياً للكلورفيل تحت تأثير الضوء بالتوسط لتحويل ذرات الأيدروجين من الماء إلى ثاني أكسيد الكربون، فقد سلط الضوء على محاليل الكلوروفيل في البايردين بعد أن أضاف إليه حامض الإسكربوط (فيتامين ج). وهذا الحامض يعتبر عامل اختزال ضعيفاً. وقد لاحظ أن الحمض قد تأكسد وأن الكلورفيل قد اختزل إلى مركب قرمزي اللون وعندما أبعد الضوء سار التفاعل في اتجاه عكسي. وكانت سرعة التفاعل العكسي تزداد بصورة كبيرة إذا أضيفت مادة مؤكسدة مثل الهواء أو الكينون.

والنتيجة النهائية هي تأكسد حمض الإسكربوط واختزال المادة المؤكسدة وقد قام الكوروفيل بعمل المادة المساعدة في هذا التفاعل كما هي الحال في عملية التمثيل الضوئي، وقد وجد كرازنوفسكي بعض الأدلة على إمكان اختزال البايردين بمحلول الكلولاوفيل. وسوف تكون لهذه النتيجة اهميتها لأننا نعرف أن البلاستيدات الخضراء لا تختزل هذه المركبات إلا إذا وجدت المادة المناسبة لاقتناص ذرات الأيدورجين.

ومن الطبيعي أن يكون إبعاد ذرات الأيدروجين عن حمض الإسكربوط أيسر بكثير من نزعها عن الماء. وعلى ذلك فإن تفاعل كرازنوفسكي يشبه تفاعل هلل بنفس القدر الذي يشبه به تفاعل هل عملية التمثيل الضوئي في النبات، فتفاعل هل يستطيع أن يتم على نفس المادة المختزلة التي تستخدم في التمثيل الضوئي وهي الماء، ولكنه يحتاج إلى مواد مؤكسدة أقوى من ثاني أكسيد الكربون. أما تفاعل كرازنوفسكي فمن الممكن أن يستخدم نفس المواد المؤكسدة التي تستخدم في تفاعل هل (مثل الكينون) ولكنه يحتاج إلى مواد أكثر قابلية للاختزال من الماء.

وفي عام ١٩٣٧وجدت أنا وجوزيف وايز أن محلول الكلوروفيل يمكن أن يتأكسد عكسياً بأملاح الحديديك وإن درجة التأكسد تزداد في الضوء. وفي هذه الحالة أيضاً تختزن بعض الطاقة الضوئية في صورة طاقة كيماوية، ولو أن كمية الطاقة المختزنة تكون ضئيلة. ومن ذلك نرى أن الكلوروفيل مادة عجيبة، فهو يستطيع أن يعمل كمادة مؤكسدة وكمادة

مختزلة، وهو يستطيع أن يقوم بإحدى هاتين الوظيفتين أو بكلتيهما في عملية التمثيل الضوئي.

وما زلنا في حاجة إلى تجارب أخرى حول الخواص الكيماوية الضوئية للمواد الكلوروفلية، بحيث لا يقتصر التجريب علي الكلوروفيل في المحاليل فقط بل يتعدى ذلك إلى دراسة خواص محاليله الغروية وجزيئات البلورية وطبقاته وحيدة الجزيئات التي تشبه الصورة الخيالية التي نتصور أن الكلوروفيل يوجد عليها داخل الخلية الحية.

والوظيفة الكيماوية الرئيسية لعملية التمثيل الضوئي هي اختزال ثاني أكسيد الكربون إلى المواد الكربوهيدراتية التي تشتق منها جميع المواد العضوية الموجودة على سطح الأرض. ولم نعالج حتى الآن إلا عملية امتصاص الطاقة الضوئية التي تساعد على انطلاق الأكسجين من الماء وانتقال الأيدروجين إلى مركبات لا تميل إلى الاتحاد به إلا بدرجة محددة. وهذه المركبات تمثل القنطرة التي توصل بين عملية التمثيل الضوئي الذي هو مصدر للطاقة وبين عملية التمثيل الضوئي كمعمل كيماوي. ويرى كثير من الباحثين أن هناك مادة عالمية تتحد مع الأيدروجين وتوجد دائماً مع الكلوروفيل في الحبيبات. وبعد أن تأخذ هذه المادة الأيدروجين من الماء عند تعرضه للضوء، تنقله دون استعانة بالضوء إلى أي مركب يستخدم في النهاية كمادة مؤكسدة. وقد تكون هذه المادة المؤكسدة هي ثاني أكسيد الكربون أو الكيونو أو البايرريدن أو غير ذلك. ومن المحتمل جداً أنه إذا لم يستخدم هذا المركب الجديد مباشرة فإنه يضيع نتيجة للتفاعلات العكسية

التي تحدث في فترة وجيزة لا تتجاوز ثوان قليلة. وهناك من الباحثين من يعتقدون أن الخلايا تحتفظ بقدرتها الاختزالية عدة دقائق بعد إبعادها عن الضوء.

والسؤال الثاني هو كيف يتم من الوجهة الكيماوية تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى مادة كربوهيداتية بوساطة المواد المختزلة الأولية؟.. وهنا يمكننا أن نستفيد من طريقة تتبع النظائر، فبإمداد الخلايا بثاني أكسيد الكربون المغلف بالراديو كربون، وترك هذه الخلايا تستعمل الغاز لمدة ثوان قليلة ثم قتلها بعد ذلك، وجد بعض الباحثين في جامعة كاليفورنيا وشيكاجو أن أولى المواد الناتجة التي يدخل ثاني أكسيد الكربون في تركيبها في عملية التمثيل الضوئي هي حمض الفسفوجليسرين وهو يتركب من حمض الفسفوريك وحمض الجليسرين. ويظهر أن فائدته في عملية التحول الغذائي داخل الجسم تشبه فائدة التشحيم في الآلات.

وإذا نظرنا إلى الجزء الخاص بحمض الجلسريك من المركب، فإننا نجد أن تركيبه ك ٣ يد ٦ ا ٤ يعتبر وسطاً بين تركيب ثاني أكسيد الكربون ك ١ ٢، سكر الجلوكوز ك ٦ يد ١٢ ا ٦، وذلك بالنسبة إلى المستوى الاختزالي. ونقصد بذلك النسبة بين ذرات الأيدروجين والأكسجين في الجزيء وهي الصفر في حالة ثاني أكسيد الكربون، ١.٥ : ١ في حالة حمض الجلسريك ٢ : ١ في حالة الجلوكوز. وعلى ذلك فإن حمض الجلسريك يعتبر بحق محطة وسطى في الطريق من ثاني أكسيد الكربون إلى السكر. ومن المحتمل أن يلتصق ثاني أكسيد الكربون في بادئ الأمر بأحد

المركبات العضوية الموجودة في الخلية ثم يختزل هذا المركب بعد ذلك في الضوء مكوناً حمض الجليسريك. ولا بد أن يتم تحويل هذا الحمض بعد ذلك إلى الجلوكوز وأن تنطلق المادة التي يلتصق بها ثاني أكسيد الكربون لكي تبدأ التفاعل من جديد وتسمح باستمرار الدورة.

والعملية التي تنمو فيها سلسلة الكربون وتختزل إلى المستوى الكربوهيدراتي مبتدئة بجزيء من ثان أكسيد الكربون محمول على مادة مساعدة، لا بد أن يكون مآلها إلى علماء الكيمياء الحيوية، فهم يستخدمون مثل هذه التفاعلات لشرح عملية التنفس التي تعتبر عكس عملية التمثيل؛ ففي التنفس تتكسر الجزيئات العضوية مثل الجلوكوز وتتأكسد إلى ماء وثاني أوكسيد الكربون. وأفضل مثال معروف لمثل هذا التفاعل هو ما يسمى دورة كريبز (krebs cycle) فبعض التفاعلات في هذه الدورة عكسية، أي إنها تتم مع انطلاق بعض الطاقة ومن الممكن أن تسير في اتجاه عكسي، ويتم ذلك ببساطة بزيادة كميات أو تركيز المواد الناتجة من التفاعل زيادة كبيرة وبالعمل على إزالة المركبات العضوية التي يتم تركيبها باستخدام مادة قانصة.

ومن الممكن اختزال ثاني أكسيد الكربون في عملية التمثيل الضوئي بصورة واضحة بجعل دورة تريبز تسير في اتجاه عكسي. وهي هذه الحالة يستخدم حمض البايروفيك، وهو أبسط تركيباً من حمض الجليسريك (معادلته ك ٣ يد ٤ ا ٣ . ولكن العملية ليست بهذه البساطة، فقد دلت

التجارب التي أجريت حديثاً في بركلي على أن جزيء ثاني أكسيد الكربون يلتصق بإحدى أملاح السكريات الخماسية (pentose diphophate).

فبإضافة ثاني أكسيد الكربون إلى سكر خماسي وماء نستطيع الحصول على حمض الجليسريك كما في المعادلة الآتية التي أهملنا فيها الجزء الخاص بالفوسفات: ك ١ ٢ + ك ٥ يد ١٠ ١ ٥ + يد ٢ ١ ← ٢ ك ٣ يد ٦ ١ ٤، وقد أثبت كل من بنسون في بركلي، وهركر في ماريلاند مستقلين أن الخلايا الخضراء تحتوي إنزيماً يساعد على إتمام هذا التفاعل في المعمل.

وعلى ذلك فإن الطريق الذي يسلكه الكربون في عملية التمثيل الضوئي كما بينه كالفن (calvin) وزملاؤه يبدأ بتكوين حمض الجليسريك من سكر خماسي وثاني أكسيد الكربون. وبعد ذلك يساعد الأيدروجين الذي يتكون من تأثير أحد العوامل المختزلة التي تتكون في الضوء على جعل التفاعل يسير نحو الأمام مع إزالة ذرة من الأكسجين من حمض الجليسريك لكي تكون سكراً ثلاثياً به ثلاث ذرات فقط من الكربون (ك ٣ يد ٦ ١ ٣)، ويتكون الماء، ويمكن كتابة هذا التفاعل بالصورة التالية: ك ٣ يد ٦ ١ ٤ + ٢ يد ← ك ٣ يد ٦ ١ ٣ + يد ٢ ١ وتنتهي الدورة بتحويل بعض السكر الثلاثي إلى السكر سداسي يعتبر هو الناتج النهائي.

وينحل البعض الآخر من السكر الثلاثي في تفاعل عكسي إلى السكر الخماسي الذي يحتاج إليه للتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون

واستئناف الدورة من جديد، وتوحي التجارب الحديثة التي أجراها كاندلر (kandler) في ميونخ بتصحيح مهم للصورة التي رسمها كالفن لتفاعلات ثاني أكسيد الكربون في التمثيل الضوئي. وتدل هذه التجارب على أن حمض الجليسريك قد لا يقع على الطريق الرئيسي في هذه العملية بالمرة، ولكن المادة المتوسطة التي تقوم بدوره هي الجزيء المزدوج ك ٦ يد ١٠ ا ٧ الذي يمكن أن يتموه إلى جزيئين من جزيئات حمض الجليسريك. وهو يتموه بهذه الطريقة عندما تقتل الخلايا بغليها في الكحول، كما أثبت ذلك بحث كالفن. واختزال المادة ك ٦ يد ١٠ ا ٧ بوساطة ٤ ذرات من الأيدروجين تنتج من إحدى المواد المختزلة التي تنشط في الضوء يؤدي مباشرة إلى تكوين سكر سداسي، وينتج الماء كمركب ثانوي. وعلى ذلك فمن الممكن أن يوصل التفاعل عندما يسير عكسياً إلى تكوين السكر الخماسي وهو المادة التي تحمل ثاني أكسيد الكربون اللازم لبداية الدورة من جديد.

ويلوح أن هذا التفسير هو أنسب التفسيرات الكيماوية الموجودة حالياً لبيان الطريقة التي يتحول بها ثاني أكسيد الكربون إلى سكر سداسي بمساعدة مادة مختزلة تعطي الأيدروجين بسهولة وتنشط في الضوء وتشتق من الماء. وقد لا يكون هذا هو التفسير النهائي أو الوحيد؛ فبمقارنة هذه التفسيرات بما هو معروف حول تعدد الطرق في شرح عملية التنفس نستطيع أن نقول بأنه ليس من المؤكد أن عملية التمثيل الضوئي تسير في طريق واحد في جميع الحالات وفي جميع الكائنات. وقد يتفرع الطريق الصاعد لعملية التمثيل الضوئي ويتصل على مستويات متعددة بالطريق

الهابط الذي تسير فيه عملية التنفس. وفي الأماكن التي تتصل فيها العمليتان قد تدخل بعض النواتج الثانوية التي تتكون في عملية التمثيل إلى المضخات التي توصلها إلى عملية التنفس. وقد يحدث العكس حيث تدخل بعض المركبات الثانوية للتمثيل في عملية التنفس.

ألوان الخريف

كينث ثيمان

Kenneth v . thimann

يكون فصل الصيف قصيراً بالنسبة لأولئك الذين يعيشون منا في الشمال الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية، ولكنه ينتهي نهاية رائعة حيث تلبس جميع الأشجار عند وداعه حللها الباهية من أصفر يحاكي الذهب الخالص ترتديه أشجارر القان (birches) إلى قرمزي متوهج ترتديه أشجار الزان الجبلي إلى أحمر فاقع ترتديه غصون البلوط والسماق. وهناك ما لا يحصى من مختلف ألوان الأوراق التي تشبه إلى حد كبير أزهار الحدائق في فصل الصيف. ووجه الشبه بين الاثنين كبير، لأن كثيراً من المواد الملونة أو الأصباغ هي ذاتها التي تكسب الأزهار ألوانها الخاصة.

وتحدث تغيرات الألوان بتأثير عاملين: الأول هو ذهاب لون الأصباغ الموجودة فعلاً في النبات، والثاني هو تكون بعض الأصباغ الجديدة، وأبسط مثال لذلك هو ما يحدث في حالة الألوان الصفراء التي تظهر في كثير من الأشجار قرب نهاية حياتها؛ فالمواد الملونة الصفراء التي تشاهد في الأوراق

لأول مرة في الخريف كانت موجودة طيلة الوقت، ولكنها كانت محتجبة عن الأنظار بتأثير الكمية الكبيرة نسبياً من المادة الخضراء أو الكلوروفيل.

ولكي ندرك ماذا يحدث عن تغير الألوان ينبغي أن ندرس أولاً ماذا يحدث عندما نبصر جسماً ملوناً، فعندما يسقط الضوء الأبيض الذي يتألف من جميع أطوال موجات الطيف التي تتراوح بين ٤٠٠ ، ٧١٠ جزء على مليون من المليمتر على سطح يحتوي بعض المواد الملونة، فإن هذه المواد تمتص بعض ألوان الطيف أكثر من غيرها. فإذا كانت المادة الملونة تمتص اللون البنفسجي – وهو أقصر الموجات طولاً – وقليلاً من اللون الأزرق، فإن العين ترى ما يتبقى بعد ذلك من ألوان الطيف وهو خليط من الأحمر والأصفر والأخضر وبعض الأزرق. وهذا الخليط لا يكون في مجموعه اللون الأبيض، بل الأصفر. ونستطيع أن نعبر عن ذلك بالمعادلة الآتية: أبيض – بنفسجي – أصفر. ولكل صبغة أو مادة ملونة خواصها من حيث امتصاص ألوان الطيف. ويمكن تمثيل ذلك بمنحنى بياني على خريطة تمثل ما تمتصه كل مادة ملونة من ألوان الطيف كما هو موضح في الشكل المبين على (صفحة ١٥٩) الذي يمثل الألوان التي تمتصها ورقة كاملة من أوراق (السبانخ)، وإحدى المواد الملونة الموجودة بالأوراق واسمها كاروتين وهي صفراء اللون، ونوعان من الكلوروفيل الأخضر يسميان أ، ب، ويوجدان في معظم الأوراق.

ولما كانت المواد الكلوروفلية تمتص الضوء بقوة في المناطق الزرقاء والحمراء ولا تكاد تمتصه مطلقاً في المنطقة الخضراء، فإن العين التي تنظر

إلى إحدى الأوراق، لا يكاد يصلها إلا الأشعة الخضراء مع قليل من الصفراء والزرقاء والبنفسجية، وينتج عن ذلك إحساس عام بالخضرة أو إبصار للون الأخضر، وتدل على اختبار الطيف إلا الأزرق والبنفسجي، وهي ألوان يمتصها الكلورفيل على أي حال. وعلى ذلك فإن وجود المواد الملونة الصفراء في الورقة لا يغير من لونها كما تبصره العين. ولذلك لا يبصر الإنسان اللون الأصفر في الأوراق عند وجود الكلوروفيل بها.

والألوان التي تمتصها ورقة كاملة كما يبدو من الشكل السابق هي إلى حد كبير مجموع ما تمتصه جميع المواد الملونة الموجودة بها (مع فروق ضئيلة)، والألوان التي لا تمتص هي التي تصل إلى العين وتتألف إلى حد كبير من اللون الأخضر.

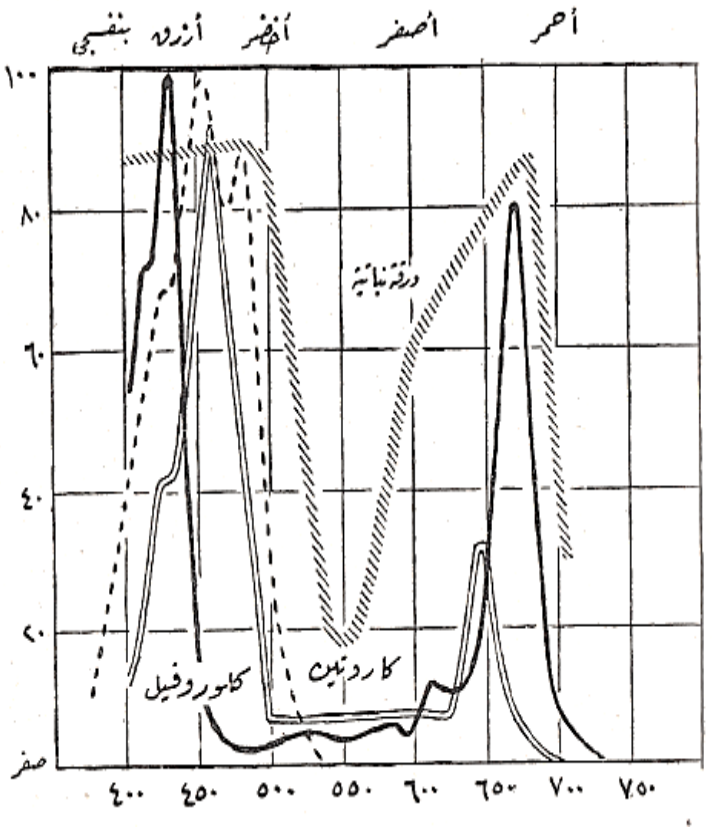
أما في الخريف فإن لون الكلوروفيل يضيع تدريجياً، وحينئذ يظهر لون الأصباغ الصفراء. أما لماذا يذهب لون الكلوروفيل فهو ما لا نفهمه إلا إلى حد بسيط. وهو على وجه العموم ينتج عن تكسير البروتين في خلايا الأوراق، وهي ظاهرة تحدث عندما تتقدم الأوراق في السن، فالكلوروفيل بسبب ارتباطه ببعض البروتينات يأخذ في الانحلال بانحلالها. ولكن روعة ألوان الخريف تتوقف على الألوان الحمراء، ومن الواضح أن إحدى المواد الملونة الجديدة تظهر في الميدان، لأن اللون الأحمر لا يوجد في أوراق الصيف المعتادة، وبرغم أن كثيراً من الأوراق الحديثة التي تتكون في الربيع تحتوي بعض الأصباغ الحمراء، فإنها تفقدها بمجرد نضجها، ولا يبقى على

لونه الأحمر طوال الموسم إلا قليل من الأوراق مثل أوراق الزان النحاسي (copper beech) وبعض أنواع القمح.

والصبغة الحمراء التي تتكون حديثاً في الخريف تنتسب إلى فصيلة من الأصباغ تختلف اختلافاً بيناً عن تلك التي تتكون في أثناء الصيف، وهذه الفصيلة نعرفها جيداً في صورة المواد الملونة التي تظهر في الأزهار.

وأول ما درس من أصباغ الأزهار هو ما استخرجه العالم الفرنسي موروت (morot) منذ أكثر من مائة سنة. ولم تكن هذه الصبغة حمراء، بل زرقاء، حصل عليها من بعض الأزهار الزرقاء وسميت أنثوسيانين (anthocyanin) وهي كلمة إغريقية معناها الزهرة الزرقاء، وتستخدم هذه الكلمة في الوقت الحاضر لكي تدل على فصيلة من المواد الملونة بعضها أزرق والبعض قرمزي والبعض الآخر أحمر. ومن عجيب أمر هذه الأصباغ أن لونها في الزهرة قد يختلف عن اللون الذي تكون عليه في حالة نقاوتها.

فمن أمثلة ذلك أن اللون الأحمر القاتم لبعض أنواع الورد يرجع إلى وجود نفس المادة الملونة سيانين (cyanin) الذي يظهر في الكورن فلور الأزرق (blue cornflower) ويرجع هذا الاختلاف في اللون إلى أن بعض المواد الأخرى الموجودة في خلايا النبات تغير من الصورة الكيماوية، وبالتالي من اللون الذي يتخذه الأنثيوسيانين.



أطياف امتصاص المواد الملونة في الورقة توضح لماذا يصفر لون الأوراق. الخريطة توضح نسبة الضوء الممتص (الإحداثي العمودي) في كل لون أو في كل منطقة من مناطق الطيف (الإحداثي الأفقي). ولما كان الكلوروفيل يمتص الأحمر بشدة وكذلك الأزرق فإنه يعكس اللون الأخضر. الكاروتين له نفس شدة الامتصاص بالنسبة للأزرق، ولكنه يمتص قليلاً من الأحمر؛ ولذلك فإنه يعكس اللون الأصفر أو البرتقالي، وعندما تقصر ألوان الكلوروفيل في الخريف يبدو الكاروتين واضحاً.

وتختلف أصباغ الأنثوسيانين عن الأصباغ الخضراء والصفراء من ناحيتين مهمتين على الأقل؛ فهي أولاً تذوب في الماء ذوباناً كاملاً بينما لا يذوب إلا في الزيوت أو المذيبات العضوية الأخرى. وثانياً فإنه بالنسبة لقابليتها للذوبان في الماء فإنها تظهر في العصارة المائية للنباتات بينما لا تظهر الأصباغ الخضراء والصفراء إلا في البلاستيدات الخضراء الصغيرة داخل خلايا الأوراق. وبرغم أن دراسة الطريقة التي تتكون بها أصباغ الأنثوسيانين تعد طريفة جداً، فإنها لم تلق كثيراً من عناية الباحثين، ويرجع ذلك إلى طبيعة التقدم العلمي فهو يظرب ضربة هنا وأخرى هناك. ويشبه تقدم المعرفة المد الذي يحدث على الشاطئ والذي قد يغمر في بعض الأحيان بعض الأماكن النائية وينحسر عن بعض الجزر التي داخل البحر. وبرغم أن الإنسان يعتمد اعتماداً كلياً على المنتجات النباتية فمما لا جدال فيه أنه لم يبذل جهودا كبيرة لدراسة العمليات التي تؤدي إلى تكوين هذه المواد.

وقد تكونت لدينا بعض المعلومات، ولو أنها قليلة، عن المنتجات التي تتكون بكميات وفيرة مثل السكريات والنشويات والبروتينات، ولكن معلوماتنا بالمنتجات النباتية الدقيقة كالأصباغ والعقاقير والفيتامينات والعطور تعتبر ضئيلة للغاية. ويدعو هذا الأمر إلى العجيب لأن التركيب الكيماوي لمعظم هذه المواد قد درس دراسة تامة، بل إن بعض المواد المحيرة مثل الإستركنين قد انكشفت أسرار تركيبه لعلماء الكيمياء العضوية. والأنثوسيانين كغيره من المركبات النباتية العديدة كان موضوع دراسات مستفيضة لعلماء الكيمياء العضوية. وقد زال كثير من الغموض الذي كان

يحيط بتركيب هذه المواد، بل إن كثيراً منها قد قد أمكن تجهيزه صناعياً في المعامل. ومع ذلك لا يزال أمامنا طريق طويل قبل أن نهتدي إلى طريقة تكوينها في الطبيعة.

ولدراسة الطريقة التي تتكون بها هذه المواد لا بد من اختيار المادة البيولوجية المناسبة. وتعتبر الأزهار وأوراق الخريف مواد عابرة بالنسبة للأنثوسيانين. وأفضل المواد لدراسته هو ما يمكن زراعته لفترة طويلة وتتكون فيه مادة الأنثوسيانين طوال حياته. وقد أجريت بعض التجارب على البادرات الحمراء كالكرنب الأحمر، كما أجريت دراسات أخرى على أوراق تتكون فيها مواد ملونة، حمراء في الصيف (وبخاصة القمح) corn كما أجريت دراسات حديثة جداً على بعض نباتات عشب البط، وهو من النباتات المناسبة إذ يمكن أن يزرع في مزرعة مائية معقمة، وقد وصف إريك آشي هذا النبات في القصل الذي كتبه في هذا الكتاب عن شكل الورقة. وتتكون في الوريقات الخضراء الصغيرة لهذا النبات مواد ملونة قرمزية على سطحها السفلي. ومن الممكن أن يقدر تركيز المادة المونة – وهي في هذه الحالة الأنثوسيانين – تقديراً دقيقاً.

وفي التجارب التي أجريناها في جامعة هرفارد على نباتات عشب البط، كانت هذه النباتات تزرع تحت ظروف محددة غاية التحديد، وكانت تستخدم الإضاءة الصناعية في حجر خاصة بحيث يمكن التحكم في شدة الضوء ودرجة الحرارة إلى حد بعيد، وتلقى الظروف التي يتكون في ظلها الأنثوسانين في نباتات عشب البط كثيراً من الضوء على ألوان الخريف.

والنقطة الأولى في هذا الأمر هي أن الضوء عامل أساسي، وكلما زادت شدته زادت كمية المادة الملونة. والأمر الثاني هو أن درجة الحرارة لا ينبغي أن تكون مرتفعة أكثر من اللازم. وجميع سكان نيو إنجلاند يعرفون أن الجو المشرق البارد في بداية الخريف يساعد على تكوين الأوراق ذات الألوان الناصعة، أما في إنجلترا حيث يكون الخريف في الغالب معتدلا وكثير الغيم، فإن أوراق الخريف لا تكون ناصعة وتقتصر ألوانها في الغالب على الصفراء والبنية. وفي هذه الحالة لا يقوم الأنثوسيانين إلا بدور ضئيل غير محسوس.

ولذلك فإنه عندما يكتب شعراء الإنجليز عن الخريف فإنهم يكتبون عن الذبول ويصفون الأوراق الميتة وألوانها الشاحبة. وتلقي تجارب المعمل أيضاً ضوءًا على الدور الذي تقوم به المواد السكرية في تكوين المواد الملونة. ففي نهاية القرن الماضي لاحظ بعض الباحثين أنه إذا طفت نباتات مائية مختلفة على سطح محاليل سكرية مع تعريضها لضوء النهار، فإن لونها يصير أحمر. وعندما يزرع نبات عشب البط في محلول سكري، فإنه يتكون به قدر أكبر من مادة الأنثوسيانين. ومن الممكن أن يتكون الأنثوسيانين من السكر، حتى في الظلام، ولكن بكميات ضئيلة جداً. أما في الضوء فإن كمية الأنثوسيانين تزداد زيادة كبيرة، ويمكن أن تستنتج من ذلك أن الضوء لا يحتاج إليه في عملية التمثيل الضوئي لتكوين السكر فحسب، ولكنه يحتاج إليه أيضاً في التفاعلات التي تؤدي إلى تكوين المواد الملونة. وعلى ذلك فإن الضوء والسكر ضروريان لتكوين هذه المواد.

وعندما يتأكسد السكر أو يتخمر داخل الخلايا الحية، فإنه يحتاج دائماً إلى الفوسفات، لأن تكسير السكر لا يتم إلا بعد اتحاده مع الفوسفات. وعندما درس تأثير الفوسفات على تكوين الأنثوسيانين، وجد – مع العجب – أن كثافة المادة الملونة في نباتات عشب البط تزداد كلما قلت كمية الفوسفات في الوسط الذي تنمو فيه. ووجد أنه عندما خفضت الفوسفات إلى نسبة مئوية ضئيلة من قيمتها الطبيعية، فإن شدة التلوين تتضاعف ثلاثة أضعاف، مما يؤيد الرأي الذي يقول بأن المادة الملونة تتكون نتيجة لتجمع السكر في عملية تختلف كبيراً عن العملية التي يتم فيها تكسير طبيعي داخل النبات، فالتكسير الطبيعي يحتاج إلى مادة الفوسفات ليس لها دخل مطلقاً. ويظهر النحاس يلعب دوراً ما في هذه العملية؛ فقد لوحظ أنه إذا أضيف مركب من المركبات التي تتحد بشدة مع أي آثار للنحاس يحتمل وجودها حتى نضمن خلو الوسط العذائي خلواً تاماً من النحاس فإن الأنثوسيانين لا يتكون.

ويمكننا مفعول الفوسفات لما لاحظه الزراع الذين يسيرون على الأساليب العلمية من أن الأوراق المحصولات النباتية تكتسب دائماً لوناً أحمر أو ورديا بسبب قلة الفوسفات في التربة، فهم يعتبرون هذا اللون دليلاً على الجوع أو نقص الغذاء. وقد يكون لهذه الحمرة أسباب متعددة ولكن نقص الفوسفات يعتبر من أكثرها شيوعاً وأهمية. ويؤيد ذلك ما اكتشفه combes في السوربون منذ سنوات عديدة حيث وجد أن كثيراً من المواد الغذائية، ومن بينها الفوسفات، تنتقل من الأوراق إلى الساق عند مجيء الربيع. وتعطينا جميع هذه الملاحظات والتجارب صورة عامة عن

نوع جديد من التحول الغذائي للسكر، حيث يعطي السكر في وجود الضوء مادة الأنثوسيانين، وربما مواد أخرى معينة في النبات. ولتفسير ألوان الخريف تفسيراً كاملاً من معالجة أربعة عوامل مختلفة على الأقل وهي:

- تقدم الورقة في السن بصورة طبيعية، ويتسبب عن هذا العامل رجوع الفوسفات والمربات النيتروجينية إلى الساق.

- تكون المواد السكرية بصورة مستمرة، على فرض أن الجو يبقى دائماً مشرقاً.

- وجود مركبات كيماوية معينة تختلف تبعاً لاختلاف الأنواع النباتية لكي تقوم بتحويل المواد السكرية إلى مواد ملونة أو أصباغ.

- درجة الحرارة فقد يتسبب انخفاض درجة الحرارة في ليالي الخريف في تحويل النشا الموجودة في الورقة إلى سكر، وبذلك يزداد تأثير العامل الثاني.

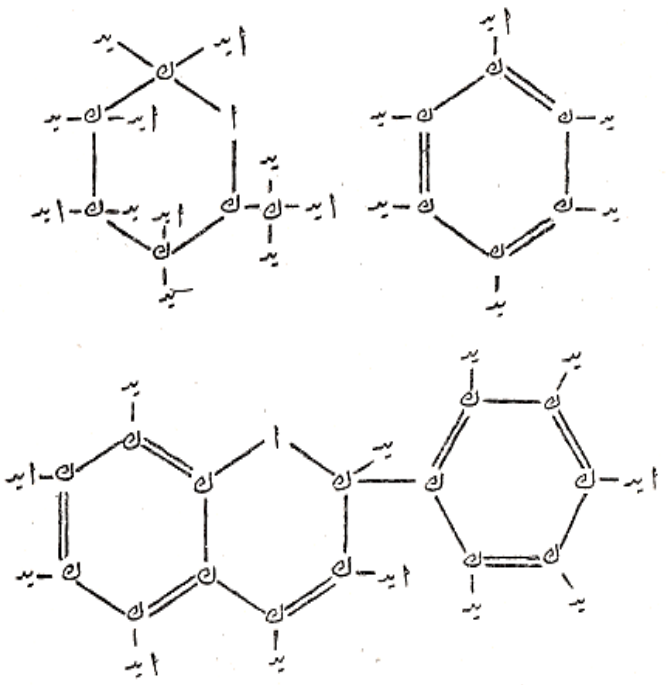
ولعل معرفة الطريقة التي تتكون بها ألوان الخريف معرفة تامة تساعدنا على حل كثير من المشكلات في الكيياء العضوية وعلم الأحياء؛ فالمواد السكرية مثل الجلوكوز تنتسب إلى فصيلة من المركبات تسمى المجموعة الزيتية أو الدهنية (aliphatic) وهي تحتوي على ذرات الكربون التي يتصل بعضها ببعض بالطريقة المعتادة، حيث تكون على ذرات الكربون التي يتصل بعضها ببعض بالطريقة المعتادة، حيث تكون سلسلة من ست

ذرات من الكربون تتصل الخامسة منها بالأولى بوساطة ذرة من الأوكسجين. أما ذرة الكربون السادسة فإنها تقف على جانب. أما الأنثوسيانين فهو ينتسب إلى فصيلة العطريات (aromatic) حيث تتصل ذرات الكربون الست بعضها ببعض في حلقة البنزين المعروفة بالست الذرات التي تتذبذب بينها الإلكترونات لتزيد من ثباتها. أما ذرات الأكسجين إذا وجدت فإنها تكون على جوانب الحلقة (انظر الشكل صفحة ١٦٧). ومن أمثلة المركبات الأروماتية مادة الفينول وتتخذ جميع مواد الأنثوسيانين نفس ترتيب الذرات الذي يظهر في الفينول. والمواد الملونة الموجودة في نباتات عشب البط، بل في جميع الأوراق الحمراء والقرمزية تتركب من أحد مشتقات الفينول وهو مادة السيانيدين cyanidin) مع بعض المواد السكرية، ولكننا لا نعرف كيف تتكون المواد الأروماتية أو العطرية في الطبيعة.

وأول نواتج عملية التمثيل الضوئي، وهي العملية التركيبية العظمى التي تمد العالم بطريق مباشر بالغذاء والكساء والوقود والعقاقير والفيتامينات وغيرها، نقول إن أول نواتج هذه العملية يعتبر من المركبات الألبانية أو الزيتية، ويظهر أنها هي المواد السكرية والأحماض العضوية البسيطة التي تنتسب إليها. وعلى ذلك فإن المركبات الأروماتية أو العطرية لا بد أن تكون ناتجة من تفاعلات ثانوية. وإذا كانت هذه التفاعلات تبدأ بالسكريات فلا بد أن تنطوي على تعديل في تركيبها بحيث تنتظم ذرات الكربون الست في صورة حلقة. ويعتبر إجراء مثل هذا التعديل مستحيلاً

في المعمل، ولكننا إذا حكمنا من الكثرة التي تظهر بها المركبات الأروماتية في الطبيعة؛ فلا بد أن نسلم بأن هذه العملية تتم بسهولة في النباتات.

ومن المحتمل جداً أن تنطوي العملية على تفكك جزيئات السكر وتجمعها مرة أخرى؛ ففي مادة السيانيدين تتصل حلقتا البنزين السداسيتان بمركب يشتمل على ثلاث ذرات من الكربون. ولما كان تكسير السكريات السداسية في الطبيعة يتطلب انقسامها إلى أنصاف يشتمل كل منها على ثلاث ذرات من الكربون، فمن الطبيعي أن نفترض أن المركب المتوسط في السيانيدين يأتي من السكر. ولم تثبت حتى الآن صحة هذا الرأي، ولكننا مع ذلك نجد أن مواد الأنثوسيانين وغيرها من المركبات الأروماتية العديدة الأخرى تظهر بكثرة متحدة بالمواد السكرية في النبات مما يجعلنا نفترض أنهما يأتيان من مصدر واحد.



التركيبات الجزيئية توضح المشكلة المتعلقة بطريقة تكوين المركبات الأروماتية (العطرية). في أعلى اليسار تركيب الجلوكوز وهو سكر بسيط من المجموعة الأليفاتية aliphatics . لاحظ ذرة الأكسجين في إحدى زوايا سداسية المركز. في أعلى اليمين تركيب الفينول وهو أحد المركبات العطرية ،وهنا حلت ذرة من الكربون ك مكان ذرة من الأوكسجين أ لكي تكون الشكل السداسي أو حلقة البنزين. في أسفل تركيب الأنثوسيانين أو السيانيدين الذي يوجد في أوراق الخريف والذي يحتوي كما هو موضح على الحلقات ذات الست ذرات من الكربون وهي الخاصة بالمجموعة الآروماتية. تحول السكر إلى مركبات آروماتية لم يمكن إجراؤه في المعمل حتى الآن.

ومن المركبات الآروماتية المهمة في الطبيعة: البنزين والنفتالين وجنين الخشب ومادة الكوينول التي تستخدم في إظهار الصور الفوتوغرافية وبعض الفيتامينات وكثير من العقاقير مثل الموروفين والأستركنين والكينين ومعظم المواد الملونة الطبيعية والأنثوسيانين الموجود بالأزهار وأوراق الخريف. والمواد الأصلية التي تشتق منها هذه المركبات جميعاً وهي البنزين والفينول والنفتالين يمكن الحصول عليها من مصدرها الرئيسي وهو قطران الفحم، وهو من المواد التي يرجع أصلها إلى النباتات التي ماتت منذ زمن بعيد. وتقوم الكيمياء التركيبية الحديثة بدراسات مستفيضة على هذه المركبات الطبيعية، وعلى ذلك فإن دراسة ألوان الخريف وإن بدت دراسة بسيطة كغيرها من المشاكل العديدة في دراسة علم الأحياء، فإنها قد توصلنا مباشرة إلى صميم نشاط الكائنات الحية. وإذا استطعنا أن نصل إلى التفسير الكامل لهذه الألوان فإن ذلك قد يوصلنا إلى كشف كثير من الأسرار البيولوجية.

القسم الخامس

ديناميكا النبات

١- الحركة في النبات .

٢- ارتفاع الماء داخل النباتات .

الحركة في النبات

فيكتور جروخ

Victor a . greulach

إذا سئل أي إنسان تقريباً عن الفرق بين النباتات والحيوانات فقد يذكر أن الحيوانات تتحرك بينما النباتات لا تتحرك. وحتى في حدود المعنى الضيق للحركة فإن هذه التفرقة ليست دقيقة، فبعض الحيوانات مثل المرجان والإسفنج تقضي حياتها البالغة ثابتة في أماكنها، بينما تستطيع كثير من النباتات أن تتحرك بحرية من مكان إلى آخر؛ فبعض الفطريات تنزلق على النباتات الأخرى وعلى بعض الجذوع القديمة بوساطة أقدام كاذبة تشبه أقدام الأميبا. ولكثير من الطحالب التي تسمى دياتومات (diatoms) قدرة خاصة على السباحة ويمكن مشاهدتها تحت الميكروسكوب وهي تتحرك كأنها سفن على صفحة الماء. ويظن أنها تتحرك بإمرار تيار من البروتوبلازم على فتحة في جانبها كما تتحرك آلة بخارية ذات عجلة جانبية. وتتحرك كثير من النباتات بخيوط طويلة تشبه الأسواط إذا وجد في النبات العدد الكافي منها، وتتحرك بهذه الطريقة أنواع من الطحالب والبكتريا وبذور الطحالب والفطريات المختلفة والخلايا الذكرية السابحة لبعض النباتات عديمة البذور، والحركة بالسياط أسرع من الحركة التي تنشأ من تيار البروتوبلازم.

وقد تصل سرعة النباتات التي تتحرك بهذه الطريقة إلى ثلاثة أقدام في الساعة، وقد لا تبدو هذه السرعة كبيرة بالنسبة لنا، ولكنها تعتبر هائلة بالنسبة لهذه الكائنات الميكروسكوبية ذات الحجم الصغير، فالرجل الذي يقطه مسافة مائدة ياردة جرياً في ٩.٣ ثانية يجري بسرعة تعادل سبعة أمثال طوله في الثانية. والطائرة النفاثة f-68 التي تطير بسرعة ٦٥٠ ميلاً في الساعة تتحرك بسرعة تبلغ ٢٥ ضعف طولها في الثانية. وقد وجد أن بذور بعض النباتات الفطرية تقطع المسافة المساوية لطولها في نفس الوقت الذي تقطع به الطائرة النفاثة طولها. وبعض أنواع البكتريا ذات الأصوات تتحرك بمعدل أكثر من ذلك من حيث تستطيع أن تقطع مسافة تساوي ٣١.٧ طولها في الثانية، بل إن بذور بعض النباتات (actinoplaances) تقطع مسافة تساوي ٩٩ ضعف طولها في الثانية. ولكي يتحرك الإنسان بنفس المعدل من السرعة فإنه يلزمه أن يقطع مسافة ٤٠٠ ميل في الساعة.

وفي السنوات الأخيرة، وبخاصة منذ تقدم الميكروسكوب الإلكتروني وجهت عناية كبيرة نحو دراسة السياط. وجميع السياط التي درست حتى الآن سواء في عالم الحيوانات أو النباتات، وكل أذناب الحيوانات المنوية في الحيوانات وجد أن كلا منها يشتمل على ١١ خيطاً مرتبة بنفس الطريقة؛ فيوجد خيطان رقيقان في المركز وتسعة خيطان سميكة نحو الخارج ويظهر أن الحركة السريعة للسوط ترجع للانقباضات المنتظمة لهذه الخيوط وهي تبدأ في الغالب بحركة نحو أحد الجانبين تتلوها حركة نحو الجانب الآخر وتنشأ

هذه الحركات عن انقباض البروتينات التي تتكون منها هذه الخيوط كما في العضلات.

وليس الغرض الأساسي من هذا المقال هو دراسة طرق الانتقال عامة في النباتات وإنما دراسة التحركات غير المشهورة والتي تتنوع تنوعاً يدعو إلى الدهشة في النباتات. وهي حركات تكون في الغالب بطيئة تشبه في بطئها بطء عملية النمو، ومع ذلك فإن لهذه الحركات روعتها التي لا تقل عن روعة الحركة والانتقال، وبخاصة إذا عرضت بطريقة العرض السينمائي البطيء.

ويمكن تقسيم حركات النمو في النبات إلى ثلاثة أنواع: الالتفاف والتفتح، والانتحاء، والالتفاف هو الحركة الحلزونية للساق أثناء نموها، ويظهر بوضوح في أشجار الكروم، وفي هذه الحالة تنمو القمة أولاً بسرعة كبيرة على أحد الجانبين ثم على الجانب الآخر. ويظهر أن هذه العملية تتأثر بمؤثرات داخلية وخارجية.

أما التفتح فهو أكثر حركات النبات جمالاً، ويرى بوضوح عند تفتح الأزهار، وهو ينشأ من تأثر الأجزاء النباتية بصور متباينة بنفس المؤثرات الخارجية؛ فإذا وضعت برعماً زهرياً ففي غرفة دافئة فإن ارتفاع درجة الحرارة يجعل الجانب الداخلي للبتلات ينمو بسرعة أكبر من الجانب الخارجي، وبذلك تتفتح البتلات. وقد يؤثر انخفاض درجة الحرارة بطريقة عكسية فيسبب انقفال الزهرة كما في حالة الزعفران (crocus) ويعتبر

تدلي أوراق نبات الجازعة (jewelweed) حين الليل وارتفاعها حين النهار نوعاً من التفتح بتأثير الضوء. وتكون أوراق البيجويد (pigweed) أفقية في أثناء النهار وعمودية تقريباً في أثناء الليل. وتتفتح أزهار الأكزالس (oxalis) نهاراً وتقفل ليلاً، بينما تسلك أزهار أخرى سلوكاً مخالفاً. ومن الممكن أن نجعل الأوراق تنثني إلى أسفل بمعالجة النبات بالهرمونات النباتية أو بتعريض النبات للإثيلين أو غيره من الغازات المشابهة. وقد وجد أن كميات قليلة من الإثيلين لا تزيد عن جزء في عشرة ملايين جزءًا من الهواء تجعل أوراق الطماطم تنثني إلى أسفل، مما يجعل هذا النبات كشافاً مفرط الحساسية للكشف عن أي آثار تكون قد تسربت من هذا الغاز.

ويعتبر الانتحاء أو الانحناء تحت تأثير أحد العوامل الخارجية أكثر حركات النمو في النبات طرافة، فمن المعلوم أن النبات الذي ينمو على قاعدة نافذة ينحني نحو مصدر الضوء الخارجي. وتفسير هذا السلوك من جانب النبات على أنه يبحث عن الضوء معناه أننا ننسب إلى النبات ما لا يمكن أن يتصف به من الذكاء والغرض. والواقع أن النبات يتجه نحو الضوء، لأن الضوء يقلل من تركيز هرمون النمو أو الأوكسين على سطح الساق الذي تقع عليه كمية أكبر من الضوء. ويترتب على ذلك نمو السطح الآخر الذي لا يحظى بنفس القدر من الضوء بسرعة أكبر، مما يؤدي إلى انحناء الساق. ويؤثر الضوء على البرعم الطرفي الذي يتكون فيه الأوكسين، وليس له تأثير على الساق ذاتها. وفي حالة نبات حبل المساكين (ivy) الذي ينمو على الجدران يكون لهذا الانتحاء آثار بالغة العجب،

فعندما تظلل الأوراق أعناق الأوراق تنحني هذه الأعناق في اتجاهات خاصة بحيث تعرض أنصالها للضوء مع أقل قدر ممكن من التشابك.

وتعد الجاذبية الأرضية مسئولة عن الانتحاء الذي يجعل سيقان النباتات وجذورها تنمو رأسياً، وإذا وضع نبات في وضع أفقي فإن سيقانه تنحني إلى أعلى قرب القمة بينما تنحني الجذور إلى أسفل. ويتم ذلك مرة أخرى بفعل الأوكسينات، فعندما تكون الساق أفقية يزداد تركيز الأوكسين على جانبها السفلي مما يجعل الساق تنحني إلى أعلى، ولكن الأوكسين يؤثر بطريقة عكسية على الجذور، ويرجع ذلك إلى أن زيادة كمية الأوكسين التي تنشط نمو الخلايا في الساق تعطل النمو في خلايا الجذر.

ولولا ظاهرة الانتحاء الأرضي لأصبحت عملية الزراعة غير ممكنة من الوجهة العملية؛ فهذه الظاهرة تمكننا من بذر البذور كيفما اتفق، ونحن على ثقة من أن السيقان سوف ترتفع إلى أعلى. ولو أن النباتات كانت لا تنمو إلا في اتجاه القمة النامية للبذرة، لنمت السيقان في كل اتجاه يتصوره العقل، بل لاتجهت أحياناً إلى أسفل بينما ترتفع الجذور في الهواء.

وبعض النباتات وبخاصة الأعناب الملتفة والمحاليق لها حساسية لدى اللمس، فعندما يلمس أحد المحاليق جسماً صلباً، فإن الخلايا التي على الجانب البعيد عن الجسم تستطيل فجأة وبسرعة كبيرة، بينما تنقبض الخلايا الملامسة للجسم، مما يجعل المحلاق يلتف حول الجسم.

ويتم كل ذلك في مدى دقيقة أو نحو ذلك، مما يدل على أن للضغط كما للنمو بعض التأثير، ويظهر أن الفكرة السائدة حول الانتحاء المائي للنباتات مما يجعل جذورها تتجه في نموها نحو التربة الرطبة، فكرة خاطئة؛ فقد دلت البحوث الحديثة على أن انجذاب الجذور عند نموها نحو الماء – إذا كان يحدث بالمرة – فإنه لا يتم إلا بدرجة محدودة وفي أنواع قليلة من النباتات. أما لماذا تتضخم الجذور في التربة الرطبة وبخاصة قرب المصارف فيمكن إرجاعه ببساطة إلى أن هذه البيئة تساعد على نمو الجذور التي تكون موجودة فعلاً. والعامل الأساسي هنا هو الماء الذي ينتشر داخل الخلايا وخارجها فيسبب انبعاجها وارتخائها، وقد يسبب ارتفاع الضغط الداخلي في بعض الخلايا النباتية ارتفاعاً قد يصل مئات عديدة من الأرطال على البوصة المربعة. ولجميع الأوراق تقريباً ثغور، تنفتح عندما تنتفخ خلاياها الحارسة بالماء وتغلق عندما ترتخي هذه الخلايا كما يحدث في الليل أو عند فقدانها لكمية كبيرة من الماء. ويرجع انخفاض الضغط ليلاً إلى وقف عملية التمثيل الضوئي.

وعندما يأتي ضوء الصباح ويستأنف النشاط التمثيلي في النبات، يتحول النشا غير القابل للذوبان في الماء والذي يوجد بالخلايا الحارسة إلى سكر فوسفاتي (phosphated suger) قابل للذوبان في الماء، فتأخذ الخلايا قدراً أكبر من الماء وتنتفخ.

ومن الأمثلة المعروفة للحركة التوترية في النباتات ما يعرف بحركات النوم التي تشاهد في بعض النباتات البقلية مثل الأوجزالس والست

المستحية. ففي الليل أو عندما تنخفض كمية الماء في هذه النباتات تنطوي وريقاتها على بعضها بسبب فقدانها للسند الذي تجده في الانتفاخات التي تشبه الوسائد الموجودة عند قواعد الأوراق والتي تجعلها منتصبة ثابتة. ومثل آخر هو ما يشاهد في أوراق بعض الحشائش عندما تلتف حول نفسها تحت ظروف الجفاف مكونة ما يشبه الأنابيب. ويرجع ذلك إلى أن صفوفاً معينة من الخلايا الأخرى. وهناك نباتات تظهر فيها الحركات التوترية أو الانتفاخية بسرعة كبيرة وبصورة رائعة، كما في النبات الذي يسمى الست المستحية، والذي يسمى بهذا الاسم بسبب حساسيته للمس، وبغلق هذا النبات أوراقه بسرعة فائقة عندما يتأثر باللمس أو الحرارة أو الكهرباء أو الأثير، ويمكن في بعض الأحيان مشاهدة الوريقات وهي تنطوي الزوج تلو الآخر بسبب مرور المؤثر إلى أسفل فيها.

وفي نبات الباربريس (barberry) تكون الأجزاء السفلى من الأسدية التي تحمل حبوب اللقاح ذات حساسية اللمس، فإذا لمستها حشرة فإن الأسدية تنحني بسرعة نحو الداخل مما يؤدي إلى تعفير الحشرة بحبوب اللقاح. وفي أزهار بعض النباتات الأخرى يسبب اللمس انطباق نصفي الميسم على بعضهما، ويبقيان على هذا الوضع إذا كانا قد أطبقا على بعض حبوب اللقاح، وإلا فإنهما ينفصلان بعد دقائق قليلة.

وللنبات آكل الحشرات الذي يسمى مصيدة ذباب فينوس (venus's – flytrap) والذي لا ينمو إلا على امتداد شاطئ كارولينا مجموعة من الحركات المعقدة؛ فلكل ورقة من أوراقه نصفان يتصلان اتصالاً

مفصلياً حول العرق الوسطي، وهي تغلق بسرعة عند لمس سطحها العلوي، وتحتاج في ذلك إلى لمستين مستقلين تفصلهما فترة تتراوح بين ١٥ ، ٢٠ ثانية. وهي تنطبق بعد نصف ثانية من اللمسة الثانية. وعندما تصطاد هذه الأوراق حشرة أو غير ذلك من الأجسام البروتينية، فإنها تبقى مطبقة عليها وتأخذ في عصر الفريسة بإحكام ضم أطرافها سوياً.

ونبات حامول الماء يعتبر مثالاً آخر للنباتات آكلة الحشرات ذات الحركات الانتفاخية السريعة، فعلى ساق هذا النبات يوجد عدد كبير من الأكياس الصغيرة أو المثانات التي يبلغ حجم كل منها حجم رأس الدبوس. وتعتبر كل واحدة منها مصيدة للحشرات. وتبدأ عملها وهي منقبضة انقباضاً جزئياً كأنها كرة متجعدة من المطاط.

وللمثانة باب ذو مصراع حساس يشبه الزناد، فإذا نبه هذا الزناد إحدى الحشرات السابحة في الماء أو غيرها من الحيوانات الصغيرة، تحرك باب المصيدة فجأة نحو الداخل وإلى أعلى. وعندئذ يدفع تيار الماء بالحيوان إلى داخل المثانة ثم ينقفل الباب بإحكام تام. وداخل المثانة تموت الحشرة ويتم هضمها. وفي الوقت ذاته تبدأ المصيدة في الأستعداد لاقتناص صيد جديد.

ومن النباتات الأخرى التي تصطاد الحشرات أيضاً نبات سنديو (sundew) وله أوراق صغيرة لزجة على سطحها العلوي زوائد شعرية حساسة، وعندما تصطدم حشرة بالورقة تلتف الشعيرات حولها، وبمجرد

ملامسة أطراف الشعيرات للحشرة، يأخذ النبات في إفراز خمائره الهاضمة. وتنتسب هذه الحركات التي تقوم بها الشعيرات حولها، وبمجرد ملامسة أطراف الشعيرات للحشرة، يأخذ النبات في إفراز خمائره الهاضمة. وتنتسب هذه الحركات التي تقوم بها الشعيرات إلى حركات النمو أكثر مما تنتسب إلى الحركات الانتفاخية.

وجميع هذه الحركات في النبات سواء أكانت انتقالية أم التفافية أم انتفاخية أم انتحائية أم غير ذلك تتم بالإضافة إلى الحركة الداخلية التي لا تفتر داخل جسم كل كائن، فهناك سيان الماء والطعام وانتشار المواد داخل الخلايا وخارجها والتفاعلات الكيماوية الحيوية العديدة، فالنبات في حقله برغم أنه لا ينصب ولا يغزل يمثل في نشاطه خلية من النحل.

ارتفاع الماء داخل النباتات

فيكتور جروخ

Victor a . greulach

تعتبر الأشجار الخشبية الحمراء التي تنمو في كاليفورنيا بالغة الارتفاع، ولكن الأشجار الصنوبرية الموجودة على شاطئ المحيط الهادي في الشمال الغربي أكثر منها ارتفاعاً. وقد يصل ارتفاع بعضها إلى نحو ٤٠٠ قدما. ولكي يصل الماء إلى الأوراق العليا التي عند قمم هذه الأشجار لا بد له أن يرتفع عن الجذور الواقعة تحت الأرض مسافة عمودية تبلغ نحو ٤٥٠ قدماً. فكيف تدفع الشجرة بعصارتها إلى هذا الارتفاع الشاهق؟. لقد بقي العلماء في حيرة من هذه المشكلة ما يزيد على مائتي عام. بل إننا لا نزال حتى اليوم نجهل القصة الكاملة التي تفسر لنا كيف يرتفع الماء داخل النبات.

وقد وضعت تفسيرات خاطئة عديدة لهذه المشكلة ولقيت رواجاً إلى حد كبير، ومع ذلك فإن ما نعتبره اليوم تفسيراً لهذه الظاهرة، قد تقدم به بعض العلماء منذ زمن طويل حوالي سنة ١٧٢٧ حينما نشر ستيفن هيلز (Stephen hales) وهو من رجال الدين الإنجليز وكان يشتغل

بالدراسات النباتية، بحثه الذي اسماه ستاتيكية النباتات (vegetable staticks) الذي وضع فيه الأسس العلمية لفسيولوجيا النبات، ويدور جانب كبير من هذا الكتاب حول تجاربه عن ارتفاع الماء داخل النباتات. ومما يدعو إلى العجب أن الطريقة التي اتبعها هيلز والنتائج التي وصل إليها تتفق مع وجهات النظر الحديثة إلى حد بعيد، فلقد قام هيلز بجانب كبير من الدراسة على إحدى الطريقتين اللتين يظن في الوقت الحاضر أنهما تفسران هذه الظاهرة، وعالج الطريقة الثانية إلى حد ما.

ولننظر الآن نوع الحقائق التي ينبغي أن تعالجها النظرية الناجحة، إنها لا بد أولاً أن تبين منشأ القوى الكبيرة التي تلزم لرفع الماء إلى ارتفاع ٤٥٠ قدماً، وهو ما يحتاج إلى ضغط أو توتر يبلغ نحو ٢١٠ أرطال على البوصة المربعة، ثم إنه يتطلب فوق ذلك ضغطاً إضافياً لكي يعادل الاحتكاك بين الماء وجدر الأنابيب التي توصله، مما يجعل القوة المطلوبة تصل إلى نحو ٤٢٠ رطلاً على البوصة المربعة.

ولا بد للنظرية ثانياً أن تفسر لنا سرعة ارتفاع الماء داخل النبات والكمية أو القدر الذي يتحرك به داخل النبات، ففي بعض الأشجار الخشبية الصلبة يرتفع الماء بمعدل يقرب من ١٥٠ قدماً في الساعة. وقد تحتاج شجرة النخيل في الواحة الصحراوية إلى رفع كمية من الماء تبلغ مائة جالونا يومياً لكي تعوض ما تفقده من الماء في عملية النتح، ويخرج معظمه عن طريق الأوراق.

كما أنه لا بد للنظرية الناجحة أن تكون متفقة مع حقائق علم التشريح والفسيولوجي؛ فارتفاع الماء داخل النباتات يتم داخل الأنسجة الخشبية التي تتألف من عدد كبير من الخلايا الميتة التي يتركب كل منها من جدار وفراغ وسطي. وخلال هذه الفراغات يمر الماء. وفي الأشجار التابعة للعائلة الصنوبرية ينتقل الماء خلال التراكيدات (tracheides) وهي ذات أشكال مغزلية ويبلغ طول كل منها ١٦\٣ من البوصة وقطرها ٠.٠٠١٢ وفي الأشجار ذات الخشب الصلب، لا يوجد إلا قليل من التراكيدات ويرتفع الماء فيها خلال أوعية تتألف من سلاسل من الخلايا الأنبوبية التي تلاشت الجدر التي تفصلها، وقد يصل طول الوحدة من هذه الأنابيب إلى أكثر من ثلاث أقدام وقطرها إلى ٠.٠١٥ من البوصة

والمشكلة هنا هي تحديد القوة التي تدفع بالسائل خلال هذه الأنابيب الخاملة. ويعتقد كثير من الناس، بل بعض مؤلفي كتب الأحياء أحياناً، أن الماء يرتفع خلال هذه الأنابيب بالخاصة الشعرية. ولكن الارتفاع الذي تسببه هذه الخاصة حتى في أدق الأوعية وهي التراكيدات لا يزيد عن خمسة أقدام. أما في الأنابيب الواسعة فإن الارتفاع لا يزيد عن بوصتين أو ثلاث. ويعتقد البعض أن الماء يرتفع بالخاصة الشعرية خلال جدران الأوعية الخشبية والتراكيدات. ولكننا نعلم أن الماء ينتقل خلال الفجوات وليس خلال الجدران، وإذا سدت الفجوات فإن الماء لا يرتفع داخل النبات.

وكان هناك مجموعة مما يسمى بالنظريات الحيوية، والتي مؤداها أن النسيج الحي الذي يحيط بالأوعية الخشبية والتراكيدات في الخشب، يقوم بطريقة ما بدفع الماء داخل النبات إلى أعلى، ولكن النباتات التي تقتل سيقانها بل جذورها أيضاً تبقى قدرتها على امتصاص الماء وتوصيله فترة من الزمن تبلغ أياماً عديدة.

وقد أثبت ذلك عالم ألماني اسمه إدوارد ستراسبرجر (eduard strasburger) حينما قطع إحدى أشجال البلوط التي يبلغ ارتفاعها ٧٠ قدماً، قريبا من شطح الأرض، ثم غمر أسفل الساق في إناء به حمض البكريك لكي يقتل جميع الخلايا الحية، ثم غمر أسفل الساق بعد ذلك في الماء فلاحظ أن الماء قد ارتفع في الشجرة إلى أعلى.

وهناك تفسير آخر يعتبر أكثر صلاحية من سابقه، فهو يعلل لارتفاع الماء في بعض النباتات بعضاً من الوقت. ويقوم هذا التفسير على أساس نظرية الضغط الجذري، وهي النظرية التي قدمها هيلز (hales)؛ فقد وجد هيلز أن جذور النباتات يكون لها في بعض الأحيان ضغط اسموزي ناتج عن امتصاصها للماء من التربة. وقد افترض أن هذا الضغغط يسبب ارتفاع السائل داخل الساق، ولكن الضغط الجذري لا يعطي الحل الكامل لهذه المشكلة، كما اعترف بذلك هيلز نفسه؛ فأقصى ما يمكن أن يؤدي إليه هذا الضغط من الارتفاع يعد ضئيلاً بالنسبة لما يحدث من ارتفاع الماء إلى قمم بعض الأشجار العالية. هذا بالإضافة إلى أن بعض الأشجار ليس لها

ضغط جذري بالمرة. وأخيراً فإن هذه الطريقة لا تستطيع أن ترفع الماء بالسرعة التي ترتفع بها العصارة أحيانا في الأشجار.

والنظرية الوحيدة التي تبدو قادرة على تفسير ارتفاع الماء داخل النبات مع مراعاة جميع الاعتبارات السابقة، هي تلك التي قدمها ديكسون (Dixon) سنة ١٨٩٥ وكان ديكسون من علماء فسيولوجيا النبات الإيرلنديين، وكان يعمل معه جولي (joly). وتسمى هذه النظرية باسماء مختلفة فيطلق عليها أحياناً نظرية التماسك الناشئين عن النتح، وفي بعض الأحيان تسمى نظرية ديكسون. وسوف نضيف إلى هذه الاسماء اسماً جديداً آخر هو اسم التوتر الساقي. ومن مزايا هذا الاسم أنه وصفي يصف العملية إلى حد كبير ويقابل الاسم القديم وهو الضغط الجذري. وتنصب هذه النظرية على إحدى خواص الماء التي كثيراً ما نغفلها وهي تماسكه فإذا كان الماء موجوداً داخل أنبوبة دقيقة غير منفذة للهواء، ولم يكن الماء نفسه محتوياً على قدر كبير من الغاز المذاب، فإنه تكون له قوة تماسك كبيرة. وتحت الظروف المناسبة يستطيع مثل هذا العمود من الماء أن يصمد لقوة شد تبلغ خمسة آلاف رطل على البوصة المربعة. وليس لعصارة النبات مثل هذا القدر من التماسك الذي نجده في الماء، وقد قدرت هذه القوة بنحو ٣٠٠٠ رطلا في البوصة المربعة. وتستطيع هذه القوة – نظرياً – أن ترفع عموداً من العصارة إلى ارتفاع ٦٥٠٠ قدم وهي تصلح بذلك لكي تعلل لارتفاع العصارة إلى أعلى الأشجار.

وعلى ذلك فإن للعصارة القدرة على أن تشد إلى أعلى. ولكن ماذا يشدها؟ إن هذه القوة ليس مصدرها الضغط العالي من أسفل، ولكنه الضغط المنخفض من أعلى، وهو الضغط الانتشاري المنخفض للماء الموجود في خلايا الأوراق وغيرها من الأجزاء الحية في الساق. فعندما تفقد الخلايا بعض مائها في عملية النتح أو تستعمله في عمليات التمثيل الضوئي والهضم والنمو، فإن كميته تنقص في هذه الخلايا، وينتج عن ذلك انخفاض في الضغط الانتشاري يترتب عليه انتقال الماء من الخشب إلى داخل الخلايا بالانتشار الغشائي مما يترتب عليه أيضاً أن يشد عمود الماء الممتد من الأوراق إلى أسفل الجذور بقوة إلى أعلى. وهذا بدوره يزيد من الضغط الانتشاري بين الماء الموجود بأنسجة الجذور والماء الموجود بالتربة مما يؤدي إلى سرعة انتشار الماء داخل الجذور.

وقوة التوتر الناشئة في الخلايا الحية للساق بهذه الطريقة قادرة على شد الماء ورفعه حتى إلى أعلى قمم الأشجار المرتفعة. وقد وجد زيادة على أن جدران الأنابيب الخشبية والتراكيدات بها من المتانة ما يمنعها من التصدع عندما يكون الماء الذي بداخلها تحت قوة توتر شديدة. كما أنه يظهر أن هذه الجدران لا تسمح بنفاذ الهواء إلى الداخل.

والفرق بين ضغط الماء في خلايا الأوراق والماء الذي في التربة يتراوح بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ رطلا في البوصة المربعة. بل إنه قد يزيد أحياناً عن هذا القدر. ومن المحتمل أن يكون أقصى ما يصل إليه الضغط في أشجار نوع معين من النباتات عاملاً مهما في تحديد أقصى ما يمكن ان يصل إليه

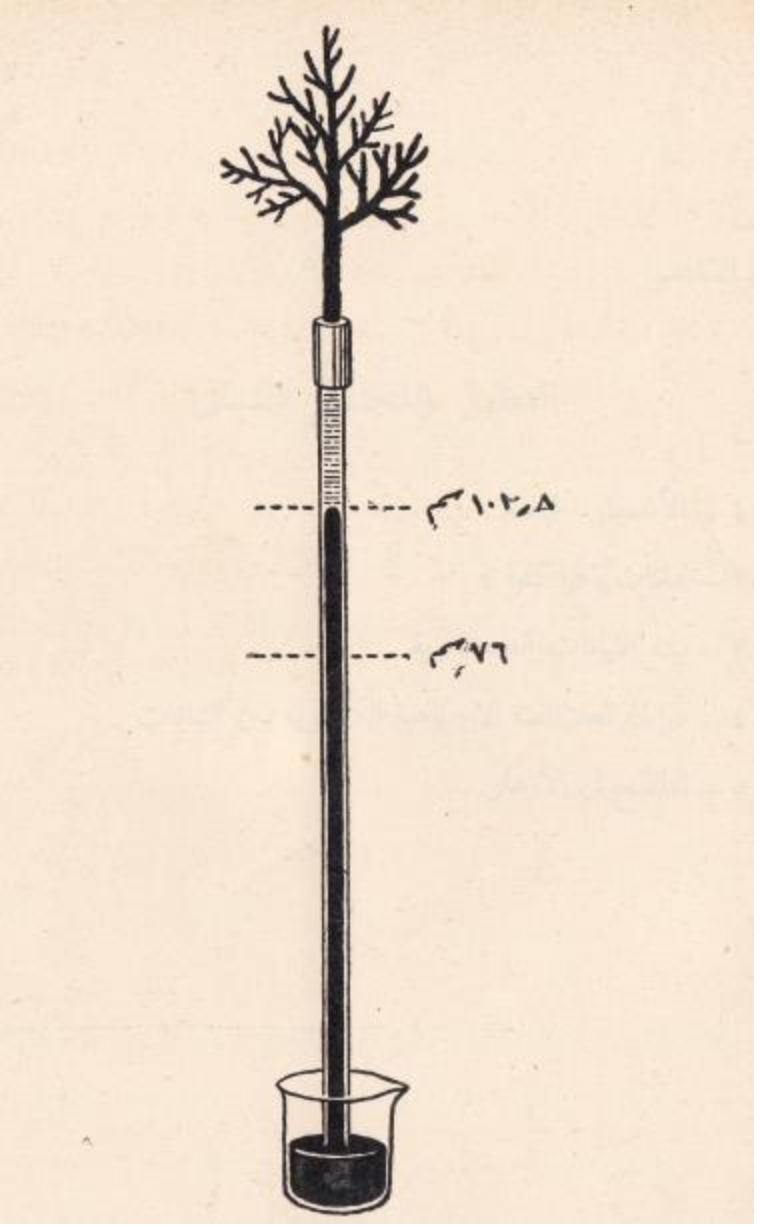
ارتفاع الأشجار في هذا النوع. وتستطيع ظاهرة التوتر الساقي أن تفسر لنا أيضاً السرعة الهائلة التي يتحرك بها الماء عند ارتفاعه داخل النباتات؛ فالواقع أن الماء يشد إلى أعلى بنفس السرعة التي يتم بها فقده أو استعماله، على فرض أن التربة تحتوي على القدر الكافي من الماء. وليس هناك اعتراضات جوهرية على نظرية التوتر الساقي كتفسير لارتفاع الماء داخل النباتات. ولكن ليس من السهل أن ندرك كيف تعمل هذه القوة بتلك الدقة البالغة. فلماذا مثلاً لا تنكسر أعمدة الماء كلما هزت الرياح الأشجار؟ ولماذا لا يؤدي قطع غصن من الأغصان حتى ولو كان كبيراً إلى خلل في هذا النظام؟ إننا لا نستطيع حتى الآن أن نجيب عن مثل هذه الأسئلة. ولكنها ليست على أية حال من الخطورة بحيث تقوض هذه النظرية.

ولدينا فوق ذلك أدلة مباشرة عديدة على أن التوتر الساقي يعتبر فعلاً قوة عاملة في النبات، فلو أن أحد الأوعية الموجودة بالساق كشف ثم ثقب بإبرة رفيعة. فإن عمود الماء فيه ينسكب ويتدفق جانبياً كما لو كان واقعاً تحت قوة توتر، بدلاً من أن يكون واقعاً تحت ضغط. وقد أثبت ثت (thut) بجامعة إلينوي وجود ظاهرة التوتر الساقي بطريقة أخرى. فقد أوصل أفرع نباتية بأنابيب زجاجية طويلة ممتلئة بالماء الخالي من الهواء، وغمس أطرافها الأخرى في آنية بها زئبق كما في الشكل (صفحة ١٨٩) فوجد أن التوتر الذي أحدثته الأفرع النباتية سبب ارتفاع الزئبق نحو ٤٠ بوصة، أي ما يزيد عما يستطيع الضغط الجوي أن يرفعه بنحو عشر بوصات، أي ما يكفي لارتفاع الماء ٤٦ قدماً.

وهناك تجربة أخرى أجراها ماكدوجل (mac dougal) في معهد كارنيجي بواشنجتن. فقد حسب أنه إذا كان الماء يرتفع في الأشجار بقوة التوتر الساقي فلا بد أن يترتب على ذلك أن تكون أقطار السيقان في أثناء النهار، عندما يكون الماء تحت توتر كبير ومتحرك بسرعة هائلة، أقل بقليل عنها أثناء الليل. ولا بد أن يؤدي الشد الداخلي على جدران كل وعاء إلى نقص في قطر الساق كله. وقد صمم ماكدوجل باستخدام بعض الروافع المكبرة طريقة دقيقة لكي يسجل بها أي تغير دقيق يطرأ على قطر الأشجار، فوجد فعلاً أن جذوع الأشجار تكون أقل قطراً أثناء النهار منها في أثناء الليل. ويبدو أن جميع الأدلة السابقة تؤيد نظرية التوتر الساقي كتفسير لارتفاع الماء داخل معظم النباتات الجانب الأكبر من الوقت، وبرغم ذلك فإن نظرية الضغط الجذري تقدم تفسيراً لارتفاع الماء في بعض النباتات أحياناً. ولنرجع الآن مائتي سنة إلى الوراء، إلى هيلز وأبحاثه، فنراه يذكر بعد معالجة مستفيضة لتجاربه الدقيقة على الضغط الجذري ما يأتي:

"تشير التجارب الأخيرة إلى أن الأنابيب الشعرية تتشرب الماء بكثرة، ومع ذلك فليس لها القدرة على دفعة إلى أعلى دون مساعدة عملية النتح التي تقوم بها الأوراق والتي لها أثر كبير في رفع العصارة".

ومن الممكن أن نلتمس لهيلز العذر لاعتباره أن النتح يعتبر ضرورياً لهذه العملية، فما زال كثير من علماء النبات حتى اليوم يعتقدون أن النتح هو أحد العوامل الأساسية التي تسبب التوتر الساقي، والواقع أن استعمال الماء بأية طريقة يؤدي إلى هذا التوتر.


١٠٢٫٥ سم
٧٦ سم

التوتر الساقي يستدل عليه بتوصيل غصن نبات من نباتات السدر بأنبوبة ممتلئة بالماء (عند القمة) وبالزئبق (عند القاع). الضغط الجوي يرفع الزئبق إلى ارتفاع ٧٦ سم، والغصن يرفعه إلى ١٠١.٨ سم.

القسم السادس

التطور والمجتمع النباتي

١- الأشجار الخانقة.

٢- نباتات كراكتوا .

٣- بيئة النباتات الصحراوية

٤- دراسة العلاقات الاجتماعية الكيماوية بين النباتات.

٥- التلقيح في الأزهار.

الأشجار الخانقة

ثيودوسيوس دبزهانسكي

Theodosuis dobzhnsky

ربما كان أقصى ما تواجهه نظرية التطور من مشكلات في الوقت الحاضر هو أن يتساءل الإنسان – كيف يمكن لعملية عشوائية كعملية الطفرة القائمة على المصادقة والانتقاء الطبيعي أن تؤدي إلى ما نشاهده في الطبيعة أحياناً من روائع الملاءمات المعقدة. خذ مثلاً تركيب العين في الإنسان، وهو جهاز معقد غاية التعقيد يتألف من عدد لا يحصى من الأجزاء المنسجمة المتعاونة، فهل يتصور العقل أن مثل هذا النظام يمكن أن يحدث نتيجة التجمع التدريجي لمئات أو آلاف الطفرات السعيدة المنفصلة؟

يعتقد البعض أن استخدام فكرة الانتقاء الطبيعي لتفسير هذه الظواهر يحملها ما لا طاقة لها به، وهم يقدمون تفسيرات أخرى فيرى البعض أن التطور لا يحدث بالانتقاء الطبيعي، وإنما بتأثير دافع داخلي غير محسوس في جميع الكائنات الحية يطلقون عليه اسم شبه النفس (psychoid) .

ويرى آخرون أن أروع ما قدمه التطور لعالم الأحياء قد تم نتيجة لحدوث بعض طفرات فجائية عنيفة بصورة منظمة أدت إلى خلق بعض الممسوخات التي تعتبر مقبولة نوعاً والتي تم بعد ذلك صقلها إلى صورها الأخيرة بعملية الانتقاء الطبيعي. ولكن جميع هذه النظريات لا تعدو أن تكون مجرد أسماء براقة لنظريات وهمية فما من أحد مثلاً شاهد الطفرة المنظمة! والواقع أننا لسنا في حاجة لأن نبتعد كثيراً عن نظرية داروين.

فليس هناك ما يدعو إلى افتراض أن العين الإنسانية مثلاً قد تكونت فجأة أو أن العيون غير المهذبة التي ظهرت قبلها لم تكن ذات فائدة لأصحابها قبل أن تصل العين إلى أكمل ما وصلت إليه. ولقد كان لأسلاف النوع الغنساني أعين يبصرون بها ولو أنها ربما كانت أقل إتقاناً من أعيننا.

وبالاختصار فإن العين ربما تكون قد نشأت بصورة تدريجية من عضو بسيط جداً كان له في حالته الأولى القدرة على القيام بنوع ما من الإبصار أو غير ذلك من الفوائد لأصحابها، وسوف ندرس في هذا المقال نوعا فذاً في عالم النبات. وهو يوضح ذلك التطور التدريجي الذي يحدث خطوة بعد خطوة، ففي بعض الغابات الاستوائية ذات الأمطار الغزيرة ينمو نوع من الأشجار يعرف بالأشجار الخانقة وتبدأ الشجرة حياتها بادرة تنمو كنبات الكرم على جذع إحدى أشجار الغابات المعتادة أو فروعها. وعندما تتسلق الشجرة جذع عائلها تكسوه بكتلة كثيفة من البذور ثم تبدأ في

خنقة حتى الموت، وفي النهاية تقف الشجرة وحدها مستقلة معتمدة على نفسها!

أما كيف نشأت الأشجار الخانقة، ويوجد منها أنواع عديدة، فأمر واضح. ففي الغابات الاستوائية ذات الأمطار الغزيرة ينمو نوع من الأشجار يعرف بالأشجار الخانقة وتبدأ الشجرة حياتها بادرة تنمو كنبات الكرم على جذع إحدى أشجار الغابات المعتادة أو فروعها. وعندما تتسلق الشجرة جذع عائلها تكسوه بكتلة كثيفة من البذور ثم تبدأ في خنقه حتى الموت، وفي النهاية تقف الشجرة وحدها شجرة مستقلة معتمدة على نفسها!

أما كيف نشأت الأشجار الخانقة، ويوجد منها أنواع عديدة، فأمر واضح. ففي الغابات الاستوائية الكثيفة يشتد التنافس على ضوء الشمس. وتقل أمام النباتات الصغيرة التي تنبت على قاع الغابة المظلم فرص الحياة، إلا إذا شقت طريقها إلى أعلى واخترقت ذلك الحجاب الكثيف الذي يحول بينها وبين الضوء. وقد توصلت الأشجار الخانقة إلى حل هذه المشكلة بالتسلق على الأشجار الأخرى. ويلوح أن جميع حياة هذه الأشجار شيوعاً أشجار التين (genus ficus) التي تنمو بالبرازيل وتنبت بذور هذه الشجرة غالباً على مكان مرتفع فوق أغصان إحدى الأشجار العالية. وليس من المعروف كيف نصل إلى هذه الأماكن المرتفعة، ولكن هناك من الأسباب ما يدعو إلى الأعتقاد بأن الطيور وبعض الخفافيش التي تأكل الفواكه هي التي تحملها إلى هذه الأماكن.

ويتكون للبادرة نوعان من الجذور، ينمو أحدهما حول أفرع أو ساق الشجرة العائلة، بينما يهبط الآخر إلى قاع الغابة ممتداً على طول الجذع أو متدلياً في الهواء. ويتكون لجذع النبات الخانق أوراق وينمو إلى أعلى معرضا نفسه لضوء الشمس. ويحصل النبات على حاجته من الماء والغذاء مما يتجمع في شقوق القلف الذي يغطي العائل من الأوساخ والمواد العضوية. ولا تعتبر الشجرة الخانقة في هذه المرحلة طفيلية لأنها لا تمتص غذاءها من الأنسجة الحية لعائلها، ولكنها تعتبر مجرد شجرة هوائية متسلقة تستند إلى نبات آخر. وبمجرد وصول الجذور الهابطة إلى التربة في قاع الغابة تزداد سرعة نمو الشجرة الخانقة وتتضخم وتتصلب وتكون كثيراً من الأفرع والأوراق. وليس من السهل في كثير من الأحيان أن يميز الإنسان وهو على أرض الغابة بين الأوراق التابعة للشجرة الخانقة وأوراق الشجرة التي تحملها لها ثم تتكون للشجرة الخانقة جذور جديدة تتفرع حول الشجرة الأصلية مكونة شبكة من الأنسجة الصلبة التي تقبض على العائل بعنف قبضة خانقة. ولا شك أن منظر إحدى أشجار الغابات الضخمة وقد أطبقت عليها شجرة خانقة يعد منظراً مفزعاً، فهو يشبه إطباق مارد أو مخلوق ضخم على فريسة ضعيفة كأنه إحدى الصور التي تظهر في لوحات الفن السيريالي، ولكنه على كل حال إطباق شريف لأنه يمثل أسلوباً من أساليب الحياة.

وينتهي الأمر بالشجرة الخانقة إلى قتل عائلها، وهي لا تفعل ذلك بالحيلولة دون تمدد ساقه فحسب، بل بعصره والضغط عليه. ويمكن الاستدلال على ذلك من أن أشجار التين الخانقة تكاد تقتل أشجار

النخيل التي يلاحظ أنها تستمر في نموها الطولي، ولكنها لا تنمو في السمك إلا بقدر ضئيل جداً، وقد لا تنمو في السمك مطلقاً.

وبينما تقوم شجرة التين بخنق عائلها تستمر جذورها في النمو والتصلب حتى تغطي العائل تغطية كاملة أو شبه كاملة. وهي تكون في الوقت نفسه قوائم بارزة تمكنها من الوقوف وحدها معتمدة على نفسها. وفي الوقت الذي تموت فيه الشجرة الأصلية تكون الشجرة الخانقة قد أصبحت شجرة مستقلة لها أغصانها وأوراقها الخاصة.

ويصل كثير من أنواع التين إلى أحجام ضخمة تضارع في ارتفاعها وسمكها بعض الأشجار ذات الأحجام الكبيرة التي تعيش في المناطق الاستوائية.

وفي المراحل الأخيرة من مراحل نمو هذه الأشجار الخانقة قد يظهر عليها أو لا يظهر دلائل خارجية تدل على ماضيها في القتل؛ فجذعها الذي هو في الحقيقة مجموعة من الجذور المتآلفة له شكل عجيب لكثرة ما يشتمل عليه من القوائم الممتدة، ولكنه يكون في بعض الأحيان ذا شكل أسطواني منتظم. ويمكن التعرف على حقيقته في كلتا الحالتين إذا أخذ قطاع فيه حيث يشاهد في داخله فجوة تشتمل على بقايا فريسته المتحللة. وقرب مدينة بلم عند مصب نهر الأمازون تشاهد إحدى أشجار التين الضخمة وقد التفت حول مدخنة طويلة لإحدى مصانع الطوب التي هجرت منذ سبعين سنة فأخفت جميع معالمها.

وأشجار الفيكس البرازيلي التابعة للعائلة التوتية ليست إلا أحد الأنواع العديدة من الأشجار الخانقة، ولا توجد الأشجار الخانقة بكثرة في البرازيل فقط، بل في الغابات المطيرة في أستراليا ونيوزيلندا وغيرها، فإذا ذهبنا نتساءل كيف نشأت هذه الأشجار، فإننا نلاحظ أن هناك أشجاراً أخرى شبه خانقة لا تقتل عائلها. ومن أمثلتها الشجرة البرازيلية التي تسمى كلوزيا clusia وتسلك بعض أنواعها نفس السلوك الذي تسلكه أشجار التين الخانقة بجميع تفاصيله ما عدا أمراً واحداً، وهو أنها لا تقتل فريستها إلا نادراً وقد لا تقتلها بالمرة. وقد شاهدنا آلافاً من أشجار الغابات التي تهاجمها أشجار الكلوزيا وكانت جميعها حية. وفي أعلى هذه الأشجار وعلى ارتفاع شاهق تشاهد أوراق الكلوزيا الجلدية بأحجامها الكبيرة وألوانها الخضراء القاتمة وأزهارها الوردية مختلطة بأوراق عائلها.

فالكلوزيا على ذلك تمثل طوراً مهماً من أطوار عادة الخنق في الأشجار فهي مهيأة لكي تستخدم بعض أنواع الأشجار الأخرى كدعامة تنمو عليها، وهي قادرة على أن تثبت نفسها بعائلها تثبيتاً قوياً، ولكنها لا تقتله ولا تحتل مكانه. وعندما يموت عائلها تموت هي الأخرى معه، ولو أننا مازلنا في حاجة إلى مزيد من الملاحظات حول هذه النقطة الأخيرة.

ومن الممكن دراسة بعض الأطوار المبكرة في تطور عادة الخنق في الأشجار في ثلاثة أنواع من النباتات التابعة للعائلة التوتية، وهي العائلة التي تتبعها أشجار التين. وتنمو هذه الأشجار جميعاً في البرازيل، وهذه الأجناس هي كوسابوا – بورما – سسروبيا – coussapoa – pourma

cecropia – وهي تختلف عن التين الخانق، بل عن الكلوزيا من حيث أنها قد تبدأ حياتها على التربة في قاع الغابة، وقد تستكثر في النمو طيلة حياتها دون أن تتسلق على غيرها من الأشجار. وهي تنمو غالباً بهذه الطريقة في الغابات إذا كان لا يجاورها نباتات أخرى. وتظهر هذه الأجناس الثلاثة درجات مختلفة من التسلق فالكوسابوا كثيراً مما تخنق غيرها من الأشجار والبورما لا تفعل ذلك إلا نادراً.

ومما هو جدير بالملاحظة أن الملاءمة الخانقة نشأت نشأة مستقلة في كثير من النباتات التي ليس بينها قرابة والتي ليس بينها قرابة والتي تنتسب إلى عائلات نباتية مختلفة؛ فغابات نيوزيلاندا ليس فيها أشجار تين خانقة أو غيرها من الأشجار الخانقة التي تنتسب للعائلة التوتية. ولكن يوجد بها شجرة خانقة أخرى اسمها راتا (rata). وهي تقتل عائلها وتحتل مكانة بنفس الطريقة التي تتبعها شجرة التين، وهناك نوع آخر ينتسب إلى الراتا وينمو على الأشجار كما تفعل أشجار الكروم دون أن يخنقها.

ويلفت جودلي (godley)، دمبلتون (dumbleton) نيوزيلاندا أنظارنا إلى نباتات أخرى في غابات نيوزيلاندا وهي تعتبر أطواراً مهمة في نشأة عادة الخنق في النباتات. وهذه النباتات تنتسب إلى عائلات مختلفة، فمنها نبات وإيمنانما (weinmannia) ونبات شيفليرا (schefflera)، مليكيتاس (melicitus)، جريزيلنيا (griselinia) وهذه النباتات التي ليس بينها قرابة عائلية لها القدرة جميعاً على النمو إما خانقة أو مستقلة في التربة. وليس من العسير أن ندرك كيف نشأت هذه العادة في تلك

النباتات؛ فالأشجار التي تفترسها تكون في غالب الأحيان من الأشجار السرخسية ذات الأوراق الريشية الجميلة الخاصة بسرخسيات الغابات النيوزيلاندية. وتكون سيقان هذه السرخسيات مغطاة بكتلة أسفنجية من الألياف التي تعتبر وسطاً ملائماً لإنبات البذور في الأجواء المطيرة التي تكثر في نيوزيلاند. وهناك نباتات عديدة هيأت نفسها للنمو على هذه الأشجار.

وبعد فترة من الزمن قد يفقد النبات المتسلق قدرته على النمو مستقلاً دون أن تحمله شجرة أخرى، وفي مثل هذه الحالات لا يلجأ النبات إلى خنق غيره مختاراً، بل مضطراً. وفي الوقت نفسه توجد أفراد أخرى من نفس العائلات تعيش عيشة استقلالية.

ولا توجد مثل هذه الأدلة على التطور في نيوزيلاند وحدها، بل في غابات البرازيل كذلك حيث تنمو بعض أنواع التين كذلك مكونة أشجاراً ضخمة دون أن تلجأ إلى خنق غيرها من الأشجار، كما يفعل أقرباؤه.

والخلاصة هي أن الدراسة المقارنة للأشجار الخانقة تكشف لنا عن أن هذه الأفراد العجيبة من المملكة النباتية لها عدة أساليب من أساليب الملاءمة مع الظروف التي تسود الغابات الاستوائية، ومن الممكن إرجاع هذه التحورات إلى فكرة الانتقاء الطبيعي للصفات الوراثية المفيدة، ويتفق هذا الرأي مع نظرية التطور الحديثة التي تعتبر أن الاستجابات المختارة التي يقوم بها الكائن الحي تحت ظروف بيئته تعتبر هي الدافع الأول نحو عملية التطور.

نباتات كراكتوا

فريتز ونت

Fitits w . went

في الساعة والدقيقة الخمسين من صباح يوم ٢٧ أغسطس سنة ١٨٨٣ حدث انفجار بركاني يعتبر من أروع ما مر بالإنسان من هذه الانفجارات على إحدى الجزر الواقعة بين جاوة وسومطرة في الإنديز الشرقية. وبالرغم من أقرب الأماكن المأهولة بالسكان كان لا يقل بعده عن هذه الجزيرة عن ٢٥ ميلاً، فإن ٣٦٤١٧ شخصاً قد قتلوا في هذه المنطقة القريبة، وقد مات معظمهم بسبب الطوفان الذي تلا الانفجار، وقد سمع صوت الانفجار على مسافة تزيد عن ألف ميل بعيداً عن موقع الانفجار.

وكان سبب هذا الانفجار العنيف هو نسف المنطقة الوسطى من كراكتوا وهي جزيرة بركانية لها تاريخ قديم من الثوران البركاني والبعد عن الهدوء. وظهرت بوادر الانفجار قبل حدوثه بساعات. وبعد الانفجار الرئيسي استمر حدوث سلسلة من الانفجارات الساحقة طيلة اليوم. وعند ما اجترأ الناس على الاقتراب من الجزيرة بعد مضي شهرين، وجدوا

بحراً عمقه ٨٠٠ قدما يغطي معظم مساحة الجزيرة في االمكان الذي كان سيشغله بركاناً بربواتان، دانا. وقد نسف في الجو ما يقرب من ستة أميال مكعبة من الصخور والأتربة البركانية. وهو ما يعادل ما ينتج عن تفجير إحدى القنابل الذرية. ولم يتبق من كراكتوا بعد هذا الانفجار إلا قمة مهلهلة تبلغ مساحتها ٢٥٠٠ قدما تغطيها طبقة سميكة من التراب المدخن والهشيم المتخلف عن الاحتراق. والذي لم يكن من السهل أن يسير الإنسان عليه حافي القدمين. وقد ارتفعت سحب البخار من أجزاء متفرقة في الجزيرة وبخاصة من الأجزاء التي كانت تهطل عليها الأمطار حيث تختلط بالغبار والأتربة المفككة، وبطبيعة الحال تلاشت حياة جميع الحيوانات التي كانت تسكن الجزيرة كما تلاشت جميع النباتات ولم يبق أثر لشجرة أو شجيرة أو أي نبات.

وقد يبدو مثل هذا المكان المقفر الخالي من الحياة لأول وهلة غير مناسب لدراسة توزيع النباتات والحيوانات على سطح الأرض. ولكننا إذا تدبرنا الأمر قليلاً، فإننا نجد أن هذه الجزيرة المقفرة تهيئ لنا فرصة رائعة لمثل هذه الدراسة بالذات؛ فلكي تبدأ الحياة على الجزيرة المقفرة تهيئ لنا فرصة رائعة لمثل هذه الدراسة بالذات، فلكي تبدأ الحياة على جزيرة كراكتوا العقيمة من جديد كان لا بد للبذور وللحيوانات أن تصل إليها من مسافة لا تقل عن ٢٥ ميلاً في البحر. حقيقة كان هناك جزيرة تسمى جزيرة سبسي تقع على بعد ١٢ ميلاً شمال كراكتوا ولكن جميع الحياة على سطحها كانت قد تلاشت بفعل الغازات السامة، كما غطتها طبقة سميكة

من الرماد. ولم يكن من المحتمل أن تكون هذه الجزيرة مصدراً للبذور أو الأحياء التي تصل إلى كراكتوا.

وفي مايو سنة ١٨٨٤ بعد انقضاء تسعة أشهر على الثوران البركاني السابق زار عالم النبات الفرنسي كوتو cotteau جزيرة كراكتوا، وذكر أنه بالرغم من جميع البحوث التي أجراها فإنه لم يستطع أن يعثر على أثر لأي حيوان أو نبات في الجزيرة ما عدا عنكبوتاً واحداً كان ينسج في بيته.

وبعد مضي ثلاث سنوات على الثوران البركاني قام فريق من الباحثين تحت إشراف عالم النبات الهولندي ميلشيور Melchior بزيارة الجزيرة فوجدوا أن الموقف قد اختلف اختلافاً كاملاً عما كان عليه من قبل، فقد كان ينمو على الشاطئ كثير من النباتات التي توجد غالباً على الشواطئ الاستوائية كما وجدوا بالداخل كثيراً من النباتات السرخسية وبعض النجيليات ولكنهم لم يجدوا غير ذلك إلا قليلاً جداً من النباتات الأخرى.

ومما يؤسف له أنه قد مرت عشر سنوات بعد ذلك دون أن يزور الجزيرة أحد من علماء النبات، وفي نهاية هذه الفترة كانت الجزيرة قد اكتست بالخضرة، وكانت تنتشر بها هنا وهناك مجموعات من أشجار الكازورينا، كما كان ينتشر فيها قصب السكر البري انتشاراً واسعاً. كما وجد أيضاً أربعة أنواع من نباتات الأوركيد أو النباتات السحلبية التي تعيش في التربة. وقد نما على شواطئها أشجار جوز الهند الحديثة. وعلى وجه العموم كانت النباتات أكثر عند الشواطئ منها بالداخل.

ولم تتم تغطية الجزيرة تغطية كثيفة بالنباتات قبل سنة ١٩٠٦، وحينئذ كان معظم النباتات الموجودة من النجيليات تتخللها الأشجار. وفي سنة ١٩٢٠ كانت الأشجار تشغل ما يقرب من نصف مساحة الجزيرة وفي سنة ١٩٣٠ كان سطح الجزيرة كله مغطى من جديد بغابة كثيفة من الأشجار، ولو أنها كانت جميعاً قصيرة وحديثة.

فماذا يعني كل ذلك من حيث تفسير التوزيع الطبيعي للنباتات على سطح الأرض؟ إن جميع النباتات التي كانت موجودة في كراكتوا قد دمرت عن آخرها، والنباتات الجديدة لا يمكن أن تنشأ إلا من بذور تكون قد وصلت إلى الجزيرة من أماكن أخرى، فكيف تم وصول هذه البذور؟.

هناك أولاً الريح، فالبذور خفيفة الوزن جداً، يمكن أن تحملها حتى تيارات الهواء اللطيفة؛ فالبكتريا مثلاً توجد سابحة في الهواء في كل مكان حتى في الغرف التي تكون تامة الهدوء. وبذور السرخسيات ليست أثقل من حبوب اللقاح التي يحملها الهواء عادة من إحدى الأشجار الصنوبرية إلى الأخرى لكي تسبب التلقيح. ومما يعتبر ذا مغزى في هذا الصدد أن ما يقرب من نصف النباتات التي وجدت على الجزيرة بعد انقضاء ثلاث سنوات على الثوران البركاني كانت من النباتات السرخسية، بينما لا تزيد نسبة السرخسيات في العادة على عشرة أو عشرين في المائة من مجموع النباتات الثابتة في المناطق الاستوائية. ومما لا شك فيه أن توزيع السرخسيات بوساطة البذور الخفيفة أعطاها ميزة على معظم النباتات الأخرى. وفي السنوات التالية استطاعت النباتات ذات البذور الثقيلة أن

تشق طريقها هي الأخرى إلى الجزيرة، ولكن السرخسيات كانت في بادئ الأمر أكثر النباتات الجديدة عدداً.

وبذور النباتات السحلبية (orchids) تشبه بذور السرخسيات في خفتها، فالأوقية الواحدة من هذه البذور تحتوي على ملايين البذور، وتحتاج معظم النباتات السحلبية إلى أشجار لكي تنمو عليها، أو على الأقل إلى تربة غنية بالمواد الدبالية. ومع ذلك فإنه بالرغم من فقر التربة وقلة الأشجار في كراكتوا، فقد وجد هناك بعد ثلاث عشرة سنة من الثوران البركاني أربعة أنواع هذه النباتات لا بد أن تكون قد حملته الرياح إلى هناك.

بل إن البذور الثقيلة تستطيع الرياح أيضاً أن تحملها، وبخاصة إذا كانت هذه البذور مزودة بشعيرات كما في القطن والداندليام (ناب الأسد) أو بأجنحة كما في ثمار أشجار الدردار (elm- fruits) ولا بد أن تكون بعض النجيليات التي شوهدت بعد الثوران البركاني قد وصلت هي الأخرى على أجنحة الهواء. وتقدر نسبة الأنواع النباتية الموجودة الآن في كراكتوا، والتي وصلت إليها بطريق الهواء، بما يقرب من ٤٠% من نباتاتها، مما يدل على أن الرياح تعتبر أقوى عوامل انتشار البذور وأهمها بالنسبة للنباتات الاستوائية.

وبذور بعض النباتات الأخرى التي ظهرت في كراكتوا مثل بذور نخيل جوز الهند الذي شوهد مزهراً على شواطئها سنة ١٨٩٦، أثقل من أن

تحملها الرياح، ولا بد أن تكون مثل هذه البذور الكبيرة التي نمت منها هذه الأشجار قد جلبها البحر. وتنمو أشجار نخيل جوز الهند على امتداد شواطئ جميع الغابات الاستوائية في المحيطين الهندي والهادي. وفي الظروف الطبيعية لا تمتد هذه الأشجار كثيراً إلى الداخل وعندما تسقط بذورها يحمل الماء كثيراً منها فتبقى طافية عليه، وكثيراً ما يشاهد الإنسان هذه البذور قرب السواحل وهي تعلو وتهبط مع الأمواج الشاطئية.

وتنتقل ثمار كثير من النباتات الاستوائية الأخرى وبذورها بنفس الطريقة إذ تحملها التيارات البحرية إلى مسافات بعيدة، وقد أثبتت التجارب أن طفو هذه البذور قرب السواحل وهي تعلو وتهبط مع الأمواج الشاطئية. وتنتقل ثمار كثير من النباتات الاستوائية الأخرى وبذورها بنفس الطريقة إذ تحملها التيارات البحرية إلى مسافات بعيدة، وقد أثبتت التجارب أن طفو هذه البذور والثمار على سطح الماء أسابيع عديدة لا يتلفها وأنها تنبت بمجرد أن تستقر على الشاطئ ويرويها ماء المطر. أما إذا وقعت على الرمل فإن قشرتها الصلبة التي تتكون من ألياف متينة سوف تحميها.

وتساعدنا هذه التجربة الطبيعية التي حدثت في كراكتوا على تفسير ذلك التشابه الذي يمكن ملاحظته بين جميع النباتات النامية بجزر المحيط الهادي؛ فالعشرات العديدة من الأنواع المختلفة التي تنمو على شواطئ هذه الجزر قد تم توزيعها من جزيرة إلى أخرى بوساطة التيارات المائية التي بالمحيط. وتعتبر هذه الطريقة إحدى الطرق الفعالة في انتشار البذور والثمار،

حتى إنه إذا كان هناك جزيرة جديدة ليس عليها نباتات، فإنها لا تلبث أن تصل إليها وتستعمرها نباتات شاطئية.

والواقع من الأمر أن ما يقوم به المحيط من النقل يفسر لنا إحدى الظواهر المهمة حول توزيع النباتات على القارات العظمى؛ فنحن في العادة نظن أن النباتات تنتشر على سطح الأرض وأن وجود المحيطات لا يعوق انتشارها. ولكننا نشاهد أن الفلورا الشاطئية الموجودة على الساحل الغربي للقارة الإفريقية تختلف عن تلك التي توجد على ساحلها الشرقي. أما الأولى فتشبه تلك التي توجد على الشاحل الشرقي لجنوب أمريكا والتي تفصلها عنها آلاف الأميال عبر المحيط الأطلسي، بينما تتشابه الفلورا الموجودة على الساحل الشرقي الإفريقي مع تلك التي توجد على غرب المحيطين الهندي والهادي. وتفسير ذلك أن النباتات الشاطئية لا تنتشر إلى الداخل عبر القارة، فهي لا تستطيع أن تنتقل إلا عبر البحار. وعلى ذلك فإن النباتات الشاطئية المتنوعة تختلف عن معظم النباتات الأخرى في أنها تتدرج حول أحواض المحيطات بدلاً من تدرجها داخل القارات.

وفي سنة ١٨٨٦ لم يوجد في كراكتوا إلا النباتات التي حملتها إليها الرياح والتيارات البحرية، بينما في سنة ١٨٩٦ بلغت نسبة النباتات التي وصلت إلى الجزيرة بوسائل أخرى ٩٪ من مجموع النباتات التي عليها، وتصل هذه النسبة في الوقت الحاضر إلى ٤٠٪ وفي معظم هذه الحالات

يحتمل أن يكون انتشار البذور قد تم بوساطة الحيوانات وأغلبيتها من الطيور وأحياناً بوساطة الإنسان.

وفي عام ١٩١٦ نزل بجزيرة كراكتوا كثير من الرجال بقصد استلال الرماد البركاني، وكانوا قد جلبوا معهم إلى الجزيرة بعض أشجار الفاكهة مثل المانجو، ولكن هذه الأشجار لم تدم حياتها أكثر من سنوات قليلة. وبعد رحيل الرجال قضت عليها الغابة الكثيفة. والواقع أن أشجارنا التي نزرعها لا تستطيع أن تستمر حية إلا بمعاونة الإنسان لها في معركة الصراع على الحياة. وتفسر لنا خبرتنا الخاصة كيف أن نباتات الذرة أو الطماطم التي تنمو وحدها وسط النباتات البرية لا تستطيع أن تحافظ على حياتها.

ومعظم النباتات التي أحضرتها الحيوانات إلى كراكتوا لا بد أن يكون قد تم وصولها بوساطة الطيور، فكثير من هذه النباتات لها بذور كبيرة ولا يمكن أن تكون قد وصلت بطريق الهواء أو الماء. هذا بالإضافة إلى أن لمعظم هذه النباتات ثماراً لحمية تأكلها الطيور.

ويلاحظ أن كثيراً من النباتات التي تأكلها الطيور لا تتلف داخل القنوات الهضمية لهذه الحيوانات وتبقى محتفظة بحيويتها في فضلات الطيور، وعلى ذلك فإن البذور التي تبقى في القناة الهضمية لطائر يكون قد عبر المسافة بين جاوه وكراكتوا وقدرها ٢٥ ميلاً، تكون صالحة للاستنبات داخل فضلات الطائر. ومن النباتات التي يحتمل أن تكون قد وصلت إلى كراكتوا بوساطة الطيور: التين والبابايا.

وقد يقول قائل إن نباتات الدابوق (mistletoes) التي تنتشر كلية بوساطة الطيور لم تظهر في كراكتوا، برغم كثرتها الزائدة في الجزر المجاورة. ولكن الملاحظة تدل على أن بذور هذه النباتات يتم نقلها بوساطة أنواع خاصة من الطيور (dicaeum birds) وهذه الطيور لا تحتفظ بالبذور مدة تزيد عن ١٢ – ٢٠ دقيقة بعد وصولها إلى القناة الهضمية. ومعنى ذلك أن هذه الطيور لا تستطيع أن تحتفظ بالبذور لمسافة ٢٥ ميلاً لأن هذه المسافة تستغرق من الطائر ساعة كاملة على الأقل وبعض الطيور الأخرى مثل طائر التجالاك (tgalak) وهي كثيرة في جاوة تستطيع أن تحتفظ بالبذور في أمعائها مدة لا تقل عن مائة دقيقة، ولكن هذه الطيور لا تأكل ثمار الدابوق، وعلى ذلك فإنها لا تنقلها وإنما تنقل ثماراً أخرى.

ومن المحقق أن الطيور تستطيع أن تحمل البذور إلى مسافات طويلة، وفي حالة تعذر وجود أدلة على نقل البذور إلا في الطعام الذي تكون هذه الطيور قد أكلته، فإن انتشار البذور يتوقف على طول الفترة التي يبقى فيها الطعام داخل أمعاء الطائر. وكان تشارلز داروين يعتقد، بل إنه أثبت في إحدى الحالات أن انتشار البذور يمكن أن يتم عن طريق إالتصاقها بالطين الذي يعلق بأرجل الطيور الخواضة. وتساعدنا هذه الملاحظة على تفسير انتقال نباتات المستنقعات إلى مسافات بعيدة. ولكن كراكتوا خالية من المستنقعات. ومن المحتمل طبعاً أن تلتصق البذور بالطيور ببعض الوسائل الأخرى، ولكن هذه مجرد احتمالات.

وهناك طريقة أخرى لتفسير انتشار النباتات وهي التصاقها بالكتل والأجسام الطافية على سطح الماء والتي تدفعها إلى مسافات بعيدة بالتيارات البحرية. ويعد هذا الفرض من الفروض بعيدة الاحتمال، لأن كثيراً من البذور لا تحمل ملوحة ماء البحر، وبالإضافة إلى ذلك فإن عدد النباتات التي تستطيع أن تنبت وتنمو على الشاطئ قليل، ومع ذلك فإنه لا يجوز أن نستبعد هذه الطريقة استبعاداً كلياً، فقد وجد على سبيل المثال بيضتان من بيض السحالي، وكانتا لا تزالان صالحتين للنمو، مختفيتين في فجوة بإحدى الكتل الطافية قرب الشاطئ في كراكتوا.

وبصرف النظر عما إذا كان من الممكن أن نتفق في كل حالة على الطريقة التي وصل بها نبات معين إلى كراكتوا، فإن الأمر المهم هو أن جميع هذه النباتات قد وصلت إلى الجزيرة بطريقة أو بأخرى. وهذه هي النتيجة ذات المغزى بالنسبة للتجربة الكبيرة التي هيأها الانفجار البركاني.

ومن الممكن بطبيعة الحال أن نفترض أن بذور معظم النباتات التي وجدت بعد حدوث الانفجار قد كانت موجودة من قبل وأنها لم تتأثر بما حدث على الجزيرة يوم ٢٧ أغسطس سنة ١٨٨٣ وقد أخذ بهذه الفكرة أحد علماء النبات وكتب مؤلفاً كاملاً يدعم به وجهة نظره، ولكنه لم ينجح في إقناع غيره من علماء النبات أن النباتات والبذور والجذور والريزومات تستطيع أن تصمد أمام النيران والغازات السامة والانفجارات المفزعة، وأن تبقى حية تحت كتلة من الهشيم الحار والرماد البركاني يتراوح عمقها بين ٢٠ ، ٢٠٠ قدما وتبلغ من الحرارة درجة تؤدي إلى حرق كل ما يلامسها؛

فبعد مرور شهرين على الثوران البركاني كانت الجزيرة بأكملها تمتلئ بالبخار بعد سقوط المطر مما يدل على أن درجة حرارة تقرب من درجة غليان الماء كانت لا تزال سائدة في الرماد البركاني على أعماق كبيرة.

إن دراسة الأحياء في كراكتوا مليئة بالمشكلات الطريفة فلم يظهر بها حتى اليوم نوع من الثبات في حيواناتها أو نباتاتها. فمن ذلك مثلاً أن الجزيرة قد تسودها الفئران بضع سنوات ثم يتغير الاتزان الطبيعي بعد مضي سنة أو سنتين إلى نقطة يصير من العسير فيها أن تشاهد هناك فأراً واحداً. وهذه هي إحدى المشكلات البيولوجية المهمة التي ألقت عليها تجربة كراكتوا كثيراً من الضوء؛ ففي المناطق الآسيوية يوجد كثير من النباتات التي تسمى نباتات النمل (ant plants) والتي يلجأ إليها النمل بصفة دائمة ليسكن فيها. والعجيب في أمر هذه النباتات أن كل واحد من أنواعها يختص بنوع معين من النمل. والنبات السرخسي المتسلق الذي يسمى بوليبوديام (polypodium sinuosum) والذي ينمو في جاوه متسلقاً على غضون الأشجار، ويسكن في ريزوماته المجوفة نوع من النمل اسمه أيريدوميرمكس (iridomyrmex myyrmecodiiae) وقد وصل هذا النوع من النمل إلى كراكتوا بمحض المصادفة، ولكنه وصل هناك قبل وصول النبات السرخسي الذي يسكن داخله.

وتبعاً لتقرير العالم النباتي الذي اكتشف وجود النمل في الجزيرة لأول مرة، فإن النمل كان يجري في عصبية ظاهرة كأنما ضل طريقه. وعندما قمت بزيارة كراكتوا بعد ذلك بسنوات عديدة، رأيت النبات السرخسي الخاص

بهذا النمل نامياً على غصون الأشجار ووجدت أن النمل يسكن في ريزوماته. ولا بد أن يكون النبات السرخسي قد وصل إلى الجزيرة في صورة بذور تحملها الريح، وإلا فإنه لا يمكن أن يكون قد بدأ نموه على أغصان الأشجار. وقد عاش النمل في كراكتوا وحيداً تبدو عليه التعاسة عدة أجيال، وفي اللحظة التي وصل فيها شريكه عاد التعاون بينهما إلى ما كان عليه بعد أن قطعته فترة من ظروف الانتشار القاسية. ولا شك ان هذا يعتبر مثالاً طريفاً لتأثير الغريزة وإصرار خواص الملاءمة.

وكراكتوا بطبيعة الحال تجربة محدودة، وفي الدراسة التطورية للنبات نستهدف بيان عوامل توزيع النباتات على مسافات أكثر اتساعاً، لا تقتصر على ٢٥ ميلاً كما كانت الحال في كراكتوا، بل تشمل ٢٥٠، ٢٥٠٠ ميلا وربما أكثر من ذلك. ولو أن كراكتوا كانت على مثل هذا البعد الشاسع عن أقرب مكان مأهول بالنباتات لاحتاجت إلى زمن طويل لكي تصل البذور إليها. وربما احتاجت إلى آلاف السنين قبل أن يظهر عليها عدد يذكر من النباتات وتغطي سطحها النباتات الجديدة. وتحت الظروف الطبيعية لا بد لنا عند ما نتناول توزيع النباتات بالشرح أن ندخل في حسابنا ملايين السنين. فإذا أخذنا مثالاً آخر من جاوة وسومطرة فإننا نجد أنه برغم أن هذه الجزر تعتبر قديمة نوعاً بالمعنى الجيولوجي فإنه لم يتكون عليها جبال مرتفعة إلا بعد أن ثارت البراكين في الجزيرة. وتعتبر هذه البراكين حديثة إلى حد ما إذ لا يزيد عمرها عن بضعة ملايين من السنين. وهي تصل في ارتفاعها إلى ما تصل إليه جبال الألب، ولا يمكن أن ينمو على قممها أي من النباتات الاستوائية المنخفضة. وفي الوقت ذاته فإن

معظم أنواع النباتات التي تنمو على قمم هذه الجبال لا يمكن أن تنمو في الأراضي الاستوائية المنخفضة؛ فعلى ارتفاع شاهق فوق سفوح هذه الجبال البركانية نجد كثيراً من النباتات التي لا تشاهد أبداً على مستوى ماء البحر في المناطق الاستوائية.

ولا بد أن تكون هذه النباتات قد انتشرت من جبل إلى آخر وأن يكون ذلك قد حدث خلال المليون سنة الأخيرة أو نحو ذلك، ولكثير من هذه النباتات التي تنمو فوق القمم ثمار تؤكل مما يجعل لديها فرصة طيبة لكي تنتشر بوساطة الطيور. ولكننا نشاهد أنه لا يوجد على قمة كل جبل من النباتات جميع ما تسمح التربة والطقس بنموه، مما يدل على أن انقضاء مليون سنة لم يكن كافياً لانتشار البذور انتشاراً تاماً على مسافات قد تصل أحياناً إلى ألف ميل. وهناك حالة أخرى لنباتات البريميولا primula prolifera) التي نشأت فوق جبال الهملايا، وهي توجد في الوقت الحاضر فوق قليل من الجبال البركانية في سومطرة على مسافة تبعد نحو ١٥٠٠ ميل عن منشئها الأصلي. وفي جاوة لا يوجد هذا النبات إلا على ثلاثة جبال تتراوح المسافات التي تفصلها عن المنشأ الأصلي لهذه النباتات بين ٥٠٠، ١٠٠٠ ميل. وذلك بالرغم من توافر نحو ٢٠ جبل آخر يمكن أن ينمو هذا النبات عليها. وعلى ذلك فإننا نرى أن نبات البريميولا لم يقفز من جبل لجبل فحسب، بل إنه قد تخطى بعض الجبال.

ولقد كان هناك كثير من الثورانات البركانية العنيفة التي قضت على الحياة في مئات من الأميال المربعة. مثل الانفجار الذي حدث في ألاسكا

سنة ١٩١٢ والذي أدى إلى اختفاء جبل كتامي (mount katmai) إذا لم يبق منه إلا واد مجرد من الزرع . ولم يكن من اليسير وصول النباتات إلى هذا الوادي العقيم إلا باختراق بقعة عقيمة من الأرض تفصل بينه وبين أقرب المناطق المأهولة بالنباتات، وقد تسللت النباتات تدريجياً إلى هذا الوادي ونمت فيه. ولكن هذه التجربة لم تقدم لنا كثيراً حول توزيع النباتات، والواقع أن تجربة كراكتوا لا تزال فريدة في نوعها من حيث ما تكشف عنه من الحقائق والمعلومات.

بيئة النباتات الصحراوية

فريتز ونت

Frits w . went

كثيراً ما تتضارب النظريات التي تفسر السلوك الإنساني، ويرجع ذلك في الغالب إلى صعوبة التحقق منها بإجراء التجارب. أما سلوك الحيوان والنبات فمن الممكن دراسته بسهولة سواء في الطبيعة أو المعمل. وينبغي أن تكون دراسة البيئة في هذه الكائنات معينة إيانا على فهم العلاقات الإنسانية فالقوانين الأساسية التي تخضع لها سلوك الإنسان. ويعتبر علم البيئة من العلوم المعقدة غاية التعقيد، ولكي ندرس حالة بعيدة عن التعقيد نسبياً بقصد استخلاص بعض قوانين السلوك منها، فإنني أريد أن أصحبك معي إلى الصحراء لكي نستعرض معاً حياة النباتات فيها.

وتعتبر الصحراء مكاناً مثالياً للقيام بمثل هذه البحوث، فهي في الغالب لم يمسها انتشار المدينة بسوء، والنباتات فيها ليست مكدسة مما ييسر دراستها بالتفصيل. كما أنها تظهر بوضوح وبصورة مبسطة أثر العوامل الطبيعية التي تلعب دوراً مهمًا في البيئة. وفوق كل ذلك فإن جو

الصحراء عنيف، فالرياح تعصف سريعة دون أن تحجزها الحواجز، ودرجة الحرارة والأمطار تختلف من النقيض إلى النقيض. وقد يكون سقوط الأمطار في سنة من السنوات خمسة أضعافه في سنة أخرى، كما أن هناك قليلاً من العواصف المطرية مما ييسر قياس النتائج التي تترتب على سقوط الأمطار في كل مرة. ومن الممكن أن يهيئ الإنسان في المعمل ظروفاً تماثل الظروف الصحراوية المتباينة كل التباين، وبذلك يسهل إجراء التجارب حول استنبات بذور النباتات ونموها.

وللصحراء إغراء شديد على عالم النبات وهي في الربيع مكان ممتع، وأقصى الصحاري في الولايات المتحدة هي التي تسمى وادي الموت (death valley) ويحجبها عن أقرب مورد لبخار الماء – وهو المحيط الهادي – مرتفعات سيرا نفادا. ويبلغ متوسط هطول الأمطار في هذا الوادي ١.٣٥ بوصة على الأكثر. وليس هناك تقريباً مياة مكشوفة في هذه المنطقة فيما عدا قليلاً من العيون التي تفيض بما يتخلف من المياه القليلة التي تهطل على الجبال المحيطة بالمنطقة، ولما كان وادي الموت منخفضاً عن سطح البحر فليس لمياهه مصرف، فهو حوض تتجمع فيه جميع المواد التي تجرفها الأمطار من سفوح الجبال، وقد تتجمع الأملاح في وسطه. وعندما ينظر الإنسان إلى الطبقة الملحية التي به من بعد يراها لامعة كأنها بحيرة، ولكن المسافر على الأقدام يجدها قاحلة ذات سطح خشن تكتنفه شقوق ناتجة عن تمدد الملح وانكماشه بسبب تعرضه لبرود الليل وحرارة النهار.

ولا تستطيع نباتات خضراء أن تنمو في هذا السهل المالح، ولكن حياة النباتات تبدأ عند أطرافه حيث تشاهد بقع خضراء متناثرة. والنباتات التي تنمو هناك ذات أوراق خضراء غضة توحي بكثرة الماء في هذا المكان، مما لا يتفق مع الواقع.

والواقع أن لهذه النباتات مصدراً عظيماً من الماء، ولكنه بعيد تحت الأرض، فلشجر المزقط (mesquite) جذور يتروح طولها بين ٣٠ ، ١٠٠ قدم تمكنه من أن يصل وينهل من عديسات الماء الأرضي العذب التي تغذيها الأمطار الراشحة من الجبال إلى أسفل الوادي. وأشجار الزقط هي الشجيرات الوحيدة التي تستطيع أن تصل بجذورها إلى مستوى الماء هناك، ولكن على بادرات هذه الشجيرات أن ترسل جذورها مسافة تبلغ ٣٠ قدماً أو اكثر خلال الرمل الجاف قبل أن تصل إلى مورد الماء. فكيف إذن تثبت هذه البادرات نفسها؟ إن هذا الأمر هو أحد أسرار الصحراء. فمعظم الشجيرات في وادي الموت يبلغ عمرها مئات من السنين وبعضها تغطيها الكثبان الرملية تغطية كاملة إذ يتجمع الرمل حولها على مر السنين بفعل الرياح التي تهب أحياناً على الوادي بقوة عنيفة.

وفي بعض الأماكن تبرز من الكثيب الواحد عشرات أو مئات من السيقان النباتية، وجميعها تقريباً من السيقان الثانوية لشجيرة وادحة قديمة تمتد جذورها تحت الكثيب. ومن النباتات الأخرى التي تنمو في وادي الموت وتمتاز بمجموعاتها الجذرية الكبيرة شجيرة الكريزوت (creosote)

وهي من الشجيرات دائمة الخضرة ولها جذور كثيرة التمدد تستطيع أن تستخلص بها الماء من مساحة كبيرة من التربة.

وترى هذه الشجيرات موزعة في الصحراء على أبعاد متساوية في نظام يدعو إلى العجب، ويشاهد ذلك بوضوح من الطائرة. ويلوح أن انتظام المسافات بين الشجيرات يرجع إلى أن جذورها تفرز بعض المواد السامة التي تقتل أية بادرة تنمو بجوارها. وتتناسب المسافات بين هذه الشجيرات مع كمية الامطار الهاطلة، فكلما قلت الأمطار زادت المسافات الفاصلة. ويحتمل أن يكون ذلك راجعا إلى أن الأمطار تزيل هذه المواد السامة من التربة بحيث لا يمتد أثرها إلى مسافات بعيدة. وكثيراً ما نجد بعض شجيرات الكيرزوت الحديثة ممتدة على طول الطرق في الصحراء حيث يقوم عمال الطرق بتقطيع الأشجار القديمة.

وعندما تتعرض شجيرات الكريزوت لفترات طويلة من الجفاف، فإنها تفقد أوراقها الزيتونية الخضراء ولا يبقى عليها إلا أوراق سمراء مخضرة صغيرة. وفي بعض الأحيان تسقط هذه الأوراق أيضاً، وعندئذ تموت الشجرة إلا إذا أدركها المطر سريعاً. ومع ذلك فإن شجيرات الكريزوت من منطقة من المناطق لا تموت إلا إذا تعرضت فترة طويلة لجفاف شديد.

وقد تعرضت هذه النباتات لظروف قاسية في بعض مناطق صحراء جنوب كاليفورنيا إبان الجفاف الذي حدث في السنوات الأخيرة. ولما كان الجفاف القاتل يزيل هذه النباتات جملة، لذلك لا يوجد منها في المنطقة

الواحدة إلا عدد قليل من طبقات الأعمار التي تنتسب إليها هذه الشجيرات والتي تنشأ كل طبقة منها بعد فترة من الجفاف أو في أثناء فترة من الأمطار الغزيرة.

وهناك شجيرات أخرى تتحمل الظروف القاسية التي تظهر في الصحاري، ومن هذه النباتات نبات البيوسفيلم (peucephyllum) الذي يبدو أنه يستطيع أن يعيش بدون ماء وكذلك نبات الهولي (holly) الصحراوي ذو الأوراق البيضاء الذي يستطيع أن ينمو في تربة شديدة الملوحة.

وهناك عاملان أساسيان يتحكمان في كثرة النباتات وفي توزيعها، وهما عدد البذور التي تستنبت، والظروف التي تتعرض لها البادرات عندما تحاول أن تثبت نفسها. وفي حالة الشجيرات الصحراوية تعتبر الظروف التي تحيط بنمو البادرات هي العامل الأساسي؛ فبينما نشاهد أن بادرات عديدة تتكون بعد موسم مطير فإنه لا يستطيع أن يبقى حياً ويثبت نفسه منها إلا قليل. وتختلف الحال اختلافاً كلياً في حالة النباتات الحولية التي تنمو بالصحراء، ففي بعض السنوات قد يزدهر قاع وادي الموت ببساط سحري من الألوان، ففي عام ١٩٣٩ ومرة أخرى في عام ١٩٤٧ كان الجزاء غير المالح من الوادي تغطية ملايين النباتات المزدهرة، وكانت نباتات عباد الشمس الصحراوية بألوانها الذهبية الصفراء نامية في بقع متفرقة ومعها كثير من النباتات الأخرى ذات الألوان البيضاء والحمراء.

وليس من الضروري أن تكون فترات الإزهار متمشية تماماً مع مواسم نزول الأمطار؛ فقد كانت سنة ١٩٤١ مثلاً من اكثر السنين مطراً، ووصل معدل المطر فيها إلى ٤.٢ بوصة. ومع ذلك لم يحدث إزهار بصورة جماعية في هذا العام أو في الربيع الذي تلاه؛ فلكي تزهر النباتات في وادي الموت في فصل الربيع، لا بد أن ينزل المطر في وقت معين من شهر نوفمبر أو ديسمبر الذي يسبقه. ويزداد عدد أزهار الربيع زيادة كبرى إذا زاد معدل المطر الذي ينزل في نوفمبر أو ديسمبر عن بوصة واحة، كما حدث في ديسمبر ١٩٣٠ ونوفمبر ١٩٤٦ حيث وصل معدل المطر إلى ١.٤ بوصة، أما إذا وصل المطر إلى هذا المعدل في أشهر أغسطس وسبتمبر، ويناير وفبراير فإنه لا يكون له تأثير يذكر.

فلننتقل إلى النباتات الحولية لكي ندرسها بشيء من التفصيل، وأهم ما يستوقف النظر في صفات هذه النباتات هو أنها نباتات طبيعية أو معتادة، إذا ليس فيها تحورات خاصة تعينها على تحمل الجفاف، ومع ذلك فإنها لا توجد خارج حدود الصحراء. ويرجع السبب في ذلك إلى ما تمتاز به بذور هذه النباتات من حيطة وحذر شديدين، ففي السنوات الجافة تبقى هذه البذور ساكنة، وهذا في ذاته امر عجيب. ولكن العجيب حقاً هو أنها ترفض أن تنبت حتى بعد نزول المطر، إلا إذا بلغت كمية المطر نصف بوصة على الأقل وحبذا بوصة أو بوصتين. ولما كانت الطبقة العليا من التربة التي توجد فيها هذه البذور يبللها المطر الذي ينزل بمعدل عشرة بوصات بنفس القدر الذي تبتل به عندما ينزل المطر بمعدل بوصتين، فمن العسير أن نفسر كيف تميز البذور بين الحالتين. كيف تستطيع بذرة ساكنة

أن تقيس كمية المطر؟ إما أنها تفعل ذلك فعلاً فيمكن التحقق منه في االمعمل فإذا نثرت تربة صحراوية مشتملة على بعض من هذه البذور فوق رمل نقي ورشت برذاذ من الماء بصورة تشبه ما يحدث عند نزول المطر، فإن البذور لا تنبت إلا إذا نزل عليها قدر من الماء يعادل بوصة من المطر.

وزيادة على ذلك فلا بد أن يصل إليها الماء من أعلى، ولا يتم الاستنبات في إناء بصل فيه نفس القدر من الماء إلى البذور ولكن من أسفل، وقد يبدو هذا الأمر بعيد الاحتمال؛ فكيف يمكن أن يكون للاتجاه الذي يتخذه الماء عند اقترابه من البذرة أثر عليها؟ يظهر أن الإجابة على هذا السؤال تنحصر في أن الماء عند ما يرشح بطيئاً من أعلى التربة يذيب ما تحتويه البذرة من المواد التي تعوق النمو. فكثير من البذور تحتوي في قشورها على بعض هذه المواد. وهل لا تنبت إلا إذا زالت هذه المواد؟.. ويتم ذلك عند ما تتعرض البذور لتيار بطيء من الماء الراشح خلال التربة وهو ما يحدث عند سقوط الأمطار. أما الماء الذي يصل للبذور من أسفل فليس له بطبيعة الحال هذا الأثر المذيب.

وبعض البذور تأبى أن تنبت إذا كان بالتربة قدر كبير من الأملاح، والمطر الغزير الذي ينزل هو الذي يغسل هذه الأملاح من التربة فيجعل البذور تنبت، وهناك بذور أخرى ومنها بذور كثير من النجيليات تؤجل استنباتها بضعة أيام بعد نزول المطر، ثم تأخذ في الاستنبات بعد ذلك إذا كانت التربة لا تزال رطبة. وهو ما لا يحدث إلا إذا كان المطر غزيراً،

وهناك بعض البذور التي تحتوي على مواد تعوق النمو ولا تزول إلا بتأثير البكتريا، مما يتطلب التعرض للرطوبة فترة طويلة. وبعض البذور تبقى ساكنة حتى تبللها سلسلة من الأمطار المتوالية.

وفي الأنهار الجافة التي بالصحاري نجد طرازاً آخر من النباتات ذات الاحتياجات الخاصة بالنسبة للاستنبات، فبذور كثير من الشجيرات التي تنمو في هذه الأنهار الجافة لها قشور شديدة الصلابة بحيث لا تتشقق إلا تحت تأثير قوة كبيرة. ومن الممكن أن توضع هذه البذور في الماء سنة كاملة دون أن يبدو عليها أي دليل على الإنبات. أما إذا فتحت قشرة البذرة بطريقة آلية، فإن الجنين ينمو في مدى يوم واحد. ويتم تفتح هذه البذور في الطبيعة تحت تأثير الحصى والرمال الطاحنة. فبعد مضي أيام قليلة على مرور عاصفة تهبط بالطين والحصى إلى قاع النهر، نرى هذا القاع وقد امتلأ بالبادرات النضيرة. ومن السهل أن نثبت أن الإنبات في هذه الحالة يرجع إلى الأثر الطاحن المتسبب عن حركة الطين والحصى؛ فبذور شجرة الدخان (smoke tree) مثلاً لا تنبت تحت أمها وإنما على بعد يتراوح بين ١٥٠، ٣٠٠ قدم بعيداً عنها ويظهر أن هذه هي المسافة الحرجة بالنسبة لهذه البذور. فالبذور التي تسقط قريباً من أشجارها، لا يحدث لها الاحتكاك الكافي لتفتحها. أما تلك التي تصل إلى مسافات أبعد من ذلك، فإنه يتم سحق قشورها مما يسهل استنباتها ويتكون لبادرات شجرة الدخان نحو ثلاث أوراق ثم يقف نموها فوق سطح الأرض بينما تتغلغل جذورها في التربة بالقدر الكافي الذي يمكنها من إمدادها بالكمية المناسبة من الماء. وفي النهاية يكون نمو الجذور نحو خمسة أضعاف نمو الساق، ولا يموت من

هذه البادرات بتأثير الجفاف إلا قليل، أما الفيضان فيتلف معظمها ولا يستطيع أن يصمد لتأثير الصخور والحصى والطين والرمال الجارفة التي تتحرك على قاع النهر الجاف إلا الشجيرات القديمة ذات الحجم الضخم.

ويمكن الاستدلال على استغلال شجرة الدخان للماء الموجود بالتربة إلى أقصى حد بالتجربة الآتية:

أخذت بعض البذور المشقوقة لهذه الأشجار وزرعت على قمة أسطوانة ارتفاعها ثماني أقدام وتحتوي على رمل مندى بمحلول غذائي، ثم رش عليها ماء مطر فترة وجيزة من الزمن، فلوحظ أن ستاً من هذه البذور قد نبتت، وقد بقيت خمس من البادرات التي تكونت حية واستمرت على النمو ١٨ شهراً تحت درجة حرارة مرتفعة لم ترو في خلالها إلا مرة واحدة في منتصف هذه الفترة، والواقع أن هذه البادرات نمت بصورة أفضل من البادرات التي كانت تروى كل يوم!.

وقد درسنا ظروف الإنبات بكثير من التفصيل في معملنا بالمعهد التكنولوجي بكاليفورنيا فتبين لنا مثلاً أن نزول المطر مرتين متواليتين بمعدل ١٠\٣ بوصة يسبب الإنبات، على ألا يفصل بين الفترتين مدة تزيد عن ٤٨ ساعة. وأعجب ما كشفت عنه الملاحظة هو تأثير درجة الحرارة على البذور المختلفة؛ فإذا عولج خليط من بذور النباتات الحولية المختلفة بماء المطر وحفظ في بيت أخضر حار، فإنه لا ينبت من هذه البذور إلا ما ينبت عادة في الصيف. أما البذور الشتوية فتبقى ساكنة، فإذا وضع نفس

الخليط في مكان بارد فإنه لا ينبت منه إلا البذور التي تنبت عادة في الشتاء. ويتضح من ذلك أن النباتات الحولية لا تنبت إلا إذا كانت درجات الحرارة في فترة الإنبات مناسبة لها، وإلا عندما تتوافر لها كمية من ماء المطر تسمح لها بإكمال دورة حياتها. ولما كانت النباتات الصحراوية لا تستطيع أن تعتمد على توالي نزول الأمطار في الطبيعة، فإنها لا تنبت إلا عندما تضمن توافر قدر من الماء يكفيها مقدماً لمواصلة الحياة.

ونسبة النباتات التي تنبت بعد نزول كمية غير كافية من المطر منخفضة جداً فهي أقل من ١ % ومثل هذه النباتات تهلك في غالب الأحوال قبل أن تصل إلى مرحلة الإزهار. ومن ناحية أخرى فإن اكثر من ٥٠ % من البادرات التي تنبت بعد هطول مطر غزير تعيش وتكون أزهاراً وثماراً. وهنا نجد أمراً يستلفت النظر فبرغم أن البادرات تنمو كثيفة لدرجة أنه يوجد عدة آلاف منها في الياردة المربعة، فإن معظمها يصل إلى مرحلة النضج برغم ازدحامها وتنافسها على الماء والمواد الغذائية والضوء، أي أنها لا يقتل بعضها البعض، ولكنها لا تنمو إلى حجمها الطبيعي. وفي إحدى الحالات وجد ٣٠٠٠ نبات ناضج بينما قدر عدد من البادرات التي كانت موجودة في الأصل بخمسة آلاف بادرة. وقد كانت ثلاثة آلاف من النباتات التي نمت تنتسب إلى عشرة أنواع مختلفة. وقد بقيت جميعها صغيرة، ولكن كل نبات منها كان يحمل زهرة واحدة على الأقل وأنتج بذرة واحدة على الأقل. وهذه الظاهرة ليست مقصورة على النباتات الصحراوية ففي حقول القمح والأرز وقصب السكر نجد أنه في بعض البقع التي تكون قد زرعت زراعة كثيفة تنمو البادرات سوياً. وقد تكون

ضعيفة ولكنها لا تموت. حقيقة أننا نلاحظ في الحدائق أن تكدس الأعشاب قد لا يعطي فرصة للنباتات الأخرى المرغوبة لكي تنمو، ولكن ذلك يحدث غالباً لأن هذه النباتات تكون قد زرعت في غير موسمها أو في طقس غير مناسب مما يجعلها غير قادرة للصمود أمام منافسة النباتات الأخرى المهيأة للنمو تحت الظروف المحلية إلى أقصى حد ممكن وهي في هذه الحالة ما نسميه بالأعشاب.

ولا بد أن نصل أخيراً إلى أن ما قرأناه من قبل عن الصراع العنيف على البقاء، وفكرة البقاء للأصلح في الطبيعة ليس من الضروري أن تكون صحيحة، فليس في كثير من النباتات وبخاصة النباتات الحولية صراع بين الأفراد على السبق أو الحياة؛ فكل نبات ينمو ويحقق رسالته في الحياة وهي تكوين البذور الجديدة. وبعبارة أخرى فإن النباتات الحولية بعد أن تتهيأ لها ظروف النجاح في الاستنبات لا تكون عرضة لعملية الانتقاء الطبيعي، ولا شك أن هذا يعطينا تفسيراً لما نشاهده أحياناً من أن قليلاً من النباتات الحولية الصحراوية هي التي قد تحورت لكي تلائم ظروف الحياة الصحراوية. وليس معنى ذلك أن النباتات قد تجنبت التطور. ولكن التطور قد أثر على بذورها وعلى بذورها وعلى طرق استنباتها أكثر مما أثر على النباتات البالغة؛ فالاختيار على أساس الاستنبات قد زود النبات بأساليب خاصة للاستنبات وجعلها في الوقت ذاته بطيئة الاستنبات، إلا في الظروف التي تضمن استمرار حياتها بعد ذلك. والعكس صحيح في حالة النباتات التي يزرعها الإنسان، فقد ساعد اختياره على انتقاء النباتات التي تنبت

بسهولة كبيرة وفي وقت وجيز، مما أعطانا فكرة خاطئة عن أهمية الاستنبات ومعناه من حيث ضمان مستقبل حياة النبات.

ولنعد الآن إلى حديثنا الأول، وهل تفيدنا دراسة بيئة النباتات الصحراوية في دراسة البيئة الإنسانية أو العلاقات الإنسانية؟ إننا نستفيد على الأقل درساً أخلاقياً من دراسة هذا الموضوع؛ ففي الصحراء حيث تشتد حاجة النبات إلى الماء والتعطش إليه لا نجد ذلك التنافس الوحشي على البقاء ولا يأكل القوي الضعيف بل على النقيض. واحتياجات النباتات من التربة والضوء والماء والغذاء قسمة بين النباتات، بل قسمة عادلة بين الجميع.

فإذا لم يكن ما يكفي لنمو الجميع طولاً وقوة متوافراً، فإن الكل يبقى صغيراً، وهذه الصورة الحقيقية تختلف كل الاختلاف عن الفكرة التي كانت سائدة من قبل حول أن طريقة الطبيعة هي التنافس بين الأفراد تنافساً يؤدي إلى قطع الرقاب. والواقع أن التنافس أو الحروب كما يعرفها الإنسان تعتبر نادرة في الطبيعة، وقلما نجد حرباً بين أفراد تنتسب إلى النوع الواحد. حقيقة أن هناك كائنات مفترسة ولكنها في معظم الحالات تفترس غيرها من الأنواع فهي لا تمارس أكل لحوم البشر. وشجر الفيكس الخانق في الغابات الاستوائية الذي يقتل غيره من الأشجار لكي يصل إلى الضوء يعتبر نادراً كما ذكرنا ذلك من قبل في الفصل السابق. وحتى في الغابات الكثيفة لا يقتل الصغير والضعيف إلا نادراً. وعمالقة الغابات من الأشجار الضخمة لا تقتل الأعشاب الصغيرة التي تنبت تحت أقدامها برغم أنها قد

تعوق نموها أو تحول دون استنباتها. وفي إحدى الغابات الجبلية في جاوة لوحظ أن الأشجار الصغيرة التي تعيش في ظلال عمالقة الغابة لم تمت ولكنها لم تنم بعد سن الأربعين.

وينمو في الغابات الاستوائية مئات من أنواع الأشجار المختلفة، وهذا التنوع في النباتات هو أحد الخواص الرئيسية للغابات. وبعض الأشجار ينمو أسرع وأطول وأسمك من غيره. ولكن هذه الخواص التي كنا نعتبرها دائماً تحورات مفيدة في معركة البقاء، ليس لها في الواقع أهمية حيوية بالنسبة للأشجار. ولو كان الأمر كذلك لكان عدد الأشجار التي تنمو في غابة من الغابات ضئيلاً، ولكان هناك اتجاه تطوري من جانب هذه الأشجار لكي تزداد طولاً وعرضاً، ولكن الواقع أن أكثر الأشجار ارتفاعاً لا يوجد في الغابات، بل في الأماكن المفتوحة ذات الأجواء المعتدلة، بل إن مما يستلفت النظر أن الغابات الاستوائية ليس فيها أشجار بالغة الطول أو الضخامة مما يثبت أن الاختيار لا يتم على أساس الضخامة، وإنما على أساس قدرة النبات على النمو ومواصلة الحياة تحت أقل كمية ممكنة من الضوء.

ومعركة الصراع على البقاء تقترن دائماً في أذهاننا باستئصال القوي للضعيف في شبه حرب باردة مستمرة. ولكننا نرى أنه ليس هناك حرب باردة أو عدوان بين النباتات في الصحراء أو الغابة، ومعظم النباتات غير مزودة بوسائل لمقاتلة الغير، والكل ينمو سوياً ويقتسم ما لديه من الضوء والماء والغذاء.

ولا يحدث التنافس إلا حينما يقل الموجود من أي من هذه الأساسيات عن الحد الحرج، ولكن يظهر أنه في الغابة كما في الصحراء تتم المحافظة على الحياة بالسيطرة على عملية الاستنبات؛ فالتنافس والاختيار يتمان في مرحلة الإنبات، ونستطيع أن نتكلم عن تحديد الاستنبات في عالم النبات كما نتكلم عن تحديد النسل في المجتمع الإنساني.

ومن الواضح أن التطور قد قضى فعلاً على معظم الأنواع النباتية التي لا تستطيع أن تصمد في معركة التنافس. ولدى النباتات – سواء أكانت سريعة النمو أم بطيئته وسواء أكانت قصيرة أم طويلة – فرص متكافئة للنمو بعد أن تمر بمرحلة الاستنبات؛ فتنازع البقاء لا يظهر أثره بين النباتات الموجودة فعلاً، ولكنه يعمل على التخلص من الأنواع الجديدة التي قد تنبت في الأوقات غير المناسبة أو التي ليس لديها القدرة على التمثيل الضوئي بالقدر المناسب أو التي لا تستطيع أن تقاوم الصقيع. ويفسر لنا ذلك ما نشاهده من أن عدد النباتات الصحراوية التي تموت من أثر الجفاف في الصحراء أو من أثر قلة الضوء في الغابة أو من أثر الصقيع في الأجواء الباردة، يعتبر عدداً قليلاً.

ونستطيع بذلك أن نصل إلى مبدأ أخلاقي مهم وهو أن الحرب كما ابتدعها الإنسان ليس لها نظير في الطبيعة، وليس لها ما يبررها على أساس التطور أو الانتقاء الطبيعي، وإذا أردنا أن نصف عملية تحديد السكان بين النباتات، فإننا نستطيع أن نقول إنها في الواقع عملية لتحديد النسل.

دراسة العلاقات الاجتماعية والكيميائية بين النباتات

جيمز بونر

Jemes bonner

النباتات مثل الحيوانات من حيث أنها لا تعيش وحدها، وكما أن لكل حيوان ببيئته التي تشتمل على غيره من الحيوانات، فكذلك الحال مع النباتات، فهي تتأثر بالنباتات الأخرى التي في بيئتها، بل إن هناك أنواعاً من العلاقات الاجتماعية بين النباتات. وتبذل في الوقت الحاضر عناية كبيرة لدراسة هذه العلاقات في مختلف صورها.

ومن المعروف أن أفراد المملكة النباتية لا تتنافس فيما بينها على الغذاء والضوء والماء فحسب، ولكنها كثيراً ما تشترك في علاقات اجتماعية تشبه ما نعرفه في الحروب وأساليب التعاون. سوف نعالج في هذا المقال إحدى الظواهر الاجتماعية المهمة في عالم النباتات، وهي أن بعض النباتات تمتلك أسلحة كيماوية تهاجم بها غيرها من النباتات، وهي ظاهرة لم تتجه إليها الأنظار إلا حديثاً.

ويتطلب شرح هذه الظاهرة إلقاء نظرة أولية على بعض حقائق علم البيئة، وهو العلم الذي يعالج العلاقات المختلفة بين النبات وبيئته. فإذا

نظرنا إلى مجتمع نباتي فإننا نجد أنه لا يتألف من أفراد من نفس النوع فحسب، بل من أنواع متعددة بينها كثير من العلاقات المتينة.

وقد يكون من السهل أن ندرك لماذا تتجمع النباتات التي من جنس واحد في مكان واحد، فلها جميعاً احتياجات متشابهة، كما أنها تستطيع أن تتحمل ظروف البيئة التي تعيش فيها. ولكن ما هي العوامل التي تجعل مجموعة من الأنواع النباتية المختلفة تعيش سوياً تحت ظروف موحدة؟.

إن مما يساعد على فهم هذه الظاهرة ما يشاهد من أن مجموعات معينة من الأنواع النباتية تميل لأن تعيش سوياً في أماكن مختلفة ما دامت الظروف في هذه الأماكن متماثلة. ومثل هذه المجموعات من النباتات المختلفة تكون بيئة نباتية اجتماعية أو مجتمعاً نباتياً. وقد تبلغ هذه المجتمعات النباتية درجة من الثبات بحيث يمكن تقسيمها إلى أقسام يطلق عليها أسماء جماعية معينة، كما هي الحال في تقسيم النباتات والحيوانات تبعا لخواصها المختلفة إلى أسر وفصائل وأنواع. ومن جهة أخرى فهناك بعض الأنواع التي يستحيل أن تعيش سوياً في نفس المكان، وذلك بالرغم من أن بعض الأفراد التي تنتسب إلى هذه الأنواع قد يكون منتشراً على مساحات ممتدة امتداداً جغرافياً واسعاً. ويمكن القول بأن أفراد المملكة النباتية تعيش في مجموعات متآلفة، وأنها لا تميل إلى الاختلاط مع المجموعات الأخرى التي تعيش تحت ظروف تخالف ظروفها.

ومن المعلوم أن أهم العوامل التي تحدد تكوين هذه الجماعات هي العوامل الجوية والظروف البيئية؛ فالأنواع التي تنمو سوياً تعيش تحت نفس الظروف من الحرارة والضوء والماء والتربة، ويمكن مشاهدة ذلك بوضوح في حالة النباتات التي تنمو تحت الظروف غير المعتادة مثل المستنقعات والمراعي المرتفعة والمنخفضات المالحة وشواطئ البحر والصحاري الجافة والمناطق الصخرية، ولا شك أن كثيراً من المجموعات النباتية بل كلها تتأثر من حيث الأنواع التي تضمها بعامل اختيار المكان أو الموقع الذي يناسب كل نوع من الأنواع الذي تعيش فيه إلى أقصى حد ممكن، وقد أجريت كثير من الدراسات في علم البيئة النباتية بقصد تحديد العوامل الطبيعية التي تتحكم في تكوين المجموعات النباتية التي تعيش تحت ظروف معينة.

ويؤثر النبات الواحد في سلامة غيره من الأفراد التي تشترك معه في نفس المجتمع بطرق مختلفة، فمن ذلك التنافس على أحد العوامل الأساسية التي تلزم للنمو، مثل الضوء والماء والأملاح المعدنية، ومن الممكن أن نسمي هذا التنافس الصراع الاقتصادي؛ فقد يؤدي النقص في كمية الغذاء أو الماء الموجود بالتربة إلى تحديد عدد الأفراد التي يمكن أن تعيش سوياً في مساحة محدودة من الأرض. وكذلك الحال عندما تنمو وتزداد طولاً قد تحرم الشجيرات المجاورة لها من الضوء إلى حد يجعل هذه الشجيرات عاجزة عن مواصلة الحياة. وهذه العوالم الاقتصادية التي تقوم على أساس التنافس تختلف اختلافاً كبيراً من حيث أهميتها تبعاً لارتفاع الأشجار الموجودة، ولمدى تغلغل جذورها في التربة. ومن بديهيات علم الاجتماع النباتي أن

المجتمع النباتي الثابت يتألف من أنواع لا يكون بينها من التنافس الاقتصادي إلا أقل قدر ممكن.

والتأثير المتبادل بين النباتات، وهو ما يهمنا في هذا المقام، ليس قائماً على التنافس بهذا المعنى على الأقل، ولكنه منصب على إنتاج بعض الأنواع النباتية لمواد كيماوية تبثها في التربة، وتؤثر بها في نمو الأنواع الأخرى وسلامتها. وليس من الضروري أن تكون الأنواع التي تعلن على بعضها الحرب بهذه الطريقة في صراع حول الغذاء أو غير ذلك من الاحتياجات، ولكن يظهر أنه يكون بينها نوع من النفور الوراثي، وقد عرفت هذه الظاهرة منذ زمن في عالم الأحياء الدقيقة؛ فكلنا نعرف نباتاً ميكروسكوبياً ينتج موادا سامة. وهذا النبات هو فطر البنيسليم نوتاتم (penicillium natatum) الذي ينتج مادة البنسلين، وهي مادة ذات تأثير سام جداً على كثير من الكائنات المختلفة الأخرى. وفي عام ١٩٣٢ بعد مضي أربع سنوات على اكتشاف الكسندر فليمنج لمادة البنسلين، وجد عالم النبات الأمريكي ريتشارد وندلنج أن احد أنواع الفطر التي تعيش بالتربة ويسمى جلايوكلاديام (glyocladium) ينتج مادة الجلايوتوكسين (glytoxin) وهي مادة ذات تأثير سام على الكائنات الأخرى ومن بينها الفطريات الأخرى.

وقد أمكن فصل كثير من المواد الكيماوية الضارة بالنباتات الأخرى من مجموعة كبيرة من الكائنات الميكروسكوبية، ولو أنه لا يمكن الاستفادة

طبياً في علاج الحيوانات الراقية إلا بقليل من هذه النباتات، كما في حالة البنسلين، والستربتومايسين.

وقد اتجه الظن منذ زمن إلى احتمال وجود هذه الصفات في بعض النباتات الراقية أيضاً، وقد سجل أوجستين – وهو عالم نباتي سويسري ظهر في بداية القرن التاسع عشر – أن الحسك أو الشوك (thistles) تعوق نمو الشوفان. وقد افترض أن هذا التأثير ربما يكون راجعاً إلى مواد معينة تعمل على إعاقة النمو، وقد صممت أولى التجارب لاختبار صحة هذا الفرض في إنجلترا حيث صممها بكرينج (pickering) بالاشتراك مع دوق بدفورد في السنوات الأولى من هذا القرن. وفي إحدى هذه التجارب زرعت أشجار التفاح في أحواض يصل إليها الماء بعد أن يكون قد مر بأصص بها بعض النجيليات النامية، فثبت أن هذه النجيليات تترك في الماء مادة تعوق نمو أشجار التفاح.

وفي مجموعة أخرى من البحوث الدقيقة التي قام بها أوزوولد شراينر ورفاقه في قسم الزراعة بالولايات المتحدة، أمكن فصل أربع مواد مختلفة لها تأثير سام على نمو النباتات، وقد فصلت هذه المواد من أماكن مختلفة من التربة. ولم يقم في أي من هذه الأبحاث ما يعج دليلاً على أن أي نوع من الأنواع التي تنمو في الطبيعة برياً أو في الحقل، يعوق نموه مادة معينة ينتجها نوع معين من النباتات. ولكن الأدلة التي أدت إلى هذه النتيجة قد اكتشفت في السنوات الأخيرة.

ولعل أهم الملاحظات المفصلة التي ساعدت على دراسة هذا الموضوع هي تلك التي لاحظها العالم الألماني بود والعالم البلجيكي فيونك في الفترة بين سنة ١٩٣٩، سنة ١٩٤٣ فقد لاحظ بود وكان يعمل في حديقة للنباتات الطبية أن النباتات التي كانت نامية على جانبي صف من نباتات الشيح (Artemisia absinthium) كانت ضعيفة جداً، بل إنها كانت تموت في بعض الأحيان، وكان تأثير هذا النبات يمتد لمسافة متر على كل جانب. ولا يمكن تفسير هذا التأثير الضار على النباتات الأخرى على أساس التنافس بين نبات الشيح وغيره من النباتات الأخرى المجاورة له؛ فلو أن نباتات أخرى زرعت مكان هذا الشيح بحيث تكون مماثلة لها في الحجم والعادات، فإنها لا تحدث ذلك التأثير الضار.

وقد أثبت بود أن تأثير نباتات الشيح على غيرها يرجع إلى مركب كيماوي اسمه آبسنثين (absinthin) يتكون في الشعيرات الغدية الموجودة على سطح أوراق نبات الشيح. وهذا المركب يتسرب مع ماء المطر إلى التربة المجاورة. وتتجدد هذه المادة السامة في التربة باستمرار كلما نزل المطر فيغسل معه كمية جديدة من هذه المادة السامة. وليس لهذه المادة نفس التأثير على النباتات المختلفة؛ فيظهر أن بعض النباتات تستطيع أن تقاومها. وقد اكتشف فيونك أنه عند زراعة نباتات الشيح في الحقل فإنه لا ينمو بجوارها إلا تلك الأنواع التي تستطيع أن تقاوم سمومها، أما الأعشاب الأخرى فإنها لا تنمو قريبا منها بتاتاً.

وتنتج مادة كيومية أخرى تؤثر تأثيراً ضاراً على النباتات، في أوراق الشجيرة الهشة التي تسمى أنسيليا فارينوزا (encelia farinose) وهي تعيش في منخفضات الصحاري الحارة بجنوب غرب الولايات المتحدة.

وعندما درس فريتز ونت الفلورا الخاصة بهذه المنطقة، وجد أن معظم الشجيرات المعمرة التي تنمو بها يتجمع حولها عدد من الحوليات، ويرجع ذلك إلى أن الشجيرات تمد هذه النباتات على الأقل ببعض الظل والمواد العضوية. ولكن الشجرة الهشة لا تخضع لهذه القاعدة، فالبقعة التي تحتها والتي تحيط بها تكون في الغالب جرداء خالية من النباتات إلا في بعض الظروف الخاصة. وانعدام النباتات تحت هذه الشجيرة لا يرجع في الغالب إلى تأثير المنافسة، فقد جمعت بعض الأوراق التي تسقط من الشجيرة ودرست في المعمل فاتضح أنه عند وضعها في صورة سبلة فوق الرمل والآنية التي تنمو بها الطماطم أو بعض الأنواع النباتية الأخرى، فإنها تؤخر نموها بصورة شديدة وقد تسبب لها الموت، وحتى ولو كانت كميتها قليلة.

والأثر السام لأوراق نبات الأنسيليا يشبه أثر مادة الأبسينثيام (absinthium) من حيث أنه نوعي أو متخصص إلى حد كبير، فليس له تأثير على الشجيرة الهشة التي من نفس نوعه، أو على نباتات عباد الشمس أو الشعير. ولكن تأثيره يكون شديداً على بعض النباتات الأخرى وبخاصة الطماطم كما ذكرنا من قبل. وعندما حللت اوراق الأنسيليا كيماوياً، أمكن فصل مادة متبلورة، وقد وجد أنها مركب كيماوي جديد هو ٣– أسيتايل – ٦– ميثوكسي بنزالدهايد – acetyl– ٣ methoxy

benzaldehyde – ٦ وعندما جهزت هذه المادة في المعمل، وجد أن لها تاثيراً ساماً يشبه تأثير المادة الطبيعية. وقد ثبت من التجارب أن أوراق الأنسيليا التي تسقط تحتها تحتفظ بتأثيرها السم إذا لم ينزل عليا المطر لمدة سنة أو أكثر. وأن المادة السامة تنزل مع ماء المطر إلى التربة فتؤثر على النباتات الحولية التي قد تكون بجوارها. ويمكن أن نستنتج من ذلك أن عدم نمو النباتات الحولية بجوار شجيرة الأنسيليا تحت الظروف الطبيعية، يحتمل أن يكون راجعاً إلى أن هذه الشجيرة تنتج تلك المادة السامة. ويتسثنى من ذلك ما يشاهد في بعض المناطق الجبلية التي تنمو فيها الأنسيليا على السفوح شديدة الانحدار التي تتعرض أحيانا لهطول بعض الأمطار الغزيرة عليها؛ ففي هذه الحالة تكون المنطقة التي تحت شجرة الأنسيليا خالية من طبقة الأوراق المتحللة التي تسقط من الشجيرة؛ فتجرفها المياه بعيداً عنها، وليس من النادر أن نجد نباتات تنتسب إلى أنواع مختلفة تنمو بجوار شجيرة الأنسيليا تحت هذه الظروف.

وقد عرف منذ سنوات عديدة أن شجرة الجوز الأسود (black walnut) لها تأثير ضار على نمو النباتات المختلفة التي تحيط بها، وقد كان يظن أن ذلك التأثير يرجع إلى مادة كيماوية تنتجها هذه الشجرة، وقد حاول ديفز عندما كان يعمل في وست فرجينيا أن يبين ما إذا كان التأثير الضار لهذه الشجرة يرجع إلى وجود مادة الجاجلون (juglone) بها وهي مركب موجود في أوراق هذا النبات وجذوره. وقد أثبت أن الجاجلون يسمم نبات الطماطم وبعض النباتات الأخرى، ومع ذلك فإنه لم يثبت أن هذه المادة هي في الواقع الوسيلة التي فتك بها نبات الجوز الأسود

بالنباتات الأخرى تحت الظروف الطبيعية، ولا تزال هذه المشكلة في حاجة إلى مزيد من الدراسة التفصيلية، وسوف تكون هذه الدراسة ذات أهمية بسبب انتشار نباتات الجوز الأسود السامة بين المحصولات في الشرق والجنوب الغربي.

وليس التأثير الكيماوي المتبادل مقصوراً على النباتات التي تنتسب إلى أنواع مختلفة، ففي بعض الحالات قد ينتج النبات مادة تؤثر تأثيراً ضاراً على نمو النباتات التي من نفس نوعه؛ فنبات مثل البارثينيام (parthenium argentatum) وهو من شجيرات المطاط التي تنمو بالصحراء الجنوبية الغربية عندما يزرع في المعمل، تكون جذوره مادة تسمم البادرات التي من نفس نوعه. وقد أمكن فصل المادة التي تسبب هذا التأثير في صورة نقية، وتبين أنها هي حمض السينامیك (cinnamic) ولهذه المادرة أثر فعال؛ فكمية منها لا تزيد عن جزء على ٢٠٠ ألف جزء في التربة تكفي لوقف نمو البادرات.

ولكن لماذا ينتج النبات موادا ذات تأثير سام شديد على أفراد نوعه وأقل تأثيراً على الأنواع الأخرى؟.. قد نجد الإجابة عن هذا السؤال عند دراسة الطريقة التي يتم بها توزيع النباتات الشجيرية في البيئات الصحراوية؛ ففي هذه البيئات يتم توزيع أفراد النوع الواحد عادة بحيث يكون بين كل منها والآخر مسافات متسعة ومنتظمة كما لو كان الغرض من ذلك هو اقتسام القدر الضئيل من الماء والمواد الغذائية التي تتوافر لهذه النباتات، فبادرات نبات الجوايول (guaule) قل أن تنمو تحت نباتات الجوايول

البالغة. ويشاهد مثل ذلك في كثير من الشجيرات التي تنمو بالصحراء. وحتى عندما تزرع إحدى بادرات الجوايول قريبة من شجيرة جوايول ناضجة؛ فإنها لا تستطيع أن تواصل الحياة بنجاح ويكون نموها بطيئاً. ومن الممكن أن نثبت بالتجربة أن هذا التأثير يرجع إلى إحدى المواد التي تعوق النمو والتي ينتجها النبات الناضج لكي يقضي بها على منافسة الأفراد الصغيرة له حول الماء والغذاء.

والتأثير الكيماوي المتبادل بين النباتات، لا يتخذ دائماً تلك الصورة العدوانية؛ فهناك بعض النباتات التي تنتج موادا تؤثر تأثيراً طيباً في نمو النباتات الأخرى بدلاً من أن تعوقه؛ فبعض النباتات البقلية تفرز مواد نيتروجينية يمكن أن تأخذها وتستفيد بها النباتات المجاروة غير البقلية. وقد أثبت ونت أن في الغابات الاستوائية المطيرة في جاوة، يكون لكل نوع من الأشجار أنواع خاصة من النباتات المتسلقة التي تستنبت بذورها وتنمو عالياً فوق جذع العائل. ويلاحظ أن النبات المتسلق لا ينمو إلا على ساق نبات معين، ويمكن تفسير هذه العلامة المتخصصة بين النباتين بأنها ترجع إلى تأثير مركبات خاصة تنتجها الشجرة العائلة وتؤثر تأثيراً خاصاً على استنبات ونمو بذور الأنواع التي تتسلق عليها.

ويظهر أننا في حاجة إلى كثير من الدراسات التفصيلية التي تكشف لنا عن دقائق طبيعة تلك التأثيرات الكيماوية المتبادلة بين النباتات الراقية. ويظهر إن إنتاج المومواد التي تعوق نمو النباتات الأخرى ظاهرة كثيرة الانتشار في عالم النباتات؛ فعند دراسة الأنواع الخشبية التي تنمو في منطقة

واحدة شرق كاليفورنيا اتضح أن أوراق ما يقرب من نصف الأنواع التي جمعت كانت تشمل على مواد لها تأثير ضار على نمو نباتات معينة.

ومن الطبيعي أن التأثير الكيماوي المتبادل بين النباتات له علاقة وطيدة بما بين هذه النباتات من التنافس الذي يعتبر أساساً لتفسير كثير من العلاقات العدوانية بين النباتات. وعلى ذلك فإن الحرب والتعاون بين النباتات ليست إلا وجهاً واحداً من أوجه العلاقات الاجتماعية العديدة التي تسود المجتمع النباتي..

التلقيح في الأزهار

فرني جرانت

Verne grand

ما الزهرة وما تركيبها؟ وكيف تقوم بوظائفها؟ وكيف نشأت وتطورت في تلك الأنواع النباتية العديدة المنتشرة على سطح الأرض، والتي يربو عددها على ١٥٠٠٠٠؟

لقد بقيت جميع هذه الأسئلة وغيرها من الأسئلة حول المعنى البيولوجي للأزهار غامضة على الإنسان برغم أنه يعيش في عالم تنتشر به الأزهار في كل مكان. ولم يأخذ ذلك الغموض الذي أحاط بمعنى الأزهار في الانقشاع إلا منذ نحو قرنين من الزمان، وذلك بفضل جهود كثير من علماء النبات في جميع أنحاء العالم.

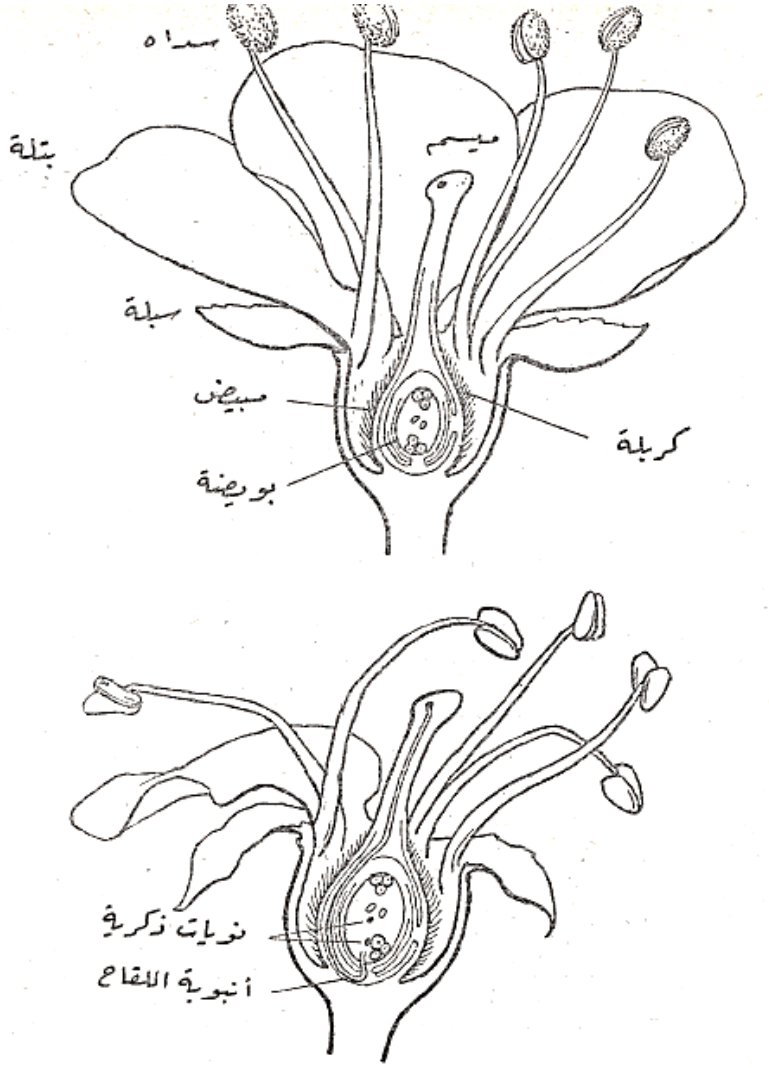
إن الأزهار هي الأجهزة التناسلية للنباتات، وهي تتركب من أعضاء تذكير وأعضاء تأنيث، أما أعضاء التذكير فهي الأسدية التي تحمل حبوب اللقاح. وأما أعضاء التأنيث فهي الكربلات ولها مياسم تقتنص حبوب اللقاح وبويضات. ويؤدي اندماج حبوب اللقاح مع البويضات إلى إنتاج البذور، ومعظم الأزهار التي نعرفها تحمل أعضاء التذكير والتأنيث في نفس

الوقت، فهي بذلك خناث. ولا شك أن عملية التلقيح تكون أكثر سهولة عندما تلقح الزهرة نفسها، ولكن كثيراً من الأزهار لا تستطيع أن تلقح نفسها، وإنما يتم تلقيحها بحبوب لقاح تصل إليها من زهرة أخرى من ذات نوعها. ولهذه الطريقة قيمتها البيولوجية، فهي تجمع في الأبناء صفات أبوين وتجعل الأفراد الناتجة أكثر تنوعاً ومرونة.

وفي المملكة الحيوانية لا يكتنف عملية التزاوج بين الذكر والأنثى صعوبات؛ فكلاهما يندفع نحو الآخر بدافع داخلي، فهما يسبحان أو يزحفان أو يمشيان حتى يتم بينهما اللقاء. أما في النباتات المزهرة المقيدة بجذورها إلى الأرض فالأمر مشكل لا يتم حله إلا بوساطة طرف ثالث، فحبوب اللقاح التي ينتجها أحد النباتات لا بد أن تنتقل إلى بويضات نبات آخر بوساطة أحد العوامل الخارجية كالماء أو الرياح أو الحشرات أو غيرها من الحيوانات.

ولا يقوم الوسيط بهذا العمل إلا منتفعاً أو مضطراً، ولذلك تحورت الأزهار خلال مدارج التطور الطويلة وحققت بالانتقاء الطبيعي ما يؤهلها لهذه العملية من الصفات؛ فكثير من الأزهار قد تحورت في أشكالها وتركيبها وألوانها ورائحتها وغير ذلك من خواصها لكي تلائم عوامل التلقيح الخلطي الخاصة بها. وتنقسم الأزهار تبعاً لطريقة تلقيحها إلى أقسام كبيرة، فهناك أزهار النحل وأزهار الفراشات وأزهار الذباب أو الخنافس أو الطيور أو الرياح أو غير ذلك، وتشمل أزهار النحل كثيراً من نباتات العائلة البقلية والبنفسج والقربينيا، وغيرها، وجميعها تقدم الرحيق للنحل

مكافأة له على عمله. وكلها تعلن عن نفسها بمظهرها الخارجي البراق، إذا أن لها بتلات زاهية الألوان ورائحة عطرية ذكية. ويلاحظ أن بين النحل وأزهاره توافقاً عجيباً في العاادات والتركيب؛ فمعظم أزهار النحل زرقاء أو صفراء أو خليط من هذين اللونين، والنحل – كما تدل على ذلك التجارب – لا يرى من ألوان الطيف إلا الأزرق والأصفر ولديه عمى ألوان بالنسبة للأحمر. ويستجيب النحل للروائح العطرية الزكية أو النعناعية ولا يتاثر بالروائح الكريهة. ولا يطير النحل إلا في أثناء النهار، وأزهاره تتفتح دائماً في أثناء النهار وتقفل في أثناء الليل.



إخصاب الأزهار توضحه هذه الأشكال التخطيطية إلى حد ما لزهرة المشمش. الرسم الأعلى لزهرة حديثة سقطت حبة لقاح واحدة من سداه متفتحة على ميسمها. الأخصاب يحدث (الشكل الأسفل) عندما تشق أنبوبة اللقاح النامية من حبة اللقاح طريقها إلى أسفل خلال الكربلة وتصل

إلى البويضة وتندمج نواة ذكرية مع نواة بيضية لتنتج بذرة جديدة وثمرة. الشكل الأسفل يوضح البذرة أو الثمرة الجيدية وقد بدأت تنمو وعندئذ تكون بعض البتلات قد سقطت وتكون الأسدية قد ذبلت.

وعند زيارة النحلة لإحدى الأزهار، فإنها تحط أولاً بحكم العادة على إحدى البتلات. ولكثير من أزهار النحل شفة بارزة تشبه إفريز الهبوط في المطارات، ثم تتخذ النحلة طريقها إلى منطقة الرحيق وحبوب اللقاح. وتفرز الزهرة رحيقها من غدد خاصة في قاعدة أنبوبة البتلات. ويستطيع النحل أن يصل إلى الرحيق بألسنته الأسطوانية الطويلة، بينما تعجز معظم الحشرات الأخرى عن ذلك. وعندما يجمع النحل الرحيق تلتصق حبيبات اللقاح التي تحملها أسدية الزهرة التي على جسمه دون أن يكون له مفر من ذلك.

وفي بعض أزهار النحل تكون الأسدية على شكل روافع أو غير ذلك من التركيبات التي تساعد على التصاق حبوب اللقاح بجزء خاص من جسم النحلة. وما تكاد النحلة تنتهي من زيارته لإحدى الأزهار، حتى تسرع إلى غيرها، وللنحل غريزة تقصر انتباهه على نوع واحد من الأزهار في الوقت الواحد، فهو يميز الأنواع النباتية برائحتها الخاصة وأشكالها. ولا شك أن ذلك يحقق للأزهار فائدة كبرى، إذ أن فيه ضماناً لانتقال حبوب اللقاح من زهرة إلى زهرة أخرى من ذات نوعها، ولما كانت الأسدية والكربلات مجتمعة سوياً في الزهرة الواحدة، فإن النحلة تقوم بتوصيل ما تحمله من حبوب اللقاح إلى كربلات زهرة أخرى، وتأخذ في نفس الوقت

ذخيرة جديدة من لقاح الزهرة التي تزورها. ويكفي ما تحمله النحلة من حبوب اللقاح في كل مرة لتلقيح عدد كبير من البويضات، ومعظم الأزهار التي يلقحها النحل، ينضج فعلاً كثيرا من البذور في كل زهرة.

وتنجح زراعة أزهار النحل نجاحاً كبيراً في المناطق المشمسة الجافة أو شبه الجافة من الأقاليم المعتدلة، حيث تتوافر للنحل الظروف التي يفضلها، وكثير من النباتات التي يقوم النحل بتلقيح أزهارها تصير عقيمة وتعجز عن إنتاج البذور في الأماكن التي لا يتوافر بها النحل كما يحدث في حالة نبات الفالفا (alfalfa) وهو من النباتات البقلية التي تكون عقيمة في كاليفورنيا حيث لا يتوافر النوع الذي يناسبه من النحل. أما أزهار الفراشات، فهي أيضاً كثيرة جداً ومن بينها التبغ والداتورا والفلوكس وكثير من الأوركيدا والأبصال. ولمعظم أنواع الفرشات ألسنة طويلة تعلق بها الرحيق. وقد يصل طول اللسان إلى ٢٥ س. م كما في الفراشات الصقرية (hawk moth) التي توجد في بعض المناطق الاستوائية. وتختلف الفراشات عن النحل في أنها لا تحط على الأزهار عند زيارتها، وإنما ترفرف فوقها بأجنحتها وتدفع بلسانها إلى غدد الرحيق. وتنجذب الفراشات إلى الأزهار بمزيج من الإحساسات البصرية والشمسية، ولكن كثيراً منها يطير في أثناء الليل وفي الغسق، وعندئذ تتحول الأزهار أمامها إلى مجرد ظلال بيضاء وعطر قوي. وكثير من الأزهار التي تزورها الفراشات لا تتفتح إلا وقت الأصيل أو عند الغروب، وتبقى مقفلة في الساعات التي يشتد فيها ضوء النهار. على أن هناك بعض الأزهار التي يلقحها نوع خاص من

الفراشات تكون ألوانها برتقالية أو حمراء. وفي هذه الحالة تستطيع هذه الفراشات أن تبصر اللون الأحمر من ألوان الطيف.

ويفرز الرحيق في أزهار الفراشات حول قاعدة أنبوبة طويلة من البتلات، وبذلك لا يستطيع أن يصل إليها إلا الفراشات ذات الألسنة الطويلة. ويتناسب طول اللسان مع طول الأنبوبة البتلية في كثيرر من الحالات. وتشبه الفراشات النحل من حيث إنها تميل لزيارة نوع واحد من الأزهار في الوقت الواحد. وتنتشر أزهار الفراشات انتشاراً كبيراً في المناطق الاستوائية والحارة، كما تكثر في المناطق المعتدلة فوق مرتفعات الجبال، ولكنها تنعدم في المناطق القطبية.

أما أنواع الذباب التي تتغذى على الأزهار فتنقسم إلى قسمين: طويل اللسان وقصير اللسان. أما طويل اللسان مثل السرقفيدس syrphids والبمبيلدس bombylids، فإنها غالباً ما تزور الأزهار التي يزورها النحل. فهي مهيأة من حيث تركيب الجسم والعادات والإحساس لكي تعيش على رحيق هذه الأزهار، وعلى ذلك فإن الأزهار التي تتلاءم بصورة خاصة مع الذباب هي تلك التي يزورها الذباب ذو اللسان القصير. وتقع هذه الحشرات في حوالي ثلاثين عائلة أو أكثر، وهي تكون مجموعة غير متجانسة من الحشرات. ويلاحظ أنه ليس لديها تخصص من حيث الأزهار التي تزورها. ويحصل كثير منها على غذائه من مصادر أخرى وبخاصة من الروث والمواد الدبالية وعصير النباتات والدم، ولا يجتذبها من الأزهار إلا تلك التي تكون لها روائح مشابهة لهذه المواد.

وهي تختلف عن الفراشات وعن الذباب ذي اللسان القصير من حيث أنها لا تنجذب إلى الأزهار أساسياً تحت تأثير الإبصار، وإنما تحت تأثير الرائحة. ولذلك فإن الأزهار التي تلقحها هذه الحشرات لا تكون زاهية الألوان، وإنما تكون شديدة الرائحة؛ فزهرة الرافليزيا (rafflesia) وهي من الأزهار الكبيرة وتوجد في الملايزيا لها رائحة تشبه رائحة اللحم النتن، وزهرة بلاك آرم (black arum) لها رائحة تشبه رائحة الفضلات الآدمية، وزهرة أسكوليوبس scoliopus bigelovii تشبه رائحتها رائحة زيت السمك. ومن هذه الأزهار ما تشبه رائحته رائحة التبغ المتعفن أو رائحة "السبلة" والمواد الذبابية.

ونستطيع أن نقول إن زيارة الذباب للأزهار لا تنطوي على مهارة أو ذكاء، فمن الأزهار ما يسخر الحشرات لهذه الغاية دون أن يقدم لها أجرها من الرحيق. وفي هذه الحالة تنجذب الحشرة إلى الزهرة ببعض الخطوط الملونة أو البقع أو الأجسام البراقة. بل إن بعض الأزهار مثل زهرة آرم (arum) لا تقتصر على تسخير الحشرة والامتناع عن دفع الأجر، وإنما تتجاوز ذلك فتسجن الذبابة داخل مصيدة زهرية مغموسة في حبوب اللقاح يوماً أو يومين. وما تكاد الحشرة الغبية تهرب من إحدى الأزهار حتى تذهب إلى مصيدة ثانية لكي تقوم خلال يوم أو يومين آخرين بتلقيح زهرة أخرى.

وقد علق عالم البيئة النباتية الأمريكية جون لوفل (john lovel) على الفارق الكبير بين استقبال الأزهار للنحل وللذباب؛ فقال إن النحل

لذكائه ومهارته يقدم له الرحيق وحبوب اللقاح ويعد له مكانا للهبوط وآخر للاستقبال وتتزين له الزهرة بالألوان الزاهية والروائح الزكية وتطرد ما قد يكون بداخلها من الحشرات الأخرى التي تنافس النحل على الرحيق. أما الذباب الغبي فتنصب له المصايد وتفتح له السجون وتستخدم معه أساليب الغش والخداع.

وتنتشر أزهار الذباب بكثرة في المناطق المتجمدة أو المناطق الجبلية المرتفعة التي تقل أو تنعدم فيها النباتات التي يتم تلقيحها بوساطة الحيوانات الأخرى كما أنها توجد في الغابات المظللة الموجودة في المناطق المعتدلة والاستوائية. وأزهار الخنافس (beetle flowers) تجتذب هي الأخرى الحشرات التي تقوم بتلقيحها منجذبة إليها بالرائحة أكثر منه بالمنظر. وليست هذه الحشرات مهيأة بصورة خاصة للحصول على الغذاء من أزهار معينة؛ فهي تحصل على غذائها من مصادر أخرى كعصارة النباتات ومن الثمار والأوراق والروث وغير ذلك، وهي تنجذب نحو الأزهار التي تشبه راحتها رائحة الفواكه أو التوابل. ويوجد نوعان من هذه الأزهار: أما أحدهما فأزهاره كبيرة غير متجمعة، ومن أمثلتها أزهار المانوليا (magnolia) وأبصال المستنقعات (pond lilies) أما النوع الآخر فأزهاره صغيرة متجمعة، ومن أمثلته أزهار عباد الشمس والآرم والكرفس.

ولا تقتصر الخنافس على الحصول على الرحيق والعصارة من الأزهار التي تزورها، بل تتغذى على البتلات والأسدية. ولكي تحمي هذه الأزهار بويضاتها من الفكوك الماضغة لهذه الحشرات، فإن المبيض يكون سفلياً في

كثير من هذه الأزهار تحبس فريستها في مصيدة حتى تتسلم ما تحمله الحشرة من حبوب اللقاح، وتحملها كمية كبيرة أخرى من حبوب لقاحها لكي تذهب به إلى زهرة أخرى، وبعض أزهار الخنافس ضحلة ومفتوحة ومستعدة لاستقبال أي زائر مما يجعلها محطاً لكثير من الحشرات الأخرى مثل البق والنحل. وتكثر أزهار الخنافس في المناطق الاستوائية وتقل كلما اتجهنا شمالاً نحو المناطق الباردة.

ويعتقد كثيرون أن الحشرات هي أكثر الحيوانات تلقيحاً للأزهار والواقع أن الطيور تعتبر في بعض المناطق الاستوائية أكثر أهمية من الحشرات من حيث تلقيح الأزهار، فالطيور ذات الهدير (hummingbird) وطيور الشمس (sunbirds) في إفريقيا وآسيا، وكثير من الطيور الأخرى تزور الأزهار بانتظام لكي تتغذى على رحيقها وما تجده فيها من الحشرات وحبوب اللقاح.

وتمتاز الطيور ببصرها الحاد، أما حاسة الشم فهي ضعيفة فيها؛ ولذلك فإن أزهار الطيور تعتمد اعتماداً رئيسياً على الألوان في اجتذاب الطيور؛ فمعظم هذه الأزهار ذوات حجم كبير وألوان واضحة ولكنها تكون في الغالب عديمة الرائحة. وحساسية عين الطائر للألوان تشبه حساسية عين الإنسان لها، فهي عظيمة نحو اللون الأحمر من ألوان الطيف، وضعيفة نسبياً نحو الأزرق والبنفسيجي؛ ولذلك فإننا نجد أن أكثر الألوان شيوعاً بين أزهار الطيور هي الأحمر والأصفر. ومن أمثلة هذه

الأزهار، أزهار العائلة البقلية والموز والأناناس وغيرها، وهي تكثر في المناطق الاستوائية والحارة.

وتمتص الطيور ذات الهدير رحيق الأزهار عادة في أثناء طيرانه، وتكون الأزهار التي تزورها هذه الطيور غالباً من النوع المتدلي. أما الأزهار التي تفضلها طيور الشمس، فتكون قائمة ولها إفريز تحط عليه هذه الطيور. وينقر الطير الزهرة بمنقاره الحاد محاولاً أن يصل إلى مكان الرحيق منها، مما يتسبب عنه في كثير من الأحوال تلف الأعضاء الزهرية التي بالداخل، ولذلك فإن أزهار الطيور تخفي مبايضها في العادة تحت التخت أو خلف غمد أو تجعله في طرف ساق خاصة.

وتكون البتلات في أزهار الطيور متحدة لكي تكون أنبوبة تشتمل على كميات كبيرة من الرحيق الرقيق، ويكون طول هذه الأنبوبة مناسباً لطول منقار الطير ودرجة تقوسه. أما الأسدية فتكون غالباً زاهية الألوان كثيرة العدد ومقلوبة نحو الخارج بحيث نلمس صدر الطائر أو رأسه عند زيارته للزهرة. وتلتصق حبوب اللقاح بجسم الطائر على صورة كتل لزجة أو خيوط بحيث تكفي زيارة الطائر للزهرة مرة واحدة لتلقيح مئات عديدة من بويضاتها. وتظهر أهمية الطيور كأحد العوامل المهمة للتلقيح فيما يشاهد في النبات المكسيكي المسمى نبات القرن (century – plant) الذي يتم تلقيحه بوساطة الطيور ذات الهدير، فإذا ما زرع هذا النبات في أوروبا حيث لا توجد هذه الطيور فإن أزهاره تبقى عقيمة برغم أن النحل يزورها بكثرة.

وأزهار الخفافيش يقوم بتلقيحها أنواع خاصة من الخفافيش الاستوائية لها فم أسطواني طويل ولسان ممتد وأسنان أمامية قصيرة، وقد تكون منعدمة أحياناً. وجميع هذه التحورات تمكن الخفافيش من الغذاء على هذه الأزهار. وتتغذى الخفافيش في أثناء الليل، هي تنجذب نحو الأزهار غالباً بحاسة الشم التي تكون قوية فيها إلى حد كبير. وهي تتسلق الأشجار بصعوبة ثم تقبض عليها بمخالبها وتستخرج منها الرحيق أو الحشرات الصغيرة بألسنتها، وقد تمضغ حبوب اللقاح أو البتلات الممتلئة. وأزهار الخفافيش التي تحملها الأشجار في المناطق الحارة كبيرة الحجم ويميل لونها غالباً إلى الأبيض المغبر وهي لا تتفتح إلا أثناء الليل. وتنجذب الخفافيش إليها برائحتها التي تشبه رائحة التخمر أو رائحة الفواكه، وهي تنبعث منها في أثناء الليل. ومن أمثلة الأشجار التي تحمل هذه الأزهار شجر السجق (sausage tree) وشجرة الشمعة (candle – tree) وغيرها.

أما الأزهار التي يتم تلقيحها بالرياح، فليست في حاجة إلى رحيق أو ألوان زاهية أو غير ذلك من المغريات. بل إن معظمها ليس فيه بتلات وتكون الأسدية والمياسم فيها معرضة تعرضاً تاماً لتيارات الهواء. ومن خواص هذه الأزهار أنها تنتج كميات كبيرة من حبوب اللقاح الخفيفة الملساء التي تستطيع الرياح أن تحملها وتنثرها إلى مسافات بعيدة. وقد أمكن جمع كثير من حبوب اللقاح التي تحملها الرياح بوساطة مصايد هوائية خاصة وضعت في وسط المحيط الأطلسي على بعد مئات الأميال من الأماكن التي تعيش عليها النباتات.

ولما كان اجتماع الأسدية والكرابل في الزهرة الواحدة لا يحقق نفعاً لهذه النباتات كما هي الحال مع الأزهار التي يتم تلقيحها بالحيوانات، فإن هذه الأزهار تكون في الغالب وحيدة الجنس، فهي إما أن تحمل الأسدية أو الكرابل. وتكون الأزهار محمولة على نبات واحد أو على نباتين مستقلين، والميسم في هذه الأزهار ذو شكل ريشي أو سجيري أو لحمي حتى يسهل التصاق حبوب اللقاح به. ولما كانت حبوب اللقاح في هذه الأزهار تحمل بوساطة الرياح، فإنها تصل إلى المياسم فرادى، وليست كتلاً أو مجموعات كما في النباتات التي تلقحها الحيوانات. ولذلك فإنه في كل مرة يتم فيها التلقيح تتلقح بويضة واحدة في كل زهرة. وقد تلاءمت معظم أزهار الرياح لهذا الوضع وصارت لا تنتج إلا ثماراً وحيدة البذرة، فثمرة البلوط وثمار النجيليات تحتوي كل منها على بذرة واحدة.

وتكثر الأزهار التي تلقحها الرياح في المناطق القطبية الشمالية والجنوبية حيث لا تستطيع معظم الحشرات أن تعيش. ومن أمثلة النباتات التي يتم تلقيحها بهذه الطريقة: البلوط والقمح والذرة وغيرها من النجيليات، وكثير من الأزهار تنتسب تبعاً لطريقة تلقيحها إلى أكثر من قسم من الأقسام السابقة؛ فأزهار الذرة مثلاً تلقح أساسياً بوساطة الرياح، ولكنها يزورها النحل أيضاً. وبعض الأزهار يلقحها النحل في الربيع، ثم يتوقف إنتاج الرحيق فيها فيتم تلقيحها في نهاية الموسم بوساطة الرياح.. وغاية القول في هذه التقسيمات أنها ليست فاصلة أو جامدة. وقد تطورت طرق التلقيح في أثناء التاريخ الجيولوجي. ولا شك أن هذه

التطورات بالإضافة إلى ما بين الأزهار وعوامل تلقيحها من ملاءمة رائعة تثبت أن عوامل التلقيح قد لعبت دوراً مهمًا في تطور الأزهار.

وتدل الحفريات على أن الأزهار قد نشأت خلال منتصف الحقب الميزوزوي منذ نحو ١٥٠ مليون سنة. ويحتمل أن تكون الأزهار قد نشأت لأول مرة كالثدييات والطيور في عصر النباتات الصنوبرية والسيكاديات (cycads) والديناسور والخنافس. ولا بد أن كثيراً من النباتات البذرية التي ظهرت في هذه الحقبة، كان يتم تلقيحها بوساطة الرياح؛ فقد كان لأزهارها تركيب مشابه لتركيب الأزهار التي تلقحها الرياح في الوقت الحاضر، فهي منفصلة الجنسين ولها حبوب لقاح مجنحة وبويضاتها توجد على أكواز (cones) أو على الأوراق. وكانت هذه الأزهار تفرز قطرات من السائل لا بد أنه كانت تتغذى عليها الخنافس حتى اعتادتها وعاودتها بين آن وآخر. ولا بد أن يكون قد تم في أثناء ذلك – عن طريق المصادفة – انتقال حبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى. وربما تكون هذه الطريقة الجديدة لتلقيح الأزهار قد لقيت نجاحاً أكبر مما لقيه التلقيح بالهواء، مما أدى إلى ظهور التلقيح الحشري نتيجة لزيادة ملاءمة الأزهار للخنافس عن طريق الاختيار الطبيعي. ويتطلب ذلك أن توضع بويضات الأزهار خلف حاجز لحمايتها من عدوان الخنافس. ومن الطرق التي تتحقق بها هذه الغاية انثناء الورقة التي تحمل البويضة والتفافها حولها مكونة كربلة مجوفة مغلقة. ويتطلب ذلك انتقال وظيفة اقتناص حبوب اللقاح من البويضة إلى ميسم يقوم على خدمة جميع البويضات التي بالكربلة.

ومن الممكن أن تنجذب الخنافس نحو الميسم بإفراز خاص من الرحيق الذي يقوم مقام قطرات السائل التي كانت تفرزها البويضات من قبل. وفي هذه الحالة لن يقتصر عدد البذور التي يتم تكوينها بعد زيارة الحشرة للزهرة على بذرة واحدة كما كانت الحال في التلقيح الهوائي، بل سيزداد إلى عشر أو عشرين. وعلى ذلك فإن الانتقال من التلقيح الهوائي إلى الحشري لا بد أن يكون قد أدى إلى زيادة الخصوبة في النبات، ولا شك أن فرص وصول حبوب اللقاح إلى المياسم بوساطة الخنافس تتضاعف إذا كانت الأسدية قريبة من الكربلات، وحبذا اجتماع الأسدية والمياسم في مكان واحد وأن تكون الأسدية كثيرة العدد حتى إذا اعتدت الحشرات على بعضها بقى البعض الآخر لكي يؤدي الرسالة.

وبمضى الزمن ربما تكون الأسدية الخارجية قد صارت عقيمة وملونة وتحورت آخر الأمر إلى بتلات زاهية الألوان، وعندئذ تكون الزهرة بمعناها الحديث قد نشأت. إن ذلك هو الطريق الذي يحتمل أن تكون الأزهار قد سلكته في أثناء تطورها. وأولى الأزهار التي وصل إليها علمنا حتى الآن هي تلك التي كانت تلقحها الخنافس. ويحتمل أن يكون تلقيح الخنافس قد مهد الطريق لظهور الأزهار القديمة التي يحتمل أن تكون جميع الأزهار الحديثة بما فيها من بتلات منفصلة ورحيق قد تسلسلت منها. وعندما ظهر على الأرض النحل والفراشات والحشرات الأخرى في بداية الحقبة الرابعة منذ نحو ٧٠ مليون سنة زاد تطور الأزهار.

أنبوبة تويجية بها قدر من الرحيق المحفوظ في قاعدتها، وتندمج كرابل هذه الأزهار مكونة مبيضاً مركباً ذا مبسم مركزي واحد، وربما تكون أنبوبة التويج قد حجزت الخنافس والذباب الصغير وحالت دون وصولها إلى الرحيق فجعلته بذلك مقصوراً على بعض الحشرات كالنحل والفراشات والذباب ذي اللسان الطويل، وجميعها من الحشرات التي تطير بانتظام من زهرة إلى أخرى من نفس النوع، ولقد كانت هذه خطوة نحو الأمام في تصميم الزهرة إذا أنها تمثل مرحلة انتقال من التلقيح الفوضوي الذي يمكن أن يحدث بمجموعة من الحشرات غير المتخصصة إلى مرحلة التخصص في التلقيح حيث تتم العملية بوساطة حيوانات متخصصة وثابتة بالنسبة للزهرة الواحدة.

القسم السابع

تطبيقات علم الوراثة

١- نبات القمح.

٢- نبات الذرة الغامض.

٣- الذرة الهجين.

نبات القمح

بول مانجلزدورف

Paul c . mangelsdrof

القمح هو أكثر النباتات المزروعة انتشاراً، ويفوق القمح المزروع على سطح الأرض في كثرته أي نوع نباتي آخر من النباتات التي تنتج البذور، سواء أكانت برية أم مزروعة. وفي كل شهر من أشهر السنة ينضج أحد محصولات القمح في مكان واحد ما من العالم. والقمح هو أهم المحصولات في الولايات المتحدة وفي كندا، كما أنه يزرع على مساحات ممتدة في جميع أقاليم أمريكا اللاتينية وأوروبا وآسيا.

ويظهر أن هذا المحصول كان من أول النباتات التي زرعها الإنسان؛ فقد وجد روبرت بريبدوود (Robert – braidwood) من جامعة شيكاغو حديثاً بعض البذور المتفحمة من القمح في مكان شرقي العراق. وهو يرجعها إلى ٦٧٠٠ سنة، وقد وجدها في مدينة جارمو (jarmo) وهي مدينة قديمة بل لعلها من أقدم المدن التي مارس فيها الإنسان الزراعة لأول مرة. ولقد تفضل دكتور بريدوود وأتاح لي الفرصة لدراسة بعض هذه البذور القديمة ومقارنتها بالبذور الحديثة التي فحمت هي الأخرى لكي

تصير مشابهة للعينات القديمة. ولقد كان وجه الشبه بين الحبوب القديمة والحديثة كبيراً، فقد كان هناك نوعان من الحبوب التي وجدت في جارمو اتضح أن أحدهما يشبه إلى حد كبير أحد أنواع القمح البرية التي لا تزال تنمو في الشرق الأدنى، أما النوع الآخر فإنه يشبه تمام الشبه أحد أنواع القمح التي تزرع حالياً ويطلق عليه آين كورن korn ومن الواضح أنه لم يطرأ على هذين النوعين تغير يذكر خلال الـ ٧٠٠٠ السنة التي انقضت منذ عهد جارمو.

وعندما استأنس الإنسان القمح فإنه وضع في الواقع أساس المدنية الغربية، فليس هناك مدينة تستحق أن يطلق عليها هذا الاسم، قامت على أساس زراعي غير زراعة الغلال، فالمدنيات القديمة في بابل ومصر وروما واليونان، وبعد ذلك في شمال وغرب أوروبا كانت كلها قائمة على زراعة القمح والشعير والشوفان. أما مدنيات الهند والصين واليابان، فقد اعتمدت على زراعة الأرز. وكان الناس في أمريكا قبل اكتشافها يعتمدون على الذرة في صناعة الخبز.

فما هي الأسباب التي تدعو لوجود هذه العلاقة المتينة بين الغلال والمدنية؟ قد تكون المسألة أساساً متعلقة بالغذاء، فحبوب الغلال تتكون من ثمرة تشبه البندقة لها غلاف رقيق يحيط بالبذرة، وهي لا تحتوي على الجنين فحسب بل على ما يحتاج إليه هذا الجنين أيضاً من المواد الغذائية، فحبوب الغلال تشبه البيض واللبن من حيث إنها مواد غذائية ادخرتها

الطبيعة لتغذية الجنين، وهي تشتمل على كثير من المواد الكربوهيدراتية والبروتينية والدهن والأملاح والفيتامينات..

ويعتبر ما فيها من المواد الغذائية قريباً من الوجبة الغذائية الكاملة أو المتزنة ما لم تتلفه الوسائل الحديثة لطحن الحبوب ونخلها. وقد اكتشف الإنسان هذه الحقيقة منذ زمن بعيد، وتعلم كيف يستفيد منها؛ فهنود جواتيمالا يعيشون على نظام غذائي يكون الذرة منه ٨٥% وفي الهند يعيش الناس أحياناً على الأرز وحده دون سواه. وقد لا تتفق هذه الأغذية مع نظام التغذية الحديث، ولكنها مع ذلك أفضل من الواجبات التي تعتمد اعتماداً كبيراً على محصولات الجذور النشوية مثل البطاطا والبطاطس، أو على البقول البروتينية مثل الفول والبازلاء والعدس.

ولعل العلاقة بين الغلال والمدنية ناتجة عما تفرضه زراعة الغلال على الزراع من تأديب ونظام؛ فالغلال لا تزرع إلا من الحبوب، ولا بد أن تبذر وتحصد في مواقيتها الدقيقة. وهي تختلف في ذلك عن المحصولات الجذرية التي يمكن أن تزرع وتحصد في الأجواء المعتدلة في أي وقت من السنة تقريباً. وزراعة المحصولات الجذرية يمكن أن يمارسها أقوام شبه رجل لا يزورون زراعتهم إلا في أوقات متباعدة، أما زراعة الغلال فإنها تتطلب استقراراً في الحياة. وهي بالإضافة إلى ذلك تضطر الناس إلى ملاحظة المواسم الزراعية وحركة الشمس والقمر والمد والنجوم ملاحظة دقيقة.

وفي العالم القديم والحديث، ظهر علم الفلك على أيدي المهتمين بزراعة الحبوب، وظهر معه التقويم الزمني ووضعت معه مبادئ الحساب. وقد أدت زراعة الغلال بما تدره من كمية ثابتة من الغذاء إلى خلق وقت الفراغ، وهذا بدوره أعطى الفرصة لرعاية الفنون والحرف والعلوم. وقد قيل من قبل إن زراعة الغلال وحدها دون سائر وسائل إنتاج الطعام، هي التي تدفع الناس نحو العمل واستخدام الذكاء وتعوضهم عن ذلك وتفرض عليهم ضرائب ويتم كل ذلك بأقدار متساوية.

ويعتبر القمح في الوقت الحاضر أفضل الغلال إطلاقاً في عمل الخبز، ويكاد سكون استخدامه مقصوراً على ذلك. ولكن لا يحتمل أن تكون صناعة الخبز – وهي صناعة معقدة وتحتاج إلى فن ومهارة – قد ظهرت فجأة بصورتها الكاملة في نفس الوقت الذي اهتدى فيه الإنسان إلى زراعة القمح وربما يكون الإنسان قد بدأ هذه الصناعة بتجفيف القمح أو تحميصه ليجعله مستساغاً، فالأنواع البدائية من القمح تشبه غيرها من الغلال من حيث أنها كانت مغلفة في قشور. والحرارة تجعل هذه القشور سهلة النوع وتجعل الحبة ذاتها سهلة المضغ أو الطحن. ولا يزال شي الحبوب غير الناضجة وتحميصها شائعاً في كثير من أنحاء الشرق الأدنى. وفي أسكتلندا كانت حبوب الشعير حتى قريب تزال قشورها بوضع السنابل في النار حتى تحترق القشور. ولا يزال بعض الهنود يجهزون الأرز منخفضة حتى تنفصل عنها القشور.

وبعض الغلال الصلبة إذا رشت بالماء ثم سخنت، فإنها تخرج من قشورها. وفي أمريكا كان أول استخدام للذرة هو دون شك أكله في صورة "فشار". وأول أنواع الذرة التي عرفت كان لها حبوب بلورية صغيرة، وقد وجدت بقايا حفرية من الذرة "المفشر" في أماكن قديمة في كل من شمال وجنوب أمريكا. وفي الهند "تفشر" بعض أنواع الأرز بتقليب الحبوب على رمل حار. وفي كثير من قرى الهند يوجد أشخاص يحترفون أداء هذه الخدمة للناس نظير أخذ نصيب من المحصول أجراً على هذا العمل، وتدل الدلائل النبانية والحفرية على أن القمح قد استخدام لأول مرة في صورة غلال مشوية، فمساكن مدينة جارمو القديمة قد وجد بها أفران تدل على أن الناس قد توصلوا إلى السيطرة على النار واستخدامها في تحقيق أغراضهم. وجميع الحبوب القديمة التي وجدت بها والتي يرجع تاريخها إلى ما قبل التاريخ كانت متفحمة، كما لو كانت قد شويت بالنار أكثر مما ينبغي.

وليس هذا في ذاته دليلاً على أن الناس كانوا يشوون الحبوب لأن الحبوب المتفحمة وحدها هي التي يمكن أن تبقى فترة غير محدود من الزمان، ولكنه يتفق مع الأدلة الأخرى. وأخيراً فإن أقدم أنواع القمح لم تكن من الأنواع التي يمكن فصل القشرة عن الحبوب بدراسها، ولا شك أن أبسط طريقة لنزع القشور عن الحبوب وجعلها صالحة للأكل هو شيها.

ويحتمل أن تكون الخطوة التالية في تقدم هذه الصناعة هو طحن الحبوب المشوية ونقع الناتج في الماء لعمل نوع من "الدشيشة"، ولا بد أن هذا الطعام كان بالنسبة لمن ليس لهم أسنان من الصغار والكبار اختراعاً

حيوياً مهمًا. و"الدشيشة" معروفة كنوع أولى من الطعام. وكانت "الدشيشة" التي تجهز من الشعير طعاماً أساسياً لدى عامة الشعب في بلاد اليونان القديمة. وكان الهنود الحمر يجهزون نوعاً من "الدشيشة" التي تجهز من الشعير طعاماً أساسياً لدى عامة الشعب في بلاد اليونان القديمة. وكان الهنود الحمر يجهزون نوعاً من "الدشيشة" من حبوب الذرة.

وإذا تركت "الدشيشة" بضعة أيام في مكان دافئ فإنها تقع تحت تأثير بعض الأنواع البرية من الخميرة التي تؤدي إلى تخمر كميات السكر القليلة التي بها، وتكون في النهاية أحد أنواع المشروبات الكحولية الخفيفة ولا شك أن ذلك قد مهد السبيل لمعرفة الخبز المتخمر، ولا نستطيع أن نعرف أي الصناعتين سبقت الأخرى هي صناعة الخبز أم صناعة الخبز أم صناعة المشروب الكحولي؟ ويعتقد بعض الدراسين أن الصناعة الكحولية أقدم حتى في الزراعة ذاتها، ولكن ليس هناك أدلة تاريخية أو جيولوجية لتدعيم هذا الرأي. بل على نقيض ذلك نرى أن قدماء المصريين كانوا يصفون عمل البيرة من الحبوب بخبزها أولاً خبزاً غير كامل، ثم استخدامها بعد ذلك في عمل البيرة، ولا شك أن تحضير المشروبات الكحولية وعمل الخبز قد ظهرا سوياً فكلاهما يعتمد على عملية التخمر بوساطة الخميرة.

أما صناعة الخبز الحديثة، فقد تأخرت حتى ظهرت أنواع جديدة من القمح؛ فهي تعتبر نتيجة لتطور أنواع القمح بقدر ما تعتبر دليلاً على ذكاء الإنسان ومهارته. ويختلف القمح عن معظم النباتات المزروعة الأخرى من حيث تعدد أنواعه. حقيقة أن الغلال الرئيسية الأخرى مثل الأرز والذرة

تتنوع هي الأخرى إلى آلاف الأنواع، ولكنها تتدرج في صفاتها بحيث يعتبر كل منها نوعاً نباتياً واحداً، أما القمح فيقسم إلى أنواع يختلف بعضها عن البعض الآخر في وجوده كثيرة وهو لذلك يقسم إلى أنواع منفصلة تقع كلها تحت الجنس القديم الذي يسمى تريتيكم (triticum)، وقد حظيت أنواع القمح المستأنسة بنصيب من الدراسة العميقة لم يحظ به أي قسم آخر من النباتات المرزوعة أو البرية.

وقد أدت هذه الدراسات التي أجريت على مستوى عالمي إلى توضيح الطريقة التي تطور بها القمح تحت الظروف الزراعية. ويختلف المختصون حول عدد الأنواع المنفصلة من القمح. ونحن نتبع في هذه المقالة تقييم العالم الروسي نيكولاي فافيلوف (nikolai varilov) الذي درس هو وزملاؤه أكثر من ٣١٠٠٠ عينة من القمح من جميع أنحاء العالم.

وقد استطاع فافيلوف أن يتعرف على ١٤ نوعاً، وقد ميز غيره من العلماء عدداً أقل أو أكثر من ذلك. ويتفق الإخصائيون مع ذلك على أن أنواع القمح مهما كان عددها تنقسم إلى ثلاثة أقسام تبعاً لعدد أن أنواع القمح مهما كان عددها تنقسم إلى ثلاثة أقسام تبعاً لعدد الكروموسومات في خلاياها. وعدد الكروموسومات في الأنواع الثلاثة هي على التوالي ٧، ١٤ ، ٢١. وقد اكتشفها ساكومورا (sakmura) في اليابان سنة ١٩١٨، كما اكتشفها بعد ذلك بقليل في الولايات المتحدة كارل ساكس (karl

sax)، وكان يعمل مستقلاً. ويتوقف على عدد الكروموسومات اختلافات الأنواع في الصفات التي تتعلق بالطحن والخبز.

ومن الطريف أن أحد العلماء الألمان (august schulz) قد رتب أنواع القمح وقسمها إلى هذه الأقسام الثلاثة في سنة ١٩١٣ قبل أن يعرف عدد كروموسوماتها، والأنواع التي تحتوي على ١٤ أو ٢١ كروموسوماً قد نشأت جميعاً من القمح الذي يشتمل على ٧ كروموسومات، أو من النجيليات القريبة منه. وقد تطورت هذه الأنواع بالتهجين الذي صحبه ازدواج في عدد الكروموسومات، وهذه هي الطريقة الوحيدة التي تؤدي إلى إنتاج السلالات النقية الجديدة في يوم وليلة.

ولما كانت الأنواع البرية المختلفة من النجيليات قد اشتركت في تطور القمح، فإن الأنواع لا تختلف عن بعضها البعض في عدد الكروموسومات فحسب، بل في طبيعة الكروموسومات كذلك. والعلاقات بين المجموعات المختلفة من الكروموسومات تحدد بدراسة درجة الازدواج بينها في الخلايا التناسلية للأنواع الجديدة الناتجة عن عملية التهجين. فإذا كان الازدواج كاملاً أو قريباً من ذلك، فإن الكروموسومات المتشابهة (genoms) التي في الأبوين تعتبر متكافئة أو شديدة القرابة. أما إذا لم يكن هناك ازدواج، فإن الجينومات الموجودة بالأبوين تعتبر متميزة عن بعضها. وقد أمكن تمييز أربعة أنواع مختلفة من الجينومات يشتمل كل منها على سبعة كروموسومات، ويرمز لها برمز ا ب د ج، وذلك في الأنواع البرية والمزروعة من القمح.

ومن الفروق المهمة بين أنواع القمح سنابلها؛ فالغلال البدائية وكثير من النجيليات البرية يكون في سنابلها عرق وسطي هش قابل للكسر، فهو ينكسر عند نضجه ويساعد بذلك انتثار الحبوب. وإذا درست هذه الغلال فإن سنابلها تنفصل إلى سنيبلات صغيرة تبقى الحبوب بها داخل قشورها. وعند استئناس القمح ضاعت هذه الصفة التي كانت تعتبر من الصفات الأساسية لتكاثر القمح وحده بل في جميع الغلال، تكون العروق الوسطى للسنابل فيها قوية مما يجعل السنابل قوية لا تنكسر بسهولة عند نضجها وفي الغلال لا يتم فصل الحبوب عن القشور إلا بعملية الدراس. والحبوب التي تنفصل بسهولة عن قشورها تعتبر أكثر فائدة للإنسان وبخاصة للطحن والخبز من الأنواع التي تلتصق فيها القشرة بالحبة التصاقاً شديداً. وفي أنواع القمح المزروعة تغلبت الأنواع التي تتعرى بذورها بسهولة على الأنواع البدائية الأخرى.

ويعتبر القمح الذي يوجد بخلاياه سبعة كروموسومات أقدم الأنواع، وهو يتكون من نوعين يسميان وحيد الحبة البري ووحيد الحبة (wild einkorn and einkorn) وقد وجدت بذور متفحمة من كلا النوعين في جارمو ولكننا لا نعرف ما إذا كان هذان النوعان هما الوحيدين اللذين ظهرا في هذه المدينة القديمة. ولكلا هذين النوعين من القمح سيقان هشة وقشور شديدة الالتصاق بالحبوب، وتحتوي كل سنيبلة من سنيبلاتها على حبة واحدة ومن ذلك اشتق اسم القمح. ولكل من النوعين نفس العدد والفصيلة من الكروموسومات، وهما يتزاوجان بسهولة فيما بينهما ويعطيان نسلاً خصيباً غاية الخصوبة. والنوع المزروع من رصيد الحبة له حبوب أكبر

بقليل من حبوب النوع البري، كما أن سيقانه أشد صلابة من سيقان النوع البري، ولا تنفصل سنابله بسهولة عند نضجه.

وفيما عدا هذه الفوارق البسيطة فإن النوعين متقاربان إلى حد كبير، ولا شك أن النوع المزروع تعبر نظيراً للنوع البري، ومن الواضح أن التغيرات التي طرأت عليه على ممر السنين كانت تغيرات بسيطة.

ويظهر القمح وحيد الحبة البري في أرمينيا وجورجيا بالاتحاد السوفيتي وفي تركيا، كما يظهر في شرق بلاد القوقاز وغرب إيران، كما يظهر في غرب آسيا الصغرى في صورة عشب ينمو على سفوح التلال المنخفضة في بلاد اليونان وبلغاريا وجنوب يوغوسلافيا. أما النوع الذي يزرع فقد نشأ تبعاً لرأي فافيلوف على جبال الشمال الشرقي من تركيا والجنوب الغربي من القوقاز، وإذا كانت جارمو هي المنطقة التي ظهرت فيها الزراعة لأول مرة، فمن المحتمل أن يكون استئناس هذا النوع من القمح قد حدث لأول مرة في شرق العراق. والواقع أن هذا النوع يعتبر من الغلال القديمة، فقد وجدت بعض الحبوب المتفحمة منه في رواسب العصر النيوليثي (Neolithic deposits) وفي أماكن أخرى في وسط وشمال شرق أوروبا، كما وجدت بعض حفرياته في التكوينات النيوليثية في بريطانيا وأيرلندا. ولم يعثر على حفريات له تدل على ظهوره فيما قبل التاريخ في الهند أو الصين أو إفريقيا.

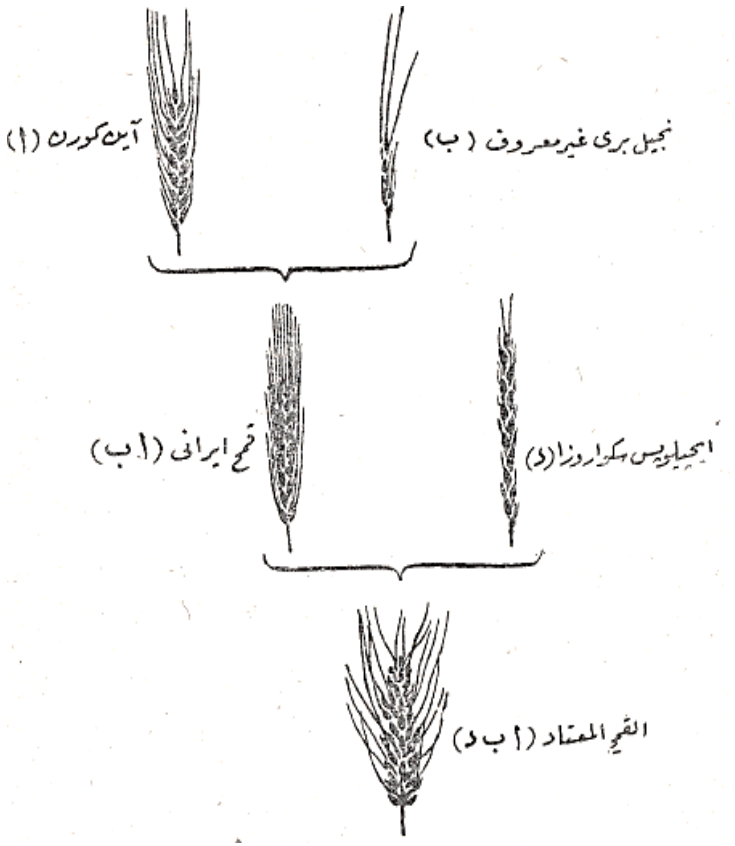
ولا يزال القمح وحيد الحبة يزرع في بعض أجزاء أوروبا والشرق الأوسط وبخاصة في مناطق التلال التي تكسوها طبقة رقيقة من التربة، وإنتاجه قليل لا يزيد عن أردبين للفدان ويمكن أن يصنع منه نوع من الخبز يكون لونه أسمر قاتماً ولكن نكهته جيدة إذا نزعت عنه قشوره. ولكنه يستعمل دون نزع قشوره في كثير من الأحيان لتغذية الماشية والخيل. وترجع أهمية هذا النبات لا إلى استعمالاته في الوقت الحاضر، وإنما إلى تاريخه، فهو أصل جميع الأنواع المزروعة من القمح باستثناء النوع الذي يسمى إمر (emmer) وجميع الأنواع التي نشأت في أنها جميعاً بها سبعة كروموسومات تسمى مجموعتها جينوم أ (genom a)

وفي المرحلة الثانية من التطور تأتي الأنواع ذات الأربعة عشر كروموسوما، وهي التي يميز فافيلوف سبعة من أنواعها. وقد نشأت جميعاً عن طريق التهجين وازدواج عدد الكروموسومات في قمح سباعي مع أحد النجيليات البرية الأخرى التي يوجد بها سبعة كروموسومات أيضاً. ولا شك أن نوع القمح الذي دخل في كل هذه الحالات هو وحيد الحبة، ومن المحتمل أن يكون أحد أقربائه البرية قد اشترك في إحدى هذه الحالات فهي جميعاً تشتمل على نفس المجموعة من الكروموسومات وهي جينوم أ، ولكن هذا الأب النجيلي البري لا يزال أمره حتى اليوم مجهولاً وهو الحلقة المفقودة في نشأة الأنواع المزروعة من القمح. وقد منح هذا الأب جينوم ب لجميع أنواع القمح التي تنتسب إلى هذا الفريق ما عدا واحداً (انظر الشكل المبين على صفحة ٢٧٤) ويعتقد كل من إدجار ما كفادن، إرنست سيرز أن جينوم أ ب ربما يكون قد اشتق من أحد أنواع

الأجروبايرون (agropyrom) وهو أحد أجناس الأعشاب النجيلية. ولا يوجد من أنواع القمح ذات الـ ١٤ كروموسوماً إلا نوع واحد يعيش معيشة برية. وهذا النوع الذي يسمى الإمر البري (wild emmer) يوجد في جنوب أرمينيا وشمال تركيا وغرب إيران وسوريا وجنوب فلسطين، ويشبه الإمر البري وربما يكون قد اشتق منه مباشرة بعملية الاستئناس نوع آخر من الإمر المزروع، وهو أقدم أنواع القمح ذات الـ ١٤ كروموسوماً التي يزرعها الإنسان، وكان في وقت من الأوقات أكثر الأنواع انتشاراً.

ومن المحتمل أن يكون هذا الإمر قد نتج عن عملية التهجين بين وحيد الحبة وأحد أقاربه البرية ذات السبعة كروموسومات. ويلاحظ أن بعض الأنواع التي تنتج عن تزاوج الإمر البري مع الإمر المزروع تكون أحياناً عقيمة عقماً جزئيا، مما يدل على أن النوعين ليسا متكافئين كل التكافؤ، وقد يكون أحدهما نتيجة لعملية تهجين قديمة والآخر لعملية تهجين أحدث منها. وليس هناك شك على الأقل في أن الإمر نبات قديم جداً؛ فقد وجدت بعض سنيبلات القمح التي حفظت حفظاً جيداً في مقابر قدماء المصريين الذين عاشوا في الأسرة الخامسة، ولا تكاد تختلف هذه السنيبلات عن أنواع الإمر الحديثة. وربما كان الإمر هو الغلة الرئيسية في الشرق الأدني منذ أقدم العصور حتى عصر اليونان والرومان. وقبل اكتشاف الحبوب التي وجدت بمدينة جارمو بالعراق كان هو النوع الوحيد من القمح القديم الذي وجد بمدينة جارومو بالعراق، أي من المواطن القديمة في هذا المنطقة كما أن بعض بقاياه وآثاره وجدت بكثرة في التكوينات النيوليثيتية في القارة الأوروبية وبريطانيا وأيرلندا.

وللإمر كما لقمح الآينكورن ساق وقشرة ملتصقة، ويمكن أن يصنع منه خبز جيد وفطائر طيبة، ولكن معظمه يقدم كطعام للحيوانات وبعض أنواعه لديها مقاومة لصدأ الساق والأوراق الذي يعتبر أشهر أمراض القمح، وقد استفيد من هذه الأنواع في تربية الأنواع الجديدة، وأنواع القمح ذات الـ ١٤ كروموسوماً كانت أسبق الأنواع إلى إنتاج الأنواع ذات الساق الصلبة والحبوب التي تنفصل عنها القشرة بسهولة. ويوجد من هذه أربعة أنواع وهي: الديورم (durum) والبرسيكم أو الفارسي (parsian) والترجيدم (rivet) والبولندي (polish) وهي جميعاً أحدث من وحيد الحبة والإمر، وأقدمها وهو الديورم ظهر لأول مرة في الفترة الإغريقية الرومانية حوالي القرن الأول قبل الميلاد. ومن أحدث الأنواع: القمح البولندي الذي يمتاز عن غيره بسنابله الكبيرة وحبوبه الصلبة الطويلة، وهو لم يظهر إلا في القرن السابع عشر، وليس من بين هذه الأنواع جميعاً ما له قيمة اقتصادية في الوقت الحاضر فيما عدا الديورم.



أسلاف نبات القمح المعتاد – إلى مبلغ علمنا به – كما توضحها شجرة العائلة المرسومة هنا ، الآين كورن المستأنس المنتحب من الآين كورن البرى ذى السبعة كروموسوماتبمجموعة صفاته أ ، ثم تلقيحه مع أحد النيجيليات البرية ذات السبعة كروموسومات والتى تحمل مجموعة الصفات ب، لكى تكون القمح الإيراني الذى به ١٤ كروموسوما حاملة الصفات أ، ب ، يتهجين القمح الإيراني مع نجيل برى ١ نخر ذي سبعة الكروموسومات ويحمل مجموعة الصفات د، أعطى نوعا من القمح المعتاد به ٢١ كروموسوما ويحمل مجموعة الصفات أ ب د

وقمح الديورم يعتبر أفضل الأنواع في صناعة "المكرونة" والفطائر، وهو يزرع بكثرة في إيطاليا وإسبانيا وبعض أجزاء الولايات المتحدة، وقمح الريفيت على جانب من الطرافة لأنه أطول أنواع القمح، إذ يتراوح طولة من ٦ إلى ٨ أقدام وإذا زرع تحت ظروف مناسبة فإنه يكون من أفضل الأنواع إنتاجاً، ولكن حبوبه مع ذلك تنتج دقيقاً ضعيف العرق لا يصلح لعمل الخبز إلا إذا خلط مع أحد الأنواع القوية. ومن أنواع الريفيت نوع يسمى المعجزة وله رؤوس كبيرة متفرعة، وقد استغل كأحد أنواع القمح القيمة أو النادرة التي قيل عنها إنها توالدت من حبوب ترجع إلى ما قبل التاريخ وتم اكتشافها في مقابر قدماء المصريين داخل لفائف المومياء، والقصة بجميع تفاصيلها مختلفة، فحبوب القمح كغيرها من حبوب النباتات الأخرى إنما هي بذور حية لا يمكن أن تبقى حية مدة تزيد عن عشر سنوات، وليس هناك دليل على أن هذه البذور قد عرفت في مصر القديمة مطلقاً.

ومن الأنواع الأخرى ذات الـ ١٤ كروموسوماً نوع يسمى تيموفيفي (timopheevi)، وليس له اسم دارج، وقد اكتشف هذا النوع في القرن الحالي على أيدي أحد النباتيين الروس، وهو لا يعرف إلا في غرب جورجيا حيث يزرع على بضعة آلاف قليلة من الأفدنة، ولهذا النوع أهمية نباتية، إذ أن المجموعة الثانية من كروموسوماته والتي تسمى جينوم ج تختلف عن نظيراتها في أي نوع من أنواع القمح ذي الـ ١٤ كروموسوماً. ولهذا النوع قيمة عملية بسبب مقاومته لجميع الأمراض التي تصيب المحصولات الأخرى من القمح مثل الصدأ. ومن الممكن أن يصير في أيدي المهرة

القائمين على تربية النباتات مصدراً لإنتاج أنواع ممتازة من القمح في القرن المقبل.

وأنواع القمح ذات الـ ٢١ كروموسوماً، والتي توجد منها خمسة أنواع تعتبر أحدث الأنواع وأكثرها فائدة في الوقت الحاضر، ولكها تزرع وليس من بينها نوع عرف بأنه ينمو برياً، وهي جميعاً ناتجة عن تهجين الأنواع التي يكون عدد الكروموسومات فيها ١٤ والتي يوجد بها جينوم أ وجينوم ب، مع نوع بري يحتوي على سبعة كروموسومات ويعتبر من أقرباء القمح، وقد يكون من أنواع النجيليات التابعة للجنس أجيلوبس (aegilops) التي تحتوي على جينوم د. ويعتقد أن جميع هذه الأنواع قد نشأت من عمليات تهجين قام بها الإنسان عند اشتغاله بالزراعة ونشره لفنونها والقيام بعمل تهجين بين أنواع القمح التي يزرعها والأنواع النجيلية الأخرى التي توجد في البيئة المحلية.

ويوجد من القمح ذي الـ ٢١ كروموسوماً نوعان هما: سبلتا (spelta)، وماشا (macha). وهما يشبهان الآينكورن والإمر من حيث التصاق القشرة بالحبة وصعوبة فصلهما باالدراس. ونوع الماشا لا يوجد إلا في غرب جورجيا حيث لا يزرع إلا على بضعة آلاف من الفدادين، أما قمح سبلتا فقد كان في يوم من الأيام أهم أنواع القمح بوسط أوروبا، ولم توجد منه بقايا أو آثار تدل على زراعته في الشرق الأدنى أو أي جزء من آسيا.

وليس هناك شك في أن هذا النوع قد نشأ عن طريق التهجين، فقد أمكن الحصول عليه حاليا على يدي ماكفادن وسيرز، كما توصل إليه مستقبلاً في اليابان. وقد استنتج الباحثون في كلتا الحالتين السابقتين أن الخواص النباتية التي تتوافر في الأب المجهول ذي السبعة كروموسومات لنبات السبلتا هي ذاتها التي تتوافر في الإيجيلوبس سكلواروزا (aegilops squarrosa) وهو نوع من النجيليات ليس له فائدة بالمرة، وهو ينمو كعشب في حقول القمح من البلقان إلى أفغانستان، وقد قام الباحثون بتهجين هذا النبات النجيلي البري مع الإمر البري. أما ما كفادن وسيرز فقد توصلا إلى مضاعفة عدد الكروموسومات بطريقة كيماوية، أما كيهارا فقد كان أسعد حظاً إذ اكتشف بعض النباتات الطبيعية من هذا النوع حيث كان عدد الكروموسومات قد تضاعف طبيعياً.

وقد لوحظ أن القمح الناتج من عملية التهجين كان خصيباً إلى درجة كبيرة، وأنه يشبه في خواصه قمح سبلتا المزروع، وكخطوة نهائية في بحث عبقري وتفكير استدلالي رائع قام ماكفادن وسيرز بإجراء عملية تزاوج خلطي بين النوع الجديد الذي حصل عليه وقمح سبلتا فحصل على أنواع جديدة بالغة الخصوبة أيضاً. ولا تدع هذه النتائج مجالاً للشك في أن النبات النجيلي البري الذي استخدم في هذه التجربة هو أحد آباء قمح سبلتا المزروع. وهم يرجحون كذلك أن الأنواع الأربعة قريبة منه.

وتوحي هذه التجارب بأن قمح سبلتا المزروع نشأ في المنطقة التي وجد بها كل من النجيل البري والإمر البري، ولكن هذا النوع البدائي

المغلف من قمح السبلتا لم يعثر عليه أحد في هذه المنطقة، وهناك احتمال آخر وهو أن يكون النجيل البري قد تزاوج، لا مع الإمر البري، ولكن مع النوع المزروع الذي كان أكثر انتشاراً. ويرجح فافيلوف أن قمح سبلتا المغلف نشأ في جنوب ألمانيا. وترى إليوابيث شيمان وهي من المختصات في دراسة الغلال أنه نشأ في سويسرا وجنوب غرب ألمانيا. وليس أي من هذين المركزين بعيداً عن الحدود الشمالية الشرقية للمنطقة التي ظهر فيها قمح إمر المزروع والنبات النجيلي البري سوياً. وعلى ذلك فإن الدلائل النباتية والتاريخية تشترك في دلالتها على أن هذا النبات قد نشأ في منطقة وسط أوروبا.

أما الأنواع الثلاثة الباقية من ذوات الـ ٢١ كروموسوماً فهي الأستيكم أو المعتاد (commin , aesticum)، سفيروككم (shaerococcum : shut) كومباكتم (compactum : clup) وهذه هي الأنواع التي يصنع منها الخبز وينتج منها نحو ٩٠% من جميع القمح المزروع في أنحاء العالم في الوقت الحاضر، والأنواع الثلاثة ذات قرابة فيما بينها وهي تتزاوج بسهولة. وليس من المعروف على وجه التحديد ما إذا كانت هذه الأنواع قد نشأت من ثلاثة تهجينات مختلفة بين القمح ذي الـ ١٤ كروموسوماً والنجيليات البرية أو نشأت من تهجينة واحدة سارت في ثلاثة اتجاهات مختلفة. ويختلف قمح كلوب وقمح شت عن القمح المعتاد في بعض التفاصيل التي يتحكم في توارث صفاتها عدد قليل من عوامل الوراثة أو الجينات. وعلى ذلك فإنه من الممكن أن تكون هذه الأنواع الثلاثة قد نشأت من أصل واحد. والقمح المعتاد أو نوع آخر يشبهه إلى

حد كبير قد أمكن إنتاجه على يدي كيهارا بإجراء التزاوج بين القمح الفارسي ذي الـ ١٤ كروموسوماً (Persian wheat) النبات النجيلي البري الذي يستخدم في إنتاج قمح سبلتا، والذي لو يزدوج في عدد الكوروموسومات بعد، لكنه يشترك مع القمح المعتاد في كثير من صفاته.

الاسم اللاتيني	الاسم الشائع	الكروموسومات		النمو	الحبوب	التوزيع الجغرافي	التاريخ الأول
		العدد	المجموعات				
T . aegilopoides	أينكورن	٧	ا	بري	مغلفة	غرب	قبل
T . monococcum	بري	٧	ا	منزرع	مغلفة	إيران –	الزراعة
I . dicoccoided	أينكورن	١٤	اب	بري	مغلفة	آسيا	٤٧٥٠
T . dicoccum	إمر بري	١٤	اب	منزرع	مغلفة	الصغرى	ق . م .
T . durum	إمر	١٤	اب	منزرع	معراة	– جنوب	قبل
T . persicum	قمح	١٤	اب	منزرع	معراة	شرق	الزراعة
T . turgidum	مكرونة	١٤	اب	منزرع	معراة	أوروبا	٤٠٠٠
T . polonicum	قمح	١٤	اب	منزرع	معراة	شرق	ق . م
T . timophcevi	إيراني	١٤	اح	منزرع	مغلفة	القوقاز –	١٠٠
T . acstivum	قمح	٢١	اب د	منزرع	معراة	آسيا	ق . م
T . sphaerococcum	ريفيت قمح	٢١	ا ب د	منزرع	معراة	الصغرى – وسط	لا توجد بقايا
T . gompactum	بولندي	٢١	ا ب د	منزرع	معراة	أوروبا غرب	تاريخية
T . spelta	قمح	٢١	ا ب د	منزرع	مغلفة	إيران –	لا توجد بقايا
T . macca	معتاد	٢١	ا ب د	منزرع	مغلفة	آسيا	تاريخية
	قمح شوت Shot wheat					الصغرى الهند – وسط	القرن السابع عشر
	قمح مضرب					آسيا – آسيا	القرن العشرين

	Glub wheat سبلت spelt قمح مكا Macca wheat					الصغرى – جنوب شرق أوروبا – أمريكا الشمالية داجستان – جورجيا – أرمينيا – شمال شرق تركيا الحبشة – جنوب اوربا الحبشة – منطقة البحر الأبيض المتوسط غرب جورجيا جميع أنحاء العالم وسط وشمال غربي الهند جنوبي غرب آسيا – جنوب	العصر النيولي ثي ٢٥٠٠ ق . م العصر النيولي ثي العصر البرونزي القرن العشرين

						شرق أوربا – أمريكا الشمالية وسط أوروبا غرب جورجيا	

يوضح هذا الجدول الخواص والتوزيع والأصل التاريخي لأربع عشرة من السلالات الرئيسية للقمح. المجموعات الكروموسومية تمثل مجموعات من الصفات الوراثية المتوارثة أو تجمعات لهذه المجموعات.

عدد الكروموسومات يعطي فكرة عن تطور القمح. السلالات التي يكون عدد الكرومورسومات بها كبيراً تنحدر من تلك التي يكون لها العدد صغيراً عن طريق التهجين والازدواج الكروموسومي.

وليس من المعروف يقيناً متى وكيف نشأ القمح الحديث الذي يصنع منه الخبز، ولما كان القمح الفارسي لا يعرف إلا في منطقة محدودة في شمال شرقي تركيا والولايات السوفييتية المجاورة لها، فمن المحتمل أن يكون القمح المعتاد قد بدأ هناك، وقد وجدت حبوب من قمح شوت (shot) في أقدم الأماكن بالهند في منطقة موهينجو دارو (mohenjo , daro) التي يرجع تاريخها إلى ٢٥٠٠ سنة قبل الميلاد. وقد وجد نوع من القمح في

منطقة نيوليثتيا بالمجر ويرجح أنها من نووع قمح كلوب (club). وقد وجدت آثار من قمح الخبز بنوعية المعتاد والكلوب يرجع تاريخها إلى فترة تتراوح بين ٣٠٠ ، ٢٣٠٠ سنة قبل الميلاد. وأقدم أنواع القمح في اليابان، ويرجع تاريخها إلى القرن الثالث تعتبر من وجهة نظر كيهارا من الأنواع التي تستخدم في صناعة الخبز. ولما كانت الأنواع ذات الـ ١٤ كروموسوماً حديثة نسبياً في الصين؛ فمن المحتمل أن يكون القمح الذي ورد وصفه في أساطير الصينيين منذ ١٠٠٠ سنة قبل الميلاد من الأنواع ذات الـ ٢١ كروموسوماً، والتي تستخدم في صناعة الخبز. وتشير جميع هذه الأدلة – ولو أن كل واحد منها ليس قاطعاً في حد ذاته – إلى أن أنواع القمح المستخدمة في صناعة الخبز قد نشأت قبل المسيح، ولكن بعد ظهور وحيد الحبة والإمر، ويظن أن تاريخها يرجع تقريباً إلى ٢٥٠٠ سنة قبل الميلاد، وسواء أكانت أنواع القمح المستخدمة في صناعة الخبز، قد نشأت في هذا التاريخ أم من بعد ذلك، وسواء أنشأت من أصل واحد أم من ثلاثة أصول فإنها تعتبر في الوقت الحاضر أكثر انتشاراً وعدداً من أي نوع نباتي بذري عرفه التاريخ؛ فهي تنمو في جميع أنحاء العالم من خط الاستواء إلى المناطق القطبية. وقد نشأت هذه الأنواع منذ ٥٠٠٠ سنة تقريباً في منطقة آسيا الصغرى، ثم اتسعت المساحة التي نشغلها بمعدل ٧٥٠٠٠ فدانا في السنة حتى وصلت المساحة التي تزرع قمحاً في الوقت الحاضر إلى ٤٠٠ مليون فدان. وقد تطورت زراعة القمح وانتشاره بصورة ثورية لعب الإنسان فيها دوراً أساسياً بسبب تقديره لفوائد القمح ومحاولته أن ينشر زراعته على مساحات ممتدة جديدة.

ولا تقتصر مزايا القمح الذي يستخدم في صناعة الخبز على إنتاجه الوفير وسهولة دراسه وحبوبه العارية، ولكنها ترجع أيضاً إلى مزايا المادرة البروتينية التي يشتمل عليها، وهي مادة الجلوتين (gluten) ومن بين سائر أنواع الغلال يتعبر قمح الخبز وحده قادراً على إنتاج الخبز الهش الخفيف الذي نستخدمه في الوقت الحاضر.

وجميع الأنواع المعروفة من القمح المزروع ما عدا وحيد الحبة وربما الإمر، ظهرت في واقت واحد. ولم يقم الإنسان بدور يذكر في نشأتها، إلا من حيث أنه عمل على نشر زراعتها وزاد من الفرص المهيأة لإنتاج الأنواع المهجنة منها. وليس هناك دليل على أن الإنسان القديم قد اهتم باختيار الأنواع الممتازة. وإذا كان قد فعل ليس هناك دليل على أنه قد نجح. والقمح وحيد الحبة الذي يزرع اليوم لا يكاد يختلف عن مثيله الذي زرع منذ أقدم العصور، وهذا بدوره لا يكاد يختلف عن وحيد الحبة البري. ويمكن أن يقال مثل ذلك عن قمح الإمر، وعلى ذلك فإن حديثنا عن اهتمام الإنسان البدائي بتربية النباتات يعتبر نوعاً من المبالغة، وينسب إليه أكثر مما قصد إليه كما تشير إلى ذلك الأدلة المختلفة.

وخلال القرن الماضي، وبخاصة بعد اكتشاف قوانين مندل للوراثة سنة ١٩٠٠ طرأت تحسينات كبيرة في زراعة القمح في جميع أنحاء العالم تقريباً، وقد نجحت هذه الجهود وبخاصة في الولايات المتحدة وكندا وأمكن الوصول إلى سلسلة من الأنواع الجديدة، وقلما نجد ولاية من الولايات

تتوسع في زراعة الأنواع الرئيسية من القمح التي كانت تزرع منذ خمسين سنة.

وقد كانت الطريقة الشائعة في تربية القمح في بداية هذا القرن هي السلالة النقية (pure line) كما اخترعها جوهانسن johansen وهو عالم دانمركي توصل من تجاربه على بازلاء الحدائق إلى أن النباتات التي تلقح نفسها مثل الفول والبازلاء والبقول إنما هي خليط من كثير من السلالات النقية التي تختلف عن بعضها البعض في كثير من الصفات، والتي يعتبر كل منها في ذاته منتظماً في صفاته. ولا يمكن أن يؤدي استمرار عملية الانتقاء إلى تعديل الصفات في سلالة نقية، ولكن يمكن فصل خليط من هذه السلالات إلى مكوناته وتحسين السلالات عن طريق الإكثار من الأنواع أو السلالات الممتازة.

ومن الناحية العملية يختار من يقوم بتربية القمح مئات السنابل من نوع من الأنواع، ثم يقوم بدراسة كل واحدة على حدة، ويزرع الحبوب الناتجة من كل واحدة في صف قصير يسمى صف السنبلة، وفي الأجيال التالية تزداد هذه الصفوف طولاً وعدداً، ثم يقارن بين هذه السلالات التي ينشأ كل منها من سنبلة واحدة، ومن حيث الخصوبة والصفات الأخرى. ومن المعتاد بين المشتغلين بتربية نباتات القمح في الولايات المتحدة أن يزرعوا الحبوب في صفوف يبلغ طول كل منها ١٦ قدماً، ويفصل كل صف عن الآخر مسافة تبلغ نحو قدم واحدة. ويؤدي ذلك لبسيط العمليات الحسابية لأن إنتاج الحبة الواحدة بالجرام يمكن تحويله إلى أردبات بالفدان

بعملية حسابية بسيطة. ثم تنتخب السلالات التي تبشر بصفات طيبة وتزرع على مساحات أوسع ثم ينتقى أحدها في النهاية، ويعتبر أحسن الأنواع ويطلق عليه اسم معين ويوزع على الزراع.

وأفضل سلالتين أمكن الوصول إليهما بهذه الطريقة في الولايات المتحدة نشأتا في كانزس، أما السلالة الأولى فتسمى كانرد أو أحمر كان نسبة إلى مدينة كانزس (kanred : Kansas red) وقد قام بإنتاجها هربرت روبرتس بمحطة التجارب الزراعية في كانزس، وقد نتجت من نوع يسمى كرايمين (Crimean) وهو نوع صلب أحمر من القمح الشتوي الذي جلبه من روسيا مارك كارتلون. وقد انتخبت السنابل الأولى من هذا النوع في سنة ١٩٠٦ وتم توزيع النوع الجديد لزراعته لأول مرة سنة ١٩١٧. وفي سنة ١٩٢٥ كان هذا النوع الجديد من القمح الذي بدأ إنتاجه من سنبلة واحدة منذ مدة لا تزيد عن ١٩ سنة مزروعاً فيما يقرب من خمسة ملايين من الأفدنة في كانزس ونبراسكا وكلورادو وأوكلاهوما وتكساس.

أما النوع الثاني من قمح كانزس فيسمى بلاك هل (blackhull) وهو أيضا من إنتاج سنبلة واحدة تم اختيارها سنة ١٩١٢ من أحد حقول القمح في تركيا حيث اخترعها أحد الفلاحين المهتمين بتربية النباتات واسمه إيرل كلارك. وقد تم توزيع هذا النوع الجديد أيضاً سنة ١٩١٧ وفي سنة ١٩٢٩ كان مزروعاً على مساحة تبلغ ستة ملايين من الأفدنة معظمها في كانزس وأوكلاهوما.

وكل ما يحدث عند الحصول على سلالة نقية هو انتقاء الأنواع الممتازة الموجودة فعلاً من بين خليط من الأنواع؛ فهو بذلك لا يخلق أنواعاً جديدة. أما للوصول إلى نوع جديد فلا بد من استخدام طريقة التهجين. وفي هذه الطريقة ينتقى فردان تتوافر فيهما الصفات المطلوبة لكي يتم بينهما التزاوج. فقد ينتخب أحد الأبوين مثلاً بسبب توافر بعض الصفات الممتازة فيه من حيث عملية الطحن والخبز، وقد ينتقى الآخر بسبب مقاومته للأمراض

ولإحداث التزاوج بين هذين النباتين يلجأ المربي أولاً إلى إزالة الأسدية من أحدهما باستخدام ملقط دقيق، وتتم هذه العملية عندما يكتمل نمو الأسدية ولكن قبل أن تتفتح، ثم تغطى الأزهار التي أزيلت منها أعضاء التذكير بكيس غير منفذ لكي يحول دون وصول حبوب اللقاح من أي مصدر خارجي إلى هذه الأزهار ، وبعد بضعة أيام عندما تصير مياسم هذه الزهرة مستعدة للتلقيح تنقل إليها حبوب اللقاح الناضجة التي تكون قد أخذت من الأب الثاني.

وتنتج هذه العملية من التلقيح حبوباً يمكن زراعتها لإنتاج الجيل الاول من النباتات المهجنة، وتكون نباتات هذا الجيل على درجة كبيرة من الانتظام، وليس هناك فائدة من إجراء عملية انتقاء بينها. أما في الجيل الثاني والأجيال التالية فإنه يحدث انفصال بين الصفات يؤدي إلى خلق مجموعات عديدة من الصفات المتباينة، وبذلك تتهيأ الفرص العديدة للقيام بعملية الانتقاء. وتظهر مهارة المربي في معالجته للأجيال الأولى؛ ففي هذه

المراحل لا بد أن ينتقي الصفات التي تقترب بقدر الاستطاعة من الصورة المثالية التي في ذهنه عن النبات الذي يريد الحصول عليه، وأن يستبعد الأفراد التي لا تتفق في خواصها مع هذه الصورة. والواقع أن ما يحدث في هذه العملية من انفصال الصفات الوراثية يؤدي إلى إنتاج سلالات نقية.

ومن الجهود القديمة التي حالفها النجاح في إنتاج القمح الهجين تلك التي أدت إلى إنتاج النوع المسمى مارك ويز (marquis strain) وقد أنتج هذا النوع لأول مرة في كندا حيث أنتجه تشارلز سوندرز بتزاوج نوع من القمح الهندي (hard red Calcutta) مع نوع بولندي (red fife) وقد تم ذلك في المدة من سنة ١٩٠٣ إلى سنة ١٩٢٢.

والهجين الذي اشتق منه قمح ماركويز تم إعداده في سنة ١٨٩٢ على يدي أخيه آرثر، وتحت توجيه والده وليام سوندرز الذي كان يشتغل بتهجين أنواع القمح منذ سنة ١٨٨٨ وقد كانت علامات النجاح تلوح على هذا الهجين الجديد منذ البداية، وكان موعد زراعته يسبق الأنواع التي تزرع في الربيع بفترة وجيزة، والتي كان يقصد بتأجيل موعدها أن تتفادى نزول الصقيع، وكانت هذه الأنواع تزرع في كندا، مما أدى إلى تحسين مواصفات الخبز بعد ذلك بصورة واضحة.

وفي سنة ١٩٠٧ أي بعد انقضاء أربع سنوات على اختيار السنابل الأولى التي نتج عنها هذا النوع، كان مجموع الحبوب الموجودة لا يزيد عن ٢٣ رطلاً ، وقد بدأ توزيع الحبوب للفلاحين في ربيع سنة ١٩٠٩. وقد

انتشرت أخبار هذا القمح الجديد انتشاراً ساحقاً من مناطق البراري التي زرع فيها جنوباً وعم المناطق التي يزرع القمح فيها فصل الربيع. وفي سنة ١٩١٣ صدرت حبوب ماركويز إلى منيسوتا وداكوتا بمعدل ٢٠٠٠٠٠ بوشل (bushels) في السنة، وفي سنة ١٩٠٨ بلغ إنتاجه ما يزيد عن ٣٠٠ مليون بوشلا. وقد كان امتياز هذا الصنف على الأصناف التي كانت تزرع من قبل عاملاً من عوامل محاربة نقص الغذاء الحرب العالمية الأولى، كما كان هجين جديد ظهر بعد ٢٥ سنة من هذا التاريخ ذا أثر فعال في معالجة نقص الغذاء في أثناء الحرب العالمية الثانية.

وقد بقي قمح ماركويز ملك القمح في كندا والولايات المتحدة لمدة ٢٠ سنة وبقيت مواصفاته هي المواصفات المثالية في الحقل وفي المطاحن والمخابز طوال هذه الفترة. وقد استخدم بكثرة في إنتاج الأصناف الجديدة، فهو بذلك جد لكثير من الأنواع المحسنة من القمح ومن بينها التنمارك (tenmark) الذي أنشيء في كانزس على يدي جون باركر وأنتج في شمال داكوتا وربي في مانيسوتا.

وفي الحاضر تستخدم في إنتاج الأنواع الجديدة من القمح طريقة التهجين أكثر مما تستخدم طريقة انتقاء السلالات التي قل استعمالها إلى حد كبير، والذين يقومون بتربية أنواع القمح في الوقت الحاضر لهم أهداف متعددة، فهم غالباً ما يستهدفون وفرة المحصول، ولكن هذا الهدف ينطوي على كثير من العوام ومن بينها مقاومة الأمراض، وتحمل الظروف البيئية غير المناسبة. ولاختبار الأنواع الجديدة من القمح من حيث هذه الخواص،

توصل المربون إلى اختراع كثير من الطرق والوسائل لاختبار قدرة القمح على احتمال الجفاف والبرد والأمراض.

والتربية لمقاومة الأمراض على جانب كبير من الأهمية لأن القمح من النباتات ذاتية التلقيح، والتي تميل إلى البقاء على حالها من الصفات الوراثية التي تحافظ عليها إلا في قليل من الحالات التي يتم فيها التهجين الطبيعي أو تظهر فيها الطفرات النادرة؛ فحقل القمح الذي يحتوي على صنف واحد، وبخاصة إذا كان هذا الصنف ناشئاً من سنبلة واحدة، يشتمل على ملايين النباتات المتكافئة تماماً من الناحية الوراثية. فإن كان هذا الصنف من الأصناف التي تتعرض للإصابة بمرض معين فإنه يصير مزرعة خصيبة لتكاثر جراثيم هذا المرض الذي كثيراً ما يكون أحد أنواع الفطريات، وعلى ذلك فإن زراعة أصناف جديدة على مساحات واسعة يزيد من خطورة تعرض المحصول للأمراض، مما يجعل المعركة بين القائمين على تربية النباتات وبين الأمراض الفطرية التي تهدد القمح معركة دائمة.

وتربية القمح الذي يقاوم صدأ الساق وهو من الأمراض بالغة الخطورة يعطينا مثلاً مناسباً لتوضيح هذا الرأي؛ فهناك أنواع متعددة من صدأ الساق الذي يصيب القمح، وقد توصل علماء الأمراض النباتية وعلى رأسهم إلفن ستاكمان من جامعة مانيسوتا إلى طريقة بارعة لمعرفة هذه الأنواع بحقنها داخل أجسام الأنواع المختلفة من القمح. ثم يتوصل المربي بعد ذلك إلى معرفة الأنواع التي تقاوم هذا المرض.

ثم يوزع هذا النوع الجديد على الفلاحين وتنتشر زراعته بسرعة، ولكن بينما يقوم المربي بعملية التهجين بين أنواع القمح، فإن الطبيعة تقوم بعملية التهجين بين أنواع الصدأ. والطور التناسلي لصدأ الساق لا يظهر على القمح ولكن على عائل آخر هو نبات الباربري المعتاد (common barberry) ويظهر على هذا النبات بصورة دائمة أنواع جديدة من الصدأ. وبرغم أن معظم هذه الأنواع يموت، فإنه إذا وجد أحدها صنفاً من أصناف القمح مناسباً لنموه وليس لديه حصانة ضده، فإنه قد يتاثر بصورة مريعة ويصير مرضاً خطيراً في سنوات قليلة. وحينئذ يبحث مربي القمح في جميع أنحاء العالم عن الأصناف التي تقاوم هذا المرض الجديد، ويكرر جميع الخطوات السابقة التي قام بها في سبيل إنتاج نوع جديد. ومن ذلك نرى أن التنافس بين الإنسان وبين الفطريات على محصول القمح العالمي يعتبر مسابقة بيولوجية ليس لها نهاية.

ولا يقتصر مربو القمح على البحث عن صفاته مقاومة الأمرض والإنتاج الوفير، ولكنهم يهتمون أيضاً بمزايا الطحن والخبز؛ ففي المخابز الحديثة ذات الإنتاج الضخم وآلات العجن السريع يتعرض لما يتعرض له من قبل عندما كانت هذه العمليات تتم باليد في المنزل. ولذلك فإن مربيي القمح يجرون كثيراً من اختبارات الطحن والعجن على الأنواع الجديدة، وقد يظهر أن أحد الأنواع التي يثبت نجاحها في الحقل لا تنجح في المطاحن أو المخابز ولا تصمد لاختبارات المعامل التي يحاول المربون أن يجعلوها مشابهة إلى حد كبير لما يتعرض له القمح عند طحنه أو خبزه.

وبرغم هذه الصعوبات فإن الحصول على أنواع وفيرة الإنتاج من القمح يعتبر من أنجح الوسائل لزيادة إنتاج إنتاج الطعام ورفع مستويات الحياة. وعندما جفف موسوليني مستنقعات بونتين التي بإيطاليا استنبط مربي القمح الإيطالي ألزارينواسترامبلي أنواعاً جديدة نم القمح جادت زراعتها في التربة الخصيبة التي صارت صالحة للزراعة بعد تجفيف هذه المستنقعات.

ويتضمن برنامج تحسين إتوا بالهند زراعة بعض الأنواع الممتازة من القمح مما توصل إليه العلماء البريطانيون والهنود. ويرجع النجاح الذي لاقاه برنامج المكسيك الزراعي الذي تشرف عليه مؤسسة روكلفر إلى تعاونها مع الحكومة المكسيكية في الحصول على أنواع جديدة من القمح المقاوم للصدأ؛ فبتزاوج الأنواع القديمة من القمح المكسيكي مع الأنواع المقاومة لمرض الصدأ من الولايات المتحدة وحنوب أمركيا وأستراليا ونيوزيلاندا تمكن المربي الأمريكي نورمان بورلوك ورفاقه بالتعاون مع الإخصائيين المكسيكيين من إنتاج أنواع جديدة من القمح تقاوم مرض الصدأ لدرجة أنه يمكن زراعتها في فصل الصيف المطير بالمكسيك بالإضافة إلى فصل الشتاء الجاف الذي كانت زراعة القمح مقصورة عليه فيما قبل. ومعظم القمح الذي يزرع في المكسيك في الوقت الحاضر من الأنواع الجديدة التي استحدثت منذ عام ١٩٤٣ والتي صحب استحداثها زيادة كبيرة في مساحة الأراضي المنزرعة وفي الإنتاج.

والتهجين في القمح مقصور في الغالب على الأصناف المختلفة في النوع الواحد، ولكن التهجين بين الأنواع المختلفة يستخدم أيضاً وقد ينجح في كثير من الأحيان، ومن أمثلة ذلك ما قام به ما كفادن من إنتاج قمح هوب (hope) من تلقيح قمح ماركويز مع قمح ياروسلاف إمر (yaroslav emmer) وهو قمح ذو ١٤ كروموسوما وله مقاومة شديدة لصدأ الساق وصدأ الأوراق وكثير من الأمراض الأخرى. وقد نجح ماكفادن في الحصول من هذا الهجين العقيم على نوع ذي ٢١ كروموسوماً له مقاومة شديدة لكثير من أنواع صدأ الساق والأوراق.

ومما يؤسف له أن قمح هوب يفتقد بعض المزايا في خواصه المتعلقة بالطحن والخبز ولم يستطع أن يكتسب أهمية تجارية. ومع ذلك فقد أصبح أباً لكثير من أنواع القمح الحديثة ذات الأهمية الاقتصادية ومنها ميوثاتش (newthatch) في مانيسوتا وأوستن (Austin) في تكساس وأنواع أخرى عديدة في المكسيك.

ومن الممكن أن يتجه المستقبل في تربية القمح إلى خلق أنواع جديدة بالكلية من الغلال نتيجة لعملية بين الأنواع التي يليها ازدواج صناعي لعدد الكروموسومات، وهي محاكاة صناعية لما حدث في الطبيعة من تطور القمح.

وفي روسيا والولايات المتحدة تم التلقيح الخلطي بين القمح والجويدار (rye) لإنتاج نوع خصيب من الغلال يجمع بين كروموسومات كلا النوعين،

وليس الهجين الجديد قمحاً ولا جويداراً ، فهو أكثر مقاومة للبرد من القمح ولكنه أقل فائدة في صناعة الخبز ولم ينتشر استعماله بعد. وقد حدث تزاوج خلطي بين القمح وأحد الأعشاب البرية المعمرة لإنتاج نوع جديد من الغلال المعمرة ينسب إليه علماء الروس كثيراً من المزايا الخيالية. فالحقل من هذا النبات بمجرد زراعته، كما يقول الروس، يستطيع أن ينتج الحبوب عاماً بعد آخر مع عناية قليلة أو مع عدم العناية بالمرة اللهم إلا عند جمع المحصول، وقد ينجح هذا النبات في تغذية الماشية والحيوانات، ولكن استخدامه في صناعة الخبز بقي محدوداً إلى الآن ولم يستعمل في أغراض غذائية إلا في حدود ضيقة.

وتعتبر فكرة إنتاج أنواع جديدة من الغلال بالتهجين ومضاعفة عدد الكروموسومات فكرة قيمة تفتح آفاقاً واسعة في عالم الإنتاج الزراعي، وربما نستطيع أن ننتج في يوم من الأيام أنواعاً جديدة من القمح تتوافر فيها مميزات خاصة وتأخذ محل الأنواع التي ظهرت في الطبيعة من تلقاء نفسها.

نبات الذرة الغامض

بول مانجلزدورف

Paul c . mangelsdorf

لعل أهم النباتات جميعاً في أمريكا هو نبات الذرة؛ فهو يزرع في جميع الولايات، وتبلغ المساحة التي تزرع بالذرة نحو ثلاثة أرباع جميع المساحة المنزرعة في الولايات المتحدة؛ فهو يعتبر بذلك العمود الفقري للزراعة، وهو أكثر النباتات التي يستخدمها الأمريكيون لاقتناص الطاقة الشمسية وتحويلها إلى طعام، وقد لا يستهلك الأمريكيون من الذرة في صور طعام مباشر إلا قدراً قليلاً، ولكنه يتحول إلى لحم ولبن وبيض وغيرها من المنتجات الحيوية المهمة، فهو لذلك يعتبر نبات الطعام الأساسي في البيئة الأمريكية.

ومع ذلك فإن نبات الذرة يكتنفه الغموض؛ فهو لغز من الألغاز النباتية المحيرة في غموضها القصص الخيالية. وقد استؤنس النبات إلى درجة كبيرة، حتى أصبح عاجزاً عن المحافظة على نوعه دون معونة الإنسان، ومع أن الذرة من النجيليات، فإنه يختلف عنها جميعاً سواء منها ما كان برياً أو منزرعاً ففي طبيعة الجزء الذي يحمل البذور فيه وهو "الكوز" الذي يعتبر

في الأصل نوارة أو مجموعة من الأزهار تحيط بها القشور. وعندما يتم نضجها تحمل مئات عديدة من البذور العارية على "قولحة" صلبة، والنوارة التي تحمل الأزهار المذكرة أو "الشواشي" توجد منفصلة عن النوارة المؤنثة أو مستقلة عن نفس النبات. وليس لكوز الذرة نظير في المملكة النباتية سواء بين النباتات البرية أو التي يزرعها الإنسان، فهو مهيأ تهيئة كاملة لإنتاج البذور تحت رعاية الإنسان، وإذا تركت حبوب الذرة التي على الكوز وشأنها، فإنها لا تستطيع أن تبقى حية لأنها ليس لديها وسيلة خاصة للانتشار. فإذا سقط كوز الذرة على الأرض وواتته ظروف الإنبات، انبثقت منه بادرات عديدة تتنافس تنافساً وحشياً فيما بينها على الماء والغذاء الموجود بالتربة، حتى إنها تموت جميعاً ولا يكاد يصل منها إلى مرحلة النشج والتكاثر.

فترى كيف كانت إذن طبيعة ذلك النبات البري الأول الذي نشأ منه هذا النبات المدلل؟ وأين ومتى وكيف تم تحول ذلك الجد الأول لنبات الذرة الذي كان في يوم من الأيام ذا طبيعة خشنة تمكنه من احتمال ظروف المعيشة البرية، إلى ذلك النبات المنزرع الذي تتوقف حياته على ما يقدمه له الإنسان من خدمات، والذي يموت إذا حرم من هذه المساعدات. تلك أسئلة حيرت علماء النبات وعلماء الدراسات الإنسانية القديمة منذ أكثر من قرن من الزمان. ويلوح أننا اصبحنا قاب قوسين أو أدنى من الإجابة عن هذه الأسئلة بفضل البحوث التي أجريت في علم النبات والوراثة والتاريخ والدراسات القديمة.

وليس هناك دليل على أن نبات الذرة كان معروفاً في أي مكان من العالم القديم في الأزمنة الساحقة، وقد وجدت حبوب القمح والشعير وأنسجة من الكتان والقنب في بعض الأماكن الأثرية القديمة بالشرق الأدنى، ولكن أحداً لم يجد قط حبوب الذرة. وقد صور البابليون والمصريون كثيراً من النباتات ووصفوها ولكن الذرة لم يرد له ذكر او إشارة إليه في فنونهم أو آدابهم. ولم يرد ذكر نبات الذرة في الإنجيل ولو أن بعض المترجمين يستخدمون كلمة الذرة لترجمة الكلمات التي تدل على الحبوب. ولم يكن لدى الإغريق كلمة تقابل كلمة الذرة برغم أنه كان لديهم كلمات تدل على كل شيء تقريباً. ولم يرد في الآداب الصينية المستفيضة، ولا في الفيدا الهندية ذكر لنبات الذرة. وعلى ذلك فإنه ليس هناك دليل تاريخي أو لغوي أو ديني أو غير ذلك يشير إلى أن الناس كانوا يعرفون الذرة في أي جزء من أنحاء العالم قبل سنة ١٤٩٢.

وقد سجل التاريخ أول إشارة إلى نبات الذرة في ٥ نوفمبر سنة ١٤٩٢ ففي ذلك اليوم عاد اثنان من الإسبان الذين عهد إليهم كولمبس باكتشاف المنطقة الداخلية من كوبا، ومعهما تقرير عن نوع من الحبوب أسمياه الذرة (maiz). وكان هذا النبات ذا طعم مقبول، ويمكن طحنه وخبزه، ووجد المكتشفون بعد ذلك أن نبات الذرة كان يزرعه الهنود الحمر في جميع أنحاء أمريكا من كندا إلى شيلي. وبقدر ما كان أمر الذرة مجهولاً في العالم القديم، أصبح انتشاره كبيراً في العالم الحديث. وكان هناك عدة أنواع من الذرة في أمريكا، والواقع أن جميع الأنواع الرئيسية التي نعرفها اليوم كانت موجودة بأمريكا عند اكتشافها.

وهكذا تشير جميع الأدلة إلى أن الذرة نشأ في أمريكا، وعلى ذلك فقد يكون لنا الحق في أن نركز جهودنا، بل نقصر بحوثنا على أسلافه البرية في نصف الكرة الغربي، فيظهر أنه كان للذرة تاريخ قديم في أمريكا. ولقد كان الهنود الحمر الذين يعيشون شبه رحل في أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية يضيفون الذرة التي يزرعونها في حقولهم إلى طعامهم من اللحوم والأسماك ليزيدوا من كميتها. وكانت القبائل التي تقطن وادي المسيسبي وتسكن الجنوب الغربي يزرعون الذرة ويأكلونها. وكانت بعض العشائر التي تقطن وسط أمريكا والمكسيك وبوردو يستخدمون الذرة في صناعة الخبز الذين يأكلونه كل يوم. وقد هيأ المحصول الوفير الذي يغله نبات الذرة لهؤلاء القوم جانباً من وقت الفراغ لكي يشتغلوا بالغزل وصناعة الفخار وتمهيد الطرق وبناء الأهرام والاشتغال ببعض الأعمال الحسابية وعمل تقويم أكثر دقة من التقويم الذي كان الناس يستخدمونه قبل ذلك. والواقع أن حبة الذرة كانت الحبة التي بنت نصف الكرة الأرضية، ويدل الاعتماد الكبير على نبات الذرة في العهود التي سبقت كولمبس باعتباره النبات الأساسي لإنتاج الطعام وتنوع أصنافه أكثر من أي نوع آخر من الغلال، كل ذلك يدل على فترة طويلة من استئناس النبات فمتى زرع الإنسان الذرة لأول مرة؟ إن الإجابة عن هذا السؤال لم تعد متروكة للحدس والتخمين، فقد صار من الممكن تقدير عمره باستخدام الطريقة البارعة التي ابتكرها ويلارد ليبي (Willard libby) من جامعة شيكاجو لتقدير عمر البقايا النباتية القديمة. وتقوم هذه الطريقة على أساس قياس النشاط الإشعاعي للكربون في هذه البقايا، ومن ذلك يمكن تقدير كمية الراديو

كربون التي تكون قد اختفت من الكمية التي كونها النبات من الجو في بادئ الأمر. وتعتبر كمية هذه المادة المتحللة مقياساً لعمر تلك البقايا، ويقدر ليبي أن أقدم بقايا من نبات الذرة أمكن الحصول عليها في أمريكا الجنوبية يرجع تاريخها إلى ألف سنة قبل الميلاد، وأن أقدم بقايا وجدت في أمريكا الشمالية لا يقل عمرها عن ألفي سنة قبل الميلاد. وأقدم كيزان الذرة التي وجدت في أمريكا الشمالية والجنوبية، والتي ترجع إلى ما قبل التاريخ، كانت صغيرة وتختلف في كثير من خواصها عن الأنواع الحالية. ومع ذلك فإن أي صبي من أبناء الفلاحين يستطيع أن يتعرف عليها بسهولة، ويعرف أنها نوع من الذرة. ومن ذلك نرى أنه منذ نحو أربعة آلاف سنة كان نبات الذرة في طريقه لاحتلال المكان الذي يشغله الآن. ففي أي مكان من أمريكا نشأ هذا النبات؟ وأي النجيليات البرية أعطى تلك الأنواع العديدة من الذرة التي نعرفها اليوم؟

تقول إحدى النظريات إن نبات الذرة الذي نشأ من نبات اسمه تيوسنت (teosinte) ويعتبر هذا النبات دون شك أقرب الأنواع البرية للذرة الذي نزرعه، فهو يشبهه في شواشيه ونوراته المؤنثة المنفصلة عن بعضها البعض، ولكن كيزانه لا تحتوي إلا على خمس أو ست حبات يحيط بكل منها غلاف أو قشرة صلبة مما يقلل من أهمية هذا النبات للطعام. ويشبه التيوسنت الذرة أيضاً من حيث إن له عشر كروموسومات، مما يدل قرابته الشديدة للذرة. ومن الممكن أن يتم التزاوج بين هذا النبات وبين الذرة ويكون الجيل الناتج كامل الخصوبة، وإذا كان نبات الذرة قد نشأ من هذا النبات كما يفترض كثير من علماء النبات، فلا بد أن يكون قد ظهر

لأول مرة في جواتيمالا أو المكسيك، لأن نبات التيوسنت لا يوجد إلا في هاتين المنطقتين.

أما النظرية المهمة الأخرى، فترى أن الذرة قد نشأ في أمريكا الجنوبية من نبات أولي اسمه الذرة المقرن أو ذو القرون (pod cora) وقد اختفى هذا النوع الأول تماماً في الوقت الحاضر ولم يعد يظهر على صورته الأصلية، وإنما ظهر مختلطاً مع بعض الأنواع الحديثة الأخرى، والذرة المقرن كما هو موصوف في المراجع القديمة، وكما يمكن الحصول عليه بالتربية والتزاوج من بعض الأنواع الموجودة حالياً تكون حبوبه محفوظة داخل قشرة تشبه القشور الموجودة في الأنواع الأخرى من الغلال، وهذه ولا شك إحدى خواص نبات الذرة البري.

فأي النظريتين السابقتين أقرب إلى الصواب؟.. إن علماء النبات عندما يحاولون معرفة المكان الذي نشأ فيه نبات معين من النباتات التي يزرعها الإنسان، يعتمدون على شاهدين: الأول هو ظهور أحد الأقرباء البرية للنبات، والثاني هو مدى ما بين الأنواع المزروعة من اختلافات فيما بينها. والمفروض أنه عندما تتساوى الظروف، فإن المنطقة التي يظهر فيها أكبر عدد من الأصناف المختلفة تكون هي ذاتها المنطقة التي نشأ فيها النبات، لأن التنوع يكون أكثر ما يمكن في المركز ويقل تدريجياً نحو الأطراف. وفي حالة نبات الذرة يسير الشاهدان السابقان في اتجاهين متضادين؛ فالدليل المستمد من الأصل البري يشير إلى جواتيمالا والمكسيك حيث ينمو هناك ذرة تيوسنت وهو أقرب الأنواع إلى الذرة

المزروعة. أما الشاهد الآخر فيدل على أمريكا الجنوبية حيث يظهر على سفوح الإنديز الشرقية مجموعة من نباتات الذرة تفوق في تنوعها المجموعة الموجودة في أي مساحة مساوية لها في الولايات المتحدة.

ومنذ عشرين سنة بدأت مع أحد الزملاء العمل في محطة البحوث الزراعية في تكساس، وقد أجرينا سلسلة من البحوث التي تدور حول الموضوعات الوراثية والستولوجية لنبات الذرة والأنواع القريبة منه، وذلك بقصد اختبار مدى صحة كل من النظريتين المتضاربتين السابقتين، وقد قمنا بتهجين الذرة مع التيوسنت لمعرفة الطريقة التي يتم بها توارث الصفات التي تميز بين كل من النوعين وموضع العوامل (genes) التي تحمل هذه الصفات على الكروموسومات. كما أننا حصلنا على نبات مهجن من الذرة المعتاد ونوع تريبساكم (tripsacum) وهو نبات بري ذو قرابة بعيدة للذرة ويوجد في كل من أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية. وقد تبين من دراسة الهجين الناشئ عن تزاوج الذرة والتيوسنت، أن الاختلاف بين الذرة والتيوسنت ليس مقصوراً على قلة عدد الكروموسومات نسبياً في الذرة كما يتوقع الإنسان في حالة ما إذا كان أحدهما مشتقاً من الآخر بالاستئناس، ولكن الذرة يشتمل على عدد كبير من الجينات التي تورث في صورة مجموعات أو كتل.

أما النبات المهجن من الذرة والتريبساكم، وهو أول نبات مهجن أمكن الحصول عليه من هذين الأبوين، فقد أظهر أن كروموسومات التريبساكم وعددها ١٨ تختلف اختلافاً كبيراً عن كرموسومات الذرة؛ فقد

تبين من الفحص الميكروسكوبي لهذا الهجين أن هناك قليلاً من الازدواج بين كروموسومات النوعين، والازدواج كما نعلم هو دليل القرابة بين الأبوين. ومع ذلك فقد كان هناك من التقارب بين الكروموسومات ما يسمح بتبادل الجينات. ومما يستحق الذكر ما اكتشفناه من أن بعض النباتات التي ظهرت في أجيال متأخرة من التزاوج بين التريبساكم والقمح، كانت تشبه التيوسنت في بعض خواصها مما يجعلنا نستنتج أن التيوسنت قد لا يكون سلفاً بل خلفاً لنبات الذرة الذي يكون قد نتج من عملية تهجين طبيعي بين الذرة والتريبساكم. وقد تقدم بهذا الفرض منذ سنوات عديدة إدجارد آندسن الذي يعمل بالحدائق النباتية في ميسوري.

ومنذ عام ١٩٣٧ عندنا وصلنا إلى هذا الفرض المقبول تم إجراء كثير من البحوث على نبات الذرة بأنواعه المختلفة المقرن والتيوسنت والتريبساكم والأنواع الناشئة منها التهجين. وهناك كثير من الأدلة، وإن لم يكن بينها دليل قاطع، على أن التيوسنت هو نتيجة لتهجين الذرة مع التريبساكم. بل إن هناك أدلة اكثر على أن التيوسنت لا يمكن أن يكون أحد أسلاف الذرة بالمرة. وقد قام ريفز بدراسة مستفيضة للخواص النباتية لكل من الذرة والتيوسنت والتريبساكم، فوجد أن التيوسنت وسط بين الذرة والتريبساكم، وأنه يتساوى مع أحدهما أو الآخر في الخمسين صفة أو أكثر التي يختلفان فيها.

وقد قام جون روجرز عند اشتغاله بمحطة البحوث التجريبية بتكساس بتهجين الذرة مع خمسة أصناف من التيوسنت حصل عليها من

مناطق مختلفة في المكسيك وجواتيمالا، فوجد أن عدداً كبيراً من عوامل الوراثة (genes) أكثر مما كان يعتقد، هي التي تسبب الاختلافات بين التيوسنت والذرة فأحد أصناف التيوسنت من جواتيمالا مثلاً يختلف عن الذرة في بعض صفات السنبلة، ويتحكم في هذه الصفة عوامل وراثية موجودة على اثنين من الكروموسومات كما أنه يختلف عن الذرة في مدى استجابته للضوء بعوامل موزعة على ثلاثة كروموسومات، وهما يختلفان في كثير من الصفات الأخرى الموزعة على كروموسومات عديدة. وعلى ذلك فإنه من المستبعد أن تكون كل هذه الفروق في الصفات الوراثية قد نشأت خلال بضعة آلاف السنين التي تمت فيها عمليات الاستئناس مما يضعف النظرية التي ترجع نشأة الذرة إلى نبات التيوسنت.

ونلاحظ في الوقت ذاته أن النظرية التي ترجع نشأة الذرة إلى الذرة المقرن قد صارت أكثر قوة؛ فعندما يربى هجين حديث من الذرة المقرن والذرة المعتاد بقصد تقوية وتوضيح صفاته الوراثية، فإن النبات الناتج يكون مختلفا عن نبات الذرة المعتاد اختلافاً كبيراً؛ فالكوز لا يكون موجوداً، والحبوب التي تكون محمولة على أفرع الشواسي تكون داخل أغلفة أو قشور كما في الأنواع الأخرى من الغلال. ولهذه السلالة النقية من الذرة المقرن القدرة على نثر حبوبها، بسبب وجودها على أفرع سهلة الكسر ولا توجد داخل كيزان ثقيلة. وفي البيئة المناسبة تستطيع هذه النباتات دون شك أن تعيش معيشة برية أون تتكاثر. ولهذا النوع من أنواع الذرة كثير من الخواص الموجودة في النجيليات البرية؛ فالواقع أنه يشبه قريبه البري التريبساكم في كثير من الخواص النباتية المهمة، وعلى ذلك فإن

النوع النقي من الذرة المقرن تتوافر فيه جميع المميزات التي نتوقع أن نجدها في الأب الأول الذي نشأ منه نبات الذرة، وهو فوق ذلك أكثر من قريب للذرة؛ فهو يختلف عن الأنواع المزروعة بقدر ما يختلف نوع بري عن نظائره المزروعة.

وأخيراً فإن جميع الفروق الوراثية التي بين الذرة المقرن والذرة المنزرع يمكن أن نرجعها إلى عامل وراثي واحد محمول على كروموسوم واحد، ومعنى ذلك أن طفرة واحدة تستطيع أن تغير الذرة المقرن إلى النوع غير المقرن، وقد حدث ذلك فعلاً في بعض المزارع التي أشرفت عليها.

ولا شك أن نبات الذرة الأصلي الذي زرعه الإنسان في البداية كان فيه كثير من الصفات البدائية الأخرى بالإضافة إلى تلك الموجودة بالذرة المقرن؛ فحبوبه مثلاً كانت صغيرة وصلبة ومدببة، وتتوافر هذه الصفات في بعض أصناف ذرة "الفشار" popcorn والواقع أن عالم النبات الأمريكي لويس ستيراتفانت وهو من أعلام المختصين في بحوث الذرة وصل منذ أكثر من نصف قرن إلى أن الذرة الأولى لا بد أنه كان يجمع بين صفات الذرة المقرن وذلك "الفشار". وتتجمع الأدلة في االوقت الحاضر على صحة هذا الرأي. ونجد في الآثار التي ترجع إلى مدنيات ما قبل التاريخ، مما كشفت عنه البحوث في جنوب أمريكا، ما يدل على أن ذلك "الفشار" كان سائداً على الأنواع الأخرى، فقد وجدت آنية فخارية "لتفشير" الذرة، كما وجدت عينات من حبوب الذرة "المفشرة" في المقابر التي يرجع عهدها إلى ما قبل التاريخ. والواقع أنه ليس هناك جديد حول انتشار

"الفشار" وكثرة استهلاكه بين الأمريكيين الذين يستخدمونه بكثرة للتسلية في أثناء حفلات السينما؛ فذرة "الفشار" تعتبر بذلك طعاما قديماً.

ومن المحتمل أن يكون الإنسان القديم قد اكتشف فائدة الذرة للغذاء لأول مرة عندما تعرض نبات الذرة البري القديم عرضاً للنار فانفجرت حبوبه البلورية المغلفة القصيرة التي لا تصلح بصورتها الطبيعية للغذاء، وتم تحويلها إلى تلك الكتل المغذية الهشة ذات اللون الأبيض والطعم المستساغ، والتي لا يحتاج الناس في طحنها إلى أكثر من أسنانهم.

وهناك مرجع تاريخي طريف يدعم رأي ستيرتفانت في أن نبات الذرة الأول كان يجمع بين خواص الذرة المقرن وذرة الفشار، ومنذ قرن ونصف كتب فليكس عذاري وهو المندوب الإسباني في باراجواي تقريراً عن صنف خاص من الذرة ذكر فيه أن حبوبه الصغيرة المغلفة كانت تحمل على الشواشي. وعندما كانت هذه الشواشي تقلى في الزيت فإن الحبوب كانت تنفجر وتكون باقة رائعة تصلح لتزيين رؤوس السيدات في أثناء الليل.

وقد استطعنا بتجربة على درجة كبيرة من البساطة أن ننجح في الحصول على نوع من الذرة تنطبق أوصافه تمام الانطباق على الذرة الذي وصفه عذاري. فقد أجرينا التزاوج بين ذرة الفشار والذرة المقرن، وحصلنا على نبات عديم الكيزان يحمل حبوبه الصغيرة الصلبة الملتفة على أفرع الشواشي. وعندما قليت هذه الشواشي في الزيت حدث لها ما وصفه

عذاري بكل دقة، فقد انفجرت الحبوب ولكنها بقيت متصلة بشواشيها مكونة الباقة التي وصفها.

وقد زادت نتائج هذه البحوث الحديثة من حماسة الباحثين عن الأب البري لنبات الذرة في أمريكا الجنوبية، إذا أن العثور على نبات بري أولي مقرن سوف يكون الدليل القاطع على صحة النظرية التي تنسب الذرة المنزرع إلى ذرة "الفشار"، ولم تنجح البحوث حتى اليوم في االعثور على هذه الضالة المنشودة، ولكنها نجحت في العثور على بعض أنواع جديدة من الذرة المقرنة التي ليست متطرفة في صفاتها؛ فالحبوب في هذه الأنواع تحيط بالأغلفة والقشور إحاطة جزئية. وربما أمكن الحصول في المستقبل في بعض الأماكن النائية المصونة التي لم يتم اكتشافها بعد على ذلك النبات البري الذي ينتسب إلى نبات الذرة. ولكن الشواهد تدل على أنه لم يعد موجوداً بعد، وربما كان ذلك النبات الأصلي ليس له قدرة كبيرة على مواصلة الحياة مما أدى إلى تحديد مناطقه، بل ربما كان ذلك النبات الأصلي في طريقه إلى الزوال عندما بدأ الإنسان في استخدامه لأول مرة.

وقد حدث خلال العامين الماضيين اكتشاف جديد لم يكن يتوقعه أحد، أيد النظرية التي تقول بأن نبات الذرة الأصلي الذي نشأ منه النوع المنزرع كان يجمع بين صفات الذرة "المفشر" والذرة المقرن؛ ففي سنة ١٩٤٨ قامت بعثة علمية تابعة لجامعة هارفارد وبرياسة هربرت ديك الذي كان من طلبة الدراسات العليا في علم الأنثروبولوجي، واكتشفت كثيراً من "قوالح" الذرة وأجزائه الأخرى التي تجمعت ضمن البقايا والقمامة في مأوى

صخري في نيومكسيكو يعرف باسم كهف الخفافيش كان مسكوناً في عهد قديم يرجع إلى الفترة بين سنة ٢٠٠٠ قبل الميلاد وسنة ١٠٠٠ بعد الميلاد. ولم يكن سكان هذا الكهف يراعون القواعد الصحية مما أدى إلى تراكم القمامة والقاذورات في الكهف حتى وصل عمقها إلى ست أقدام. وعندما قامت البعثة بدراسة هذه المواد المتجمعة وفحصها بدقة وغربلتها باحتراس، أمكن الحصول منها على ٧٦٠ "قولحة" مغلفة، ١٢٥ حبة سائبة من حبوب الذرة وأجزاء مختلفة من القشور الخارجية التي تلف الكيزان وأغماد الأوراق والشواشي. وكانت "القوالح" ذات أهمية خاصة لأنها كشفت عن تتابع له أهمية تطورية خاصة؛ فقد كانت أقدمها التي بالقاع هي أقصرها وأكثرها بدائية.

وقد أمكن الاستدلال من هذه القوالح ومن حبات الذرة السائبة التي من نفس الطبقة على أن سكان هذا الكهف كانوا يزرعون نوعاً أولياً من الذرة يعتبر خليطاً في صفاته بين "ذرة الفشار" والذرة المقرن. ولكن الذرة المقرن لم يكن متطرفاً في خواصه مثل النوع الأولى عديم الكيزان الذي سبق وصفه وهو في الغالب يمثل نوعاً تم تحوره جزئياً في أثناء عمليات الاستئناس، فهو يشبه إلى حد كبير الأنواع الضعيفة من الذرة المقرن التي لا تزال توجد حتى الآن ضمن الأنواع الموجودة، في أمريكا الجنوبية.

ولنعد الآن إلى النوع الأولى من الذرة الذي زرعه أهل ذلك الكهف منذ ٤٠٠٠ سنة، والذي يجمع في خواصه بين ذرة "الفشار" والذرة المقرن

كيف تطور هذا النوع إلى النوع المعتاد بكيزانه المعروفة الذي يوجد في مناطق الذرة الحالية؟ كيف تم هذا التطور في تلك الفترة الوجيزة نسبياً بالنسبة لما يتطلبه التطور من زمن؟ يميل بعض علماء النبات أن ينسبوا إلى الهنود الحمر مهارة فائقة في تربية النباتات.

فإذا كانت التغيرات التي طرأت على الذرة في تلك الفترة الوجيزة، نتيجة لمهارتهم، فلا شك أنهم كانوا بارعين إلى حد كبير. ولكن الذرة الذي وجد في كهف الخفافيش لا يؤيد هذا الرأي. بل على نقيض ذلك، ليس هناك ما يدل على أن سكان الكهف كانوا أكثر اهتماماً بتربية النباتات منهم بالعناية بالأمور الصحية. وإذا كان قد تم أي اختيار بالمرة، فلا بد أنه قد تم دون قصد بطريقة سلبية، أي أن الكيزان الممتازة كانت تستهلك ولا يترك للزراعة إلا الحثالة. ومع ذلك فبفضل عملية التهجين التي تمت مصادفة وبصورة طبيعية بين الذرة الذي كان في الكهف والتيوسنت وغيره من أنواع الذرة حدثت زيادة تدريجية في حجم الكيزان والحبوب وفي عدد الأنواع خلال ٣٠٠٠ سنة التي انقضت منذ تاريخ الكهف

ويدل التتابع أو التدرج في التطور كما تكشف عنه الدراسة في كهف الخفافيش على أن أربعة عوامل قد أثرت على تطور الذرة خلال هذه الفترة وهذه العوامل هي:

١- تعطيل عملية الانتقاء الطبيعي التي تعتبر من أهم عوامل التطور.

٢- ظهور بعض الطفرات التي عدلت من صفات الذرة.

٣- تعديل صفات الذرة نتيجة لاختلاطه بالتيوسنت.

٤- التلقيح بين الأنواع المختلفة أدت إلى ظهور صفات جديدة.

وقد ساعدت جميع هذه العوامل على ظهور كثير من الاختلافات بين أنواع الذرة، بحيث أنه عندما بدأ الإنسان في اختيار الأنواع التي يزرعها كان أمامه مجال كبير للاختيار. وقد اختار من الصفات، سواء عفواً أو قصداً، تلك التي ساعدت على جعل نبات الذرة أكثر الغلال إنتاجاً لمواد الطعام.

ويعتبر الكوز في الذرة الحديثة من التركيبات النباتية التي تخصصت في القيام بوظائفها إلى حد كبير، فـ "القولحة" الكيرة تهيئ سطحاً متسعاً لحمل الحبوب، وهي تحتوي على جهاز ضخم من الأوعية التي تمد الحبوب بالغذاء. والكوز الذي كان في وقت من الأوقات مجموعة من الحبوب المغلفة المستقلة عن بعضها، أصبح الآن يحيط به غلاف واحد من القشور. أما الأغلفة أو القشور السابقة فقد تم اختزالها ولم يعد باقياً منها إلا مجرد آثار بسيطة. ومعنى ذلك أن النبات لا يضيع طاقة في بناء أجزاء عديمة الفائدة وليس لها استعمال في الوقت الحاضر، وقد استمد نبات الذرة الحديث ما يفتقر إليه من القوة اللازمة لحمل النورة الكبيرة، من التيوسنت الذي يحمل عوامل وراثية للصلابة والخشونة ويورثها للهجين الجديد من الذرة؛ فالتيوسنت يؤدي لنبات الذرة الحديث ما يؤديه الصلب لنطحات السحاب الحديثة، فكلاهما ضخم وقوي ومصمم بطريقة تمكنه من أداء وظيفته على أكمل وجه. ليس هذا فحسب بل إن كليهما جميل إلى حد بعيد

الذرة الهجين

بول مانجلزدورف

Paul c . mangelsdrof

لعل الذرة الهجين الذي أنتجه الإنسان خلال ٢٥ السنة الماضية يعتبر أهم ما توصل إليه علم الأحياء التطبيقي خلال القرن الحالي. ولقد أدت التحسينات التي أدخلت على طرق زراعة الذرة الهجين إلى تحسين جميع طرق الزراعة وأساليبها في مناطق زراعة الذرة بأمريكا وبفضل الوصول إليه أصبح الفلاحون ينتجون كميات أكبر من الذرة، مع زرع مساحات أقل منها في أي وقت مضى في تاريخ أمريكا. ولقد كان من نتائج ازدياد كميات الطعام بفضل الذرة الهجين أن أنقذ العالم من كارثة نقص الطعام بعد الحرب العالمية الثانية، وهي الكارثة التي ظهرت آثارها بصورة واضحة في أوروبا. ويبشر انتشار زراعة الذرة الهجين في الأمريكتين وأوروبا والاتحاد السوفييتي بأنه سوف يصبح عاملا ذا أهمية كبيرة في حل مشكلة الطعام في جميع أنحاء العالم.

ولكن ما هو الذرة الهجين وكيف احتل هذه المكانة بين موارد الطعام في العالم كله؟

في الواقع أن جميع أنواع الذرة تعتبر مهجنة؛ لأن التلقيح في هذا النبات يتم بين أنواع مختلفة وأصناف مختلفة وأفراد مختلفة، ومثل هذا التهجين الطبيعي الذي يتم بتأثير المصادفة إلى حد كبير قد لعب دوراً كبيراً في تطور الذرة في أثناء استئنائه كما أشرت إلى ذلك في الفصل السابق، ولكن الذرة الهجين الذي سوف أعالجه في هذا الفصل إنما هو استغلال مدروس يقوم على خطة واضحة لتلك النزعة الطبيعية الموجودة في هذا النبات نحو التلقيح الخلطي، بصورة أكثر اتساعاً مما يتهيأ تحت الظروف الطبيعية.

والأساس البيولوجي الذي يقوم عليه الذرة الهجين هو ظاهرة من الظواهر المعروفة في علم الوراثة والتي يطلق عليها "الهجين القوي" (HYBRID VIGOR) ومعناها أن الحيوان أو النبات الناتج من عملية التهجين يكون أكثر قوة وقدرة على النمو عن الأنواع التي تنتج من التزاوج بين الأفراد ذات القرابة، وقد كانت هذه الظاهرة معروفة منذ زمن النجيل.

والقدماء الذين عاشوا في الشرق الأدنى وزاوجوا بين الحصان والحمار لإنتاج البغل، وهو هجين عقيم، كانوا في الواقع يستخدمون فكرة الهجين القوي فالبغل مثال ممتاز للمزايا العملية التي تنتج عن عملية التهجين. فهذا الحيوان الذي يقال عنه أنه لا يمتاز بمجد الأجداد وليس ليه أمل في الأحفاد، يمتاز بقوة احتمال لا تتوافر في أبويه، وهو في الغالب أطول عمراً من الحصان، وأقل منه تعرضاً للأمراض والإصابات وأكثر منه قدرة على

الاستفادة من الطعام. والذرة الهجين يشبه البغل من حيث أنه أكثر فائدة من أبويه للإنسان، والواقع أنه يطلق عليه في بعض الأحيان "الذرة البغل" (MULE CORN)

وفكرة تهجين الذرة قديمة ترجع إلى قبائل الهنود الحمر الأولين الذين قاموا بزراعة الأنواع المختلفة من الذرة في أماكن متقاربة لكي يشجعوا التلقيح الخلطي بينهما ويزيدوا من محصولها. وفي سنة ١٧١٦ نشر كوتون ماثر (cotton mather) بعض الملاحظات عن تهجين الأنواع المختلفة من الذرة. وفي سنة ١٩٣٥ قام جيمس لوجن (james logen) الذي كان في وقت من الأوقات حاكم بنسلفانيا بإجراء تجارب أوضح بها إمكان حدوث التزاوج بين الأنواع المختلفة من الذرة.

ولكن الفضل الأكبر يرجع إلى شالز داروين الذي قام بجراء دراسات مهمة على التهجين في النباتات، مما أفسح المجال لظهور النوع الحديث من الذرة الهجين. فلقد بحث داروين الآثار التي تترتب على التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي في النباتات ومن بينها الذرة الذي كان من بين النباتات التي شملتها تجاربه. وقد كانت تجارب داروين أولى التجارب العلمية التي استخدمت فيها التجارب القانونية المقارنة لتوضيح الفروق بين النباتات التي يحدث فيها التزاوج بين الأقارب والتزاوج بين الأفراد التي تنتسب إلى أصناف مختلفة مع مراعاة تعادل الظروف التجريبية إلى أقصى حد ممكن. وكان داروين أول من لاحظ أن التلقيح بين الأصناف غير المتقاربة من النبات الواحد هي التي تؤدي إلى إنتاج الهجين القوي. وليس مجرد حدوث

التزاوج بين زهرتين مستقلتين على نفس النبات أو على نباتات مختلفة من نفس الصنف فإن الأفراد الناتجة لا تكون من أنواع الهجين القوي، فاستنتج، وكان على صواب، أن هذه الظاهرة لا تحدث إلا عند ما تتزاوج أصناف مختلفة. وقد كانت هذه البحوث بالإضافة إلى النظرية التي تقدم بها عن التطور، مشجعة على دراسة الوراثة، مما أدى إلى اكتشاف القوانين والظواهر التي تقوم عليها فكرة إنتاج الذرة الهجين.

وقد كانت تجارب داروين معروفة حتى قبل نشرها، لدى عالم النبات الأمريكي آسا جراي (asa gray) الذي كان داروين على اتصال دائم به، ثم جاء وليام بيل أحد تلاميذ جراي، وكان كأستاذه من المعجبين بداروين ومن الذين يقنفون آثاره. وقد قام بيل في جامعة ميشيجان بإجراء بعض التجارب الدقيقة التي تستهدف تحسين الذرة باستخدام فكرة الهجين القوي، فاختار لذلك بعض الأصناف من الذرة الفلنت (flint)، والذرة دنت (dent)، وكانا شائعين في ذلك الوقت. ثم قام بزراعتها سويا في حقل واحد بعيداً عن الأنواع الأخرى من الذرة. ثم أزال (الشواشي)، وهي الأعضاء التي تحمل الأزهار المذكرة، من نباتات أحد الصنفين قبل أن تنضج وتطرح حبوب لقاحها. أما الأزهار المؤنثة الموجودة على هذه النباتات التي أزيلت أزهارها المذكرة فلقحت بحبوب اللقاح المستمدة من نباتات صنف آخر. وقد كانت الحبوب التي تكونت على النباتات مقطوعة "الشواشي" تمثل نوعاً من الهجين وتنتج نباتات مهجنة في الموسم التالي.

ولقد كانت الطريقة التي ابتدعها بيل لإحداث هذا التلقيح الخلطي بين نباتات الذرة بزراعة صنفين مختلفين في نفس الحقل وإزالة "الشواشي" من أحدهما ناجحة إلى حد بعيد، ولا تزال هي الطريقة المستخدمة لإنتاج تقاوي الذرة الهجين. ولكن إتمام التلقيح من صنفين غير مختارين يحتوي كل منهما على خليط من الصفات الوارثية بقصد تحسين كمية المحصول لا يحقق الغاية المنشودة، لأن الزيادة في كمية المحصول قلما تكفي لتغطية ما تتطلبه من وقت وعناية لإتمام العملية. أما الطريقة التي تصلح لتحقيق هذه الغاية من الوجهة العملية، فقد وضع أساسها جورج شل من معهد كارنيجي.

وقد توصل شل إلى نظريته حين قيامه ببعض الدراسات النظرية عن الوراثة، وكان قد بدأ هذه الدراسات سنة ١٩٠٥، وسبقها بعض الدراسات التي قام بها اثنان من العلماء هما: فرنسس جولتون ابن عم داورين، ولودونج جوهانسن وهو عالم دانمركي. أما جولتون فقد توصل إلى أن نتيجة التزاوج بين أبوين مختلفين تؤدي إلى أحد طريقين: أما أولهما فيتم فيه توارث الصفات بصورة متبادلة أو غير ممتزجة، كما يحدث عندما يتشابه لون الحيوان مع لون أحد أبويه. وأما الطريق الآخر فهو أن تتم الوراثة عن طريق امتزاج صفات الأبوين، وفي هذه الحالة يكون الابن وسطاً في صفاته بين الأبوين، كما يحدث في صفة الطول في الإنسان. وقد لاحظ جولتون فوق ذلك أن أبناء الأبوين الطويلين يكونون أقصر من آبائهم في المتوسط، كما أن أبناء الأبوين القصيرين يكونون أطول من آبائهم في المتوسط. وفي ضوء هذه الملاحظات وصل جولتون إلى قانون جديد سماه

قانون الارتداد (regression) معناه أنه عند ما يكون الأبوان فوق المتوسط أو تحت المتوسط في صفة ما، فإن الأبناء يتراجعون أو يتجهون نحو المتوسط.

ولكن هذا التراجع أو الارتداد قلما يكون كاملاً، وقد وجد جوهانسن (johannsen) في هذه الظاهرة فرصة سانحة للتحكم في الوراثة عن طريقة تربية الأفراد ذات الصفات المتطرفة في أجيال متتابعة. وقد حاول أن يختبر صحة هذا الفرض عملياً بمحاولة تربية نباتات منتقاة متطرفة في صفاتها. وقد انتقى نباتات فول ذات بذور كبيرة جداً وأخرى من نفس النوع ذات بذور صغيرة جداً. وقد وجد أن الانتقاء يكون ذا أثر واضح في الجيل الأول فقط. أما في الأجيال التالية فإن أثره لا يكاد يكون ملموساً، فاستنتج من ذلك أن النباتات التي يكون التلقيح فيها ذاتياً مثل الفول تنتج سلالة نقية، وتكون صفات جميع أفرادها متكافئة من الناحية الوراثية. أما الاختلافات التي قد تشاهد بينها فترجع إلى تأثير البيئة. وهو يعتقد أن السلالة غير المنتقاة التي نشاهدها في بعض النباتات مثل الفول الذي أجرى عليه تجاربه أول الأمر، إنما هي خليط من سلالات نقية تختلف فيما بينها في كثير من الصفات، ولكن كل فرد منها منتظم في صفاته.

وقد استخدمت نظرية جوهانسن عن السلالات النقية استخداماً واسعاً في تحسين السلالة وغيرها من النباتات ذاتية التلقيح. وكثير من أصناف القمح والشوفان والشعير والأرز والكتان التي تزرع في الوقت

الحاضر قد نتجت عن انتقاء السلالات النقية من بين خليط من هذه السلالات والعمل على إكثار الأنواع الممتازة منها.

ويرجع إلى شل (shull) الفضل في تطبيق نظرية السلالة النقية مع نبات الذرة والحصول على نتائج هائلة. وقد بدأ تجاربه محاولاً أن يحلل بعض الصفات التي يتم توارثها عن طريق الامتزاج. واختار لذلك عدد صفوف الحبوب في كوز الذرة باعتبارها صفة من الصفات الصالحة للدراسة، وتوصل بعملية التلقيح الذاتي إلى الحصول على عدد من سلالات الذرة التي تختلف عن بعضها من حيث عدد صفوف الحبوب في كل منها. وبسبب التلقيح الذاتي في هذه السلالات ضعفت في قوتها وإنتاجها ولكن كلا منها صار في النهاية منتظماً إلى حد بعيد. وقد استنتج شل من ذلك، وكان على صواب فيما استنتجه، وأنه توصل إلى فصل سلالات نقية من الذرة شبيهة بالسلات التي وصفها جاوهانسن في نبات الفول. ثم زاوج شل بين هذه السلالات النقية كخطوة أولى لدراسة توارث الصفة الخاصة بعدد صفوف الحبوب في الكوز. وكانت النتائج على جانب كبير من الأهمية وداعية إلى العجب؛ فقد كانت الهجائن الناتجة عن الخلط بين سلالتين نقيتين منتظمة جداً كآبائها. ولكنها كانت تمتاز عن آبائها بقوتها وضخامة حجمها وخصوبتها. وكان بعضها يمتاز بصورة واضحة عن النباتات الأهلية ذات التلقيح الخلطي التي استنبطت منها في باديء الأمر.

لقد أدى التلقيح الذاتي إلى فصل مجموعات الصفات الوراثية التي توجد في النوع الواحد مختلطة مع بعضها. وتلك هي الصفات التي ذكر داروين من قبل أن اتحادها هو الذي يعطي الهجين القوي.

وقد استنتج شل من ذلك أن التلقيح الذاتي إذا أتبع بتلقيح خلطي فإنه يهيئ لنا وسيلة لتحسين محصول الذرة. وقد سجل نتائجه ووصف طريقة لتربية الذرة على هذا الأساس في بحثين نشرا سنة ١٩٠٨ وسنة ١٩٠٩، واقترح أن تكون الخطوة الأولى هي العمل على فصل السلالات عن طريق التلقيح الذاتي، وأن تكون الخطوة التالية هي التلقيح الخلطي بين اثنين من هذه السلالات النقية. ولا يستخدم من الحبوب الناتجة في أغراض الإنتاج إلا أفراد الجيل الأولى الخلطي، لأن الهجين القوي لا يكون في أحسن صورة إلا في هذا الجيل. وتعتبر فكرة شل في رزاعة بعض السلالات النقية التي وصلت إلى درجة شديدة من الضعف، بقصد استخدامها في إنتاج الهجين القوي، نقول تعتبر هذه الفكرة جديدة وثورية في عالم النبات ولكنها انتصرت آخر الأمر وهي الآن الأساس الذي يتبع في تربية أنواع الذرة الهجين.

ولكن اقتراح شل فيما يتصل بالنقطة الثانية وهو إحداث التلقيح الخلطي بين السلالات الضعيفة التي يكون تلقيحها ذاتياً ويسمى تلقيحاً مفرداً (single cross) لا يعتبر اقتراحاً عملياً لإنتاج البذور، ويرجع ذلك غلى أن هذه الأصناف ذاتية التلقيح تكون ضعيفة الإنتاج إلى حد كبيرة.

وعلى ذلك فإن الحبوب المهجنة التي نحاول الحصول عليها بهذه الطريقة تكون غالية الثمن فوق ما ينبغي، إلا إذا أريد استخدامها في أغراض خاصة. وكان لا بد من طريقة أخرى للحصول على الذرة الهجين بطريقة عملية تتفق مع المكانة المرموقة التي يشغلها اليوم في عالم الزراعة. وقد تحقق هذا الأمل في محطة البحوث الزراعية التجريبية في كونكتي كت، في الحلقة الثانية من القرن الحالي. وتبدأ القصة في سنة ١٩٠٦ حينما وصل إدوارد إيست من جامعة إلينوي إلى هذه المحطة وأسهم في التجارب الخاصة بتربية الذرة مع بعض تلاميذ "بيل".

بدأ إيست سلسلة من البحوث عن تأثير التلقيح الذاتي والتلقيح الخلطي في نبات الذرة، وهي بحوث امتدت من ذلك الوقت حتى اليوم، وهيأت لنا كثيراً من المعلومات حول تربية نبات الذرة وإنتاجه وتأثير الانتقاء على تركيبه الكيماوي؛ فلقد كان إيست أول من نبه الأذهان إلى ضرورة الوصول إلى طريقة عملية لإنتاج الحبوب المهجنة. وكان على دونالد جونز (Donald jones) وهو أحد تلاميذ إيست وقد أشرف على تجارب كونكتي كت في سنة ١٩١٥، أن يصل إلى طريقة لحل هذه المشكلة.

أما طريقة جونز فتقوم على أساس استخدام حبوب ناتجة عن تلقيح ازدواجي (double cross) بدلاً من البذور ذات التلقيح المفرد، والنبات ذو التلقيح المزدوج يجمع بين صفات أربعة أصناف أو سلالات نقية. وهو ينتج عن تزاوج نباتين مفردي التلقيح. فإذا فرضنا أن لدينا سلالتين نقيتين

أ، ب. وأنهما اتحدتا لكي تنتجا النبات ذا التلقيح المفرد أ × ب وأن سلالتين نقيتين أخريين ج، د اتحدتا لتكونا النبات ذا التلقيح المفرد ج × د فإن صفات هذه السلالات الأربع تكون قد تجمعت كلها في النبات ذي التلقيح الازدواجي (أ × ب) × (ح × د) كما هو موضح في الشكل صفحة ٣٢٣.

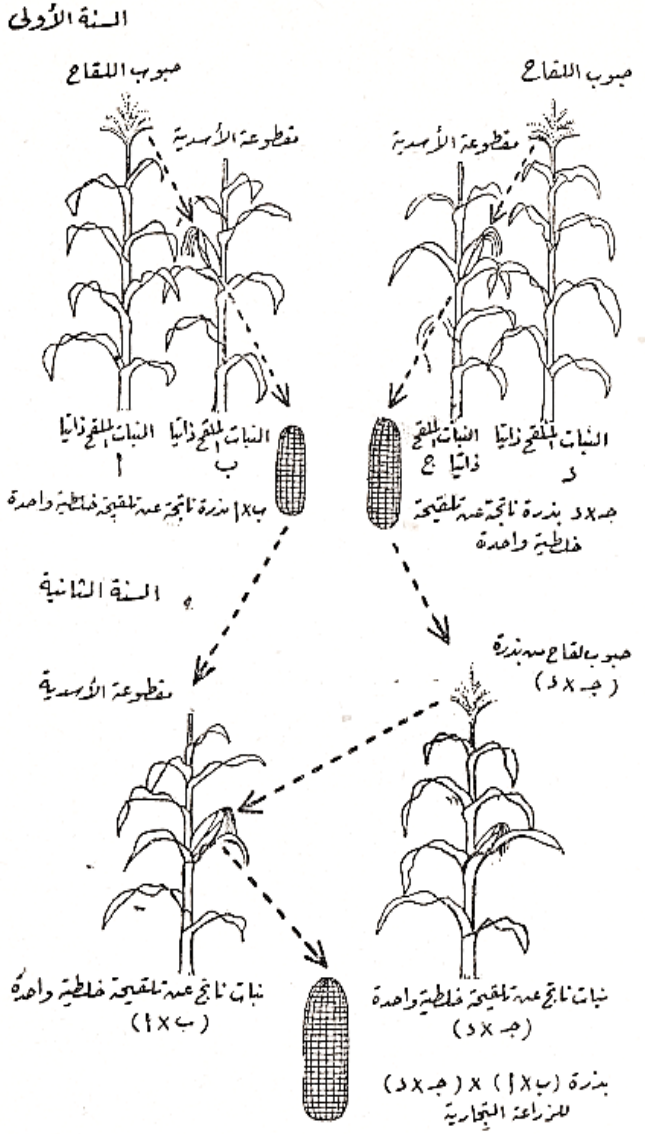
وقد يبدو استخدام هذه الطريقة مطولاً، إذا أنه يتطلب استخدام ثلاثة هجائن بدلاً من واحد. ولكن الواقع أن استخدام الهجائن المزدوجة يعتبر طريقة بارعة للاستفادة من كمية قليلة من الهجائن المفردة التي تنتج دائماً بكميات ضئيلة. فبينما يتطلب إنتاج الهجين المفرد استخدام كيزان صغيرة تحملها نباتات ذاتية التلقيح ذات أحجام ضئيلة، فإن حبوب الهجائن المزدوجة تتكون على نباتات تحمل كيزاناً ذات أحجام طبيعية تحملها نباتات قوية من الهجائن المفردة. ويمكن إنتاج آلاف من أردبات الحبوب من الهجائن المزدوجة باستخدام عدد قليل من أردبات الحبوب من الهجين المفرد. وتعتبر الوحدات التي تباع بها الحبوب من كلا النوعين السابقين مقياساً لثمنها. فبينما تباع حبوب الهجين المزدوج بالإردب، فإن حبوب الهجين المفرد تباع بالألف. حقيقة إن الهجائن المزدوجة لا تكون متظمة كحبوب الهجائن المفردة، ولكنها لا تقل عنها إنتاجاً، إن لم تفقها.

ويرجع إلى جونز الفضل في الوصول إلى تفسير جديد للهجين القوي، فلقد كان شل وإيس يعتقدان أن تكوين هذا الهجين يرجع إلى التفاعل المتبادل بين الخلية الذكرية وسيتوبلازم البويضة. ولكن جونز تقدم

بنظرية جديدة عن تكوين الهجين القوي، مؤداها أنه ينتج عن تجمع الصفات الممتازة التي تكون في الأبوين في الجيل الجديد الذي يمثله ذلك الهجين. وهذه الصفات الممتازة تكون في الغالب ذات سيادة جزئية، فإذا كان أحد الأبوين يحممل الصفات أ أ ب ب حـ حـ د د، وكان الأب الآخر يحمل الصفات أ أ ب ب حـ حـ د د ، فإن الهجين الذي ينتج في الجيل الأول يكون تركيبه الوراثي أ أ ب ب حـ حـ د د. ولما كانت الصفات أ، ب، حـ، د ليست صفات ممتازة فحسب، ولكنها ذات سيادة جزئية أيضاً، فإن الهجين الناتج يحمل صفات الامتياز الموجودة في الأبوين، فهو بذلك يفضل كلا منهما. وتختلف نظرية جونز عن نظرية مشابهة قديمة من حيث إنها ترى العوامل التي تشترك في العملية الوراثية كثيرة العدد جداً لدرجة أن الكروموسوم الواحد يحمل مجموعة من هذه الصفات، وعلى ذلك فإن هذه الصفات تورث في صورة مجموعات.

ويفسر لنا ذلك لماذا يكون الهجين القوي على أفضل ما يكون في الجيل الأول بعد الخلط، كما يفسر لنا لماذا يستحيل أن نستخدم عملية الانتقاء في الأجيال التالية لكي نجمع جميع صفات الامتياز في صنف جديد يشبه هجائن الجيل الأول أو يتفوق عليها، فالتجمع المثالي لهذه الصفات الذي يمكن تمثيله بالرموز أ أ ب ب حـ حـ د د، والذي يضم جميع الصفات الممتازة يستحيل الوصول إليه بسبب تجمع الصفات على الكرومروسوم الواحد؛ فقد يحدث مثلاً أن تكون الصفة ب، والصفة ح، محمولتين على نفس الكروموسوم في مكانين متقاربين، فيصعب لذلك انفصالهما عن بعض. وبرغم أن نظرية جونز ليست منتشرة انتشاراً عالمياً،

وأن تكوين الهجين القوي يحتمل أن يكون متأثراً ببعض العوامل الوراثية الأخرى فلا شك أنها وجهت الاهتمام نحو النواحي العملية في تربية هجين الذرة، ونستطيع أن نقول من الوجهة التاريخية إن الذرة الهجين قد انتقل من مجرد فكرة أو خطة قام بها شل إلى حقيقة عملية، بفضل طريقة جونز التي جعلت إنتاجه ممكناً والأساس النظري الذي يقوم عليه مفهوم وواضح. وقد لنتشرت زراعته ولم يستطع مقاومتها حتى أشد المربين تحفظاً، وما كادت سن ١٩١٧ تنتهي حتى وضعا الخطط لزراعته في كثير من الولايات. وفي سنة ١٩٣٣ ظهر في الأسواق بكميات وفيرة وأخذ قسم البحوث الزراعية في الولايات المتحدة يجمع الإحصائيات عنه. وفي سنة ١٩٥٠ بلغت مساحة الأراضي المزروعة بالذرة الهجين قرابة ٦٥ مليون فدان، وهو ما يعادل ثلاثة أرباع مساحة جميع الأراضي المنزرعة بالذرة.



الذرة الهجين نتيجة التلقيح المزدوج للسلالات الموضحة هنا. يلقح أولاً زوجان من النباتات ذاتية التلقيح (الرسم الأعلى) ثم تكرر العملية مع

الهجائن الناتجة منها (الرسم الأسفل).. التلقيح الثاني ضاعف عدد البذور الناتجة من التلقيح الأول إلى حد كبير.

وقد تحقق كل ذلك بفضل جهود الكثيرين من المشتغلين بتربية الذرة ممكن يعملون في قسم الزراعة بالولايات المتحدة وفي محطات إجراء التجارب وفي المؤسسات الصناعية الخاصة، ومن الرواد الأوائل في تربية الذرة الهجين: هنري ولاس وهربرت هايز وفردريك ريتش. وتتضمن عملية إنتاج الذرة الهجين في الوقت الحاضر ثلاث خطوات، ولمعرفتها ينبغي أن نفهم أولاً كيف يتكاثر نبات الذرة؛ فهذا النبات يعتبر فريداً من الأنواع المهمة من الغلال من حيث إن مجموعات أزهاره المذكرة والمؤنثة تكون منفصلة عن بعضها، ولكنها تكون محمولة على نفس النبات؛ فالسنبلة المؤنثة لا تحمل إلا أزهاراً مؤنثة يبلغ عددها بضع مئات أو أكثر، وهي محاطة بالقشور ولكل زهرة ميسمها الذي يستقبل حبوب اللقاح. أما الأزهار المذكرة فإنها تكون "الشواشي" التي يزيد عددها في النبات الواحد على الألف، ولكل زهرة مذكرة ثلاثة متوك أو جيوب حاملة لحبوب اللقاح، وينتج كل متك نحو ٢٥٠٠ حبة لقاح، ومعنى ذلك أن نبات الذرة الواحد ينتج في فترة إزهاره ملايين عديدة من هذه الحبوب، وهي حبوب صغيرة الحجم خفيفة الوزن تحملها الرياح بسهولة حتى إن سقوطها على مياسم أزهار النبات الذي ينتجها ذاته يعتبر أمراً نادراً.

وعلى ذلك فإنه تحت الظروف الطبيعية يكون التلقيح الخلطي بين هذه الأزهار هو القاعدة، وعند إجراء تجارب أو مشروعات إنتاج حبوب

الذرة تتخذ احتياطات خاصة للسيطرة على عملية التلقيح. وفي هذه الحالات يتم التلقيح غالباً داخل أكياس، إذ تحاط النوارات الصغيرة التي تحمل الأزهار المؤنثة بأكياس خاصة تصنع من ورق البارشمنت وتحاط بها الأزهار قبل أن تظهر مياسمها. وفي الوقت ذاته أو بعد ذلك ببضعة أيام تحاط "الشواشي" أيضاً بالأكياس حتى تتجمع فيها حبوب اللقاح، وتنتج التلقيحة الواحدة كوزا من الذرة يحمل مئات عديدة من الحبوب، ويتجمع في الكيس الواحد عدد كبير من حبوب اللقاح يكفي لتلقيح عدة مئات من النورات المؤنثة.

والخطوة الأولى في إنتاج الذرة الهجين هي فصل السلالات في أثناء تلقيحها حتى يكون تلقيحها ذاتياً. ويتم ذلك حتى الآن بنفس الطريقة التي اتبعها شل وإيست في تجاربهما لإتمام التلقيح الذاتي. وفي كل سنة يتم تلقيح مئات الآلاف من نباتات الذرة بهذه الطريقة ويستهلك في هذه العملية أطنان من الأكياس الورقية التي أصبحت صناعتها من الصناعات البسيطة القائمة في الوقت الحاضر.

والتلقيح الذاتي عملية يبلغ أثرها ثلاثة أضعاف الأثر الذي يحدث عندما يتم التزاوج بين الإخوة وأخواتهم. ففي هذه العملية يكون النبات هو نفسه الأب وهو الأم. وبعض النباتات كالقمح والأرز والشعير والشوفان يتم تلقيحها ذاتياً دون أن تضر بهذه العملية، فهي مهيأة طبيعياً لذلك. أما الذرة وهو نبات خلطي التلقيح بطبيعته، فإنه يتأثر بهذه العملية غاية التأثر؛ ففي الأجيال الأولى يظهر عليه كثير من نواحي الشذوذ، فقد

تصير البذور معيبة والنباتات يميل لونها إلى الأبيض الباهت، وقد تكون مخططة ومصابة بكثير من أعراض نقص الكلوروفيل. وقد كان يظن في وقت من الأوقات أن هذه الأعراض تحدث بسبب تربية النباتات وتزاوجها بطريقة غير طبيعية. ولكنه قد اتضح في الوقت الحاضر أن التزاوج الذاتي يظهر الصفات السيئة التي تكون موجودة فعلاً والتي تبقى تحت ظروف التزاوج الخلطي مستورة لأنها صفات متنحية. والواقع أن عملية التلقيح الذاتي تساعد على كشف المستور من عيوب النباتات، وتهيئ للمربي الفرصة للتخلص من هذه العيوب في الأصناف التي يربيها.

ولا يكاد ينقضي خمسة أو ستة أجيال من التلقيح الذاتي، حتى تكون الأصناف الناتجة قد بلغت درجة عظمى من الانتظام؛ فهي بذلك تفوق في انتظامها أي نوع من الأنواع التي تظهر على طبيعتها، وجميع النباتات التي تنتسب إلى صنف معين متكافئة في صفاتها الوراثية، أو هي قريبة من درجة التكافؤ. ويظهر هذا التكافؤ في جميع خواصها الظاهرية والفسيولوجية. ولا يزيد إنتاج هذه السلالات النقية المنظمة على أحسن تقدير وفي أحسن الأنواع عن نصف ما تنتجه الأصناف التي استنبطت منها في الأصل. بل إن كثيراً منها ينتج أقل من ذلك بكثير. والواقع أنه لهذه السلالات النقية من قيمة إلا عند ما تستخدم لإنتاج الأنواع المهجنة.

وقد هيأ التلقيح الذاتي، مصحوباً بعملية الاختيار، للقائمين على تربية الذرة كثيراً من السيطرة على الصفات الوراثية لهذا النبات، ولا تقتصر الجهود التي تبذل في هذا الميدان في الوقت الحاضر على تحسين

الإنتاج فحسب، بل تستهدف تحسين الصفات الأخرى كذلك؛ فجميع الذرة المزروعة في مناطق الذرة بالولايات المتحدة قد ربيت لكي تكون لها سيقان قوية تبقى منتصبة خلال فصل الخريف، وهي صفة مهمة بالنسبة لجمع المحصول بالطرق الآلية. ويتجه بعض المربين إلى تعديل الصفات بما يتناسب مع الآلات، فهم يفضلون الهجائن التي تحمل كوزين أو ثلاثة كيزان صغيرة عن تلك التي تحمل كوزاً كبيراً واحداً.

ومن الصفات ذات الأهمية كذلك مقاومة الذرة للجفاف، وقد عرفت أهمية هذه الصفة خلال أيام الصيف الحارة في الفترة من سنة ١٩٣٠ إلى ١٩٤٠ واتجهت الجهود نحو إنتاج أنواع تقاوم ظروف الجفاف،، كما ربيت بعض أصناف الذرة الهجين لكي تقاوم الأمراض المختلفة، بل إنه قد أمكن بعمليات الانتقاء استنباط أصناف تقاوم تأثير الحشرات، فبعض أصناف الذرة تقاوم أضرار البق، والبعض الآخر لا يتأثر بديدان الجذور ويستخدم المربون في الجنوب أنواعاً من الذرة لها قشور تحيطها بإحكام قد تساعد على وقاية الكيزان من هجمات ديدان الكيزان ومن السوس. ويذهب مربو الذرة في الأرجنتين إلى أنهم استطاعوا أن ينتجوا سلالات تحتوي أوراقها على مادة مرة لوقاية النبات من هجمات الجراد والنطاط. وتتجه الجهود في الولايات المتحدة إلى إنتاج أنواع جديدة تقاوم ثاقب الذرة والمن.

وبعد التلقيح الذاتي تأتي الخطوة الثانية في إنتاج الذرة الهجين، وهي اختبار السلالات النقية من حيث مدى صلاحيتها للتزاوج فيما بينها

لإنتاج هجائن جديدة. ولا يتم ذلك في الغالب إلا بعد استبعاد السلالات التي تشتمل على صفات غير مرغوب فيها. ويتم ذلك بتلقيح جميع السلالات من أب مشترك يكون في الغالب من الأنواع ذات التلقيح الخلطي، ثم تقارن الأفراد الناتجة ويتخلص المربي من السلالات الضعيفة منها، أما السلالات الأخرى فإنها تختبر بإنتاج هجائن مفردة أو هجائن مزدوجة. ولا ينتقى في الغالب من بين كل مائة من السلالات النقية أكثر من واحد أو اثنين مما ثبتت صلاحيتها لإنتاج الهجائن المطلوبة.

والخطوة الأخيرة في إنتاج البذور المهجنة هي تزاوج السلالات المنتقاة لتكوين أصناف من الهجائن تستخدم في الأغراض التجارية؛ ففي الذرة الحلو، وبخاصة ما يستخدم منه "للتعليب" أي التعبئة داخل العلب، يكون انتظام الكيزان في الحجم والشكل أكثر أهمية من ثمن الحبوب، ولذلك فإن هذا النوع يكون من الهجائن المفردة التي يراعى فيها الانتظام ولا يهم فيها ارتفاع الثمن. أما في الذرة الذي يستخدم في الزراعة، فإن ثمن التقاوي يعتبر من العوامل المهمة في الإنتاج. ولذلك فإن الحبوب التي تستخدم لهذا الغرض تكون من الهجائن المزدوجة، فبمساحة محدودة من الأرض وقدر محدود من الجهد يمكن إنتاج كمية من البذور المزدوجة تبلغ ضعفي أو ثلاثة أضعاف كمية الحبوب من النوع المفرد

ولما كان الجيل الثاني من الهجين ينحدر في إنتاجه بصورة واحدة، كما يقل انتظامه، فإن يكتفى بإنتاج محصول واحد من الذرة المهجنة. وعلى ذلك فلا بد أن يشتري الفلاح تقاو جديدة في كل موسم، وقد صار إنتاج

الذرة الهجين في الوقت الحاضر عملاً ضخماً بالغ التخصص يشبه في ذلك صناعة العقاقير، ويتجه الإنتاج نحو توفير مئات من الهجائن المختلفة التي تلائم مختلف الظروف والتربة والأجواء. وهي مثل الأمصال والسيرم لا يمكن التفرقة بينها من مظهرها الخارجي وإنما من صفاتها الوراثية التي تميز كل صنف عن آخر. وقد تعلم الفلاحون أن يشتروا هذه الهجائن على أساس هذه الصفات.

وإن شيوع زراعة الذرة الهجين في جميع أنحاء الولايات المتحدة، بل وفي كثير من أنحاء العالم له خطورته، فقد صار الفلاحون لا يزرعون في الوقت الحاضر الأصناف التي تلقح تلقيحاً خلطياً. وقد يؤدي ذلك إلى اختفاء هذه الأصناف واندثارها. وقد صار فعلاً أكثر من ٩٩% من مساحة الأراضي المنزرعة بالذرة في كثير من الولايات التي تقع في مناطق زراعة الذرة لا يزرع بها إلا الأنواع المهجنة. وفي ولاية أيوا وصلت هذه النسبة إلى ١٠٠% ، ولا شك أن ضياع أو اندثار الأصناف التي اشتقت منها هذه الهجائن الحديثة، ليس معناه عدم القدرة على مواصلة تحسين هذه الأنواع فحسب، بل معناه أيضاً عدم القدرة على استباط أصناف جديدة تستطيع أن تقاوم الأمراض أو الحشرات الجديدة التي قد تهاجم هذه الأصناف. وسوف يفقد نبات الذرة أيضاً قدرته على الملاءمة مع التغيرات الجوية؛ فالأصناف ذات التلقيح الخلطي لها قدرة على الملاءمة مع التغيرات الجوية، فالأصناف ذات التلقيح الخلطي لها قدرة عجيبة على ملاءمة نفسها للظروف، كما أن لها مرونة وراثية كبيرة. أما الذرة الهجين وهو عينة مختارة من أصل له صفات وراثية متعددة، فقد فقد هذه المرونة.

وقد أدركت أقسام البحوث الزراعية بالولايات المتحدة هذا الخطر، واتخذت خطوات للمحافظة على الأنواع خلطية التلقيح في مناطق الذرة. ومن المهم أيضاً المحافظة على الأنواع الأخرى من الذرة التي تزرع في المناطق الأخرى من الولايات المتحدة ومن أقاليم أمريكا اللاتينية. وكثير من الأصناف الأمريكية ترجع في أصلها إلى المكسيك. وذرة المكسيك بدوره له صلات قديمة بالذرة الموجود في أمريكا الوسطى وأمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية وقد يأتي يوم تستخدم فيه هذه الأصناف التي تستوطن الأقاليم الجنوبية استخداماً مهمًا كمصدر لصفات جديدة تعمل على تحسين نبات الذرة أو ربما تعمل على نجاته من شر طارئ جديد؛ ولذلك فإن المجلس القومي للبحوث يعمل بالتعاون مع قسم الزراعة وغيرها من الهيئات المعنية بالأمر على جمع الأصناف المستوطنة في المناطق المختلفة التي تهتم بزراعة الذرة ويعمل على صيانتها.

فماذا يخبئ المستقبل للذرة الهجين؟.. إن ذلك يتوقف إلى حد كبير على ما يدور من البحث حول النواحي الوراثية للذرة. ولسوء الحظ أن الاكتشافات الجديدة ليست متمشية مع التطبيقات العملية؛ فالمهتمون بتربية الذرة كغيرهم من المهتمين بالنواحي التطبيقية في العلوم في الميادين الأخرى، ينفقون من رصيد البحوث السابقة المتجمد لديهم دون أن الأساس الوراثي الذي يقوم عليه الهجين القوي والذي له أهمية عملية فوق أهمية نظرية لا يزال مجهولاً حتى اليوم.

ومن الممكن الاستفادة إلى حد كبير من تطبيقات النظريات الموجودة حالياً، وقد اتجهت الجهود فعلاً نحو إنتاج أنواع خاصة من الذرة لتحقيق أغراض خاصة، فقد أنتج مثلاً نوع من الذرة البيضاء التي تحتوي على نسبة عالية من المادة الكربوهيدراتية المسماة أميلوبكتين واستخدمت في بعض الأغراض الصناعية مثل صناعة التابيوكا (tapioca) وهي نوع من النشا المحبب يستعمل في أراض غذائية خاصة، فهو يضاف إلى الحساء وإلى بعض الفطائر ليكسبها قواماً غليظاً. وقد استنبط المربون نوعاً من الذرة تحتوي على نسبة عالية من البروتين. ومن الممكن استنباط أنواع من الذرة تحتوي على نسبة عالية من البروتين. ومن الممكن أستنباط أنواع من الذرة تحتوي على نسبة أعلى من مجموعة فيتامين ب المركب (b . complex) المضاد لمرض البلاجرا، وبخاصة مادة النياسين التي اشتهر الذرة بنقصه فيها.

وسوف تتحسن طرق الإنتاج دون شك. ويتم الآن تجربة طريقتين للحصول على أصناف منتظمة دون الالتجاء إلى سلسلة طويلة من تجارب التلقيح الخلطي، وتجرب إحدى هاتين الطريقتين في الوقت الحاضر في جامعة أيوا تحت إشراف شرت تشيز (sherret chase) وتقوم هذه الطريقة على استخدام نباتات تحتوي على نصف عدد الكروموسومات الذي يظهر في النباتات الطبيعية، ومثل هذه النباتات تكون في الغالب ضعيفة وعقيمة وليس لها قيمة في ذاتها. ولكن عدد الكروموسومات بها يمكن أن يتضاعف إذا ما عولجت بالمادة شبه القلوية المسماة الكولشسين (colchicine) فإذا حدث ذلك فإنها تنتج نباتات تحتوي على العدد الطبيعي من الكروموسومات. ولما كانت جميع الكروموسومات مشتقة من

خلايا أب واحد، فإن النباتات المتكونة بهذه الطريقة تكون تامة النقاء من حيث صفاتها الوراثية، بل إنها تكون أكثر انتظاماً من النباتات الناتجة عن التلقيح الذاتي.

وهناك طريقة أخرى مختصرة للحصول على أصناف منتظمة، وذلك باتباع الطريقة التي اقتحمها تشارلز بيرنهم من جامعة مانيسوتا، وتقوم على معالجة الحبوب بالأشعة السينية للحصول على صنف جديد من الذرة تكون كروموسوماته مكسرة ومختلطة بعضها ببعض بحيث لا يمكن ان تزدوج مع الكروموسومات التي بالنباتات الطبيعية عند تهجينها معها. ومثل هذه الهجائن عندما تلقح تلقيحاً ذاتياً، تنتج نوعين من النباتات يكون أحدهما طبيعياً في كروموسوماته ونقياً في صفاته، أما نباتات النوع الآخر فإنها تكون مكافئة للسلالات التي تلقح تلقيحاً ذاتياً.

وعملية قطع الشواشي التي تسبق التلقيح، تتجه الجهود أيضاً نحو تبسيطها؛ فهذه العملية تعتبر أشق وأغلى عملية في إنتاج الذرة الهجين ولا بد من تدريب آلاف من العمال المؤقتين سنوياً، ومعظمهم من طلاب المدارس الثانوية على القيام بهذه العملية. وتستخدم إحدى المزارع وحدها أكثر من ٢٠٠٠٠ عامل خلال موسم تقطيع "الشواشي" ويقدر أقصى عدد من العمال الذين يحتاج إليهم للقيام بهذه العملية بـ ١٢٥٠٠٠ شخص في اليوم الواحد في الولايات المتحدة، وقد بذلك جهود كبيرة لتبسيط هذه العملية أو للاستغناء عنها بالكلية، ولكن هذه الجهود لم تكلل بالنجاح حتى الآن. ويلوح أن ما يعتبر حلاً جزئياً للمشكلة قد

اكتشف وهو يتضمن نوعاً من التعقيم من نبات الذرة يمنع الأزهار المذكرة من تكوين حبوب اللقاح، وهي صفة لا يمكن نقلها إلا بوساطة البذور.

وقد أثبت – ماركس رودس – من جامعة إلينوي أن هذا النوع من العقم لا يورث بوساطة الكروموسومات ولكن بوساطة سيتوبلازم الخلايا التناسلية، وقد وجدت بالتراك مع جونز أن من الممكن إدخال هذه الصفة على أي صنف يتلقح تلقيحاً ذاتياً بتلقيحه خليطاً، وأن من الممكن أن تغني عن هذه العملية إزالة "الشواشي"، فإذا تم التزاوج بين فرد عقيم وآخر خصيب من النباتات التي تتلقح تلقيحاً ذاتياً فإن الناتج يكون هجيناً مفرداً عقيماً. وإذا زرع هذا النبات في حقل تلقيح فإنه لا يحتاج إلى عملية قطع الشواشي، كما أن الهجين المزدوج الناتج يكون عقيماً أيضاً فهو لا ينتج حبوب لقاح. ولكن يمكن تلقيحه إذا زرع مع نسبة معينة من الهجائن المزدوجة الخصيبة المناسبة.

وهناك طريقة أخرى للحصول على محصول من هذه النباتات عن طريق منعها من العقم بتزويجها لأحد الأصناف التي تحمل صفة إعادة الخصوبة، وهذه الطريقة التي ثبت نجاحها إلى حد كبير في المزارع التجريبية التي أشرف عليها جونز. تعتبر أحدث الطرق لمعالجة هذه المشكلة، فهي تستخدم العوامل الوراثية التي يحملها السيتوبلازم لتجعل النبات عقيما في الوقت الذي يراد به أن يكون عقيماً، ثم تستخدم العوامل الوراثية التي تحملها الكروموسومات لكي تجعله خصيباً في الوقت التي تظهر الحاجة فيه

إلى الخصوبة. وقد أمكن إنتاج هجائن بهذه الصورة على نطاق تجاري لأول مرة سنة ١٩٥١.

ويوضح الذرة الهجين أهمية العلاقة المتينة بين الدراسات النظرية والتطبيقات العملية؛ فالدافع العملي لتحسين الذرة قد لعب دوراً، ولكن إنتاج الذرة الهجين يرجع إلى حد كبير إلى البحوث التي لم تكن إنتاج الذرة الهجين يرجع إلى حد كبير إلى البحوث التي لم تكن تستهدف إلا توسيع دائرة الدراسات النظرية في علم الوراثة، والتقدم الذي من هذا النوع خليق أن يحدث في مجتمع حر يبحث الناس فيه عن الحقائق لذاتها دون نظر إلى غايات نفعية. وفي حالة الذرة الهجين كان القائمين على تربيته أن يرجعوا إلى الخلف خطوات قبل يتقدموا خطوة إلى الأمام؛ فالخطوة الأولى في سبيل الحصول عليه وهي التلقيح الذاتي، لم تكن تؤدي إلى تحسين مباشر في المحصول، بل إلى نقص شنيع في الإنتاج. وقد كان مربو الذرة يلجأون إلى زراعة حقولهم التجريبية التي تشتمل على النباتات الضئيلة ذاتية التلقيح بعيداً عن أعين الجمهور، كي يتجنبوا ما قد يوجه إليهم من نقد نتيجة لاتباعهم هذه الطريقة التي تجعلهم يرجعون إلى الوراء وينتجون نباتات هزيلة.

وأهم مزايا الذرة الهجين وأمثاله من التطبيقات العملية لعلم الوراثة، هو أثرها في تحسين إنتاج الطعام في العالم. ويتضح الدور الذي لعبه الذرة الهجين في هذا السبيل من المثالين التاليين، ففي أثناء حرب الثلاث السنوات من سنة ١٩٤٢ إلى سنة ١٩٤٤ استطاع الفلاح الأمريكي

برغم النقص الشنيع في الأيدي العاملة والظروف الجوية السيئة أن ينتج كمية من الذرة تعادل ٩٠% مما أنتجه خلال أربع السنوات السابقة التي كان يرفرف فيها السلام، وهي ذاتها السنوات التي زاد فيها الإنتاج زيادة لم يسبق لها مثيل، ومعنى ذلك أن الذرة الهجين قد مكن الفلاح من إضافة ٢٠% من المحصول إلى ما كان قد حققه من إضافات في السنوات السابقة. وبفضل الذرة الهجين لم تعان الولايات المتحدة من أزمة نقص الغذاء داخل حدودها، بل إنها كانت قادرة على تصدير كميات هائلة من الغذاء إلى الخارج لحلفائها، وذلك بالإضافة إلى ما كان لديها من فائض استخدام في صناعات الكحول والمطاط الصناعات والمفرقعات وغيرها من المواد الحربية.

وفي نهاية الحرب أدى فائض الطعام رسالة أخرى في تدعيم السلام لم تكن أقل أهمية من رسالته أيام الحرب، ففي العام الذي انتهى في ٣٠ يونيو سنة ١٩٤٧ استطاعت الولايات المتحدة أن تشحن إلى المجر وغيرها من الأقاليم الأوروبية التي مزقتها الحرب ١٨ مليون طنا من الطعام. وقد كان الذرة يمثل في لغة الأرقام والسعرات الحرارية ما يكافئ ٧٢٠ مليون بشل (busheis) من الذرة. وفي نفس أمكن زيادة محصول الذرة في الولايات المتحدة بفضل استخدام الذرة الهجين بما يساوي ٨٠٠ مليون من البشلات. ومعنى ذلك أن زيادة دخل الولايات المتحدة من هذا المحصول وحده كانت تكفي لسد العجز في الطعام في جميع دول أوروبا خلال السنوات الأولى التي تلت الحرب مع ترك فائض من الطعام.

وقد أثبت الذرة الهجين أنه العامل المساعد الذي يؤثر في جميع نواحي الاقتصاد الزراعي أينما مسها. ولم يكد أشد الفلاحين تشككاً وتحفظاً يتبينون فضل الذرة الهجين وامتيازه، حتى لجأوا إلى محطات التجارب باحثين عن المزيد من التجديدات التي تكشف عنها البحوث الزراعية. ويؤدي ارتفاع ثمن تقاوي الذرة الهجين إلى جعل الناس يبذلون أقصى ما لديهم من الجهود في سبيل الحصول على الإنتاج الوفير، وقد أدى ذلك في الولايات المتحدة إلى تحسين أساليب الزراعة، باستخدام الأسمدة والدورات الزراعية والنباتات المخصبة التربة مثل النباتات البقلية التي تستطيع تجميع المخصبات النيتروجينية من الجو، وقد كان من نتيجة كل ذلك ازدياد محصول الذرة في الحقول التي يقوم الفلاحون الأمريكيون بزراعتها لحسابهم الخاص فوق ما تنتجه محطات التجارب.

فبينما لا يزيد المحصول في حقول التجارب عن مقدار يتروح بين ٢٠%، ٣٠% من الذرة المعتاد ذي التلقيح الخلطي الذي اشتق منه الذرة الهجين، فقد زاد إنتاج الفدان على أيدي المزارعين بما يقرب من ٥٠% . فبينما كان إنتاج الفدان في الفترة من سنة ١٩٣٠ إلى سنة ١٩٤٠ نحو ٢٢ من البشلات عندما بدأ الناس يستخدمون الذرة الهجين استخداماً تجارياً، فقد وصل إلى ٣٣ من البشلات في الفترة من سنة ١٩٤٠ إلى سنة ١٩٥٠ عندما شغلت زراعته ما يزيد عن ٧٥% من مساحة جميع الأراضي المنزرعة بالذرة. وفي الظروف المناسبة كثيراً ما يصل إنتاج الفدان الواحد إلى ١٠٠ بشلة وفي بعض الأحوال النادرة قد يصل

إلى ٢٠٠، وترجع هذه الزيادة إلى استخدام المخصبات ووسائل تحسين التربة الأخرى بجانب مزايا الذرة الهجين.

ويبشر نجاح الذرة الهجين في الولايات المتحدة بنجاح زراعته في الأماكن الأخرى التي تهتم بزراعة الذرة. ومن الأقاليم التي سوف تنتفع بزراعة الذرة الهجين إيطاليا التي كان من حسن حظها أن تستخدم الهجائن التي تكونت في الولايات المتحدة؛ فالذرة الهجين من النباتات التي تخلق لبيئة معينة، بحيث يكون من النادر نجاحها عندما تزرع في بيئة أخرى بل عند انتقالها من منطقة إلى أخرى. ولكن إيطاليا شذت عن هذه القاعدة، وهي الآن تستورد تقاوي الذرة الهجين من الولايات المتحدة بكميات كفت لزراعة ما يقرب من مليون فدان في سنة ١٩٥٠

وفي أقاليم أمريكا اللاتينية التي يعتبر الذرة في كثير منها النبات الأساسي للطعام، أنشئت كثير من الهجائن المناسبة للظروف المحلية، كما وضعت برامج مشابهة بقصد تحسين أنواع الذرة عن طريق التهجين في المكسيك وجواتيمالا وسلفادور وكوستاريكا وكوبا وكولومبيا وفانزويلا والبرازيل وأورجواي والأرجنتين وبيرو وشيلي. ومشروع تحسين الذرة في المكسيك مشروع تعاوني تشرف عليه الحكومة ومؤسسة روكلفر وقد بدأ في سنة ١٩٤٣ ونجح نجاحاً كبيراً بحيث أصبح له أهميته في الاقتصاد الأمريكي. وفي سنة ١٩٤٨ – ولأول مرة منذ سنة ١٩١١ – أنتجت المكسيك ما يسد حاجة السكان من الذرة. ويعتبر الذرة أكثر أهمية بالنسبة لسكان المكسيك منه في الولايات المتحدة، ففي الولايات المتحدة

يستخدم ثلاثة أرباع الذرة غذاء للمواشي فتتحول إلى لحم ولبن وبيض وغيرها من المنتجات الحيوانية التي تصل أخيراً إلى المستهلك. أما في المكسيك فإن الذرة يستخدم مباشرة، فهو الغذاء الشعبي والخبز اليومي لملايين الناس على مدار السنة، وعلى ذلك فإنه يعتبر الوقود الذي يدير الآلات البشرية مما يجعل للذرة معنى مقدساً بالنسبة للفلاح المكسيكي، كما كان له معنى مقدس لدى أجداده في القرون الغابرة. ومع ذلك فإن الفلاح يتطلع إلى التجديد باستخدام الأنواع الجديدة من الذرة كما يفعل زميله الأمريكي.

وما أمكن عمله مع نبات الذرة تطبيقاً لنظرية الهجين القوي، يمكن عمله مع أي محصول آخر صالح للتهجين، فمن أمثلة ذلك نباتات العائلة القرعية التي يسهل تهجينها، فهي مثل الذرة تحمل أزهاراً مذكرة وأخرى مؤنثة منفصلة عن بعضها، ولكن على نبات واحد. وعلى ذلك فإنه يسهل تلقيحها ذاتياً لإنتاج السلالات النقية كما يسهل إزالة أعضاء التذكير فيها لإتمام التلقيح الخلطي.

وتزرع في الوقت الحاضر هجائن من الخيار والقرع والبطيخ، وهي تمتاز كالذرة الهجين بالقوة والخصوبة والانتظام. أما النباتات التي تجتمع في أزهارها أعضاء التذكير والتانيث، فتعتبر أصعب تهجيناً، ففي بعضها مثل الطماطم حيث تكون الأجزاء الزهرية كبيرة نسبياً، وحيث تحتوي الثمرة على عدد كبير من البذور، من الممكن أن تتم عملية التلقيح باليد، أما في بعض الأنواع الأخرى مثل البصل وبنجر السكر حيث تكون الأزهار على

درجة كبيرة من الصغر ومن الرقة بحيث تصعب إزالة أعضاء التذكير فيها على نطاق تجاري متسع، فتتبع بعض الطرق للتعقيم عن طريق السيتوبلازم، كما وصفنا ذلك من قبل في حالة نبات الذرة. وقد اتبعت مثل هذه الأساليب منذ بضع سنوات، ولما كان البصل وبنجر السكر يزرعان لأجزائهما الخضرية، فليس هناك مشكلة إعادة الخصوبة إلى الهجين الأخير. ومن النباتات الأخرى التي تستخدم او تختبر فيها فكرة الهجين القوي الشعير والشوفان.

وقد امتد العمل على نظرية الهجين القوي إلى الحيوانات المستأنسة، فقد أصبح إنتاج الدجاج الهجين من المشروعات الضخمة التي تلي في أهميتها إنتاج الذرة الهجين. والخنازير المهجنة أصبحت شائعة في الوقت الحاضر، كما أن الأغنام والمواشي المهجنة في طريقها إلى الظهور، وليس هناك مشكلة حول التلقيح في حيوانات المزرعة لأن الحيوانات بطبيعتها منفصلة الأجناس، ولا يمكن أن تنتج إلا بالتلقيح الخلطي.

ولكن المشكلة الحقيقية هنا هي الحصول على السلالات النقية عن طريق التلقيح الذاتي؛ فأقصى ما يمكن الوصول إليه في هذا السبيل هو التزاوج بين الأخوة وهو ضعيف في تأثيره عن التلقيح الذاتي في النباتات إذ لا يتعدى تأثيره ثلث ما للتلقيح الذاتي من تأثير.

ولما كان للحيوان الفرد قيمة في ذاته أكبر مما للنبات الفرد، فإن الالتجاء إلى عملية التلقيح الذاتي أو التزاوج القريب تعتبر غير عملية في

حالة الحيوانات. ومع ذلك فإن النتائج التي تحققت حتى اليوم تبشر بنجاح كبير، فالدجاج المهجن أسرع نمواً ويضع كميات أكبر من البيض. والخنازير المهجنة تعطي كمية أكبر من اللحم وتحتاج إلى كمية أقل من الغذاء. والمواشي المهجنة تكون لحماً أكثر في زمن أقل. وقد وجد القائمون على تربية الحيوانات، كما وجد القائمون على تربية الذرة أن فكرة الهجين القوي تعتبر قوة ضخمة يمكن استخدامها في تحسين الخواص الفسيولوجية للحيوانات.

إن الزمن يتقدم بسرعة نحو الوقت الذي تصير فيه الغالبية من نباتاتنا المزروعة وحيواناتنا المستأنسة من الأنواع المهجنة. ولقد دلنا الذرة الهجين على الطريق ولا يزال الإنسان في بداية الطريق لاستغلال مزايا التهجين.

الفهرس

تقديم ٥

مقدمة المترجم ١٣

القسم الأول: مواد النمو

الأوكسينات ٢٠

السيطرة على عملية الإزهار في النبات ٣٦

سقوط الأوراق في النبات ٥٢

مواد نمو جديدة في النبات ٦١

القسم الثاني: الطقس والزراعة

الطقس والزراعة ٧٤

القسم الثالث: النمو والشكل

النمو في فطر عيش الغراب ١٠٠

شكل الورقة ١١٠

مزارع الأنسجة ١٢٠

الفصل الرابع: أوراق خضراء وأوراق حمراء

التقدم في عملية التمثيل الضوئي ١٣٢

ألوان الخريف ١٤٦

القسم الخامس: ديناميكا النبات

الحركة في النبات ١٦١

ارتفاع الماء داخل النباتات ١٧٠

القسم السادس: التطور والمجتمع النباتي

الأشجار الخانقة ١٨١
نباتات كراكتوا ١٨٩
بيئة النباتات الصحراوية ٢٠٣
دراسة العلاقات الاجتماعية والكيميائية بين النباتات ... ٢١٧
التلقيح في الأزهار ٢٢٨

القسم السابع: تطبيقات علم الوراثة

نبات القمح ٢٤٥
نبات الذرة الغامض ٢٧٨
الذرة الهجين ٢٩٣