التقدم العلمي

AL-TAQADDUM AL-ʿILMĪ

مجلة علمية فصلية تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

العدد 83 – صفر 1435 هـ – ديسمبر 2013 م – December 2013 No.83

علم الوراثة

آفاق واعدة في خدمة البشرية

التقدم العلمي العدد 83 صفر 1435 هـ ديسمبر 2013م

December 2013 No.83

❖ رئيس مجلس الإدارة

حضرة صاحب السمو أمير البلاد

الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

حفظه الله ورعاه

أعضاء مجلس الإدارة

أ.د.فايزة محمد الخرافي — الشيخة حصة صباح السالم الصباح

د.عبد المحسن مدعج المدعج — أ.أسامة محمد النصف

أ.علي أحمد البغلي — د. عادل خالد الصبيح

المدير العام

د. عدنان أحمد شهاب الدين

التقدم العلمي
AL-TAQADDUM AL-ʿILMĪ

مجلة علمية ثقافية فصلية تصدر عن مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

العدد 83 - صفر 1435 هـ - ديسمبر 2013م

December 2013 No. 83

رئيس التحرير

د. سلام أحمد العبلاني

المحرر العلمي

د. عبدالله بدران

سكرتير التحرير

د. طارق البكري

المتابعة والتوزيع

مها صلاح الدين

الإخراج والتنضيد

خالد مصطفى عادل

رمزي فيصل الهريمي

سهام أحمد حسين

الهندسة الوراثية

شغلت الهندسة الوراثية اهتمام العلماء منذ القدم، حتى تمكن هؤلاء من إحداث ثورة في مجال هندسة الجينات التي ترتبط بمجموعة من التجارب البيولوجية في مجالات متعددة رافقت التطورات العلمية التي شهدها القرن العشرين.. وفي ملف هذا العدد من مجلة التقدم العلمي نسلط الضوء على بعض جوانب هذه الثورة العلمية الكبرى التي أحدثت تغيراً كبيراً في مسار العلوم عبر التاريخ.

ص. ب : 25263 الرمز البريدي 13113 الصفاة-الكويت

فاكس : 22415520(965+) هاتف : 22415510(965+)

P.O.Box: 25263 - P.C.13113 Safat - Kuwait

Fax. (+965) 22415520 - Tel. (+965) 22415510

e-mail: magazine@kfas.org.kw

جميع المراسلات ترسل باسم رئيس تحرير مجلة التقدم العلمي
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

Correspondence : Editor-in-Chief
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

ما تتضمنه موضوعات المجلة يعبر عن وجهة نظر كتابها
ولا يمثل بالضرورة وجهة نظر المجلة، ويتحمل كاتب المقال جميع الحقوق الفكرية المترتبة للغير.

من إصدارات المؤسسة

كتاب المعرفة

دليل لكل شيء طالما رغبت بمعرفته

تأليف: مايلز كيلي
ترجمة: د. خالد مسعود شقير

يتضمن الكتاب معلومات مهمة ومختصرة، مزودة بشروح ورسوم وصور وجداول، عن ثمانية موضوعات يرغب كل إنسان في معرفتها والاطلاع عليها، وهي الكون، وكوكب الأرض، والحياة على كوكب الأرض، والشعوب، والدول، والتاريخ، والعلم والتكنولوجيا، والفنون والثقافة.

هل يصبح الجنس البشري رهينة لعلم الوراثة؟

رئيس التحرير
د. سلام أحمد العبلاني

انتشر في السنوات الماضية مفهوم خطير يعرف بالتعديل أو التحسين الوراثي القابل للتوريث في البشر. ويعني هذا المفهوم تغيير الجينات البشرية بطريقة تتيح نقلها إلى الأجيال المستقبلية. حيث تتم عملية التعديلات الوراثية إما أثناء عملية الإخصاب في أنابيب الاختبار (كما في طفل الأنبوب)، أو على البويضة البشرية، أو الحيوانات المنوية أو في البدايات الأولى لتكون الجنين. وفي هذه الحالة لن يقتصر ظهور الجينات المعدلة فقط في الإنسان الذي نشأ عن هذا الجنين، بل ستظهر هذه الجينات المعدلة أيضاً في جميع الأجيال القادمة لهذا الإنسان «المعدل». وبذا يكون هذا التطور العلمي هو الأعظم تأثيراً في مجال التحوير الوراثي الذي من شأنه أن يفتح الباب على مصراعيه لتغيير الجنس البشري بلا عودة، مع كل ما يحمله ذلك من عواقب وخيمة غير مقصودة.

لقد طاولت التعديلات والتحسينات الوراثية الكثير من أنواع النباتات والحيوانات في السنوات الأخيرة. وأصبح هذا التطور العلمي في النبات والحيوان محل جدال بسبب الأخطار الصحية المنسوبة إلى مثل هذه المشروعات مقارنةً بالعوائد الاقتصادية الهائلة التي تجنيها تجارة الكائنات المعدلة وراثياً. ولكن مع كل هذا التقدم لم يتم تطبيق هذه التكنولوجيا على الجنس البشري؛ إذ إن إنتاج الحيوانات المستنسخة أو المعدلة وراثياً يستلزم إجراء محاولات متكررة يفشل معظمها بسبب نفوق الأجنة قبل ولادتها أو بسبب النفوق بعد الولادة مباشرة أو بسبب قصر حياة الحيوان المستنسخ. ولهذا السبب فإن أي محاولة للإستنساخ أو التعديل الوراثي في الإنسان ستبوء بنفس النسبة العالية من الفشل مما سيثير حتماً الكثير من التساؤلات حول أخلاقية مثل هذا النوع من الأبحاث على البشر. ومع ذلك يقول بعض مناصري التعديل الوراثي إنه يمكن استخدام هذا التطور العلمي لأغراض طبية فقط، مثل تجنب ولادة أطفال ذوي إعاقات أو أمراض وراثية. إضافةً إلى ذلك هناك عدد لا بأس به من العلماء ذوي النفوذ ورجال الأعمال في التكنولوجيا الحيوية يروجون علناً لفكرة استخدام التعديل الوراثي في الجهود الرامية إلى إنتاج أطفال مع تحسينات وراثية عليهم مثل جمال الشكل، وتعدد المواهب والذكاء. ومهما تعددت أسباب استخدام هذا التطور الحيوي سواءً لأغراض العلاج أو التحسين، فإن التعديل الوراثي الناتج القابل للتوريث سيتسبب بظهور آثار ضارة يستحيل التنبؤ بها.

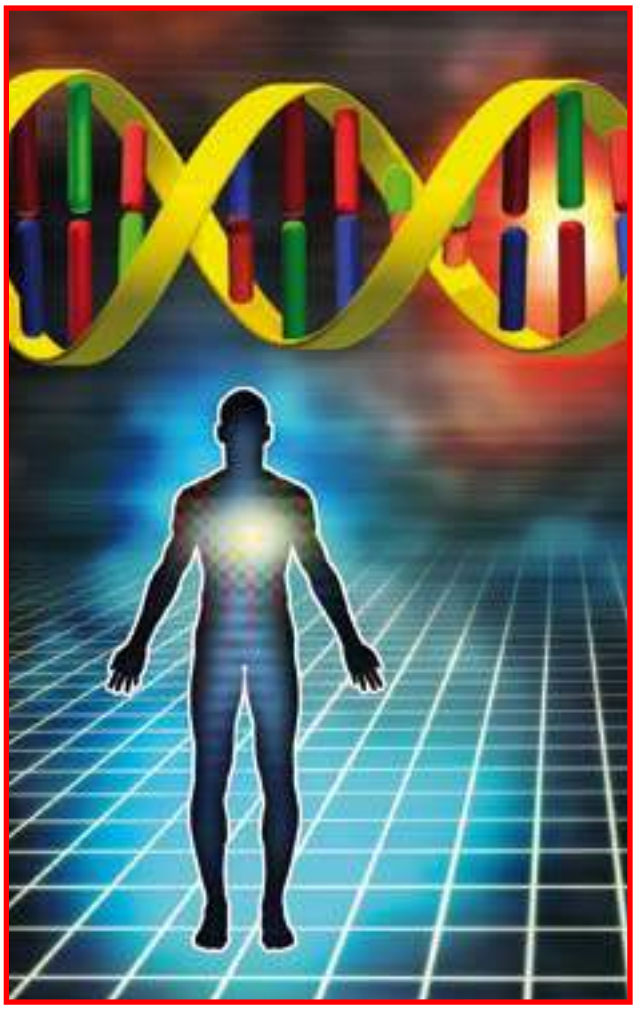
وفي هذا الصدد يقول بعض أنصار التحسين الوراثي البشري إنهم يتطلعون إلى اليوم الذي يقوم فيه الوالدان حرفيا بتركيب أطفالهم من جينات معروضة في كتالوج مصور. ولكن لحسن الحظ فإن النقاش العام بقيادة اختصاصيين بارزين ومدافعين عن الصحة العامة حول هذا الموضوع الخلافي يتزايد. حيث يتصور علماء بارزون أن التعديل الوراثي سيؤدي في نهاية المطاف إلى ظهور نوع آخر من البشر لا يمكنه التزاوج مع نوعنا البشري وسيتم النظر الى هذا النوع بنفس الطريقة التي ينظر بها الإنسان الحالي للشمبانزي.

إذاً فالسؤال الرئيسي هو أين وكيف يتحتم علينا رسم الخط الفاصل؟ والجواب يكمن في دعوة جميع دول العالم - وعلى رأسهم الدول العظمى - إلى الانضمام إلى توافق الآراء الدولي الناشئ لتمرير قوانين تجرم الاستنساخ البشري والتعديل الوراثي القابل للتوريث.

النقد العلمي

العدد (83) ديسمبر 2013

ملف العدد <<<



د. ليلى بستكي: مركز الأمراض الوراثية الأول خليجياً في مجاله — 14

علم الوراثة من حديقة الدير إلى طب الجينات — 20
د. موسى الخلف

المعلوماتية والوراثة — 26
د. إيهاب عبدالرحيم

علم الوراثة والرحلة السرمدية في مملكة النبات — 32
د. قاسم زكي

الهندسة الوراثية في عالم الحيوان — 40
د. نجلاء زكي الألفي

من مقالات العدد <<<

التقرير العربي للأهداف الإنمائية للألفية 2013 (إنجازات وإخفاقات) — 51
د. عبدالله بدران

الطاقة المستدامة في الوطن العربي التوقعات التحديات الخيارات — 56
م. محمد القطان

06

50 عاماً على مسيرة البتروكيماويات في الكويت

62

المستقبلية والثقافة العلمية
بين أنوار العقل وسؤال النهضة

د. داليا سليمان

70

بحيرة فوستوك .. مستودع أسرار
العالم المفقود تحت طبقات الجليد

حسني عبد الحافظ

74

السجائر الإلكترونية
بين الفوائد والأضرار

د. سناء الصادق

78

مناخات الكواكب الأخرى
مهمة للأرض

ترجمة: محمد الدنيا

50 عاماً على مسيرة البتروكيماويات في الكويت

محمد الحسن *

لم يكن يوم الثالث والعشرين من شهر يوليو من عام 1963 يوماً عادياً في تاريخ الكويت، أو في مجال التطور الصناعي والاقتصادي فيها؛ إذ انطلقت في ذلك اليوم شعلة صناعة البتروكيماويات عبر صدور مرسوم أميري بتأسيس شركة صناعة الكيماويات البترولية، لتبدأ تلك الشركة الواعدة عهد صناعة غزت منتجاتها كل مجالات الحياة.

وشهدت الشركة تطورات مهمة في مسماها ومسيرتها. فقد انطلقت الشركة فعليا في 18 مارس 1964 بمسمى شركة الكويت للأسمدة الكيماوية (KCFC)، بالمشاركة مع كل من شركة البترول البريطانية وشركة الخليج، بنسبة مساهمة قدرها 20% لكل منهما، وذلك ضمن مجمع الشعيبة (جنوبي الكويت) الذي كان يشمل

* محرر وكاتب علمي.

أربعة مصانع لانتاج الأمونيا واليوريا والكبريت وأحماض الكبريت. ودخلت الشركة في طور التشغيل في 1966.

وفي عام 1973 اشترت (شركة الكويت للأسمدة الكيماوية) حصص كل من شركة الخليج وشركة البترول البريطانية، ثم اندمجت في شركة صناعة الكيماويات البترولية في 1975/1/28، ثم انتقلت تبعية مصنعي الملح والكلورين في منطقة الشويخ الصناعية من وزارة الكهرباء والمياه إلى شركة صناعة الكيماويات البترولية.

وفي عام 1980 تحولت شركة صناعة الكيماويات البترولية لتصبح عضوا فاعلا من مجموعة الشركات التابعة لمؤسسة البترول الكويتية التي أنشئت ذلك العام، لتتولى الإشراف على كل ما يتعلق بالصناعة البترلية في البلاد.

> في عام 1980 تحولت شركة صناعة الكيماويات البترولية لتصبح عضواً فاعلاً من مجموعة الشركات التابعة لمؤسسة البترول الكويتية التي أنشئت ذلك العام

اليوبيل الذهبي

وبمناسبة اليوبيل الذهبي للشركة، فقد أقامت احتفالاً في نوفمبر الماضي حضره ورعاه حضرة صاحب السمو أمير البلاد الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح حفظه الله ورعاه، وحضره أيضاً سمو ولي العهد الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح وكبار المسؤولين.

وقال نائب رئيس مجلس الوزراء ووزير النفط مصطفى الشمالي في كلمته في الحفل: لقد شاهدنا جميعاً خلال الخمسين عاماً الماضية الخطوات الواثقة التي خطتها صناعة البتروكيماويات، والتي حققت مكانة متميزة من خلال مشاركات ناجحة في مشروعات عملاقة داخل الكويت وخارجها، مما رسخ وجودها على الساحة المحلية والإقليمية والعالمية، وساهم في زيادة الدخل القومي لدولة الكويت.

مصفاة فيتنام

وأضاف: لقد احتفلت شركة صناعة الكيماويات البترولية هذا العام في فيتنام

نبذة تاريخية

تأسست شركة صناعة الكيماويات البترولية، سنة 1963، وانضمت الى مؤسسة البترول الكويتية عام 1980، ويبلغ رأس مال الشركة المصرح به 600 مليون د.ك.

- في عام 1966 أنشأت أول مجمع في الكويت لصناعة الأسمدة الكيماوية في منطقة الشعيبة الصناعية، وعلى مر السنين تم توسعة المصانع والإضافة عليها وتحسين طاقاتها وقدرتها الإنتاجية.
- في عام 1989 تم التوقيع على الاتفاقيات الأولية لإنشاء مشروع البولي بروبيلين.
- في عام 1993 وقعت الشركة مذكرة تفاهم مع شركة يونيون كارباید لبناء مجمع للبتروكيماويات في منطقة الشعيبة الصناعية. و بدأ الإنتاج فيه في أواخر عام 1997مع شركة إيكويت.
- في عام 2002 وافق مجلس إدارة مؤسسة البترول الكويتية على الموازنة الرأسمالية لمشروع (الأوليفينات) الثاني، كما وافق على مشروع (الستايرين).

بوضع حجر الأساس لمجمع (نغي سون) للتكرير والبتروكيماويات، الذي نتطلع لبدء تشغيله في 2017.

ويعتبر هذا المشروع حدثاً تاريخياً، وذلك من خلال شراكة كويتية - يابانية – فيتنامية، وبداية منعطف جديد في تاريخ الصناعة النفطية الكويتية يسهم في ضمان منفذ آمن للنفط الخام الكويتي على الأمد البعيد، والتوسع في تسويق المنتجات البتروكيماوية في أسواق واعدة.

وينطلق هذا المشروع أيضاً من حرص القطاع النفطي على تنفيذ مشروعات تكاملية، تتعاظم بفضلها الفائدة بدءاً من الاستكشاف وإنتاج النفط والغاز، مروراً بالمصافي، ووصولاً إلى المنتجات البتروكيماوية.. تكامل من شأنه تحقيق قيمة مضافة لجميع أصول مؤسسة البترول الكويتية، ويساهم بالتالي في خلق فرص استثمار جديدة للتوسع والنمو في صناعة البتروكيماويات، وفي مساندة الجهود الحثيثة المبذولة على صعيد الاستكشاف والإنتاج لهذه الطاقة الحيوية.

> في 23 يوليو 1963 انطلقت شعلة صناعة البتروكيماويات في الكويت عبر صدور مرسوم أميري بتأسيس شركة صناعة الكيماويات البترولية

وتم الانتهاء من الأعمال الإنشائية لهذين المشروعين، والبدء بالإنتاج فيهما عام 2009.

- تم تأسيس الشركة الكويتية للعطريات في عام 2002، وذلك بالمشاركة مع شركة البترول الوطنية الكويتية وشركة القرين للبتروكيماويات . وبدأت الإنتاج في عام 2009.
- في عام 2004 أعلنت الشركة الدخول في المشاركة مع شركة داو كيميكال في شركتي إم إي غلوبال و إيكويبوليمرز.
- في 23 فبراير 2010 تم افتتاح مصانع الأوليفينات الثاني والستايرين والعطريات برعاية وحضور صاحب السمو أمير البلاد الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح.

منتجات الشركة

1- الأمونيا السائلة (النشادر): التي تستخدم في صناعة اليوريا.

2- اليوريا الحبيبية: سماد كيميائي للمحاصيل الزراعية .

3- البولي بروبيلين: يدخل في صناعة العديد من المنتجات البلاستيكية وأكياس التعبئة و التغليف والحاويات.

> الشمالي: الكويت تسعى الى زيادة الطاقة الانتاجية من النفط من ثلاثة ملايين و200 ألف برميل يوميا حالياً الى اربعة ملايين برميل بحلول عام 2020

> الفرهود: الشركة تتبنى الالتزام بالمعايير الدولية الخاصة بالمحافظة على البيئة وفق أنظمة متكاملة شهدت لها بذلك المؤسسات الدولية المتخصصة

مشروعات رائدة

وقال الشمالي: يعتزم القطاع النفطي تنفيذ مشروعات بتروكيماوية داخل الكويت من أهمها مشروع (الأوليفينات) الثالث، ووحدة إنتاج الإيثانول، ويسعى بالتعاون مع (شركة البترول الكويتية العالمية) إلى إنشاء مصاف وتنفيذ مشروعات بتروكيماوية في الدول الصديقة التي توفر مناخاً جيداً لهذا النوع من الاستثمار.

ويندرج هذا التوجه الاستراتيجي في إطار خطة التنمية للدولة، وضمن مساعيها للحفاظ على مواردها الطبيعية وزيادة العوائد منها، وفق التوجيهات الأميرية السامية في تكريس الجهود لتحويل دولة الكويت إلى مركز مالي وتجاري وتنويع مصادر الدخل وتخفيف الاعتماد على النفط كرافد رئيسي للاقتصاد الكويتي.

الثروة النفطية

وقال الشمالي: لقد انتهجنا استراتيجية واضحة المعالم تستهدف استغلال الثروة النفطية التي حباها الله لهذا الوطن الغالي، وتعزيز المكانة العالمية لدولة الكويت للوفاء بحاجة الأسواق النفطية من النفط الخام ومشتقاته وفق أنماط الطلب العالمي، التي تدعو إلى استخدام أنواع من الوقود بمواصفات تتلاءم ومتطلبات الحفاظ على البيئة، فضلاً عن السعي الدائم لضخ مزيد من الاستثمارات الخارجية في كل مراحل صناعة النفط.

وذكر أن الكويت تسعى إلى زيادة الطاقة الإنتاجية من النفط من ثلاثة ملايين و200 ألف برميل يومياً في الوقت الحالي إلى أربعة ملايين برميل بحلول عام 2020، ومن ثم الحفاظ على هذا المعدل من الإنتاج، وذلك وفق خريطة طريق واضحة لتطوير الاحتياطيات وزيادتها.

أربعة مصانع

من جانبه قال رئيس مجلس إدارة شركة صناعة الكيماويات البترولية محمد الفرهود في كلمته: إن الشركة حققت في السنوات الماضية متوسط معدل عائد على الاستثمار يقارب 30% في مجال الاستثمارات المحلية والعالمية، وتطمح الشركة - كجزء من استراتيجيتها المستقبلية المستندة إلى استراتيجية مؤسسة البترول الكويتية - إلى زيادة كميات الإنتاج لتبلغ 15 مليون طن سنوياً من منتجات البتروكيماويات من خلال مشروعاتها المحلية والمشاركات الخارجية، ونخطط لتحقيق عائد سنوي يعادل 20 مليار دولار في السنة في نهاية 2025، واستدامة ذلك في السنوات اللاحقة.

وأضاف: إن هذه المشروعات الجبارة تستهدف بجانب العائد على الاستثمار تكوين نواة صناعية متكاملة للصناعات الصغيرة والمتوسطة، وتشجيع المستثمر الكويتي على الانخراط في هذا الجانب التنموي. وبهذه الاستراتيجية تساهم الشركة في تحقيق تطلع سمو أمير البلاد لكويت المستقبل آخذين بعين الاعتبار موارد القوى البشرية الشابة في البلاد، مما يجعل الكويت تتبوأ مركزاً مالياً وتجارياً مرموقاً في المنطقة.

المسؤولية المجتمعية

وأضاف الفرهود: ولما للمجتمع وللبيئة من دور في تحقيق الاستدامة تحملت الشركة مسؤوليتها المجتمعية، ودأبت على غرس مفهوم العمل التطوعي بمشاركة مؤسسات المجتمع المدني باحتضان الأفكار والمبادرات الخلاقة للمجتمع، كمشروع (سور الكويت الأخضر) الذي يعد أكبر مشروع بيئي تطوعي في الكويت بالشراكة مع المبرة التطوعية البيئية. وتستهدف المبادرة تخضير حدود الكويت البرية بزراعة نحو نصف مليون شجرة.

وذكر أن الشركة تتبنى الالتزام بالمعايير الدولية الخاصة بالمحافظة على البيئة وفق أنظمة متكاملة، وشهدت لها بذلك المؤسسات الدولية المتخصصة.

وأعلن الفرهود تدشين شعار الشركة الجديد، وانطلاقة حقبة جديدة في تاريخ الشركة بسواعد الشباب الكويتي لبناء نهضة الكويت الصناعية. ■

استثمارات الشركة داخل الكويت

- شركة إيكويت للبتروكيماويات
- الشركة الكويتية للأوليفينات TKOC.
- شركة القرين لصناعة الكيماويات البترولية QPIC.
- الشركة الكويتية للعطريات TKAC.

تمتلك هذه الشركة كلاً من:

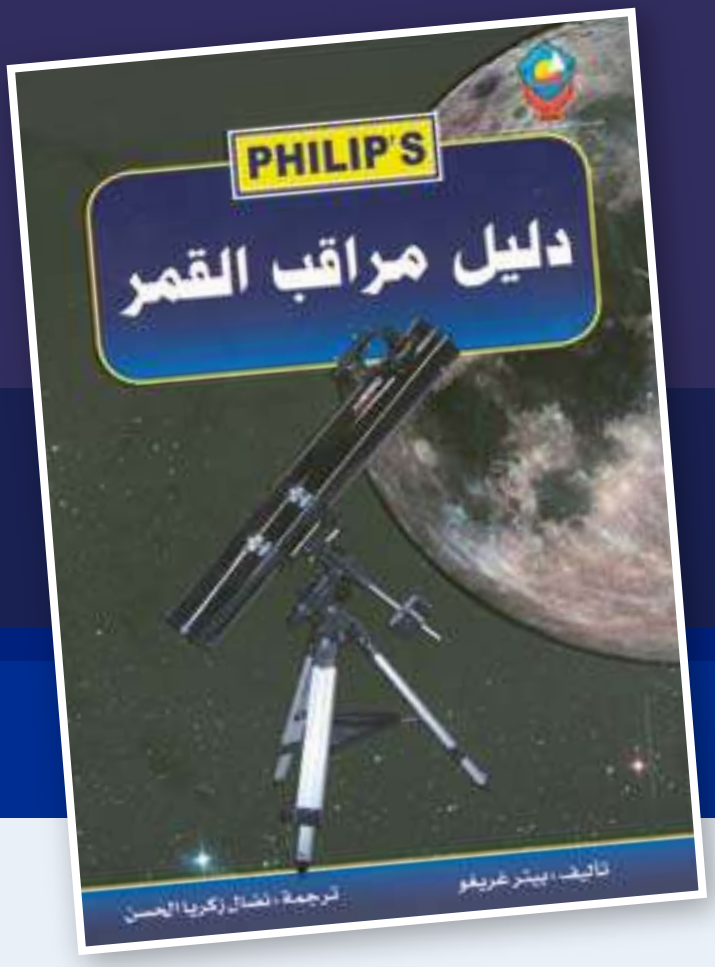
- الشركة الكويتية للستايرين TKSC.
- الشركة الكويتية للبرازيلين KPPC.

.. وخارج الكويت

- شركة الخليج لصناعة البتروكيماويات (ش.م.ب) - مملكة البحرين
- شركة إم إي غلوبال (المقر الرئيسي كندا).
- شركة إم إي غلوبال - BV دبي.
- شركة ايكويبوليمرز - أوروبا.

صدر حديثاً

دليل مراقب القمر



تأليف:
بيتر غريغو

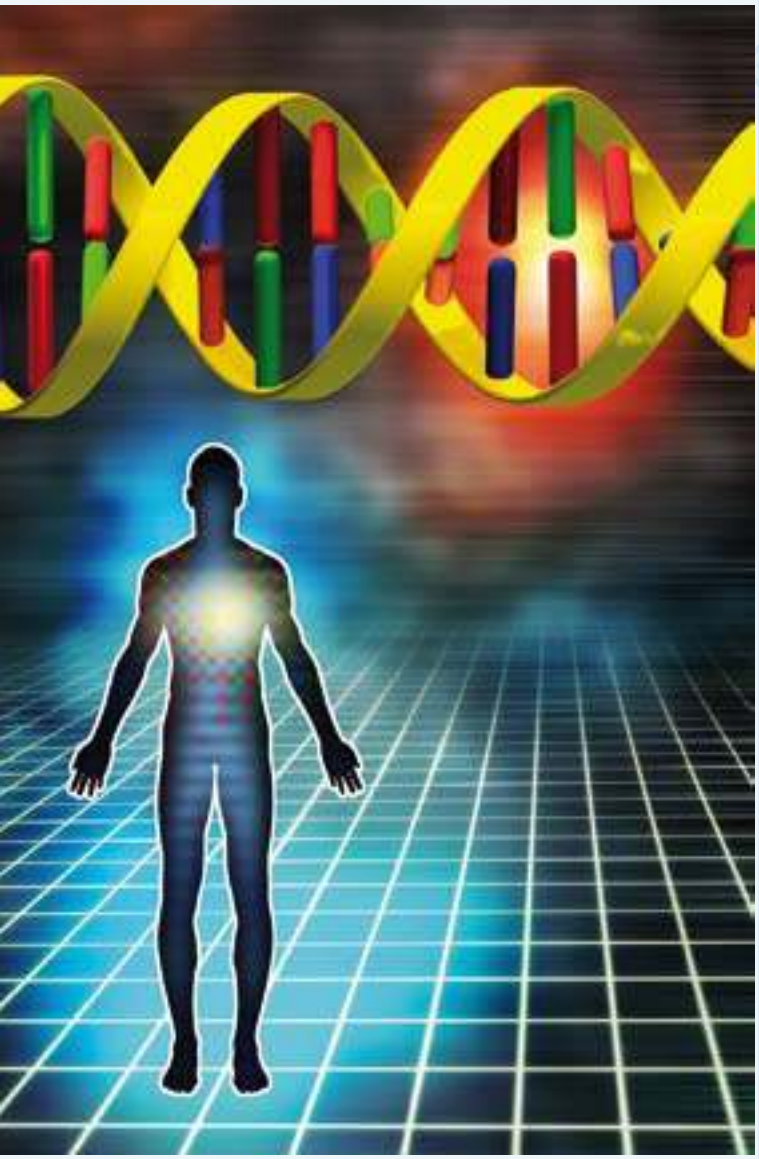
ترجمة:
نضال زكريا الحسن

المراجع العلمي:
د. موسى المزيدي

كتاب علمي يحتوي على مقدمة علمية لمراقبة القمر يوماً فيوم، ويتضمن خرائط مفصلة تظهر مئات الملامح عن القمر، وصوراً رائعة لسطحه، ومخططات ملونة ومشاهد قريبة مذهلة، إلى جانب نص مباشر يفسر أصل ومظهر الأنواع المختلفة لملامح سطح القمر. الكتاب الجديد هو من إصدارات مؤسسة الكويت للتقدم العلمي لعام 2013، تأليف بيتر غريغو وترجمة نضال زكريا الحسن، ومراجعة الدكتور موسى المزيدي.

ملف العدد

علم الوراثة



يدرس علم الوراثة المورثات وما ينتج عنها من تنوع الكائنات الحية. وكانت مبادئ توريث الصفات مستخدمة منذ وقت طويل لتحسين المحصول الزراعي والنسل الحيواني عن طريق تزويج حيوانات من سلالة ذات صفات جيدة، لكن علم الوراثة الحديث الذي حاول فهم آلية توريث الصفات بدأ في منتصف القرن التاسع عشر.

أما الهندسة الوراثية، وتسمى أيضاً بالتعديل الوراثي، فهي تحوير مباشر بالمادة الوراثية للكائن الحي بطريقة لا تحدث في الظروف الطبيعية.

وفي هذا الملف تطرح مجلة النقد العلمي موضوعي علم الوراثة والهندسة الوراثية، من خلال مجموعة من الأبحاث حول مسيرة علم الوراثة وتطبيقاتها في مجالات عدة، كعلمي الحيوان والنبات، إضافة الى الارتباط بين الوراثة والمعلوماتية، وتسلط الضوء على مسيرة وإنجازات مركز الكويت للأمراض الوراثية.

علم الوراثة
من حديقة الدير
إلى طب الجينات

المعالجة النباتية..
تقنية واعدة لتنظيف
البيئة

المعلوماتية و الوراثة

الكويت من الدول المتقدمة في كثير من المجالات العلمية والطبية وحرصت على إنشاء مركز متخصص ومتطور يعنى بالطب الوراثي

د. ليلى بستكي: مركز الأمراض الوراثية الأول خليجياً

قالت رئيسة (مركز الكويت للأمراض الوراثية) الدكتورة ليلى بسكتي إنه في عام 1979 بدأت فكرة إنشاء مركز الأمراض الوراثية بدولة الكويت، إيماناً من المسؤولين في وزارة الصحة الكويتية بأهمية هذا الفرع الحديث نوعياً.

وأضافت بستكي في حوار خاص مع مجلة النقد العلمي إن من مسؤوليات المركز الاهتمام بالفحص قبل الزواج؛ نظراً لأهمية هذا الفحص، ولاسيما عند زواج الأقارب في بعض الأمراض، حيث يمكن التنبؤ باحتمال إصابة الذرية بمرض وراثي.. وفيما يلي تفاصيل الحوار:

• متى أنشئ المركز، وكيف جاءت فكرة إنشائه؟

في عام 1979 بدأت فكرة إنشاء مركز الأمراض الوراثية بدولة الكويت إيماناً من المسؤولين في وزارة الصحة بأهمية هذا الفرع الحديث نوعياً، إذ إن دولة الكويت تعتبر من الدول المتقدمة في كثير من المجالات الطبية. وكان هذا المركز الأول من نوعه في منطقة الخليج ومن أوائل المراكز الوراثية في الدول العربية. وبدأت الفكرة بعيادة في مستشفى الصباح لاستقبال المرضى المحولين من التخصصات المختلفة، ثم تم الانتقال بعد نحو عام إلى مركز الأمراض الوراثية في مستشفى الولادة. وفي عام 2009 تم الانتقال إلى مركز غنيمة الغانم للخدج والوراثة. ويحتل المركز الدور الثاني من المبنى على مساحة قدرها 3500 متر مربع، مما يتيح للعاملين زيادة الفروع والتخصصات مستقبلاً، إضافة إلى وجود غرف عدة للاجتماعات، والمحاضرات، والألعاب.

> في عام 1979 بدأت فكرة إنشاء المركز إيماناً من المسؤولين في وزارة الصحة بأهمية هذا الفرع الحديث نوعياً

وحدات المركز وأقسامه

• ما الوحدات والأقسام التي يضمها المركز؟

يتكون المركز من الوحدات التالية:

أولاً: وحدة رئيسة مركز الأمراض الوراثية، وهي المسؤولة عن تصريف الأمور الإدارية والفنية للمركز وما يتبعها من أقسام مساعدة.

ثانياً: الشؤون الإدارية: يعمل في المركز مجموعة من الموظفين الإداريين موزعين على الأقسام التالية:

أ - السكرتارية: تقوم بتنظيم مواعيد رئيسة المركز والرد على الخطابات الواردة مع حفظها وتسجيلها، والرد على المراسلات مع الوزارة والإدارات المختلفة، مع الاحتفاظ بملفات الأطباء والإجازات الدورية وغيرها من الأعمال الخاصة بالشؤون الإدارية، و الإشراف على طاقم الخدمة في المركز وإفرادها لملف كامل للوراثة.

ب - السكرتارية الطبية: تقوم بطبع التقارير الطبية للمرضى باللغتين العربية والإنكليزية، وطباعه المذكرات والتقارير الصادرة عن المركز، وإدخال البيانات الخاصة بالمرضى في بيانات الحاسوب.

ج - السجلات الطبية: يشرف عليه عدد من الموظفات، ومهمته تسجيل وحفظ وفتح ملفات المرضى، ووضع المواعيد الخاصة بالمرضى، وحفظ التحاليل والاتصال بالمرضى في حالة وجود مشكلات في التحاليل، وتنظيم عملية دخول المرضى على الأطباء.

د - المخازن والمطبوعات الفنية: يتولى تسجيل كل من الوارد والصادر من المواد المخزنة، وكتابة طلبات المركز المختلفة.

ثالثاً: الشؤون الطبية وتضم وحدة الوراثة الإكلينيكية

يعمل في هذه الوحدة مجموعة من الأطباء، سواء من المواطنين الكويتيين أو المقيمين الحاصلين على درجة الدكتوراه، إضافة إلى أطباء حاصلين على درجة الماجستير في الوراثة البشرية، وأطباء تم ابتعاثهم إلى الخارج لنيل شهادات عليا في تخصص الأمراض الوراثية، وكذلك أطباء من المواطنين الذين يتم إعدادهم لتكوين نواة جديدة في المركز.

ويتم استقبال المرضى يومياً على مدار الأسبوع من خلال العيادات الوراثية الموجودة في مركز الأمراض الوراثية (عيادة يومية)، إضافة إلى العيادات المنتشرة في جميع المناطق الصحية بدولة الكويت، وهي أربع عيادات موزعة على النحو التالي:

- عيادة مستشفى الصباح.
- عيادة مستشفى الجهراء.
- عيادة مستشفى العدان.
- عيادة مستشفى الفروانية.

ويتم استقبال المرضى بناء على التحويل من أحد الاختصاصيين في المراكز الصحية أو المستشفيات، سواء العامة أو الخاصة بدولة الكويت، إضافة إلى الحالات المحوّلة من بعض دول مجلس التعاون الخليجي، عن طريق وزارة الصحة الكويتية، وكذلك يتم التحويل من بعض

> تم الانتقال إلى المقر الجديد للمركز في مركز (غنيمة الغانم للخدج والوراثة) في عام 2009 على مساحة 3500 متر مربع

الأطباء في حالة الرغبة بمعرفة العامل الوراثي (الجين) المسؤول عن بعض الأمراض، والذي تساعد معرفته على الوقاية من حدوث أمراض وراثية، وكذلك مدى تقبل العلاج من عدمه. ويتم فحص بعض المرضى الموجودين في المستشفيات من خلال طلب من الطبيب المعالج لفحص المرضى المتوقع أن يكون مرضهم نتيجة سبب وراثي، ويتم ذلك عن طريق الفحص الإكلينيكي، وإجراء الفحوص اللازمة، ومنها الوراثية للمساعدة على التشخيص الدقيق. ويقدر عدد الأسر التي تم دراستها حتى الآن بعدة آلاف يعاني أحد أفرادها أو أكثر إحدى المشكلات الوراثية.

وحدة الوراثة المختبرية

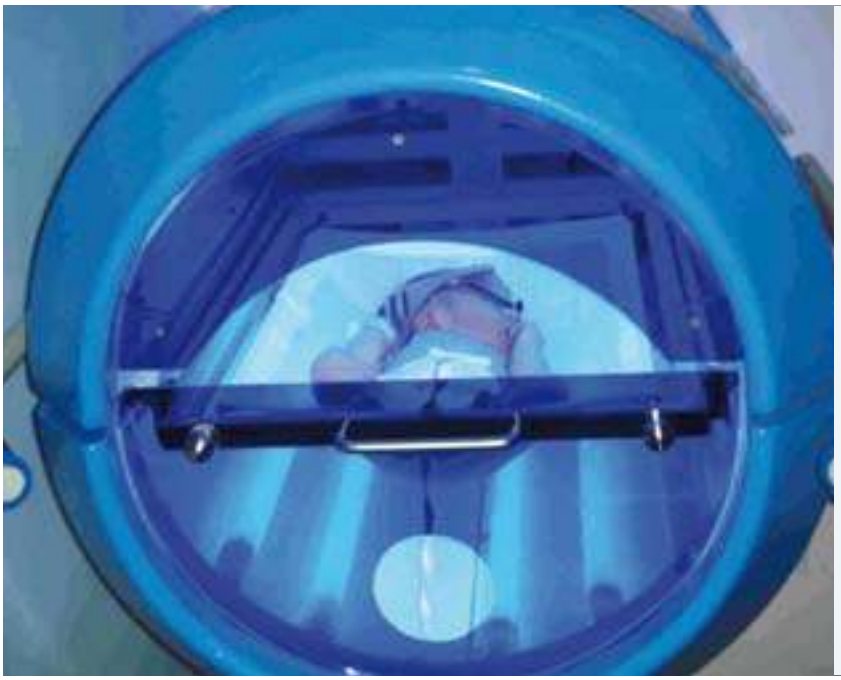
تم تطوير وحدة المختبرات بما يتلاءم مع التقدم العلمي العالمي من حيث الإمكانات البشرية والتقنية المختبرية. ولدى المركز أربعة مختبرات:

مختبر الوراثة الخلوية Cytogenetic: ويعتبر من أقدم المختبرات الوراثية وافتتح عام 1979، ويدرس المختبر الصبغيات (الكروموسومات) لتشخيص بعض الأمراض الوراثية الناتجة عن خلل في عدد أو تركيب الصبغيات.

ويشرف على هذه الوحدة نخبة من الاختصاصيات ذوات الكفاءة العالية من حملة شهادة الدكتوراه إضافة إلى فريق عمل مكون من فنيي مختبرات ذوي مهارات خاصة.

وتجري هذه الوحدة تحاليل صبغية تقدر بأكثر من 150 تحليلاً شهرياً باستخدام تقنيات وأجهزة حديثة .

ونشرت هذه الوحدة نحو 150 بحثاً في الدوريات العلمية، تناولت أهم أنواع الطفرات الصبغية، سواء كانت تركيبية أو عددية، ودربت بعض الفنيين من دول الخليج أو من مختبرات أخرى في دولة الكويت.



دور مركز الوراثة في فحص المواليد

تبنى هذا المشروع مركز الأمراض الوراثية وأجرى دراسات مبدئية عن هذا الموضوع بواسطة مرضين فقط، وهما مرض الفينيل كيتون يوديا، ومرض قصور الدرقية، إيماناً من المركز بمقولة الوقاية خير من العلاج، وبخاصة أنه عند اكتشاف مثل هذه الأمراض مبكراً يتم وقاية المولود من الإصابة بالتخلف العقلي بواسطة الامتناع عن بعض المكونات الغذائية أو بالدواء. وبلغت نسبة من تم إجراء الفحوص لهم أكثر من 97% من المواليد في المستشفيات الحكومية.

مختبر الوراثة الجزيئية الخلوية

يعد من المختبرات النشيطة في المركز، ويجري الفحوص لبعض المرضى المصابين بأمراض معينة ناتجة من تغير بسيط جداً بالمادة الصبغية لا يمكن اكتشافها والتأكد منها إلا عن طريق تلك الفحوص. ونشرت الوحدة العديد من الأبحاث في الدوريات العلمية، ودربت بعض الفنيات من مختبرات عدة في الكويت ودول الخليج.

مختبر الوراثة الجزيئية

يعتبر هذا المختبر أحدث المختبرات في مجال علم الوراثة، ويدرس العديد من الطفرات التي تصيب بعض المورثات (العوامل الوراثية)، عن طريق دراسة الحمض النووي (الدنا DNA) لمعرفة بعض الطفرات لكثير من الأمراض الوراثية.

ونشرت الوحدة عدداً كبيراً من الأبحاث في الدوريات العلمية العالمية والمحلية.

مختبر المسح الوراثي لحديثي الولادة

يعتبر هذا المختبر من أحدث المختبرات التي تم إنشاؤها في المركز لاستكمال كل النشاطات الوراثية، وهو مجهز بأحدث الأجهزة القادرة على فحص المسح الطبي للمواليد الجدد لمرضى نقص هرمون الغدة الدرقية ومرض الفنيل كيتونوريا، ومن ثمّ يتم التشخيص المبكر للحالات، وإعطاؤها العلاج المناسب. وبذلك يتم منع حدوث أعراض ومضاعفات المرض كالتأخر الذهني.

ويتم حالياً الإعداد لتجهيز المختبر بأجهزة أخرى لكي تشمل المسح الطبي لأمراض أخرى يمكن تجنب الإصابة بها.

الخدمات العلاجية

• وماذا عن الخدمات العلاجية التي تقدمها وحدة الوراثة الإكلينيكية؟

يقدم المركز العديد من الخدمات العلاجية تتوزع حسب مهام كل وحدة، ومن مهام وحدة الوراثية الإكلينيكية:

- استقبال المرضى المحولين من كل التخصصات الطبية المختلفة.
- إجراء الفحص الإكلينيكي السريري للمرضى.
- إجراء الفحوص اللازمة.
- التشخيص الإكلينيكي.
- تقديم النصح الوراثي.
- الوقاية والعلاج.
- المتابعة الطبية المستمرة.

• ما أهم المشكلات الوراثية المحولة للوحدة الإكلينيكية؟

من أبرز وأهم تلك المشكلات:

1 - تشوهات الصبغيات
2 - التشوهات الخلقية.
3 - التخلف العقلي.
4 - مشكلات بسبب عوامل متعددة.
5 - الإجهاض المتكرر.

> يتم استقبال المرضى من كل المراكز الصحية أو المستشفيات العامة أو الخاصة إضافة إلى الحالات المحوّلة من دول مجلس التعاون

6 - غياب الطمث الشهري.
7 - أمراض العضلات والأعصاب.
8 - التشوهات في الجهاز العظمي.
9 - الصمم الوراثي.
10 - أمراض العيون الوراثية.
11 - أمراض الدم الوراثية.
12 - تشوهات الجهاز التناسلي وتحديد الجنس.
13 - عيوب التمثيل الغذائي.
14 - عيوب أمراض القلب.
15 - الأمراض الجلدية الوراثية.
16 - النصح الوراثي.
17 - فحص ما قبل الزواج.
18 - الأمراض السرطانية.
19 - أمراض الأنسجة الضامة.

• وما هي أهم مهام وحدة الوراثة المختبرية؟

من أبرز مهام وحدة الوراثية المختبرية:

1 - إجراء الفحوص الوراثية اللازمة للمرضى للوصول إلى التشخيص الدقيق.
2 - إجراء المسح الوراثي لحديثي الولادة لتجنب بعض الأمراض وعلاجها في الأيام الأولى من العمر.

نشاطات المركز

• ما أهم نشاطات المركز وإصداراته التوعوية؟

ينظم المركز عدداً من النشاطات، ويصدر عدداً من المطبوعات، ومن ذلك:

1 - الإصدارات والمنشورات الخاصة بالمركز:
أ - ماذا تعرف عن مركز الأمراض الوراثية؟
ب - الإرشاد الوراثي قبل الزواج.
جـ - دليل الخدمات الصحية والتعليمية للفئات الخاصة في دولة الكويت.

الفحص قبل الزواج

اهتم مركز الأمراض الوراثية بالفحص قبل الزواج نظراً لأهميته الشديدة وبخاصة زواج الأقارب لحمايتهم من بعض الأمراض، وقد كانت رؤية مركز الأمراض الوراثية هي أنه من خلال الفحص قبل الزواج يمكن إلى حد ما التنبؤ باحتمال إصابة الذرية بأحد الأمراض الوراثية.

ويؤدي زواج الأقارب دوراً كبيراً في الإصابة بالأمراض الوراثية الناتجة عن الوراثة المتنحية، لكن هذا لا يعني أن عدم الزواج من أحد الأقارب يضمن أن تكون الذرية سليمة من أي مرض، ولذلك من المهم إجراء تحاليل للكشف عما إذا كان الشخص حاملاً للمرض، بغض النظر عن صلة القرابة. ولأهمية هذا الموضوع كان لمركز الأمراض الوراثية دور مهم في إقرار مشروع خاص بذلك بواسطة مجلس الأمة، إلى أن أصبح قانوناً إلزامياً، وتم فصله بمركز خاص للفحص قبل الزواج للكويتيين. ويجري مركز الأمراض الوراثية هذا الفحص لغير المواطنين من جنسيات أخرى.

د - حقائق عن مرض داون.

ذ - متلازمة داون.

ر - البصمة الوراثية.

ز - مركز الأمراض الوراثية في سطور.

س - المسح الوراثي لحديثي الولادة - برنامج تعزيز الصحة.

2 - تنظيم المؤتمرات: نظم المركز أربعة مؤتمرات ويحضر حالياً للمؤتمر الخامس المزمع عقده في مايو 2014.

3 - إقامة ندوات ومحاضرات في عدد من المؤسسات التعليمية والجمعيات والمعاهد المتخصصة.

4 - المشاركة في المؤتمرات الخارجية.

5 - حصول المركز على جائزة مؤسسة الإمارات العربية المتحدة (منظمة الصحة العالمية في جنيف مايو 2013).

رؤية مستقبلية

- **وما هي رؤية المركز المستقبلية؟**

ينظر المركز باهتمام إلى تحقيق عدد من الإنجازات ومن أبرزها:

1 - مشروع إجراء الفحص الوراثي للبويضة قبل الانغراسPGD، وقد تم تقديم دراسة لوزير الصحة عن متطلبات المركز من الأجهزة والإمكانات البشرية والدورات التدريبية، وكذلك التوأمة مع المراكز الخارجية، حيث تم تحديد المكان في (مركز غنيمة الغانم) لهذا المشروع، بالتعاون مع مركز طفل الأنابيب، و تم إرسال فنيين للالتحاق بدورات تدريبية لهذا الغرض.

2 - حصول مختبر فحص المواليد الوراثي بمركز الأمراض الوراثية على الاعتراف الدولي وانضمامه إلى NSQAP.

3 - التوسع في إجراء الفحص الوراثي للمواليد، وذلك بإدخال مجموعة جديدة من الأمراض الوراثية ضمن الفحوص. ويعتزم المركز إدراج 18 مرضاً في فحص المواليد مع إقرار قانون فحص المواليد.

4 - إرسال عدد جديد من المورثات لفحصها في المملكة المتحدة لإنجاز هذا المشروع. ■

د.ليلى علي بستكي

المؤهلات العلمية:

- 1980 : بكالوريوس في الطب، كلية الطب، جامعة القاهرة.
- 1983- 1986: دبلوم في الوراثة الطبية- معهد علم الوراثة البشرية، جامعة هيديلبيرغ، ألمانيا.
- 1986 - 1987: ويسترن جنرال هوسبيتال، إدينبورغ، المملكة المتحدة.
- 1992: ماجستير في الوراثة الإكلينيكية، جامعة غلاسغو، المملكة المتحدة.
- 1998: دكتوراه في الوراثة الطبية، كلية الطب، جامعة عين شمس، مصر.

الخبرات العملية:

- فبراير 2013: رئيسة مركز الأمراض الوراثية.
- نوفمبر 2009: استشارية، مركز الأمراض الوراثية.
- نوفمبر 2006 : اختصاصي أول.
- 2002: اختصاصي.
- 1999 - 2002 : مسجل أول.
- 1992 1999 : مسجل، الوراثة الإكلينيكية، واستشارية في الوراثة.
- 1983-1992 : مساعد مسجل، الوراثة الإكلينيكية.
- 1980 - 1982: طبيبة عائلة ، وزارة الصحة، الكويت.

العضوية:

- الجمعية الأمريكية للوراثة البشرية.
- الجمعية الأوروبية للوراثة البشرية.
- الجمعية الطبية الكويتية.
- الجمعية الخليجية للإعاقة.
- الجمعية الكويتية للتوحد.
- السجل الوطني للعيوب الخلقية.
- السجل الوطني لفحص حديثي الولادة.
- الكلية الملكية للأطباء في إدينبورغ.

الجوائز:

حصلت على جائزة منظمة الصحة العالمية (جائزة الإمارات العربية المتحدة للصحة).

المؤلفات:

- حقائق مرض متلازمة داون: الحاضر والمستقبل.
- الاضطرابات الوراثية في الكويت (قيد الطبع).
- أطلس الاضطرابات الوراثية (قيد الطبع).

علم الوراثة
من حديقة الدير إلى طب الجينات

د. موسى الخلف*

اتسمت بدايات علم الوراثة بقيام مجموعة من الناشطين العلميين الهواة بتجارب التهجين النباتي والحيواني، وهم يضعون في أذهانهم الفوائد الاقتصادية الكبيرة التي يمكن الحصول عليها من هذه التجارب، ولا ننسى أيضاً الفضول العلمي لهؤلاء الناشطين، والذي هو الأساس في ولادة علم الوراثة. وأول ما وصل إلينا من أخبار هؤلاء الهواة يعود إلى عام 1843، حينما طلب رئيس أحد الأديرة في منطقة موافيا Moravia واسمه آبي نابي - وهو أول هؤلاء الهواة - من أحد معلمي الفيزياء ترشيح أحد طلبته اللامعين للالتحاق بالدير، وليخصص وقته للنباتات بغية تحسينها. ورشح معلم الفيزياء الطالب غريغور ماندل للالتحاق بالدير وإجراء التجارب على نبات البازلاء وفهم الآلية الوراثية للتهجين النباتي. وهكذا ولد علم جديد اسمه علم الوراثة.

* كلية الطب، جامعة الكويت.

ولعل ولادة علم الوراثة أقدم بكثير من العالم ماندل الذي يعتبر حالياً الأب الروحي لهذا العلم، ففي الشعر العربي القديم شاعرة تخاطب زوجها الذي هجرها وتحوّل عنها إلى بيت آخر لأنها أنجبت له ثلاث بنات، وكان ينتظر منها أن تلد له مولوداً ذكراً، يحمل اسمه، وأنشدت تقول:

ما لأبي حمزة لا يأتينا
يظل في البيت الذي يَلِينا
غضبان أن لا نلد البَنينا
تَاللّه ما ذلكَ في أَيديـــنا
وَإنّما نَأخذُ ما أُعطينا
وَنَحنُ كَالأرض لِزارِعينا
ننبتُ ما قَد زَرعوهُ فينا

وعلى الرغم من أنَّ هذه المرأة العربية لم تدرس علم الوراثة الحديث، إذ قالت هذه الأبيات قبل أن يولد مؤسسه ماندل بمئات السنين، فإن لسان حالها ينطق بشكل واضح ومبسط بحقيقة علمية ناصعة، وهي أنها ليست السبب في إنجاب الإناث. وخاطبت زوجها «المئناث» الذي هجرها لاعتقاده الخاطئ بمسؤوليتها عن الإنجاب المستمر للإناث لتقول له بكل ثقة وإصرار، وكأنها كانت قد تخرجت توًا في أفضل الجامعات التي تُدَرِّس علم الحياة الجزيئي:

وإنما نعطي الذي أُعطينا

وهذه الحقيقة العلمية التي وردت على لسان المرأة لم يتم تأكيدها إلا منذ سنوات قليلة، حيث تبيّن للعلماء أنّ خلايا النطاف الذكرية هي التي تحدّد جنس المولود، لاحتواء بعضها على الصبغي الجنسي الذكري، وبعضها الآخر على الصبغي المسؤول عن الأنوثة. وفي حقيقة الأمر فإنَّ هذا الأمر يثير السؤال الآتي: كيف تمكنت تلك المرأة من النطق بحقيقة علمية مفادها أن تحديد جنس المولود يعتمد على ما يعطيه الرجل فحسب، إذ لا علاقة للمرأة بذلك. وهذا يثير مسائل حول التطورات التي يضعها علم الوراثة في مجال الممكن، وبخاصة بعد التطور المذهل نتيجة التعرف إلى الشفرة الوراثية للجينوم البشري، والتي سيكون لها

خلايا النطاف الذكرية تحدد جنس المولود لاحتوائها على الصبغي الجنسي الذكري و الأنثوي

> برهنت تجارب ماندل أن توريث الصفات من الآباء إلى الأبناء ليس نتيجة لاختلاط دماء الأبوين وهو اعتقاد ساد زمناً طويلاً

دور مهم في إحداث تغيير كبير في حياتنا المستقبلية.

نتائج ماندل

وبالعودة إلى ما وصل إلينا عن أهم نتائج تجارب ماندل، فقد برهن أن توريث الصفات من الآباء إلى الأبناء ليس نتيجة لاختلاط دماء الأبوين - كما كان الاعتقاد السائد في ذلك الزمن - والذي يؤدي إلى اختلاط الصفات في الأبناء، بل إن ذلك يعود إلى أن كل صفة من الصفات الوراثية محددة بعاملين (factors) لدى كل من الأبوين، وأن الأبناء يرثون من أبويهم أحد هذين العاملين، وأنه ليس هناك اختلاط في الصفات؛ أي إن كل صفة من الصفات تكون محددة بعاملين اثنين، والأبناء يحصلون على عامل من الأب وعامل من الأم، وبناء على حالة العامل الموروث فإنَّ الصفة ستظهر في الأبناء أو تختفي، إذ إن العاملين إمَّا سائد (غالب) أو متنح (مغلوب). وتم نشر نتائج التجارب التي أجراها ماندل على نبات البازلاء في عام 1869، ولم يكن يومها يعرف ما يسمى بالدنا أو الحمض النووي المنقوص الأكسجين DNA.

أربع مراحل

في تاريخ التطور العلمي نقاط مضيئة يمكن تبيانها من خلال التحوُّل من الوصف الشكلي إلى دراسة المضمون. وتاريخ التقدم العلمي الذي غيَّر علم الوراثة خلال القرنين الماضيين يمكن تشبيهه بحياة الرسام الذي أنجز أفضل اللوحات خلال حياته، وكل لوحة

انتقال المعلومات الوراثية

في مطلع الستينيات من القرن الماضي بدأ العلماء بتحديد الكيفية التي يتم بها انتقال المعلومات الوراثية على شكل رسائل مشفرة من الدنا إلى البروتين، وأول اكتشاف في هذا المجال كان للعالمين جاكوب ومونود من معهد باستور في باريس.

وكشف العالمان الطريقة التي يتم بها نقل المعلومات الوراثية عند الكائنات الوحيدة الخلية المسماة طلائعيات النوى (Protokaryotes) وسموها (Operon theory). وفي عام 1961 تم اكتشاف ما يسمى بالحمض النووي الريبي المرسال (الرنا RNA) وهو المادة التي يتم نسخها من الـ(حمض الدنا) ليقوم بنقل الرسالة الوراثية، وذلك بفرض الصيغة التي يتشكل منها البروتين.

تميز حقبة خاصة في حياة ذلك الفنان. وهكذا فإنَّ علم الوراثة مرّ بمراحل مميزة يمكن تقسيمها إلى أربع مراحل:

المرحلة الأولى

المرحلة الأولى أو المرحلة التقليدية (1839 - 1941) : تميزت بوصفها الدقيق للظواهر العلمية، وبدأت بالوصف الرائع لبنية الخلية الدقيقة على يد العالم شوان في عام 1839. وتضمنت وصف الصفات الوراثية وكيفية انتقالها من جيل إلى آخر من قبل ماندل. واكتشف خلالها فليمنغ الصبغيات (الكروموسومات) عام 1877.

وفي عام 1911 استطاع ولسون أن يوضح أن المورثة المسؤولة عن مرض عمى الألوان توجد على الصبغي إكس X. وفي عام 1927 شرح ميللولر الآلية التي تحدث فيها الطفرات الوراثية. وفي عام 1946 تم اقتراح النظرية القائلة بأن كل إنزيم في الخلية يقابله مورث معّين.

أدى اكتشاف (حمض الدنا) إلى تطور مذهل في علم الوراثة

> "توصل ماندل إلى أن كل صفة من الصفات الوراثية محددة بعامل واحد لدى كل من الأبوين وأن الأبناء قد يرثون من أبويهم أحد هذين العاملين دون اختلاط في الصفات"

المرحلة الثانية

المرحلة الثانية أو ما يعرف بالمرحلة الجزيئية الحديثة (1942-1969) : امتازت بدراسة المادة الحية على المستوى الجزيئي، وتجلى ذلك بالوصف الدقيق والرائع لذرات المادة الحية، وكيفية تفاعل هذه الذرات والجزيئات بعضها مع بعض لإعطاء الصورة النهائية للمادة الحية، وبدء فهم آلية عملها. وفي بداية الأمر كان الاعتقاد السائد بين العلماء أن المادة الوراثية التي تنتقل من الآباء إلى أبنائهم تكون من البروتينات وليس من (الدنا). وساد هذا الاعتقاد حتى عام 1944، إذ لم يكترثوا بمادة (الدنا) لسبب بسيط مفاده أن تركيبها الكيميائي يتميز ببساطة متناهية، فهو يتكون من أربع قواعد آزوتية (أدنين، غوانين، ثيمين، سيتوزين) وسكر الريبوز المنزوع الأكسجين، وزمرة فوسفات. فقد كانوا يعتقدون أن المادة الوراثية يجب أن تتميز بالتعقيد، ولذلك أهملوا تلك المادة البسيطة التركيب، وركزوا جل اهتمامهم حول البروتينات التي تتميز بأنها أكثر تعقيداً من تلك المادة. وفي هذه المرحلة تم للمرة الأولى إثبات أن الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين (الدنا)، هو المادة الوراثية وكان ذلك في عام 1944 من قبل العالم آفيري، حيث كان الاعتقاد السائد في ذلك الوقت أن المادة الوراثية هي البروتين، وبالطبع فإنَّ البروتين ليس بالمادة الوراثية لأنه ليس هو الذي يُتوارث من جيل إلى آخر.

يؤدي وجود 47 صبغياً بدلاً من 46 في خلايا الإنسان إلى حدوث مرض (المنغولي)

وفي الواقع فإن إثبات أن المادة الوراثية هي (حمض الدنا) امتد مدة من الزمن، وشارك فيه كبار علماء تلك الحقبة، كما أنه جاء تدريجياً، ففي عام 1950 اكتشف العالم شارغاف البنية الكيميائية للمادة الوراثية التي أوضح فيها أن العناصر الكيميائية التي يتكون منها جزيء (الدنا) هي أربعة عناصر فقط: أدينين، وغوانين، وثيمين، وسيتوزين، إضافة إلى جزيء فوسفات وجزيء سكر منقوص الأكسجين.

المرحلة الثالثة

المرحلة الثالثة تمتد من 1970 إلى 1996 وتسمى مرحلة تأشيب (الدنا) (Recombinant DNA era): تتميز هذه المرحلة بتطور التقنيات المتعلقة بطرق تحليل الحموض النووية، إضافة إلى عزل ومعاينة عدد كبير من المورثات المسؤولة عن كثير من الأمراض الوراثية التي تصيب الإنسان.

وفي عام 1970 اكتشف العلماء مواد لها طبيعة بروتينية تمت تنقيتها وعزلها من بعض الكائنات الوحيدة الخلية (طليعيات النوى)، وقد سميت الأنزيمات القاطعة أو

> "أهمل العلماء في البداية مادة (الدنا) لما تتميز به من بساطة في التركيب الكيميائي توهماً منهم بأن المادة الوراثية يجب أن تتميز بالتعقيد"

المحددة (Restriction Enzymes) وأهم ما يميز تلك الأنزيمات قدرتها على كسر أو قطع جزيئات (الدنا) في أمكنة محددة ومميزة على جزيء (الدنا).

وتلك الأنزيمات تقطع (الدنا) بعد أن تتعرف إلى مواقع خاصة ومحددة ضمن جزيء (الدنا).

سبب مرض المنغولي

في عام 1959 اثبت العالم الفرنسي ليجيون أن سبب مرض المنغولي هو وجود 47 صبغيا بدلا من 46 في خلايا المريض، وأن الصبغي الزائد هو الصبغي رقم 21، أي ان لدى المريض ثلاثة صبغيات برقم 21، اذ لدى الإنسان السليم صبغيان برقم 21، احدهما ورثه من أبيه والاخر من أمه.

اما حالة المصاب بمرض المنغولي فيرث صبغيا واحدا من أبيه واثنين من أمه.

وهناك حالات تحصل فيها الزيادة نتيجة للحصول على صبغيين من الأب وليس من الام كما هو معهود.

ويعد هذا الاكتشاف أول إشارة إلى الربط بين المادة الوراثية متمثلة بالدنا DNA وبعض الأمراض التي يصاب بها الإنسان.

فمثلاً إذا أخذنا الصبغي رقم 1 وهو أكثر الصبغيات طولاً (200 مليون أساس مزدوج) وحاولنا تقطيعه بأحد الأنزيمات؛ فإن عدد القطع التي يمكن الحصول عليها ربما يبلغ عدة ملايين أو بضعة آلاف فقط إذا كانت المواقع التي يتعرف إليها الأنزيم قليلة التكرار. ولقد ساعد اكتشاف الأنزيمات القاطعة على دراسة (الدنا)، بطريقة سهلة ودقيقة، وساهم بشكل كبير في دراسة المورثات كل على حدة، فقبل هذا الاكتشاف لم يكن ممكناً دراسة (الدنا) بسبب صعوبة التحكم في جزيئات (الدنا) الطويلة.

وفي المدة نفسها التي تم فيها اكتشاف الأنزيمات القاطعة تم أيضاً اكتشاف الأنزيمات الرابطة أو اللاحمة (DNA Ligase). وبفضل ذلك أصبح ممكناً إعادة لحم وربط القطع الصغيرة بعد قطعها، ومن ثمّ التمكن من إنتاج ما يسمى جزيئات (الدنا) المؤشبة (Recombinant DNA molecule)، أي إنها مؤلفة من (دنا) من مصدرين مختلفين

تشخيص الأمراض الصبغية

في عام 1956 تمكن العالمان ليفان ونيجو من اثبات وجود 46 صبغيا في كل خلية إنسانية، وساعد ذلك الاكتشاف على البدء في تشخيص الأمراض الصبغية.

وفي العام نفسه تمكن العالم البريطاني سانجر من تحليل البنية الجزيئية لهرمون الأنسولين وهي تتمثل بوجود 51 حمضا أمينيا. وفي المدة نفسها برهن العالم إنغرام أن المرض المسمى Sickle Cell Anemia (فقر الدم المنجلي) يحدث نتيجة لتغير بسيط في تركيب مادة هيموغلوبين الدم حيث تؤدي الى تغير أحد الحموض الأمينية التي تشكل البنية الأساسية للبروتين.

ومن أهم اكتشافات تلك المدة هو ما بينه العالم كونبرغ عن طبيعة الأنزيم المسمى (DNA Polymerase) او انزيم تركيب الدنا، وبمعنى آخر الأنزيم الذي يدير عملية تركيب او عملية تضاعف الدنا. ونتيجة لهذا الاكتشاف أصبح ممكناً بعد مدة قصيرة القيام بعملية إنتاج او تركيب او استنساخ اية جزيئة الدنا صنعيا او مختبريا في انبوب الاختبار.

كأن يتم مثلاً إنتاج جزيئة مهجنة من (دنا) إنساني تم ربطها ولصقها بدنا من جرثومة أو بكتيريا لتكوين جزيئة هجينة، يمكن إدخالها إلى جرثومة صغيرة.

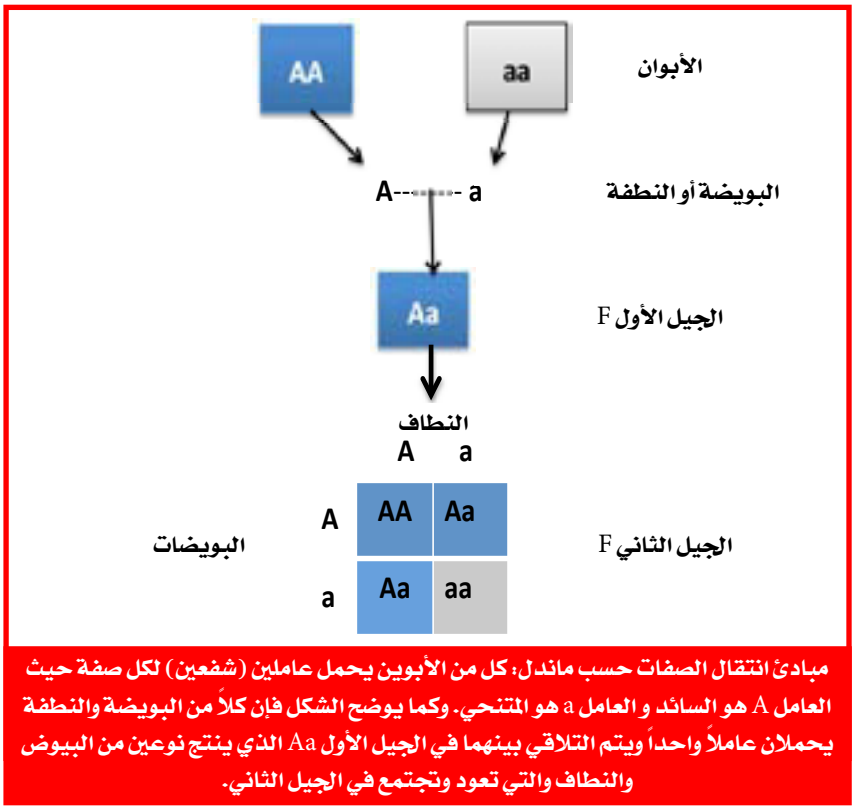
وعندما تتكاثر الجرثومة في وسط مغذ فإن (دنا) الجرثومة ككل - بما في ذلك الـ(دنا) الهجين - سيتضاعف بعد كل انقسام خلوي، وبهذه الطريقة يمكن تكثير أو استنساخ الجزيئة الهجينة، والحصول على ملايين بل مليارات النسخ المطابقة للنسخة الأصلية، وهذه العملية تسمى عملية نسخ أو تنسيل الـ (دنا) (DNA Cloning) المراد تحليله أو دراسته.

يساهم تطور علم الوراثة في اكتشاف الخريطة الوراثية للإنسان

> "ساعد اكتشاف الأنزيمات القاطعة على دراسة الـ(الدنا) بطريقة سهلة ودقيقة وساهم بشكل كبير في دراسة المورثات كلاً على حدة"

وفي عام 1977 توصل العلماء غلبرت وماكسام وسانجر إلى طريقة جديدة لقراءة الحروف الكيميائية التي يتألف منها الـ(دنا)، وتسمى تلك الطريقة DNA Sequencing أو سَلْسلة الـ(دنا)، وباستخدام هذه التقانة أصبح ممكناً قراءة السلسلة الكيميائية التي تتركب منها المورثات المختلفة.

وخلال ثمانينيات القرن الماضي أصبح ممكناً بشكل صنعي تركيب أي مورثة بهذه الطريقة. واكتشف هذه الطريقة الدكتور ميليس في عام 1985، وسميت Polymerase Chain Reaction، واختصاراً PCR، أو تفاعل البلمرة التسلسلي. واستخدمت هذه الطريقة بشكل واسع لنسخ الجينات، وبذلك استطاع العلماء تحليل معظم الجينات ودراستها. وفي تلك المدة تم عزل ودراسة عدد كبير من المورثات المسببة لأمراض الإنسان مثل مرض الحثل العضلي (ضمور العضلات) والمورثة التي تسبب مرض تليف البنكرياس الحوصلي. وفي عام 1993 أظهر الباحث فوجيلستين أن سرطان الأمعاء الغليظة ينتج من جراء طفرات خاصة تصيب بعض الأنزيمات التي تكون مسؤولة عن إصلاح الأخطاء أثناء عملية تضاعف الـ(دنا) خلال عملية الانقسام الخلوي، ونتيجة لوجود الخلل في عمل هذه الأنزيمات فإن طفرات كثيرة ستصيب أكثر من مورثة يكون دورها الرئيسي في الخلية هو كبح عملية التسرطن، ولذلك فإن هذا النوع من المورثات يسمى Tumor Suppressor



مبادئ انتقال الصفات حسب ماندل: كل من الأبوين يحمل عاملين (شفعين) لكل صفة حيث العامل A هو السائد و العامل a هو المتنحي. وكما يوضح الشكل فإن كلاً من البويضة والنطفة يحملان عاملاً واحداً ويتم التلاقي بينهما في الجيل الأول Aa الذي ينتج نوعين من البيوض والنطاف والتي تعود وتجتمع في الجيل الثاني.

Genes أو المورثات المُبْطلة للتسرطن. وهذه المورثات تحافظ على النظام الداخلي للخلية وبخاصة ما يتعلق بعملية انقسام الخلية أو التكاثر الخلوي.

وفي حالة السرطان فإن الأنزيمات أو البروتينات التي تقوم بهذا الدور - الذي يتجلى بالسيطرة والتحكم المنظم في الانقسام الخلوي - تكون عاجزة عن أداء وظائفها الطبيعية نتيجة لوجود طفرة وراثية في تركيبها الكيميائي.

المرحلة الرابعة

أما المرحلة الرابعة الممتدة من 1997 وحتى الآن فهي تسمى بعصر المورثات أو Human Genome Era (الحقبة الجينومية) : وأهم ما يميز هذه المرحلة هو الاكتشافات المتزايدة لعدد كبير من المورثات وبخاصة تلك المسببة للأمراض الوراثية، وهي التي فتحت الباب أمام معالجة هذه الأمراض بطرق حديثة تعتمد على فهم الآلية التي تعمل بها المورثات. وهذا أدى إلى فرع جديد في العلوم الطبية بدأ يشق طريقه بين فروع الطب الأخرى، وهو ما يسمى الآن بطب المورثات.

وبدأت تلك المرحلة باستنساخ النعجة (دوللي) في عام 1996 من قبل الباحث ويلموت. وفي عام 1999 أعلن الباحث تومسون تمكنه من الحصول على ما يسمى الخلايا الجذعية أو خلايا المنشأ القادرة على إعطاء كل النسج والأعضاء التي يتشكل منها الجسم البشري.

أما التطور الآخر الذي تحقق في هذه المدة فهو الإنجاز المذهل الذي تم الإعلان عنه في عام 2000، والذي تضمن اكتشاف الخريطة الوراثية للإنسان. وفي الرابع عشر من أبريل 2003 أعلن عن الانتهاء الكلي من قراءة الجينوم البشري. ثم بدأت التوجهات لدراسة المورثات التي لها علاقة بالأمراض التي تصيب الإنسان. وفي السنوات الأخيرة حاول العلماء معالجة الأمراض الجينية المنشأ وذلك باستخدام الجينات المصنعة بطريقة الهندسة الوراثية لتصليح الأعطال الوراثية في كثير من الأمراض، ولكن جميع هذه المحاولات لاتزال في مرحلة تجريبية. ■

أهم اكتشاف علمي في القرن العشرين

شهد عام 1953 أعظم تطور علمي في علم الوراثة، وأحد أهم الاكتشافات العلمية في القرن العشرين، وتمثل في تقديم العالمين واتسون وكريك وصفا دقيقا ومتكاملا للبنية التركيبية الثلاثية الأبعاد لجزيء (دنا) بينا فيه أن كل جزيء (دنا) هو عبارة عن اتحاد من خيطين مزدوجين يكمل أحدهما الآخر، وهذان الخيطان يلتف أحدهما حول الآخر ليشكلا ما يسمى بالبنية الحلزونية المضاعفة.

وعند اكتشاف ذلك قال واتسون لأستاذه الذي يشرف عليه: اعتقد أننا قد اكتشفنا سر الحياة!. وقد تم منحهما جائزة نوبل لعام 1962 تقديرا لجهودهما في ذلك الاكتشاف. وساهمت البنية المقترحة لجزيء (دنا) من قبل واتسون وكريك في توضيح الآلية التي يتم بها تضاعف وتناسخ جزيئات (دنا) وعملية حفظ المادة الوراثية من جيل إلى آخر.

وبعد هذا الاكتشاف المهم لم يعد هناك مجال للشك بأن (دنا) هو المادة الوراثية، لكن السؤال الذي طرح نفسه بقوة من جديد هو عن كيفية انتقال المعلومات الوراثية داخل الخلية الحية، وكيفية تزويد الخلية بالبروتينات الضرورية التي تساهم في عملية نمو الخلية وتكاثرها، إضافة إلى ما تحتاج إليه الخلية أثناء عملية الانقسام.

المعلوماتية والوراثة

د. إيهاب عبد الرحيم علي*

غريغور ماندل مؤسس علم الوراثة الحديث

يعتبر غريغور ماندل (1822 - 1884)، الأب المؤسس لعلم الوراثة، على الرغم من أنه لم يكن يعرف ذلك. كان مندل بستانياً مع فضول لا يشبع للمعرفة. ربما كانت ملاحظاته بسيطة، لكن استنتاجاته كانت مذهلة. لم يكن هذا الرجل يمتلك وسائل التكنولوجيا الحديثة، فلم يكن لديه حاسوب أو آلة حاسبة الجيب، لكنه تعرّف، بدقة مدهشة، إلى الطريقة المحددة التي تعمل بها الوراثة.

* طبيب وكاتب علمي مصري مقيم في كندا.

وعلى الرغم من أنَّ الوراثة لم تصبح علماً رسمياً قائماً بذاته، بالمفهوم الحديث حتى نشر ماندل أبحاثه في عام 1865، فإن البشر أدركوا بفطرتهم مفهوم الوراثة قبل ذلك بكثير، ولعلَّ الدليل الأكثر إقناعاً على ذلك يأتي من برامج التهجين التي تعود إلى عصور ما قبل التاريخ، حيث كان يتم استيلاد الحيوانات أو النباتات ذات الصفات المرغوبة بشكل انتقائي. وقد كتب أفلاطون حول توسيع هذه الأفكار لتطبيقها على البشر، كما تمتلئ كتب التاريخ بأمثلة على الأمراض العائلية المعروفة، مثل الهيموفيليا (الناعور).

الوراثة والحاسوب

شهد القرن الحادي والعشرون سَلْسَلَة كامل الجينوم البشري، في عام 2003، والعديد من التطورات اللاحقة في تقنيات السَلْسَلَة الجينية والبروتيومية، والتي يمكننا من خلالها دراسة الحالات الطبية والعمليات البيولوجية حتى مستوى بالغ الدقة. ويتعزز كمّ المعلومات الوراثية من خلال التصوير الطبي الدقيق والتحاليل المختبرية المتقدمة، وكلها تعتمد على المعلوماتية والحواسيب. ومن ناحية أخرى، فقد تطورت نظم الحوسبة حتى صارت قوية جدا. وأدى دمج المزيتين معا إلى إتاحة الفرصة لدراسة وعلاج الأمراض بدعم من نماذج حاسوبية دقيقة، إضافة إلى فرصة لاستكشاف الكيفية التي يمكن بها لمريض بعينه أن يستجيب لعلاج معين.

سَلْسَلَة جينوم الأفراد الأصحاء

استغرقت سَلْسَلَة أول جينوم بشري 15 سنة وكلفت ثلاثة مليارات دولار، أمَّا اليوم فيمكن معرفة سَلْسَلَة الجينوم البشري مقابل نحو 3000 دولار وفي غضون أيام قليلة، ومن المتوقع أن تستمر التكاليف في الانخفاض. وعلى الرغم من أن سَلْسَلَة كامل الجينوم تستخدم حالياً في المقام الأول لأغراض التشخيص والأبحاث السريرية، فإنَّ سَلْسَلَة كامل الجينوم في الأفراد الأصحاء تَعِدُ بتمكينهم من الاضطلاع بقدر أكبر من التحكم في حياتهم، ومن ثم اتخاذ إجراءات للوقاية من الأمراض في مرحلة مبكرة وعلى نحو أكثر فعالية.

سَلسَلة الأنسولين استهلكت العصر الحديث لعلم البيولوجيا الجزيئية والبنيوية

> على الرغم من أن الوراثة لم تصبح علماً رسمياً قائماً بذاته بالمفهوم الحديث حتى نشر مندل أبحاثه في عام 1865 فإنَّ البشر أدركوا بفطرتهم مفهوم الوراثة قبل ذلك بكثير

وفي المستقبل، قد تزوّد سَلْسَلَة كامل الجينوم الأفراد الأصحاء بالمعلومات المتعلقة بالأمراض الوراثية التي يحملونها في جيناتهم، وذلك لمساعدتهم على اتخاذ القرارات الإنجابية، وتزويدهم بالمعلومات الجينومية - الدوائية التي تساعد الأطباء على كتابة وصفات الأدوية وتحديد جرعاتها الملائمة. وقد تساعد أيضاً على التعرف إلى الأشخاص الذين يبدون بصحة جيدة- لكنهم يحملون متغيرات وراثية نادرة تزيد بشكل كبير خطر الإصابة بالسرطان أو النوبات القلبية، أو مزيج من المتغيرات الوراثية الشائعة التي تزيد بصورة طفيفة من أخطار إصابتهم بالأمراض المعقدة الشائعة، مثل الداء السكري من النوع الثاني، أو الاضطرابات النفسية مثل الاضطراب الثنائي القطب. ومن شأن هذا أن يمكّن الأطباء من التدخل بالأدوية أو الإجراءات الطبية، و/أو تحفيز الأفراد أنفسهم على اتخاذ تغييرات من شأنها تقليل خطر الإصابة بتلك الأمراض، مثل خسارة الوزن، والإقلاع عن التدخين، وتقليل التوتر، وتحسين الالتزام بتناول الأدوية، أو زيادة فحوص التحري. هناك اهتمام تجاري كبير، فضلا عن ذلك الأكاديمي المتعلق بالصحة العامة، بالاستفادة من هذه المزايا المحتملة.

تحليل المتواليات الجينية

إلى جانب أنها مكّنت ألفريد سانغر من الفوز بجائزة نوبل للمرة الأولى، فقد استهلت سَلْسَلَة الأنسولين العصر الحديث لعلم البيولوجيا الجزيئية والبنيوية. وفي أوائل ستينيات القرن العشرين، تراكمت متواليات البروتينات المعروفة ببطء، وربما كان ذلك بمثابة نعمة

الجينوميات الدوائية

يمكن لتحليل المعلوماتية الحيوية للبيانات الجينومية، والباثولوجية والسريرية المستقاة من التجارب السريرية أن يحدد المجموعات الفرعية من السكان التي تتفاعل بشكل جيد أو سيئ مع دواء معين. ويمكن بعد ذلك اجراء اختبارات جينية بسيطة على المرضى المحتملين لتحديد ما اذا كانت تنتمي إلى مجموعة سكانية فرعية مستعدة وراثيا للتفاعل بشكل جيد أو سيئ مع أحد الأدوية. وبالتالي فمن المرجح أن تؤدي الجينوميات الدوائية pharmacogenomics إلى بزوغ عصر جديد من الطب الشخصي، الجزيئي، حيث سيتم تحديد الاستجابة الجينية الشخصية الفريدة لمريض ما لأدوية بعينها، وذلك بهدف توفير العلاج الذي يستهدف حاجاتهم البيولوجية المحددة والخالي من الآثار الجانبية.

ستؤدي الجينوميات الدوائية إلى بزوغ عصر جديد من الطب «الشخصي»

خفية، بالنظر إلى أن الحواسيب القادرة على تحليلها لم تكن قد اختُرعت بعد!

وفي عصر ما قبل الحاسوب هذا، من وجهة نظرنا الحالية على الأقل؛ كان يتم تجميع المتواليات، وتحليلها، ومقارنتها يدوياً عن طريق كتابتها على قطع من الورق، ولصقها جنباً إلى جنب على جدران المختبر، و/أو تغيير مواقعها حتى الوصول إلى المحاذاة المثلى، وهي التقنية التي تسمى الآن مطابقة النمط.

وبمجرد أن توافرت الحواسيب المبكرة، والتي كانت بنفس ضخامة قاطرات السكك الحديدية وبنفس سرعتها، ومع ذاكرة للوصول العشوائي RAM لا تزيد عن 8 كيلوبايت!؛ بدأ أول علماء البيولوجيا الحسابية إدخال هذه الخوارزميات اليدوية في بنوك الذاكرة. كانت هذه الممارسة جديدة تماماً، فلم يكن أحد قبلهم مضطراً لمعالجة وتحليل المتواليات الجزيئية باعتبارها نصوصاً. واضطر الباحثون لاختراع معظم هذه الأساليب من نقطة الصفر، مما أفضى بدوره لمولد مجال بحثي جديد تماماً، وهو تحليل المتواليات البروتينية باستخدام الحواسيب. وكانت هذه هي نشأة المعلوماتية الحيوية.

> استغرقت سَلْسَلَة أول جينوم بشري 15 سنة وكلفت ثلاثة مليارات دولار أمَّا اليوم فيمكن معرفة سَلْسَلَة الجينوم البشري مقابل نحو 3000 دولار وفي غضون أيام قليلة ويتوقع انخفاض التكاليف قريباً

تحليل متواليات الدنا

خلال خمسينيات القرن العشرين، وبينما كان علماء مثل كندرو وبيروتز لا يزالون يكافحون من أجل التوصل إلى أول الهياكل الثلاثية الأبعاد للبروتينات، كان علماء البيولوجيا الآخرون قد حصلوا بالفعل على كثير من الأدلة غير المباشرة، عن طريق إجراء تجارب وراثية ذكية جدا، أن الحمض النووي الريبي المنزوع الأكسجين (الدنا: DNA) هو المادة التي تشكل جيناتنا، وكان بدوره جزيئاً ماكروياً macromolecule ضخماً؛ كان جزيئاً طويلاً ملتوياً يشبه السلسلة، وملتف على هيئة حلزون مزدوج، وكانت كل وصلة في السلسلة عبارة عن اقتران بين اثنين من أصل أربعة مكونات تسمى النيوكليوتيدات. والنيوكليوتيد يتكون من مجموعة فوسفات واحدة مرتبطة بسكر البنتوز، والذي يرتبط بدوره بواحد من أربعة أنواع من القواعد النتروجينية العضوية التي يرمز إليها بالأحرف الأربعة A، C، G، T.

وعلى أي حال، فقد كان على علماء البيولوجيا الجزيئية الانتظار إلى ما بعد ذلك بكثير، وبالتحديد حتى سبعينيات القرن العشرين، قبل أن يتمكنوا من التعرف إلى تسلسل جزيئات الدنا والحصول على إمكانية الوصول المباشر إلى متواليات النيوكليوتيدات الخاصة بالجينات. كانت هذه بمثابة ثورة، كما ساعدت ألفريد سانغر على الفوز بجائزة نوبل

تعمل المعرفة الجينية على تعزيز قدرتنا على تصميم علاجات دوائية جديدة

للمرة الثانية. لأن الأبجدية الصغيرة لمتوالية الدنا، وهي أربعة نيوكليوتيدات مقارنة بعشرين حمضاً أمينياً، سمحت بقراءة أبسط وأسرع بكثير، سرعان ما صارت تتم بصورة مؤتمتة بالكامل، باستخدام حواسيب خاصة. وفي الوقت الحالي، فإنَّ السرعة التي يتم بها تحديد متوالية الدنا في جميع أنحاء العالم تتسم بكونها أسرع من حيث الحجم من معدل سَلْسَلَة البروتينات.

تحليل متواليات الرنا

إن الدنا هو العضو الأكثر أهمية في عائلة الأحماض الأمينية من الجزيئات. وتتمثل مهمته الوحيدة والفريدة في التأكد - إلى الأبد - من حفظ المعلومات الوراثية للكائن الحي الذي تنتمي إليه، وهو بالتالي مستقر ومقاوم، ويوجد في موضع محمي جيداً في نواة كل خلية. أما الحمض النووي الريبي (الرنا RNA) فهو عضو أكثر نشاطاً في عائلة الأحماض الأمينية؛ إذ يتم تصنيعه والتخلص منه باستمرار أثناء قيامه بجعل نسخ الجينات المتاحة لمصنع الخلية. وفي سياق المعلوماتية الحيوية، لا يوجد سوى اختلافين رئيسيين

> شهد القرن 21 سَلْسَلَة كامل الجينوم البشري والعديد من التطورات في تقنيات السَلْسَلَة الجينية والبروتيومية والتي تمكننا من دراسة الحالات الطبية والعمليات البيولوجية حتى مستوى بالغ الدقة

بين الرنا والدنا: يختلف الرنا عن الدنا في نيوكليوتيد واحد. يأتي الرنا في ضفيرة واحدة، وليس على هيئة حلزون مزدوج.

الشفرة الوراثية

عندما نتعرف إلى متوالية الدنا، باستخدام برامج حاسوبية متخصصة، يمكن للباحثين ترجمتها إلى متوالية البروتين المقابلة باستخدام الشفرة الوراثية، وبنفس الطريقة التي تقوم بها الخلية بتوليد متوالية أحد البروتينات. تتسم الشفرة الوراثية بشموليتها مع بعض الاستثناءات وإلا لكانت الحياة بسيطة جدا، وهذا هو الحل الطبيعي للمشكلة المتعلقة بالكيفية التي يمكن بها للمرء أن يربط على نحو فريد بين متوالية من أربعة نيوكليوتيدات(A، T، G، C) وبين مجموعة مكونة من 20 حمضاً أمينياً؛ فنحن نستخدم الرموز هنا، وليس مركبات كيميائية فعلية، لفعل الشيء نفسه. مثّل فهم كيفية قيام الخلية بذلك واحداً من أهم إنجازات البيولوجيا في ستينيات القرن العشرين.

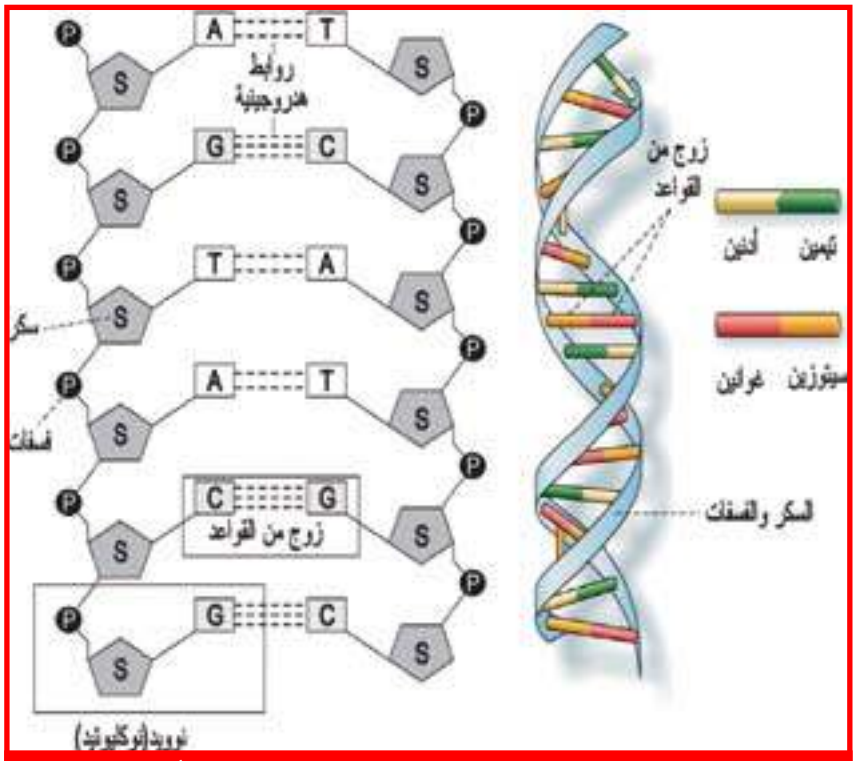
المعالجات الجينية

بالنسبة للمرضى الذين يعانون أمراضا وراثية مزمنة مثل التليف الكيسي، يتم تطبيق معالجات جينية ينبغي ان توفر في نهاية المطاف إمكانية التفاعل بشكل مباشر مع الجينات المعيبة لتخفيف أو كبت أو تعطيل العمليات الكيميائية الحيوية التي تنتج في حالة المرض.

استكشاف الجينوم البشري

في معظم الخلايا المكوّنة للكائن الحي، هناك مجموعة مماثلة من الشفرات التي تنظم وظيفة الخلية. ويتم ترميز هذه في صورة واحد أو أكثر من ضفائر جزيء الدنا. ويعرف الطقم الكامل لجزيئات الدنا في كل كائن حي باسم الجينوم. وتتمثل الوظيفة العامة للجينوم في توجيه إنتاج الجزيئات، البروتينية في الغالب، التي تنظم عملية الاستقلاب في الخلية واستجابتها للبيئة المحيطة بها.

يكون الجينوم متماثلاً في كل خلية تقريباً في الجسم البشري. وعلى سبيل المثال، فإن الخلايا الكبدية وخلايا الدماغ لديها نفس محتوى الدنا ونفس التعليمات البرمجية في النواة.



يرتبط النيوكليوتيد بواحد من أربعة من القواعد النتروجينية التي يرمز إليها بالأحرف A - C - G - T

اكتشاف الأدوية

تعمل المعرفة الجينية على تعزيز قدرتنا على تصميم علاجات دوائية جديدة. وعلى سبيل المثال، فعند توافر متواليات كامل الجينوم للكائنات المجهرية المعدية، فمن الممكن لتقنيات المعلوماتية الحيوية دراسة المواقع الجزيئية المستهدفة المحتمل أن تهاجمها الأدوية المصممة خصيصا. وقد تم حديثا تصميم أدوية مصممة خصيصا، مثل مبيلات الاميتنيب، الذي يعطل عمل البروتين الشاذ الذي يتم انتاجه في حالات سرطان الدم النخاعي المزمن، والذي تم انتاجه باستخدام طرق المعلوماتية الحيوية لتحديد واستهداف وسمات جينية genetic markers بشرية محددة.

بيد أن ما يميز خلايا أحد أجهزة أو أنسجة الجسم عن بعضها بعضا هو تفعيل أجزاء مختلفة من الدنا فيها في الوقت نفسه.

تمثل سَلْسَلَة الجينوم البشري على الأرجح واحدا من أعظم الإنجازات العلمية في العصر الحديث. ففي وجود ثلاثة آلاف مليون نيوكليوتيد موزعة على 23 صبغيا (كروموسوما)، يمثل هذا الجينوم بالتأكيد كائناً معقداً يصعب التعامل معه. وتتمثل المهمة الرئيسية التي تنتظر المعلوماتية الحيوية في دمج كل المعلومات المتعلقة بالماضي، والحاضر، والمستقبل، والمتضمنة في الجينات البشرية في صورة مصدر يمكن حفظه ويسهل استخدامه.

وإذا أردنا أخذ فكرة عن حجم البيانات البشرية، علينا امتلاك معلومات واضحة عن الحالة الراهنة للبيانات: إن المتوالية الكاملة للنيوكليوتيدات المتضمنة في الجينوم البشري هي الآن في متناول اليد، باستثناء بضعة آلاف من الثغرات التي لا يزال الباحثون يسعون لسدها. ولهذا السبب يتم نشر «إصدارات» جديدة من الجينوم البشري بصفة دورية. وتنطبق هذه الحالة المتغيرة أيضا على كل جينومات الحيوانات الكبيرة.

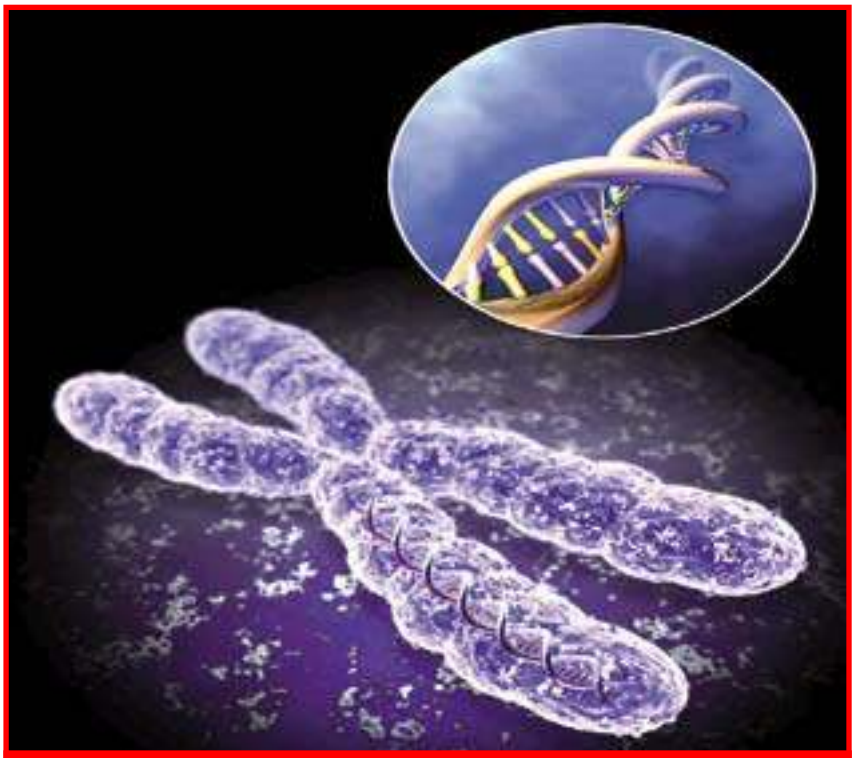
> الدنا أكثر أهمية في عائلة الأحماض الأمينية من الجزيئات وتتمثل مهمته في التأكد من حفظ المعلومات الوراثية للكائن الحي الذي تنتمي إليه وهو بالتالي مستقر ومقاوم ومحمي في نواة كل خلية

إضافة إلى ذلك، فقد حصلنا على هذا المتوالية في شكلها الخام، وبالتالي فإن التحدي المقبل هو تفسير هذه البيانات الخام، من خلال وضع جدول مفصل ودقيق لخصائص الجينوم البشري. وفي جميع أنحاء العالم، يتم يومياً إنتاج معلومات جديدة حول خصائص ووظائف الجينات البشرية، وذلك باستخدام مجموعة واسعة من التقنيات المعتمدة على المعلوماتية الحيوية. وفي عالم مثالي، يجب أن يقوم شخص ما بتجميع كل تلك المعلومات، وتوليفها على نحو جيد، ومن ثم يقدمها للمجتمع البحثي بصورة كاملة، وبالمجان!

المعلوماتية والوراثة

الاهتمام الكبير بفك شفرة الجينوم البشري، وفهم الدور الوظيفي الذي تؤديه الجينات المختلفة في حالتي الصحة والمرض، يتم بدافع من الأمل في أن يؤدي هذا إلى طرق جديدة لعلاج المرضى. وعلى وجه التحديد، فإن المعلوماتية الحيوية تمكننا من تحديد الجينات التي تشير إلى قابلية المريض للإصابة بمرض ما، وتساعد على تطوير فهمنا للسبل الخلوية المكتنفة في إحداث المرض، وبالتالي توفر فرصة لتطوير العلاجات المحددة جدا.

لنتأمل على سبيل المثال تحليل سرطان الغدد اللمفاوية ذي الخلايا البائية الكبيرة، حيث قام الباحثون بقياس مستوى تعبير آلاف الجينات في الأنسجة اللمفاوية للمرضى المصابين بهذا الورم المميت الذي يصيب الجهاز اللمفاوي، وذلك باستخدام تقنية المصفوفات الميكروية



يتكون الجينوم البشري من ثلاثة آلاف مليون نيوكليوتيد موزعة على 23 صبغيا

للدنا. وعندما أجري تحليل (التعنقد) لمعرفة أي المرضى يشبه واحدهم الآخر أكثر من حيث نمط التعبير الجيني لدى كل منهما، وجدت مجموعتان متميزتان من المرضى. وعندما درس الباحثون التاريخ الصحي لأولئك المرضى، اتضح أن المجموعتين تتوافقان مع جمهرتين من المرضى الذين يظهرون معدلات وفيات مختلفة بشكل كبير، كما يتضح من الفروق ذات الدلالة الإحصائية في منحنيات البقاء على قيد الحياة. كانت الآثار المترتبة على معدلات الوفيات المتباينة هذه بالغة الأهمية، فعلى سبيل المثال:

- اكتشف الباحثون فئة فرعية جديدة من سرطان الغدد اللمفاوية ذي الخلايا البائية الكبيرة، وهو تشخيص جديد له أهمية سريرية.
- توصل الباحثون إلى أداة حاسوبية توفر تكهنا مرضيا جديدا، وبالتالي يمكنهم تزويد المرضى بتقديرات أكثر دقة بكثير لمدى العمر المتوقع.
- توفير فرصة علاجية جديدة، حيث يمكن – في حالة المرضى الذين يعانون من نمط للتعبير الجيني يتوقع معه ضعف الاستجابة للعلاج المعتاد – أن يتم العلاج باستخدام أدوية مختلفة.
- هناك فرصة لأن تتمكن الأبحاث الطبية الحيوية الجديدة من اكتشاف العامل الموجود في هاتين المجموعتين الفرعيتين من المرضى، والذي يجعل مصير أفرادهما بمثل هذا الاختلاف، وكيف يمكن ربط ذلك بالاختلافات في التعبير الجيني.

اختبارات بقرب المريض

اعتمد التعرف إلى الكائنات المجهرية تاريخياً على زراعة تلك الكائنات أو تحديد مورفولوجيتها في مختبرات متخصصة. وعلى أي حال، فإن القدرة على استعراف الكائنات المجهرية جينيا تمكّننا من اكتشاف وتحديد وتوصيف مسببات الأمراض المعدية، الأمر الذي يتعين القيام به بقرب المريض، سواء كان راقداً على سرير في المستشفى، أو في الممارسة العامة أو في المنزل. توفر عتائد الاختبار تحليلا سريعا لقطرة من الدم أو اللعاب أو البول لاكتشاف وجود المُمرض المسبب للعدوى، كما تعطي مؤشرا على مقاومته المحتملة لمضادات الميكروبات. وتشمل التقنيات التي تعمل بها عتائد الاختبار هذه المصفوفات المكروية أو «رقائق الدنا». ■

علم الجينوميات: دراسة كل الجينات في الوقت نفسه

أدى تحديد أول متوالية لكامل الجينوم إلى انهاء ممارسة سلسلة الجينات المنفردة، ومن ثم بدأ عصر الجينوميات Genomics. ورسم الخرائط الوراثية، ورسم الخرائط المادية، وسلسلة الجينوم بكامله. ونتيجة لذلك، فإن متواليات الدنا التي يجب علينا دراستها الآن هي أطول بكثير- نحو مليون زوج قاعدي في الطول بالنسبة للميكروبات، في حين يصل طولها إلى عدة مليارات زوج قاعدي في الحيوانات والبشر.

أدت هذه الثورة إلى تصميم أدوات للمعلوماتية الحيوية وقواعد بيانات جديدة قادرة على تخزين، وبحث، وتحليل وعرض هذه البيانات الضخمة بطريقة يسهل استخدامها. وعلى عكس الأيام الأولى لمنهجية سلسلة الجينات المنفردة، فكثيرا ما يتم الحصول الآن على متواليات الدنا (جنبا إلى جنب مع المتواليات البروتينية المفترضة، والمستمدة من متواليات الدنا هذه) دون أي معرفة مسبقة بما تحويه تلك المتواليات بالفعل. وبالتالي، تنطوي هذه العملية على سَلْسَلة الجينات واستكشافها في الوقت نفسه.

أدت هذه التطورات إلى ظهور فرع جديد تماما من المعلوماتية الحيوية، والمكرس لتحليل متواليات الدنا الكبيرة وتفكيكها إلى مكوناتها الأصلية (الجينات، ووحدات النسخ، والمناطق المرمّزة للبروتينات، والعناصر التنظيمية، وما إليها). ويلي تلك المرحلة التمهيدية مرحلة أطول يطلق عليها اسم توصيف الجينوم genome annotation، حيث يتم توقع الوظائف البيولوجية لهذه العناصر المختلفة (بصورة مبدئية على الأقل).

علم الوراثة والرحلة السرمدية في مملكة النبات

د. قاسم زكي *

* أستاذ الوراثة في جامعة المنيا، وعضو اللجنة التنفيذية للمجلس العالمي للنبات، (مصر).

يعود لمملكة النبات الفضل الأول في اكتشاف مبادئ علم الوراثة حين أجرى العالم غريغور ماندل (1822-1866) تجاربه الأولى وتهجيناته المختلفة على نبات البازلاء، والتي مهدت لإرساء دعائم هذا العلم. وقدم علم الوراثة لمملكة النبات خدمات جليلة أدت إلى الكشف عن أسرار مكوناتها والمحافظة عليها من الاندثار وزيادة إنتاجها وتطويرها من أجل رخاء البشرية ورفاهيتها. وستتطرق هذه المقالة إلى تطبيقات علم الوراثة في عمليات التحسين الوراثي للنباتات، بدءا من نشأة فكرة التهجين، مروراً بتطبيقات قوة الهجين والثورة الخضراء، ثم استحداث الطفرات واستخدامها الواسع في إنتاج أصناف نباتية جديدة عالية الإنتاج، وصولاً إلى القدرة على إنتاج نباتات حسب الطلب بتطبيق التكنولوجيا الحيوية، انتهاء بعلم الجينوم والتعرف إلى مكنون التسلسل للمادة الوراثية. ولعل القارئ يستطيع أن يستدل على ما أحرزته البشرية من تقدم علمي حينما يرى مدى التطوير الكبير الذي أدخله علم الوراثة على نوعية المحاصيل وجودتها، فمثلا منذ خمسة قرون عثر الإسبان على ثمار بندورة برية (طماطم To-mato) لنباتات خضراء عشبية مع ثمار صغيرة الحجم، ضعيفة الاستساغة وقليله الجودة، كان يستعملها أهل أمريكا الجنوبية الأصليون، ونقلت إلى أوروبا وبقية دول العالم فيما بعد، ولكن ظل الإقبال على زراعتها واستهلاكها محدوداً لقرنين من الزمان بسبب انتشار اعتقاد خاطئ مفاده أن ثمارها سامة للإنسان.

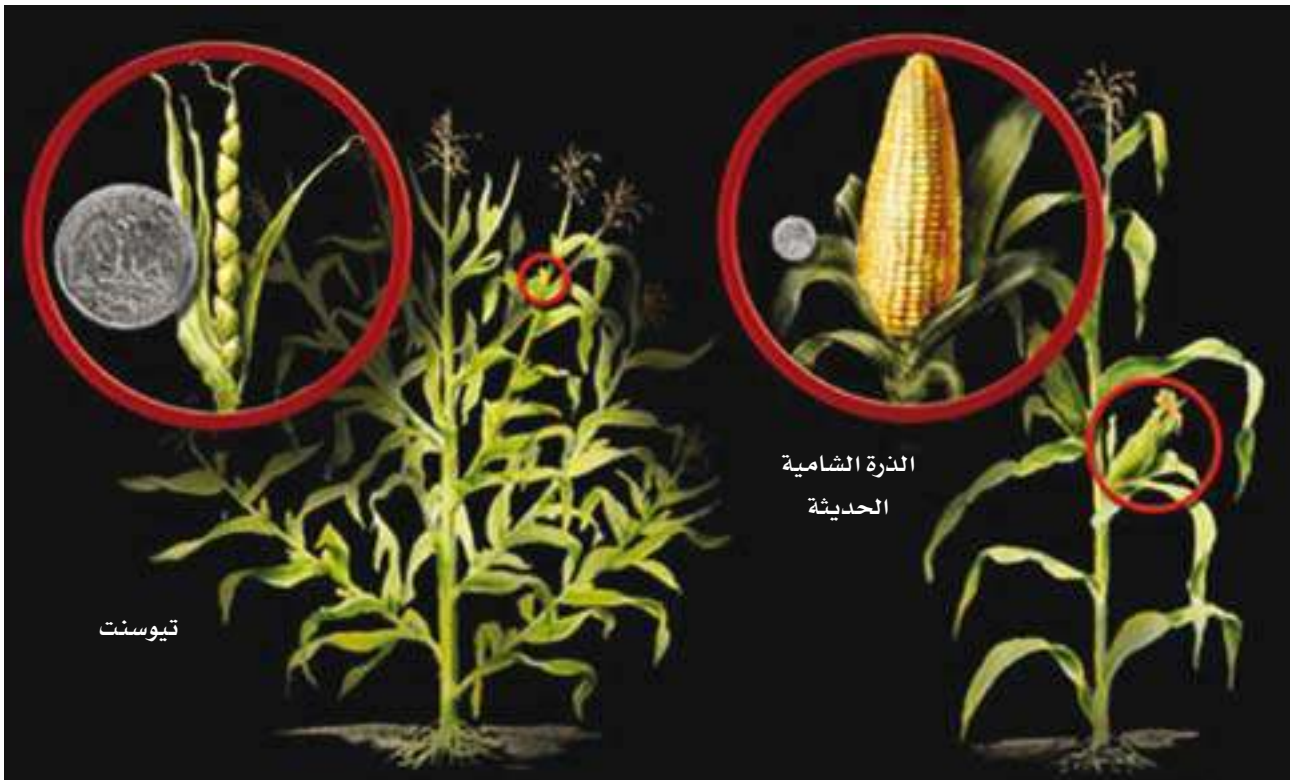
وظل ذلك الوضع سائداً حتى منتصف القرن التاسع عشر حينما تناولتها أيدي العلماء بالبحث والتحسين الوراثي حتى صارت اليوم بحجم يتجاوز 30 ضعف حجمها الأصلي، وبدأ التوسع في زراعة البندورة في الولايات المتحدة ثم بقية أنحاء العالم، وتفوقت البندورة الحديثة على البرية في الطعم والجودة وأصبح لها مئات الأصناف منها ما يصلح للزراعة في منطقة دون غيرها، ومنها ما تم تربيته وراثياً ليصلح لعمليات التصنيع أو ليزرع في مناطق تعاني ضعف خصوبة الأرض أو ملوحتها أو قلويتها، أو تعاني بسبب درجات حرارة عالية أوبرودة قارصة. هذا أيضاً ما جرى على عدد من المحاصيل الأخرى كمحصول الذرة الشامية.

علم الوراثة والتهجين

عندما كان الإنسان يبحث عن تحسين وزيادة إنتاج غذائه من النباتات، راودته فكرة تهجين النباتات المختلفة ليحصل على أفضل صفاتها في الهجين الناتج. وظهر ذلك في بدايات القرن الثامن عشر (قبل اكتشاف قوانين ماندل في الوراثة) على يد توماس فيرتشيلد (1667–1729) حينما أنتج أول هجين صناعي لنبات زينة (عام 1718)، وإن كان الهجين عقيماً. لكن ذلك فتح المجال أمام عمليات التهجين في مختلف أفراد مملكة النبات، وهو ما أثرى الحياة بألوان من النباتات المختلفة ذات المواصفات الجديدة والجيدة.

وعمليات التهجين تعني تزاوج النباتات (أصناف أوأنواع أوأجناس مختلفة) بعضها ببعض، وذلك بنقل الجاميطات المذكرة إلى الزهور المؤنثة للنباتات الأخرى، والتي قد تكون مختلفة عنها في بعض أومعظم المحتوى

أسلاف البندورة (الثمرة الصغيرة) مقارنة بالبندورة الحديثة الكبيرة الحجم الناتجة من التحسين الوراثي لتلك النباتات



أسلاف الذرة الشامية البرية (تيوسنت) ذات الكيزان الصغيرة الضامرة مقارنة بهجن الذرة الشامية الحديثة للكيزان الكبيرة الحجم الناتجة من التحسين الوراثي لتلك النباتات

الوراثي، مما يؤدي إلى إنتاج نسل يحوي صفات كلا الأبوين، وقد تجمع أفضل الصفات (قوة الهجين hybrid vigourHeterosis) التي تفيد في زيادة الإنتاج أوتحمُّل الظروف البيئية الصعبة أو مقاومة الكائنات الممرضة والآفات. ولعل أشهر ما سجلته تطبيقات علم الوراثة في مجال قوة الهجين هوإنتاج الذرة الهجين التي تفوقت على السلالات البرية أوالأبوية بعشرات الأضعاف من حيث المحصول أوالمحتوى من الزيوت أو البروتين وغير ذلك. وحالياً هناك مئات من الشركات الزراعية العملاقة التي تخصصت في إنتاج تقاوي الهجن والتي يتجاوز ثمن البذرة الواحدة منها أحياناً ثمن وزنها ذهباً وتدر إنتاجاً عالياً للمزارع، مثل تقاوي هجن الذرة والبنجر والبندورة والخيار والفلفل والبطاطا والكسافا. وأصبحت تلك الهجن مصدر دخل كبيراً للمزارعين والدول، وزادت في محصول تلك النباتات لتلبي حاجات الزيادة المطردة في عدد البشر.

ولعل أكثر حلقات التطبيق العملي لعلم الوراثة وميضاً، ما يعرف بالثورة الخضراء حينما أنجز نورمان بورلوغ (1914 – 2009) تهجينات ناجحة وأنتج سلالات وأصناف قمح قصيرة الساق ومقاومة للأمراض وعالية الإنتاج ساهمت في حماية المكسيك من شر مجاعة كادت تعصف بها، بل تحولت في غضون بضع سنين إلى دولة مصدرة للقمح، ثم أهدى تقاوي تلك الأصناف إلى دول العالم وبخاصة النامية منها. لذا كافأته نوبل بمنحه جائزتها للسلام لعام 1970 تقديراً لجهوده في رفاهية البشرية. ومازال المكان الذي اتخذه مقراً لأبحاثه (مدينة الباتان بالقرب من العاصمة مكسيكوسيتي) يؤدي دوره كأكبر مركز بحثي لإنتاج أصناف القمح والذرة وغيرهما من الحبوب للعالم أجمع (المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح CIMMYT).

وساهمت «الثورة الخضراء» في مضاعفة الإنتاج الزراعي بين 1960 و1990، واستفادت منها آسيا وإفريقيا وأمريكا اللاتينية على وجه الخصوص. ويرى محللون أن تلك الثورة حالت دون حدوث مجاعة عالمية في القرن العشرين.

الطفرات والتباين الوراثي

لكن البحث عن الجديد هو سمة البشرية وعلمائها لتلبية الحاجة إلى المزيد من الغذاء والكساء وذلك عبر مزيد من التنوع الوراثي. وقد تفتق ذهن العلماء عن مصدر جديد لإحداث التباين الوراثي بين

صنف «لانكا شيري» من أحدث أصناف البندورة التي أنتجتها سريلانكا (عام 2010) باستخدام تقنية الطفرات وينتج الهكتار قرابة 22 طناً من الثمار ويقاوم النبات الأمراض البكتيرية والفطرية

النباتات للحصول على الصفات الجديدة، فكانت الطفرات (التغيرات) التي تحدث في المادة الوراثية (DNA) سواء بطريقة تلقائية أوبطريقة يستحدثها الإنسان وتورث للأجيال التالية.

ولوحظ أن الطفرات التي تحدث في الخلايا الجنسية تورث للجيل اللاحق، إلا إذا كانت مميتة. أما الطفرات التي تحدث في الخلايا الجسدية فيمكنها الانتقال إلى النسل فقط عن طريق إكثارها خضرياً. والطفرات تمثل المواد الأولية اللازمة لنشأة التنوع الوراثي (التنوع الحيوي)، وهي ضرورية كي يحدث التطور. وتأثيرات الطفرات قد تكون ضارة أو نافعة، أومحايدة، أما الطفرات الضارة فتتم تصفيتها عن طريق الاصطفاء الطبيعي باختفاء الكائن، أما الطفرات المحايدة فقد تتراكم وتصبح شائعة وفق آلية تطور أخرى تسمى الانحراف الوراثي، والتغيرات التي تنتج عن الطفرات ربما لا يكون لها أي تأثير، أو قد تعدل من النواتج الوراثية أو قد تمنع الجين عن العمل. ومعظم الطفرات تكون محايدة ولا تؤدي إلى تغيرات ملحوظة، في حين تكون معظم الطفرات التي تعدل من البروتينات الناتجة عن الجينات ضارة.

وكانت بداية استحداث الطفرات صناعيا عام 1920 على يد العالم لويس ستالدر (1896 - 1954) في جامعة ميسوري الأمريكية، حينما عرض حبوب الشعير لأشعة أكس (X-rays) وحصل على نباتات مختلفة الألوان.

وزاد استعمال تلك التقنية بعد الحرب العالمية الثانية وبخاصة كتطبيقات لاستخدام الطاقة النووية لإنتاج أصناف نباتية جديدة ذات صفات مميزة. وأحدثت تلك التقنية تغييراً كبيراً في استحداث تباينات وراثية نتج عنها صفات جديدة للمحاصيل، كإنتاج ثمار أكبر حجماً أو أزهار ذات ألوان جديدة أو فاكهة أكثر حلاوة يصعب وجودها في الطبيعة أو ربما اختفت مع مراحل التطور.

يتم ذلك بتعريض بذور تلك النباتات أو أجزاء تكاثرية منها كالعقل أوالبراعم إلى مواد كيميائية (مثل EMS أو DMS) أوإلى أشعة (مثل أشعة إكس أوأشعة غاما) أو إلى درجات حرارة عالية أو منخفضة، تتسبب تلك المعاملات في إحداث تغيير في المادة الوراثية (كتركيبها أو ترتيبها أو عددها أو تناسخها أو تعبيرها عن نفسها) يتبعه تغيير في الصفات التي تظهر على النبات الناتج، ثم تنتقل تلك الصفات إلى أنسال هذا النبات فيما يعرف

بظاهرة التوارث (Heredity)، ويستمر هذا الانتقال من الآباء إلى الأبناء عن طريق المادة الوراثية التي حدث فيها هذا التغيير. ومازالت تقنية استحداث الطفرات مستمرة لتبلغ من العمر قرابة قرن في كل بلدان العالم، ولتسجل نجاحاً فاق المتوقع، فمثلاً جرى ما بين عامي 1930-2007، إنتاج 2540 صنفاً نباتياً جديداً، ثلاثة أرباع هذا العدد لأصناف من المحاصيل الغذائية (مثل الأرز، والقمح، والشعير، والكمثرى، والبازلاء، والقطن، والنعناع).

وأفردت منظمة الأغذية والزراعة الدولية (فاو) سجلاً خاصاً بتلك الأصناف على شبكة الإنترنت. ومن تلك الأصناف القمح البلغاري «فريمر Fremer» ذو الإنتاج العالي والتأقلم الواسع والمقاومة لمرض صدأ الساق الأسود وللصقيع، والذي استحدث بأشعة غاما في عام 2009.

قمح فريمر (Fermer) صنف من قمح الخبز أنتجته بلغاريا عام 2009 باستعمال أشعة غاما وهو عالي الغلة وذو نوعية حبوب جيدة ويتحمل الجفاف والبرودة ومقاوم لمرض صدأ الساق الأسود

الوراثة والتكنولوجيا الحيوية النباتية

ومع تزايد أعداد البشرية لتصل إلى نحو سبعة مليارات نسمة مع نهاية القرن العشرين، وتهدد بتجاوزها حاجز تسعة مليارات نسمة مع حلول منتصف القرن الحادي والعشرين، مما يستوجب مضاعفة إنتاج الغذاء لتلبية حاجة البشر، التي تعجز الطرق التقليدية (التي ذكرناها آنفاً) عن القيام بذلك وحدها، كان لزاماً البحث عن طرق وراثية مبتكرة عالية الدقة والكفاءة تثري التنوع الوراثي النباتي وتتماشى مع الزيادة الكبيرة في أعداد البشر، وتمثلت تلك الطرق في هندسة النباتات حسب الطلب:

أولاً: هندسة النباتات خلوياً:

مع بدايات القرن العشرين بدأ العلماء بترويض الخلايا النباتية والأجنة والأنسجة والأعضاء لتزرع وتنمو داخل قوارير (أوعية زجاجية أو بلاستيكية في جو معقم خال من أي كائنات دقيقة وفيه بيئات مغذية مع التحكم في ظروف الحرارة والإضاءة والرطوبة) ولتنتج نباتات كاملة حسب الطلب، بل يتم إكثارها بالآلاف والملايين ولو كانت من نبات واحد فقط ذي ميزات اقتصادية، فيما يعرف بتكنولوجيا الإكثار الدقيق. تمكننا تلك التقنية أيضاً من المحافظة على السلالات النادرة والمميزة وإكثارها وإتاحتها للمزارعين وبخاصة تلك النباتات التي يتم إكثارها خضرياً عن طريق الفسائل والخلفات والعقل (ليس عن طريق البذور)، كما هوحادث في الموز والنخيل والبطاطا والفراولة، وغيرها.

وأتاحت تلك التقنيات التغلب على صعوبات عملية التهجين في الحقول بين نباتات بعيدة القرابة، سواء عوائق ما قبل عملية التلقيح والإخصاب، وذلك بإتمام التلقيح والإخصاب في القوارير (كأطفال الأنابيب)، أو في التغلب على مشكلات ما بعد التلقيح والإخصاب، حين تنتج أجنة مبتسرة تموت إذا تركت تنمو على أمهاتها الطبيعية، لذا تجرى لها عملية إنقاذ الأجنة، ومن ثم استيلاد أجناس أو أنواع نباتية جديدة لم تعرفها البشرية. بل تعدى الأمر هذا إلى إنتاج هجين بين نباتات يستحيل التهجين بينها في الطبيعة لعدم وجود صلة قرابة أصلاً، وذلك بدفع خلايا تلك النباتات للاندماج داخل القوارير لتكون خلايا هجينية، تجمع كل منها المادتين

سلالات من دوار الشمس منتجة عبر تقنية إحداث الطفرات بأشعة غاما ذات نمو قوي ومحصول جيد

تربية النباتات داخل القوارير وتوجيهها حسب طلب المربي لمقاومة الأمراض أو تحمل الظروف البيئية المعاكسة

الوراثيتين للنباتين المتفارقين، ثم يجري إنماء تلك الخلية ليستولد منها نبات هجين يجمع صفات النباتين، يتم إكثاره فيما بعد. ولدينا الآن هجين بين القمح والشعير والبصل والثوم وبعض القرعيات، تحمل تلك الهجن الجسدية صفات كلا النوعين المرغوبة مثل المحصول العالي أو مقاومة الأمراض أو تحمل الظروف البيئية المعاكسة.

ولدينا أيضاً إمكانية إنتاج نباتات خالية من الكائنات الممرضة وإكثارها، حتى لو لم يوجد أي نبات سليم من تلك النباتات ذات الإنتاج العالي والمحصولية الكبيرة. وتمكننا تقنية زراعة الخلايا والأنسجة النباتية من حفظ التراكيب الوراثية النادرة لسنوات عدة في صورة خلايا أو أجنة أو براعم كبنوك للجينات، وذلك بحفظها تحت درجات حرارة منخفضة جداً (تصل إلى –196°م) تحت النتروجين السائل أوتحت درجات حرارة الثلاجة (صفر– 5°م)، يعاد استيلادها لنباتات كاملة حين الطلب، ونتفادى التخزين العادي الذي قد يؤدي إلى إصابتها بآفات المخازن كالسوس فتفقد البشرية سلالاتها النادرة أو يحدث لها تدهور وراثي.

أبو الثورة الخضراء د. نورمان بورلاغ (1914 - 2009) يتفقد إحدى سلالاته

هكذا يتم إنتاج نباتات حسب الطلب داخل القوارير الزجاجية تلك نباتات كركدية كاملة تنمو على بيئة مغذية بعد استيلادها من خلايا مقاومة للأمراض

وهنالك أيضاً إنتاج المواد الصيدلانية والطبية من خلال زراعة الخلايا في أوعية واستخلاص تلك المواد الفعالة دون الحاجة لزراعة النباتات الكاملة في التربة، وبذا يكون الإنتاج طول العام مع تخفيض التكاليف.

وبزراعة حبوب اللقاح أو البويضات الأحادية وجدت تباينات وراثية عديدة كتلك التي أوجدتها زراعة خلايا جسدية، وأمكن منها الحصول على تراكيب وراثية وأصناف جديدة تفوقت على جميع الأصناف الموجودة، وكانت ذات إنتاجية عالية في كل الأنواع النباتية التي تناولتها أيدي خبراء زراعة الخلايا والأنسجة النباتية، مثلما حدث فى القمح والشعير والأرز والدخان وغيرها.

ثانياً: هندسة النباتات وراثياً:

حينما بحث علماء الوراثة عن وسيلة أسرع وأكفأ لإضافة صفات وراثية جديدة، تطلعوا إلى هندسة المادة الوراثية للنباتات مباشرة، فبدلاً من التهجين بين نباتات مختلفة يتم فيه خلط كل المكونات الوراثية (المرغوب وغير المرغوب منها)، وأحيانا يصعب القيام بذلك لو تباعدت القرابة الوراثية، وبدلاً من إحداث

إكثار نباتات الزينة بزراعة الأنسجة مع تنوع واسع لألوان جديدة وزاهية حسب الطلب

الآلاف من فسائل نخيل التمر داخل القوارير من أجود أصناف النخيل العربي منتجة بتكنولوجيا الإكثار الدقيق وخالية من الأمراض وذات صفات عالية الجودة

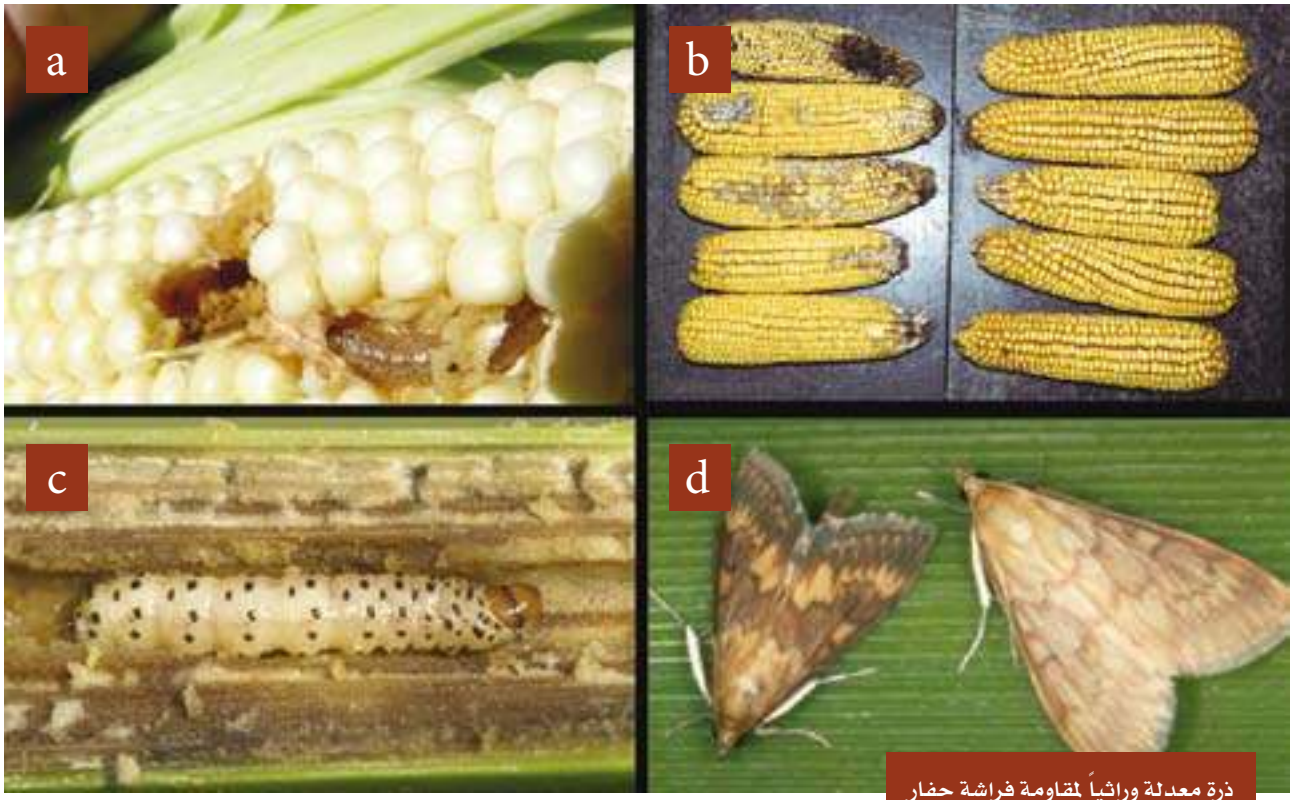
الطفرات العشوائية لكل المحتوى الوراثي، ودون تحكم فيما سينتج وانتظار ما سيكون، لجأ العلماء إلى تحديد الصفة المراد إضافتها إلى نبات ما، ثم البحث عن العامل الوراثي المسؤول عن تلك الصفة (الجين gene) وعزله حيثما يوجد (في أي كائن حي آخر) ثم نقله وإضافته إلى المحتوى الوراثي للنبات المطلوب تحسينه، أي هندسته وراثياً. هذا ما يشار إليه حالياً في أدبيات التقنيات الحيوية بتقنيات الهندسة الوراثية، ويطلق على النباتات الناتجة بالنباتات المعدلة أو المحورة أوالمهندسة وراثياً، والتي بدأت منتجاتها تغزو أسواق العالم منذ عام 1992.

وقد هندست وراثياً العديد من المحاصيل وأشهرها القطن والذره الشامية وفول الصويا والقمح والأرز والشعير. وهناك قرابة 30 دولة (معظمها من الدول النامية) تزرع ما يزيد عن أربعمائة مليون فدان (قرابة 170 مليون هكتار) من تلك المحاصيل.

وتم إنتاج نباتات محددة الطلب كنباتات تقاوم أمراضا معينة كالتي تسببها الفيروسات أو البكتريا أو الفطريات، وهناك نباتات تقتل الحشرات التي تحاول أن تتغذى عليها فيما يعرف بمحاصيل (بي تي)، وهي مصممة لكي يضاف إليها عامل وراثي يعرف بجين الـ(بي تي) نزع من بكتريا التربة (Bacillus thuringiensis) وهو ينتج مواد بروتينية سامة للحشرات فقط دون أي كائن حي آخر، ليزرع في المادة الوراثية للنباتات فيقيها شر هجوم الحشرات . ويزرع من تلك النوعية من الذرة مثلا ما يفوق مساحته 60 مليون هكتار حول العالم، بما في ذلك مصر والسودان من الدول العربية. وجرت هندسة النباتات وراثياً لمقاومة الصقيع بجينات من أسماك تعيش في قاع البحار والمحيطات المتجمدة، وأخرى تتحمل درجات عاليه من الحرارة أو ملوحة الأرض، وهناك نباتات هندست لتنتج المزيد من الوقود الحيوي، بل هناك نباتات بطاطا أضيفت إليها عوامل وراثية من الآدميين لتنتج مكونات لبن الأم، وأيضا هناك الأرز الذهبي الذي عالج نقص الفيتامين (أ) ليقي ملايين الفقراء في جنوب شرق آسيا من الوفاة وأمراض العمى. ومع أن هذه النباتات حظيت بقبول واسع من المزارعين والمستهلكين، فقد حظيت أيضاً ببعض الشك والتخوف من بعض الأشخاص كأي تقنية جديدة لم يألفها البشر من قبل.

الوراثة وعصر الجينوم

ركز علماء الوراثة جل جهدهم خلال الـ50 عاماً الماضية على التعرف إلى الطبيعة الجزيئية للعوامل الوراثية (الجينات)، مما أدى لتراكم كم هائل من النتائج، وهذا صعّب على المتخصصين متابعة تلك البيانات والمعلومات. وازداد الأمر تعقيداً خلال العقدين الماضيين مع ازدياد نتائج دراسة جينومات العديد من الكائنات ومنها عدد كبير من النباتات. والجينوم (Genome هو المحتوى الوراثي الكامل لكائن ما)، وبشكل أكثر دقة فإنّ الجينوم هو كامل تسلسل الدنا (DNA) ضمن مجموعة وحيدة من الصبغيات (الكروموسومات) وهذا يوضح



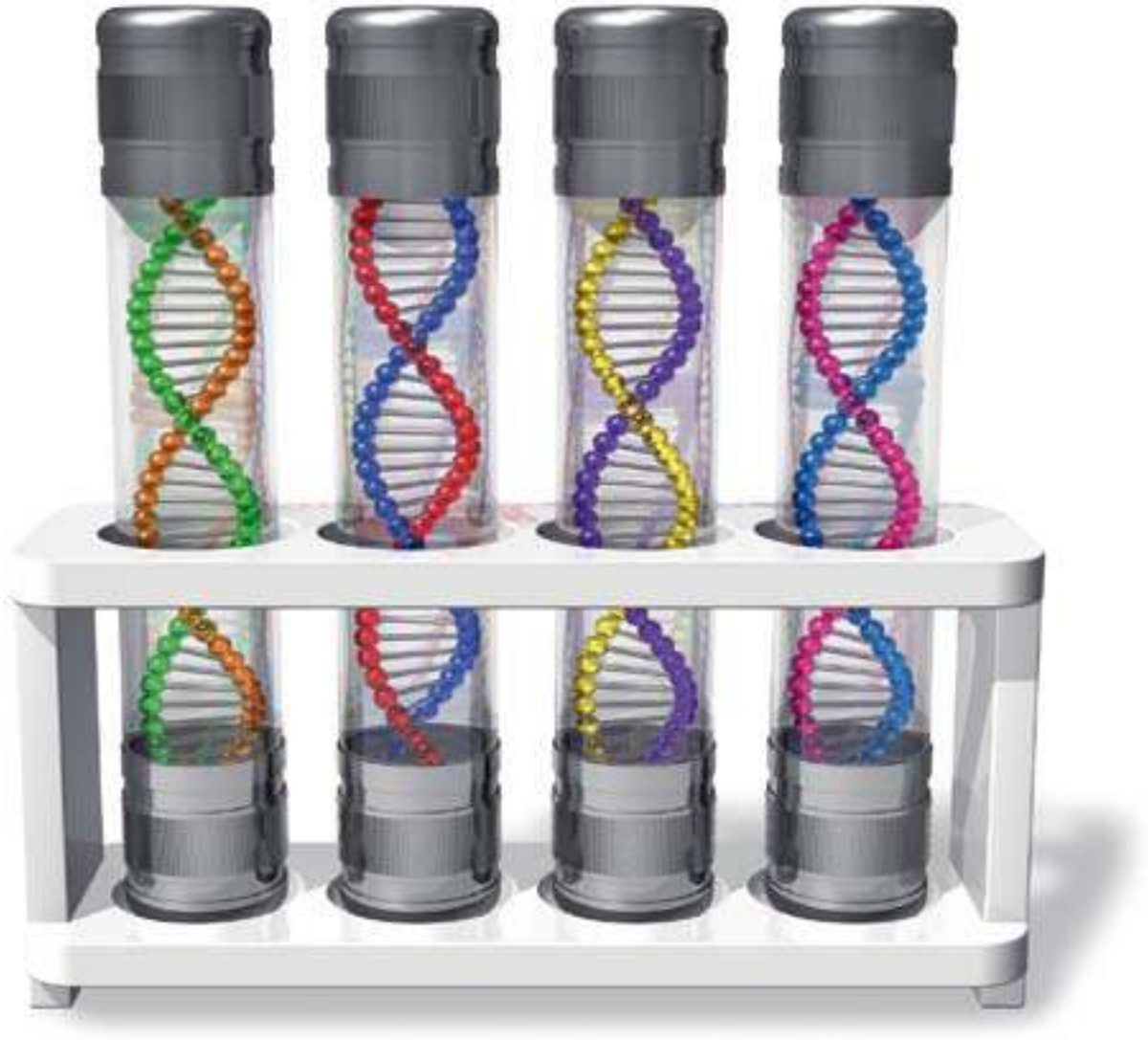
ذرة معدلة وراثياً لمقاومة فراشة حفار الذرة الأوروبي: في الصورة (a) إصابة ونفق في الضلع الأوسط للأوراق، وفي الصورة (b) أثر الضرر والعدوى الفطرية في كيزان الذرة غير المعدلة وراثيا (في اليسار) والذرة المعدلة وراثيا ، أما الصورة (c) فتتضمن يرقة تحفر في الساق، والصورة (d) فراشة أنثى (في اليسار) فيما يمكث الذكر في اليمين .

الأرز الذهبي المعدل وراثياً مصدر غني بالفيتامين A للوقاية من العمى أو الحد من الوفيات

بصورة جلية مدى المشكلة التي يعانيها البيولوجيون عموماً والوراثيون خصوصاً. وتمثل الحل المناسب في الاستعانة بعلم الحاسوب وتطبيقاته.

وكما حقق الحاسوب نجاحاً في كل مناحي الحياة، فقد حقق أيضاً ما هو أكثر من ذلك في مجال الوراثة، فقد ساعد على نشأة علم هجين (بين علوم الحياة والوراثة خصوصاً وعلم الحاسوب والبرمجة) ويعرف هذا المجال باسم «المعلوماتية الحياتية» (Bioinformatics) فهو يعنى بدراسة علوم الحياة خصوصاً البيولوجيا الجزيئية ولاسيما الوراثة الجزيئية بالاستعانة بالحاسوب. وقد ساعدت هذه البرامج على دراسة وفك أسرار جينومات العديد من الكائنات، وظهرت بالتالي علوم «الأومكس» مثل الجينومكس (Genomics) الذي يعنى بدراسة المحتوى الوراثي للكائن تفصيلياً، وعلم البروتيومكس (Proteomics) الذي يعنى بدراسة البروتينات وعلاقاتها بالمحتوى الوراثي. وهناك العديد من المواقع الإلكترونية التي تحوي كماً هائلاً من المحتويات الوراثية للتعرف إلى تتابعات الجينات مما يسهل من عمليات المقارنة والتعرف إلى أي جينات جديدة يجدها الباحث مقارنة بكائنات أخرى. وبذا أصبح لدينا خرائط كاملة وتفصيلية لنباتات عديدة تمكننا من سهولة تحسينها. ومن أول ما تم التعرف إلى جينوماته في مملكة النبات كان نبات «الأرابيدوبسس» (Arabidopsis thaliana) في عام 2000، ثم تبعه العشرات أهمها الأرز. ■

الهندسة الوراثية في عالم الحيوان



د. نجلاء زكي الألفي*

شهدت العقود الأخيرة من القرن العشرين ثورات علمية أحدثت تغييراً جوهرياً في الحياة البشرية، ويأتي في مقدمتها الثورة في مجال هندسة الجينات التي ترتبط بمجموعة من التجارب البيولوجية، والتي تشمل التحكم في الجينات والاستنساخ الحيوي. وتعنى هندسة الجينات بدراسة تغير الجينات عن طريق إضافة جين أو مجموعة جينات أو تعطيلها في المادة الوراثية للكائن الحي، وذلك لإنتاج صفات مرغوب فيها أو استبعاد صفات غير مرغوب فيها.

* أستاذة الوراثة الخلوية، جامعة عين شمس، (مصر).

وأدت التجارب والأبحاث إلى اكتشاف الكيفية التي تعمل وفقها الجينات لإيجاد التقنية اللازمة لتكوين الدنا المتحد الجديد (DNA colon)، ما أدى إلى فتح المجال واسعاً لاستعمالات الهندسة الوراثية في مجالات تجارية متعددة. وتعرضت مجالات الإنتاج الحيواني والنباتي لثورتين؛ أولهما الثورة الخضراء الأولى التي أسفرت عن استخدام الوسائل التقليدية في تحسين عناصر الإنتاج الحيواني، ثم الثورة الخضراء الثانية التي اعتمدت على التعامل الدقيق مع المادة الحية فيما يعرف بالهندسة الوراثية لإضافة الجينات الخاصة بزيادة الإنتاج النباتي والحيواني، وإنتاج المستحضرات المناعية والتشخيصية والعلاجية للحيوان، والبرمجة الوراثية لتحسين الأسماك ومن ثمارها:

- إنتاج الأنسولين البكتيري بدلاً من التقليدي المستخلص من الخنازير والأبقار.
- إنتاج بروتينات عالية القيمة الحيوية كغذاء للماشية والدواجن.
- إنتاج مواد كيميائية دوائية ومضادات حيوية بتكلفة أقل وبمعدل إنتاج عال.
- إنتاج أنزيم تنشيط البلازمينوجين النسيجي الذي يستعمل لمنع تخثر الدم داخل جهاز الدوران لمرضى الجلطة القلبية.
- إنتاج ألبومين بلازما الدم بهدف الحد من مشكلات وأخطار الحصول على بلازما ملوثة من المتبرعين بالدم من المرضى.
- إنتاج عدد كبير من الأمصال واللقاحات ضد الأمراض البشرية والحيوانية والنباتية.
- إنتاج أنواع مختلفة من الحيوانات والنباتات التي تتميز بضخامة جسمها مقارنة بالأنواع الناتجة منها، و لاتزال هذه التجارب مقيدة بعدد من القوانين المحددة لها.
- إنتاج أمصال تركيبية خاصة تتضمن عملية إنتاجها بالطرق التقليدية

الهندسة الوراثية باتت تستخدم في مجالات تجارية متعددة

> تعنى هندسة الجينات بدراسة تغير الجينات عن طريق إضافة جين أو مجموعة منها أو تعطيلها لإنتاج صفات مرغوبة أو استبعاد أخرى غير مرغوبة

أخطاراً عدة مثل مصل فيروس التهاب الكبد الوبائي والإنفلونزا.

- إنتاج بروتين الإنترفيرون وراثياً، وهو هرمون النمو لمعالجة التقزم البشري وبطء النمو.
- إنتاج هرمون اللبن في الماشية لزيادة إنتاج الحليب.
- التشخيص المبكر لبعض الأمراض الوراثية مثل الأنيميا المنجلية والبول الفينولي.
- المعالجة بالجينات مثل: إضافة جين إنتاج الأنسولين في الصبغي البشري مما يؤدي إلى إمكان شفاء المريض بمرض البول السكري شفاء دائماً، وعلاج بعض أمراض نقص المناعة.
- إنتاج بكتيريا بحرية معاد صياغتها قادرة على القضاء على التلوث الناشئ عن البقع النفطية الكبيرة التي تتسرب إلى البحار والمحيطات، حيث تقوم بتحليلها إلى مركبات بسيطة وهضمها.
- إنتاج ميكروبات تقوم بمعالجة مياه الصرف الصحي والتخلص من المواد الضارة والروائح وجعلها صالحة لأغراض مختلفة.

من تقنيات الهندسة الوراثية

- تم تعديل جينوم نبات القطن لكي يكون مهيئاً لإعطاء مواصفات جديدة وخواص لم تكن موجودة من قبل.

الهندسة الجينية

الهندسة الجينية أداة تعتمد أساساً على المادة الوراثة (الدنا) التي يتكون منها الجين لإنتاج مواد تستخدم في مجالات الطب والصيدلة والزراعة والصناعة والإنتاج الحيواني. ويعتمد التقدم في أي مجال علمي حديث على التقنيات والطرق المتاحة، التي توفر المدى والتطوير للتجارب التي يمكن أداؤها، وقد شهد العقدان الماضيان تطورات مذهلة في تقنيات وتطبيقات الهندسة الوراثية.

التطعيم الجيني السليم يحمي النباتات ولا يؤدي إلى تسمم البشر

- يمكن زيادة حجم الثمرة بإدخال جين مشفر للعملقة الثمرية الحجمية والتي تعني الزيادة المفرطة في حجم الثمرة.
- يراعى في عمليات التطعيم الجيني الخاص بإنتاج نباتات مقاومة للحشرات الدقة العالية في اختيار الجينات، حتى لا تؤدي إلى تسمم البشر.
- زيادة إنتاج حبوب القمح عن طريق الهندسة الوراثية من خلال زيادة عدد السنابل في النبات وزيادة عدد الحبوب في السنبلة الواحدة.
- إنتاج دم صناعي مهندس وراثياً يتيح رفع معدل الأمان الحيوي في عمليات نقل الدم.
- إزالة التلف الحادث في الجينات المشفرة لتكوين الأنسولين، بشكل يمنع الاختلال الإفرازي الموجود، ويمكن استنساخ البنكرياس من خلية سليمة منه.
- علاج العمى لدى الحيوانات الكبيرة علاجاً جينياً لإعادة البصر لكلاب عمياء، بعد حقنها بفيروس يحمل جينات سليمة في العين. ويقول الباحثون إن هذا الأسلوب يمكن أن يستخدم لاحقاً لاستعادة البصر لدى المكفوفين.

> ساهم علم الهندسة الوراثية في تقدم الأبحاث الدوائية بهدف التخلص من التأثيرات السلبية التي تخلفها المواد الكيميائية داخل جسم الإنسان

تقدم أبحاث الدواء

ساهم علم الهندسة الوراثية كثيراً في تقدم الأبحاث الدوائية، وذلك بهدف التخلص من التأثيرات السلبية التي تخلفها المواد الكيميائية داخل جسم الإنسان، ومن ثم كان لابد من التوصل إلى هندسة بعض المركبات الدوائية وراثياً، ومن تلك المركبات الدوائية:

- الأجسام المضادة: وهي بروتينات خاصة تقوم بالدفاع عن الجسم ضد الميكروبات الغازية، وقد أمكن إنتاج أجسام مضادة محددة للنسل وذلك باستخدام بروتين مهندس وراثياً مضاد لذيل الحيوان المنوي، ويحوله إلى حيوان منوي غير قادر على الحركة. وتم إنتاج هذا البروتين في الدول المتقدمة على نطاق تجاري.
- سوماتوستاتين: هرمون تفرزه الغدة فوق النخامية (الهيبوثلاموس) في المخ، ووظيفته منع إفراز هرمون النمو وهرمونات الغدة النخامية، كما أنه منظم لهرمونات البنكرياس والمعدة والأمعاء. واستطاعت إحدى الشركات الأمريكية إنتاج هذا الهرمون صناعياً.
- لقاح الإنفلونزا: وهو مرض كثير الانتشار ويسببه فيروس له سلالات متعددة. ولعلاج الإنفلونزا لابد من وجود لقاح شامل لكل هذه السلالات.

اللقاحات المختلفة باتت قادرة على وقاية الجسم من كثير من الأمراض

وتم التوصل إليه في مختبرات زراعة الفيروسات كاملة في مزارع فيروسية ثم تثبيط عملها المرضي، والاحتفاظ بشكلها وتحليل الطاقم الوراثي لها وزرعه داخل الخلايا المحتمل إصابتها لتكوين أجسام مضادة له تستطيع أن تتعرف إليه وتقاومه.

- لقاح التهاب الكبد الفيروسي: ويصنع بأخذ جين من فيروس (ب) الكبدي ثم يحمل على خلايا الخميرة التي تكاثره مع تكاثر مادتها الوراثية منتجة لقاحاً له.
- لقاح الجذام: توجد جراثيم الجذام في الإنسان والفئران وحيوان الدرع (في الدم). و استطاع علماء الهندسة الوراثية إيجاد لقاح له، مستخدمين في ذلك دم حيوان المدرع، ولايزال تحت التجربة على مئة ألف شخص من سكان ملاوي، وعدد مماثل من سكان القارة الهندية. وتتم هذه التقنية بأخذ الجينات اللازمة وتحميلها على بكتيريا القولون (إيشيرشيا كولاي).
- ثاومايتن: بروتين بسيط حلو المذاق، وحلاوته تلك مفيدة جداً لمرض البول السكري، فهو أحلى من السكر بنحو ثلاثة آلاف مرة، ويتميز بأنه سهل الهضم. وتم إنتاج الثاوماتين لكنه لا يزال في مرحلة التجربة.
- روكينان: أنزيم قادر على إذابة الجلطات الدموية، والمسؤول عن صنع هذا الأنزيم هو أحد الجينات، وقامت شركة أمريكية بتحميل البرنامج الوراثي لهذا الجين على جرثومة، وأثبت ذلك نجاحاً علمياً، لكن تكاليف هذه التقنية مرتفعة، وهذا يؤثر على الكمية المطروحة للتناول.
- لقاح منع الحمل المشيمي البشري: استطاع العلماء التوصل إلى لقاح منظم للحمل تستخدمه المرأة من خلال تقنيات الهندسة الوراثية، وهو عبارة عن هرمون (جونادوتروبين) المشيمي البشري، حيث تحقن به المرأة فيعمل على تحفيز الجهاز المناعي لتكوين أجسام مضادة تهاجم البويضة قبل إخصابها وتدميرها، كما يحفز المبيض على عدم إنتاج هرمون (البروجيسترون) الضروري لعملية التبويض. وبهذا اللقاح يمكن للمرأة أن تستخدم حقنة من الهرمون بدلاً من تناول أقراص (البروجيستيرون) الصناعي يومياً، أو استخدام اللولب، وما ينتج عن ذلك من تجلط الدم وزيادة في الوزن وغثيان وقيء نتيجة لإحداث الأقراص اضطراباً في الدورة الشهرية.

> يعمل الباحثون على هندسة النبات وراثياً لإنتاج مواد ذات أهمية طبية تقوم بعمليات التخمير التقليدية للأدوية بهدف الحصول على اللقاحات الواقية في الطعام اليومي

الصبغيات

الصبغيات تراكيب نووية تقع داخل النواة، تحمل الجينات المسؤولة عن الصفات الوراثية لكل كائن حي.

وقد تأكد العلماء من أن المعلومات الوراثية تخزن في الصبغيات عن طريق الجينات.

وتلقى الصبغيات اهتماماً كبيراً نظراً لدورها الرئيسي في الوراثة والتنوع والتطور، إلى جانب دورها في تنظيم التشكّل والتكاثر والتوازن بين العمليات الحيوية

المبادئ والطرق العامة في الهندسة الوراثية

تتم عملية الهندسة الوراثية بخطوات متتالية يمكن ترتيبها في عدة نقاط:

- استخلاص الحامض النووي دنا أو رنا كخطوة رئيسية لعزل جين معين لازم لعملية الهندسة الوراثية.
- استخدام الأنزيمات القاطعة والفصل بالهجرة الكهربائية عبر هلام لعزل الجين المطلوب أو قطع دنا المحتوية عليه.
- استخدام ناقل مناسب لربط الجين المطلوب به وإدخاله إلى مضيف مناسب لتضخيمه وزيادة عدده.
- إدخال النواقل الهجينة إلى الكائن المطلوب تعديل صفاته.
- الكشف عن عمل الجين الجديد.

وتختلف تفاصيل كل خطوة اعتماداً على الهدف من الهندسة الوراثية والوسيلة المستخدمة في تحقيق ذلك الهدف.

الهندسة الوراثية البيئية

في تطور آخر يسعى العلماء لاستخدام النباتات في مداواة البيئة، وفي هذا المجال يقوم الباحثون بهندسة النباتات وراثياً لإكسابها القدرة على استئصال الملوثات من التربة أو الماء دون أن يتأثر نموها.

أما التطور الأحدث فهو هندسة النبات وراثياً لإنتاج المواد ذات الأهمية الطبية، وهو ما قد يحل قريباً محل عمليات التخمير التقليدية للأدوية، وكان الدافع وراء هذا الاتجاه هو الرغبة في أن يحصل الناس على اللقاحات الواقية مع طعامهم.

الهندسة الوراثية الأحفورية

الأحافير مصطلح أطلق على بقايا الأحياء النباتية أو الحيوانية، سواء كانت كاملة أو ناقصة أو أثراً تركه الكائن الحي منطبعاً أو محفوظاً في الصخور أو الرواسب الجيولوجية، وذلك قبل ظهور الإنسان الحديث. والأحفورة هي ترجمة لكلمة (fossil) ومشتقة من الفعل اللاتيني (fosere) بمعنى يحفر، و كانت تطلق على أي شيء يستخرج من الأرض سواء كان عضوياً أو غير عضوي أو معدنيًا أو صخرياً. وساد هذا الاستعمال حتى القرن السادس عشر. وصادف كثير من العلماء مثل هذه الأحافير، إلا أن نظرتهم لها كانت مختلفة عما هو مفهوم منها الآن.

ويتألف جسم الكائنات الحية من خلايا، وكل خلية تتكون من سيتوبلازما ونواة، والنواة في كل خلية هي كرة صغيرة داكنة حين تصبغ، وتحمل جزيء المادة الوراثية النووية (دنا)، كما تحمل الخلية في السيتوبلازما خارج النواة مادة وراثية أخرى في (الميتوكوندريا) المتقدرات أو السبحيات. والمادة الوراثية الأحفورية أو القديمة Ancient DNA هي المادة الوراثية سواء النووية أو السبحية التي تستخلص من الأحافير سواء كانت بشرية أو حيوانية أو نباتية. وتستخدم في تفسير العلاقات التطورية أو الأحداث التاريخية على أساس جزيئي، وذلك من أجل تسليط الضوء على التاريخ البيولوجي للحياة على الأرض. وأول بحث نشر في مجال عزل المادة الوراثية الأحفورية كان في عام 1984. ■

عملية الهندسة الوراثية تتم بخطوات علمية متتالية

> يسعى العلماء لاستخدام النباتات في مداواة البيئة ويقومون بهندسة النباتات وراثياً لإكسابها قدرة على استئصال الملوثات من التربة أو الماء

المعالجة النباتية.. تقنيـــة واعـــدة لتنظيـــف البيئـة

م. خالد محمد العنانزة*

مساهمة النباتات في مكافحة تلوث البيئة ليست أمراً جديداً، فالنباتات منذ القدم تحافظ على التوازن البيئي، وهي تساهم حالياً في مكافحة ارتفاع درجة حرارة الأرض، وتمتص ثاني أكسيد الكربون (أحد غازات الاحتباس الحراري)، وتبعث الأكسجين اللازم للحياة. ومع التطورات الهائلة في علوم الهندسة الوراثية في السنوات الأخيرة؛ توصل العلماء إلى اكتشاف قدرات مذهلة للنباتات والأشجار الخضراء، تتمثل في إمكاناتها الكبيرة في مكافحة الملوثات المستعصية، والملوثات المشعة، والمعادن الثقيلة.

* مهندس بيئة في الأمم المتحدة سابقاً، (الأردن).

> التقدم التقني والنمو السكاني المتزايد أديا إلى زيادة الطلب على المنتجات الاستهلاكية والطاقة ما ترتب عليه زيادة تشييد المصانع الكيميائية ومحطات الطاقة النووية ومصافي النفط

تساهم المعالجة النباتية في تنقية المياه والحد من تلوثها

أدى التقدم التقني والنمو السكاني المتزايد إلى زيادة الطلب على المنتجات الاستهلاكية والطاقة، ما ترتب عليه زيادة تشييد المصانع الكيميائية ومحطات الطاقة النووية ومصافي النفط. وبدأت هذه المنشآت بطرح مخلفاتها المحملة بشتى أنواع المعادن الثقيلة والمواد الخطرة والسامة والمشعة إلى البيئة بكل عناصرها؛ الهواء والماء والتربة. ومما يزيد من خطورة هذه الملوثات أنَّ معظمها من الملوِّثات الثابتة القابلة للتراكم والتضخم البيولوجي في جسم الكائن الحي.

وأدى هذا إلى تلوث المياه الجوفية والسطحية، وانتشار المواقع الملوثة وتراكم الملوثات السامة مثل المعادن الثقيلة والنويدات المشعة والملوثات العضوية في التربة والمياه في أرجاء واسعة من العالم.

وتظهر التقارير البيئية تسجيل نحو 600 ألف موقع ملوث في هولندا، وأكثر من 22 ألف موقع في كندا. وذكرت وكالة حماية البيئة الأمريكية في تقرير لها أن إجمالي عدد المواقع الملوثة في الولايات المتحدة الأمريكية يتجاوز 350 ألف موقع تحتاج إلى التنظيف خلال الثلاثين سنة المقبلة، بكلفة تبلغ نحو 250 مليار دولار.

وتظهر تقارير وكالة حماية البيئة الأوروبية أن تكاليف التنظيف الإجمالية للمواقع الملوثة في الاتحاد الأوروبي تراوح بين 59 و109 مليارات يورو.

وإزاء هذا الوضع أصبح العالم يتطلع إلى استخدام تقنية المعالجة النباتية لتنظيف المواقع الملوثة والمياه الجوفية وتنظيف التربة الملوثة بالإشعاع باعتبارها تقنية صديقة للبيئة، وتتفوق على طرق التنظيف الهندسية الأخرى بأنها فعالة من الناحيتين الاقتصادية والفنية.

ما هي المعالجة النباتية؟

المعالجة النباتية Phytoremedation تتكون من كلمتين، الأولى Phyto، ومعناها نبات، والثانية Remediation، ومعناها استصلاح أو معالجة، وذلك لوصف تقنية تقوم بموجبها بعض النباتات جنباً إلى جنب مع الكائنات الحية في التربة، بتحويل الملوثات الضارة بالإنسان والبيئة إلى أشكال غير ضارة، وفي كثير من الأحيان مفيدة، وحالياً يتم استخدام هذه التقنية على نحو متزايد لإصلاح المواقع الملوثة بالمعادن الثقيلة والمركبات العضوية السامة والمواد المشعة.

وتعمل تقنية المعالجة النباتية على الاستفادة من نظام التغذية في النبات المبني على امتصاص الماء والمغذيات من خلال الجذور ورشح الماء من خلال الأوراق أو استقلاب المركبات العضوية مثل النفط والمبيدات الحشرية، أو أنها قد تمتص وتراكم بيولوجياً العناصر النزرة السامة، بما في ذلك المعادن الثقيلة والرصاص والكادميوم، والسيلينيوم.

إن معالجة المواقع الملوثة باستخدام الطرق التقليدية؛ كثيراً ما تكون مكلفة وكفاءتها محدودة وقابلة للتطبيق على مساحات صغيرة، إضافة إلى ذلك فإن الطرق التقليدية غالباً ما تجعل التربة غير صالحة للاستخدام الزراعي، ولا تحل المشكلة بشكل عملي. فمثلاً في ألمانيا تساهم منشآت التنظيف التقليدية في تنظيف 30% من التربة في المواقع الملوثة، أمَّا التربة الباقية فيتم تخزينها في منشآت التخلص من النفايات، وهذا في الواقع لا يحل المشكلة من جذورها، بل يكتفي بترحيلها للأجيال اللاحقة، لذلك أصبحت الحاجة ماسة إلى تطوير طرق بديلة صديقة للبيئة، رخيصة وفعالة لتنظيف المناطق الصناعية الملوثة تأخذ بعين الاعتبار الاستخدام النهائي

نبات السرخس الصيني يستخدم في المعالجة النباتية

> تطبيق المعالجة النباتية بصورة ناجحة يتطلب الاختيار الدقيق للأنواع النباتية لإزالة المعادن الثقيلة وهدم المركبات العضوية وتنظيف التربة الملوثة وحمايتها من المواد الضارة

المحتمل للتربة بعد تنظيفها، وهذا ما توفره المعالجة النباتية كونها تقنية منخفضة التكلفة وفعالة، ويمكن بواسطتها معالجة مجموعة واسعة من الملوثات، كما يمكن تطبيقها على مساحات واسعة من الأراضي، والأهم من ذلك أنها لا تدمر التربة المعالجة إذ يمكن استخدامها للزراعة بعد التنظيف.

آليات المعالجة النباتية

تعمل تقنية المعالجة النباتية على سحب وتخزين وتحويل وهدم الملوثات بمختلف أنواعها باستخدام الجذر والساق والأوراق، وذلك بعدة أشكال أو آليات وهي:

1. الاستخلاص phytoextraction:

تسمى هذه الآلية الاستخلاص أو التراكم، وتعني سحب المعادن الثقيلة من التربة إلى المجموع الخضري للنبات، وبعض النباتات تسمى مجمعات phytoaccumula- tion لأنها تمتص كميات كبيرة من المعادن مقارنة بنباتات أخرى، وبعد أن ينمو النبات لفترة يتم حصاده والتخلص منه بالحرق أو إعادة استخلاص المعادن منه، وهذه الطريقة مفيدة في خفض تلوث التربة إلى مستوى مقبول، ويتم التخلص من الرماد في مواقع النفايات الخطرة. ومن المعادن المرشحة للإزالة بهذه الآلية: النيكل والنحاس والزنك. وتجرى حالياً دراسات وتجارب على أنواع من النبات لامتصاص الرصاص والكروم في التربة الملوثة، كما أجريت تجارب ناجحة أخيراً لاستخدام نبات السرخس الصيني pteris vittatia في امتصاص الزرنيخ من التربة الملوثة به، لأن هذا النبات ينمو سريعاً في التربة الملوثة بالزرنيخ.

2. الترشيح Rhizofiltration:

يتم في هذه الآلية امتزاز أو امتصاص أو ترسيب الملوثات بواسطة الجذور في المنطقة الجذرية للنبات، وتشبه هذه الآلية الاستخلاص، إلا أنها تستخدم لتنظيف المياه الجوفية، في حين تستخدم آلية الاستخلاص لتنظيف التربة، ويتم زراعة النباتات في المياه الملوثة، أو ضخ المياه الملوثة إلى النباتات المزروعة التي تعمل على سحب المياه الملوثة. وعندما يصبح النبات مشبعاً بالملوثات يتم حصاده. ومن التطبيقات المهمة لهذه الآلية استخدام دوّار الشمس لمعالجة برك المياه الملوثة بالإشعاعات التي نتجت عن انفجار مفاعل تشرنوبيل في أوكرانيا.

3. التثبيت phtostabilization:

يتم في هذه الآلية استعمال أنواع معينة من النباتات بهدف التثبيت الميكانيكي للتربة الملوثة، لمنع حركة الملوثات في التربة أو المياه الجوفية بفعل عوامل التعرية أو الهواء، وخفض انتقالها لبيئات أخرى لاسيما السلسلة الغذائية للبشر، وهذه الآلية تتضمن امتصاص الملوثات وتراكمها في الجذور أو امتزازها على الجذور أو ترسيبها ضمن المنطقة الجذرية للنبات، وغالباً ما تستخدم هذه التقنية لتجديد الغطاء النباتي في المواقع التي تتدهور فيها التربة، بسبب ارتفاع تراكيز المعادن الثقيلة فيها.

4. الهدم phytodegredation:

يتم في هذه الآلية استخدام النباتات والكائنات الحية الدقيقة المرتبطة بها لهدم الملوثات العضوية مثل مخلفات الذخائر ومركبات ثنائي الفينول المتعدد الكلور (PCBs) وبعض المذيبات المكلورة، وتنطوي هذه الآلية على هدم الملوثات العضوية مباشرة من خلال الأنزيمات التي تفرزها الجذور، أو من خلال نشاطات الاستقلاب داخل الأنسجة النباتية.

> تعمل تقنية المعالجة النباتية على سحب وتخزين وتحويل وهدم الملوثات باستخدام الجذر والساق والأوراق بعدة أشكال أو آليات دون الإساءة إلى التربة والزراعة فيها بعد تنظيفها

يتطلب تطبيق المعالجة النباتية بصورة ناجحة اختيار أنواع النباتات بدقة

إن نجاح هذه العملية يحتاج إلى وجود ملوثات عضوية متوافرة بيولوجياً للامتصاص والاستقلاب من قبل النباتات والكائنات الحية الدقيقة المرتبطة بها، وتعتمد درجة التوافر البيولوجي على مدى تعقيد تركيب الملوث وعمره، ونوع التربة. وقد استخدمت أشجار الحور في تطبيقات متعددة بواسطة هذه الآلية لهدم المركبات العضوية السامة والمستعصية.

5. التبخير phytovolatilization:

تتضمن هذه الآلية امتصاص ونتح الملوثات العضوية من قبل النباتات، حيث يقوم النبات بامتصاص الملوثات من التربة أو المياه والطرح إلى الهواء (التبخير)، وعادةً يتم استخدام النباتات التي لها معدل تبخر ونتح مرتفع، وكلما كانت الملوثات متطايرة كانت أسهل للمعالجة بهذه الآلية. فمثلاً يمكن معالجة المركبات العضوية المتطايرة volatile organic compounds (VOC) بكفاءة بهذه الطريقة. ومع التطورات الحاصلة في الهندسة الوراثية أمكن استخدام هذه الطريقة لإزالة الزئبق من البيئات الملوثة، حيث يتم تحويل الزئبق (الأيوني) إلى الزئبق المعدني الأقل سمية وتبخيره في الهواء.

وفي بعض التطبيقات تم تحويل معادن مثل السيلينيوم والزرنيخ والزئبق إلى مركبات عضوية (مثل المعدن) لتسهيل التعامل معها بيولوجياً من قبل النبات.

تطبيقات ناجحة

إن تطبيق المعالجة النباتية بصورة ناجحة يتطلب الاختيار الدقيق لأنواع النباتات لإزالة المعادن الثقيلة وهدم المركبات العضوية وتنظيف التربة الملوثة. وأجرى الباحثون في السنوات الأخيرة دراسات مكثفة لتكييف بعض الأنواع النباتية للنمو في التربة الملوثة بالمعادن الثقيلة مثل الرصاص والنيكل والزنك والنحاس، والملوثات العضوية مثل تراينيترو تلوين TNT وترايكلورواثيلين TCE.

وركزت معظم أبحاث المعالجة النباتية على تنظيف المواقع الملوثة بنوع واحد من الملوثات، فمثلاً تم استخدام نبات الخردل الهندي Brassica Juncea لاستخلاص الرصاص من التربة الملوثة، وتم استخدام أشجار الحور لسحب وهضم الملوثات العضوية وبعض المعادن الثقيلة.

ففي دراسة أجراها باحثون من جامعة واشنطن؛ تبين أنه يمكن معالجة المذيب العضوي ترايكلورو ايثلين TCE (منظف يستخدم في إزالة الزيوت والشحوم عن المعادن ويسبب أضراراً للجهاز العصبي ودماراً للكلى والكبد) بواسطة أشجار الحور المهجنة Trichocarpa Deltoides.

وفي دراسات أخرى تم استخدام هذا النوع النباتي لإزالة المعادن الثقيلة والنترات من التربة والمياه الجوفية على الترتيب. وفي السويد تم استخدام أشجار الحور والصفصاف كمرشحات بيولوجية لإزالة الكادميوم من حمأة الصرف الصحي (الرواسب الناتجة من المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي)، وذلك لإنتاج كتلة حيوية يتم تحويلها إلى طاقة لاحقاً.

كما تم استخدام نبات زنبق السلام (Sphathiphyllum) كمنظف جوي، لإزالة فورمالدهايد والبنزين (وهما ملوثان مسرطنان موجودان في الغاز والنفط)، وثلاثي كلورو الإيثيلين من الهواء الملوث.

ويعمل الباحثون في جامعة سافانا على تطوير تقنية معالجة نباتية قادرة على التعامل مع مواقع ملوثة بأنواع مختلفة من النفايات، ومن المتوقع أن تشكل أشجار الحور معالجة مثالية لمثل

نبات الخردل الهندي أثبتت كفاءته في استخلاص الرصاص من التربة الملوثة

> تم استخدام نبات البرسيم والخردل الهندي لإزالة المواد البترولية ولاستخلاص الرصاص من التربة الملوثة كما تم استخدام أشجار الحور لسحب وهضم الملوثات العضوية وبعض المعادن الثقيلة

هذه المواقع نظراً لنموها السريع وجذورها العميقة وكثرة الكائنات الحية الدقيقة المرتبطة بجذورها، والأهم من ذلك قدرتها على التكيف.

استخدامات أشجار الحور

ومن التطبيقات المهمة الأخرى في هذا المجال؛ استخدام أشجار الحور من خلال الأنزيمات الموجودة في جذورها لتغيير التركيب الكيميائي لمركبات PCBs، وهي مجموعة من الملوثات الدائمة، تتفاوت في خصائصها وسميتها، وتلقى اهتماماً عالمياً متزايداً نظراً لخطورتها، حيث تسبب أمراض السرطان وأضراراً للنظام العصبي في الكائن الحي. وعلى الرغم من أن هذه المركبات لم تنتج منذ أكثر من 30 سنة فإنها ما زالت موجودة في البيئة نظراً لقدرتها على مقاومة التحلل والتفكك، وأدت إلى تلوث مواقع عدة من التربة والمياه في أرجاء واسعة من الولايات المتحدة الأمريكية، مثل نهر هدسون. وتظهر تقارير وكالة حماية البيئة الأمريكية وجود أكثر من 300 موقع ملوث بمركبات PCBs موضوعة على رأس قائمة صندوق دعم تنظيف الموقع الملوثة.

وحالياً يدرس فريق مشترك من الأكاديمية الصينية للعلوم وجامعة (آيوا) قدرة أشجار الحور على تعديل التركيب الكيميائي لمركبات PCBs وتحويلها إلى مركبات أقل ضرراً للإنسان والبيئة.

وفي دراسات أخرى تم استخدام نباتات البرسيم وأشجار العرعر لإزالة المواد البترولية والهدروكربونية من التربة والمياه الجوفية، كما تم إجراء تجارب ناجحة على نباتات ريشة الببغاء والطحالب للتخلص من نفايات الذخائر والمتفجرات.

مساهمات للحد من آثار تشرنوبيل

وقبل سنوات قامت الوكالة الدولية للطاقة الذرية بإجراء تقييم للوضع الصحي والإشعاعي للمنطقة المحيطة بمفاعل تشرنوبيل في أوكرانيا، ودلت النتائج على أن انبعاثات المواد المشعة والمعادن الثقيلة بما في ذلك اليود والسيزيوم والسترونيوم والبلوتونيوم ما زالت تتركز في التربة والمياه والنباتات والحيوانات، على الرغم من انقضاء سنوات على حادث انفجار مفاعل تشرنوبيل (1986). و أظهرت بعض النباتات البرية مثل التوت البري والفطر مستويات عالية من السيزيوم، ولاحظت الرابطة الكندية النووية زيادة ملحوظة في حالات الإصابة بالغدة الدرقية في المناطق المحيطة بالحادث النووي.

وتدخل هذه المواد المشعة السلسلة الغذائية عن طريق رعي الأغنام والأبقار التي تتغذى على النباتات المزروعة في التربة الملوثة، وبعد ذلك تتركز السموم في منتجات اللحوم والألبان التي يستهلكها البشر. وحديثاً طورت إحدى الشركات سلالات معدلة وراثياً من نبات دوّار الشمس قادرة على إزالة 95% من الملوثات المشعة في أقل من 24 ساعة، وتم زراعة دوّار الشمس في بركة مائية ملوثة بالإشعاعات بالقرب من تشرنوبيل؛ وخلال 12 يوماً كانت تركيز السيزيوم في جذورها أكبر بمقدار 8000 مرة من مياه البركة، في حين بلغت تراكيز السترونيوم أكبر بمقدار 2000 مرة من مياه البركة. وزرعت الشركة نفسها القنب الصناعي لإزالة الملوثات الإشعاعية من التربة القريبة من تشرنوبيل.

ومن التطبيقات الحديثة لاستخدام النباتات في التنظيف البيئي الأبحاث التي تطرقت إلى قدرة نبات سنبل الماء (Eich hornia Crassipes) على إزالة المبيدات الفسفورية. ومن المتوقع أن يشكل هذا النبات بديلاً فعالاً واقتصادياً وبيئياً لإزالة وهدم نفايات المبيدات والتخلص من مخلفات الصناعات الزراعية بصورة عامة. ■

الهندسة الوراثية والمستقبل

على الرغم من التطور الكبير الذي أحدثته الاكتشافات المحققة في علم الوراثة والهندسة الوراثية، والمعلومات التي لم تكن لتتوافر لولا الاكتشافات الباهرة في هذا المجال، فإنَّ المستقبل لا يزال يحمل الكثير من الاكتشافات الواعدة التي يمكن أن تشمل جميع مناحي الحياة.

وتعتبر الهندسة الوراثية أداة مهمة للعلوم الطبيعية، حيث يتم تحويل الجينات والمعلومات الجينية الأخرى من مجموعة واسعة من الكائنات إلى بكتيريا بغرض تخزين وتعديل وصنع بكتيريا معدلة وراثياً، فالبكتيريا كائنات تنمو بسهولة ويمكن استنساخها، وتتضاعف بسرعة ومن السهل تحويلها نسبياً، ويمكن تخزينها إلى أجل غير مسمى تقريباً. وبمجرد عزل جين معين فإنه يمكن تخزينه داخل البكتيريا ليعطي مخزوناً غير محدود لأغراض البحث العلمي. وكل هذه التطورات العلمية في هذا المجال ينتظر أن تليها مراحل جديدة ستكشف الأيام والسنوات المقبلة الكثير من نتائجها الباهرة.

التقرير العربي للأهداف الإنمائية للألفية 2013 (إنجازات وإخفاقات)

د. عبدالله بدران *

من مقر الأمم المتحدة في نيويورك، وعلى هامش اجتماعات الجمعية العام للأمم المتحدة التي عقدت أواخر سبتمبر الماضي وشهدت حضور نحو 200 دولة، اختارت الجامعة العربية إطلاق (التقرير العربي للأهداف الإنمائية للألفية 2013) الذي أعدته بالتعاون مع الأمم المتحدة.

* المحرر العلمي.

الأمين العام لجامعة الدول العربية د. نبيل العربي ورئيسة مجموعة الأمم المتحدة الإنمائية الإقليمية للدول العربية الدكتورة سيما بحّوث

ويتحدث التقرير عن التنمية باعتبارها حقاً مشروعاً لكل إنسان، ومساراً لابدّ منه، يَعبُر به من التوتر إلى الاستقرار، ومن الحرمان إلى الرفاهية الاقتصادية والاجتماعية والفكرية. ويعرض ما حققته المنطقة العربية من الأهداف الإنمائية منذ عام 1990، فيشيد بالإنجازات، ويشخّص النواقص، ويقدم رؤية المنطقة حول خطة التنمية لما بعد عام 2015. ويستعرض ما حققته المنطقة من إنجازاتٍ في الفترة الماضية، وهي كثيرة، والأمور التي لايزال عليها إنجازُهُ في المستقبل، وهو الأكثر، في ضوء ما تشهده المنطقة من ظروف استثنائية. وعلى سبيل المثال يبيّن التقرير الإنجازات الكبيرة التي حققتها مجموعة البلدان العربية في معدلات الالتحاق بالتعليم الابتدائي والإلمام بالقراءة والكتابة، والتقدمَ الملموس الذي أحرزته في تعزيز المساواة بين الجنسين في التعليم بجميع مراحله.

> يبيّن التقرير الإنجازات الكبيرة التي حققتها الدول العربية في معدلات الالتحاق بالتعليم الابتدائي والإلمام بالقراءة والكتابة وتعزيز المساواة بين الجنسين في التعليم

و أطلق التقرير الأمين العام لجامعة الدول العربية الدكتور نبيل العربي، والأمينة التنفيذية للإسكوا (اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا) ورئيسة آلية التنسيق الإقليمية لمنظمات الأمم المتحدة العاملة في الدول العربية الدكتورة ريما خلف، ومديرة المكتب الإقليمي للدول العربية في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي ورئيسة مجموعة الأمم المتحدة الإنمائية الإقليمية للدول العربية الدكتورة سيما بحّوث.

وأُعد التقرير العربي للأهداف الإنمائية للألفية استجابةً لطلب الجمعية العامة للأمم المتحدة بشأن إجراء تقييم دوري للتقدّم المحرز في المنطقة العربية نحو تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية. وقد شاركت في إعداده جامعة الدول العربية ومنظمات الأمم المتحدة الأعضاء في آلية التنسيق الإقليمية ومجموعة الأمم المتحدة الإنمائية الإقليمية للبلدان العربية. وتولت الإسكوا مهام التنسيق.

أهداف إنمائية

وفي عام 2000 تعهّد رؤساء الدول والحكومات بالعمل على إنجاز مجموعة من الأهداف الإنمائية، والتزموا بأن يحققوا على مدار 15 عاماً غايات طموحة ترتقي بواقع حياة الإنسان في كل مكان.

وأكدت الدول العربية مراراً التزامها بهذه الأهداف في قرارات اعتمدتها في مؤتمرات القمة العربية التنموية (الكويت في عام 2009، وشرم الشيخ في عام 2011، والرياض في عام 2013)، وفي إطار جهود حثيثة بذلها مجلس وزراء الشؤون الاجتماعية العرب وغيره من المجالس الوزارية والمنظمات العربية المتخصصة.

ويقول معدو التقرير في المقدمة: إنه في الوقت الحالي بات الموعد المحدد لبلوغ الأهداف الإنمائية للألفية في عام 2015 وشيكاً. وخطت البلدان في جميع مناطق العالم خطوات مهمة باتجاه تحقيق هذه الأهداف. وتمكّنت المنطقة العربية من تحقيق تقدم كبير، ولا سيّما في تعميم التعليم والرعاية الصحية، غير أنّ الطريق إلى تحقيق الأهداف المنشودة كاملة لايزال طويلاً.

ويضيفون إن هذا التقرير أعد في فترة حافلة بالتغيّرات السياسية والاجتماعية. وأي خطة إنمائية لما بعد عام 2015 لن تحقق الفعالية المرجوة، ما لم يتردّد فيها صدى صوت الملايين من العرب الذين ينادون بالحرية والكرامة والعدالة الاجتماعية. والتحديات الكبرى، على جسامتها، لا تحجب الأمل في المستقبل. فالمنطقة تختزن موارد وإمكانات، أهمّها ثروة من الطاقات الشابة وإرادة اندفعت تجليّاتها واضحة في شوارع المنطقة وساحاتها. وإذا ما استثمرت هذه الطاقة تحوّلت محركاً للتغيير وأساساً لبناء اقتصادات قوية، ومجتمعات وأوطاناً منيعة تملك مقوّمات الازدهار في المستقبل.

ويرون أن أي خطة للتنمية الشاملة والمستدامة لما بعد عام 2015 يجب أن تتصدى لأوجه عدم المساواة بين البلدان وداخلها. وأن للبلدان العربية حوافز مهمة تدفعها إلى السعي لتحقيق التكامل. فالحد من التأثر بالعوامل الخارجية يتطلب عملاً مشتركاً بين بلدان المنطقة لمواجهة التحديات المشتركة. وهذا يتطلب إرادة سياسية قوية للتشارك في القوة والتغلب على الضعف، وتخفيف الأعباء وتوسيع الآفاق والفرص، وتحويل التباين إلى إمكانات وفرص للتعاون والتكامل. ويتطلب تحقيق التنمية البشرية المنصفة اعتماد نهج متوازن يشمل الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

مفترق طرق عربي

ويصدر التقرير العربي الرابع عن الأهداف الإنمائية للألفية، والمنطقة عند مفترق طرق؛ ففي البلدان التي تشهد تحوّلاً سياسياً واقتصادياً واجتماعياً، تبدو المكاسب الإنمائية التي استغرق تحقيقها الكثير من الوقت والجهد عرضة في بعض الحالات للتعثر أو للتراجع. وفيما يقترب عام 2015، وهو العام الذي تنتهي فيه مهلة تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية، يصدر هذا التقرير الأخير في سلسلة تقارير عن هذا الموضوع، ويتضمن تقييماً للإنجازات المحققة على صعيد الأهداف الإنمائية للألفية في المنطقة العربية عموماً وفي مجموعات البلدان التي تكوّنها، وهي مجموعة بلدان المشرق، ومجموعة بلدان المغرب، ومجلس التعاون لدول الخليج العربية، ومجموعة أقل البلدان نمواً.

الأحداث السياسية والحروب تؤثر على تحقيق الأهداف الإنمائية

> أُعد التقرير استجابةً لطلب الجمعية العامة للأمم المتحدة بشأن إجراء تقييم دوري للتقدّم المحرز في المنطقة العربية نحو تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية

ويقول معدو التقرير إنه يتناول التقدم المحرز نحو تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية منذ اعتمادها في عام 1990 حتى آخر سنة تتوافر عنها بيانات. ويستعرض الإنجازات والتحديات الإنمائية، ويتوقف عند المسببات الرئيسية لحالة الاضطراب السياسي التي تعيشها بعض البلدان العربية وآثارها على الأهداف الإنمائية للألفية. ويقدّم رؤية حول صياغة خطة للتنمية لما بعد عام 2015، تتعهدها وتلتزم بها الحكومات الوطنية.

ويشير التقرير، كما يرد في الفصل الأول، إلى أن المنطقة العربية أحرزت تقدماً كبيراً نحو تحقيق بعض الأهداف الإنمائية للألفية. فقد سجلت تحسّناً في معدل الالتحاق بالتعليم الابتدائي والإلمام بالقراءة والكتابة، واقترب العديد من بلدانها من تحقيق المساواة التامة بين الجنسين في الالتحاق بالتعليم الابتدائي

المنطقة العربية لاتزال متأخرة في قضايا تتعلق بالمياه والأمن الغذائي

والثانوي والعالي. غير أن المنطقة لا تزال متأخرة في بعض الغايات، ولاسيما في مكافحة الجوع، وتحقيق الأمن الغذائي، والحصول على المياه، وتوفير خدمات الصرف الصحي المحسّن للمناطق الريفية، وتخفيض معدّل وفيات الأطفال والأمهات. وكان تزايد الفقر من أبرز مظاهر التعثر التي أصابت المنطقة نتيجة لحالات عدم الاستقرار السياسي والنزاعات التي تشهدها منذ عام 2010.

التوازن بين المناطق

والتقدّم في تحقيق الأهداف لم يكن متوازناً بين مجموعات المنطقة، ولا بين بلدان المجموعة الواحدة، ولا داخل البلد الواحد. فمن المستبعد أن تتمكن أقل البلدان نمواً من تحقيق معظم الأهداف في المهلة المحدّدة. وعلى هذه البلدان أن تتجاوز الكثير من الحواجز من أهمها النقص في الموارد المالية، والضعف في البنى التحتية، وتصاعد النزاعات في بعض الحالات.

> "دول الخليج العربي الأكثر تقدماً اقتصادياً حققت الكثير من الأهداف الإنمائية لكنها تواجه تحديات كبيرة في إدارة الموارد الطبيعية بطرق مستدامة"

أما بلدان مجلس التعاون لدول الخليج العربية الأكثر تقدّماً في المجال الاقتصادي، فتمكنت من تحقيق الكثير من الأهداف. لكن هذه البلدان لا تزال تسجل فوارق كبيرة بين مناطقها، وتشهد تأخراً في تحقيق المساواة لصالح المرأة. وتواجه دول الخليج تحديات في إدارة الموارد الطبيعية بطرق مستدامة.

ويستعرض التقرير الإنجازات والثغرات من خلال بناء دليل تحقيق الأهداف الإنمائية للألفية. ويفيد بتحقيق مكاسب مهمة في العديد من الأهداف تقابلها ثغرات كبيرة أيضاً. والواقع أن بعض البلدان العربية، بصرف النظر عما شهدته المنطقة من اضطرابات اجتماعية أخيراً، هي من البلدان التي حققت أفضل أداء في الكثير من الأهداف الإنمائية للألفية.

والدروس المستقاة من تجربة المنطقة العربية يمكن أن تكون من النقاط المرجعية التي يستفاد منها في إعداد خطة التنمية لما بعد عام 2015. وفيما يبدو من الضروري أن تكثف جميع البلدان جهودها لتحقيق غايات الأهداف الإنمائية بحلول عام 2015، بدأت المناقشات بشأن ما بعد عام 2015. وأي خطة للمستقبل يجب أن تكون خطة تتعهدها الحكومات الوطنية وتلتزم بها، وتتوازن فيها الأولويات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وهذا من المهام الصعبة للمرحلة المقبلة.

وانطلاقاً من هذه الدروس يتناول الفصل الثاني من التقرير بعض الأولويات الإقليمية والوطنية المشتركة، ويرسم بعض معالم الطريق إلى المستقبل لخطة إنمائية لما بعد عام 2015. ويرى أن أي إطار مقترح لما بعد عام 2015 يجب أن يتضمن مؤشرات للحكم تساعد على رصد وقياس الإصلاحات اللازمة لصون حقوق الإنسان وكرامته، وضمان المشاركة التامة في اتخاذ القرار.

وقد استند التقرير إلى مصادر عدة، منها شعبة الإحصاءات في الأمم المتحدة والمنظمات الدولية الأخرى التي تُعنى بجمع البيانات عن الأهداف الإنمائية للألفية. كما استُمدّت البيانات من الهيئات الإقليمية التابعة للأمم المتحدة ومن الأجهزة الوطنية للإحصاء.

كلمات في حفل إطلاق التقرير

قالت الدكتورة سيما بحّوث في كلمتها في حفل إطلاق التقرير: «من المهم أن ننتبه للرسالة الأساسية للتقرير ومؤداها أنه لم يعد ممكناً التعامل مع مسارات الحوكمة والتنمية باعتبارها مسارات منفصلة أو مستقلة. إنما يعتمد مستقبل المنطقة العربية على إحراز تقدم متوازن ومتزامن، ليس فقط على صعيد الحوكمة ولكن كذلك على صعيد كل الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنمية المستدامة».

وأضافت: «تتناغم أصداء رسائل التقرير مع آراء جماهير المنطقة العربية التي شاركت في استطلاع عالمي بعنوان (العالم الذي نريده) عبر الإنترنت، أو شاركت في المشاورات الوطنية والإقليمية حول أجندة التنمية فيما بعد عام 2015، والتي عقدتها فرق الأمم المتحدة القطرية ومجموعة الأمم المتحدة الإنمائية الإقليمية في العديد من بلدان المنطقة العربية. فلقد بينت هذه الفعاليات أن العالم الذي تريده الجماهير في جميع أنحاء المنطقة العربية هو عالم يتسم باتساعه وشموله للجميع، وبتحقيقه لمعدلات أعلى من جودة الفرص الاجتماعية والاقتصادية، وهو كذلك عالم تعتمد حكوماته الشفافية والفاعلية والاستجابة لحاجات مواطنيها، في أوسع معانيها».

خلف

ثمّ ألقت الدكتورة ريما خلف كلمة جاء فيها: «يبيّن التقرير أن المنطقة العربية تمكنت من تخفيض معدلات وفيات الأطفال وتحصين صحة الأمهات، في إنجاز يمهد لتحقيق العديد من الغايات في صحة المجتمع ورفاهيته. إلا أن المكاسب المحققة في التعليم والصحة لم تشمل جميع بلدان المنطقة، إذ كان الركودُ أو التراجع في المؤشرات نصيبَ بعضها، ولاسيما تلك التي تعرضت في الآونة الأخيرة لنزاعات وحالات عدم استقرار مثل السودان وسوريا والعراق».

> **د. ريما خلف: مشروع التنمية هو نهجٌ شاملٌ ومتصل لن يتوقف في عام 2015 بل سيتواصل في إطار جديد نأملُ أن يكون نحو تحقيق المزيد من الرفاهية للإنسان**

ولفتت إلى أنّه على صعيد المنطقة ككلّ «تبدو الإنجازات المحققة على سباق مع مؤشرات تثير القلق، وقد تُبدّدُ ما تحقق. فنحن أمام أرقام تشير إلى معدل بطالة في عام 2013 يفوق المستوى الذي كان عليه في عام 1990. فربع شبابِ العالم العربي وخُمسُ نسائه هم اليوم من دون عمل يوفر لهم عيشاً لائقاً. وتشير الأرقام كذلك إلى انتشار سوء التغذية بمعدلات لم تشهدها المنطقة من قبل، لتطالَ 50 مليون شخص، بعد أن كان العدد 30 مليوناً في عام 1990. وقد اشتدت أزمة المياه في بعض البلدان العربية، حتى باتت تعاني نقصاً حاداً في مياه الشرب. ولا تزال مؤشرات مشاركة المرأة في العمل السياسي متدنية في معظم البلدان العربية. وإن دلّ ذلك على شيء، فعلى إخفاق في البناء على ما حققته المرأة من مكاسب في التعليم والصحة».

ورأت أنّه «عندما نقارن المنطقة العربية بسائر مناطق العالم النامية، نجد نعماً تستحق الذكر. فهي من أقل مناطق العالم اكتواءً بنار الفقر المدقع. ولكن عندما نقارن حالة المنطقة اليوم من حيث الفقر بما كانت عليه قبل ربع قرن، لا نجد تحسناً يُذكر. فنسب الفقر التي تراجعت في مختلف مناطق العالم النامية، بقيت في المنطقة العربية تراوح عند المستوى الذي كانت عليه في عام 1990. وقد حصل ذلك على الرغم من ارتفاع دخل الفرد خلال تلك الفترة، مما يشي بخلل في توزيع مكاسب التنمية، قد يَذهبُ بكل استقرار سياسي واجتماعي. ولنا في الواقع أكثرُ من دليل».

وختمت قائلةً: «قد نكون اليوم أمام الفرصة الأخيرة قبل عام 2015 لتقييم إنجازاتنا في تحقيق أهداف الألفية، غير أننا بالتأكيد لسنا أمام الفرصة الأخيرة لتحقيق غاياتنا التنموية. فمشروع التنمية هو نهجٌ شاملٌ ومتصل لن يتوقف في عام 2015، بل سيتواصلُ في إطار جديد نأملُ أن يكون نحو تحقيق المزيد من الرفاهية للإنسان، فيقرّبَ البعيد من الطموحات، ويغني الواقع بمزيد من الإنجازات».

والكلمة الأخيرة كانت للأمين العام لجامعة الدول العربية الدكتور نبيل العربي التي قال فيها: «يشكل تقريرنا اليوم أهمية خاصة في كونه بلور الرؤية العربية التي أرست مبادئها القمة العربية التنموية: الاقتصادية والاجتماعية في الرياض مطلع العام الجاري للتنمية ما بعد 2015، من خلال وضع عدد من الأطروحات المهمة التي نتطلع إلى تنفيذها بالتعاون مع منظمات الأمم المتحدة المتخصصة».

مستويات كثافة استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الكربون للفرد هي من بين الأعلى عالميّاً

الطاقة المستدامة في الوطن العربي

التوقعات * التحديات * الخيارات

م. محمد القطان *

نحو 35 مليون عربي لا يحصلون على خدمات طاقة حديثة، وبشكل خاص الكهرباء. وقدرة التوليد المركبة للتوليد في الدول العربية الـ22 تبلغ 202 جيغاواط، وهي بذلك لا تتجاوز نسبة 4% من إجمالي قدرات التوليد المركبة على مستوى العالم، و كفاءة الري العربية هي في المستويات الدنيا عالميّاً إذ لا تزيد على 40%. وازدادت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة باحتراق الوقود في المنطقة العربية بنسبة 247% بين عامي 1990 و2010، ونجمَ ما يزيد على 95% من هذه الانبعاثات عن استخدام النفط والغاز. هذه الأرقام والبيانات منتقاة من أحدث تقرير أصدره (المنتدى العربي للبيئة والتنمية) المعروف اختصارا (أفد)، وأطلقه في مؤتمره السادس الذي عقده في أواخر أكتوبر الماضي في الشارقة بمشاركة مسؤولين وباحثين ومتخصصين من داخل الوطن العربي وخارجه.

* كاتب علمي متخصص في شؤون الطاقة والبيئة، (الكويت).

وتضمن التقرير ثمانية فصول تطرق الأول الذي أعده الباحثان بسام فتوح ولورا الكتيري إلى (النفط العربي في السياق المحلي والعالمي)، والثاني الذي أعده حكيم دربوش إلى (الغاز العربي والتحول في قطاع الطاقة العربية)، والثالث الذي أعده كل من كريستين لينس و ليلي رياحي ورومان زيسلر إلى (الطاقة المتجددة)، والرابع الذي أعده هانز هولغر روغنر وعدنان شهاب الدين إلى (خيار الطاقة النووية)، والخامس الذي أعده طارق المطيرة وفريد شعبان إلى (كفاءة الطاقة)، والسادس الذي أعده ماهر عزيز بدروس إلى (خيارات التخفيف من تغير المناخ في قطاع الطاقة)، والسابع الذي أعده إبراهيم عبد الجليل إلى (الحاجة إلى قطاع للطاقة يستجيبُ لتغير المناخ)، مع ملحقٍ أعده وليد الزباري بعنوان (العلاقة بين الماء والطاقة والغذاء في المنطقة العربية)، في حين تناول الفصل الثامن والأخير الذي أعده طارق السيد وشهاب البرعي (تمويل إمدادات الطاقة.. دور القطاع الخاص).

ويتبين من الملخص التنفيذي للتقرير أن أنظمة الطاقة الموجودة في الوطن العربي - التي تهيمن عليها أنواع الوقود الأحفوري كما في معظم دول العالم - هي أنظمة غير مُستدامة سواء من الناحية الاقتصادية أو البيئية أو الاجتماعية، وأنه على الرغم من أن مستويات كثافة استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الكربون للفرد هي من بين الأعلى عالميّاً، فإن نحو 35 مليون شخص في الوطن العربي لا يحصلون على خدمات حديثة في مجال الطاقة، ولاسيما الكهرباء.

غير أن المنطقة العربية، بخلاف الكثير من مناطق العالم، تنعم بوفرة مصادر الطاقة النظيفة المتجدّدة، وفي مقدمتها الشمس والرياح.

ومن شأن هذه المصادر المتجدّدة، بالتوازي مع اعتماد التقنيات النظيفة بيئياً وتحسين كفاءة الطاقة، أن تساهم في تنويع الطاقة وتعزيز استدامتها في المستقبل. وإذا التزمت الدول العربية بسياسات واستثمارات ملائمة، فإن بإمكانها أن تكون عضواً فاعلاً في مجتمع الطاقة النظيفة العالمي، وبهذا يمكنها إيجاد المزيد من فرص العمل المجزية وتصدير الطاقة المتجددة، إضافة إلى النفط والغاز.

دور النفط والغاز

تطرق التقرير إلى الدور الذي يؤديه كل من النفط والغاز في اقتصاد الوطن العربي والمساهمة في دعم عملية التنمية فيه.

ويقول بهذا الصدد إن إيرادات النفط والغاز هي مصدر الدخل الأساسي في معظم الدول العربية، لاسيما في منطقة الخليج العربي، إذ تشير أرقام صندوق النقد العربي إلى أن قطاع النفط والغاز يشكّل نحو 36% من مجموع الناتج المحلي الإجمالي العربي.

وتراوح نسبة إيرادات المواد الهدروكربونية من مداخيل صادرات معظم الدول العربية المنتجة بين 33% في اقتصاد الإمارات العربية المتحدة المتنوّع نسبيّاً، و88% في الاقتصادات المعتمدة بشكل عام على التصدير مثل السعودية وقطر، وتتجاوز 97% في كل من الجزائر والعراق.

لكن عوائد النفط الكبيرة لم تؤدِّ إلى إحداث التنويع الاقتصادي بالقدر الذي طمحت إليه دول عربية عديدة منتجة للنفط، ممّا جعل معظمها معتمداً، بشكل استثنائي، على إيرادات النفط التي أثبتت أنها متقلّبة إلى حدّ كبير. ولايزال النفط أهم الموارد الطبيعية في الوطن العربي، وتشير كل الاحتمالات إلى استمرار هذا الوضع في المدى المنظور.

وتعتمد الاقتصادات العربية على النفط والغاز لتلبية أكثر من 97% من الطلب المحلي على الطاقة، أما الطاقة المتجدّدة فتساهم في توفير النسبة المتبقية، أي 3%.

لكن سوق الطاقة المتجدّدة في البلدان العربية آخذة في التوسّع بسرعة، إذ كشفت مجموعة متنوّعة من البلدان عن مشروعات وسياسات لتوجيه وفرة موارد الطاقة المتجددة في المنطقة نحو التنمية الاقتصادية وتحسين أمن الطاقة.

كما أن استمرار اعتماد الوطن العربي على المواد الهدروكربونية للوفاء بحاجاته المحلية من الطاقة يطرح تحديات من نوع آخر: الارتفاع الحادّ في الطلب المحلي على الطاقة يعني زيادة في استنزاف النفط المنتَج في المنطقة، وتحويل جزء متزايد منه إلى السوق المحلية بدل التصدير.

وتقدّر بعض الدراسات أن الدول العربية المنتجة للنفط يمكن أن تخسر ما يصل إلى 90 دولاراً في كل برميل نفط يُستهلك محليّاً بدلاً من تصديره، كما يقول التقرير.

أنماط استهلاك الطاقة

ويرى التقرير أن الاتجاهات الحالية لأنماط استهلاك الطاقة تضع الاقتصادات العربية في مصافّ الاقتصادات الأقّل كفاءة على الصعيد العالمي. فعلى مدى العقد المنصرم لم يحدث في المنطقة العربية أي فك للارتباط بين النمو الاقتصادي والطلب على الطاقة. وكان نموّ استهلاك الطاقة أسرع من النموّ الاقتصادي، إذ بلغ متوسط نمو الناتج المحلي الإجمالي نحو 4 % سنويّاً، في حين بلغت زيادة الطلب على الطاقة الأولية والكهرباء

الطاقة والمياه

وتناول التقرير العلاقة بين الطاقة والمياه في الوطن العربي موضحا أن قطاع الطاقة يؤدي دوراً أساسيّاً في توفير حاجات الماء والغذاء في البلدان العربية، حيث يشيع استخدام محطات التوليد المزدوج للحرارة والكهرباء العاملة بالوقود الأحفوري لتحلية مياه البحر في هذه المنطقة التي تضم نحو 50% من قدرات التحلية العالمية. كما أن الطاقة الكهربائية المدعومة الأسعار والمولّدة في محطات تعمل بالوقود الأحفوري هي من أكثر مصادر الطاقة الأولية المعتمدة لاستخراج المياه الجوفية وتوزيعها. لكن على الرغم من كل ذلك، فإن معدّل استهلاك الفرد للماء العذب في بعض البلدان العربية القاحلة هو من أعلى المعدلات في العالم، في حين أن كفاءة الري هي في المستويات الدنيا عالميّاً إذ لا تزيد على 40%. وهكذا فإن إنتاج الغذاء في المنطقة لا يزال معتمداً على موارد طاقة غير متجدّدة باهظة الكلفة تُستخدم بشكل قليل الفعاليّة والكفاءة. لذا فإن الانتقال إلى ممارسات أكثر كفاءة وإلى استخدام مصادر الطاقة المتجددة يمكن أن يوفّر خيارات ملائمة لضمان إمدادات مستدامة من موارد المياه وإنتاج الغذاء في العقود المقبلة. ومع أن البلدان العربية تنعم بثروة ضخمة نسبيّاً من موارد الغاز الطبيعي، فلم تتمّ حتى الآن الاستفادة الكاملة من الإمكانات التي يوفّرها هذا الوقود لمساعدة المنطقة على توفير حاجاتها من الطاقة، وفي الوقت عينه إدارة بصمتها الكربونية العالمية. ويعود ذلك إلى جملة عوامل أساسية، أوّلها سياسات تسعير الغاز في معظم البلدان العربية، فإبقاء أسعار المستخدمين النهائيين في مستويات منخفضة بشكل مصطنع لم يساهم فقط في سرعة تزايد الطلب على الغاز في المنطقة، بل كان حائلاً دون تطوير مصادر جديدة لإمدادات الغاز. يُضاف إلى ذلك أنّه نظراً لسياسات تسعير الغاز العربي بالدرجة الأولى، والطاقة عموماً، كان من العسير جداً جذب الاستثمارات اللازمة للتوصل إلى مزيج الطاقة الذي تحتاج إليه المنطقة. ومع تزايد عوامل جذب شركات النفط العالمية إلى حقول الغاز الناضجة والناشئة في أجزاء أخرى من العالم، أصبحت الحاجة إلى إصلاح ظروف الاستثمار في الدول العربية أكثر إلحاحاً من أي وقت مضى. تُعتبر المنطقة العربية من بين مناطق العالم الأقلّ تكامُلاً اقتصاديّاً، ما يعيق قيام سوق إقليمية قوية للغاز الطبيعي. هذا النقص في تجارة الغاز الإقليمية، إذ إن ما يُصدّر ضمن المنطقة لا يتجاوز 11% من مجمل الغاز العربي المنقول بالأنابيب، يعني أن كميات الغاز الفائضة في المنطقة العربية قد بيعت باستمرار في الأسواق البعيدة، ما حرم البلدان العربية المفتقرة إلى الغاز الحصول من البلدان المجاورة على أي إمدادات بأسعار تنافسية.

نحو 8%. و دعم الوقود الأحفوري هو من العوامل الرئيسية المؤدية إلى عدم الكفاءة في استخدام الطاقة؛ فأسواق المستهلكين في القطاع السكني في البلدان العربية، مثلاً، هي الأكثر تلقياً للدعم، حيث يصل الدعم الضمني المقدّم في بعض البلدان العربية إلى 95 %.

ومن العوامل الأخرى أن البنية التحتية للكهرباء في معظم بلدان المنطقة تفتقر إلى الكفاءة، فمتوسط مقادير فَقْد الطاقة الكهربائية في التوليد والنقل والتوزيع في الدول العربية، البالغ 19.4%، يفوق ضعفي المعدّل العالمي البالغ 8.3%. وإدراكاً من جامعة الدول العربية لأهمية المكاسب التي يُمكن أن تُجنى من كفاءة الطاقة، عمدت في عام 2010 إلى إقرار المبادئ التوجيهية العربية لكفاءة الطاقة، لتعزيز التحسينات المجدية اقتصادياً في الاستخدام النهائي للكهرباء في الدول الأعضاء عن طريق أهداف توجيهية وآليات وحوافز وأُطُر مؤسساتية. لكن على الرغم من كثرة البيانات والوعود بزيادة تنمية الطاقة المستدامة، فإنه لا يوجد في المنطقة اليوم سوى عدد قليل من الدول التي أعلنت عن استراتيجيات لكفاءة الطاقة ذات أهداف محدّدة كمّيّاً وتدابير سياسات داعمة. فالعديد من العوائق الاجتماعية والاقتصادية والسياسية لا تزال قائمة في وجه كفاءة الطاقة في المنطقة، وهذه ينبغي تجاوزها. كما أن بالإمكان تعزيز كفاءة الطاقة عن طريق التأثير في سلوك المستهلكين بواسطة الحوافز، للتمكّن من التغلّب على عوائق السوق، سواء أكانت متعلّقة بالأسعار أم بسواها.

استثمار الطاقة المتجددة

يقول التقرير إن البلدان العربية تتمتع بإمكانات هائلة من موارد الطاقة المتجددة، بما فيها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إضافة إلى الطاقة المائيّة والطاقة الحرارية الجوفية في بعض المواقع، وهذه جميعاً لم تُستغلّ كما يجب حتى الآن. ولقد تطوّرت سوق الطاقة المتجددة في المنطقة العربية بسرعة خلال السنوات الأخيرة.

وكشفت عدة بلدان عن مشروعات وسياسات في هذا المجال. وهذا التوسع الحديث في سوق الطاقة المتجددة في المنطقة، إضافة إلى تنوّع الدول المشاركة فيه، ناجم عن الحاجة إلى تعزيز أمن الطاقة وتلبية الزيادة الكبرى في الطلب ومعالجة مشكلة ندرة المياه. فاعتباراً من أوائل سنة 2013، يجري العمل على 64 مشروعاً جديداً للطاقة المتجدّدة بقدرة إجمالية تبلغ نحو 6 جيغاواط، وفي ذلك زيادة تصل إلى أربعة أضعاف القدرة الحالية. وبلغ مجموع الاستثمارات الجديدة في الطاقة المتجدّدة خلال عام 2012 نحو 1.9 مليار دولار، أي ما يوازي ستة أضعاف مجموع الاستثمارات في عام 2004. وللمقارنة، فإن مجموع الاستثمارات العالمية في الطاقة المتجدّدة في العام نفسه بلغ 244 مليار دولار، وهو ثاني أضخم رقم يسجل في سنة واحدة. أما مجموع استثمارات الطاقة المتجدّدة منذ عام 2006 فبلغ نحو 1.3 تريليون دولار.

تحتل الطاقة الكهرمائية المركز الأول بين مصادر الطاقة المتجدّدة المستخدمة لتوليد الكهرباء في المنطقة، تليها طاقة الرياح.

في نهاية عام 2012، كانت لدى سبع دول عربية على الأقل، في مقدمتها مصر، قدرات للتوليد بطاقة الرياح. ويُنتظر أن تزيد محطات الطاقة الشمسية المركّزة مساهمة الطاقة الشمسية في قدرات التوليد في المنطقة، علماً أن أكثر من 30% من البلدان التي تشغّل محطات طاقة شمسية مركّزة في العالم هي بلدان عربية، وبالتحديد الجزائر ومصر والإمارات والمغرب. وفي مارس 2013، أصبحت الإمارات ذات دور فاعل في سوق الطاقة الشمسية المركّزة، حين بدأت تشغيل محطة (شمس1) التي اعتبرت أكبر محطة طاقة شمسية مركّزة في العالم بقدرة مركّبة تصل إلى 100 ميغاواط. من ناحية أخرى، وضعت السعودية هدفاً طموحاً لتلبية 33% من حاجتها المحلية إلى الطاقة من مصادر متجددة بحلول سنة 2032.

وتساعد السياسات الصحيحة على النجاح في زيادة حصص مصادر الطاقة المتجدّدة في مزيج الطاقة، وهذا يعطي ثماره على صعيدي الاقتصاد والبيئة. ولقد أصبح لدى 20 من الدول العربية سياسات ذات أهداف واضحة، فيما أقرّت 16 دولة منها مستوى معيناً من السياسات الملائمة للطاقة المتجدّدة مثل التعرفة التفضيلية والحوافز الضريبيّة والتمويل العام.

> تعتمد الاقتصادات العربية على النفط والغاز لتلبية أكثر من 97% من الطلب المحلي على الطاقة أما الطاقة المتجدّدة فتساهم في توفير 3% فقط

> إيرادات النفط والغاز هي مصدر الدخل الأساسي في معظم الدول العربية وتشكل نحو 36% من مجموع الناتج المحلي الإجمالي العربي

ولاحظ خبراء السياسات والاستثمار والأعمال، على حدّ سواء، أن اقتصاد الطاقة النظيفة آخذ في البروز كإحدى أهم الفرص الاقتصادية والبيئية العالمية في القرن الحادي والعشرين. وأخذ القادة، على جميع المستويات المحلية والوطنية في أرجاء العالم، يدركون أن استخدام الطاقة المأمونة والموثوقة والنظيفة يمكّنهم من خلق الوظائف والأعمال، وتحسين أمن الطاقة، ورفع مستوى جودة الهواء والصحة العامة، والتخفيف من حدة تغيّر المناخ. وفي وسع البلدان العربية، إذا كان ثمّة التزام طويل الأجل وإذا وُجدت السياسات والاستثمارات المناسبة، أن تنضمّ إلى نادي الطاقة النظيفة العالمي، وأن تخلق بذلك فرص عمل جديدة عالية الأجور وتصدّر الطاقة المتجدّدة بالإضافة إلى النفط والغاز.

الطاقة النووية

ووفق التقرير فقد كشفت بعض البلدان العربية عن خطط لإضافة الطاقة النووية إلى مزيج الطاقة الذي تعتمده، وذلك للوفاء بالطلب المتنامي على الكهرباء. وتعتبر البلدان المنتجة للنفط أنها، بإضافة الطاقة النووية إلى مزيجها الطاقوي، تعزّز أمن الطاقة تحسّباً لنضوب الاحتياطيات الهدروكربونية، فضلاً عن تحرير المزيد من كميات النفط للتصدير والاستفادة من الأسعار المؤاتية في الأسواق. وترى البلدان الأخرى أن الطاقة النووية هي الحل الذي يمكّنها من تجاوز مشكلة افتقارها إلى الموارد الهدروكربونية.

لكن قدرة الدول العربية على إدارة كامل دورة حياة الطاقة النووية هي موضع شكّ، إذ تظلّ المسائل الأساسية المتعلّقة بالسلامة بحاجة إلى معالجة. فإضافة إلى أخطار الحوادث المحتملة في محطات الطاقة النووية، لا تزال مشكلات تخزين النفايات النووية والتخلّص منها بحاجة إلى حلول، وهي تشكّل أخطارا على الصحة العامة. وازدادت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المرتبطة باحتراق الوقود في المنطقة العربية بنسبة 247% بين عامي 1990 و2010، متجاوزة بدرجات كبيرة نسبة النموّ السكاني في الفترة نفسها. ونجمَ ما يزيد على 95% من هذه الانبعاثات عن استخدام النفط والغاز. وعلى الرغم من أن مجمل مساهمة المنطقة في تغيّر المناخ العالمي لا تتجاوز نسبة 5%، فالمنطقة لا يمكنها أن تقف مكتوفة الأيدي، سواء على المستويات العالمية أو الإقليمية أو الوطنية، نظراً لشدّة تأثّرها بالمفاعيل المحتملة من جراء ذلك. وتعد المنطقة العربية من بين أكثر مناطق العالم معاناة من شح المياه، ومع تغيّر المناخ الآخذ في الزيادة، يتوقع أن تصبح موجات الجفاف أشدّ حدّة وأن تتفاقم ندرة المياه. ومن مصلحة البلدان العربية اتخاذ إجراءات صارمة على الصعيد العالمي لتخفيف الآثار والتكيّف في ما يتعلق بتغير المناخ.

الاستثمار في قطاع الطاقة

ويقول التقرير إن هناك تحدّياً رئيسياً يواجه الحكومات في معظم البلدان العربية، يتمثّل في تخصيص الأموال الكافية لدعم النموّ المتوقع في الطلب على الطاقة. وتبلغ قدرة التوليد المركبة للتوليد في الدول الـ22 الأعضاء في جامعة الدول العربية 202 جيغاواط، وهي بذلك لا تتجاوز نسبة 4% من إجمالي قدرات التوليد المركبة على مستوى العالم، وبلغ متوسط استهلاك الفرد العربي للكهرباء سنويّاً 2396 كيلوواط ساعة في

توصيات

قدم التقرير التوصيات الآتية للمساهمة في التحوّل إلى قطاع طاقة عربي مُستدام، وبالدرجة الأولى حَثّ صانعي السياسات على القيام بجهود منسّقة في مختلف الاتجاهات:

- على صانعي السياسات رصد استثمارات كافية في القدرة الإنتاجية للمحافظة على مكانة المنطقة في طليعة المنتجين العالميين، خلال العقود المقبلة، وزيادة فعالية استخدام عوائد النفط والغاز لتنويع اقتصادات المنطقة وتحريرها من استمرار الاعتماد على أنواع الوقود الأحفوري، وإدارة العرض والطلب المحليين على الطاقة.
- على صانعي السياسات إصلاح آليات تسعير الغاز ومنتجات الطاقة ذات الصلة، بطريقة تدفع التحوّل إلى نظام للطاقة المستدامة، حيث يمكن أن يكون للغاز الطبيعي دور أعظم في التحوّل الطاقوي العربي والتنمية الاقتصادية في المستقبل.
- على صانعي السياسات في المنطقة العربية إرساء العوامل الملائمة لمساهمة القطاع الخاص في استثمارات البنية التحتية لإمدادات الطاقة، بما في ذلك السياسات الواضحة المحدّدة والإطار التنظيمي السليم. ويمكنهم البناء على أساس نموذج منتجي الطاقة المستقلين المتعارف عليه، مع بعض التعديلات لمواجهة عدد من المعوقات الرئيسية. وعن طريق إرساء إدارة رشيدة بعيدة المدى للالتزامات المالية الحكومية، وإنشاء مؤسسات تنظيمية مؤهلة، واتباع عمليات منهجية لإجراء مناقصات المشروعات، تستطيع الحكومات العربية تعزيز الموارد المالية العامة المحدودة فتجذب استثمارات كبيرة من القطاع الخاص.
- ينبغي أن يعمل صانعو السياسات على تسهيل تمويل الاستثمارات والديون المحلية من خلال دعم إنشاء صناديق استثمار طرف ثالث، وتطوير آليات قانونية أكثر مرونة مثل شراكات البيع وعقود إيجار البيع، ومنح شركات تطوير البنية التحتية فرصاً أفضل للوصول إلى أسواق سندات الشركات والصكوك الإسلامية.
- المطلوب من صانعي السياسات والهيئات الناظمة إتاحة مجال إجراء المقارنات بين المشروعات والبلدان، على أساس الشفافية، في ما خصّ العوامل المؤثرة على قرارات الاستثمار، بما في ذلك خطط الاستثمارات المتوقّعة، ومخصّصات إمدادات الوقود، وآليات التعويض.
- على صانعي السياسات التوقيف التدريجي لدعم أسعار الطاقة، وإصلاح سياسات تسعيرها، من أجل تحفيز الانتشار السريع لكفاءة الطاقة وتكنولوجيات الطاقات المتجدّدة. ومن التدابير التي تساهم في تعزيز فرص الاستثمارات الخاصة إتاحة المجالات المتكافئة أمام مصادر الطاقة المتجدّدة، والحدّ من الاعتماد على القروض الميسّرة والتمويل العام.
- يجب على صانعي السياسات تنفيذ الخطوط التوجيهية العربية لكفاءة الطاقة المعتمدة في عام 2010، وذلك بوضع استراتيجيات وطنية لكفاءة الطاقة ذات أهداف محدّدة كمّيّاً وجداول زمنية وتدابير سياسات داعمة. وعلى الحكومات كذلك العمل على نشر الوعي وتقديم الحوافز لتشجيع اعتماد تكنولوجيات وممارسات كفاءة الطاقة.
- على صانعي السياسات تشجيع تكنولوجيا الطاقة المستدامة المتطورة كوسيلة لتحقيق قفزة اقتصادية وتنموية، ودعم الابتكار في عالم الأعمال وتصنيع البرامج والأجهزة، والعمل على انتشارها الواسع في المنطقة.

عام 2010، متراوحاً بين 18319 كيلوواط ساعة في الكويت و248 كيلوواط ساعة في اليمن. وراوحت معدلات نموّ الطلب خلال العقد المنصرم بين 5 و10% سنويّاً، ويُتوقّع أن تستمرّ في المراوحة بين 4 و8% خلال العقد المقبل. لذا فإنّ تلبية الطلب على الطاقة الكهربائية من قاعدة المستهلكين، الآخذة بالنموّ من حيث الحجم ومعدّل الاستهلاك للفرد، تحتاج إلى مواصلة إضافة قدرة توليد بنحو 24 جيغاواط سنويّاً على مدى السنوات العشر المقبلة، وهذا يعني ضرورة توفير استثمارات جديدة تفوق 31 مليار دولار في كل عام، أي ما يوازي 1.5% من الناتج المحلي الإجمالي للبلدان العربية. تضاف إلى هذه المتطلبات المالية استثمارات رأسمالية في البنية التحتية لشبكات النقل والتوزيع، وكذلك نفقات التشغيل والصيانة والأموال اللازمة لدعم أسعار الوقود.

ويدعو التقرير إلى اجتذاب التمويل من مصادر عدة، عبر مقاربات ابتكارية تعزّز الأموال العامة المحدودة وتمكّنها من جذب استثمارات ضخمة من القطاع الخاص.

وكان نموذج منتجي الطاقة المستقلّين أبرز أسلوب للشراكة بين القطاعين العام والخاص في المنطقة خلال السنوات الأخيرة. ففي عام 2010، حيث بلغت قدرات مشروعات شركات إنتاج الطاقة المستقلة نحو 40 جيغاواط، شكّلت ما يزيد على 50 مليار دولار من استثمارات وتمويلات القطاع الخاص. وتمثّل خبرة السعودية وأبوظبي وقطر وعمان والمغرب خلال العقد الماضي نموذجاً يُسَجّل لمشاركة القطاع الخاص في تطوير قدرات التوليد.

وفي الآونة الأخيرة، نجح مطورو إنتاج الطاقة المستقلون والمصارف في هذه البلدان في بناء قدرات كافية للقيام بدور قيادي في تمويل وتنفيذ مشروعات توليد واسعة النطاق في المنطقة العربية وخارجها. ■

المستقبلية والثقافة العلمية
بين أنوار العقل وسؤال النهضة

د. داليا سليمان *

اهتمت الحضارة الإنسانية طوال تاريخها بالمستقبل، لكنَ هذا الاهتمام كان يتباين من فترة تاريخية إلى أخرى، ذلك أنَ الإنسان يكون شغوفاً بمعرفة مصيره ومصير الجماعة التي ينتمي إليها، لاسيما التي تعكس الأخطار. والحضارات الإنسانية تختلف فيما بينها في الكيفية والصورة التي تعكس اهتمامها بالمستقبل، فقد عرفت الحضارات الشرقية القديمة والوسيطة الاهتمام بالمستقبل بما تجسد في التنبؤ، إذ تحدثنا المراجع التاريخية وكتب التراث عن لجوء الأفراد والأمراء للكهان والعرافين والمنجمين لمعرفة ما سيأتي، بل إن هذه "النبوءات" نفسها كانت محركة لبعض الأحداث التاريخية حين يؤمن بها الملوك والأمراء. وفي عصرنا الحديث ما تزال التنبؤات قائمة، وان اختلفت طريقة تفكيرنا التي يعمل من خلالها وعينا في التعامل مع الأشياء لنحمي مستقبلنا، لكن كيف نعيد تدريب أنفسنا لنتعامل مع المستقبل في عالم جديد يمتلئ بتهديدات لم يسبق للبشرية أن واجهت مثيلاً لها من قبل، بدءاً من تلوث البيئة والأوبئة وزيادة عدد السكان، إلى المخزون النووي وغيره؟ وفي رأينا أن الإجابة تكمن في الثقافة العلمية والدراسات المستقبلية لتدعيم مناهج تطوير عقل الإنسان العربي بحيث يصلح لعالم جديد ينتظرنا.

* (الكويت).

ليس هناك أكثر إحباطاً للمرء من أن يثير قضية بديهية، لكنها تفرض نفسها بإلحاح شديد، فقد اعتدنا - لاسيما المعنيون منا بمسألة التنمية والتحدي الحضاري والتطلع نحو مستقبل أفضل لبلادنا - على أن يدور حديثنا حول مفاهيم كالأصالة والمعاصرة، والمنهج العقلي والمنهج العلمي، ونقل التكنولوجيا وتوطينها.. إلخ.

وفي الوقت الذي أصبحت فيه الدراسات المستقبلية ضرورة لا مفر منها للتنمية الحضارية؛ ظهرت خلال العقود الثلاثة الماضية أبحاث علمية مبنية أساساً على نماذج رياضية يعالجها الحاسوب، كان أولها وأشهرها النموذج الذي بنى عليه «نادي روما» تقريره الشهير «حدود النمو»، وأعقب ذلك ظهور نماذج أخرى عالمية يختلف بعضها عن بعض في المعالم والمتغيرات المستقلة والمسلم بها، أي الفروض النظرية التي حكمت وضع النموذج.

وتختلف الدراسات المستقبلية اختلافاً جوهرياً عن مفهوم البرنامج أو الخطة أو الاستراتيجية؛ فالدراسة المستقبلية ليست استهدافية ترمي إلى تحديد اتجاه أو فكر أو معتقد أو مجموعة محددة من الأهداف مسلم بها سلفاً، وهي لا تعد قراراً لأنها تطرح اختبارات مدروسة ومحسوبة على صناع القرار في مختلف المستويات، والقطاعات، فالدراسة المستقبلية تثمر مزيداً من وضوح التفكير والمعرفة يتيح لصناع القرار فرصاً أكبر للاختيار الرشيد مع بيان عائده وتكلفته على الأطراف المعنية.

> **الدراسات المستقبلية تثمر مزيداً من وضوح التفكير والمعرفة بما يتيح لصناع القرار فرصاً أكبر للاختيار الرشيد مع بيان عائده وتكلفته على الأطراف المعنية**

وقفة جادة

إن تأمل ظروفنا الراهنة يشير إلى أنها تستحق وقفة جادة ومعالجة هادئة، فمن المتفق عليه أن إحدى إشكاليات التراجع الحضاري والمادي في كل العصور، وما يحيط بهذا التراجع الحضاري من تراجع المنهج العقلي والعلمي، غياب «أنوار العقل» أو التعبير أو التفكير الواضح الذي يمكن أن تكون له تعريفات عديدة من أهمها الإدراك الواضح لأبعاد المسائل والمشكلات أو القضايا محل الاهتمام، ومن ثم القدرة على الصياغة الهادئة لكيفية مواجهة هذه المشكلات أو القضايا. والوضوح بهذا المعنى هو مقابل التشويش والاضطراب والتخبط في تحديد أبعاد المشكلة، ومن ثم العجز وعدم القدرة كنتيجة طبيعية لصياغة أفضل حلول لهذه المشكلة. والوضوح يعني القدرة على النفاذ إلى صلب المسائل وعزله عن المتغيرات الأخرى من دون تجاهل هذه المتغيرات أو تناسي تأثيرها. ومن الواضح أن هذه الآفة - أي غياب التفكير الواضح أو أنوار العقل - تصيب المجتمعات الأقل نمواً، كما تصيب المواطن في كل مكان،

> المستقبلية علم يهدف إلى توقع الأحداث المقبلة والاستعداد لها ومحاولة التأثير فيها وتطوير طرق أفضل للتفكير في أمور عالم الغد

وهي تصبح أشد خطورة إذا كانت الشعوب تحت تأثير ضغوط و أعباء متزايدة، فكلما ضاق الخناق على الناس نتيجة تزايد أعباء الحياة ضعفت قدرتهم على التفكير الواضح واكتنف عقولهم الغموض والاضطراب في التفكير. وكلنا يعرف أن عنصر الازدحام أو الاختناق المروري – كمثال – ليس عنصر الضغط الوحيد علينا وإنما هناك جملة من عوامل الضغط والتحديات التي تحكم على الناس، فتتشابك مع عوامل هيكلية أخرى في البيئة الاجتماعية والثقافية، لتنتج إفرازات عديدة من أهمها مسألة غياب التفكير الواضح. فالكل تقريباً يجري ويلهث وراء اعتبارات متعددة، وتتوه أهدافه ضمن هذه الحركة اللاهثة غير الواعية، ونظرة هادئة متأنية إلى ما يحيط بنا ستكشف بوضوح حجم هذه المعاناة.

مظاهر غياب التفكير الواضح

الحديث يمكن أن يمتد لساعات حول مظاهر غياب التفكير الواضح في حياتنا في كل المجالات، ولكي نكون واضحين أيضاً فإن هذه المظاهر تتشابك وتتداخل مع أبعاد أخرى كتراجع المنهج العقلي والعلمي، وغياب التخطيط.. إلخ. وتبدو المسألة كحلقة مفرغة؛ فكيف يمكن للمرء أن يتمكن من الإدراك العميق والواضح للعالم وما حوله، وهو يفكر تحت تأثير ضغوط مستمرة وتقاليد تتجاهل أسس التفكير العلمي والعملي لحساب اعتبارات أخرى، أهمها الاعتبارات الشخصية الضيقة، ومن ثم تجاهل المصلحة العامة في سبيل المصلحة الخاصة، معنى ذلك أننا أمام دائرة عبثية مؤلمة تستنزف الطاقات وتشتت الإدراك. ولعل القول بأهمية

الثقافة العلمية تبدأ من الطفولة

يجب أن تبدأ الثقافة العلمية مع الطفل، ويجب أن نحرض وسائل الإعلام بمختلف أشكالها على إحداث المناخ العلمي للطفل بحيث ينشأ محباً للموضوعات العلمية وقادراً على ممارسة التفكير العلمي، ومن ثم يستطيع مواجهة عالم الغد دون أن يصاب بصدمة المستقبل. لكننا حتى الوقت الحاضر غير قادرين على إمداد أطفالنا بالثقافة العلمية وفق المرحلة العمرية التي يمرون بها، بحيث تكون الصورة معبرة أكثر من الكلمات في مرحلة ما، في حين تشرح الكلمات البسيطة الموضوع العلمي في مرحلة أخرى، وهذا ما يطلق عليه «تبسيط العلوم»، أي تقريب النظريات العلمية بأسلوب بسيط مشوق للطفل، ومن ثم نبني الإطار الذي سيمكنه من فهم قضايا المستقبل والمشاركة فيها بفاعلية. إن مشاهدة البرامج التلفزيونية المخصصة للأطفال تبين بوضوح مدى «الإهمال» و«السطحية» و«عدم القدرة» على وضع فقرات علمية يستفيد منها أطفالنا، ولا أدري إلى متى يستمر هذا الاستخفاف بعقلية الطفل العربي وقد انقضى العقد الأول من القرن الحادي والعشرين؟ ولا أتصور عدم وجود مجلة علمية للطفل في الوطن العربي تشرح له الموضوعات العلمية بأسلوب بسيط وتعتمد على الصور الباهرة في جذب انتباه القارئ وحرصه على التعرف إلى الحقائق التي يتضمنها المقال العلمي، ومن ثم ينشأ الطفل محباً للعلم، لاسيما ونحن نعاني الميول «الأدبية» لمعظم شبابنا واتجاههم إلى الكليات النظرية التي تشهد تكدساً غير مسبوق.

التفكير الواضح لا يقل عن تجاهل حجم هذه المشكلة في أوضاعنا الراهنة، لكن في واقع الأمر فإن جانباً مهماً من الحلول أو التصورات الممكنة يسير جنباً إلى جنب مع كثير من الحلول واستراتيجيات الإصلاح والتنمية في الوطن، فإذا كانت تأثيرات الضغوط والتوترات من أهم سمات عالمنا المعاصر، وما يؤديان إليه من مؤثرات سلبية على قدرة الإنسان في التعامل والتفكير الواضح، وهي قدرة أساسية لا بديل لها كي يمكن التغلب على هذه الضغوط، فإننا نجد أن أحد أهم هذه الحلول يتمثل ببساطة في تعزيز الدراسات المستقبلية والنهج العلمي في كل تصرفات حياتنا بتأصيل الثقافة العلمية لدى الجميع.

الأمية العلمية.. ضعف واغتراب

لقد أصبحت دراسة المستقبل أمراً مصيرياً للدولة التي ترغب في أن تساير العصر وتحقق التقدم والرخاء لمواطنيها، فالمستقبلية علم يهدف إلى توقع الأحداث المقبلة والاستعداد لها ومحاولة التأثير فيها، و تطوير طرق أفضل

> العلم تنتظم حلقاته حول بعض الأفكار المحورية التي تشكل أعمدة يرتكز عليها البناء بكامله وهو إحدى وسائل مواجهة المستقبل

للتفكير في أمور عالم الغد، وفحص ودراسة الأساليب البديلة للتعامل مع مجموعة كبيرة من الظروف المستقبلية المتوقعة، ويجب ألا ننسى أننا جميعا نصيغ المستقبل بما نفعله أو بما نفشل في أن ننجزه في حياتنا اليومية. والمستقبلية بالمعنى العام هي دراسة وتوقع وتأمل وارتياد وبحث لأحداث الغد المتوقعة، وهي كانت دائماً محوراً رئيسياً للأحوال الإنسانية، فبقاء الإنسان نفسه يعتمد إلى حد كبير جداً على قدراته الواعية على تنظيم الأحداث الحالية في ضوء الخبرات السابقة والأهداف المستقبلية. ولقد تطورت المستقبلية بغية مواجهة التحديات التي سببتها التغيرات الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والعلمية، إضافة إلى ذلك فإن المنظومات المختلفة وفروع العلوم الداخلة في هذا المجال وتشمل الرياضيات وعلم الاجتماع وعلم الأحياء وعلم النفس والإدارة وغيرها، كانت لها مساهماتها المتعددة، وأظهرت المستقبلية قابليتها للتفاعل والاستجابة للبيئة الاجتماعية والثقافية التي إن لم تكن منبثقة عنها، فإنها على الأقل نشأت فيها، ومن ثم يمكن التنبؤ بالتطور اللاحق، والتغير السريع الذي نعيشه في الوقت الحاضر يعني أن المستقبل قد يكون مختلفاً أكثر بالنسبة لنا عما كان للأجيال التي سبقتنا من البشر، وسيبدو عالم المستقبل مكاناً غريباً ما لم نجهز أنفسنا له، ولكي يتحقق ذلك يجب أن نبحث عن أي بصيص أمل لما يمكن أن يحدث في السنوات المقبلة، ويجب أن تكون أنماط التقدم البديلة فيها قد درست بعناية أكبر قبل اتخاذ قرار الاختيار.

إن المستقبل يحدق فينا، وهذا ما يحدث حقيقة، بحيث إن ما كان يعتبر من قبل "بعيد المدى" أصبح "قصير المدى"، لدرجة أن سرعة التغير تبدو كأنها تضغط السنوات إلى شهور وأيام.

الثقافة العلمية

إن الثقافة العلمية ببساطة هي المعرفة التي نحتاج إليها لكي نفهم العالم من حولنا، إنها خليط من الحقائق والمفردات والأفكار العلمية، وهي ليست الأمور التي يتخصص فيها الخبراء، ولكن المعلومات الأكثر عمومية. فالهندسة الوراثية والموصلات الفائقة والجسيمات دون الذرية والمواد الذكية وغيرها مما تجود به الأبحاث العلمية الحديثة أصبحت تحتل عناوين بارزة في الصحف اليومية، وهي موضوعات مهمة ومثيرة وتتناول القضايا التي تؤثر على حياتنا، إضافة إلى التحديات التي تهدد كوكبنا مثل التلوث وتأثير الاحتباس الحراري واحتمال اصطدام مذنبات أو كويكبات بكوكب الأرض.

في الوقت الحاضر أصبحت قدرتنا على فهم هذه القضايا لا تقل أهمية عن قدرتنا على القراءة، وإذا أمكننا التعامل مع

> الثقافة العلمية هي المعرفة التي نحتاج إليها لفهم العالم وهي خليط من الحقائق والمفردات والأفكار وليست الأمور التي يتخصص فيها الخبراء لكن المعلومات الأكثر عمومية

الأخبار حول العلم بالطريقة نفسها التي نتعامل بها مع كل شيء آخر يبلغ علمنا أو يصل مسامعنا، فإننا نكون مثقفين علمياً. إن «الأمية العلمية» تجعل الإنسان يشعر بالاغتراب والضعف عندما لا يكون قادراً على تفسير بعض الموضوعات العلمية، إذ كيف يأمل أي شخص في تقدير الخيوط الكامنة العميقة للحياة الفكرية في عصره من دون أن يفهم العلم الذي يتناسب معها؟ والعلم تنتظم حلقاته حول بعض الأفكار المحورية التي تشكل أعمدة يرتكز عليها البناء بكامله، وهو إحدى وسائل مواجهة المستقبل.

هل من نهضة بعد الكبوة؟

إننا نعيش عصر المعرفة وانفجار المعلومات حيث ينحو العالم، وبخاصة الدول المتقدمة، نحو وحدة المعرفة Unity of Knowledge إذ ينبغي الربط بين العلوم التطبيقية والرياضية والإنسانية، فيما يعرف باسم العلوم البينية Interdisciplinary Sciences بدلاً من اعتبار كل علم أو مجال وحدة منفصلة، وهو نوع من المفهوم المتكامل للعلوم والثقافة العلمية تتطلبه طبيعة العصر الكوني أو العولمي الذي نعيشه. وكما يتضح من المصطلح الأجنبي فإن المعنى ينصرف إلى تداخل أومشاركة بين علوم قائمة بالفعل؛ أي إن العلم البيني المتداخل ليس بحال ولا يمكن أن يكون علماً تأسيسياً ينشأ مستقبلاً منذ البداية، ولو عدنا إلى تاريخ تطور العلوم لوجدناها تكاد تتخذ مساراً حلزونياً صاعداً يستوقف النظر - من الاندماج إلى الانفصال إلى التكامل - فقد نشأت العلوم جميعاً في رحم الفلسفة، لذا سميت الفلسفة بأم العلوم، ولم يكن ممكناً خلال تلك البداية الجنينية القديمة أن نتبين حدوداً بين علم وآخر. لقد كانت تلك العلوم الجنينية متداخلة إلى حد يستحيل

طرق التنبؤ بالمستقبل

هناك عدة طرق للتنبؤ بالمستقبل منها التنبؤات التفسيرية المتعلقة بالمستقبل الممكن والمقبول التي تبدأ بالأحداث والظروف الراهنة، وتعالج أي بيان تاريخي ذي علاقة بالموضوع، ثم تطرح النتائج البديلة المحتملة للأحداث والظروف المستقبلية، أما التنبؤات المعيارية فتتعلق بإنجاز وتحقيق أحداث وظروف مفضلة مطلوبة في المستقبل. وهناك أيضاً التنبؤات الاستقرارية للاتجاهات التي تفترض أن الأحداث أو التطورات التي حدثت في الماضي ستستمر في المستقبل، أما تنبؤات دلفي فتشتمل على توقعات مستقبلية للخبراء في مجال معين. وكتابة السيناريو أسلوب شائع لتجسيد تصوير الأحوال المستقبلية الممكنة.

ونحن نتساءل: ألم يكن ممكناً أن ندبر أمورنا بشكل أكثر فعالية؟ وذلك في الوقت الذي يبدو فيه أننا فقدنا التوجهات والتصورات الموحية بالمستقبل، إذ بدأت تؤثر فينا التصرفات الفردية والجماعية التي تحدث في بيئتنا إلى مدى أكبر مما كان يحدث من قبل، وأصبحنا نبحث عن وسائل مواجهة المستقبل، فلماذا لا نأخذ الثقافة العلمية كمثال لإحدى هذه الوسائل؟

معه تمايزها، ولم يكن وارداً بطبيعة الحال أن ننظر إليها باعتبار أنها علوم بينية/متداخلة بالمفهوم الذي نعرفه اليوم، ومع تطور حاجات البشر أخذت العلوم تستقل الواحد تلو الآخر عن الفلسفة. على أن الأمر المهم هنا الذي تفتقده الخبرة العربية هو ارتباط العلم كنسق خاص للمعرفة بالنسق العام الفلسفي والاجتماعي لها في اتجاه متنام حتى دار الأخير في فلك الأول، مما أسس لعلاقة وثيقة قوامها التداخل المعرفي بين العلم والأيديولوجيا في الثقافات الحية المدققة، إذ جعل لهما أرضية مشتركة هي الواقع التاريخي الذي يسعيان أصلاً إلى تفسيره، وبهذا المعنى تحركت الأيديولوجيات – الحقيقية لا الوهمية – تجاه المعرفة العلمية حتى خضعت لسلطانها وأخذت تدير الجدل معها من داخلها لأنها استندت في هذا الجدل إلى نموذج المقياس العلمي التاريخي.

الخصوصية العلمية

ويبقى السؤال الأهم: كيف نبني الخصوصية العلمية العربية؟

في تصوري أن الخصوصية العلمية هي تلك التي تتضمن فضلا عن النسبية الثقافية قدرة الفعل التاريخي مع تحقيق التوازن بينهما، كما أتصور أن بلوغ هذه الخصوصية

> كلما ضاق الخناق على الناس نتيجة تزايد أعباء الحياة والزحام ضعفت قدرتهم على التفكير الواضح واكتنف عقولهم الغموض والاضطراب في التفكير

في الحياة الثقافية العربية يستلزم عدداً من الشروط أهمها:

أولاً: تجميد صيغة «الأصالة – المعاصرة» التي حملت لواء التعبير عن الخصوصية طوال القرن الماضي، ليس فقط لأنها حُمِّلت «عنوة» بتراث ميتافيزيقي كبير غطى معالمها وأحال مفرداتها «لخيال أسطوري»، ولكن أيضاً لأنها تقوم في مبناها على علاقة سلبية بالزمن، تجعل منه أو تتصوره مضاداً للأصالة ونقيضاً «للهوية» التي لا تجد تجسيدها الكامل والفاعل إلا في تلك اللحظة عند «بداية التاريخ»، وبالتالي فإنّ حركتها تجاه اللحظة «الراهنة» لم تكن سوى معول هدم لفاعلية وتحقق هذه الهوية، وعندئذ فالماضي بالضرورة هو الأنبل، أما المستقبل فمملوء بالأخطار والشكوك!

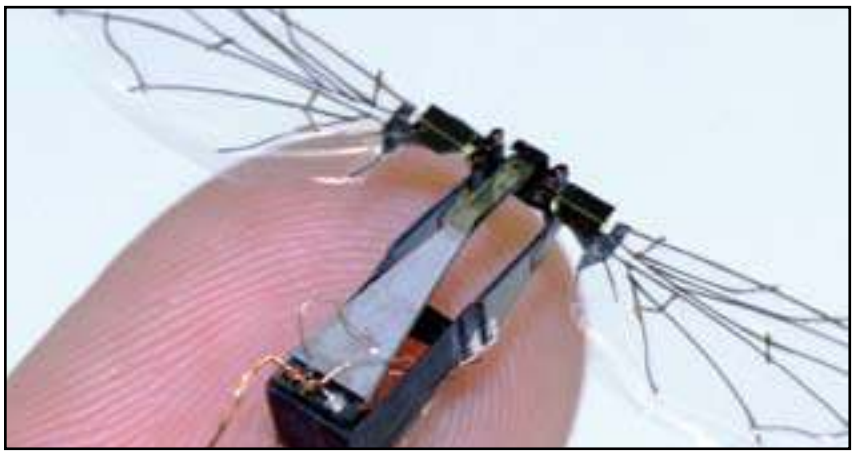
ثانياً: اعتماد صيغة بديلة لها تقوم على علاقة الثقافة العلمية بالواقع، وهي الخصوصية الكونية، في تصوري أن هذه الصيغة هي الأنسب لطرح الشكل الثقافي للحوار العام؛ لأنها توفر عدة مزايا هي:

- أنها لا تقوم على تناقض مبدئي مع التاريخ، ولكنها تؤسس على تمايز نسبي في إطار الواقع، والمقدس لديها ليس «الماضي» ولكن «الهوية». وهو أمر مشروع تماماً، لأن الهدف يصبح تأكيد الخاص بعيداً عن تجميد التاريخ. فالخصوصية هنا ليست أصالة الماضي، ولكنها أصالة القيم المستمرة في التاريخ حفظاً للذات، أما الكونية فهي قمة تداعي المعاصرة لتأسيس بنية تحتية قادرة من خلال العلم على استحضار العالم كمتصل لا كمتجانس في سبيلها للإحاطة به دون قدرة غالباً على دمج أطرافه في داخله، بغض النظر عن أي دعوى تكذبها ممارسات الكونية نفسها.
- إن عملية الفرز بين مقومات الخصوصية الكونية تبدو أسهل كثيراً منها بين الأصالة المعاصرة، على الرغم من وحدة المشكلة عملياً، لأنها من ناحية تدور في فلك حقبة تاريخية شاخصة

أمامنا وتدور على أرضية نموذج قياسي علمي نعيشه، لذا فإن هناك إمكانية لحضور التاريخ في لحظته والعلم في نموذجه عند تصور بناء خصوصية تغدو في هذا السياق نسقاً معاشاً مجسداً في حياة الجماعة القائمة بالفرز، لا في حياة أسلفها القدماء، فهم أقدر على الإحاطة بمقوماتها وأهدافها المستخلصة من واقعهم.

- أن التأسيس الجديد للهوية عبر صيغة «الخصوصية – الكونية» بما يتضمنه ذلك من علاقة الثقافة العلمية بالواقع سيتيح فرصة ذهبية لتجاوز نسبي للانقسام الآخر الأفقي والأشد وطأة بين ثقافة النخبة وثقافة المجتمع، مما يساعد على زيادة تجانسها كضرورة لأي مشروع يحتاج إلى تعبئة اجتماعية قادرة على حفز جهود الجميع من أجل إيجاده. وبإيجاز فإن الإمكانية المتزايدة لتجاوز هذا الانقسام الأفقي سيتيحها انتقال مشكلة التجدد الثقافي من كونها أحلاماً تحلق في ذهنيات نخبة التجديد نفسها أو النخبة المثقفة على أفضل الأحوال، لتصبح أيديولوجيا قطاع كبير من الجماعة العربية، وذلك من خلال تعددية القضايا المتولدة يومياً من الواقع المعاش التي يمكنها تغذية الجدل بين الثقافة والمجتمع، مع ما يمكن إثارته من نقاش حولها يلفت نظر ويشد انتباه ذلك القطاع من المؤثرين والمتأثرين بهذه القضايا، والتي نذكر منها على سبيل المثال قضية الانفجار المعلوماتي برموزها، مثل الشبكة العنكبوتية وقضايا البيولوجيا كالاستنساخ البشري. وهي تعد فرصة متميزة لإقامة حوار حول ماهية «الخاص» الذي يعد سياجاً للهوية الوطنية – الدينية لا يمكن تجاوزه، وما هو عام كوني أو عولمي يتسم بالحيادية القيمية يمكن التعامل معه استثماراً وتفاعلاً مع العلم و الطبيعة.

> يجب أن تبدأ الثقافة العلمية مع الطفل وتحريض وسائل الإعلام على خلق مناخ علمي للطفل بحيث ينشأ محباً للموضوعات العلمية وقادراً على ممارسة التفكير العلمي



الإيمان بالعلم

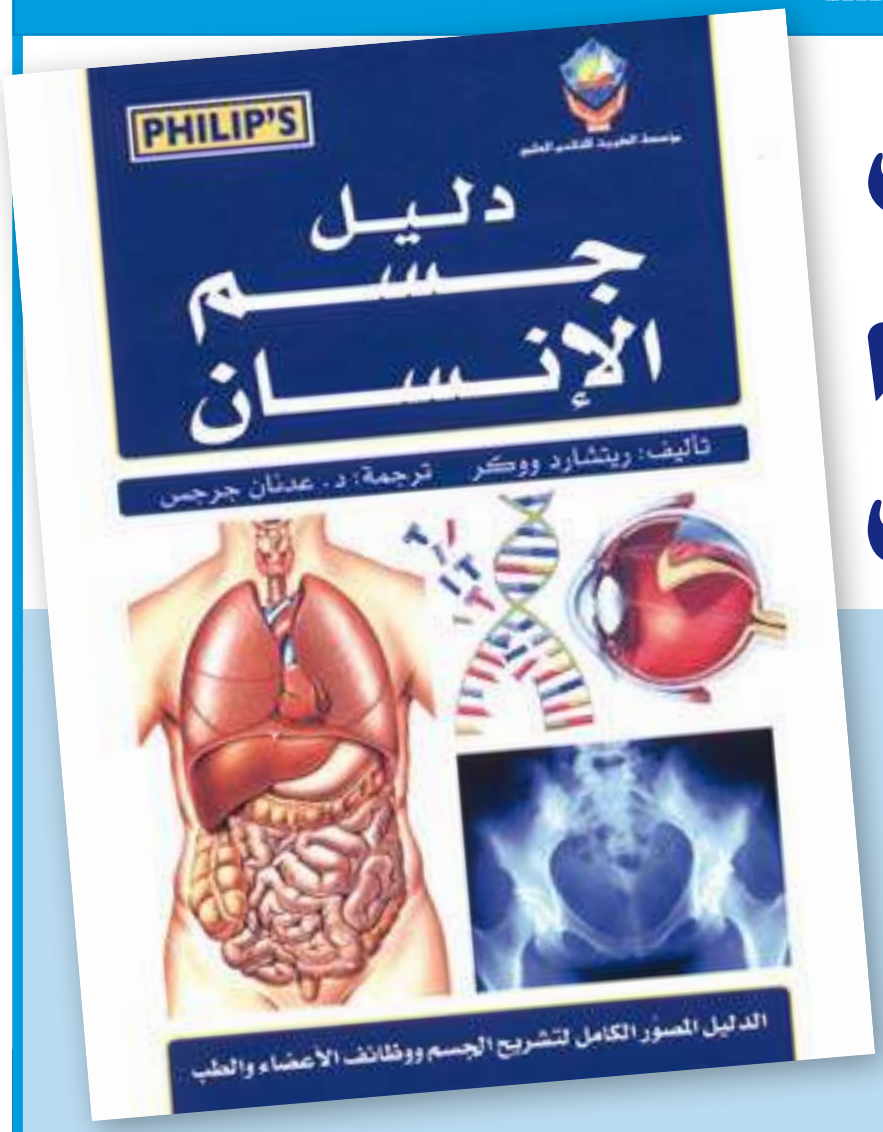
إن المجتمع العربي بحاجة إلى الإيمان بالعلم كوسيلة مهمة في تحقيق أهدافه وحل مشكلاته، فانتشار الوعي بإمكانات العلم يدفع ويساند التطور العلمي المنشود، وقد يكون إعطاء اهتمام أكبر بتدريس العلوم في المراحل الأساسية والجامعية، وكذلك عقد الندوات والمحاضرات العامة بغرض تثقيف الجماهير علمياً، إحدى الوسائل المتعددة لتوفير هذا المناخ الثقافي العلمي، كما أنّ مجتمعنا العربي في حاجة إلى دعم الاتجاهات العلمية وتخليص تراثنا الثقافي والعلمي من بعض الرواسب التي لا تمت لثقافتنا العربية الأصيلة بصلة، وبالتالي فإنها تعوق تقدمنا العلمي، وقد يكون من المفيد أن تتجه أساليب تدريس العلوم من الناحية التلقينية إلى تعليم التلاميذ أسلوب التفكير العلمي كأسلوب حياة، كما أنّ الإعلام العربي له دوره المهم في إحاطة المواطن العربي ببيئة ثقافية علمية مناسبة لنمو هذا الاتجاه، وكذلك فإنّ الربط بين العلوم الطبيعية والإنسانية سيدعم القيمة الاجتماعية التي ستدفع إلى استخدام العلم استخداماً سليماً.

فهل لنا من نهضة بعد هذه الكبوة؟ نهضة قائمة على ثقافة علمية ودراسات مستقبلية أساسها العلم والتكنولوجيا؟

إنها طريقنا لمواجهة تحديات المستقبل وسط عالم مادي لا يرحم، فإما أن نكون أو لانكون. ■

من إصدارات المؤسسة

دليل جسم الإنسان



يعتبر هذا الإصدار الجديد دليلاً مصوراً لجسم الإنسان، ومرجعاً أساسياً في أي منزل، ومنهجاً تأسيسياً للطلبة والمختصين في مجال الصحة كالممرضين والمسعفين.

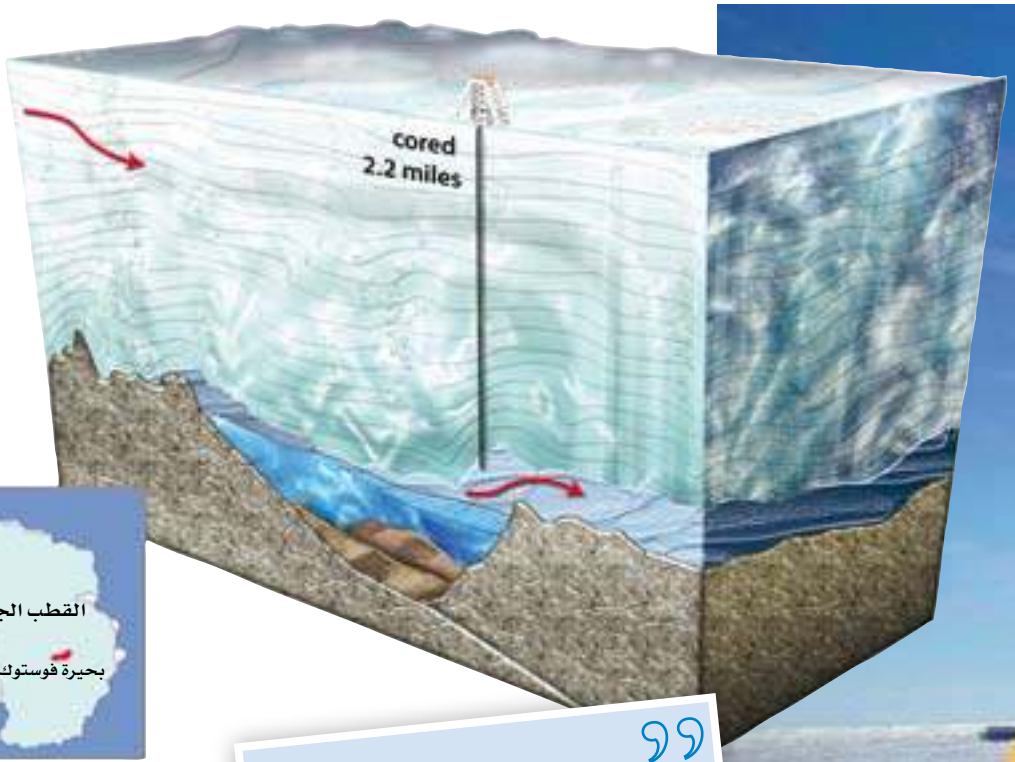
ويتضمن الكتاب قسمين: يحتوي الأول على دليل مصور لتشريح جسم الإنسان ووظائف الأعضاء، ويضم الآخر موسوعة طبية موجزة من الألف إلى الياء، تشمل ما يزيد على 600 مدخل لوصف وتعريف الحالات الطبية وعناصر البيولوجيا البشرية.

بحيرة فوستوك .. مستودع أُسرار العالم المفقود تحت طبقات الجليد

حسني عبد الحافظ *

اعتبر كثير من العُلماء الوصول إلى بحيرة فوستوك الجليدية إنجازاً كبيراً، لا يقل أهمية عن إنجاز الهبوط الأوَّل على سطح القمر، فهي بُحيرة ليست كغيرها من البحيرات؛ إذ تقع على عُمق يبلغ نحو 3700 متر، تحت طبقة الجليد الكثيفة، في القارة القطبية الجنوبية (إنتارتيكا)، وظلَّت معزولة تماماً عن العالم الخارجي ملايين السنين، واكتشفت في عام 1996 عن طريق الرصد بالأقمار الصنعية، ومجسات الاستشعار، ورادارات المسح الاسترجاعي للضوء. ومُنذ أشهر عدة، أمكن اختراق الكُتلة الجليدية السميكة، التي تغطِّي سطح البحيرة، ومن ثم الولوج إلى العالم البكر المُظلم. إنها بحيرة فوستوك VOSTOK، مستودع أسرار العالم المفقود مُنذ نحو 20 مليون سنة.

* باحث وكاتب صحافي، (مصر).



ووفق بيانات الرصد، فإن طول بحيرة فوستوك يبلغ نحو 250 كيلومتراً وعرضها نحو 50 كيلومتراً.

وكلمة (فوستوك) في اللغة الروسية تعني «الشرق»، وقد سميت بذلك كونها تقع شرق القارة القطبية الجنوبية، وأيضاً لكونها تقع تحت محطة الأبحاث الروسية (فوستوك).

وعلى الرغم من أن جو المنطقة سُجِّل فيه أبرد درجات الحرارة على كوكب الأرض، إذ بلغت 89.2 درجة مئوية تحت الصفر. وعلى الرغم من وجود كُتلة جليدية كثيفة دائمة فوق سطحها، وتدنِّي درجة حرارة مياه البحيرة إلى ما دون ثلاث درجات تحت الصفر، فإن هذه المياه تظل مُحتفظة بحالة السيولة. وفي تفسيرهما لذلك يقول كُل من العالمين الروسيين إيغور زاتيكوف، وأندريه كابيتسي: «إن الطبقة الجليدية العُليا، تؤدي دور (التُرمُس) الذي يحفظ الحرارة في الداخل، وإن حرارة باطن الأرض تُسخِّن الجليد، وهذا ما يُشكِّل البحيرة تحت طبقة الجليد السميكة، ويجعل المياه سائلة».

> البحيرة منحوتة بطبقة جليدية مُنذ نحو 20 مليون سنة وهو ما يجعلها كنزاً ثميناً للباحثين يعوِّلون عليه كثيراً في أبحاثهم المُتعلِّقة بمجالات مناخية وإحيائية وجيولوجية ونحوها

عمليات الحفر

عقب اكتشافها، بدأت عمليات التخطيط لاختراق الطبقة الجليدية التي تغطيها، وكان الاتجاه إلى استخدام مُعدَّات حفر ذات تقنيات مُتقدِّمة، للتعامل بحذر مع البيئة البكر، والحفاظ على سلامتها، لاسيما بعد تزايد الاحتجاجات من المُنظَّمات المُدافعة عن البيئة. وكان فليري لوكين رئيس البعثة الروسية في القطب الجنوبي قد قال إنه تم «تطوير مُعدَّات جديدة للحفر، من قِبل باحثين في معهد سانت بطرسبورغ للفيزياء النووية، ومن شأن هذه المُعدَّات ضمان عدم تلويث المنطقة في دائرة الحفر المستهدفة». وطمأن الدول الأخرى الموقعَّة على مُعاهدة القطب الجنوبي، إلى أن عمليات الحفر لن تؤثر على البحيرة، بحجة أنَّه عند الاختراق ستندفع المياه في البئر، وتتجمد، مما يدفع السوائل الكيميائية خارج البحيرة، ويختمها. وحتى الخامس من فبراير 2011، أمكن الحفر حتى عمق 3720 متراً (نحو 12200 قدم)، ثم توقَّف الحفر لنحو 10 أشهر، واستؤنف بعد ذلك حتى صار الوصول إلى سطح البحيرة قاب قوسين أو أدنى.

واستُخدمت في عمليات الحفر بالمرحلة الأخيرة ما يُعرف بتقنيات الحفر الحراري النظيف، التي يُعوَّل فيها على زيت السيليكون السائل، وشارك فيها عُلماء من روسيا وفرنسا والولايات المتحدة.

وبأخذ العيِّنات عند هذا العمق وبالفحص الدقيق لها؛ تبين أن البحيرة منحوتة بطبقة جليدية، مُنذ نحو 20 مليون سنة، مما يجعلها كنزاً ثميناً للباحثين والعلماء، سيعولون عليه كثيراً في أبحاثهم المُتعلِّقة بمجالات عدة، مناخية وإحيائية وجيولوجية ونحوها.

ولحرصهم على الوصول إلى سطح البحيرة دون أدنى معدل لتلوث مياهها، تركوا الطبقة الجليدية المُتبقِّية، التي لا تتجاوز سماكتها عشرات الأمتار، ولما أيقنوا أن وسائل الحفر التي ستُستخدَم في المرحلة الأخيرة، لن تؤثر في مياه البحيرة، بدأوا في ثقب الطبقة الشفافة من الجليد، إلى أن وصلوا للمياه.

وفي الخامس من فبراير 2012، نجح فريق العمل في رفع آلة الحفر، التي احتفظت بعينة من مياه البحيرة، تُقدَّر بنحو 35 متراً، وبحسب الوكالة الفيدرالية للأنواء الجويَّة والبيئية، في وزارة الموارد الطبيعية الروسية، فإنَّ هذه العيِّنة لم تصمد بحالتها السائلة أثناء الرفع، حيث تجمَّدت، وسُرعان ما نُقلت إلى وعاء مختبري مُعقَّم، لإجراء المزيد من الفحص والتحليل لها.

> اكتشفت عام 1996 عن طريق الرصد بالأقمار الصناعية ثم أمكن اختراق الكُتلة الجليدية السميكة التي تغطي سطح البحيرة و الولوج إلى العالم البكر المُظلم

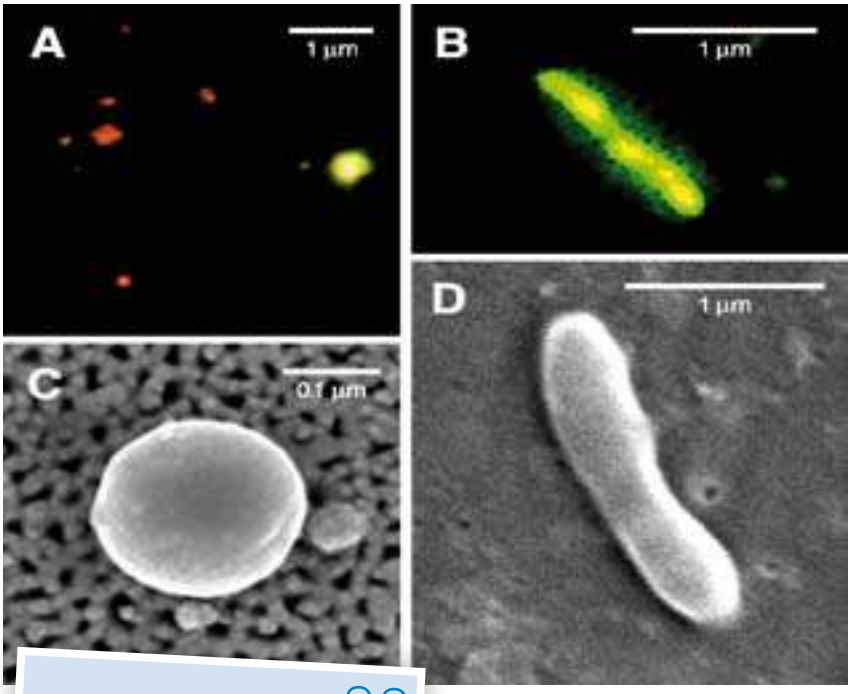
أشكال من الحياة

وكانت البيانات الأوَّلية أظهرت أن بحيرة فوستوك، التي يُقدَّر عُمق مياهها بنحو 1000 متر، تحوي أنواعاً كثيرة من أشكال الحياة، وهذا يُعد شيئاً مُذهلاً، لاسيما أن العُزلة عن البيئة الخارجية (الجوية)، دامت ملايين السنين. وأمكن العثور على نوع غير معروف من البكتيريا، يرى العُلماء أنه «كنز استراتيجي" لمعرفة بعض أسرار وخفايا الحياة على كوكب الأرض قبل العصر الجليدي.

ويُشير سان يكوغن إلى أن هذا الاكتشاف «سيُساهم في توفير الكثير من المعرفة حول الأحياء وتطوُّر الحياة في الظروف القاسية، وكذا الدراسة العلمية للتطوُّر الجيولوجي للمنطقة القطبية الجنوبية، إلى ما بعد فترة تجلُّدها».

ويُضيف فاليري لوكين: «حققنا اكتشافات كبيرة من خلال دراسة العيِّنات التي تم الحصول عليها خلال عمليات الحفر، في جليد القطب الجنوبي، فقد حصلنا على الحمض النووي للبكتيريا التي تعيش في الينابيع الساخنة، ووجودها في الجليد السميك، قد يكون مؤشراً على وجود نشاط الطاقة الحرارية الأرضية، في قاع بحيرة فوستوك. إنَّ تجاربنا وأبحاثنا يُمكن أن نستخدمها على مادة شاملة تساعدنا على تنفيذ تجارب فضائية، للبحث عن الحياة في كواكب المجموعة الشمسية».

وكان فريق بحثي يترأسه سيرغي بولات الأستاذ في مختبر الجينات بمعهد سانت بيتر سبرغ للفيزياء النووية، قد أشار إلى احتمال أن تكون تلك المُسطَّحات المائية المعزولة، هي بيئات لأشكال من الحياة البكتيرية لم يشهدها العلم من ذي قبل، فبعد أن نحَّوا كُل العوامل المُمكنة لحدوث تلوث، وجدوا أنَّ الحمض النووي لم يتعرض لأي نوع من الأنواع المعروفة لديهم في قائمة البيانات، وهم يطلقون على هذا النوع من الحياة نوعاً غير مُصنف، وغير معروف بعد، لقد جرى تسليط الاهتمام على نوع معين من البكتيريا، التي لم يتعد حمضها النووي نسبة 86%، مقارنة بأشكال



الحياة الأخرى التي كانت موجودة من قبل، إن بلوغ مستوى 90%، عادة يعني أن ذلك الكائن غير معروف.

وكان بعض العُلماء المُشاركين في فحص وتحليل العينات الأولية من البحيرة، قد أكَّدوا أن مسألة البحث عن مظاهر الحياة في بحيرة فوستوك، شبيهة بعمليات البحث عن الحياة على الكواكب الأخرى في المنظومة الشمسية. ووفق تقرير علمي مُشترك ساهم في وضعه عُلماء من روسيا وفرنسا والولايات المتحدة الأمريكية، فإن البحيرة تمتلك موائل فريدة من نوعها للبكتيريا extremophile القديمة، وأنه يُمكن عزل الجينات الجرثومية، التي تحتوي على الخصائص المُتقادمة، رُبما مُنذ ما يزيد عن مليون سنة مضت.

وذكر التقرير أن البيانات الأولية تُشير إلى أن مياه البحيرة تحتوي على تركيزات من الأنزيمات المؤكسدة في بيئة يسودها الظلام الدامس، وأنه ربما تكون الكائنات الحيَّة التي تعيش في البحيرة قد تطوَّرت بطريقة فريدة من نوعها، وفق الظروف البيئية السائدة، والتي تتشابه إلى حد كبير مع بيئة القمر يوروبا (أحد أقمار كوكب المشتري)، وكذا بيئة القمر إنسيلادوس (أحد أقمار كوكب زحل)، وهذا يُعزز إمكانية العثور على مياه في هذين القمرين. وحديثاً ظهرت فرضية جديدة للعالم جون بريسكو من جامعة بوزمان، مفادها: أن بحيرة فوستوك تحتوي على كميَّة من الأكسجين تساوي عشرة أضعاف ما هو موجود في البحيرات الأُخرى تحت الجليد في منطقة (داري فالي) بالقطب الجنوبي، وهذا يعني أن البحيرة ليس فيها شكل واحد من الحياة، وإنما تعج بأشكال مُتباينة من الحياة البدائية، كما أن قاع البحيرة يُمكن أن يحتوي على عضويات غير هوائية.

> **البحيرة والقشرة الجليدية التي تغطيها توفِّران سِجلاً مناخياً للعصور السحيقة من خلال دراسة وتحليل العناصر والنظائر المُشعَّة في مياهها وقشرتها الجليدية**

سجلات مناخية

ويتفق عدد من عُلماء البيئة على أن البحيرة، والقشرة الجليدية التي تغطيها، توفِّران سِجلاً مناخياً للعصور السحيقة، وذلك من خلال دراسة وتحليل العناصر والنظائر المُشعَّة في مياه البحيرة والقشرة الجليدية.

ويشير غيرمان ليتشينكوف الباحث المُتخصص في موارد أنتاركتيكا بالمعهد الروسي للأبحاث العلمية، إلى أن الغوص في مياه البحيرة، والوصول إلى قاعها سيُحقق فوائد لا حدود لها لمعرفة أسرار المناخ، ليس فقط في نطاق القارة القطبية الجنوبية، بل العالم قاطبة، ويُمكن أن نعوِّل عليها في الدراسات الخاصة بتكوين طبقات الغلاف الجوي، وكيفية تطورها خلال ملايين السنين، والوقوف على الأسباب الحقيقية للتحوُّلات المناخية، ومدى تأثيرها في حالات الانقراض المُتعاقبة للكثير من الكائنات.

إن ما تحتفظ به بحيرة فوستوك من أسرار، يُمكن أن يغير العديد من الفرضيات والنظريات العلمية، لاسيما فيما يتعلَّق بتغيُّر المناخ والانقراض وتطوُّر الحياة على كوكب الأرض. وكان طاقم تلفزيوني من كاليفورنيا رافق فريقاً للإنقاذ البحري، مُكلَّفاً بمهمة في القارة القطبية الجنوبية، صوَّر نتوءات جليدية غامضة، في الناحية الغربية من بحيرة فوستوك. وأشار مُتحدث باسم البحرية الأمريكية إلى أن حكومة بلاده «تسعى إلى منع بث شريط الفيديو، الذي أثار كثيراً من الجدل العلمي»!! لكن رئيس الشركة المالكة للتلفزيون قال إن ملكيَّة الفيديو تعود للشركة ومن حقها بثه حينما تريد.

وقد خضع الفيديو الغامض والمُثير للجدل للفحص من قبل فريق بحثي في المؤسسة الوطنية للعلوم بواشنطن، بمُشاركة اثنين من ضباط البحرية الأمريكية، وخرج الفريق بتقرير يفيد بأن المنطقة التي صوِّرت تقع بالقُرب من بحيرة فوستوك، وربما تكون منطقة حفريات أثرية ضخمة مُمتدة إلى عشرات الكيلومترات تحت طبقات الجليد. وإذا كان الأمر كذلك فإن كثيراً من الأسئلة ستثار حول علاقة بحيرة فوستوك بهذه الحفريات، وهل كان ثمة حضارة تقوم على ضفاف هذه البحيرة، في العصور القديمة..؟! ■

قضية لا تزال معلقة بين العلماء والباحثين

السجائر الإلكترونية بين الفوائد والأضرار

د. سناء الصادق *

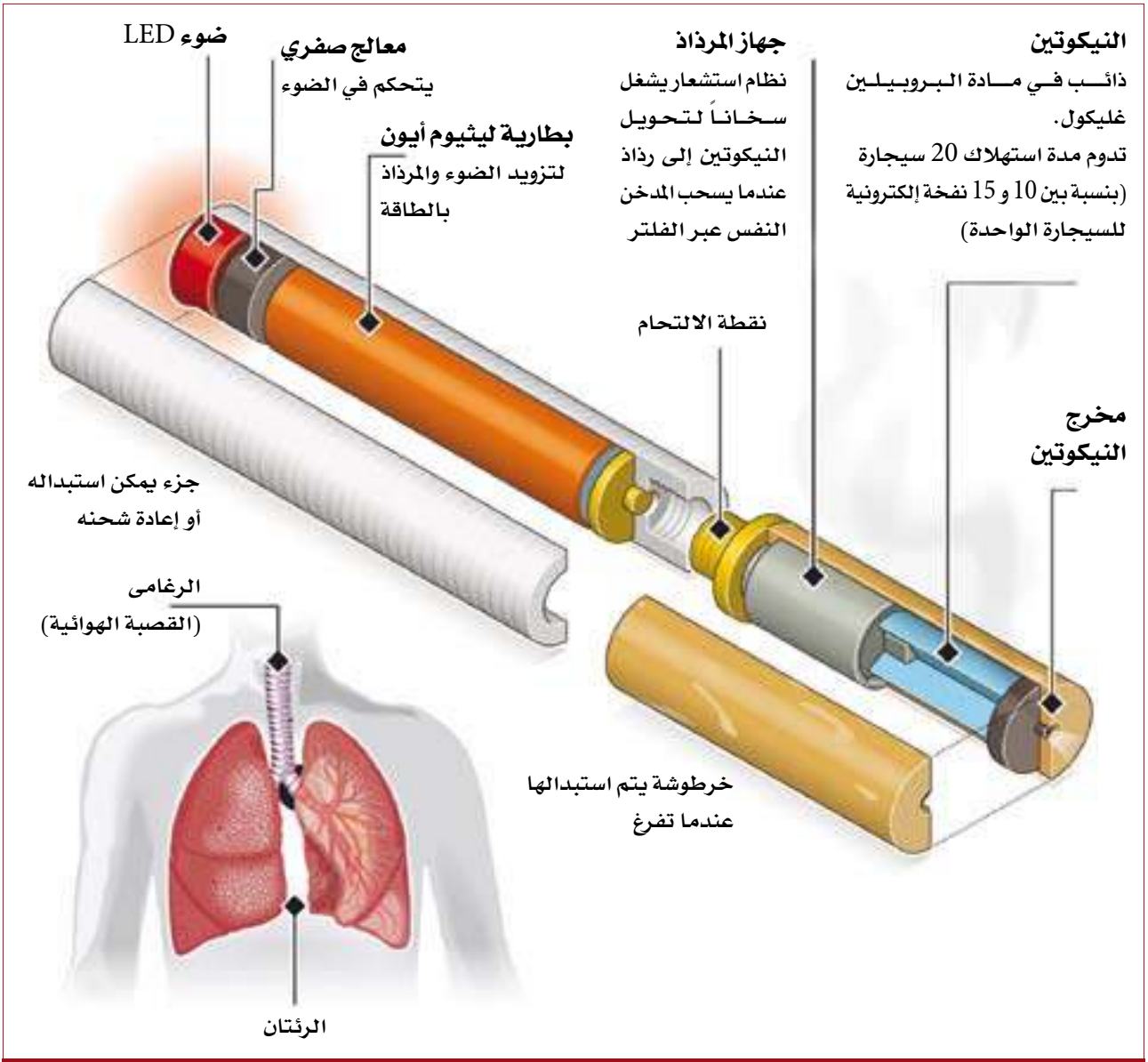
لا يختلف اثنان في الاعتراف بأضرار التدخين على صحة المدخن وصحة من يُجالسه، فالتدخين قاتل لكن ببطء فضلاً عن أضراره الاقتصادية والاجتماعية والنفسية.

وطرحت في الأسواق في الفترة الأخيرة سجائر إلكترونية باعتبارها بديلاً من السجائر التقليدية، فهل يمكن الاستغناء عن السجائر التقليدية واستبدالها بشبيهة لها أكثر ثقلاً، ذات فلاتر غير رقيقة؟ وهل يمكن التدخين من دون اشتعال أو احتراق ليكون الأمر مقبولاً وتنتهي عبارات التحذير أو المنع من التدخين في كل الأمكنة؟

وقد شهدت الأسواق منذ اكتشاف أضرار التبغ بدائل كثيرة من أجل المساعدة على الإقلاع عن التدخين، مثل مضغ العلكة ولصقة النيكوتين. وحالياً طرحت أحدث هذه البدائل وهي السجائر الإلكترونية التي تشهد إقبالاً كبيراً في كثير من الدول، فكيف تعمل هذه السيجارة؟ و ما أضرارها؟

ينتج عن احتراق التبغ نحو أربعة آلاف مركب كيميائي يتم استنشاقها. مئات من هذه المركبات الكيميائية سامة جداً، و50 منها مسببة للسرطان. لكن المدخنين يقولون إن التدخين متعة، ولا يريدون الإقلاع عنه على الرغم من أخطاره. وفي هذه الأثناء يزداد عدد المدخنين

* باحثة وكاتبة سورية مقيمة في مصر.



آلية عمل السيجارة الإلكترونية

الذين يُقبلون على شراء السيجارة الإلكترونية، وهي قطعة من البلاستيك على شكل سيجارة في الشكل والحجم مكونة من ثلاثة أجزاء: بطارية يمكن إعادة شحنها، وخرطوشة صغيرة قابلة للاستبدال يوضع فيها السائل، ومبخر يعمل بالكهرباء ويخرج منه البخار.

وفي حال السحب «الشفط» من السيجارة الإلكترونية، يضيء في مقدمتها مصباح صغير أحمر بدلاً من الجمرة. وعندها يتبخر جزء من السائل الموجود فى الخرطوشة المملوءة بالنيكوتين بدرجات مختلفة من التركيز - الذائب في محلول البروبيلين غليكول، وهو المركب نفسه الذي يستخدم في آلات صنع الدخان الصنعي - إلى الفلتر المتصل بها، ويخرج من الفم سحب صغيرة بدلاً من دخان السيجارة العادية. هذا السائل يتكون من ماء و بروبيلين غليكول (المسؤول عن الضباب) ولكي يشعر مدخن السيجارة الإلكترونية وكأنه يدخن سيجارة عادية، فقد تم إضافة نكهة يصعب تمييزها عن نكهة سيجارة التبغ. وهناك أنواع من النكهات مثل النعناع و الشوكولاته والفانيليا.

غريبة لكنها مفيدة

وعلى الرغم من غرابة هذه السيجارة فإن لها - كما يقول منتجوها - فوائد جمة؛ إذ إنها أقل ضرراً من سيجارة التبغ. فعلى الأقل يستنشق مدخن السيجارة الإلكترونية بخار النيكوتين والنكهات بدلاً من استنشاق الدخان المسبب للسرطان الناجم عن احتراق التبغ، مثل النيتروزامينات والبنزين والمعادن الثقيلة والفورمالدهايد وسيانيد الهدروجين.

لكن النيكوتين سام أيضاً، وهذا السائل الزيتي العديم اللون هو شكل من أشكال مخدرات الأعصاب، فإضافة إلى كون النيكوتين يساعد على الإدمان، فإن 50 ملغ منه كافية لقتل إنسان بالغ. وهذه الكمية يدخنها المدخن في يوم واحد فقط. لكن الجسم - لحسن الحظ - لا يحتفظ بكل هذه الكمية، ويمكن لمدخن

السيجارة الإلكترونية التحكم في كمية النيكوتين، كما يمكن له الاستغناء عنه نهائياً.

يبلغ سعر السيجارة الإلكترونية حالياً نحو 50 يورو، وهذا ليس بالسعر القليل، لاسيما أن خرطوشة السائل تفرغ بسرعة، فهل ستساعد السيجارة الإلكترونية المدخنين على الإقلاع عن هذه العادة الضارة؟ من المبكر الإجابة عن هذا السؤال لعدم وجود دراسات علمية عن هذه السيجارة، لكن التدخين؛ سواء كان تقليدياً أو إلكترونياً فإنه ضار بالصحة.

جدل مستمر

منذ أن قدمت إحدى الشركات الصينية أوّل سيجارة إلكترونية في مايو 2004 والجدل مستمر حولها، ولاسيما بعد أن أعلنت الشركة المنتجة أنها باعت نحو 600 ألف سيجارة في نهاية عام 2011.

ويميل بعض الأشخاص إلى تصديق هذا الرقم على الرغم من عدم وجود إحصائيات دقيقة عن حجم المبيعات، خصوصاً بعدما قدم البرنامج التلفزيوني الشهير (الأطباء The Doctors) السيجارة الإلكترونية من بين الوسائل الصحية الأكثر شهرة في عام 2008.

> تحتوي السيجارة الإلكترونية سائلاً نقياً من النيكوتين دون أي إضافة مضرة بالصحة كتلك التي تحويها السجائر التقليدية كما يقول منتجوها

وعند تدخين السيجارة الإلكترونية فإنّ ضغط الشفط يقوم بتشغيل حساس (sen-sor)، فيتم تشغيل ملف تسخين يقوم بتبخير سائل البروبيلين غليكول منتجاً الدخان، وتصمد خرطوشة النيكوتين الواحدة نحو 300 شفطة، وهو رقم كبير إذا علمنا أنّ السيجارة الحقيقية الواحدة تستغرق في المتوسط 15 شفطة، وأحياناً يكون مع السيجارة أكثر من خرطوشة تبغ لاستبدالها بالفارغة.

وتتوافر خرطوشة التبغ في جرعات مختلفة تتناسب ومزاج المدخنين، فهي إما عالية النيكوتين أو متوسطة أو منخفضة أو حتى من دون نيكوتين.

وعما إذا كانت السيجارة الإلكترونية تساعد على الإقلاع عن التدخين كما يشاع عنها؛ يؤكد ديفيد بيرنز الباحث في الأمراض المتعلقة بالتبغ في جامعة كاليفورنيا ضرورة إجراء اختبارات للدم لمعرفة ما إذا كان النيكوتين يصل إلى الدم أم لا لكي نعرف الإجابة.

دراسات واجتهادات

لم تتخذ إدارة الدواء والغذاء الأمريكية موقفاً محدداً من السيجارة الإلكترونية التي يقول منتجوها إنها أول سيجارة صحية، خالية من المواد الكيميائية والقطران الضارين بصحة المدخنين، حيث تحوي السيجارة الإلكترونية سائلاً نقياً من النيكوتين، من دون أي إضافة مضرة بالصحة كتلك التي تحويها السجائر التقليدية، على حد زعم منتجيها.

ويقول المنتجون إن السيجارة الإلكترونية تشبه لصقات النيكوتين، لكنها تتيح للمدخنين التدخين كالمعتاد، ولا تحوي أي مادة مسرطنة، وليس لها أي أعراض جانبية.

وعلى الرغم من محاولات إدارة الدواء والغذاء الأمريكية إيقاف استيراد السيجارة الإلكترونية منذ صيف 2012، فإن الإدارة الاتحادية لم تتحرك لمصادرة المنتج المطروح في الأسواق الأمريكية.

ويقول الدكتور ستيفن شرويدر، اختصاصي الإقلاع عن التدخين في المركز الطبي لجامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو: «النيكوتين ليس المسبب الوحيد للسرطان عند تدخين التبغ، وتدخين واستنشاق النيكوتين النقي ربما يكون خطراً، لكن ليس لدينا أدلة عن تأثيره في الصحة، وأثبت العلاج ببدائل عن التدخين - اللصاقات الطبية والعلكة - سلامةً ونجاحاً فائقاً في مساعدة المدخنين على الإقلاع عن هذه العادة المضرة بالصحة، لأن التدخين في مقدمة الأسباب المؤدية لمرض سرطان الرئة.

وأوضحت تقديرات حديثة أن عدد المدخنين

> إدارة الدواء والغذاء الأمريكية لم تتخذ موقفاً محدداً من السيجارة الإلكترونية لكنها منعت تداولها على الرغم من أن منتجيها يقولون إنها أول سيجارة صحية خالية من المواد الكيميائية والقطران

في العالم يبلغ نحو 1.3 مليار مدخن ويتوقع أن يصل إلى الذروة مع حلول عام 2030.

آراء متضاربة

من ناحية أخرى، كشفت أبحاث طبية أن اللجوء إلى السيجارة الإلكترونية قد يضر برئة الإنسان، ويعمل على تدميرها، ففي محاولة لتقييم الآثار الجانبية السيئة على المدى القصير للسيجارة الإلكترونية، أجريت أبحاث على أكثر من 32 متطوعاً، 8 منهم من غير المدخنين، وطُلب من المشاركين في الدراسة الاستمرار في تدخين السيجارة الإلكترونية. مدة 10 دقائق، كي يتم قياس مستوى مقاومة وكفاءة أداء الجهاز التنفسي والرئة لديهم . وأظهرت المتابعة أن مقاومة مسارات الهواء بين غير المدخنين ارتفعت بنسبة 206% مقابل 182%، وهو المتوسط بين الأشخاص العاديين.

وأظهرت نتائج دراسة أخرى أجريت في جامعة كومونولث بفرجينيا أن السجائر الإلكترونية التي تعمل على تبخير محلول النيكوتين بدلاً من حرق مادة التبغ، ليست ضارة بالصحة، بل إن تدخينها يشبه تدخين سيجارة عادية غير مشتعلة، وأن المدخنين الذين يستعملون هذه السجائر لا يحصلون على المادة المخدرة الموجودة في السجائر التقليدية.

وتبقى السيجارة الإلكترونية مسألة معلقة، على الأقل صحياً، حتى يتم نشر النتائج النهائية التي ستتوصل إليها المجموعة البحثية في منظمة الصحة العالمية والمسؤولة عن الأمور التنظيمية المختصة بمنتجات التبغ. ■

> تبقى السيجارة الإلكترونية مسألة معلقة صحياً حتى يتم نشر دراسة مجموعة تابعة لمنظمة الصحة العالمية مسؤولة عن الأمور التنظيمية المختصة بمنتجات التبغ

مناخات الكواكب الأخرى مهمة للأرض

ترجمة: محمد الدنيا *

رصد حالة الطقس السائدة في أمكنة أخرى من أجل فهم أفضل للطقس المخيم هنا هو مبدأ بالنسبة لعلماء مناخ الكواكب؛ لأنّ الظروف المناخية الشائعة فيها، سواء تعلق ذلك بكواكب مثل الزهرة أو المريخ أو زحل، أو حتى بأقمار كواكب مثل «تريتون» قمر نبتون؛ تشكل معلومات تتيح تدقيق نماذج كوكبنا المناخية.

ويعيش اختصاصيو المناخ والأرصاد الجوية اليوم وضعاً خاصاً جداً، فهم موجودون في كل مكان، أقدامهم على الأرض ورؤوسهم في السحب وعيونهم صوب الكواكب الأخرى. يركزون اهتمامهم على تلافيف جو الأرض، موجهين أنظارهم في الوقت نفسه نحو مقاطعات بعيدة، ككوكبي الزهرة وزحل وتريتون.. إلى درجة تلاشي معالم حدود اختصاصاتهم، فبتنا لا نعرف جيداً هل هم علماء مناخ أم علماء فلك.

* عن Science & Vie, février 2013.
* مترجم متخصص بالموضوعات العلمية (سوريا).

كانت الأرض، حتى هذا الحين، هي التي تشكل الأساس في تفسير شذوذات الأجرام السماوية وغرابة أشيائها، وكان علماء الفلك يستعينون بنماذج علماء المناخ. إلا أن اضطرابات مناخات الكواكب الأخرى وأقمارها هي الأمر المهم الآن بالنسبة لعلماء

مناخ الكواكب والأجسام السماوية هؤلاء، في سعيهم إلى فهم اعتدال الأحوال الجوية السائدة في الكوكب الأزرق. ويرون في ذلك السبيل الوحيد لتجاوز الحالات الخاصة، وبلوغ الهدف النهائي، أي النموذج المناخي الكوكبي الشامل، الذي باتوا يرون أنه وحده الذي يمكنه توقع مستقبل الأرض.

لكن أقدامهم لا تزال على الأرض؛ لأن النماذج المناخية الحالية لا تأخذ بحسبانها مؤثرات متنامية التعقيد، ولم تنجح شبكات رصد العلماء المتزايدة الدقة في استكشاف أصغر إعصار في أصغر تفاصيله، إذ إنها مطورة على قياس الأرض ومن أجلها وحدها وانطلاقاً منها. ثم إن هذه المحدودية هي التي تدفع بعض الأشخاص إلى الشك بوجود احترار بشري المنشأ، وكيف يمكن الوثوق بصلاح نموذج مناخي موضوع أصلاً لوصف حالة خاصة؟ لكن محدودية الوصف هذه جوهرية ضمن سياق ارتفاع حرارة الكرة الأرضية.

المنهجيات التطبيقية

ولإجراء توقعات بخصوص بيئة مختلفة، يجب أن تتخلص النماذج من المنهجيات المعروفة بأنها زائدة الصفة التطبيقية، الآتية من عمليات الرصد الحالية، وأن ترتكز على معادلات فيزيائية شاملة. إذاً، من المفيد أن نطبقها على كواكب أخرى أيضاً غير الأرض كي تكون ذات صلاحية، كما يقرر عالم المناخ الفرنسي فرانسوا فورجيه من مختبر الأرصاد الجوية الديناميكية في باريس.

وفي الواقع، فإن وجهة النظر هذه تؤكدها كميات كبيرة من القياسات التي جمعتها، منذ ثلاثين سنة، عشراتُ المسابير الفضائية التي رصدت أجواء المجموعة الشمسية الأخرى، بأدق التفاصيل. وقد اعتمدها علماء المناخ لتطبيقها على الكواكب المجاورة للأرض، وفق منهجية صارمة، ووضع نموذج آخر بالحدود القصوى حول ظاهرة يصعب تقييم أثرها، ودمجها بعد ذلك، كشرط أولي، في النموذج المناخي، ثم البدء بعمليات مقارنة.

إنّ منظومة الأرض معقدة جداً، ويمكن أن يكون تأثير كل ظاهرة عن غيرها صعباً جداً. قد تكون ظاهرة ما هي السائدة في أحد الكواكب الأخرى، وبالتالي يمكن فهمها بشكل أفضل، ثمّ العودة إلى تطبيق ما فهمناه على الأرض. وقد يؤدي هذا العمل إلى الكشف عن عناصر كانت تهمَل في النمذجة، أو عن نظريات دأبت على التبسيط أكثر مما ينبغي، حسب عبارة آني مآتانن، عالمة المناخ في مختبر الأجواء الفضائية وأوساطها ورصدها في غويانكور بفرنسا.

وهكذا، يتفحص علماء مناخ الأجرام السماوية الأعاصير التي تلتف وتدور على أرض المريخ، بهدف فهم نشوء سُحُبنا الأرضية بشكل أفضل، ويتحسسون الكتل الجليدية العائمة على تريتون كي يتنبؤوا بالتبخر المستقبلي لذرى كوكبنا الجليدية، ويغوصون في جحيم جو كوكب الزهرة من أجل تقييم تكوُّن طبقات جونا، ويدورون حول كوكب زحل لفهم دوامة قطب الأرض الجنوبي، ويركبون مياه أنهار تيتان، قمر زحل، لاختبار دورة مياه كوكبنا الأزرق.

بدء ظهور النتائج

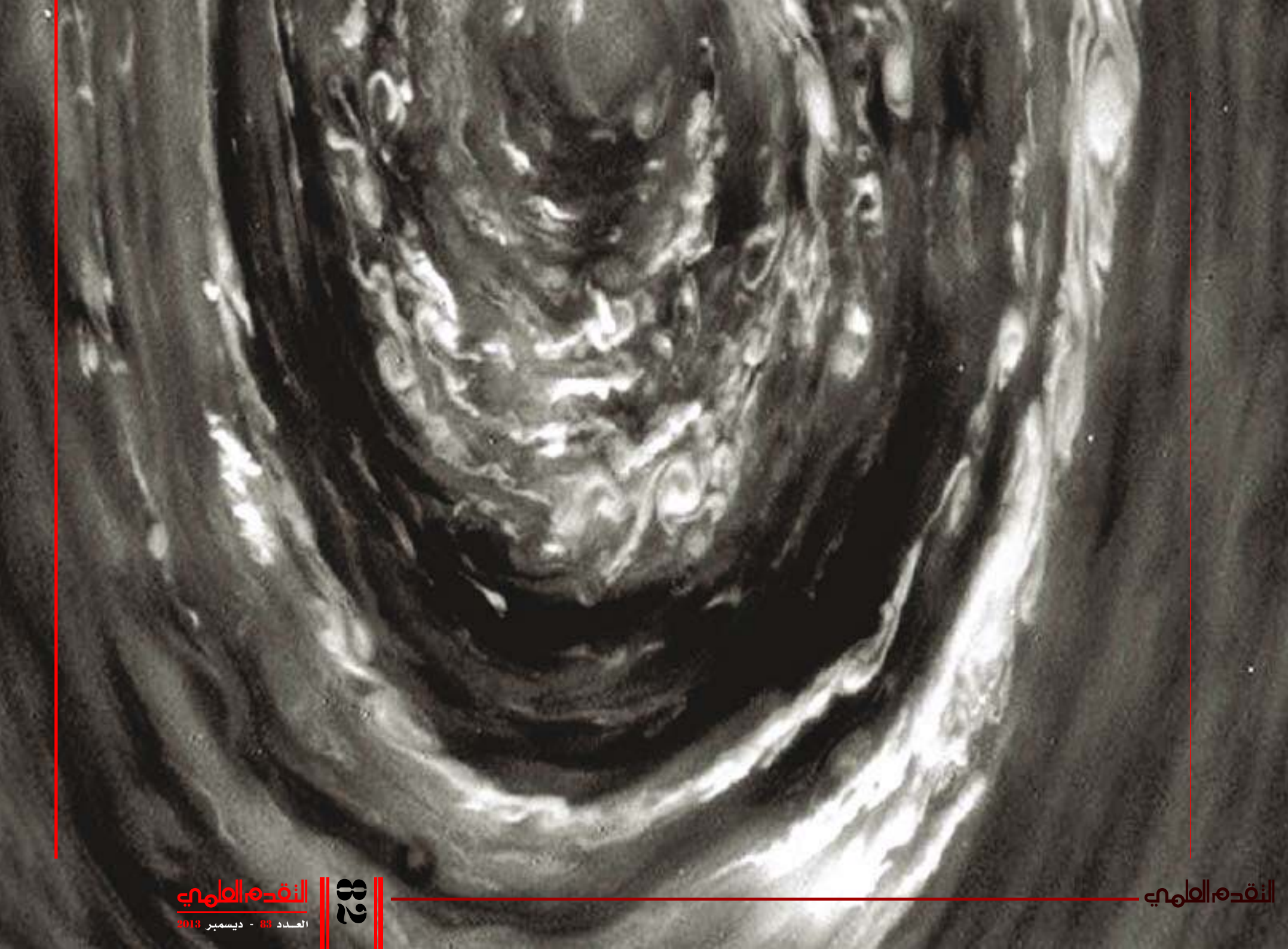
يقول فرانسوا فورجيه «لقد عبّر عالم الكواكب الشهير بيل هارتمان أخيراً عن إعجابه بقدرة النماذج المناخية في توقع تشكُّل حقول جليدية مريخية. ويمكن تطبيق النموذج نفسه على المريخ وعلى الأرض، وهذا يدل على أنه واقعي». وعلى العكس، «اكتشفنا أنّ نظرية التكثُّف، التي غالباً ما استخدمت لمحاكاة السحب على الأرض، ليست قابلة للتطبيق على سحب ثاني أكسيد الكربون المريخية. ويشير ذلك إلى أنّ هنالك شيئاً ما لم نفهمه بعد»، كما توضح آني مآتانن.

وكان عالم الفلك والفيزياء الفلكية الأمريكي كارل ساغان عام 1982 تمكن من إقناع البشرية بوجود تهديد شتاء نووي، بعد أن راقب سحب الغبار المعلقة فوق سطح المريخ وهي تمتص ضوء الشمس. وحالياً، يضاف إليه تهديد الاحترار، الذي ينبغي توقعه وإثباته. وهنا أيضاً عيون علماء مناخ الأجرام السماوية مصوبة نحو الكواكب الأخرى. برهان ذلك بالصور التالية:

تريتون

تبخُّر عمامته القطبية ينبئ بتأثيرات الاحترار

ليس تريتون كوكباً، بل أحد أقمار الكوكب نبتون، غير أنه يمثل ما يمكن أن يحدث على الأرض مستقبلاً. ذلك أن لهذا الجسم السماوي الجليدي الصغير، الواقع عند تخوم المجموعة الشمسية، جواً وقمة نتروجينية جليدية يتبادلان المواد باستمرار، تماماً مثل كوكبنا الأزرق الصغير. «يمكن أن يساهم تبخر العمامة القطبية على الأرض في ازدياد الضغط الجوي. التأثير حالياً خفيف جداً، لكنه سيتفاقم شيئاً فشيئاً كلما ازدادت كمية ثاني أكسيد الكربون» حسب عبارة فرانسوا فورجيه. كما أن علماء المناخ باتوا يستعينون بقياسات مأخوذة من تريتون لمعايرة نماذجهم حول احترار كوكبنا، وتقييم نتائجه بشكل خاص.



التقدم العلمي

زحل

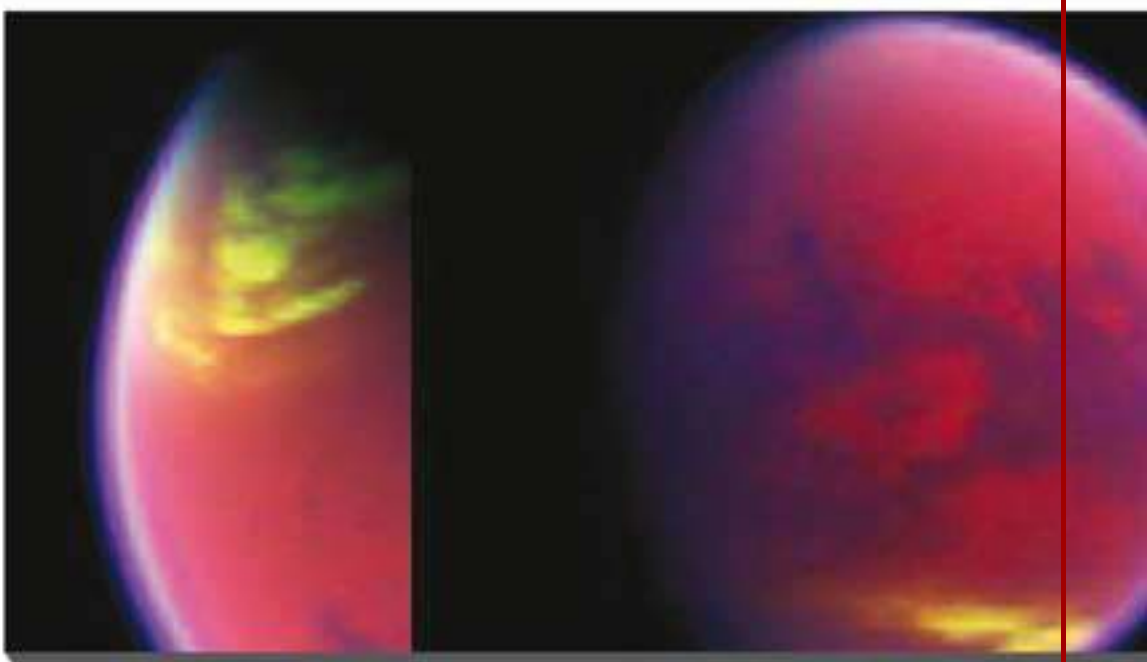
تغذي دوّاماتُ رياحه النظريةَ العامة للأعاصير

كان علماء المناخ بحاجة إلى إعصار شديد جداً لتحسين نظريتهم العامة حول الأعاصير ونمذجةِ دوران الجو بشكل دقيق، ووجدوا «الوحش» الذي كانوا يبحثون عنه في جو الكوكب العملاق ذي الحلقات... زحل. وكان المسبار كاسيني التقط في 27 نوفمبر 2012 صورة فريدة لعَيْن إعصارٍ فقط كان قد شغل مساحة 9 ملايين كيلومترمربع: خيم على القطب الشمالي من كوكب زحل إعصار عملاق يتشكل من رياح تدوّم بسرعة 700 كم/ساعة، وهو نسخة أقل شدة من الدوامة التي تلتف فوق القطب الجنوبي من الأرض. لكن، إذا كان لا يظهر بوضوح – شبه غير مرئي في صور الأقمار الصنعية – فإن دوامة الأرض هذه ذات أهمية حاسمة بالنسبة للمناخ: تحدد تبادلات الحرارة بين المنطقة القطبية وباقي الكوكب. ويجري عدد من الباحثين الفرنسيين، للمرة الأولى، نمذجة مناخ زحل الشامل، انطلاقاً من البيانات المجمعة حوله، آملين من خلال محاكاة دوامته العملاقة فهم دوامة الأرض الصغيرةَ بشكل أفضل.

المريخ

تفسر أعاصيره الغبارية الصغيرة تشكّلَ السحب

المريخ هو المختبَر المثالي لدراسة حركات الجو، ومن التضاد بين هوائه الجاف والبارد وأرضة المحترّة بتأثير الشمس، تتولد أعاصير غبار باستمرار. وهذه الأعاصير الصغيرة عامة فيه إلى درجة أن المسابير كلها التي اقتربت منه تمكنت من رؤيتها منذ فايكنغ أوربيتر عام 1978. «ذلك إلى درجة أن هذه الظاهرة باتت أفضل توثيقاً لدينا على المريخ منها على الأرض»، حسب عبارة آيمريك سبيغا مختبر الرصد الجوي الديناميكي بباريس. وهذه سانحة مهمة؛ لأن تلك التلافيف الهوائية هي مثال نموذجي جداً عن إحدى الظواهر الأصعب نمذجةً، ونعني بها هذه الحركة من الأسفل إلى الأعلى المسماة الحمل الحراري. «ولما كانت هي التي تسبب تشكل الغيوم، فإن ظاهرة الحمل الحراري هذه تعتبر إشكالية أساسية في تطوير النماذج المناخية التي يعتد بها»، كما يضيف آيمريك سبيغا. ويأمل علماء المناخ، استناداً إلى نماذج مريخية، محاكاة هذه الظاهرة بشكل أدق.



تيتان

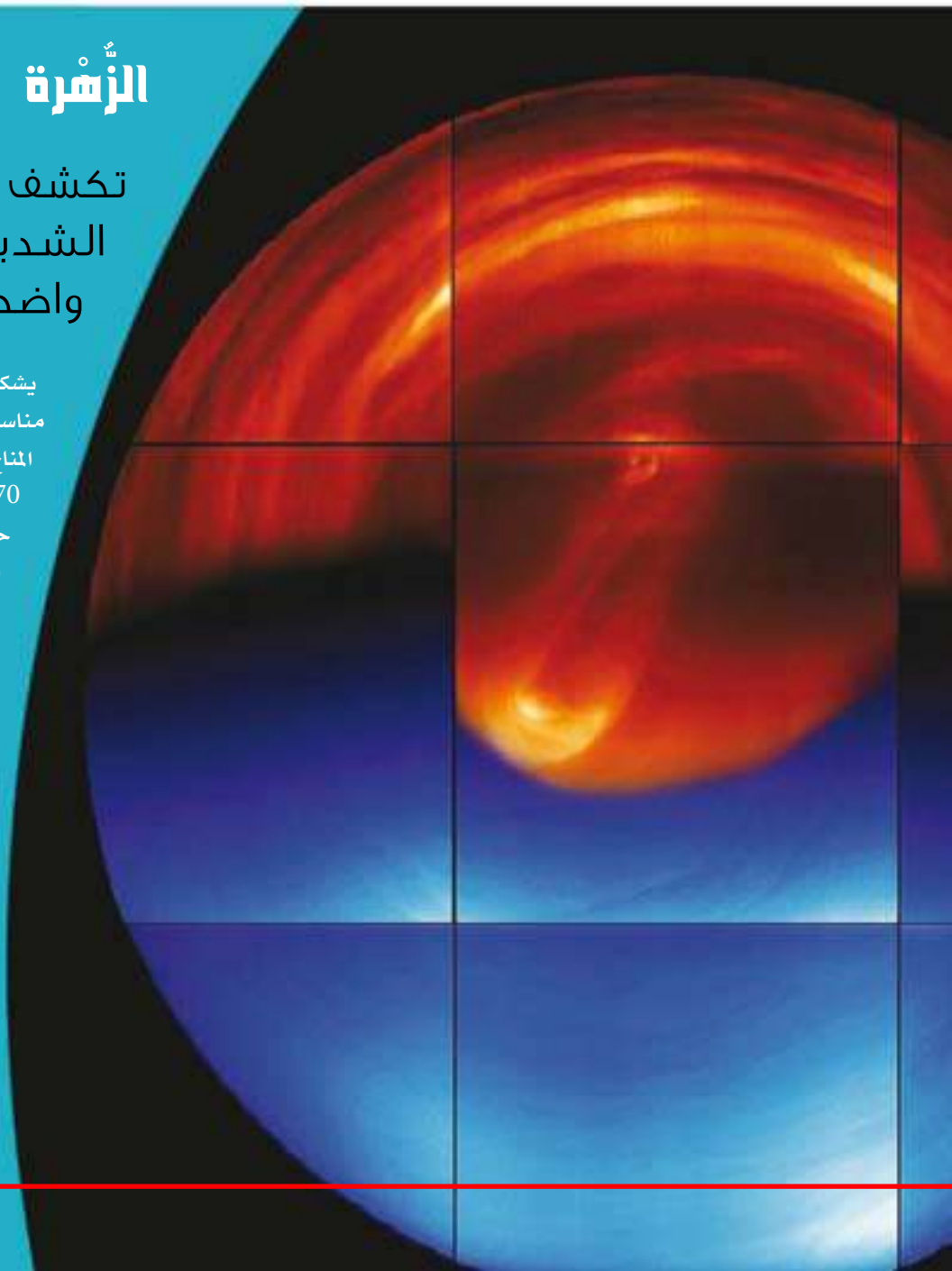
يؤكد غاز الميتان على سطحه دورةَ الماء

«يشكل توقُّعنا حول مناخ تيتان من خلال نموذج مصمم للأرض أصلاً؛ أحد نجاحات علم المناخ الكبرى»، كما يقول فورجيه. ما إن اكتشفت مشاهد هذا القمر الضخم الذي يدور حول كوكب زحل من خلال كاميرات المسبار كاسيني بأنهاره وبحيراته وأمطاره، حتى وصفه علماء المناخ بأنه توأم الأرض. «لكن الميتان هو المطر على سطح هذا القمر، بدلاً من الماء. ودورتا الماء والميتان متشابهتان جداً، لكنهما تبديان تخطيطات متباينة»، كما يوضح سيباستيان لوبونوا من مختبر الرصد الجوي الديناميكي بباريس. وراودت علماء المناخ أيضاً فكرة اختبار نماذجهم الأرضية على تيتان. وتوقعوا تشكل غيوم فيه حتى قبل أن تظهر على مكاشيف المسبار كاسيني.

الزُّهْرة

تكشف هذه الظروف المناخية الشديدة عن ظواهر غير واضحة

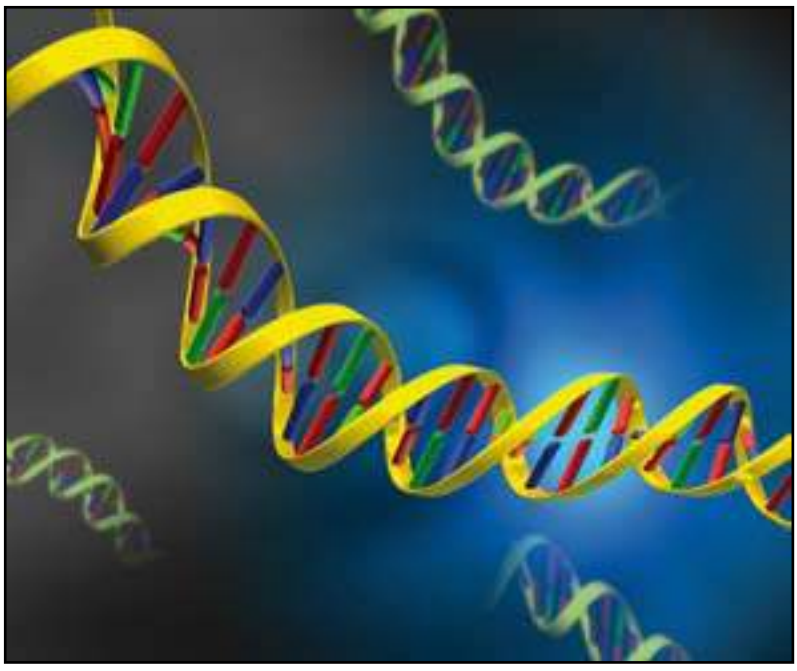
يشكل كوكب الزهرة وسواساً مخيفاً وفرصة مناسبة جداً في الوقت نفسه بالنسبة لعلماء المناخ: ضغطه الجوي 93 بار، وحرارة سطحه 470 درجة، وتجتاحه سحبٌ عملاقة من حمض الكبريتيك ورياحٌ بسرعة تبلغ مئات الكيلومترات في الساعة تجوب الكوكب على نحو أسرع من سرعة دورانه حول نفسه. والزهرة «وحش» مناخي مثالي لعمليات المحاكاة. «أوصلتنا النماذج حول الأرض، التي تفضي كلها تقريباً إلى النتيجة نفسها، إلى نتائج مختلفة حين تطبيقها على الزهرة، مما يمكننا من كشف بعض النواقص»، يوضح ذلك فرانسوا فورجيه. عندما يُكشَف بعض التأثيرات التي يمكن أن تكون غارقة، على الأرض، في كتلة انكماشات المناخ المعقدة، فإن ظروف الكوكب الصغير تتيح البحث عن الأسباب الصغيرة التي يمكن أن يكون لها نتائج كبيرة، مثل تطبُّق stratification الجو.



علم الوراثة..
آلية توريث الصفات

د. طارق البكري

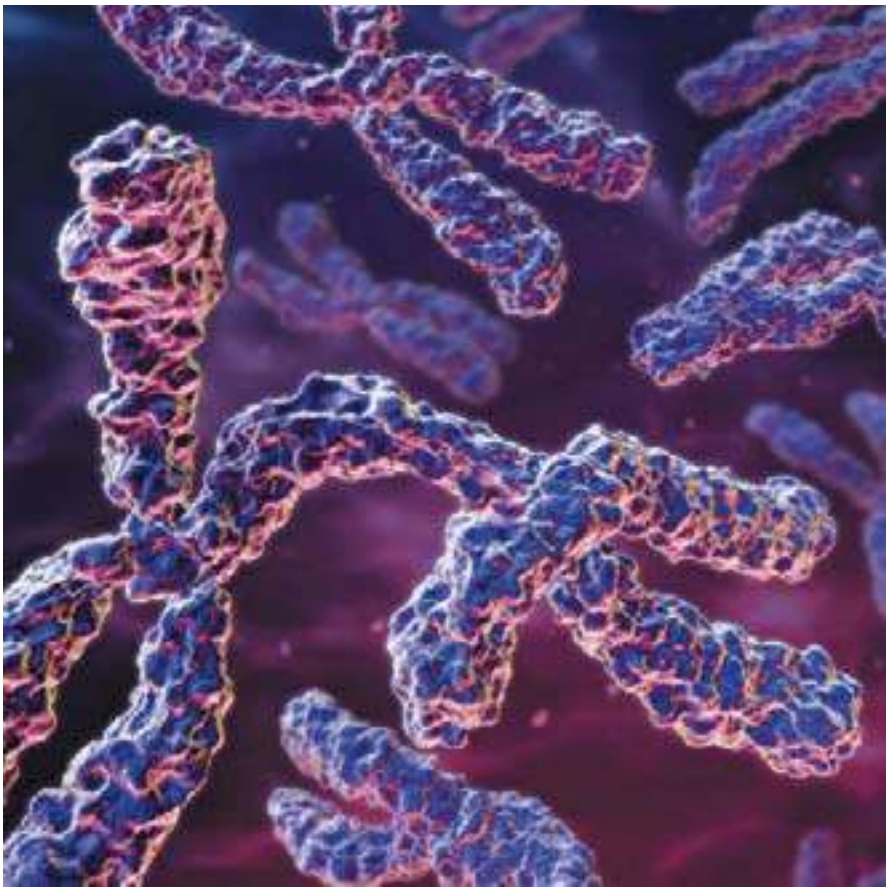
يقول العلماء إن المورثات تقوم بتحديد شكل الكائنات الحية إلى حد كبير، وهناك احتمال يطرحه بعض الباحثين حول تحكمها أيضاً في السلوك البشري، لكنَّ هذه القضية مازالت قيد النقاش. وتختلف وجهة النظر حسب التوجهات العلمية للباحثين. ويقوم الأطباء المتخصصون بعلم الوراثة بتشخيص الأمراض الوراثية عند المرضى بكفاءة، كما يتم تدريس ذلك للأطباء في المناهج العلمية.



يكمن معنى الوراثة في انتقال صفات من كائن حي إلى آخر على مر الأجيال، أما علم الوراثة فيدرس المورثات (الجينات) وتنوع الكائنات. ويحاول فهم آلية توريث الصفات، وبدأ حديثاً منذ منتصف القرن التاسع بمراقبة الصفات الموروثة للكائنات الحية وكيفية انتقالها من الآباء إلى الأبناء، وانطلق ذلك على يد العالم المشهور غريغور ماندل حينما درس انتقال الصفات الوراثية من الآباء للأبناء. وقد سمحت التقنيات الحديثة لعلماء الوراثة باستقصاء آلية عمل الجينات ومعرفة التسلسل الدقيق للأحماض الأمينية ضمن ما يعرف بـ(دنا ورنا) المادة الوراثية، ليربطوا بعد ذلك هذا التسلسل بالمورثات، ما سمح بإتمام واحد من أضخم مشروعات القرن العشرين؛ وهو مشروع الجينوم البشري.

الدنا (دي.أن.أيه)

- هو حامض نووي.
- الصبغي (الكروموسوم) مبني من جزيء واحد من الـ(دنا).
- طويل جداً وملتف ويمتد على طول الصبغي.
- جزيء الـ(دنا) مكون من سلسلتين تلتف إحداهما على الأخرى مشكلتين لولباً مزدوجاً وهماً مكونتان من وحدات تسمى (نيوكليوتيدات).
- في كل سلسلة تتكرر النيوكليوتيدات المختلفة بتسلسل مختلف يحدد البروتينات التي تبنى في الخلية.



الفرق بين الدنا والرنا

- يشكل الدنا المادة الوراثية، ومجموعة من البروتينات تعرف بالهوستونات، حيث يقوم شريط الدنا بالالتفاف حولها بشكل متكرر مشكلاً النيوكليوسوم، فيؤدي إلى تكثيف المادة الوراثية، ما يساعد على تخزينها في حيز صغير داخل أنوية الخلايا.
- أما حمض الرنا فيوجد منه أنواع متعددة، وهو يؤدي دوراً أساسياً في ترجمة المادة الوراثية في جزيء الدنا إلى بروتينات عدة، تقوم بأداء كل الوظائف اللازمة لحياة الكائنات الحية.

الصبغيات

- جسيمات صبغية دقيقة وطويلة.
- موجودة في جميع خلايا الكائنات الحية.
- نستطيع رؤيتها بالمجهر فقط عند انقسام الخلية، وبوجود مادة صبغية.
- عند انقسام الخلية يتلاشى غشاء الخلية وتتوزع الصبغيات في جميع أنحاء الخلية.

الصفات الوراثية والمكتسبة

- الصفات الوراثية تنتقل بالوراثة من الآباء للأبناء ويوجد معلومات محددة عنها في حمض الدنا، ومن الصعب جداً تغييرها، مثل نوع الدم، ولون ونوع الشعر، ولون البشرة، ولون العيون، والطول.
- الصفات المكتسبة لا تنتقل بالوراثة لأنها تكتسب من البيئة ولا يوجد عنها معلومات في حمض الدنا، ومن السهل تغييرها، مثل: صبغ الشعر، وتسريحة الشعر، والعدسات اللاصقة.

علم الوراثة والفحوص الجينية

ساهم علم الوراثة في تقديم خدمات جليلة للبشرية، وفي تطور مجالات عديدة تصب في خدمة الأمم والمجتمعات، وإنقاذ أبنائها من أمراض شتى، ولعل من أهم تلك الفوائد الحد من إنجاب أطفال مشوهين بفعل العوامل الوراثية.

وتعد عملية الإخصاب خارج الجسم (أطفال الانابيب IVE) التي أجريت عام 1978 لسيدة بريطانية كانت نتيجتها ميلاد الطفلة لويزا بروان انتصاراً علمياً سجله التاريخ للتغلب على عدم القدرة على الإنجاب بالطرق الطبيعية.

وقد تطورت هذه التقنية (أطفال الأنابيب) في إطار المحاولات المستمرة للحد من الأمراض الوراثية، عندما يكون لدى أحد الوالدين أو كليهما عيوب جينية وراثية أو خلل في الصبغيات (الكروموسومات)، حيث يتم إجراء الاختبارات على الجنين لتحديد ما إذا كان يحمل أيضاً العيوب الجينية الوراثية عبر الفحص الجيني قبل انغراس الأجنة PGD، حتى يمكن تلافي ولادة أطفال معاقين، ليخرج الطفل سليماً معافى.

وتتضمن تقنية PGD مراحل متعددة تجري بشكل منظم بالتكافل بين الاختصاصيين في التوليد والنساء والاختصاصيين في علم الوراثة، والعلوم الأساسية (الاختصاصيين في علم الجنين والعلوم المختبرية) كل يؤدي دوره في الأمور التالية:

1 - تحفيز المبيض بالهرمونات لإنتاج بويضات عدة، ثم تجرى الأشعة فوق الصوتية بشكل متكرر والاختبارات لرصد تطور ونضوج الجريبات التي تحتوي على البويضات.

2 - يتم سحب البويضات تحت التخدير عن طريق المهبل وبمساعدة الأشعة الصوتية، ثم يتم تحديد عدد البويضات وجودتها في مختبر علم الأجنة. وتستغرق هذه العملية عادة أقل من 15 دقيقة.

3 - يتم حقن الحيوانات المنوية داخل البويضات (الحقن المجهري).

4 - بعد ثلاثة أيام عندما يكون الجنين في مرحلة الخلية يتم أخذ الجرعة من الأجنة.

5 - إجراء التشخيص الوراثي قبل الانغراس (PGD) سواء للاختلال الصبغي أو الجيني. ولضمان موثوقية التفسير بالحد الأقصى لابد أن تنفذ تقنية PGD بأساليب متطورة التي تسمح بالتحديد الملتبس للطفرات التي يجري البحث عنها. يعتبر تحليل تسلسل الحمض النووي الآلي في الوقت الحاضر أفضل طريقة للتحليل الوراثي بقدر مايسمح بالتحديد الدقيق والتصوير المباشر للطفرة المعنية. وفي معظم الحالات، يمكن الانتهاء من الاختبارات الجينية في غضون 24 ساعة من أخذ خزعة الجنين، ممايسمح بنقل الأجنة في اليوم الرابع أو الخامس بعد السحب.

6 - بعد الانتهاء من إجراءات تحليل الطفرة على خزعة القسيم الأرومي يتم تحديد الأجنة المصابة وراثياً والأجنة السليمة الخالية من الطفرات الوراثية المرضية، والتحضير لنقلها إلى رحم الأم بواسطة عملية القثطرة. تستغرق عملية نقل الأجنة 15 دقيقة باستخدام الإيكو من دون الحاجة للتخدير. يمكن نقل أكثر من جنين واحد في الوقت نفسه، ولكن لا ينصح عادة بنقل أكثر من جنين للنساء اللواتي تزيد أعمارهن على 40 عاماً لتجنب خطورة حدوث مضاعفات الإسقاط أو ارتفاع ضغط الأم، أو حصول أذيات في الأجنة المغروسة. وفي حال الحصول على أكثر من جنين سليم يمكن تجميد الأجنة السليمة غير المغروسة لاستخدامها لاحقاً للغرس في رحم الأم إذا أراد الزوجان الحصول على حمل سليم آخر في المستقبل والذي يوفر عليهم كل مراحل التقنية PGD ثانية، من التحفيز للمبيض وحتى مرحلة اختبار PGD.

7 - اختبار الحمل: يقوم الاختصاصون في أمراض النساء والتوليد بنقل الأجنة السليمة وغرسها في رحم الأم ومراقبة حصول الحمل السريري.

ويُعد هذا الفحص بديلاً عن الإجراءات التشخيصية التي تجرى أثناء الحمل، كأخذ خزعة من المشيمة (CVS) أو عينة من السائل الأمنيوسي عند عمر عشرة أسابيع وستة عشر أسبوعاً من الحمل. وإذا كانت نتائج الفحص تكشف عن وجود خلل جيني وراثي في الجنين، فالخيارات المتاحة لأولياء الأمور، أما إنجاب طفل مصاب بمرض وراثي أو الخضوع لإنهاء الحمل.

ومن هنا نجد ان الفحص الجيني قبل انغراس الأجنة هو الخيار الأفضل المتاح لتفادي وجود طفل مصاب بمرض وراثي قبل انغراسه، ومن ثم القضاء على معضلة الإجهاض.

وتتراوح دقة التشخيص مع هذه التكنولوجيا بين 95 و97%، وحتى الآن لا توجد تقارير عن زيادة معدلات التشوه، كما وافق على هذا الفحص مجمع الفقه الإسلامي بالمملكة العربية السعودية، حيث بدأت هناك ستة مراكز بالعمل، وفي الكويت سيكون مركز الأمراض الوراثية هو السابع على مستوى منطقة الخليج. ■

د. صديقة العوضي
استشارية الأمراض الوراثية
مديرة مركز الأمراض الوراثية (سابقاً)

1848 888
www.tsck.org.kw
tsckuwait
@SciCenterKw
SciCenterKw

المركز العلمي
THE SCIENTIFIC CENTER
KUWAIT الكويت
Founded in 2000 by أنشأته سنة 2000
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

GREAT WHITE SHARK 3D

القرش الأبيض العظيم

NARRATED BY **BILL NIGHY**

GIANT SCREEN FILMS PRESENTS A GIANT SCREEN FILMS, YES/NO PRODUCTIONS AND LIQUID PICTURES PRODUCTION
POST PRODUCTION SUPERVISION RICK GORDON
SOUND DESIGN AND MIXING MIKE ROBERTS AND BRIAN EIMER
DIRECTOR OF PHOTOGRAPHY D.J. ROLLER
PRODUCED BY LUKE CRESSWELL, STEVE McNICHOLAS, D.J. ROLLER
PRODUCED BY DON KEMPF, DAVID MARKS
CREATED AND DIRECTED BY LUKE CRESSWELL AND STEVE McNICHOLAS

© Great White Shark LLC

www.greatwhitesharkfilm.com

المركز العلمي
التابع لمؤسسة الكويت للتقدم العلمي