عالَم الذرّة

مجلة هيئة الطاقة الذرية السورية

المدير المسؤول

الدكتور ابراهيم عثمان

المدير العام لهيئة الطاقة الذرية

هيئة التحرير

الدكتور عادل الحرفوش

الدكتور زياد القطب

94

السنة التاسعة عشرة /تشرين الثاني. كانون الأول/

2004

مجلة دورية تصدر ستّ مرّات في السنة عن هيئة الطاقة الذرية في الجمهورية العربية السورية وتهدف إلى الإسهام في نشر المعرفة العلمية باللغة العربية في الميدانين الذرّي والنووي وفي كل ما يتعلق بهما من تطبيقات.

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

شروط الترجمة والتأليف للنشر في مجلة عالم الذرة

1 ـ تُرسل نسختان من مادة النشر باللغة العربية مطبوعتان بالآلة أو مكتوبتان بالحبر بخط واضح، على وجه واحد من الورقة، وبفراغ مضاعف بين السطور.

2 ـ يُكتب على ورقةٍ مستقلةٍ عنوان مادة النشر واسم الكاتب وصفته العلمية وعنوانه مع ملخصين لهما أحدهما بالعربية والآخر باللغة الإنكليزية حصراً، في حدود عشرة أسطر لكل منهما، ويُطلب من كل من المؤلف والمترجم كتابة اسمه كاملاً، باللغتين العربية والأجنبية، ولقبه العلمي وعنوان مراسلته.

3 ـ يُقدم المؤلف أو المترجم في ورقة مستقلة قائمة بالعبارات التي تشكل الكلمات المفتاحية Key Words (والتي توضح أهم ما تضمنته المادة من حيث موضوعاتها وغايتها ونتائجها والطرق المستخدمة فيها) وبما لايتجاوز عشر عبارات باللغتين العربية والإنكليزية.

4 ـ إذا سبق نشر هذا المقال أو البحث في مجلة أجنبية، تُرسل الترجمة مع صورة واضحة عن هذه المادة المنشورة. ويُستحسن إرسال نسخة الأصل المطبوع والأشكال (الرسوم) الأصلية، إن وجدت، ولو على سبيل الإعارة.

5 ـ إذا كانت المادة مؤلفة أو مجمّعة من مصادر عدّة، يذكر الكاتب ذلك تحت العنوان مباشرة كأن يقول «تأليف، جمع، إعداد، مراجعة...»، ويرفق المادة بقائمة مرقمة للمراجع التي استقاها منها.

6 ـ إذا تضمنت المادة صوراً وأشكالاً، تُرسل الصورة الأصلية وكذلك الأشكال مخططة بالحبر الأسود على أوراق مستقلة، إلا إذا كانت موجودة في المادة المطبوعة بلغة أجنبية (كما جاء في الفقرة «4»، مرقمة حسب أماكن ورودها.

7- يُرسل مع المادة قائمة بالمصطلحات العلمية العربية المستخدمة فيها مع مقابلاتها الأجنبية إذا لم تكن واردة في معجم الهيئة للمصطلحات العلمية والتقنية في الطاقة الذرّية، الذي تمّ نشره في أعداد المجلة (2 ـ 18).

8- تُكتب المصطلحات وكذلك أسماء الأعلام باللغتين العربية والأجنبية عند ورودها في النص أول مرة ومن ثم يُكتفى بإيراد المقابل العربي وحده سواء أكان هذا المقابل كاملاً أم مختزلاً. وتُستعمل في النص المؤلَّف أو المترجَم الأرقام العربية 1،2،3 أينما وردت مع مراعاة كتابتها بالترتيب العربي من اليمين إلى اليسار. وإذا ورد في نص معادلةٌ أو قانون أحرف أجنبية وأرقام فتكتب المعادلة أو القانون كما في الأصل الأجنبي.

9- يُشار إلى الحواشي، إن وجدت، بإشارات دالّة (★, O, X, +, ...) في الصفحة ذاتها، كما يُشار في المتن إلى أرقام المصادر والمراجع المدرجة في الصفحة الأخيرة، وذلك بوضعها ضمن قوسين متوسطين [ ].

10 ـ تُرقم مقاطع النص الأجنبي والنص العربي بترتيب واحد في حالة الترجمة.

11 ـ يُرجى من السادة المترجمين مراعاة الأمانة التامة في الترجمة.

12 ـ تخضع مادة النشر للتقييم ولا تُرد إلى أصحابها نشرت أم لم تنشر.

13 ـ يُمنح كل من الكاتب أو المترجم أو المراجع مكافأة مالية وفق القواعد المقررة في الهيئة.

14 ـ تُوجه المراسلات باسم رئيس مكتب الترجمة والتأليف والنشر إلى العنوان التالي:

الجمهورية العربية السورية ـ هيئة الطاقة الذرّية ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر ـ مجلة عالم الذرّة ـ دمشق ـ ص.ب: 6091

E-mail: aalam_al_zarra@aec.org.sy

رسوم الاشتراك

الاشتراك السنوي للطلاب (200) ل.س ـ الاشتراك السنوي للأفراد (300) ل.س ـ الاشتراك السنوي للمؤسسات (1000) ل.س

الاشتراك السنوي للأفراد من خارج القطر العربي السوري (30) دولاراً أمريكياً. وللمؤسسات (60) دولاراً أمريكياً ـ تتضمن الاشتراكات أجور البريد.

بالنسبة للمشتركين من خارج القطر يُرسل رسم الاشتراك إلى العنوان التالي:

المصرف التجاري السوري فرع رقم 13

مزة ـ جبل ـ ص.ب 16005

رقم الحساب 2/3012

أو بشيك باسم هيئة الطاقة الذرّية السورية

يمكن للمقيمين داخل القطر دفع قيمة الاشتراك بحوالة بريدية على العنوان التالي:

مجلة عالم الذرّة ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر ـ هيئة الطاقة الذرّية السورية ـ دمشق ـ ص.ب: 6091

مع بيان يوضح عنوان المراسلة المفضل

أو تدفع مباشرة إلى مكتب الترجمة والتأليف

والنشر في الهيئة ـ دمشق ـ شارع 17 نيسان

سعر العدد الواحد

سورية 50 ل.س /لبنان 3000 ل.ل/ الأردن 2 دينار/ مصر 3 جنيه / الجزائر 100 دينار / السعودية 10 ريالات و6 دولارات في البلدان الأخرى.

تود مجلة عالم الذرّة إعلام الشركات والمؤسسات العاملة في قطاع التجهيزات العلمية والمخبرية كافة والصناعات المتعلقة بها عن فتح باب الإعلان التجاري فيها.

للمزيد من الاستفسار حول رغبتكم بنشر إعلاناتكم التجارية الكتابة إلينا على العنوان التالي:

هيئة الطاقة الذرّية السورية ـ مكتب الترجمة والتأليف والنشر

دمشق ص.ب 6091 ـ الجمهورية العربية السورية

أو الاتصال على رقم الهاتف 6111926/2132580 ـ فاكس 6112289

ISSN 1607-985X

في هذا العدد

المقـــالات

■ الأيام الأربعة التي هزّت العالم ..... ك. رافيليو 7
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية

■ الفعل الغذائي للّيبتين في عصبونات الوطاء التي تنظّم الأكل ..... ج. بوريت، ش. درابر، ر. سيمرلي 12
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية

■ إعادة تعريف الكيلوغرام ..... إ. روبنسون 17
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية

■ صنع ليزرات تردم هوّة التّراهِرْتز ..... ج. ديفيز، إ. لينفيلد 22
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية

■ المتانة فوق العالية والناقلية الكهربائية العالية في النحاس ..... لي. لو، وآخرون 28
ترجمة هيئة الطاقة الذرّية

أخبار علمية

■ لعبة الانتظار 35

■ التحكم بالسبين غير موضعي وقابل للتوليف في جملة نقط كمومية مقترنة 37

■ ارفع درجة الحرارة 39

■ الجسم يحمل كهرباء 41

■ تشريح اليأس 45

■ الزئبق 49

ورقات البحوث (أعمال باحثي الهيئة المنشورة في المجلات العالمية)

■ تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري على نمو وتشكّل العقد الجذرية وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان وعلى نمو نبات عباد الشمس باستخدام تقانة ^{15}N ..... د. فـــواز كـــرد علي، فريد العين 53

■ إمكانية استعمال الكواشف البلاستيكية CR-39 كمقياس جرعة للأشعة فوق البنفسجية ..... د. رياض شويكاني، وآخرون 61

■ دراسة بنية وخصائص الوسط الكارستي لمنطقة اللامالو (مقاطعة إيرو — فرنسا) باستخدام الرادار الجيولوجي ..... د. وليد الفارس، وآخرون 66

■ تأثير نسبة الرمل إلى الإسمنت في انبثاق غاز الرادون من الخلطات الإسمنتية المحتوية على الراديوم ^{226}Ra ..... د. صلاح الدين تكريتي، وآخرون 74

التقارير العلمية (أعمال باحثي الهيئة غير المنشورة)

- تصميم واجهة التحكم COBRET في بيئة النوافذ لإجراء المعالجة البدئية ..... د. علي حينون، وآخرون 81
  واللاحقة للبرنامجين COBRA-RERTR , PARET
- تحليل أسباب الخسارة في عامل الامتلاء في الخلايا الشمسية $ZnO/CdS/CuGaSe_2$... د. معين سعد، عمار قسيس 81
- مستويات الضجيج في مدينة دمشق ..... د. محمد العودات، د. يوسف مسلماني 82
- تحضير مبادلات أيونية من بولي غول الفينيل المطعم بحمض الليمون ..... د. زكي عجي 83
  وحمض السكسينيك بواسطة الإشعاع
- الكشف عن السرطان وتدبيره باستعمال تقانة الـــRIA ..... د. محمد عادل باكير، وآخرون 83
- تقويم الأداء التعايشي لبعض السلالات الطافرة من فول الصويا ..... د. فواز كرد علي، وآخرون 84
  الملحقة بسلالتين من بكتريا Bradyrhizobium Jabonicum
- إحداث وعزل وانتخاب طفرات بطاطا مقاومة لمرض اللفحة المتأخرة ..... د. بسام الصفدي، 85
  د. محمد عماد الدين عرابي
- الخصائص الهدروكيميائية والنظائرية للحوامل المائية الجوفية العميقة ..... د. عبد الرحمن الشريدة 85
  في منطقة جبل الحص من (حوض حلب)

كتب حديثة مختارة

- النَّبض اليومي للحياة ..... (تأليف: إ. غفينر)..... 88
- قبضة الثقالة: مسألة فهم قوانين الحركة والتثاقل ..... (تأليف: ب. غوندهيلكار)..... 90
  (عرض وتحليل: ج. غوندلاش)

ملخصات باللغة الإنكليزية عن الموضوعات المنشورة في هذا العدد 100

يُسمح بالنسخ والنقل عن هذه المجلة للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح به إلا بموافقة خطية مسبقة من الهيئة.

المقالات

الأيام الأربعة التي هزّت العالم*

ك. رافيليو
كاتبة تكتب مقالات علمية وهي تقيم في أكسفورد

ملخص

ما إن تظن أن الغبار قد حلّ سبب انقراض الدينوصورات حتى يفاجئك نمط جديد من الكوارث يثير الأمر من جديد. فإذا أغفلنا النيازك والبراكين الضخمة، تمثل مقذوفات فيرن Verneshots المتّهم الرئيسي حسبما تقول كيت رافيليو.

الكلمات المفتاحية: دينوصورات، نيزك، براكين عملاقة، مقذوفات فيرن، الغلاف الجوي، قشرة الكرة الأرضية، معطف، بركنة عملاقة، بازلت فيضاني قارّي، انقراضات جماعية، الانقراض الفراسني - الفاميني، البرمي، الترياسي، الحدود كريتاسي - الحقب الثالث، تصادم، لابات، مصاطب الديكان، فوهة التصادم، بصمات، الكوارتز المصدوم، القطرات اللزجة، المكورات المكروية، إيريديوم، فلّرينات، كراتون، أركي، تكتونية الصفائح، سحابة معطفية، المهل، وادي الانهدام، انفطار، ستراتوسفيري فائق، مقذوفة فيرن المكروية، مخاريط الكسرات.

انفجرت الأرض تحت أقدام الدينوصورات، وانبعثت غازات سامة في الغلاف الجوي دارت بسرعة حول الكرة الأرضية. لقد اهتزّت الأرض بمئات من الزلازل الهائلة وعصفت في السماء 20 جيغا طن من قشرة الكرة الأرضية ومعطفها قبل أن تنهمر عائدة إلى السطح من جديد. لقد كان يوماً مخيفاً لم تَصْحُ من هَوْله الدينوصورات إلى الأبد.

هل يشكّل هذا في نهاية المطاف وصفاً حقيقياً لما حدث قبل 66 مليون سنة؟ لقد احتدم الجدل مدة تزيد عن 25 عاماً حول السبب الذي أهلك الدينوصورات، وتركّز السياق في معسكرين متضادين: تصادم نيزك أو نوبة مديدة من بركنة ضخمة mega-volcanism أطلق عليها اسم بازلت فيضاني قارّي continental flood basalt.

بيد أن فريقاً من جيومار Geomar، وهو معهد لعلوم الأرض في جامعة كييل/ألمانيا، خرج علينا الآن بنمط جديد تماماً من الكوارث الجيولوجية يفسّر هلاك الدينوصورات مثلما يفسّر ثلاثة انقراضات جماعية سبقته. وإذا صحّ رأي هذا الفريق، فلن يكون المتهم في الهلاك المعنيّ نيزكاً أو فيضاناً بازلتيّاً، بل كان انفجاراً عميقاً تحت الأرض أطلق عليه اسم مقذوفة فيرن.

صحيح أن هذه الفكرة ما تزال في المهد حتى اليوم (انظر Earth and Planetary, Science Letters, vol. 217, p. 236) لكن فرضية فيرنشوت Verneshot هذه تتمتع بميزة كبيرة واحدة على جميع ما ينافسها. فهي تفسّر غموضاً ينتاب الحوار حول الانقراضات الجماعية، ويتساءل لماذا تبدو الانقراضات متوافقة مع البازلت الفضائي القارّي وتصادمات النيازك كليهما، في حين أن احتمالات هذا الحدوث المتواقت هي ضئيلة حتى حدود العدم.

لقد حدثت في الأربعمائة مليون سنة الماضية أربعة انقراضات جماعية رئيسة: فقبل 380 مليون وحتى 364 مليون سنة مَحَت نبضات الانقراض الفراسني – الفاميني Frasnian-Famminian (الديفوني الأعلى) 60% من الحياة البحرية، وتبع ذلك أكبر الانقراضات جميعها حينما اختفى 96% من الأنواع الحية في عالم نهاية الدور البرمي Permian قبل 251 مليون سنة. كما وقد حدث انقراض ضخم آخر في نهاية الدور الترياسي قبل 201 مليون سنة. وأخيراً، قبل 66 مليون سنة، لاقت الدينوصورات ومجموعات متعددة أخرى حتفها عند الحدود الفاصلة بين الكريتاسي والحقب الثالث.

لقد ترافق كل حدث من هذه الأحداث باجتماع تصادم نيزكيٍّ مع بازلت فيضانيٍّ قارّيٍّ في آن معاً. (انظر الرسم البياني). وبالرغم من أن مثل هذا النحس المزدوج لا يُحتمَل حدوثه إلى أبعد الحدود، يبرز التساؤل التالي: هل يمكن أن يكون ذلك قد حدث حقاً أربع مرّات؟ ويُعتقَد في هذا الصدد أن حدوث تصادمات للأرض مع نيازك كبيرة بقوة تكفي للتسبُّب بانقراض جماعي يتمُّ مرة واحدة على الأقل في كل 100 مليون سنة، في حين تحدث اندلاقات البازلت الفيضاني القارّي مرة تقريباً في كل 30-50 مليون سنة وتدوم نحو مليون سنة. ويكشف حساب تقريبي سريع أن احتمال حدوث تصادم في نفس وقت حدوث البازلت الفيضاني القارّي خلال الأربعمائة مليون سنة المنصرمة يبلغ ما نسبته 8/1. وهذا ما أشار إليه جيسون فيبس

* نُشر هذا المقال في مجلة Newscientist – 8 May, 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

مورغان J. P. Morgan الذي قاد فريق جيومار حين قال: "غير أن هذا غير محتمل وربما يقع في إطار سوء حظ الأرض". أما نسبة احتمال حدوث أربع من هذه المصادفات خلال الأربعمائة مليون سنة الأخيرة فهي 1/3500.

وفيما تزداد الأدلة على حدوث هذا التوافق، تزداد كذلك الحاجة إلى أسلوب لتفسير كيفية حدوثه. وهكذا شرع مورغان واثنان من زملائه في جيومار (تيم رستون وسيزار رانيرو) بالبحث عن أسلوب ما للتفسير. فكانت النتيجة فرضية فيرنشوت (مقذوفة فيرن) Verneshot وبداية معركة جديدة شرسة في حرب الانقراضات الجماعية.

أما الفكرة الأولى التي درسها فريق جيومار فقد تناولت ما إذا كانت التصادمات تستطيع بطريقة ما أن تسبِّب انصبابات بازلتية فيضانية قارّية. وهذا ما تمّ اقتراحه عدة مرات كان آخرها في عام 2002 حينما اقترح أدريان جونز A. Jones من جامعة كولدج لندن أن تصادماً كبيراً استطاع اختراق قشرة الكرة الأرضية واستهلّ انصباباً هائلاً للحُمَم (اللابة) lava (انظر مجلة NewScientist، 14 كانون الأول 2002، الصفحة 16). بيد أن فريق فيبس مورغان نبذ هذه الفكرة مقرّراً أنه لا يمكن لنيزك من الناحية الفيزيائية أن يسبِّب انصهاراً مستداماً يصحبه بازلت فيضاني. وأكثر من ذلك، فإن جيولوجية الحدّ الفاصل بين الكريتاسي والحقب الثالث لا تؤيد الفكرة التي ترى بأن تصادماً نيزكيّاً قد فجّر انصباب صخور بازلتية فيضانية. فالفوهة البركانية الموجودة في تشيكسولوب تقع في جانب العالم المقابل للبازلت الفيضاني الذي عاصَرَها في مصاطب ديكان البازلتية Deccan Traps في الهند، كما أن التأريخ الجيوكيميائي geochemical dating يوحي بأن البَرْكنة قد بدأت قبل وقت طويل من ضربة النيزك.

وهكذا قرّر علماء جيومار قلب الجدل رأساً على عقب. فربما يكون البازلت الفيضاني القارّي قد أوجد على نحوٍ ما بصمات تصادم نيزكي. وإذا كان هذا الأمر ممكن الحدوث، فإنّ من الممكن استبعاد التصادمات لكونها زائفة. وهذه ليست خطّاً جديداً في التفكير، إذ كان الجيولوجيون يتابعونه منذ بداية الستينيات من القرن المنصرم. بيد أنه ما من أحد توصل إلى آلية مقنعة لتفسير إمكان محاكاة البازلت الفيضاني لجميع الإشارات الجيولوجية للتصادم، التي تعتبر الفوهة البركانية أوضحها وأندرها. وهناك بصمات مهمة أخرى تشمل بلّورات الكوارتز المصدوم التي توشّحها بشكل متصالب كسور بالغة الصغر، وتراكيز مرتفعة من عنصر الإيريديوم النادر، وتَبَقُّعات صغيرة من صخر مصهور تدعى الكريّات المكرويّة، وكذلك الفولّرنات fullerenes.

يعتقد بصورة واسعة أن البازلت الفيضاني القارّي يحدث حينما تندفع جداول أعمدة الحُمَم المعطفية الصاعدة من أعماق الأرض ضد اليابسة القارّية المؤلّفة من القشرة وطبقة سميكة من معْطفٍ صلب. وبثخانة تبلغ 240 كيلومتراً تشكّل هذه اليابسة القارّية عائقاً مهماً في وجه تقدُّم أعمدة الحُمَم المعطفية صعوداً نحو الأعلى. ولكن إذا ما اخترق العمود هذه اليابسة القارية فإنه يسبِّب ثورات بركانية مديدة ومُهْلِكة. وعلى الرغم من عنفها، لم يستطع الجيولوجيون أن يُظهروا أن هذه الثورات البركانية قد تسبَّب جميع علامات التصادم النيزكي.

غير أنّ فيبس مورغان يعتقد أنّه يوجد نمط مُهْمل من بازلت فيضاني قارّي يمكنه أن يُحدث كل بصمات التصادم النيزكي، ويتساءل ماذا يحصل لو أنّ عموداً معطفيّاً انفجر تحت أحد الرواسخ cratons؟ وهذه هي أجزاء قديمة من القارة استقرّت قبل نحو 2.5 بليون سنة، في الحقب الأركي Archean ولم تتعرّض منذئذٍ إلى تشويه ما بتكتونية الصفائح plate tectonics. ونتيجة لذلك فهي متينة إلى أبعد الحدود ومستقرة وعميقة، وتمتد أحياناً على عمق 300 كيلومتر تحت سطح الكرة الأرضية.

يعتقد فيبس مورغان أنّ العمود المعطفي لن يقوى على ثقب الغلاف الصخري الثخين للرّاسخ (الكراتون) بل يسبِّب ضمنه تراكماً من غازات انفجارية ذات قدرة هائلة. ويشير إلى أنّ ثنائي أكسيد الكربون وثنائي أكسيد الكبريت يتراكمان من نزع الغازات من المهل magma الصاعد ويتكدّسان على عمق نحو 80 كيلومتراً. وقد تؤدّي الحرارة المنبعثة من العمود المعطفي إلى صهر الصخور الغنية بالكربون، مؤدية بذلك إلى زيادة التخزين التراكمي للغازات. (انظر المخطط في الأسفل).

وفي هذه الأثناء يمكن أن يبتعد عمود معطفي باتجاه جانبي ويتراكم تحت جزء أرقّ من الغلاف الصخري المجاور. وفي نهاية المطاف، سينسفح بَعضُه على السطح كبازلت فيضاني قارّي. أما في الأسفل، فيبقى العمود المعطفي يحتضن الراسخ والغازات المخزّنة المتراكمة.

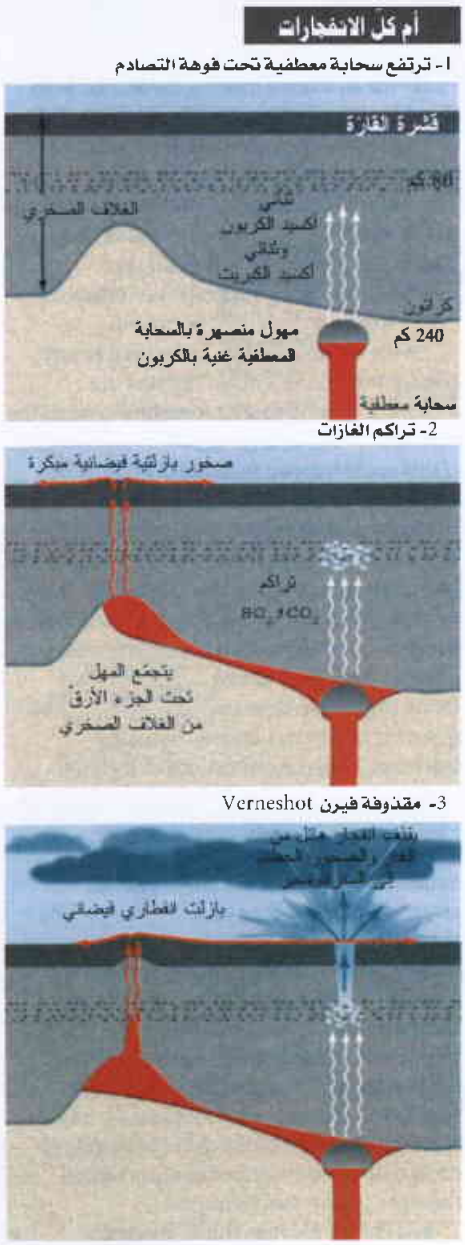
أما الشرط الحاسم لجعل العمود ينفجر بتمامه فيتمثّل في شروع الراسخ بالانسحاب والانفطار rifting وهذا النوع من التشطّر القارّي يحدث كل 100 مليون سنة تقريباً أو نحو ذلك كجزء من دورة ويلسون Wilson التي تخلق أو تبيد محيطات العالم. وفي الوقت الحاضر فإنّ ذلك يحدث على طول وادي الانهدام rift valley في شرق أفريقيا؛ وتوجد، بصورة حاسمة، براهين على أنّ الانفطار كان يتواصل أثناء الانقراضات الثلاثة الجماعية الأكثر قرباً.

قد يكون هذا الانفطار كافياً بالضبط لتحرير الضغط داخل الرّاسخ فيُتيح انفجاراً غازياً كارثياً. ويتوقّع فيبس مورغان أنّ الغازات قد تندفع بسرعة كبيرة نحو الأعلى من خلال كسر صغير في القشرة الأرضية وتنفجر عند السطح، مسمّمة الغلاف الجوي ومسبّبة إجهاداً بيئياً شديداً حول العالم. وقد يكون الانفجار بحدّ ذاته مخرِّباً. ففي حساب أجراه فيبس مورغان، تبيّن أن هذا الانفجار قد يسبِّب زلزالاً قدره 11magnitude، أي 100 مرة أقوى

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

من الزلزال الذي ضرب تشيلي عام 1960 وبلغ الرقم 9، وهو الزلزال الأقوى الذي جرى تسجيله حتى الآن.

ولكن قد يحصل ما هو أسوأ. فبعد الانفجار مباشرة قد ينخفض الضغط فجأة في القناة pipe التي تحمل الغازات مسبّباً لها تفريغاً من الأسفل إلى الأعلى. ويشير فيبس مورغان إلى أنّ "هذا الانهيار سيتحرّك نحو الأعلى بسرعات فوق صوتية ويؤدي إلى نسف صخور وقذفها من قمة القناة إلى أية نقطة من سطح الكرة الأرضية". وربّما تعادل الطاقة المنطلقة ما قدره 120 بليون طن من مادة الديناميت TNT، أو 7 مليون قنبلة هيروشيما، وهذه هي تقديرات فريق جيومار. وإذا جرى هذا التحرير مفاجئاً بصورة كافية فإنه يمكن أن يقذف كمية قدرها 20 جيغا طن من الصخور في مسار ستراتوسفيري فائق super-stratospheric (أي من الجزء الأعلى من الغلاف الجوي).



مدفع جول فيرن الفضائي

ذكرت هذه الآلية فيبس مورغان بكتاب كان قد قرأه وهو طفل بعنوان "Jules Verne's From the Earth to the Moon" الذي يحكي عن مدفع ضخم تقريباً يُطلق أجساماً إلى الفضاء. فقد قال: "إنّنا قرّرنا تسمية آليتنا باسم مدفع جول فيرن الفضائي". ومنه جاءت كلمة فيرنشوت (مقذوفة فيرن).

يكمن جمال هذه الفكرة في أنّها تعلّل كل بصمات التصادم التي صاحبت الانقراضات الجماعية. فالبركنة المعطفية العميقة المنشأ قد تجلب الإيريديوم إلى السطح في حين يولّد الانفجار والتصادمات الكوارتز المصدوم وفوهات التصادم. وأثناء انهيار قناة مقذوفة فيرن قد تنطلق نُتَفٌ من الصهارة بقوة إلى الخارج وبعضها يحتفظ بشكل كريات مكروية. وفي هذه الأثناء يشجّع تخلخل ضغط الغاز والانفجار المبتلع للأكسجين تشكيل الفلّرينات.

قد تُفسّر آلية مقذوفة فيرن عدم التناظر lopsided في فوهة التصادم الذي يتركه الجسم الذي تحطّم في فوهة " تشيك كسولب". فقد استخلص مصممو النماذج أنّ الجسم الصادم أتى من الداخل من الجنوب الشرقي بزاوية 20 درجة تقريباً. وهذا لا يستثني فقط النيزك وإنّما يتوافق أيضاً مع حطام مقذوفة فيرن المنقذفة من "ديكان ترابس".

إنّ طاقة الانفجار قد تكون معادلة إلى 120 بليون طن من TNT، أو 7 مليون قنبلة هيروشيما. وهي طاقة كافية لقذف 20 جيغا طن من الصخور في الستراتوسفير.

يمكن أن تكون هذه الفكرة مقنعة ولكن هل يوجد أي برهان؟ حسب فيبس مورغان "يصعب جداً البرهنة عليها لأنه يصعب التمييز بين تصادم نيزك و"مقذوفة فيرن" وإنّنا نحتاج إلى البحث عن إشارات لانطلاق الغاز من القناة". فهو يعتقد أنّ بقايا أية قناة ستكون قد دفنت تحت كيلومترات متعددة من صخور انسكبت إلى الخارج بالبازلت الفيضاني، ولكن يجب أن تظهر على الصور السيسمية والمسوح الثقالية. ويتابع فيبس مورغان قائلاً: "إنّني أتوقّع أن يكشف المسح السيسمي، بين عمق 80 كيلومتراً والسطح، عن منطقة مضطربة في الغلاف الصخري، تكون مملوءة بصهارات بازلتية. وقد توجد أيضاً شذوذات ثقالية ترتبط بصخور بازلتية من كثافات مختلفة".

ومع أنه ما من أحد أجرى حتى الآن مسوحات سيسمية مفصّلة لمناطق ذات صلة بالبازلت الفيضاني، فإن نتائج المسح الثقالي جديرة بالاهتمام. فقد تمّ تسجيل شذوذات ثقالية شبه دائرية تحت "ديكان ترابس" على مقربة من ساحل فريتاون، في سيرا ليون. وهذا هو جزء من سنترال مغماتيك بروفانس Central Magmatic Provence وهو بازلت فيضاني ترافق مع انقراض جماعي في نهاية الدور الترياسي. وفي غضون ذلك وجد الجيولوجيون جزءاً من فوهة تصادم تُعرف باسم غربت تانغوستا ديبريشين Great

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الفوهات هي الدليل الأوضح ولكنه الأندر لأحد التصادمات، ولذلك على الجيولوجيين أن يعتمدوا على حلول أخرى.

Tangusta Depression تحت "سيبيريان ترابس" Siberian Traps، حيث ترافق البازلت الفيضاني مع الانقراض الجماعي في الدور البرمي. وتتمتّع فوهة التصادم هذه بكل السمات المميّزة للتصادم بما في ذلك الكوارتز المصدوم. فهل تكون هذه الفوهة موقعاً لقناة انطلاق إحدى مقذوفات فيرن؟

ويتمثّل الشيء الغريب في أن هذه الفوهة كانت أيضاً موقعاً لحادثة تانغوستا في عام 1908، حيث تحطّمت مساحة حوالي 2000 كم2 من الغابات بانفجار غامض. أشار شاهد عيان إلى أنّه رأى كرة نارية وهذا ما قاد العلماء إلى تصنيفه كتصادم نيزكي. والآن لدى فيبس مورغان تفسير آخر تحت اسم مقذوفة نيرن المكروية micro-Verneshot . فهو يدّعي أنّه" إذا كان غريت تانغوسكا ديبرشن Great Tunguska Depression هو بقية من بقايا موقع انطلاق مقذوفة فيرن، فعندئذ من المحتمل أنّ القناة الأصلية لم تمّح بكاملها من الوجود وأنّها ستستخدم مرة ثانية لأحداث انطلاق لغازات أقل شأناً بكثير.

ويقوم فيبس مورغان حالياً بتشكيل فريق مع علماء آخرين لاختبار"نظرية فيرنشوت". فهو يقوم برفقة جيولوجيين من المعهد الجيوفيزيائي الوطني في حيدرآباد في الهند بالتحرّي عن وجود شذوذات دائرية في"ديكان ترابس"، وهو يأمل في استكشاف "غريت تانغوسكا ديبريشن " للبرهنة على وجود قناة شاقولية عميقة. وبالإضافة إلى ذلك فهو يرغب في البحث عن أجزاء لدليلين آخرين: مخاريط الحطام shatter cones وبقايا أجزاء من مقذوفات فيرن المتصادمة impactors.

أمّا مخاريط الحطام فهي قطع من الصخر تتمتّع بنمط متميّز من الكسور الشعّية radial حدثت عندما تكسّرت الصخور تحت قوة تصادم ما. فهي (أي الكسور) تميل لأن تتجه نحو مركز موقع التصادم ويأمل فيبس مورغان أن تكشف مسوحات أكثر تفصيلاً من حيث التوجيه عن الاتجاه الذي أتى منه التصادم. فهو يذكر أنّ "مخاريط الحطام قد تكون قادرة أن تبيّن لنا فيما إذا كان مصدر الصدمة قد أتى من داخل الكرة الأرضية – أي من مقذوفة فيرن – أو من الأعلى – أي من نيزك.

والحل الواضح الآخر لحدث الفيرنشوت يمكن أن نجده في بقايا الأجزاء المتصادمة داخل فوهة التصادم. عادة ما يؤدّي الاقتراب السريع جداً لنيزك إلى تبخره عندما يضرب الكرة الأرضية. أمّا حطام "مقذوفة فيرن" من ناحية أخرى فقد لا ينتقل بمثل هذه السرعة ويجب أن تترك بعض البقايا عند موقع الصدمة. فإذا استطاع العلماء أن يأخذوا بصمات شقف الصخور من الناحية الجيوكيميائية عند فوهة "تشيك كسولب" مثلاً وأن يُبيّنوا أنّها نشأت من منطقة "دكّان ترابس" في الهند، سيكون ذلك برهاناً قوياً على آلية "الفيرنشوت".

لقد أحرزت نظرية "الفيرنشوت" حتى الآن قبولاً متناقضاً إلى أبعد الحدود. ومن بين المؤيدين بول هوفمان P. Hoffman من جامعة هارفارد، مفسّر نظرية "سنوبول إرث Snowball earth". "فهو يعتقد أنّ هذه الفرضية تُعدُّ اقتراحاً مهماً". "فهي طريقة خلاقة لمشكلة حقيقية. ومن خلال ذلك يذكر فانسان كورتيلّو V. Courtillot، من جامعة دنيس ديدرو وأحد المحرّرين في مجلة Earth and Planetary Science Letters ومؤيّد مهم للبركنة كسبب للانقراضات الجماعية، أنّ هذه الفكرة تجعل الناس يقيمون الدليل مجدّداً. " فهو يعتقد أنّها فكرة بارعة وأنّه كان مسروراً لنشرها، ولكنّه لم يكن متأكداً تماماً أنّها صحيحة من الناحية الفيزيائية.

أمّا كلود جوبار C. Jaupart من جامعة دنيس ديدرو فهو يشكّك أيضاً بشأن هذه الآلية. فهو يذكر "أنّها لم تقم على مبادئ فيزيائية دقيقة". غير أنه حتى الآن لا يمكن أن يُصرف النظر عن الفكرة بغير تحفّظ بسبب اعتماد البرهان على فرضيات.

هذا، وقد أتى النقد الأقوى من الجيولوجيين الذين يحبّذون فكرة أنّ النيزك هو الذي قتل الديناصورات. ويزعم إيان سميث I. Smith، من جامعة فري في أمستردام في هولندا، أنّ تحديد أعمار التصادمات والبازلت الفيضاني غير دقيق بصورة كافية للتأكّد بأنها بالفعل مترافقة. ومهما يكن من أمر فهو يذكر أنّه لا يوجد أي برهان لحادثات من "مقذوفات فيرن". ويشير فيليب كلايس P. Claeys، من جامعة فري في بروكسل (VUB) في بلجيكا، إلى أنّ الحادثة الوحيدة من الانقراضات الجماعية الأربعة التي لها برهان واضح على تصادم نيزكي هي حادثة الحدّ الفاصل (الكريتاسي – الحقب الثالث). فهو يعتقد أنّ على فيبس مورغان أن يعتبر الخيار الأبسط يتمثّل بأنّ بصمات التصادم عند الحدود الفاصلة، ما عدا الحدّ الفاصل (كريتاسي – الحقب الثالث)، هي بصمات مشكوك في أمرها. وإذا كانت تلك هي الحالة، فإنّنا لا نحتاج إلى أية فرضية بركانية عملاقة غامضة وغير قابلة للبرهان لحل المشكلة".

أمصادفة ؟

تحدث معاً انقراضات جماعية وبازلت فيضاني وإشارات إلى التصادم أكثر تكراراً ممّا يمكن توقعه بالمصادفة

● شذوذات إيريديوم ● كوارتز مصدوم ومكورات مكروية ● فوهة التصادم ● فلَرينات

ولقد حاز منطق جدل كلايس قبول فيبس مورغان، ولكنّه أشار إلى أنّه يوجد "شبه إجماع" على أنّ إشارات التصادم هي أدلة حقيقية على صدمة رئيسة". فإذا كان كلايس على صواب فهذا قد يعني أيضاً أنّه يجب على مؤيدي التصادم الاعتراف أنّ البازلت الفيضاني القارّي كان السبب في ثلاثة على الأقل من الانقراضات الجماعية الأربعة الأحدث.

ومع ذلك كان فيبس مورغان سعيداً بأن يُسلّم بأنّ السبب المحتمل للانقراض الجماعي على الحد الفاصل الكريتاسي – الحقب الثالث كان مصادفة مشؤومة. إذ يذكر أنّ فوهة" تشيك كسولب "هي بعيدة كل البعد عن "ديكان ترابس" وأنّها لا تتناسب إلى أبعد الحدود مع حادثة "مقذوفة فيرن" لتقذف قطعة من القشرة الأرضية إلى تلك المسافة، وبصورة خاصة دون أن تتجزأ وتؤدّي إلى تصادمات متزامنة أصغر على الكرة الأرضية في الوقت نفسه".

ولكن إذا كانت فرضية "مقذوفة فيرن" صحيحة، عند ذلك نحتاج إلى أن نراقب بعناية المكان الذي يمكن أن يتم فيه التحضير إلى الحادثة التالية. ويبيّن فيبس مورغان" أنّ ذلك مجرد تخمين تام، ولكن يعتقد أن الكراتون السيبيري هو أكثر الأمكنة احتمالاً. فأوراسيا الشمالية تبدأ حالياً بالانفطار، ويظهر أنّها تملك الشروط المسبقة لانفجار سحابة plume معطفية انفجارية عبرها" فخذوا حذركم، إن الطريق أمامنا صعبة جداً.

* * *

الفعل الغذائي للّيبتين في عصبونات الوطاء التي تنظّم الأكل★

ج. بوريت - ش. درابر - ر. سيمرلي

قسم علم الأعصاب، مركز أوريغون للبحث الوطني وجامعة أوريغون للصحة والعلوم، بيفرتون، الولايات المتحدة الأمريكية

ملخص

يؤثر هرمون اللّيبتين leptin المشتق من الخلايا الشحمية على الدماغ في الثدييات البالغة بشكل يقلّل مدخول الطعام food intake، وذلك عبر تنظيم نشاط العصبونات الموجودة في النواة المقوَّسة arcuate nucleus الوطائية (ARH). ونذكر هنا أن مسارات الارتسام projections العصبية الصادرة عن هذه النواة تتعطّل بشكل مستديم عند الفئران المصابة بعَوَز اللّيبتين (والتي يرمز لها بـ Lep^{ob}/Lep^{ob}). ولا تُلغي المعالجة بهذا الهرمون لدى الأفراد البالغة ذلك الخلل التشريحي العصبي. أما معالجة فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} حديثة الولادة بهرمون اللّيبتين الخارجي المنشأ، فإنها لا تعطل نماء مسارات ارتسام النواة المقوسة الوطائية، كما يعزّز اللّيبتين نشوء محاوير axons عصبية صادرة عن عصبونات النواة المقوَّسة الوطائية في المختبر (في الزجاج in vitro). وتوحي هذه النتائج بأن هرمون اللّيبتين يلعب دوراً مغذّياً عصبيّاً أثناء تنامي الوطاء hypothalamus، وأن هذه الفعالية تقتصر على الفترة الوليدية neonatal الحرجة التي تسبق التنظيم اللّيبتيني المرهف لمدخول الطعام لدى البالغين.

الكلمات المفتاحية: هرمون الليبتين المشتق من الخلايا الشحمية، النواة القوسية الوطائية، الببتيد المُقْهِم.

لقد عُرف منذ عقود أن الهرمونات الجوّالة في الدم (مثل الستيروئيدات الادرينالية والستيروئيدات الجنسية وهرمون الدرق) تمارس تأثيرات واسعة في تنامي الدماغ. فالمسارات العصبونية في المناطق الحَوْفِيّة limbic regions من الدماغ الأمامي (وكذلك في الوطاء)، تكون حسّاسة بشكل خاص للتأثيرات النمائية للهرمونات أثناء الحياة حول الولادية perinatal life حسبما يتبيَّن من التغيّرات المعتمدة على الهرمون في عدد الخلايا وفي التعصيب innervation والكيمياء العصبية، تلك التغيُّرات التي تمّ توثيقها بالنسبة لتشكيلة منوَّعة من المناطق [1-5]. وقد أدّى اكتشاف هرمون اللّيبتين المشتق من الخلية الشحمية إلى ثورة في فَهْم الآليات البيولوجية العصبيَّة المنظِّمة للبدانة [6-9]. ففي الحيوانات البالغة، ينشِّط اللّيبتين عصبونات النواة المقوَّسة الوطائية التي تحتوي على الببتيد المُقْهِم anorexigenic المسمَّى " الهرمون المنشِّط للخلية الميلانينية ألفا(α-MSH)، كما يثبِّط العصبونات المشاركة في "تفصيح coexpress" الببتيد العصبي المولِّد للشهية (NPY) والبروتين الشَّيْهَمي (AgRP) [10] اللذين يحملان هذه المعلومات إلى أجزاء أخرى من الوطاء، من ضمنها الأجزاء المعنية في تنظيم مدخول الطعام وصرف الطاقة [11-13]. ولكن بالرغم من الدليل المقنع بأن عوز اللّيبتين يسهم في السمنة المبكِّرة [14]، فإننا وبصراحة لا نعرف إلا القليل عن تشكّل وتنامي الدارات المركزية التي تنظم موضوع الأكل وميزان الطاقة.

توفّر النواة المقوَّسة الوطائية في الفئران البالغة مسارات ارتسامية كثيفة نحو ثلاث نوى وطائية أخرى مَعنيَّة بمدخول الطعام، وهي: النواة الوطائية جانب البُطَيْنيَّة (PVH) والنواة الوطائية المتوسطة الظهرية (DMH) والباحة الوطائية الجانبية (الوحشية) (LHA) [15]. وفي الفئران الوحشية من النمط C57BL/6 تتشكّل هذه الارتسامات بشكل أساسيٍّ أثناء الأسبوع الثاني بعد الولادة ثم تعصِّب جميع المستهدفات الوطائية hypothalamic targets في أزمنة مختلفة [16]. فالارتسامات الصادرة من النواة المقوَّسة الوطائية نحو النواة الوطائية جانب البطينية (PVH) تتشكل متأخرة نسبياً في الحياة بعد الولادية (من اليوم الثامن حتى اليوم العاشر بعد الولادة)، ثم تأخذ النمط الناضج للتعصيب في حوالي اليوم السادس عشر بعد الولادة (الشكل1). أما الارتسامات الصادرة عن النواة المقوَّسة الوطائية نحو النواة الوطائية المقوَّسة الظهرية (DMH) فإنها تتأسس ما بين اليومين الخامس والسادس بعد الولادة ثم تحقق النموذج البالغ بحلول اليوم الثاني عشر (الشكل A وB، S1). أما الارتسامات نحو الباحة الوطائية الجانبية (LHA) فيبدو بأنها تتأسس في حوالي اليوم الثاني عشر بعد الولادة ولكن كثافتها تستمر بالازدياد حتى اليوم السادس عشر (الشكل C وD، S1).

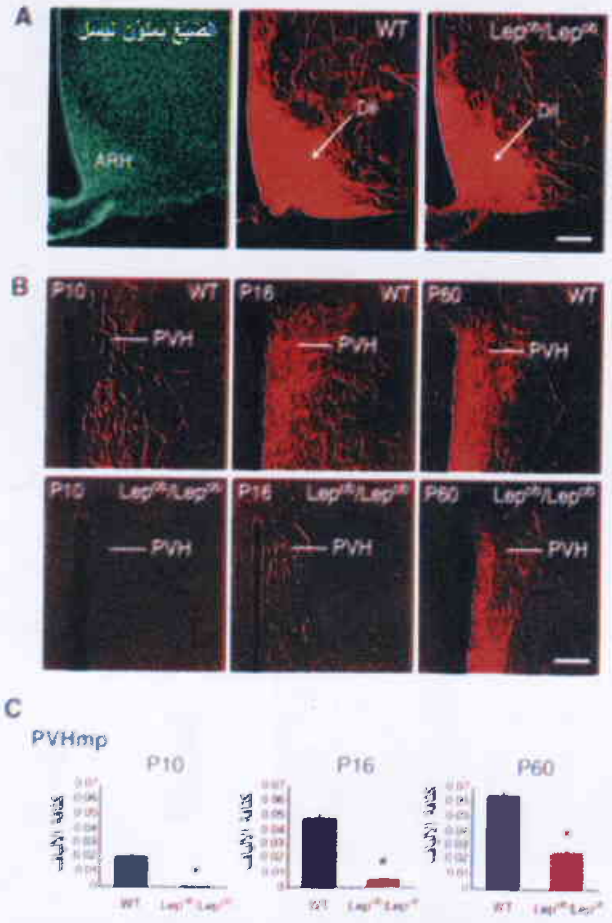
وبسبب وجوب زيادة مدخول الطعام إلى أقصى حدٍّ ممكن بغية دعم النمو أثناء التشكُّل والتنامي المبكر، وكذلك وجوب دعم وظائف

★ نُشر هذا المقال في مجلة Science - 2 April, Vol.304, 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

اللّيبتين عند الأفراد البالغة بغية كبت مدخول الطعام لديها، فإن أمر حدوث هذه الاندفاعة الواضحة في سوية اللّيبتين خلال الأسبوع الأول من الحياة يثير الدهشة [17]. فهذه الاندفاعة الكبيرة في إفراز اللّيبتين لا يجاريها انخفاض مقابل في مدخول الطعام لدى الفئران الحديثة الولادة، الأمر الذي فُسِّرَ بشكل مبدئي على أنه دلالة على أن الدماغ لدى حديثي الولادة يكون غير حسّاس نسبيًا لهرمون اللّيبتين [18]. وثمَّة رأي بديل يرى أن اندفاعة اللّيبتين لدى حديثي الولادة تقوم بدور إشارة نمائية فقط [19-21].

وكيما ندرس دور اللّيبتين في تشكُّل ونماء ارتسامات النواة المقوَّسة الوطائية، قمنا بغرس بلّورات من (1،1- ديوكتاديسيل - 3،3،3،3 - تترا ميتيل إندوكاربوسيانين بيركلورات (DiI))، الذي يعتبر قائفاً tracer محبّاً للشحوم يَسِمُ الارتسامات المحوارية axon projections الموجودة في الأنسجة المُثَبَّتة [22]، داخل النواة المقوَّسة الوطائية لفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} ولفئران من النمط الوحشي ذات أعمار مختلفة [23] (الشكل 1A)، فأظهرت النتائج أن عَوَز اللّيبتين قد سبَّب أعطالاً عميقة في نماء ارتسامات النواة المقوّسة الوطائية. أما بالنسبة للنواة الوطائية جانب البُطَينيَّة لفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} البالغة من العمر 10 أيام، فقد كانت الألياف الموسومة أقل بعشر مرات بالقياس إلى عددها في نظيراتها من صغار الفئران ذات النمط الوحشي، (الشكل 1 C وB). ونذكر هنا أن معدّل الكثافات الليفية في النواة الوطائية جانب البطينية ازداد في فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} وفئران النمط الوحشي كليهما في اليوم السادس عشر، ولكن بقيت الكثافة الليفية لدى الفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} أقل بكثير منها لدى الأخرى. ويبدو أن تَعَطُّل ارتسامات النواة المقوسة الوطائية هو تَعَطُّلٌ مستديم لأن كثافة الألياف في المكوِّن الخلوي الفسيح الأوسط medial parvicellular component من هذه النواة بقيت عند الفأر البالغ ذي النمط الوحشي (عمره 60 يوماً) أكثر بثلاث إلى أربع مرات من نظيرتها عند الفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} (الشكل: 1 C وB). أما نمط توزّع الألياف الموسومة في النواة الوطائية جانب البطينية فقد تشابه لدى الفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} ونظيراتها الفئران ذات النمط الوحشي مما يوحي بأن عوز الليبتين يغيِّر في الكثافة وليس في نمط التعصيب.

لقد لوحظ نقصان مشابه في كثافة ألياف (DiI) في النواة الوطائية المتوسطة الظهرية (DMH) وفي الباحة الوطائية الجانبية (LHA) وكذلك في حقول انتهائية أخرى من الفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} التي تلقّت مركّب (DiI) داخل النواة المقوسة الوطائية، مما يشير إلى أن عوز الليبتين يسبِّب تعطيلاً واسعاً للارتسامات المقوسة الوطائية. فمثلاً، كشف تحليل المواد الموسومة بالمركب (DiI) أن المحاوير الصادرة من النواة المقوسة الوطائية يندر أن تصل إلى النواة الوطائية المتوسطة



الشكل1. يُفسِدُ عَوَزُ اللّيبتين النموذج النمائيّ السوي للارتسامات الصادرة عن النواة المقوَّسة الوطائية نحو النواة الوطائية جانب البطينيّة. (A)، بلّورات من القائف اللاحق (DiI) تم وضعها في النواة المقوَّسة الوطائية لفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} وفي نظيرتها عند فئران النمط الوحشي (WT). (B)، ألياف موسومة بـ (DiI) في النواة الوطائية جانب البطينيّة في اليوم العاشر واليوم السادس عشر واليوم الستّين عند فئران النمط الوحشي ونمط (Lep^{ob}/Lep^{ob}). (C)، تعيين مقدار كثافة ألياف النواة المقوَّسة الوطائية الموسومة بـ (DiI) التي تعصّب المكوّن الخلوي الفسيح الأوسط من النواة جانب البطينية (PVHmp) لدى فئران النمط الوحشي ونمط Lep^{ob}/Lep^{ob} في اليوم العاشر (n = 3 / للمجموعة الواحدة). لقد أنقص عوز اللّيبتين، وبشكل شديد، كثافة الألياف المقوَّسة التي تعصّب كل جزء من النواة الوطائية جانب البطينية. ونشير إلى أن القيم الظاهرة في الشكل هي متوسطات (SEM+). وأن P تكون أصغر من 0.001 بين فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} وفئران النمط الوحشي. خطوط المقياس تعادل 60µm في (A) و 190µm في (B).

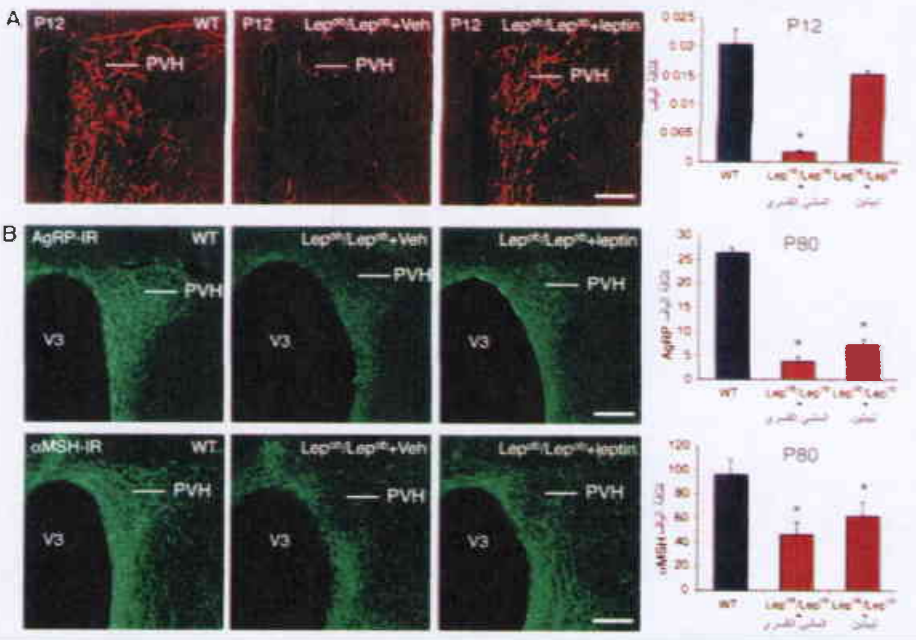
الظهرية بحلول اليوم السادس بالنسبة للفئران Lep^{ob}/Lep^{ob}، وأنه بحلول اليوم الثاني عشر بقيت كثافة الألياف الموسومة أقل بخمس مرّات من نظيرتها لدى الفئران ذات النمط الوحشي (الشكل S1، A وB). وهكذا يظهر أن عوز اللّيبتين يعطّل نشوء الارتسامات الصادرة من النواة المقوَّسة الوطائية نحو حقولها الانتهائية الرئيسة.

وكيما نقرِّر ما إذا كان اللّيبتين يعزِّز تشكُّل ونماء مسارات أخرى حساسة لهذا الهرمون (أي اللّيبتين)، فقد قمنا بفحص تنامي الارتسامات من النواة الوطائية المتوسطة الظهرية نحو النواة الوطائية جانب البطينية (الشكل S2، A) [23]. ولكن هذه الارتسامات

بدت عادية (الشكل S2، B و C). وكذلك فحصنا تتامّية integrity مسار حَوْفي وطائي limbic-hypothalamic pathway يُظنُّ أنه غير حساس لهرمون اللّيبتين (الشكل S2, D). وهنا أيضاً تبيّن أن هذا المسار لا يتأثر بعوز اللّيبتين (الشكل S2، E و F). فإذا أخذنا بالحسبان مجموع ما تقدَّم، نجد أن هذه الملاحظات توحي بأن عوز اللّيبتين لايُسبّب تعطيلاً واسعاً في الدارية الوطائية بل يؤثر بشكل نوعي في تشكّل ونماء الارتسامات المقوَّسة الوطائية تحديداً.

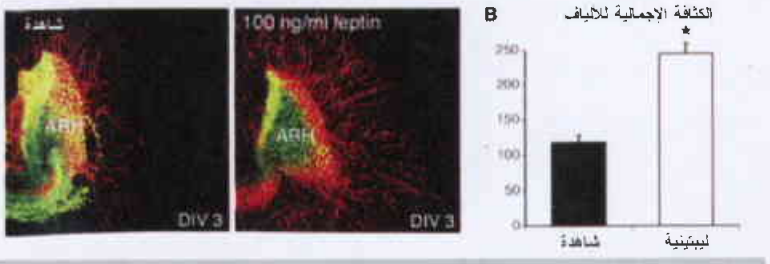
وكيما نحدِّد ما إذا كان اللّيبتين يقوى على أن يلغي العطل الحاصل في ارتسامات النواة المقوَّسة الوطائية والمشاهد عند الفئران التي يعوزها اللّيبتين، فقد عمدنا إلى معالجة فئران حديثة الولادة من النمط Lep^{ob}/Lep^{ob} بهرمون ليبتين مؤشَّب recombinant leptin (عبر الحقن تحت البريتوان بمقدار 10 ملغ/لكل كيلوغرام يومياً) بدءاً من اليوم الرابع حتى غاية اليوم الثاني عشر. وهنا أدّت المعالجة اللّيبتينية إلى زيادة كثافة الألياف الموسومة في المكوّن الخلوي الفسيح الأوسط من النواة الوطائية جانب البطينية إلى مستويات تضاهي نظائرها عند فئران النمط الوحشي (الشكل 2A). يضاف إلى ذلك أن معالجة حديثي الولادة بهرمون اللّيبتين قلّلت مدخول الطعام (البالغ 4.5 غرام/في اليوم) لدى فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} في اليوم الثاني والثلاثين إلى مستويات تتوسط بين مدخولات الفئران ذات النمط الوحشي (البالغة 3.9 غرام/في اليوم) ومدخولات فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} التي خضعت للمشي فوق شريط نقّال والبالغة 5.4 غرام/في اليوم (الشكل S3). ولكوننا لاحظنا نقصاناً جوهرياً في ارتسامات النواة المقوَّسة الوطائية المتّجهة نحو كل واحدة من النوى المستهدفة، قمنا باختبار فرضية أن يكون اللّيبتين مؤثراً على النواة المقوَّسة الوطائية بشكل مباشر. وتضمّن الاختبار أخذ مستنبتات منعزلة (مزدرعة شرائحيّاً slice explant cultures بعد أخذها من فئران حديثة الولادة) وتعريضها إلى هرمون اللّيبتين [23]. ففي الساعة 72 بعد إضافة اللّيبتين (بتركيز 100 نانوغرام/لكل مللّتر) إلى الوسط الاستنباتي، حدث تحريض مهم للمحاوير العصبية المنبعثة من غراس النواة المقوَّسة الوطائية بالمقارنة مع المستنبتات الشاهدة control cultures مما يوحي بأن اللّيبتين يحث العصبونات المقوَّسة الوطائية على تعزيز تطاول المحاوير وتفرّعها (الشكل 3).

إن الإشارات الهرمونية، التي تنظم التشكل والنماء، تميل هنا للعمل خلال فترات حدّية محدودة حول الولادة. وكيما نختبر فعالية اللّيبتين على ارتسامات النواة المقوَّسة الوطائية لدى فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} البالغة، فقد استخدمنا تقنية الوسم الكيميائي النسيجي المناعي للبروتين الشيهمي AgRP [23]. ولما كان من المعروف أن إفصاح (تعبير) هذا البروتين AgRP expression في القوارض البالغة يقتصر على العصبونات الحاوية على الببتيد العصبي المولّد للشهيّة (NPY) في النواة المقوَّسة الوطائية، فإن ألياف AgRP ذات التفاعل المناعي تمثّل ارتسامات هذه العصبونات. وحسبما يلاحظ في دراسات الوسم المحواري، فإن كثافة ألياف AgRP ذات التفاعل المناعي تقلّ



الشكل2. تتفادى معالجة فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} حديثة الولادة باللّيبتين الارتسامات الصادرة عن النواة المقوَّسة الوطائية نحو النواة الوطائية جانب البطينية. أما معالجة الفئران البالغة بهذا الهرمون فلا تتفادى هذه الارتسامات. (A)، تقضي معالجة فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} حديثة الولادة بحقنات يومية داخل البريتوان من اللّيبتين المؤشَّب (10 ملّيغرامات لكل كيلو غرام) في الفترة ما بين اليوم الرابع واليوم الثاني عشر إلى زيادة تعصيب النواة جانب البطينية من طرف الألياف المقوَّسة. إنّ كبر التغيرات التي يستحثُّها اللّيبتين يتجلى في المقارنة البيانية بين كثافة الألياف المقوَّسة الموسومة بـ (DiI) التي تعصب المكوّن الحلوي الفسيح الأوسط للنواة جانب البطينية في فئران النمط الوحشي البالغة من العمر 12 يوماً (n = 3) من جهة وفي فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} التي خضعت للمشي القسري (n = 3)، وفي فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} التي عولجت باللّيبتين (n = 3) من جهة أخرى. أما P فهي أقل من 0.001 بين فئران Lepob/Lepob والجراء الفأرية littermates ذات النمط الوحشي والحيوانات المعالجة باللّيبتين. (B)، لا ترمّم المعالجة باللّيبتين فساد مسارات (α-MSH) و (AgRP) في فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} البالغة. فالعوز اللّيبتيني يقلّل كثافة ألياف AgRP ذات التفاعل المناعي (والتي يرمزلها بـ (AgRP-IR) وكذلك تقلّ كثافة ألياف α-MSH ذات التفاعل المناعي (α-MSH-IR) في النواة الوطائية جانب البطينية لفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} في اليوم 80 بالمقارنة مع كثافة هذه الألياف لدى الجراء الفأرية من النمط الوحشي. وتكشف التقديرات الكميّة لكثافة ألياف (α-MSH) و (AgRP) عن أن معالجة فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} البالغة بهرمون اللّيبتين لمدة عشرين يوماً (10 ملّيغرامات لكل كيلو غرام) في الفترة ما بين اليوم الستين واليوم الثمانين) لم تجعل كثافة ألياف α-MSH وAgRP ذات التفاعل المناعي لدى فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} تصل إلى القدر الذي يميّز الفئران ذات النمط الوحشي (n = 3/ للمجموعة الواحدة).

ترمز (V3) إلى البطين الثالث. وتكون P أقل من 0.001 بين فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} أو الفئران المعالجة باللّيبتين والجراء الفأرية الوحشية النمط. وتشير إلى أن القيم الظاهرة هنا هي متوسطات SEM + وأن خطوط المقياس تعادل 200μm في (A) و160μm في (B).



الشكل3. يستحث اللّيبتين نماء النتوءات المحورية انطلاقاً من النواة المقوّسة الوطائية بشكل مباشر. (A)، مستنبتات منعزلة عضوية النمط organotypic تم أخذها من النواة المقوّسة الوطائية لفئران في اليوم السادس من العمر. وقد تم حضن هذه المستنبتات لمدة 72 ساعة مع اللّيبتين (تركيز 100 نانو غرام/ لكل ملّلتر) أو بدونه ثم جرى صَبْغها مناعياً immunostained بـ (بتا توبيولين III) الذي هو (الضد TuJ) والذي يلوّن المحاوير. (DIV 3)= ثلاثة أيام في الزجاج. (B)، يبين التحليل الكمّي أن اللّيبتين يسبّب زيادة بمقدار الضعف في كثافة الألياف المنبعثة من غرانس النواة المقوسة الوطائية. أمّا القيم المبيّنة فهي متوسّطات SEM+. وتكون P أقل من 0.001 بين الحيوانات الشاهدة والحيوانات المعالجة باللّيبتين

بشدة في النواة الوطائية جانب البطينية لفئران Lep^{ob}/Lep^{ob} في اليوم الثمانين بالمقارنة مع كثافتها عند نظرائها ذات النمط الوحشي (الشكل 2B). وكذلك لوحظت نقصانات في كثافة ألياف (α-MSH) لدى فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} (الشكل 2B). وعلى نقيض حاد مع النتائج المشاهدة عند الفئران الحديثة الولادة، فإن معالجة فئران الـ Lep^{ob}/Lep^{ob} البالغة بهرمون اللّيبتين لمدة عشرين يوماً لم تجعل كثافة ألياف AgRP و α-MSH ذات التفاعل المناعي لدى النواة جانب البطينية تصل إلى مستوياتها في النمط الوحشي (الشكل 2B). ويوحي عجز الليبتين عن تغيير كثافة ألياف AgRP و α-MSH ذات التفاعل المناعي في النواة الوطائية جانب البطينية لدى فئران Lep^{ob}/Lep^{ob} البالغة بأن الفعل الإنمائي لهرمون اللّيبتين إنما يقتصر إلى حدٍّ كبير على الفترة حول الولادية perinatal.

تُقدّم هذه البيانات دليلاً مباشراً على أن اللّيبتين يلعب دور عامل أساسيٍّ في نماء الدماغ بحيث يُعزّز تكوُّن المسارات الوطائية التي تَنْقُلُ إلى المناطق الدماغية فيما بعد إشارات (إيعازات) ليبتينية تنظم مدخول الطعام واستهلاك الطاقة. ويظهر أن هذه الفعالية النمائية هي نشاط نوعي يخصُّ مسارات ارتسامات النواة المقوَّسة الوطائية فقط، كما يقتصر على فترة ولادية ذات حساسية قصوى وتتوازى مع فترة الإفراز المرتفع للّيبتين. أضف إلى ذلك أن هذه الفترة الحرجة critical period تحدث حينما تشقُّ محاوير النواة المقوَّسة الوطائية طريقها نحو أهدافها. ومع أننا لانعرف ما إذا كان اللّيبتين يغيِّر إفصاح (تعبير) دالّات الهداية الموضعية expression of local guidance cues في المنطقة جانب البطينيّة من الوطاء، فإن اكتشافاتنا في الزجاج (في المختبر) in vitro توحي بأن اللّيبتين يستحثُّ نمو النتوءات المحورية عبر تأثيره على العصبونات المقوَّسة الوطائية بشكل مباشر. وبسبب إمكان وصول اللّيبتين بشكل مباشر إلى هذه المكوِّنات الرئيسة للدارات الاستتبابية homeostatic circuits، فإن اندفاعة اللّيبتين الولادية تمثّل إيعازاً محيطيّاً محتملاً لتوجيه نماء الدارات المركزيّة الحساسة للهرمونات أثناء الحياة بعد الولادية. وفي هذه الناحية، قد تماثل اندفاعة اللّيبتين الولادية اندفاعة الإفراز الستيروئيدي الجنسي التي تحدث أثناء الحياة الولادية والتي يُعرف عنها أنها تخصِّص نماذج التشكُّل الثنائي الشكل dimorphic في الدماغ الأمامي للثدييات بصورة جنسية (4, 5, 17). وتُظهر مكتشفاتنا أن لهرمون اللّيبتين تأثيراً برمجيّاً مشابهاً على بنيان الدارة العصبية الاستتبابية، الأمر الذي يزيد إمكان إسهام هذه الفعالية النمائية في نشوء البدانة المعتمدة على اللّيبتين في مرحلة الطفولة من خلال التأثير المباشر على الدماغ.

REFERENCES المراجع

[1] B. S. McEwen, E. R. De Kloet, W. Hastens, Physioal. Rev. 66, 1121 (1986).

[2] j. Bernard J. Endocrinol. Invest. 25, 268 (2002).

[3] J. H. Oppenheimer et al., Endocr. Rev. 8, 288 (1987).

[4] M. D. Madeira, A. R. Lieberman, Prog. Neurobiol. 45, 275 (1995).

[5] R. B. Simerty, Annu. Rev. Neurosci. 25, 507 (2002).

[6] M. Schwartz, S. Woods, D. J. Porte, R. Seeley, D. Baskin, Nature 404, 661 (2000).

[7] R. S. Ahead, C. B. Saber, J. S. Flier, J. K. Etmquist, Front. Neuroendocrinol. 21, 263 (2000).

[8] J. M. Friedman, J. L. Haloes, Nature 395, 763 (1998).

[9] B. M. Splegelman, J. S. Flier, Cell 104, 531 (2001).

[10] J. M. Zeeman, J. K. Elmquist, Endocrinology 144, 3749 (2003).

[11] C. Elias et al., J. Compaq. Neural. 423, 261 (2000).

[12] J- K. Elmquist, R. S. Ahead, E. Maratos-Flier, J. S. Filer, C. B. Saper, Endocrinology 138, 839 (1997).

[13] J. K. Etmquist, R. S. Ahead, C. F. Elias, J. S. Flier, C. B. Saber Proc. Mail. Aced. Sci. U.S.A. 95, 741 (1998).

[14] C. T. Montague et al., Nature 387, 903 (1997).

[15] K. Liu, J. Colman, R. B. Simerty, paper presented at the Ernst Annual Meeting of the Society for Neuroscience, San Diego, CA, 10 to 15 November 2001.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

[16] S. G. Bouret, S. J. Draper, R. B. Simerty, J. Neurosci. 24, 2797 (2004).

[17] R. Ahead, D. Prabakaran, J. Flier, J. Class. Invest. 101, 1020 (1998).

[18] A. Mistry, A. Swick, D. Romsos, Am. J. Physiol. 277, R742 (1999).

[19] R. S. Ahead, S. M. Hileman, Raoul. Past. 92,1 (2000).

[20] R. S. Ahead, C. Bjorbaek, S. Osel, J. S. Flier, Endocri nology 140, 2755 (1999).

[21] C. Stepson, A. Swick, Beacham. Biophys. Res. Com mun. 256,600 (1999).

[22] M. G. Honig, R. 1. Hume, Trends Neurosci. 12, 333 (1989).

[23] Materials and methods are available as supporting material on Science Online.

* * *

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إعادة تعريف الكيلوغرام*

إ. روبنسون
هو عضو في NPL، في قسم علم القياس، المخبر الوطني للفيزياء، تيدنغتون، المملكة المتحدة

ملخص

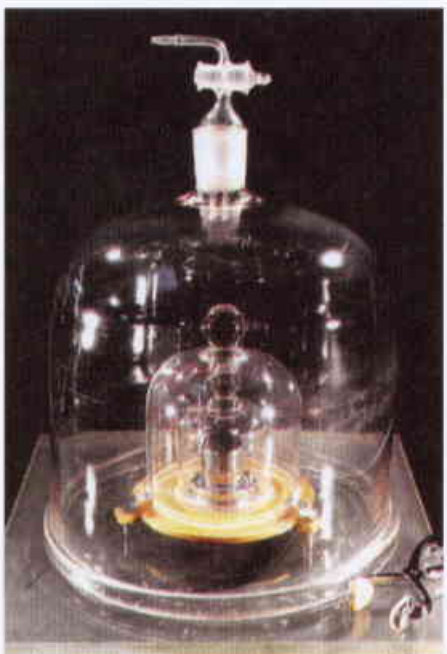
الكيلوغرام هو الوحدة الأخيرة المتبقية من منظومة الوحدات الدولية SI المعرّفة بدلالة شيء مادي صنعي، لكن تجربتين تسعيان لإيجاد معيار أساسي للكتلة.

الكلمات المفتاحية: منظومة الوحدات الدولية SI، دقة، ثابت أفوكادرو، ثابت بلانك، ميزان واط.

توجد في قبوة في ضواحي باريس أسطوانة صغيرة مصنوعة من البلاتين والإيريديوم تتصف بخاصة فريدة هي أن كتلتها لا يمكن أن تزيد أو تنقص. ليست هذه الخاصة، على أية حال، نتيجة لفيزياء جديدة لأن عمر هذه الأسطوانة أكثر من مئة عام. لكن خواصها الفريدة ناشئة من كونها النموذج الأصلي الدولي للكيلوغرام. وتعريف الكيلوغرام في منظومة الوحدات الدولية SI ينص على أن "الكيلوغرام هو وحدة الكتلة، وهو يساوي كتلة النموذج الأصلي الدولي للكيلوغرام".

وهذا يعني أن للأسطوانة دوماً كتلة 1 kg حتى ولو أصبحت "أثقل" نتيجة لالتصاق الغبار عليها من الجو، أو أصبحت "أخف" نتيجة لتنظيفها. وإحدى النتائج البالغة الأهمية لتعريف الكيلوغرام بدلالة جسم مادي هي أنه إذا تغيرت كتلة هذا الجسم فسوف تتغير كذلك قيم كل الكتل الأخرى وكل المقادير المتعلقة بالكتلة في منظومة الوحدات الدولية SI (الشكل 1). وهذا ليس بالوضع الجيد كما هو واضح.

ويعود الفضل في حقيقة أن التعريف الحالي للكيلوغرام قد استمر طويلاً ولم يسبب سوى مشاكل قليلة جداً إلى الفيزيائيين والمتالورجيين الذين ساهموا في ولادة منظومة الوحدات الدولية SI، وإلى أولئك الذين يصونونها الآن. ويحتفظ المكتب الدولي للأوزان والمقاييس Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) في سيفر Se`vres بالنموذج الأصلي للكيلوغرام الذي تُبذل في حفظه واستخدامه أقصى عناية.



كتلة صنعية - الطريقة الوحيدة لمعرفة كتلة جسم ما فعلاً هي السفر إلى سيفر في فرنسا ومقارنة كتلة الجسم بالنموذج الأصلي الدولي للكيلوغرام (الذي تظهر نسخة منه هنا). والكيلوغرام هو الوحدة الأخيرة المتبقية، من منظومة الوحدات الدولية SI، المستندة إلى جسم مادي. لكن علماء القياس يبحثون عن تعريف أكثر أصالة للكتلة.

يُخرَج الكيلوغرام أحياناً من قبوته ويستخدم لمعايرة المعايير الكتلية الأولية لكل من موقّعي المعاهدة الدبلوماسية المعروفة باسم ميثاق المتر metre convention. وقد وقّعت معظم الدول في العالم الصناعي هذا الميثاق وحصلت كل دولة مُوقِّعة على نسخة من كتلة الكيلوغرام. فلدى المملكة المتحدة مثلاً النسخة رقم 18، وهي إحدى النسخ الأصلية التي صُنِّعت عام 1894 - أي بعد خمس سنوات فقط من صنع النموذج الأصلي.

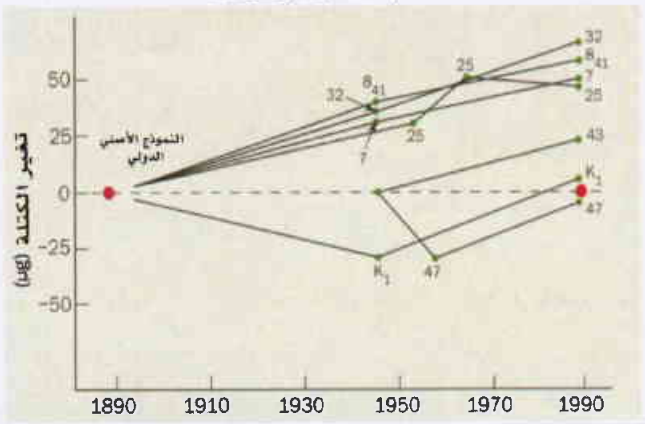
توجد في كل دولة منظومة تضمن إمكان مقارنة كل قياسات الكتل بنسخة الكيلوغرام. ففي مخبر الفيزياء الوطني (NPL) في المملكة المتحدة نقيس معايير الكتلة لعدد صغير من مخابر المعايرة، وهذه المخابر تصبح مسؤولة عن توزيع النتائج إما إلى المستخدمين النهائيين أو إلى مخابر معايرة أخرى. وهذا يخلق سلسلة متصلة من القياسات تربط بين الموازين في المحالّ التجارية والموازين الدقيقة في الجامعات وفي الصناعة وبين النموذج الأصلي الوطني، وفي النهاية بينها وبين الأسطوانة المعدنية في القبوة في سيفر.

آن أوان التغيير

الكيلوغرام هو المعيار الصنعي المتبقي الأخير في المنظومة SI. فالمتر الذي كان يعرّف فيما مضى على أنه المسافة بين علامتين دقيقتين على قضيب من البلاتين والإيريديوم، والثانية التي كانت لها علاقة بدوران الأرض، أصبح الآن كلاهما معرّفين بدلالة ثوابت فيزيائية وذرّية. لقد أعيد تعريف المتر عام 1983 ليصبح الطول الذي

* نشر هذا المقال في مجلة Physics World - May (2004). وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية

1- باستثناء المكروغرامات



تتباعد كتلة النموذج الأصلي الدولي للكيلوغرام (الدائرة الحمراء) وكتل نسخه الرسمية (الخضراء) عن بعضها مع مرور الزمن مبينة المساوئ في التعريف الحالي للكيلوغرام (تدل الأرقام والأحرف على اسم أو رقم كل نسخة). تخصص القيمة المضبوطة 1 kg دوماً للنموذج الأصلي في كل مقارنة بينما عودلت القيم المقيسة لكل من الكتل الأخرى بحيث تظهر أنها كانت لها في البداية الكتلة 1kg بالضبط. فإذا ازدادت كتلة النموذج الأصلي ازدياداً أسرع من ازدياد كتلة إحدى النسخ نقصت الكتلة المقيسة لتلك النسخة حتى ولو كانت تكتسب مادة إضافية. والطريقة الوحيدة للخروج من هذه المعضلة هي إعادة تعريف الكيلوغرام بدلالة ثوابت أساسية.

يقطعه الضوء في الخلاء خلال فترة زمنية مقدارها 1/ 458 792 299 من الثانية. وأعيد تعريف الثانية في عام 1966 لتصبح الفترة الزمنية المساوية إلى 770 631 9192 دوراً من أدوار الإشعاع المقابل للانتقال بين سويتي البنية فوق الدقيقة للحالة الأساسية لذرة السيزيوم 133.

تسمح هذه التعاريف للباحثين بإجراء قياسات في منظومة الوحدات الدولية SI دون الحاجة إلى المقارنة المباشرة مع "معيار رئيسي" وحيد. وهذا بالضبط ما نحتاج إليه في حالة الكيلوغرام. وسوف يزيل مثل هذا المعيار الجديد المشكلة المنطقية الواضحة المتعلقة بتعريف مقدار لا ينبغي له أن يتغير مع مرور الزمن أو تغير الظروف بدلالة جسم مادي يمكن لمادته أن تزيد أو تنقص. ولا بد من الإشارة إلى أنه قد لا يكون تعريف أية وحدة بدلالة الثوابت الأساسية أمراً في منتهى البساطة. وقد بينت القياسات الحديثة للضوء من الكوازارات البعيدة أن قيم بعض الثوابت الأساسية يمكن ألّا تكون ثابتة في نهاية المطاف. لكن هذه التأرجحات، إن وجدت، هي دون مستوى جزء واحد من 10^{16} في السنة، وهذا أقل بكثير من مقدرتنا الحالية في مقارنة الكتل.

توجد، في الحقيقة، عدة طرق لإعادة تعريف الكيلوغرام بدلالة الثوابت الأساسية أو الكتل الذرّية. ولكن التعريف الناجح يجب أن يكون موثوقاً كذلك. وبعبارة أخرى نحتاج إلى طريقة لقياس الكتل في مجال الكيلوغرام تكون دقتها عالية بصورة كافية لكي تحل محل المعيار المادي الحالي. ويبدو أن الأمر صعب جداً حين يتعلق بالكيلوغرام. يمكن حالياً مقارنة كتل كيلوغرام بدقة عالية جداً - أفضل من 1 µg أي 1 من 10^{9}- على الرغم من أنه يُعتقد أن الاستقرار الطويل الأمد لمثل هذه الكتل هو أسوأ بخمسين مرة تقريباً من هذا. ولذلك فإن الطريقة القابلة للتطبيق لتجسيد الكيلوغرام ينبغي أن تتمتع بدقة تعادل على الأقل 10 µg في 1 kg إذا كان ينتظر منها أن توفر تحسيناً ملموساً مقارنة بالمنظومة الموجودة.

أضف إلى ذلك أن التعريف الجديد ينبغي ألّا يكون مقيداً بالتقانة الحالية فيعيق التقدم المستقبلي في علم القياس. وهذا ما يمكن توضيحه، على سبيل المثال، بتعريفي المتر والثانية. فالمتر معرّف بتثبيت سرعة الضوء c التي هي ثابت أساسي. إن أكثر "المساطر" دقة لقياس الطول هي إذن طول موجة الضوء في الخلاء، التي هي c/f، حيث f تواتر الضوء. وبما أن c ثابتة فإن أية تحسينات تطرأ على قياس تواتر الليزر سيكون لها أثر مباشر على دقة قياس الطول، دون أن نكون قد غيرنا تعريف المتر في حقيقة الأمر.

وعلى العكس من ذلك فإن تعريف الثانية يعني أن كل قياسات الزمن في المنظومة SI ينبغي أن تكون مرتبطة بذرة السيزيوم 133. وهذا يلغي استخدام ذرات أخرى أو انتقالات ذرية أخرى قد تكون أكثر ملاءمة للضبط الدقيق للزمن، ما لم يغير تعريف الثانية. وتعريف المتر يعتمد، بالطبع، على تعريف الثانية، لكن تحديد الثانية حالياً دقيق جداً لدرجة أن أية مشاكل في الزمن ليست لها انعكاسات على قياس الطول.

من الكتلة الذرية إلى الكتلة الماكروسكوبية: ثابت أفوكادرو

ما زالت الجهود التي تبذل لوضع الكيلوغرام على قدم المساواة مع المتر والثانية جارية منذ عدة سنوات، ويوجد الآن مرشحان للفوز كبديل. تعتمد الطريقة الأولى على قياس كتلة ذات مقياس كبير بدلالة كتلة ذرة السيليسيوم. وتعتمد الطريقة الأخرى على تعريف الكتلة بدلالة الطاقة، وذلك من قياس المعادل الميكانيكي للطاقة الكهربائية. ولكلا الطريقتين جذور عميقة في ثابت فيزيائي معين: ثابت أفوكادرو في حالة طريقة السيليسيوم، وثابت بلانك في حالة طريقة الطاقة.

في الطريقة الأولى تقاس كتلة جسم ماكروسكوبي بواسطة عدّ الذرات في عينة معينة. عندئذ يمكن ربط كتلة العينة مباشرة بكتلة الذرة. إلا أن تصميم جهاز يستطيع القيام بذلك فعلاً لايزال أمراً غير عملي في الوقت الحاضر. وعوض عن ذلك يجب أن يجري العدّ بطريقة غير مباشرة بالاستفادة من كمال الشبيكة البلورية.

تكمن الفكرة في تحضير بلورة كروية ثم قياس قطرها والفاصل الشبيكي. فإذا افترضنا أن البنية البلورية كاملة، كان بالإمكان تحديد الحجم الذي تشغله البلورة وذلك الذي تشغله ذرة داخل البلورة. وبتقسيم حجم البلورة على حجم الخلية الواحدية (التي تحوي ذرة واحدة) يمكن حساب عدد الذرات في البلورة. ويعطي وزن البلورة عندئذ كتلة عدد معلوم من الذرات، ويربط إذن ما بين كتلة ذرية وأخرى ذات مقياس كبير. وهكذا توفر هذه التقنية طريقة لقياس ثابت أفوكادرو.

طبقت هذه الطريقة بنجاح مُميَّز مجموعة أفوكادرو الدولية التي يرأسها بيتر بيكر P. Becker من مخبر المعايرة PTB في ألمانيا وتضم مخابر في كل من أستراليا وبلجيكا وألمانيا وإيطاليا واليابان والمملكة

2- من المحتمل أنه أكثر الأجسام استدارة في العالم -

إحدى الطرق لتعريف الكيلوغرام هي حساب عدد الذرات في بلورة سيليسيوم لها الكتلة الاسمية 1 kg، في طريقة "أفوكادرو" هذه ينبغي أن يقاس حجم البلورة بدقة. ويكون هذا أسهل ما يمكن إذا كانت البلورة ذات شكل كروي. قطع هذه البلورة من بلورة نقية مكورة كبيرة وصقلها أخيم لايستنر A. Leistner (في الأعلى) والعاملون معه في منظمة الكومنويلث للعلوم والبحوث الصناعية (CSIRO) في أستراليا حتى جعلوها لا تحيد عن كرة مثالية بأكثر من 50 nm. ولو مددت البلورة حتى أصبحت بحجم الأرض لكان الفرق بين أعلى ذروة وأخفض وهدة فيها نحو 7 m.

المتحدة والولايات المتحدة. وكان الاختيار الطبيعي للمادة التي تصنع منها الكرة البلورية هو السيليسيوم لتوفُّر خبرة كبيرة في إنتاج بلورات وحيدة كبيرة الحجم من هذه المادة (الشكل 2).

يحدَّد قطر الكرة باستخدام قياس التداخل الليزري، ومنه يمكن حساب الحجم بعد أن تؤخذ العيوب السطحية بالحسبان. ويحدد الفاصل الشبيكي باستخدام القياس التداخلي لكل من الأشعة السينية والضوء. وفي التجربة تحرَّك عينة من السيليسيوم مثبتة بإحكام مسافة قصيرة تقاس بدلالة الفواصل الشبيكية باستخدام القياس التداخلي للأشعة السينية وفي الوقت نفسه بدلالة الأمتار باستخدام القياس التداخلي الضوئي. والفاصل الشبيكي هو بالضبط مسافة التحريك مقسومة على عدد الفواصل الشبيكية. تقارن كتلة كرة السيليسيوم بعدئذ بكتلة كيلوغرام عياري باستخدام ميزان.

ونحتاج قبل أن نتمكن من ربط قياس الكتلة هذا بكتلة ذرة من ذرات السيليسيوم، ومن ثم الوصول إلى تعريف للكيلوغرام عن طريق ثابت أفوكادرو، أن نعرف الوفرات النظيرية لمختلف نظائر السيليسيوم في البلورة. فالسيليسيوم الطبيعي يحتوي على مزيج من ثلاثة نظائر ^{28}Si و ^{29}Si و ^{30}Si كتلها الذرية النسبية معروفة بدقة كبيرة. ولكننا نحتاج لتحديد نسبها في البلورة إلى استخدام المطيافية الكتلية، حيث تحوَّل عينة من السيليسيوم إلى تيار من أيونات السيليسيوم في الخلاء وهذا يتيح فصل النظائر الثلاثة بطريقة مغنطيسية لأن نسبة الكتلة إلى الشحنة لكل منها مختلفة. وتعيَّن نسب النظائر في العينة الأصلية من نسب التيارات الأيونية لكل من النظائر. ويساهم الارتياب في قياس نسبة النظيرين ^{29}Si و ^{30}Si بدقة في كرة من ^{28}Si بنحو جزء من 10^7 في قياس ثابت أفوكادرو، ولذلك يساهم بارتياب يقدر بنحو 100 µg في قياس الكيلوغرام.

إن هدف مجموعة أفوكادرو هو الوصول إلى دقة جزأين من 10^8. ولذلك فهي تخطط لتحسين دقة كل مرحلة من مراحل قياس ثابت أفوكادرو، مع توجيه انتباه خاص لقياس حجم كرة السيليسيوم وحجم الخلية الواحدية والوفرة النظيرية. ويمكن الوصول إلى تحسين الأخيرة، على سبيل المثال، باستخدام تقنيات فصل كتلي نابذة مطورة لصنع كرة تحتوي على أكثر من 99.99% من ^{28}Si. وستكون تكلفة الكرة البلورية، حين تنجز، بين 1 و2 مليون يورو.

الكتلة بدلالة الطاقة: ثابت بلانك

قد يبدو من المستغرب إعادة تعريف الكيلوغرام باستخدام العلاقة بين الكتلة والطاقة. فتحويل 1 kg من المادة مباشرة إلى طاقة يمكن أن يكون تجربة لا مثيل لها! لكن لتقنية الكتلة – طاقة عدة ميزات تتفوق بها على طريقة "كرة السيليسيوم". ففيها، أولاً، تقاس الكتلة مباشرة ولا تعتمد على شيء مادي صنعي. وثانياً، يمكن استخدامها للربط بين مجال من الكتل والثوابت الأساسية ببساطة بواسطة تغيير المقياس الفيزيائي للجهاز.

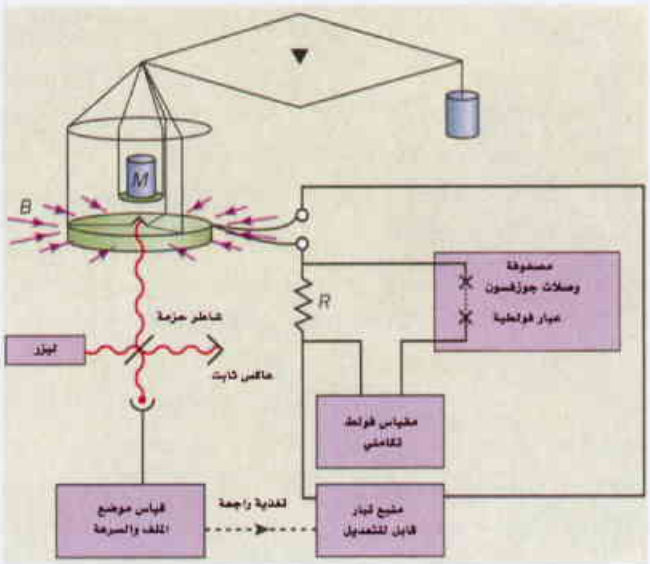
وقد أصبحت الآن هذه الطريقة لإعادة تعريف الكيلوغرام متضمنة في جهاز يعرف باسم ميزان واط. وقد اخترعه بريان كيبل B. kibble من المخبر الوطني للفيزياء NPL والميزان يقارن بين وزن جسم والقوة الكهرمغنطيسية التي يولدها ملف، من سلك يمر فيه تيار، في حقل مغنطيسي شديد (الشكل 3). فيكون وزن الجسم mg ، حيث m هي الكتلة و g تسارع الثقالة، مساوياً إلى القوة التي يولدها السلك: Bil، حيث B كثافة التدفق المغنطيسي و i التيار و l طول السلك.

يمكن قياس الكميات m و g و i بدقة عالية، لكن يستحيل تقريباً قياس B و l مباشرة. إلا أنه يمكن، بتحريك الملف ضمن التدفق بالسرعة u وقياس الفولطية المتولدة V، حذف الجداء Bl باستخدام العلاقة V = Blu. أي أن الاستطاعة الكهربائية والاستطاعة الميكانيكية مرتبطتان بالعلاقة Vi = mgu، وهذا ما يعطي ميزان واط اسمه.

وبإمكاننا، إذا أعدنا ترتيب هذه المعادلة، استخراج كتلة الجسم: m = Vi/gu. ويمكن تعيين المقادير الموجودة في الطرف الأيمن بدقة عدة أجزاء من 10^9 بحيث يعطي قياس الكتلة ارتياباً نهائياً أفضل من 5 µg. نحصل على السرعة u باستخدام مقياس تداخلي ليزري إحدى مرآتيه على الملف والأخرى مثبتة على المغنطيس الذي يولد الحقل.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

3- مبدأ ميزان واط



تعمل تقنية ميزان واط، لتعريف الكيلوغرام بدلالة الثوابت الأساسية، في مرحلتين؛ ينبغي، أولاً، وزن جسم كتلته الاسمية 1 kg، وهذا يتم بموازنة قوة الثقالة المؤثرة على الجسم بالقوة الكهرمغنطيسية التي يولدها ملف يمر فيه تيار في حقل مغنطيسي قطري (كما هو مبين في الشكل) وما إن يتحقق شرط التوازن هذا حتى تصبح كتلة الجسم متعلقة مباشرة بالتيار في الملف وبكثافة التدفق المغنطيسي وبطول السلك في الملف. والمقداران الأخيران يصعب تعيينهما، لكن جداءهما يمكن حذفه من العبارة إذا حُرِّك الملف في التدفق وقيست الفولطية المتولدة. وهذه هي المرحلة الثانية من تقنية ميزان واط (غير مبينة في الشكل). فإذا قيست الفولطية بدلالة مفعول جوزفسون واستنتج التيار من مفعول هول الكمومي أصبحت الكتلة معتمدة فقط على ثابت بلانك وعلى المتر والثانية وهذا يسمح لنا بأن نثبت ثابت بلانك ونصل إلى تعريف للكيلوغرام.

ويعيّن التسارع العائد للثقالة بطريقة مشابهة بواسطة قياس تسارع مرآة تسقط سقوطاً حراً في حجرة مخلاة. ولذلك فإن كلاً من g و u لا تعتمدان إلا على تعريفي المتر والثانية.

يستند قياس التوتر على مفعول جوزفسون، الذي تُولَّد فيه فولطيّة عبر وصلة فائقة الناقلية أثناء وجود حقل أمواج مكروية. تكمم الفولطية عبر الفرجة في وحدات من fh/2e، حيث f تواتر الإشعاع الراديوي و h ثابتة بلانك و e شحنة الإلكترون.

أما التيار فيعيّن بواسطة تمريره في مقاوم وقياس هبوط الكمون الناتج بواسطة مفعول جوزفسون كذلك. وتقاس مقاومة المقاوم بواسطة مفعول هول الكمومي ولذلك إن قيمتها تصبح معروفة بدلالة النسبة h/e^2. وهذا يعني أن العبارة النهائية للكتلة لا تحوي سوى ثابت بلانك والمتر والثانية إضافة إلى بعض العوامل العددية. ولم يكن هذا الطريق التجريبي الأنيق الذي يربط بين الكتلة والثوابت الأساسية متاحاً قبل اكتشاف مفعولي جوزفسون وهول الكمومي.

ولما كانت تجربة ميزان واط تربط بين استطاعتين افتراضيتين كهربائية وميكانيكية فإنه ليس للعمليات المبدِّدة للطاقة – التي يمكن أن تسبب أخطاء كبيرة في المنظومات التي تقارن بين الاستطاعتين الكهربائية والميكانيكية الحقيقيتين - أي تأثير على النتيجة. ولكن هذا لا يعني على كل حال أنه لا توجد مثالب للجهاز. فالتحديات هنا، شأنها في ذلك شأن كل القياسات الميكانيكية التي تسعى لمثل هذا المستوى من الدقة، تكمن في التفاصيل.

فعلى سبيل المثال، الوزن والقوة والسرعة كلها مقادير متجهية، وهذا يعني أن الجهاز ينبغي أن يُضبَط بإحكام شديد بصورة تكون معها متجهتا القوة والسرعة شاقوليتين وإلا لما تحققت المعادلة المذكورة سابقاً. وينبغي أن يعيّن الضبط الزاوي في الجهاز وأن يُحافَظ على قيمته بدقة تبلغ 50 مكروراديان أو أفضل من ذلك، وهذا أمر ممكن لكنه صعب. وتنشأ الصعوبة من حقيقة أن الجهاز بكامله يُشغَّل في الخلاء لحذف الآثار الناجمة عن الطفو في الهواء على قياس الكتلة وإبطال أثر الهواء لدى قياس السرعة. وكذلك يجب أن تبقى كثافة التدفق المغنطيسي وهندسة الملف ثابتتين خلال مرحلتي التجربة. وهذا يعني، بالنسبة إلى ميزان واط في مخبر NPL، أن درجة حرارة المغنطيس الدائم يجب أن تبقى مستقرة لأفضل من 10 μK.

هناك ثلاثة موازين واط جاهزة للعمل في حيز الوجود: واحد في المخبر NPL وواحد في المعهد الوطني للمعايير والتقانة (NIST) في غيثرسبورغ وثالث في المكتب الفدرالي السويسري للقياس والإجازة (METAS) في برن. يستطيع ميزان NPL (الشكل 4) أن يزن كتلة 1 kg وهو يشغل حجماً قدره 2m × 1m ×2m. وهو أصغر قليلاً من جهاز NIST، الذي يقيس أيضاً كتلاً في مجال الكيلوغرام. أما ميزان METAS فهو أيضاً أصغر ويعمل في مجال الكتل البالغة نحو 100 g. وهناك ميزان رابع قيد البناء حالياً في المكتب الوطني للقياس (BNM) في باريس، وخامس لا يزال في مراحل التخطيط الأولى له في BIPM.

تستخدم كل موازين واط مبدأ العمل نفسه لكنها تختلف اختلافاً

4- عملية التوازن

يتيح ميزان واط للباحثين أن يعزفوا الكيلوغرام من خلال المساواة بين الطاقة الميكانيكية والكهربائية. يُعلَّق الملف في الحقل القطري لمغنطيس من ثلاثة قضبان من البرونز الفسفوري، متصلة بإطار مثلث يتدلى من أحد ذراعي ميزان عادي. يمكن رؤية أسطوانة كتلة الكيلوغرام الاختبارية تماماً تحت الإطار، بينما المغنطيس محتوى ضمن حجرة الخلاء الأسطوانية في أسفل الصورة. وهذا الجهاز الموجود في مخبر الفيزياء الوطني في المملكة المتحدة، والذي يظهر في الصورة مع مؤلف المقال، هو واحد من ثلاثة موازين واط قيد التشغيل في العالم.

بيناً في تفاصيل تشغيلها. وهذا التنوع هو أمر جيد لأنه ينبغي أن يزيل الأخطاء الموجودة في واحد أو أكثر من الموازين كجزء من تصميمها الميكانيكي أو الكهربائي. فمنظومة BNM يفترض أن تزيل خاصة أخرى مشتركة بين التجارب وذلك بتضمينها مقياس ثقالة يُسقط ذرات عوضاً عن المرايا لقياس التسارع العائد للثقالة.

نتائج من التجارب

لقد نشر كل من NPL وNIST قيماً لثابت بلانك باستخدام موازين واط تُشغَّل في الهواء وليس في الخلاء وتعتمد على القيمة الموجودة للكيلوغرام. وكانت نتيجة NPL في عام 1988 هي 6.6260682×10^{-34} Js بارتياب قدره 2 من 10^7، وكانت نتيجة NIST بعد مرور عشر سنوات متفقة مع السابقة وتساوي 6.6260689×10^{-34} Js بارتياب قدره 0.9 من 10^7.

وفي العام الماضي نشر بيتر بيكر والعاملون معه آخر قيمة لثابت أفوكادرو باستخدام طريقة كرة السيليسيوم لإعادة تعريف الكيلوغرام. وكانت القيمة التي حصلوا عليها هي 6.0221353×10^{23} mol^{-1} بارتياب قدره 3.4 من 10^7 وهذا ما يمكن تحويله إلى قيمة لثابت بلانك تساوي 6.620761×10^{-34} Js وذلك باستخدام تركيبة من ثابت ريدبرغ وثوابت أخرى، بارتياب قدره 6 من 10^9، وهو ارتياب مهمل في هذه الظروف.

تختلف هذه القيمة عن نتيجتي NPL وNIST بأكثر من جزء من 10^6. وبكلمات أخرى تختلف طريقتا كرة السيليسيوم وميزان واط بمقدار 1 mg في تعريفهما للكيلوغرام. ولكي تكون هناك فرصة واقعية لإعادة تعريف الكيلوغرام باستخدام إحدى الطريقتين لا بد من تفسير هذا الاختلاف. وهناك نتائج أخرى متوقعة من NPL هذا العام ومن مجموعتي NIST وMETAS في المستقبل القريب، فهذا وقت مثير لكل المعنيين بالأمر.

إعادة تعريف الكيلوغرام

لو كللت هذه الجهود المبذولة لإعادة تعريف الكيلوغرام بالنجاح لعنى ذلك أنه ينبغي تغيير منظومة الوحدات الدولية SI. وهذا يمكن أن يوفر فرصة لتثبيت ثابت ذري أو أساسي مثلما أتاح تعريف المتر تثبيت سرعة الضوء. ولاشك أن الاختيار بين الثوابت التي سيثبت أحدها هو بين ثابت أفوكادرو وثابت بلانك، لأن هذه هي الطريقة الوحيدة التي نستطيع بواسطتها استخدام تقنية كرة السيليسيوم أو ميزان واط لقياس الكتلة دون العودة إلى عيار كتلة ماكروسكوبي. سوف يوفر تثبيت ثابت أفوكادرو تعريفاً بسيطاً للكيلوغرام بدلالة ذرة ^{12}C (أو ^{28}Si أو ^{29}Si ...إلخ). وسيؤدي بنا اختيار الحفاظ على الوضع الحالي - أي استخدام ذرة ^{12}C لتعريف ثابت أفوكادرو - إلى تعريف جديد للكيلوغرام مفاده "الكيلوغرام هو كتلة $5.018...\times10^{25}$ ذرة كربون - 12 ساكنة وغير مرتبطة".

ومن جهة أخرى فإن تثبيت ثابت بلانك سوف يثبت العلاقة بين تواتر الفوتون وطاقته في منظومة الوحدات الدولية SI. وقد اقترح باري تايلور B. Taylor وبيتر موهر P. Mohr في NIST تعريفاً للكيلوغرام حسب السيناريو التالي: "الكيلوغرام هو كتلة جسم ساكن، الطاقة المكافئة له تساوي طاقة مجموعة من الفوتونات مجموع تواتراتها $1.35639...\times10^{50}$ Hz". وميزة هذا التعريف أنه يغير تعريف الكيلوغرام فقط دون بقية الوحدات SI، لكنه يخفي الفيزياء اللازمة لتثبيت ثابت بلانك بواسطة إدخال التركيب c^2/h.

ويمكن أن يصحح هذا بواسطة تغيير أكثر جذرية في منظومة الوحدات الدولية SI. فإذا أعيد تعريف الجول، مثلاً، بحيث يصبح" طاقة مجموعة من الفوتونات مجموع تواتراتها $1/6.6260....\times10^{-34}$ Hz" أمكن إعادة تعريف النيوتن عندئذ ليصبح "القوة التي حين تطبق وفق خط تأثيرها عبر مسافة متر واحد تنجز عملاً يساوي جولاً واحداً". ويصبح الكيلوغرام عندئذ " الكتلة التي تتسارع بمقدار متر واحد في الثانية المربعة حين تؤثر عليها قوة مقدارها نيوتن واحد". وسيكون لهذا تأثير عميق على المنظومة SI لأننا جعلنا الطاقة وحدة أساسية وأثّرنا على تعاريف الوحدات الدولية SI الثلاثة كلها. ولكنها سوف تكون كذلك طريقة أكثر "انفتاحاً" لتعريف الكتلة بدلالة الطاقة.

إن إعادة تعريف الكيلوغرام - وربما النيوتن والجول أيضاً - ستستغرق سنوات عديدة. ومن الممكن أن يحل محل طريقتي كرة السيليسيوم وميزان واط اكتشاف فيزياء جديدة وتقانة جديدة. وعلى أية حال، إذا صمم التعريف الجديد للكيلوغرام بطريقة مناسبة فينبغي أن يدوم على الأقل قدر ما أدت أسطوانة البلاتينيوم - إيريديوم دورها خلال 125 سنة الماضية.

☆ ☆ ☆

صنع ليزرات تردم هوَّة التِّراهِرْتز★

ج. ديفيز
من مدرسة الهندسة الإلكترونية والكهربائية، جامعة ليدز، المملكة المتحدة
إ. لينفيلد
من مختبر كافنديش، جامعة كمبردج، المملكة المتحدة

ملخص

أدى بلوغ تقانة توليد إشعاع التِّراهرتز وكشفه غايتها في الكمال والنضج إلى ظهور تطبيقات جديدة من خلال العلوم الفيزيائية والحيوية والطبية.

الكلمات المفتاحية: إشعاع تراهِرْتزي، ليزر الشلال الكمومي، مطيافية تراهرتزية، منبع تراهرتزي.

دأب الفيزيائيون والمهندسون طوال القرن الماضي تقريباً على ولوج عالم الطيف الكهرطيسي وإخضاعه لسيطرتهم تدريجياً. وانطلاقاً من الضوء المرئي، فقد تقدمنا خارج نطاقه، وطوَّرنا تقنيات لتوليد وكشف الإشعاع الموجود عند تواترات أعلى وأدنى من التواترات التي تقع عند طرفي هذا الطيف. وكنا كلما تمكنا من السيطرة على منطقة تالية من الطيف، قمنا بتطوير تقانة لاستغلال الإشعاع الموجود هناك. فأشعة X على سبيل المثال، استخدمت بصورة روتينية لتصوير الأشياء الخافية. واستخدم الإشعاع تحت الأحمر القريب في اتصالات الضوء الليفي وفي قراءة الأقراص المتراصة compact-disc players، في حين تستخدم الأمواج المكروية لبث الإشارات من هواتفكم النقالة.

لكن يوجد جزء من الطيف الكهرطيسي ظلَّ يقاوم بثبات تقدمنا. يقع هذا الجزء في منطقة التواترات التِّراهرتزية (التِّراهرتز THz وحدة لقياس التواتر وتساوي 1012 Hz هرتز) التي تشمل تواترات تمتد من حوالي 300 GHz إلى 10 THz تِراهرتز. وهذا يوافق أطوالاً موجية تقع تدريجياً بين 1 و0.03 mm، وتقع بين مجالي الأمواج المكروية وتحت الحمراء من الطيف (الشكل 1). وعلى كل حال، فإن الصعوبات التي واجهها صنع منابع ومكاشيف تراهرتزية متراصة بشكل ملائم قد دلت على أن هذه المنطقة من الطيف لم يُشرع في استكشافها إلا في العقد الماضي.

تستطيع هذه المنظومة الموجودة لدى جامعة كمبردج أن تصور الأشياء باستخدام نبضات من إشعاع تراهرتزي

الإمساك بالتِّراهرتز

إن المظهر المثير للاهتمام بشكل خاص في الإشعاع التراهرتزي هو أن نبائط أنصاف النواقل التي تولد إشعاعاً عند تواترات أعلى وأدنى من هذا التواتر تعمل بطرق مختلفة كلياً. فعند تواترات أدنى، يمكن توليد الأمواج المكروية والأمواج المليمترية بواسطة نبائط "إلكترونية" كتلك التي توجد في الهواتف النقالة. أما عند تواترات أعلى، فتُولَّد الأشعة تحت الحمراء القريبة والضوء المرئي بواسطة نبائط "ضوئية" كالثنائيات الليزرية من أنصاف النواقل، حيث تقوم فيها الإلكترونات بإصدار الضوء عندما تقفز عبر الفرجة العصابية لنصف الناقل.

ولسوء الحظ، لا يمكن صنع أي من النبائط الإلكترونية ولا الضوئية بشكل ملائم كي تعمل في منطقة التِّراهرتز. إن مجال التواترات التراهرتزية كالإله يانوس – وهو إله اليونان ذو

الشكل 1 – فرجة التراهرتز

يشغل الإشعاع التراهرتزي تواترات تقع بين 300 GHz إلى 10 THz تقريباً. لذا فقد كان من الصعب توليده وكشفه بصورة ملائمة لم يكن من الممكن لنبائط أنصاف النواقل التي تولد الضوء ما تحت الأحمر القريب والضوء المرئي. ولا للنبائط الإلكترونية التي تولد الإشعاع المليمتري والمكروموجي. أن تصنع بحيث يمكنها أن تصدر إشعاعا بصورة فعالة في المجال التراهرتزي.

★ نشر هذا المقال في مجلة Physics World – April, 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

الوجهين الذي كان قادراً على النظر في اتجاهين بآن واحد- يقع بين المنطقتين الإلكترونية والضوئية من الطيف الكهرطيسي. وعليه فإن صنع منبع تراهرتزي يُعدُّ عملاً مثبطاً للعزم لأنه يقتضي العمل في مجال فشلت فيه تقانات الحالة الصلبة القائمة.

ومع ذلك، فإن الباحثين مفتونون بالإشعاع التِّراهرتزي، ليس فقط بسبب ما يُتوقع له من تطبيقات عديدة ممكنة في التحسس (الاستشعار)، والتصوير والمطيافية من خلال العلوم الفيزيائية، والطبية والحيوية، بل ربما أخيراً في الاتصالات أيضاً. إن الإشعاع التراهرتزي مفيد بشكل خاص في دراسة اهتزازات الجزيئات ودوراناتها إذ يقع الكثير منها في هذا المجال من الطاقة. لذا فبإمكانه أن يقدم بصمات ومعالم كيميائية جديدة للجزيئات. كما يستطيع الإشعاع التراهرتزي أن يحاكي إثارات بين جزيئية معينة وبذلك لايسبر الأنواع الجزيئية لوحدها، بل أيضاً الطريقة التي تتأثر فيها الجزيئات مع وسطها المباشر. وفي الحقيقة، عندما نعبر من المجال تحت الأحمر نزولاً إلى منطقة الأمواج المليمترية، فإن تصوير الجوامد يصبح أقل اعتماداً على أنماط اهتزازية نوعية - وأكثر اعتماداً على الاختلافات في نفاذ الإشعاع الجرمي أو امتصاصه أو انعكاسه.

للإشعاع التراهرتزي ميزة أخرى هي أنه يستطيع أن يخترق مواد عاتمة ضوئياً عديدة كالأوراق والبلاستيك والملابس. وعلى هذا يمكن استخدامه لتصوير أو تحسس الأجسام المخفية. والإشعاع التراهرتزي أيضاً هو إشعاع غير مؤيّن ويتبعثر أقل من الضوء المرئي والضوء تحت الأحمر القريب، مما يجعله مفيداً للتصوير الطبي [1]. والفلكيون مهتمون أيضاً بالمجال التراهرتزي من الطيف، لأسباب يرجع أقلها إلى أن شدة الخلفية الناجمة عن الأمواج المكروية الكونية - وهي صدى الانفجار العظيم - تبلغ ذروتها عند الطرف الأخفض من مجال التواترات التراهرتزية.

مطيافية التِّراهرتز في نطاق الزمن

نظراً لمعرفة الباحثين بتطبيقاتها العديدة، فإنهم حريصون على تطوير منظومات مناسبة لتوليد وكشف ومناولة إشعاع التواتر التراهرتزي. كما أنهم يريدون أيضاً أن ينشئوا طرائق لدراسة هذه المنطقة من الطيف الكهرطيسي غير المستكشفة من قبل. لكن عِلْم الباحثين بالصعوبات التي تواجهها عملية صنع منابع تراهرتزية من الحالة الصلبة، جعلهم يركزون على تقنية تدعى المطيافية التراهرتزية في نطاق الزمن terahertz time-domain spectroscopy أو التصوير النبضي التراهرتزي terahertz pulsed imaging، التي طورها لأول مرة مارتن نوص M. Nuss والعاملون معه في مختبرات AT&T Bell في منتصف التسعينيات من القرن الماضي. ولقد أصبحت هذه التقنية منذ ذلك الحين حصان الشغل في بحث التصوير التراهرتزي والمطيافية.

إن الجزء المركزي في هذه التقنية هو نبيطة من نصف ناقل تدعى الباعث (المُصدِر) الناقل ضوئياً photoconductive emitter، الذي طوره ديفيد أوستُن D. Auston والعاملون معه في مختبرات AT & T Bell. تتألف النبيطة من قطعة صغيرة من بلورة نصف ناقلة، مثل زرنيخيد الغاليوم. يؤمن الإلكترودان المعدنيان المرسَّبان على البلورة حقلاً كهربائياً كبيراً عبر سطحها. تُطلق بعد ذلك على البلورة نبضات قصيرة جداً من ضوء الليزر، تقع عادة في المجال 10 إلى 200 fs فمتوثانية. إذا كانت الفوتونات تمتلك طاقة كافية - وغالباً ما يستخدم الضوء تحت الأحمر - فإنها تثير الإلكترونات فتجتاز هذه الأخيرة فرجة العصابة في نصف الناقل وتخلق أزواجاً من الإلكترونات والثقوب بالقرب من سطح البلورة. إن ثنائي القطب dipole المتغير الذي ينتج من تسريع هذه الأزواج من الإلكترونات والثقوب في الحقل الكهربائي المطبق يولد نبضة إشعاع ذي تواترات واقعة في النطاق التراهرتزي. إن المميزات الدقيقة لهذه النبضات تعتمد على تصميم الباعث الناقل ضوئياً وعلى الأجزاء التي يتركب منها، كما تعتمد أيضاً على الترتيبات التجريبية.

ولإجراء قياسات طيفية، يُجمَّع الإشعاع التراهرتزي ثم يُسدد ويبأّر على عيِّنة (الشكل 2a). فيمكن بعدئذٍ كشف الإشعاع النافذ من العينة أو المنعكس عنها ليعطي معلومات موثوقة عن بنية العينة عند نقطة التبئير. ويمكن كذلك إنشاء صورة ثنائية البعد 2D image للمادة وذلك بتحريك العينة تدريجياً عبر الحزمة باستعمال خطوات ينفذها محرك. لهذه التقنية مَيْز (فَصْل) يبلغ حوالي 0.3 mm عند 1 THz، علماً أن للتواترات المختلفة قيم ميز مختلفة.

يمكن كشف الإشعاع النافذ بعدد من الطرق المختلفة . فإحدى الخيارات أن نُجمِّع الإشعاع ونبئره على بلورة مُعايَنة كهرضوئية electro-optic sampling(EOS)crystal، مثل تيلّوريد الزنك. يتغير الانكسار المضاعف لهذه المادة عندما تُعرَّض لحقل كهربائي للإشعاع التراهرتزي، وهذا يعني أن قرينة الانكسار مختلفة على امتداد المحاور المختلفة للبلورة. وهكذا، يمكن كشف الانكسار المضاعف بتعريض البلورة EOS لفلْقة من نبضة إشعاع تحت الأحمر القريب من رتبة الفمتوثانية. تغير البلورة استقطاب الفلقة، الذي يمكن قياسه باستخدام تجهيزات ضوئية نموذجية. وهكذا، بمعرفة الاستقطاب يصبح من الممكن تعيين الانكسار المضاعف ومن ثم تعيين الحقل الكهربائي الآني للإشعاع التراهرتزي. وفي الحقيقة، يتناسب التغير في الاستقطاب طرداً مع كبر قيمة الحقل الكهربائي التراهرتزي.

وتسمح هذه الترتيبات التجريبية أيضاً بمراقبة الحقل الكهربائي للنبضة التراهرتزية عندما يتغير مع الزمن. تُنجز هذه المراقبة بتغيير طول المسار الضوئي للنبضة السابرة باستخدام مرآة محكومة بالحاسوب، التي تعمل على تأخير وصول النبضة السابرة بمقدار متغير. تدوم النبضة السابرة بضعة أعشار الفمتوثانية فقط، في حين تستطيع النبضة التراهرتزية أن تدوم مدة أطول. وعليه فبالاعتماد على طول المسار الضوئي تقوم النبضة السابرة باختبار جزء مبكر

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

أو متأخر من الحقل الكهربائي التراهرتزي لدى مروره عبر البلورة EOS.

إن ما ينتهي إليه المرء هو رسم بياني للإشارة التراهرتزية كتابع للزمن (الشكل 2b). ويمكن بعدئذ الحصول على طيف تواتر الإشعاع بتطبيق تحويل فوريه على هذه الإشارة. إن المطيافية التراهرتزية في نطاق الزمن terahertz time-domain spectroscopy هي تقنية كشف مترابط coherent detection technique لأنها تقيس كلاً من سعة وطور النبضة التراهرتزية المارة عبر العينة أو المنعكسة عنها وبالتالي يمكن الحصول على معامل امتصاص العينة أو قرينة انكسارها.

إن هذه التقنية ليست هي الطريقة الوحيدة لتصوير الأجسام بالإشعاع التراهرتزي، رغم أنها ربما تكون هي الأفضل رسوخاً وتوطيداً. كما أنها تشكل أساس المنظومات التجارية بالنسبة للتصوير والمطيافية التراهرتزيين، تلك المنظومات التي أطلقتها حديثاً تِرا فيو لِمتدْ TeraView Ltd – وهي شركة أنشأها دون أرنون D. Arnone والعاملون معه في Toshiba Research Europe Ltd في كَمبردْج، بالولايات المتحدة، عام 2001.

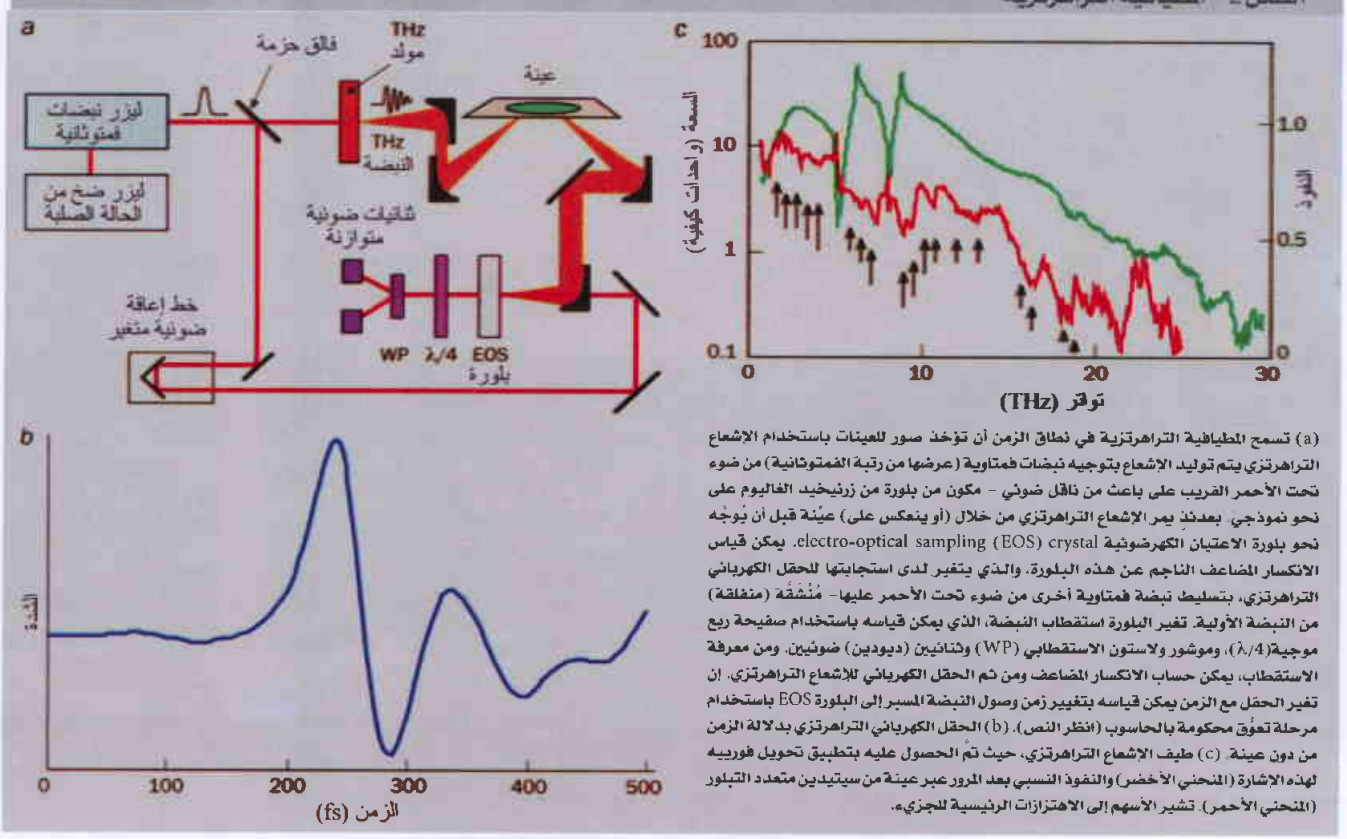
وباستعمال تنوع من الإجراءات التجريبية المبينة في الشكل 2a، استطاع ياو- تشون شِن Yao-chun Shen وزملاؤه في مختبر كفَنْديش، في كَمبريدج، أن يولدوا نبضات تراهرتزية ذات عرض عصابي غير مسبوق يحتوي على مركبات تواتر مفيدة تمتد إلى ما فوق 30 THz. لقد استعمل شِن هذا المقياس الطيفي (مقياس الطيف) التراهرتزي لدراسة السيتِدين cytidine المتعدد التبلور، الذي هو جزء من جزيء الـ DNA. أظهر الطيف 19 نمطاً اهتزازياً مختلفاً على الأقل تصل إلى 20 THz (الشكل 2c). وتتضمن هذه "تأرجح" wagging مجموعتي N-H و NH_2، بالإضافة إلى تشوه حلقاتها الجزيئية. إن هذه الأنماط مهمة لأنها شديدة الحساسية للرابطة الهدروجينية البيجزيئية (بين الجزيئات)، وبذلك تقدم بصمة فريدة للحالة الشكلية (التكوينية) للجزيء وآثار بيئته المحلية.

تطبيقات المطيافية والتصوير في مجال التراهرتز

إن للتصوير والمطيافية في مجال التواترات التراهرتزية تطبيقات ممكنة عديدة، وكانت حديثاً موضوع مجلد كامل من philosophical Transactions of the Royal Society[3]. فعلى سبيل المثال، يطور بيترهارينغ بوليفَر P.H.Bolivar وزملاؤه، لدى RWTH في آخن بألمانيا، تقنيات قائمة على التراهرتز لتوصيف المادة الوراثية. لقد لاحظ فريق بوليفَر فرقاً جلياً بين الإشعاع الذي ترسله أفلام رقيقة من DNA مهجَّنة (مضاعفة الخيط) والنظراء غير الأسوياء (أحاديي الخيط) من هذا الدنا DNA.

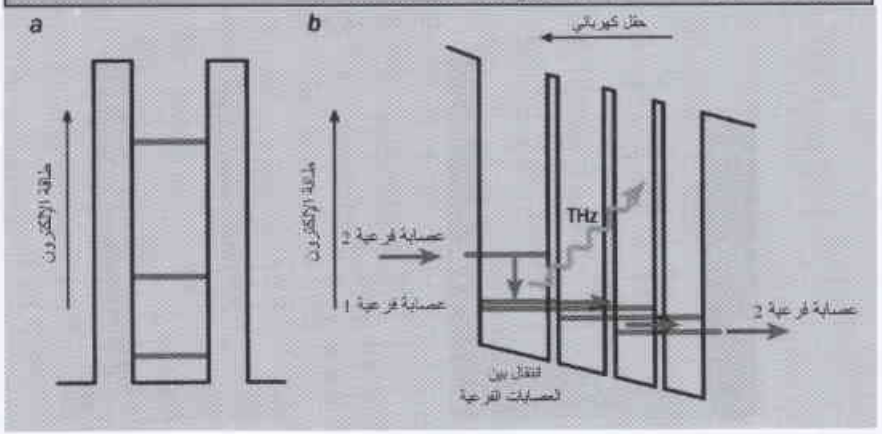
عزا الباحثون الاختلاف إلى أنماط الاهتزاز الإضافية في الجزيء المضاعف الخيط. ولذلك أمكن استخدام التقنية لتعيين التكوين الوراثي لجزيء غير معروف من الدنا أحادي الخيط، بتقدير

الشكل 2 – المطيافية التراهرتزية



(a) تسمح المطيافية التراهرتزية في نطاق الزمن أن تؤخذ صور للعينات باستخدام الإشعاع التراهرتزي يتم توليد الإشعاع بتوجيه نبضات فمتاوية (عرضها من رتبة الفمتوثانية) من ضوء تحت الأحمر القريب على باعث من ناقل ضوئي – مكون من بلورة من زرنيخيد الغاليوم على نحو نموذجي. بعدئذ يمر الإشعاع التراهرتزي من خلال (أو ينعكس على) عيِّنة قبل أن يُوجَّه نحو بلورة الاعتيان الكهرضوئية electro-optical sampling (EOS) crystal. يمكن قياس الانكسار المضاعف الناجم عن هذه البلورة، والذي يتغير لدى استجابتها للحقل الكهربائي التراهرتزي، بتسليط نبضة فمتاوية أخرى من ضوء تحت الأحمر عليها- مُنْشَقَّة (منفلقة) من النبضة الأولية. تغير البلورة استقطاب النبضة، الذي يمكن قياسه باستخدام صفيحة ربع موجية($\lambda/4$)، وموشور ولاستون الاستقطابي (WP) وثنائيين (ديودين) ضوئيين. ومن معرفة الاستقطاب، يمكن حساب الانكسار المضاعف ومن ثم الحقل الكهربائي للإشعاع التراهرتزي. إن تغير الحقل مع الزمن يمكن قياسه بتغيير زمن وصول النبضة المسبر إلى البلورة EOS باستخدام مرحلة تعوُّق محكومة بالحاسوب (انظر النص). (b) الحقل الكهربائي التراهرتزي بدلالة الزمن من دون عينة. (c) طيف الإشعاع التراهرتزي، حيث تم الحصول عليه بتطبيق تحويل فورييه لهذه الإشارة (المنحني الأخضر) والنفوذ النسبي بعد المرور عبر عينة من سيتيدين متعدد التبلور (المنحني الأحمر). تشير الأسهم إلى الاهتزازات الرئيسية للجزيء.

الشكل 3 -ليزرات الشلال الكمومي



(a) صنع أول مرة في منتصف التسعينيات من القرن العشرين، حيث تتألف ليزرات الشلال الكمومي من مئات الطبقات المتعاقبة من أنصاف نواقل ذوات الفرجات العصابية العالية والمنخفضة والتي تشكل سلسلة من "الآبار الكمومية" التي لا يتجاوز ثخن الواحدة منها بضع ذرات. فالمادة ذات الفرجة العصابية الضيقة يمكن أن تكون زرنيخيد الغاليوم (GaAs)، بينما المادة ذات الفرجة العصابية الواسعة يمكن أن تستمدّ من زرنيخيد الغاليوم المنيوم (AlGaAs). فإذا كانت كل طبقة من GaAs رقيقة بما فيه الكفاية، تنفلق سويات طاقة الإلكترون المسموح بها في عصابة نقل هذه الطبقة الى سلسلة من العصائب الفرعية. (b) عندما يُطبق حقل كهربائي يستطيع الالكترون الذي يُحقن في البنية أن يهبط من عصابة فرعية عالية الطاقة الى عصابة فرعية منخفضة الطاقة ويصدر فوتوناً في هذه العملية. من الممكن الآن صنع مثل هذه النبائط التي تصدر إشعاعاً ليزريا تراهرتزياً.

مدى إحكام ارتباطه بجزيئات اختبار أحادية الخيط معلومة. وقد دُعّمت الاكتشافات التجريبية بالحسابات التي تنبأت بعدد التجاوبات في مجال التواتر التراهرتزي ترافقها إثارات ضمن العمود الفقري لجزيئات الدنا المضاعفة الخيط. إن الفائدة (الميزة) الكبيرة للتقنية تكمن في أنه يمكن دراسة جزيئات الدنا دونما حاجة إلى إلحاق جزيئات اختبار صغيرة، كما هي الحال عادة في البيولوجيا الجزيئية. الجانب السيّىء هو أن العينات السميكة نسبياً مطلوبة كي يتفاعل الإشعاع بصورة كافية مع المادة لينتج إشارة قوية بما يكفي.

يطور الآن بوليفر وفريقه مقاربات بديلة، تشمل ترسيب أشرطة معدنية رقيقة على سطح عازل وكسوتها بطبقة من الدنا. يمكن لإشعاع تراهرتزي أن يوجَّه ضمن الأشرطة، وهذا يزيد من المسافة التي يتأثر فيها الإشعاع مع الدنا. ونتيجة لذلك، فإن الشيء المتميِّز هو الحاجة إلى مادة أقل لإنتاج إشارة قوية. وفي الحقيقة، نحتاج إلى 10^{-15} مول فقط – أي حوالي 100 بليون جزيء، وهو تقريباً نفس ما نحتاجه بطرائق أكثر تقليدية مثل مطيافية الدنا المفلورة. إن التقنية حساسة بما فيه الكفاية حتى لاختيار طفرات في أسس (مكوّنات) إفردية على سلسلة الدنا.

هناك مجال آخر لتزايد الاهتمام يتضمن استخدام الإشعاع التراهرتزي لكشف أجسام محجوبة كالأسلحة المعدنية وغير المعدنية، أو المتفجرات، أو حتى العوامل البيولوجية كالجمرة anthrax. يمكن للإشعاع التراهرتزي أيضاً أن يخترق أنواعاً عديدة من سياجات غير معدنية ويميِّز المعادن من البلاستيك. وبالإضافة إلى ذلك، هناك منابع متعددة للإشعاع التراهرتزي تصدر في مجال واسع من التواترات، وهذا يعني أنه يمكن اختيار بصمات طيفية خاصة في العينات. من ميِّزات هذه التقنيات أنها تستطيع أن تعمل حتى لو تغيرت بصورة خفية الصفات الكيميائية أو البنيوية لمادة خطرة.

لقد اكتشف دان فاندر وايد D. van der Weide والعاملون معه في جامعة ويسكونسن- ماديسون، على سبيل المثال، أن الأجسام المعدنية وغير المعدنية تعكس الإشعاع التراهرتزي بقوة أشد بكثير من الجلد. كما أنهم قاسوا أيضاً الإشعاع المنعكس عن مقادير صغيرة من متفجرات بلاستيكية، ووجدوا أن لهذه المواد ثوابت عزل مختلفة جداً في مجال التواتر 1 إلى 500 جيغاهرتز. وقد وضعوا أيضاً أبواغاً spores من العصيات السيرومية Bacillus cereus – وهي محاكٍ للجمرة – في مغلفات، ووجدوا أن الإشعاع المُرسل كان مختلفاً بشكل ملحوظ عن المغلفات التي تحتوي على مواد أخرى كالسكر والنشاء والطحين ومسحوق الطَّلْق talcum powder.

توحي كل هذه التجارب بأنه يمكن استخدام الإشعاع التراهرتزي للكشف من بُعد عن مثل هذه التهديدات رغم أن ذلك يشكل هدفاً مرغوباً، لكن المشكلة هي أن الماء في الجو يمتص الإشعاع التراهرتزي بقوة لا بأس بها. ويمكن لتلك المشكلة أن تجعل إنجاز المطيافية التراهرتزية أو تصوير مادة ما من الأمور الصعبة إذا كانت على مسافة بعيدة من الكاشف.

تتضمن الدراسات الأخرى التي تجري قدماً في الوقت الراهن عملاً يقوم به فيليب تاديPh. Taday من ترا فيو لمتد، وهو الذي كان يبحث في إمكان استخدام المطيافية التراهرتزية لدراسة المنتجات الصيدلانية في موضعها الأصلي خلال التصنيع. وفي الوقت نفسه كان هارتموت روسكوس H. Roskos من جامعة جوهان ولفانغ جويثي في فرانكفورت بألمانيا، يطور منظومة مسح scanning system لتقييم النتوءات والخدوش والفجوات وغيرها منَ العيوب الموجودة على سطح الفولاذ المسحوب rolled steel والمعادن الأخرى. ويهدف فريقه أيضاً إلى تطوير تقانة تصوير تراهرتزي يمكن استخدامها على خط الإنتاج أثناء عمليات التصنيع. وأخيراً، كان إكسي- تشنغ زانغ X.C. Zhang من معهد رنسلَر للبوليتكنيك في نيويورك يستخدم إشعاعاً تراهرتزياً ليصور الرقاقات الواقية التي كست مكوك الفضاء التابع لـ NASA. يريد زانغ أن يحدد ما إذا كانت المواد المكونة قد تقشّرت، وفيما إذا كان باستطاعة الإشعاع التراهرتزي أن يقدم أي معلومات حول حادث كولومبيا المروع في العام الماضي.

دور ليزر الشلال الكمومي

رغم تلك الإنجازات، فإنه ما تزال هناك حاجة ماسة (حاسمة) لمصادر ومكاشيف تراهرتزية ذات طاقة عالية. إن مثل هذه المعدات

ستقود إلى منظومات أصغر وأرخص تستطيع أن تحصل على صور بسرعة أكبر بكثير ومن مسافات بعيدة عن العينة. قد يكون ليزر الشلال الكمومي أحد الحلول الممكنة. يُصدر هذا النوع من الليزرات ضوءًا بتواتر يعتمد على مكوناته [2]، وقد كان جيروم فيست G. Faist وفدريكو كاباسو F. Capasso والعاملون معهما في مختبرات بل هم روّاد هذا العمل في التسعينيات من القرن الماضي. وعلى كل حال، لقد تم حديثاً، ولأول مرة، تطوير ليزرات الشلال الكمومي التي تصدر ضوءًا ذا تواترات تراهرتزية.

تتألف ليزرات الشلال الكمومي من مئات من الطبقات المتعاقبة المكونة من أنصاف نواقل ذوات فرجات عصابية عالية ومنخفضة، ثخانة كل طبقة منها لا تتجاوز ثخانة بضع ذرات فقط. المادة ذات الفرجة العصابية المنخفضة هي في الأغلب زرنيخيد الغاليوم (GaAs)، بينما يمكن أن تكون المادة ذات الفرجة العصابية العالية $Al_xGa_{1-x}As$ الموجودة على كل من جانبي المادة ذات الفرجة العصابية المنخفضة. يمكن إنماء مثل هذه البنية الطبقية بدقة تصل إلى الدقة في القياس الذري باستخدام تقنية تدعى التنضيد بالحزمة الجزيئية. إذا كانت كل طبقة من طبقات زرنيخيد الغاليوم رقيقة بما فيه الكفاية – نموذجياً حوالي بضعة نانومترات – فإن سويات الطاقة الإلكترونية المسموح بها في عصابة نقله تنفلق إلى سلسلة من العصائب الفرعية (الشكل 3a). وتحت تأثير الحقل الكهربائي يستطيع إلكترون يُحقن في طبقة زرنيخيد الغاليوم أن يهبط (يسقط) من عصابة فرعية ذات طاقة عالية إلى عصابة فرعية ذات طاقة منخفضة، ويصدر فوتوناً نتيجة لهذه العملية.

إن ليزر الشلال الكمومي هو في الحقيقة سلسلة من "آبار الكمون" المستقلة هذه، جُمِّعت معاً لتصنع وحدات فاعلة. إذا جعلنا حواجز $Al_xGa_{1-x}As$ رقيقة بما فيه الكفاية، فباستطاعة الإلكترون أن يعبر من وحدة فعالة إلى الأخرى. وفي كل مرة يقوم فيها الإلكترون بذلك يهبط إلى مستوى طاقة أخفض ويصدر فوتوناً (الشكل 3b). وبهندسة ملائمة للثخن ولتركيب الطبقات في الوحدات الفاعلة، يمكن تفصيل طاقة الانتقال لتغطي مجالاً واسعاً من التواترات تبدأ من منتصف ما تحت الأحمر نزولاً حتى المجال التراهرتزي.

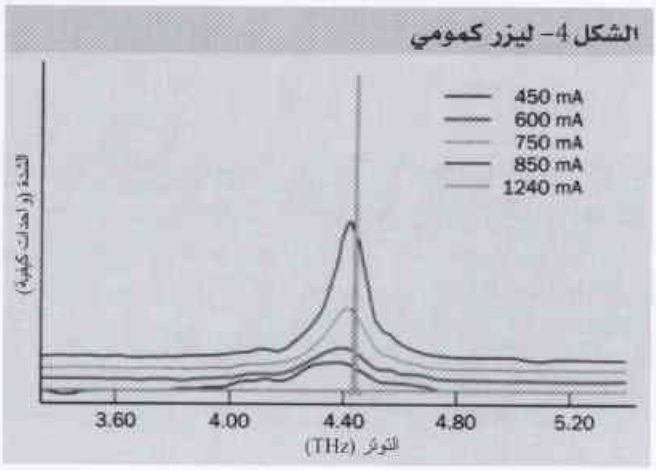
تستطيع ليزرات الشلال الكمومي أن تحتوي على حوالي 100 وحدة فاعلة مُكدَّسة بعضها فوق بعض. وفي الحالة العامة، تكون الوحدات الفاعلة المتعاقبة موصولة بمجموعة صغيرة من الآبار المُقرنة (تسمى مناطق حقن) بحيث تتحول الإلكترونات من منطقة فاعلة إلى المنطقة التي تليها بأعلى كفاءة ممكنة. يقوم كل إلكترون بإعادة الكرَّة ويولد عدداً من الفوتونات أثناء تشلشله عبر النبيطة. ومن البدهي للتأكد أن هذه البنية تعمل كليزر يجب أن تُصمَّم بحيث ينشأ انعكاس إسكاني population inversion في كل منطقة فاعلة، وهو تحدٍّ لا يمكن تجاهله. كما ينبغي أن يتم تشغيل النبيطة بحيث تشكل جوفاً ليزرياً ملائماً.

إن أول ليزرات الشلال الكمومي، الذي تم صنعه في مختبرات بل عام 1994، كان تواتره 71 THz تراهرتز، وهذا يقع في منتصف مجال ما تحت الأحمر. ومنذ ذلك الحين بدأ تصنيع ليزرات الشلال الكمومي التي تصدر ضوءاً يقع تواتره في منتصف ما تحت الأحمر، وتعمل في درجة حرارة الغرفة وعند تواترات تهبط إلى 12.5 THz. وهذه الليزرات متوفرة الآن تجارياً من شركات مثل Alpes Lasers في نيوتشاتل في سويسرا. إن لبعض ليزرات الشلال الكمومي الأكثر حداثة مناطق فاعلة تنتقل فيها الإلكترونات عبر رزمة من العصائب الفرعية القليلة التباعد تدعى عُصَيبة miniband. وهذا يعني أنه يمكن استخدام كثافة تيار للإلكترونات أعلى كثيراً، وهذا بدوره يولد حزماً أكثر سطوعاً وتألقاً.

ولكن، على العموم إن صنع ليزرات الشلال الكمومي التراهرتزية ليس أمراً سهلاً. خاصة وأنه يمكن أن تحتاج إلى حوالي 1000 بئر كمومية مستقلة ويمكن أن تستغرق أكثر من 10 ساعات كي تنمو. من الأسباب الداعية للحاجة إلى العديد من الطبقات هو أن المرء وهو ينتقل إلى التواترات المنخفضة، فإن عدد الفوتونات التي تمتصها الحاملات الحرة يزداد متناسباً مع مربع طول موجة الإشعاع، هذا عدا عن الفوتونات الصادرة على هيئة ضوء ليزر. لذلك نحتاج إلى ربح كبير، وهذا يمكن تحصيله بإنماء العديد من الوحدات الفاعلة.

أول ليزر تراهرتزي نصف ناقل في العالم

جرى عرض أول ليزر شلال كمومي تراهرتزي في عام 2002 من قبل أعضاء عاملين في اتحاد تزويد شبكات المناطق اللاسلكية بمصدرات ومكاشيف تراهرتزية Wireless Area Networking of Terahertz Emitters and Detectors والتي تكتب اختصاراً وُنْتِد (WANTED). وبدعم من برنامج الإطار 5 للمفوضية الأوربية، جرى تأليف الاتحاد من باحثين من جامعات كمبردج، ونيوتشاتل، وليل



خَرَج من ليزر الشلال الكمومي الأول في العالم يعمل عند تواترات تراهرتزية، حيث جرى تطويره من قبل باحثين من الاتحاد وُنْتِد WANTED التابع لـ EC في عام 2002. مع ازدياد تيار السوق، يضيق انتشار تواتر الضوء الصادر وترتفع الشدة حتى الوصول إلى عتبة الليزرة. الليزر كان يعمل عند تواتر قدره 4.4 THz تراهرتز، وكانت له ذروة قدرة خرج تقارب 2 mW عندما يعمل في الدرجة 5 K.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

في فرنسا، والمدرسة العليا في بيزا وبوليتكنيك تورينو في إيطاليا، وشركتين هما Thales and Tera View Ltd.

إن نبيطة وُنْتِدْ WANTED لها وحدة فاعلة مكونة من ثلاثة آبار كمومية. وإن كل مجموعة مؤلفة من ثلاثة آبار تتعاقب مع مناطق حقن مؤلفة من أربع آبار كمومية. ونظراً لازدياد تيار السوق فقد ضاق انفراج انتشار الضوء المنبعث وزادت الشدة حتى تم بلوغ عتبة الليزرة (الشكل 4). وعند هذه النقطة سلكت النبيطة سلوك ليزر حقيقي له تواتر مميز 4.4 THz في النمط النبضي. وكان له ذروة قدرة خرج تبلغ 2 mW عند 5 K ويمكن أن تعمل حتى الدرجة 45 K.

ومنذ ذلك الحين كان التقدم سريعاً، وقد درست عدة ليزرات شلال كمومي تراهرتزية، لكل واحد منها ميزاته المختلفة. فليزر الاتحاد ونْتِدْ على سبيل المثال، أظهر وجود موجة مستمرة بخرج قدرة يبلغ 20 mW يعمل فوق الدرجة 77 K. ويشكل هذا خرقاً حاسماً لأنه يعني أن الليزرات التراهرتزية يمكن أن تستخدم مع الآزوت السائل بدلاً من الهليوم السائل، الغالي الثمن. كما تعمل هذه الليزرات في مجال من التواترات يمتد من 4.4 THz نزولاً حتى 2.3 THz.

وفي أثناء ذلك، طور بنيامين ويليامز B. Williams، وكينج هيو Q. Hu والعاملون معهما ليزر شلال كمومي بتواتر 3.4 THz في معهد ماسَّتشوسِتس للتقانة في الولايات المتحدة. يعمل هذا الليزر التراهرتزي عند درجة حرارة 130 K محطماً بذلك الرقم القياسي. ويختلف تصميمهم قليلاً عن تصميم فريق وُنْتِد. إن الانعكاس السكاني اللازم لحدوث الليزرة معزَّز في التصميم وذلك بنزع الإلكترونات من سوية الليزرة الأخفض بجعلها تصدر اهتزازات شبيكية، تعرف بالفونونات. وفي أمكنة أخرى، يعمل عدد من المجموعات على تطوير مكاشيف لليزرات الشلال الكمومي ذات الموجة المستمرة.

إن كل هذه التطورات في ليزرات الشلال الكمومي التراهرتزية والتي حدثت جميعاً في السنتين الأخيرتين، تقودنا إلى التفاؤل بإمكان حدوث تطبيقات عملية قريباً لهذه النبيطة.

نظرة إلى المستقبل

من المحتمل أن تكون السنوات القليلة القادمة من الأوقات المثيرة بالنسبة للباحثين في المجال التراهرتزي. فمنابع الإشعاع الجديدة، والتطويرات الجديدة في منظومات التصوير والمطيافية، والكثير الكثير من التطبيقات الجديدة، كل هذا سيكون بشير خير للتقانة التي ستبدو مزدهرة خلال العقد القادم وما يليه.

المراجع

REFERENCES

[1] D. Arnone, C. Ciesla and M. Pepper 2000 Terahertz imaging comes into view Physics World April pp.35-40.

[2] F. Capasso et al. 1999 Quantum cascade lasera Physics World June pp.27-33.

[3]A.G. Davies, E.H. Linfield and M. Pepper (ed) 2004. The terahertz gap: the generation of far-infrared radiation and its applications Phil. Trans. R. Soc. A 362 195-414.

* * *

المتانة فوق العالية والناقلية الكهربائية العالية في النحاس ★

لي لو، يانغفينغ شين، كزيان هو شين، ليهوا كوان، ك. لو
مخبر شينيانغ الوطني لعلم المواد، معهد بحث المعادن، الأكاديمية الصينية للعلوم، شينيانغ 110016، جمهورية الصين الشعبية

ملخص

إن الطرائق المستخدمة في تقوية المعادن تسبب على العموم تناقصاً جلياً في الناقلية الكهربائية، بحيث إنه لابد من إيجاد تسوية بين الناقلية والمتانة الميكانيكية. لقد اصطنعنا عيّنات نحاسية نقية ذات كثافة عالية من توائم (متماثلات) متنامية من المقياس النانوي. وأظهرت هذه العينات قوة شدّ تفوق ما يقارب عشرة أضعاف قوة الشد التي يبديها النحاس العادي غير المصقول، مع احتفاظها بناقلية كهربائية تماثل ما يبديه النحاس النقي. وتنشأ هذه القوة الفائقة من الصدّ الفعال للحركة الانفصامية الذي تمارسه التخوم التوأمية المترابطة العديدة ذات المقاومية الكهربائية الضعيفة جداً، الأمر الذي لا ينطبق على حالة أنماط أخرى ذات تخوم حبيبية.

الكلمات المفتاحية: تقوية المعادن، الناقلية الكهربائية، توائم متنامية من المقياس النانوي، النحاس غير المصقول، النحاس النقي.

غالباً ما يتطلب العديد من تطبيقات المواد الناقلة وجود ناقلية كهربائية ومتانة ميكانيكية عاليتين في آن واحد معاً. ومن ناحية ثانية، تكون المعادن النقية والعالية الناقلية كالفضة والنحاس والألمنيوم طريّة جداً. غير أن تقوية strengthening المعادن باستخدام مقاربات عديدة، بما فيها أشابة المحاليل الصلبة والشغل على البارد والتنعيم بالقذف الحبيبي، تقود إلى تناقص واضح في الناقلية. فمثلاً، يمكن بإشابة النحاس النقي مضاعفة متانته مرتين أو ثلاث مرات، لكن ناقليته الكهربائية لا تتجاوز حينئذ 10 إلى 40% من ناقليته نقياً [1].

تتوقف متانة صلب ما على مقاومته للتشوه اللدْن (اللّين) وعلى تحسّسه لتركيبه الكيميائي وبنيته المجهرية. ويتم التشوه اللدن للمعادن التقليدية المتعدّدة البلورات بشكل أساسي بوساطة انفصام شبكي داخل الحبيبات المنفردة. فقد طُوِّرت عدة منهجيات للتقوية تقيّد الحركة الانفصامية. فمثلاً، يخدم التنعيم بالقذف الحبيبي في زيادة التخوم الحبيبية grain boundaries (GBs) التي تشكل عوائق لحركة الانفصام ضمن الحبيبي، مما يجعل المادة أصلد تجاه التشوه. كما أن أشابة المحلول الصلب أو إدخال طور تقوية ثانٍ يعتبران فعالين أيضاً في تشكيل عوائق لحركات الانفصام الشبكي. وكذلك تنتج التقسية عن الإجهاد اللدْن، لأن زيادة الانفصامات التي تتولد تمنع حصول نشاطات انفصالية لاحقة.

إن جميع مقاربات التمتين هذه التي تعتمد على إدخال أنماط مختلفة من العيوب (GBs أو الانفصامات أو العيوب النقطية أو أطوار التقوية)، تزيد أيضاً تبعثر إلكترونات النقل عند هذه العيوب، وبالتالي تزيد المقاومية الكهربائية للمعدن. ففي المواد الناقلة، تكون هاتان الخاصيتان الأساسيتان – الناقلية الكهربائية العالية والمتانة الميكانيكية العالية – متناقضتين [2-4].

إن مفتاح الحصول على معادن قوية ولكنها ناقلة هو إيجاد بنية مجهرية مناسبة تُمنع فيها الحركات الانفصامية بشكل فعّال ويُخفَّض فيها تبعثر الإلكترونات الناقلة إلى أدنى حد. فمن المعروف أن التخم التوأمي twin boundary (TB)، وهو نوع خاص من التخم المترابط، يكون قادراً على منع الحركة الانفصامية، مثل التخوم الحبيبية التقليدية GBs [6.5]، غير أن المقاومية الكهربائية لتخوم توأمية TBs مترابطة تكون أخفض بقدر رتبة واحدة تقريباً منها في حالة التخوم الحبيبية التقليدية GBs [7]. وبناء عليه، فإذا احتوى المعدن على كثافة عالية من التخوم التوأمية يُتوقع له أن يكون مقوى فعلاً دون أن يفقد ناقليته الكهربائية العالية.

ليست العيوب التوأمية غير شائعة في الطبيعة، فهي تتشكل عن طريق مقاربات متنوعة كالتشوه اللدْن والتحول الطوري والتلدين الحراري وعمليات فيزيائية أو كيميائية أخرى تتم في تنوع كبير من المعادن والسبائك. وعن طريق تقنيات المعالجة هذه، يمكن اصطناع بنى توأمية نانوية بأشكال ضخمة.

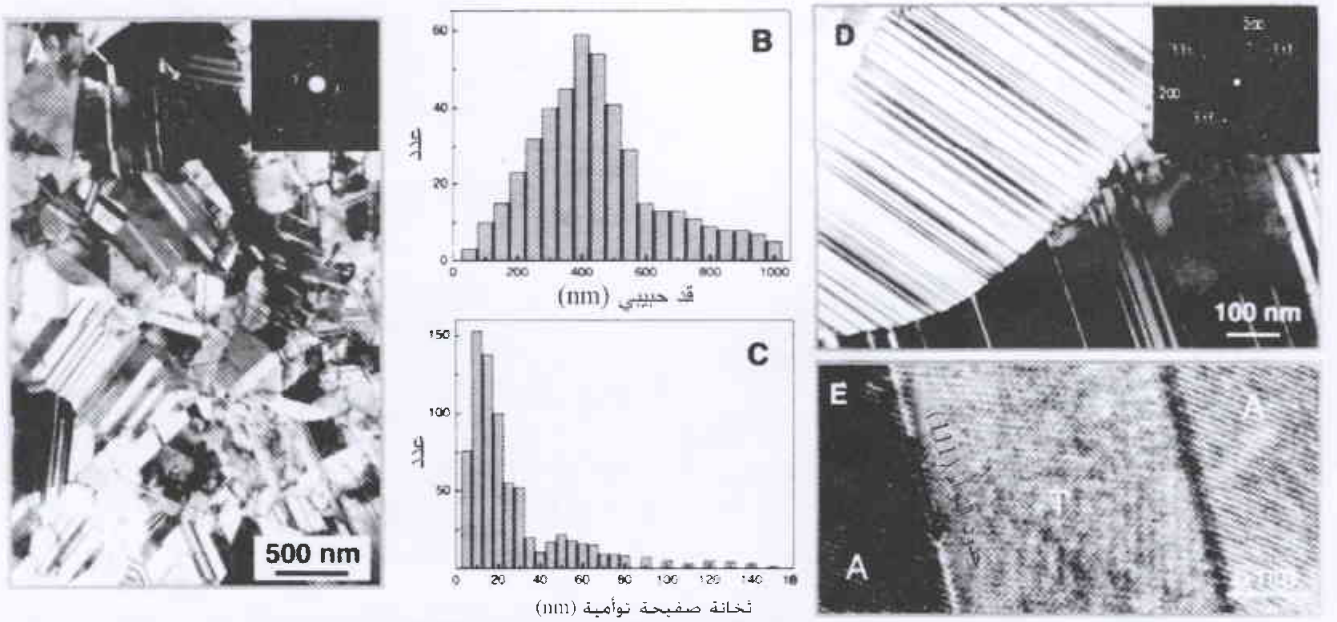
لقد جرى اصطناع عيّنات نحاسية عالية النقاوة من توائم متنامية من المقياس النانوي باستخدام تقنية التوضّع (الترسّب) الكهربائي النبضي من كهرل كبريتات النحاس $CuSO_4$ [8] (للحصول على تفصيلات انظر المرجع [9] والجدول S1). دلّت المشاهدات التي

★ نُشر هذا المقال في مجلة Science, Vol 304,16 April 2004 وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تمت بمجهرية النفاذ الإلكتروني transmission electron microscopy (TEM) (الشكل 1) أن النحاس المترسب على هذا النحو يتكون من حبيبات غير منتظمة المظهر (غالبيتها متساوية المحاور في الأبعاد الثلاثة) مع توجه عشوائي (انظر مخطط الانعراج الإلكتروني في الشكل 1A). تراوحت قدود الحبيبات بين 100 nm و 1μm، مع قيمة وسطية تساوي 400 nm تقريباً (الشكل 1B). تشتمل كل حبيبة على كثافة عالية من التوائم المتنامية من النمط {112}/{111}. أظهرت قياسات ثخانة الشرائح الرقيقة عبر الاتجاه (110) رصد توزع واسع يراوح بين عدة نانومترات و حوالي 150 nm (الشكل 1C)، ويعود ذلك إلى أنه وفق هذا الاتجاه، لا يكون إلاّ التوأمان (1$\bar{1}$1) و ($\bar{1}$11) قائمين، في حين يكون التوأمان ($\bar{1}$1$\bar{1}$) و (111) مائلين نحو السطح. ويُظْهر توزع ثخانة الشريحة الرقيقة ذروة عند 15 nm تقريباً، وهو يقابل تقريباً وسطي ثخانة الصفيحة الرقيقة للتوأمين القائمين. يتغير الطول الهندسي للشريحة التوأمية الرقيقة من حوالي 100 nm إلى حوالي 1μm (قطر الحبيبة). تفصل التوائم المتنامية العالية الكثافة حبيبات دون المكرونية في أبعادها إلى توائم نانو مترية الثخانة وبنىً صفيحية رقيقة وطائية matrix. وتظهر مشاهدات TEM المقربة وصور TEM العالية الاستبانة high resolution أن غالبية TBs مترابطة تماماً وباترة من حيث البنية الذرّية (الشكل 1D، E). لا يمكن هنا كشف الانفصام الشبكي في غالبية الشرائح الرقيقة، إنما تمت ملاحظة انفصامات قليلة في الشرائح الثخينة. وهذا ما يتوافق مع نتائج انعراج الأشعة السينية حيث لوحظ إجهاد شبكي مهمل (على المستوى الذرّي). يظهر مخطط انعراج الأشعة السينية وجود نسيج (110) مؤكد في العينة، وهو ما يتوافق مع مشاهدات سابقة عند عينات نحاس مترسّب كهربائياً ذات توائم متنامية [10]. لقد درست الاستقرارية الحرارية لعينة نحاس مترسب من خلال اختبار البنية الشرائحية التوأمية عند درجات حرارة عالية. فوجد أن ثخانة الشريحة التوأمية تبدأ عندما يبدأ التلدين المتساوي الحرارة للعينة المترسبة على هذا النحو فوق الدرجة 250°C (خلال مدة 300 ثانية).

إن آلية تشكل التوأم في ناتج الترسّب الكهربائي ليست مفهومة تماماً حتى الآن. ومن وجهة نظر ترموديناميكية، فإن تشكل التوائم يُخَفِّض الطاقة البيسطحية الكلية، لأن فائض الطاقة في التخوم التوأمية المترابطة يكون أصغر بكثير من الفائض منها في حالة التخوم الحبيبية التقليدية ذات الزاوية العالية. تُفضِّلُ التوائم أن تتنوّى nucleate عند التخوم الحبيبية أو عند الترابطات الثلاثية triple junctions (TJs) من أجل تخفيض طاقات التخم الحبيبي وذلك من خلال تبدل في توجه التوأمة المحرّضة. ورغم تشكل زيادة من التخوم الحبيبية، فإن مجموع الطاقات البيسطحية (بما فيها GBs و TBs) ستتناقص بسبب التوأمة twinning. تخضع عملية التوأمة لآلية حركية، وتتحكم شروط الترسّب بكل من معدل التنوية ونماء التوائم. تظهر مشاهداتنا التجريبية أنه عندما يكون معدل الترسب عالياً (مثلاً، بوجود شدة تيار عالية أو قيمة pH كبيرة في المحلول) و/أو درجة حرارة الترسب منخفضة، يزداد احتمال تشكل التوائم. وذلك لأنه مع ارتفاع معدل الترسب و/أو مع انخفاض درجة الحرارة ستتشكل GBs و TJs ذات طاقات زائدة أعلى بسبب محدودية الارتخاء، وبالتالي سيكون معدل تنوية التوائم أعلى ليخفض الطاقة



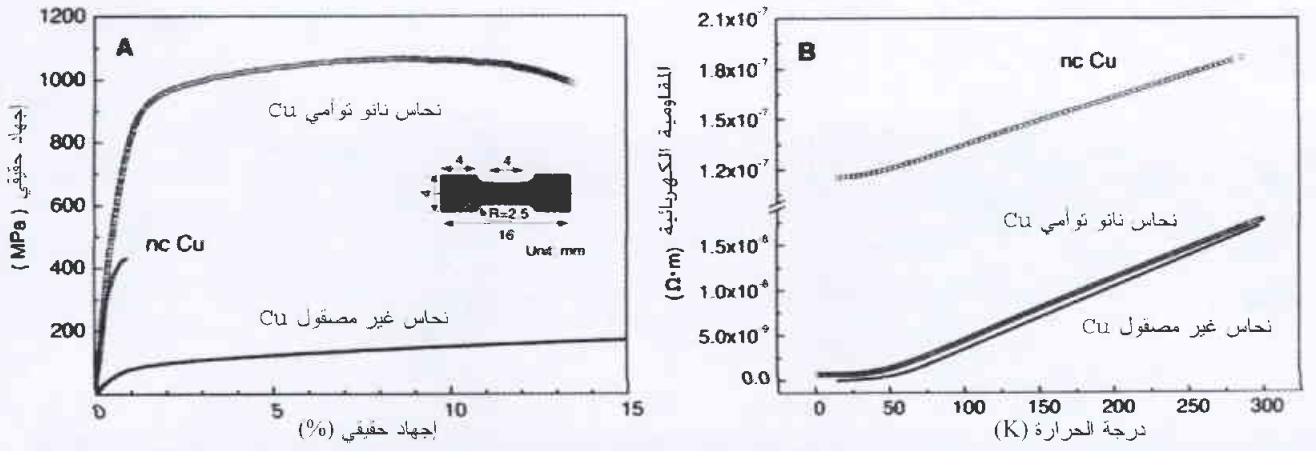
الشكل 1 - مشاهدات TEM للبنية المكروية النموذجية في عينة نحاس مترسب على هذا النحو. تبين صورة TEM ساطعة الحقلية الشكل (A) ومخطط الانعراج الإلكتروني (أعلى ويمين الصورة) أن حبيبات بحجوم دون مكروية متساوية المحاور تقريباً مع توجهات عشوائية وتفصلها GBs بزوايا عالية. إن التوزعات الإحصائية للقد الحبيبي (B) ولثخانة الشريحة توأم/ وطاء (C) قد تم الحصول عليها من عدة صور TEM لنفس العينة. تشير مخططات الانعراج الالكتروني [أعلى ويمين الصورة (D)] إلى أن التوائم في كل حبيبة متوازية بعضها مع بعض في المستويات (111) (D). وتظهر الصور TEM عالية الاستبانة (E) أن التوائم تتبع تسلسلاً من نوع ATATA.... مع عناصر توأمة، مثل ($\bar{1}$11)/($\bar{1}$12) A و ($\bar{1}$11)/($\bar{1}$12) T.

البيسطحية الكلية. ويبدو بوضوح أن تشكل التوائم يتوقف أيضاً وبشدة على طبيعة TBs ونسبة طاقة TB إلى طاقة GB($\alpha = \gamma_{TB} / \gamma_{GB}$). ويمكن الحصول على كثافة توأمية عالية في حالة معادن أخرى أو سبائك قيم α فيها أصغر (كما في حالة طاقات تكدس العيوب المنخفض) تحت ظروف نظيفة، كما في حالة الكوبالت وأنواع الفولاذ الذي لا يصدأ.

وفيما يخص آلية تشكل التوائم، تعد تقنية الترسب الكهربائي النبضي مناسبة للتوصل إلى بنى توأمية نانوية، بينما تعدّ عملية الترسُّب الكهربائي بالتيار المستمر (المتواصل) التقليدي غير مناسبة. تختلف عملية الترسب الكهربائي النبضي عن عمليات التيار المستمر التقليدية بشكل أساسي في ارتفاع ذروة كثافة التيار، وفي التناوبات بين زمني الاشتعال والتوقف. تسمح تقنية الترسب الكهربائي النبضي بتحلل كهربائي مع تيار عالي الكثافة جداً (أكبر بعدة مراتب منه في حالة التحلّل الكهربائي بالتيار المستمر) يدوم فترة زمنية قصيرة (0.02 ثانية)؛ أي أنه يحصل معدل ترسب عالٍ جداً خلال زمن الاشتعال. يمكن عملياً استعادة تركيز الأيونات Cu^{2+} في جوار المهابط، والذي يتناقص كثيراً بعد معدل الترسب العالي، قبل نبضة الترسيب التالية، عن طريق الهجرة الأيونية التي تحصل أثناء فترة الانطفاء الكبيرة نسبياً (ثانيتين). لذلك، فإن الترسب الكهربائي النبضي يزيد كثافة مواضع التنوية بسبب كثافة التيار العالية خلال زمن الاشتعال، بينما يوقف النمو، ويُدعِّم تجديد التنوّي خلال زمن الانطفاء، مما يسهل تشكل توائم متعددة.

تظهر اختبارات لشد رقاقات النحاس المترسب على هذا النحو، والتي جرت في درجات الحرارة العادية [9] قوة شد عالية جداً (الشكل 2A). تصل قوة حصيلة الشد σ_y (عند 0.2% من الحَيْد) إلى ما يساوي 900 ميغا باسكال، في حين كانت قوة الشد القصوى (σ_{UTS}) 1068 ميغا باسكال؛ علماً أن هاتين القيمتين أعلى بقدر مرتبة واحدة منهما في حالة عينات النحاس غير الصقيل (القدّ الحبيبي $< 100\ \mu m$) التي حُضِّرت بتلدين عينة من هذا النحاس عند درجة الحرارة 900 °C تحت الخلاء ولمدة عشر ساعات. كما أن هاتين القيمتين أعلى من القيم المذكورة لنحاس نقي مُتعدّد البلورات ذي حجوم حبيبية ثلاثية الأبعاد من مرتبة النانو متر [11، 12] (الشكل 2 A). وإن الإجهاد المرن المقيس لهذه العينة مشابه للإجهاد المرن في شعيرات نحاس وحيدة البلورة، الذي هو عادة حوالي 1 إلى 2% [13]، أي أكبر بكثير منه في حالة النحاس غير المصقول (عادة حوالي 10^{-4}). تُبدي عينة النحاس قابلية سحب شدّ ضخمة أيضاً، مع قيمة استطالة حتى الانقطاع تساوي 13.5%، أي أكبر بكثير منها في حالة عينات النحاس النانو بلّورية مع GBs التقليدية المصنعة من جَبْل مسحوق ذي أبعاد نانو مترية (أقل من بضعة أجزاء من المئة [14]). ويظهِر إجهاد تصليد طفيف في مرحلة التشوه اللدن الرئيسية، مشيراً إلى بعض التراكم في الانفصامي الشبكي أثناء الإجهاد اللدن قبل الانقطاع.

يبرز الشكل 2 B قياس تبعية المقاومية الكهربائية (ρ) لدرجة الحرارة في عينة نحاس مترسب على هذا النحو ذات توائم نامية من المقياس النانوي، بالمقارنة مع قيمتها في عينة غير مصقولة [9]. ففي كلتا العينتين، تتناقص المقاومية الكهربائية خطياً مع تناقص درجة الحرارة حتى حوالي الدرجة 70 K. واكتشف وجود تبعية حرارية لاخطية للمقاومية (تحت الدرجة 70 K وذلك بسبب سيطرة تبعثر التخوم الحبيبية في هذا المجال من درجة الحرارة. تكون المقاومية الكهربائية لعينة النحاس التوأمي النانوي قريبة جداً منها في عينة النحاس غير المصقول على كامل مجال درجة الحرارة المَقيس. وأعطت القياسات المتكررة مقاومية كهربائية في درجة حرارة الغرفة (ρ_{293K}) تساوي $1.75 \pm 0.02 \times 10^{-8}$ ohm·m في حالة النحاس التوأمي النانوي، بالمقارنة مع $1.69 \pm 0.02 \times 10^{-8}$ ohm·m في عينات



الشكل 2- يمثل الشكل (A) منحنى شد إجهاد-انفعالي نموذجي لعينة نحاس مترسب على هذا النحو مع توائم نانوية بالمقارنة مع منحنى آخر لعينة نحاس متعدد البلورات غير مصقول (مع قدّ حبيبي وسطي أكبر من 100 ميكرومتر) وعينة نحاس ثيلورة نانوية (nc) (مع قدّ حبيبي وسطي حوالي 30 nm)[11]. يظهر الشكل الضمني هندسة عينة الشد من أجل عينة نانو توأمية لنحاس مترسب (B) هو نصف قطر الانحناء). يظهر الشكل (B) تبعية المقاومية الكهربائية (ρ) لدرجة الحرارة في عينة نحاس توأمية نانوية مترسب على هذا النحو وعينة نحاس غير مصقول مقيسة في مجال درجة حرارة يتراوح بين 2 و 296 K. وللمقارنة، تتضمن الشكل أيضاً نتائج قياس المقاومية الكهربائية في عينة نحاس نانو بلوري وقد حبيبي وسطي مقداره 15 nm.

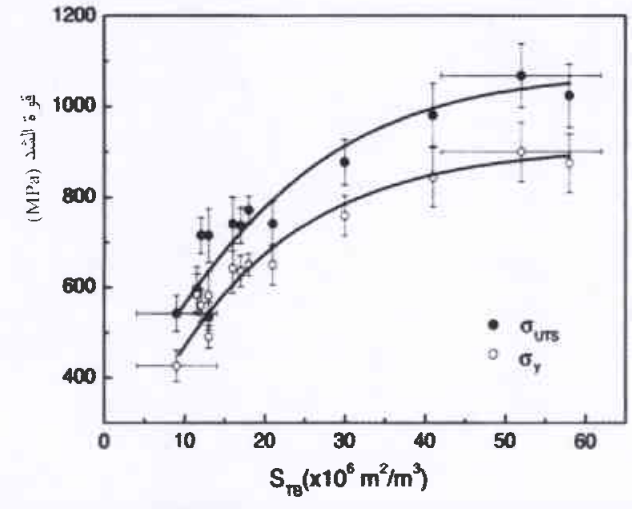
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

النحاس غير المصقول (وقد ذكرت الأدبيات العلمية قيمة تساوي 1.67×10^{-8} ohm·m في حالة نحاس عالي الناقلية خالٍ من الأكسجين oxygen-free high conductivity (OFHC) [2]). وهذا يعني أن الناقلية الكهربائية في درجة حرارة الغرفة للنحاس النانوي التوأمي كانت حوالي 96.9 ± 1.1% للنحاس المرجعي الدولي الملدّن (IACS) international annealed copper standard [15]، أي أقل بحوالي 5% فقط منها في حالة النحاس OFHC [2]. وكان المعامل الحراري المقيس للمقاومية عند الدرجة 20 °C مساوياً $6.78 \pm 0.10 \times 10^{-11} K^{-1}$ من أجل النحاس التوأمي النانوي $6.90 \pm 0.10 \times K^{-1} 10^{-11}$ للنحاس غير المصقول. تتوافق كلتا القيمتين بشكل جيد مع القيمة الواردة في الجدول $6.8\times10^{-11} K^{-1}$ للنحاس OFHC [2]. يشكل فرق المقاومية الكهربائية المتبقية فيما بين العينتين عندما تقترب درجة الحرارة من 0 K ($6.8\pm1.0 \times 10^{-10}$ ohm·m) دلالة على الحبيبات المنعّمة (ذات القدود دون المكرومترية) والبنية التحتية عالية النعومة (الصفيحات التوأمية ذات المقياس النانوي) في العينة التوأمية النانوية. وللمقارنة، فقد تم أيضاً قياس المقاومية الكهربائية لصفيحات النحاس النانو بلّورية (مع GBs تقليدي وقدّ حبيبي وسطي من مرتبة 15nm) المصنعة بواسطة التبعثر المغنطيسي، في نفس المجال من درجة الحرارة (الشكل 2B). فكانت قيم المقاومية على كامل مجال درجة الحرارة أعلى بمرتبة واحدة على الأقل منها في حالة عينة النحاس النانو توأمي.

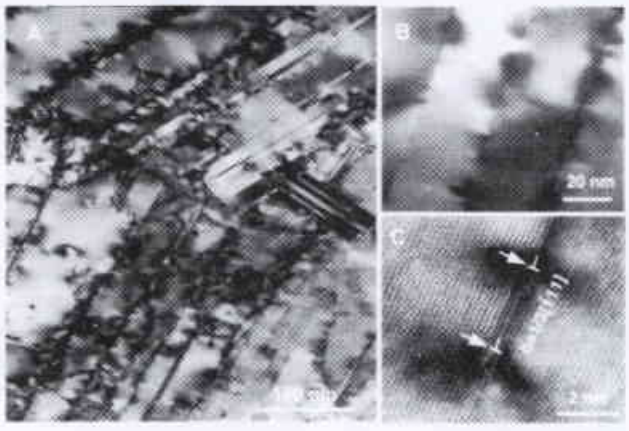
ونظراً لكون عيوب الشبكية البلورية تعمل كمراكز تبعثر لإلكترونات النقل في المعادن، فإن زيادة عدد العيوب يزيد المقاومية. وقد لوحظ تجريبياً أن المقاومية الكلية لمعدن ما (ρ_{total}) هي مجموع المساهمات من الاهتزاز الحراري (ρ_t) والشوائب (ρ_i) والعيوب الشبكية كالانفصامات و (ρ_d) من GBs، وهذا ما يعرف بقاعدة ماتيسين Mattiessen، والمعبّر عنها بالعلاقة: $\rho_{total} = \rho_t + \rho_i + \rho_d$.

لدى مقارنة عينة النحاس المترسب على هذا النحو والعينة غير المصقولة، يمكن للمرء أن يرى بأن الفرق الوحيد في المقاومية الكلية يكمن في الحد المعبر عن العيوب الشبكية. ونظراً لإمكانية إهمال الفرق في كثافة الانفصام الشبكي بين هاتين العينتين، فإن الزيادة في المقاومية في النحاس التوأمي النانوي قد تعزى إلى مساهمتي GBs و TBs. فقد أعطى قياس المقاومية الكهربائية في درجة حرارة الغرفة (295 K) لـ GBs في النحاس [16] قيمة تقارب 3.6×10^{-16} ohm·m² وتقارب 3.4×10^{-17} ohm.m² في حالة تكدس العيوب [17]. يمكن اعتبار قيمة المقاومية للتخوم TBs المترابطة مساوية لنصف قيمة مقاومية للعيوب المتكدسة [18]، التي تساوي 1.7×10^{-17} ohm·m² في النحاس. ومن خلال تقدير قيمة مساحة GB الكلية ومساحة TB الكلية في وحدة الحجم من عينة النحاس التوأمي النانوي، اللتين تساويان تقريباً 3.8×10^{6} m^{-1} (GB) و 5.0×10^{7} m^{-1} (TB)، وُجد أن مساهمتي هذين العيبين تساويان تقريباً 1.4×10^{-9} ohm·m و 0.8×10^{-9} ohm·m، على التوالي، وهما قيمتان قريبتان من الفرق المقيس البالغ $0.7\pm0.4\times10^{-9}$ ohm·m. على الرغم من أن مساحة TBs أكبر بكثير من مساحة GBs في العينة المدروسة، فإن مساهمة TBs في زيادة المقاومية تبقى ضعيفة بالمقارنة معها في حالة GBs. وإن الزيادة الضئيلة في المقاومية الكلية يمكن إرجاعها بشكل رئيسي إلى وجود GBs و إلى وجود كثافة عالية من TBs.

ولكي نفهم مصدر المتانة فوق العالية، عدّلنا في وسطاء الترسيب من أجل تحضير سلسلة من العينات مختلفة في الكثافات التوأمية، وأبقينا القدود الوسطية للحبيبات والنقاوة والبنية دون تغيير. وأظهرت اختبارات الشد لهذه العينات أن المتانة تنخفض مع انخفاض كثافة



الشكل 3- رسم بياني لمتانة حصيلة الشد المقيس (σ_y) وإجهاد الشد الأعظمي (σ_{UTS}) لعينتي نحاس مترسب على هذا النحو لهما كثافتان توأميتان مختلفتان بدلالة المساحة الكلية لـ TBs في وحدة الحجوم (S_{TB}) المحددة من مشاهدات TEM.



الشكل 4- صورة TEM ساطعة الخلفية نموذجية لعينة مجهدة ذات توائم نانوية بعد اختبارات الشد (A) ومشاهدة مقربة للتخوم TBs مملوءة بالانفصامات (B). يظهر (C) صورة TEM عالية الاستبانة لـ TB مع انفصامات فرانك (b، تمثل معامل بيرجرز Burgers).

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

التوائم (الشكل 3). وهذا ما يقدم دلالة مباشرة على الأثر التمتيني للتخوم TBs في عينة النحاس.

لقد درست تقوية المعادن بواسطة التوائم، وتبين أن تآثر الانفصامات الانزلاقية مع TBs يلعب دوراً مهماً. وكانت تحقيقات سابقة قد أشارت إلى أن وجود التوائم يعيق انتشار انزلاق الحزم، متضمناً أن TBs المترابطة الموجودة تسلك إلى حد ما كتخوم حبيبية إذ تعمل كعوائق لانتشار الإجهاد [5]. لقد جرى تطوير التفصيلات الميكانيكية لهذا السلوك الملحوظ. فمثلاً، لنعتبر حالة وجود حزمة منزلقة (111) تتآثر مع التوأم (111) في العينة المقصودة، فيمكن أن يؤكد بعضهم أن الانزلاقات (01Í) 2/1 قد تنتشر عبر التوأم، في حين أن حركة الانزلاقات (110) 2/1 و (101) 2/1 قد تُمنع عند TBs. غير أن هذه الانفصامات يمكن أن تنتشر عبر التوائم إذا كانت ستخضع للتفاعلات بين الانفصامات، مثل (111) 1/3+ (121) 1/6 → (101)1/2. مع هذا التفاعل، يتحرك انفصام فرانك غير الانزلاقي non-glissile Frank dislocation عند TB. ويمكن أيضاً حدوث تفاعلات انفصام أخرى في المعادن المكعبة المركزية الوجوه. تكون تفكّكات الانفصام غير مؤاتية طاقياً وقد تتطلب تركيزاً في الإجهاد عند تآثرات حزمة توأمية منزلقة، مما يؤدي إلى التقوية. لقد أثبت أيضاً أثر TBs في التمتين، إذ يعمل كموانع قوية لحركة الانفصام، من خلال مشاهدة في الموقع بمجهرية نفوذ الإلكترونات (TEM) لعملية التشوه في عينة لبلورة نحاس نانوية [19]. وبالتالي، فإنه يمكن اعتبار التوائم معيقات داخلية لحركة الانفصامات قد يكون لها أثر تقوية مشابه لأثر GBs[20]. يمكن إسناد قابلية السحب الضخمة المشاهدة في عينة النحاس الحالية بشكل كمي إلى امتصاص كثافة عالية من الانفصامات عند TBs، كما هو واضح في العينة المجهدة الواقعة تحت المشاهدات TEM.

يعرض الشكل 4A صورة TEM نموذجية للعينة المجهدة (بعد اختبارات شدّية)، يظهر فيها كثير من الانفصامات المحددة بالتقابل مع كثافة انفصام ضعيفة في العينة المترسبة على هذا النحو (الشكل 1D). وتدل المشاهدات المقرّبة أن معظم الانفصامات تقع عند TBs، مع مباعدة تمتد من بضعة نانومترات إلى بضع عشرات منها، حيث يُرى قليل منها داخل الطبقات الصفيحية، كما هو مبين في الشكل 4B. لم يكن توزع الانفصامات منتظماً، لأن كثيراً من الانفصامات شوهد عند الطبقات الثخينة الفاصلة بين TBs، وقليلاً منها شوهد عند الطبقات الرقيقة الفاصلة. ويمكن أن يعود مصدر عدم التجانس في توزع الانفصامات إلى أثر ثخانة الطبقية وكذلك إلى توجهات الحبيبات المختلفة. تكشف مشاهدات TEM الإحصائية العالية الاستبانة في منطقة واسعة من العينة المشوهة أن غالبية انفصامات TB هي إما انفصامات فرانك Frank ((1/3(111) غير الانزلاقية، كما يوضحه الشكل 4C) أو انفصامات شوكلي Shockley الانزلاقية ((1/6(121). فقد وجد على بعض التوائم TBs عدة انفصامات شوكلي منعزلة مع بعضها، تؤدي إلى انحناء TBs. تتوافق هذه المشاهدات في البنية المكروية مع آلية التشوه المناقشة أعلاه، وفق تفاعل تفكك انفصامي (111)1/3 + (121)1/6→(101)1/2. ومع ذلك، لايمكن استبعاد تفاعلات انفصام أخرى ويمكن أيضاً أن تكون فعالة في التقوية. فيحتاج الأمر إلى أبحاث معمقة حول آلية التشوه اللّدن في العينة الحالية النانو توأمية.

إن تراكم الانفصام في العينة خلال التشوه اللّدن هو المسؤول عن عمل التقسية الواضح في منحني إجهاد الشدّ، الذي قد يؤدي أيضاً إلى زيادة في المقاومية بسبب انفصامات تبعثرية إضافية. تؤكد قياسات المقاومية الكهربائية أن المقاومية في حرارة الغرفة قد تزايدت بحوالي 11% بعد التشوه الشدّي.

* * *

أخبار علميّة

1- لعبة الانتظار *

أمضى بعض الفيزيائيين عقوداً وهم يبحثون عن أندر الحوادث الجارية في الكون – فلم يروا شيئاً. لكن توقهم للاصطياد لم يخبُ أبداً. و يسأل جيوف برومفيل، في هذا المقال، عما يجعلهم يستمرون في ذلك.

مازال بلاس كابريرا يتذكر يوم فالانتاين من عام 1982 عندما دخل مختبره، بعد ظهر يوم أحد، ليعلن هذا الفيزيائي الشاب عن اكتشاف يُوقف دقات القلب. فقد أحس مكشافه المصنوع محلياً لتوه شيئاً لم يره أحد قبله، إنه جسيم يدعى وحيد القطب المغنطيسي magnetic monopole. وقد تابع كابريرا لمدة ثلاث سنوات تالية تحسين تجربته في جامعة ستانفورد بكاليفورنيا، و بدا في ذلك الوقت كما لو أن مثابرته قد أعطت أُكُلها. وفي هذا الصدد يستذكر قائلاً: "لقد بدا الأمر مثيراً حينئذ". لكنه حتى الآن وبعد انقضاء أكثر من عشرين عاماً لم يستطع رؤية وحيد قطب ثان.

قد يمضي معظم العلماء سنوات منتظرين بجنون نتيجةً يمكن أن لا تتحقق أبداً. غير أن عدداً صغيراً من الفيزيائيين يقومون بهذا وحسب. فيكرِّسون سنوات أو حتى عقوداً باحثين عن جسيمات وقوى افتراضية.

إن ما يجعلهم يستمرون في ذلك هو تكريسهم حياتهم للفيزياء الأساسية إضافة إلى هَوَسهم بالماكينات الغريبة التي يبنونها لتحقيق أهدافهم، مع فرصة للاستقلال عن مجموعات المسرعات الضخمة التي تهيمن على معظم "فيزياء الجسيمات". ويقول جيورجيو غراتا: "إنها كالمخدرات، تدمن عليها ولا تستطيع تركها"،ونشير هنا إلى أنه من جامعة ستانفورد سيبدأ قريباً البحث عن نوع من التفككات النووية يحدث مرة تقريباً كل تريليون سنة. وبغض النظر عن الانتكاسات في التمويل وعن الإنذارات الكاذبة من حين لآخر، فإن العديد من هؤلاء الباحثين ذوو سيرة علمية ناجحة، بالرغم من فشل مكاشيفهم في تسجيل أي جسيم.

"وبغض النظر عن الانتكاسات بسبب التمويل وعن الإنذارات الكاذبة من حين لآخر، فإن العديد من هؤلاء الباحثين ذوو سيرة علمية ناجحة، بالرغم من فشل مكاشيفهم في تسجيل أي جسيم".

يعود أحد أسباب إحرازهم الاحترام إلى تساؤلاتهم التي تتناول أسئلة محيرة كانت قد تُركت بدون جواب من ثورات القرن الماضي في الفيزياء. فالنظرية النسبية العامة لآينشتاين شرحت الركائز الداخلية للثقالة، كما قاد ميكانيك الكم إلى نموذج معياري يستطيع التنبؤ بالتفاعلات بين الجسيمات الدقيقة كالكواركات – ولكن محاولة ضمهما معاً تقودك إلى ثرثرة رياضية غامضة. وينشأ عدم توافق مماثل بين النظريات الكونية والمشاهدات المختبرية التي تفشل في الكشف عن المادة التي يظن أنها تجعل معظم الكون متماسكاً. إن مثل هذه التناقضات تترك الفيزيائيين يشعرون بأنهم يفتقدون جزءاً كبيراً من الصورة .

لقد ولّد النظريون سيلاً من الجسيمات والقوى الافتراضية لملء هذه الفراغات، غير أن هذه الخواطر تواجه مشكلة تتمثل في أنها لو كان يسهل العثور عليها لكان قد شاهدها بعضهم في السابق. لذلك يتعين على الفيزيائيين التجريبيين أن يقطعوا أشواطاً طويلة غير عادية ليجدوها. فعليهم بناء مكاشيف فائقة الحساسية وحمايتها من عالم الضجيج، كما أن عليهم التأكد من أنهم لا يغالطون أنفسهم فيقولون برؤية شيء ما غير موجود فعلاً، وفوق هذا وذاك عليهم أن يتحلوا بالصبر.

فالفيزيائي إريك أديلبيرغر من جامعة واشنطن في سياتل، استطاع أن يعلم الصبر لقديس. إذ أمضى العقد الماضي يراقب نواساً يتحرك في مختبره. وتستعمل مجموعة أديلبيرغر النواسات لاختبار سلوك الثقالة عند المقاسات الصغيرة جداً – حيث تتضارب قوانين آينشتاين مع ميكانيك الكم. ويقول: "توجد أفكار كثيرة تتنبأ بظهور قوى جديدة تتظاهر من هذه التجارب".

إن هذه النواسات تنفتل حول نفسها أثناء دوران الأرض بدلاً من أن تنوس إلى الأمام والوراء. ففي إحدى هذه المنظومات، يختبر وزنان متطابقان في كل شيء عدا عن أن أحدهما مصنوع من الرصاص والآخر من النحاس لرؤية ما إذا كان شد الثقالة مختلفاً بينهما. ولو حصل ذلك، فإن هذا سيناقض إعلان غاليله الأسطوري القائل بسقوط كرتين من مادتين مختلفتين نحو الأرض بالسرعة نفسها. وقد تشير أيضاً إلى وجود فيزياء جديدة تحكم الثقالة في المقاسات الصغيرة. وعلى سبيل المثال، تتنبأ نظرية الأوتار (وهي إحدى الصلات الممكنة بين الثقالة والعالم الكمومي) بوجود جسيمات قد تغير من قوانين الثقالة فوق المسافات القصيرة.

صغير وقابل للكشف

كان أديلبيرغر، قبل أن يُقبل على دراسة الثقالة، يعمل في الفيزياء النووية حيث تحتاج التجارب إلى مئات الباحثين وحسبما يقول فإن عمله في النواسات قد أكسبه الفردية. ويضيف قائلاً: "في هذا النوع من التجارب، لا تكون أنت جزءاً صغيراً من شيء كبير، بل تشعر فعلاً أنه ملكك حقاً".

لقد استغرقت النواسات سنوات من التشذيب المتأني. ونراه يقول: إنها "من صنف يشبه الطفل في تنشئته". فأوزان الاختبار تكون عاطلة من الناحية الكهربائية، ويتم استخدام أطنان من الرصاص لوقايتها من حقول ثقالة الأجسام المجاورة، مثل الهضبات والأبنية.

وحتى مع التخطيط المتقن، فقد كان على مجموعة أديلبيرغر أن

* نُشر هذا الخبر في مجلة Nature, 6 May 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تتغلب على أحداث غير متوقعة. ففي أحد أيام تشرين الثاني الرطبة المبللة، وجد أحد الطلبة المتخرجين أن حقل الثقالة المحيط بالنواسات بدا وكأنه ينمو يوماً بعد يوم بصورة غير متوقعة. كان ذلك كما يقول أديلبيرغر "نتيجة امتصاص الأرض للمطر، مما غيّر حقل الثقالة في المختبر".

ويضيف أديلبيرغر مفتخراً: "إن الفرق الذي نستطيع قياسه في حقول الثقالة الآن، يساوي قياس الفرق في المسافة بين نقطة عند مقدمة أنفي وأخرى تعلوها بمقدار 1.6 نانومتر". ولكن وعلى مدى فاق عشر سنوات لم تكشف مجسات أديلبيرغر إلاّ مطر سياتل.

مع ذلك، فإن هذا لم يزعجه في أدنى الحدود كما لم يسئ إلى سيرته العلمية المهنية. فقد أصبح أديلبيرغر عضواً في الجمعية الفيزيائية الأمريكية عام 1984، وانتخب عضواً في أكاديمية العلوم الوطنية عام 1994. وهو يعزو نجاحه إلى التأثير الذي أحدثته نواساته في أفكار النظريين وإنه يدّعي أن "للنتائج السلبية التي حصل عليها وقعاً حقيقياً في الفيزياء".

حدث خائب

وإن ما يجب على العاملين الاحتراز منه في هذه التجارب، يتمثّل في ما يمكن أن توقعه نتيجة إيجابية من خطر خداع الذات. فلقد شغلت هذه المسألة رينر فايس لمدة طويلة، وهو فيزيائي في معهد ماساشوستس للتقانة بكامبردج. إذ كرّس سيرته للكشف عن أمواج الثقالة – تموجات خفيفة في حقل ثقالة الكون يمكن أن تكون ذات مضامين هائلة لعلم الكون إذا ما أمكن اكتشافها.

وهذا ما زعم مشاهدته جوزف فيبر، الفيزيائي من جامعة ميريلاند كولج بارك، أواخر الستينيات. إذ قال إن أمواجاً ثقالية صدمت قضيباً ضخماً من الألمنيوم في مختبره مما جعل القضيب يرن كالجرس. غير أن النقاد أشاروا إلى أنه لو صحّ ذلك لكانت القدرة اللازمة، فالاستطاعة اللازمة لتوليد هذه الأمواج قادرة على محو درب التبانة كاملاً. وعلى ما يبدو، فقد وقع فيبر ضحية تحليله الإحصائي، وقد أخر هذا الجدل الحديث في مجال أمواج الثقالة لعدة عقود.

"ادّعى أحد الفيزيائيين أن أمواج ثقالة صدمت قضيباً مصنوعاً من الألمنيوم فجعلته يرنّ كالجرس. إلا أن النقاد أشاروا إلى أن الاستطاعة اللازمة لذلك قادرة على محو درب التبانة كاملاً".

في العام الماضي دخل هذا المجال الأفكار السائدة حينما أُطلق من مرصد أمواج الثقالة الليزري التداخلي الذي بلغت كلفته 300 مليون دولار، والذي يتضمن زوجين من المكاشيف أحدهما في لويزيانا والآخر في ولاية واشنطن، ليزران ضخمان لأمواج مكروية يأمل فايس بواسطتهما رصد أمواج الثقالة القادمة من درب التبانة المجاور. ومع ملايين الدولارات المصروفة بالإضافة إلى مؤهلين يصل عددهم إلى أربعمئة باحث في الاختصاص ذاته تدرك هذه المجموعة عدم تحمُّل الخداع. فيقول فايس "لدينا مجموعة من الشروط الفيزيائية علينا اتخاذها في التصدي للحادثة بجدّية". ولكن الضجيج (مثل الضجيج الحراري والارتجاجات الميكانيكية) قد يزيغ الإشارة ويقدح حوادث قد تكون حقيقية وقد تكون مجرد وهم. ويضيف قائلاً: "وعندئذ ستجدنا، نلعب نفس لعبة بلاس كابريرا".

إن اكتشاف كابريرا في يوم فالانتاين، تركه يتّخذ قراراً صعباً. صحيح أن للمغانط أقطاباً شمالية وجنوبية، لكن بعض النظريين ولعقود من الزمن تنبؤوا بوجود بضعة أقطاب وحيدة شمالية أو جنوبية تجوب الكون فرادى. وهذه يمكن أن تفسر الجزء الأعظم من مادة الكون المفقودة. وهي (أي المغانط) ستجعل الفيزيائيين يعيدون التفكير في النموذج المعياري الذي لا يتنبأ بوحيدات القطب.

لقد كان كابريرا يدرك إشكالية اكتشافه. فمع أن هذا الاكتشاف يتفق مع التنبؤات النظرية، ولا توجد أخطاء تجريبية يمكن أن تفسر النتيجة. إلا أن مجرد حادث وحيد – لا يكفي لقلب الأفكار الراسخة.

المواد العاتمة

وفي النهاية، كتب كابريرا ورقة علمية نشرت في المجلة المرموقة، فيزيكال ريفيو ليترز (B.Cabrera Phy. Rev. Lett. 48,1378 1381;1982) لم يزعم فيها أنه وجد وحيد القطب، بل اكتفى بوصف مكشافه والحادثة. وقد قال العديد منا: "يا إلهي، لماذا فعل ذلك؟" حسبما يقول فايس. غير أن زملاء كابريرا اتفقوا مع مقاربته هذه. ويقول فايس: "لقد نشر ما لديه مبيناً بالضبط ما قام به". وقد دعا فايس كابريرا ليحاضر في فريق مرصد أمواج الثقالة حول ما يمكن فعله حينما يصادفون حادثة مشكوكاً فيها.

لم يحدث لنبيطة كابريرا أن حددت وحيد قطب آخر أبداً. فقد بنت مجموعته مكاشيف من الجيل الثاني والثالث، وكانت حساسية آخرها أكبر بآلاف المرات من الأصلية، ولكنها خرجت صفر اليدين. ويقول: "لم نر مرة ثانية حادثة تشبه الأولى في أي من الأجهزة أبداً". و ينخفض بذلك "احتمال أن تكون الحادثة التي رأيناها هي فعلاً وحيد قطب".

إلا أن هذه النتائج السلبية لم تكن بدون ثمرة. فقد تحدّت النظريين، بمن فيهم آلان غوت وهنري تاي، اللذين كانا يعملان في مركز مسرّع ستانفورد الخطي، أن يبرهنوا سبب ندرة ظهور وحيد القطب. وقد أثّرت هذه في أعمال غوت على نظرية الانتفاخ (التضخم) – تلك الفكرة القائلة بتوسع الكون توسعاً أسياً بعيد الانفجار العظيم تماماً. وقد أكّدت المشاهدات الفلكية ذلك منذئذ، وأضحت النظرية إحدى دعائم علم الكون الحديث.

تحوّل كابريرا، أوائل التسعينيات، ليبحث عن جسيمات أخرى قد تستطيع تفسير الكتلة المفقودة في الكون. مما قاده إلى البدء بمشروع "البحث عن المادة المظلمة القريّة" الذي مازال مستمراً منذ

14 سنة: وقد وضع في العمل آخر مكشاف، محمياً من الإشعاعات بوضعه عميقاً داخل منجم مينسوتا، العام المنصرم. ويبدو أن كابريرا غير عابئ لعدم اكتشافهم أياً من هذه الجسيمات حتى الآن، فيقول: " إذا كانت هذه الجسيمات موجودة هناك فسوف نراها".

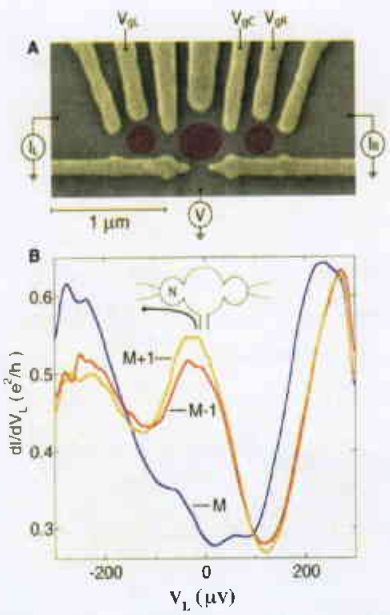
2- تحكم بالسبين غير موضعي وقابل للتوليف في جملة نقط كمومية مقترنة *

إن التآثر الفعال بين الشوائب المغناطيسية في المعادن والتي يمكن أن تؤدي إلى سويات أرضية مغناطيسية مختلفة غالباً ما تتنافس مع نزعة الإلكترونات في جوار الشوائب إلى حجب العزم الموضعي (وهو ما يعرف بمفعول كوندو). لقد تحققت أبسط الجمل التي تبدي غنى هذه المنافسة، وهي جملة كوندو ذات الشائبتين، على نحوٍ تجريبي بشكل نقطتين كموميتين مقترنتين عبر منطقة ناقلة مفتوحة. ونبين هنا التحكم غير الموضعي بالسبين بكتم تجاوبات كوندو وشطرها في إحدى النقطتين الكموميتين عبر تغيير عدد الإلكترونات في النقطة الأخرى والاقتران معها. وتوحي النتائج بمقاربة للتحكم غير الموضعي بالسبين قد تكون مهمة في المعالجة الكمومية للبيانات.

تبيّن أن النقط الكمومية المحجوزة في بوابات تُعدُّ جملاً هامة لدراسة أثر كوندو، وهو أثر حاذق متعدد الإلكترونات تقوم فيه الإلكترونات الناقلة في جوار شائبة سبينية بحجب السبين لتشكّل سوية أرضية جماعية في مصيدة عند درجات حرارة منخفضة [1]. وتكون العلاقة بين فيزياء كوندو والنقط الكمومية أكثر ما يمكن وضوحاً عندما يقوم عدد فردي من الإلكترونات محجوز في النقطة بلعب دور سبين مفرد مقترن باحتياطي الإلكترونات [2-5]. وقد حظيت مؤخراً ثنائيات نقط كمومية شبيهة بالجزيئات باهتمام واسع باعتبارها جملاً قابلة للتحكم لغرض دراسة التبادل بين سويات متموضعة مقترنة [6-8]، وباعتبارها لَبِنات بنى أساسية محتملة لمعالجة البيانات كمومياً مع خطط مقترحة لاستخدام ثنائيات النقط الكمومية كمصادر للإلكترونات المتشابكة [9] ومن أجل عمليات بوابة كمومية ذات كيوبيتين qubit 2 [10].

من المعلوم في الجمل الجرمية أن الشوائب المغناطيسية المغمورة في بحر للإلكترونات إنما تتآثر بعضها مع بعض بواسطة تآثر سبين – سبين فعال معروف باسم تآثر رودرمان–كيتيل–كاسويا–يوشيدا RKKY الذي يتم في وسط الإلكترونات الناقلة [11-13]. ويتنافس تآثر RKKY مع التآثرات الموضعية بين الشوائب والإلكترونات الناقلة الذي أدى إلى مفعول كوندو، وعندما يتغلب على تآثرات كوندو فإنه يمكن أن يؤدي إلى سويات مغناطيسية جرمية معقدة مثل الزجاج السبيني [14]. وقد ثبت عبر العقدين الماضيين أن جملة كوندو متعددة الشوائب مسألة نظرية غنية تبدي فيما تبديه من ملامح، تحوّلاً طورياً كمومياً بين مجالي كوندو وRKKY عند قيمة نسبة حرجة لـ J/Tk من مرتبة الواحد (حسب البنية الهندسية المعنية) حيث J شدة تآثر RKKY و T_k درجة حرارة كوندو ذي الشائبة الواحدة [15-17]. بدأت النظرية الحديثة بتوسيع نموذج كوندو ثنائي الشوائب إلى جمل مزدوجة النقط الكمومية وما يتعلق بها من جمل سبين اصطناعي [18-24]. وقد استكشفت التجارب التنافس بين مفعول كوندو والتبادل في ثنائيات نقط كمومية مقترنة بشكل مباشر [7-8] ولكن لم يتم وصف تآثر غير موضعي شبيه بـ RKKY يديره بحر إلكترونات متوسط في جملة اصطناعية.

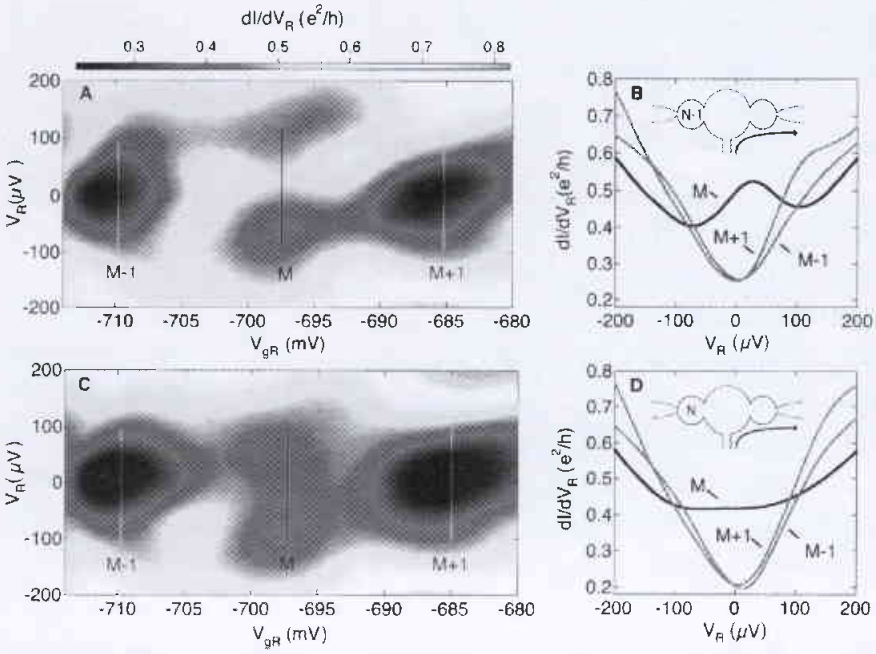
يتألف الجهاز من نقطتين كموميتين محيطيتين صغيرتين مرتبطتين بنقطة كمومية مركزية أكثر كبراً كما في الشكل (1A) [25]. أجريت القياسات في براد تمديد ذي درجة حرارة إلكترونية أساسية نحو 85 ملّي كلفن جرى تقديرها من قمم حصار كولون موسعة حرارياً وتمَّ قياسها عند النقطتين انفرادياً. وتعطي مطيافية انحيازٍ



الشكل 1- (A) صورة مكروية إلكترونية ماسحة لجهاز مطابق في التصميم لتبيطة مقيسة مع منحنيات بيضوية تمثيلية تشير إلى مواضع النقط عند نضوب البوابة. تغير فولطيتا البوابة V_{gL} و V_{gR} الطاقات والانشغالية في النقطتين اليمنى واليسرى، يقوم V_{gC} بتوليف الاقتران بين النقطة اليمنى والمنطقة المركزية. يمثل I_R و I_L التيارات المستمرة والمتناوبة المقيسة في النهاية اليسرى (L) والنهاية اليمنى (R) على التوالي. (B) الناقلية التفاضلية dI/dV_L للنقطة اليسرى من أجل عدد فردي من الإلكترونات N. فحينما تحوي النقطة اليمنى عدداً زوجياً من الإلكترونات M±1 تتضح قمة انحياز صفري في dI/dV_L مشيرة إلى حالة كوندو. وحينما تحوي النقطة اليمنى عدداً فردياً من الإلكترونات M يحدث كتم حالة كوندو في النقطة اليسرى. إن الحالات M+1، M، M-1 في النقطة اليمنى هي وديان حصار كولومبي متعاقبة.

* نُشر هذا الخبر في مجلة Science, Vol. 304, April 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 2- (A) تظهر الناقلية التفاضلية dI/dV_R للنقطة اليمنى كتابع لكل من V_{gR} و V_R ميزة الانحياز الصفري عند انشغالية فردية M. تحوي النقطة اليسرى هنا عدداً زوجياً من الإلكترونات N-1. أما (B) تظهر شرائح مأخوذة من وسط الوادي في (A) قمة انحياز صفري من أجل انشغالية فردية M في النقطة اليمنى فقط. وأما (C) فتظهر dI/dV_R للنقطة اليمنى كتابع لكل من V_{gR} و V_R في حال عدد زوجي من الإلكترونات في النقطة اليسرى. إن كتم قمة الانحياز الصفري في الوادي الأوسط واضح. وأما (D) فإنها شرائح مأخوذة من وسط الوادي في (C) تبدي كتم قمة الانحياز الصفري في الحالة فردية -فردية (بمعنى إشابة ثنائية).

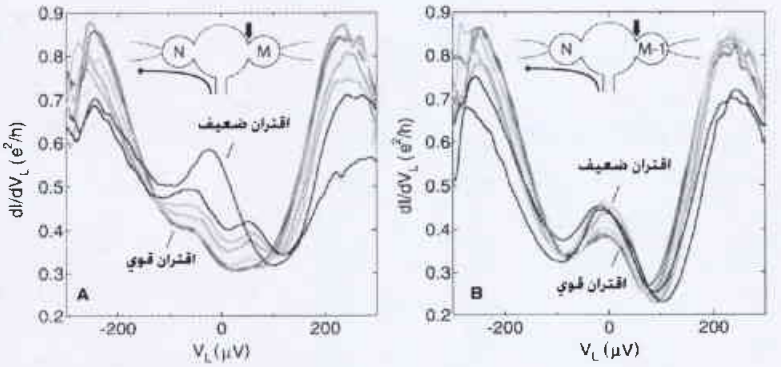
فولطية على النقطتين اليمنى واليسرى في مجال الحصار الكولوني طاقة شحن كولونية U ~ 88 μeV وتباعد سويات Δ ~ 100 μeV لكلتا النقطتين. كما جرى قياس الناقلية التفاضلية $dI/dV_{L(R)}$ للنقطة اليسرى (L) واليمنى (R) في آن واحد بتطبيق إثارة انحياز فولطية V تتألف من dc وإشارتين بـ 11 هرتز و27 هرتز على الطرف المفتوح (الأسفل) للنقطة المركزية وقياس التيار المتناوب عند 11 هرتز والتيار المستمر عند الخزان الأيسر، والتيار المتناوب عند 27 هرتز والتيار المستمر عند الخزان الأيمن (كلاهما عند الأرضية الافتراضية). وتسمح نمذجة جملة النقط الثلاث كمقسّم فولطية باستخلاص الفولطيتين المستمرتين $V_{L(R)}$ اللتين تنخفضان عبر كل من النقطتين اليمنى واليسرى.

وبجعل نقطة التماس السفلى في وضع نموذج متردٍّ سبينياً وتام الناقلية (الناقلية على المستوى المستقر $2e^2/h$ حيث e^2/h تمثّل كم الناقلية (conductance quantum) أمكن تشكيل النقطة المركزية بحيث تلعب دور منطقة محصورة، مع بقائها ناقلة ومفتوحة، وتقرن بين النقطتين المحيطيتين. ولقد تمّ وضع (شدتي) اقتران النقطتين المحيطيتين اليسرى واليمنى في مجال الحصار الكولوني غير المتناظر مع (شدتي) اقتران نفقي $\Gamma_{L(R)}^{(c)}$ باتجاه المنطقة المركزية (c) عاليتين نسبياً، وتمّ وضع (شدتي) اقتران "خارجي" $\Gamma_{L(R)}^{(l)}$ مع النهايتين (الطرفيتين) (l) ضعيفتين ($\Gamma_{L(R)}^{(l)} << \Gamma_{L(R)}^{(c)} \sim \Delta_{L(R)}$). وقد أجري ذلك لضمان أن يكون أي أثر كوندو مُلاحظ في النقط المحيطية مرتبطاً بالإلكترونات الناقلة في النقطة المركزية وليس في النهايتين (الطرفيتين) اليمنى أو اليسرى. وتم توليف النقطة اليسرى بحيث تحتوي على عدد فردي N أو عدد زوجي N±1 من الإلكترونات حسب تغيير الفولطية المطبقة على البوابة V_{gL}؛ بينما جرى توليف النقطة اليمنى بحيث تحتوي إما على عدد فردي M أو عدد زوجي M±1 من الإلكترونات حسب تغيير الفولطية المطبقة على البوابة V_{gR}.

جرت دراسة مفاعيل كوندو في مجال الاقتران غير المتناظر في كل من النقطتين المحيطيتين انفرادياً عبر فصل النقطة المحيطية الأخرى عن النقطة المركزية كلياً. وأبدت كل من النقطتين مزايا خاصة بمفعول كوندو بما في ذلك ازدياد الناقلية عبر وديان الحصار الكولوني الفردية، وقمة انحياز صفري في الناقلية التفاضلية $dI/dV_{L(R)}$ في الوديان الفردية، وتوافق كيفي بين تبعية ارتفاع الوادي لدرجة الحرارة والنظرية. وحينما كانت أي من النقطتين في واد زوجي الانشغالية، فإن إعادة اقترانها مع النقطة المركزية (الذي جُعل في البداية صفراً) لم يؤثر كيفياً في علامات مفعول كوندو في النقطة الأخرى.

ظهرت حالة أكثر إثارة حين احتوت كلتا النقطتين عدداً فردياً من الإلكترونات وتأثرت سويات كوندو في النقطتين المحيطيتين. ويبدي الشكل 1B المقارنة المعنية: عندما تحوي النقطة اليمنى عدداً زوجياً من الإكترونات فإن وادي الحصار الكولوني الفردي (N إلكترونا) في النقطة اليسرى يبدي بصمات كوندو بما في ذلك قمة انحياز صفري dI/dV_L واضح. أما عندما تحوي النقطة اليمنى عدداً فردياً من الإلكترونات فإن بصمات كوندو في النقطة اليسرى تغيب بما في ذلك قمة الانحياز الصفري. ويعيد الانتقال التسلسلي إلى الوادي الزوجي الثاني في النقطة اليمنى بصمات كوندو في النقطة اليسرى. وإننا نفسر غياب بصمات كوندو في الحالة الفردية–الفردية كمؤشر على أن تأثر RKKY بين النقاط يتغلب على مفعول كوندو مشكلاً إما حالة سبين كلي صفري (لا تملك مفعول كوندو) أو حالة سبين واحد ذات مفعول كوندو أصغر بكثير عند درجة الحرارة المقيسة.

يبيّن الشكل 2 المفعول نفسه مع عكس أدوار النقطتين، مقيساً في مجال مختلف لفولطيات البوابة. وكما هو متوقع فإننا نلاحظ الآن كتم مفعول كوندو في النقطة اليمنى (يظهر في مخطط بياني كامل لـ dI/dV_R كتابع لـ V_R و V_{gR}) عندما يكون في النقطة اليسرى عدد



الشكل 3. (A) الناقلية التفاضلية عبر النقطة اليسرى من أجل عدة قيم لشدة الاقتران بين النقطة اليمنى والمنطقة المركزية، تحوي كل من النقطتين اليسرى واليمنى عدداً فردياً من الإلكترونات N وM على التوالي. يكون تجاوب الانحياز الصفري في النقطة اليسرى مكتوماً كلياً عند الاقتران الشديد. ويقل الكتم كلما ضعف الاقتران بحيث يصبح تجاوب الانحياز الصفري ظاهراً كلياً في الاقتران الضعيف. إن انقسام القمم المكتومة منسجم عبر مجال من (قوى) الاقتران. (B) الناقلية التفاضلية عبر النقطة اليسرى من أجل عدة قيم لقوة الاقتران بين النقطة اليمنى والمنطقة المركزية من أجل عدد زوجي من الإلكترونات M-1 في النقطة اليمنى. تُظهر هذه الرواسم تجاوب انحياز صفري قوي عبر كل وديان الاقتران. ويشير السهم المتجه إلى الأسفل في الشكل الداخلي إلى موقع تعيير قوة الاقتران.

فردي من الإلكترونات (الشكل 2B و2D). ولدى جعل الانشغالية في النقطة اليسرى زوجية بنزع إلكترون واحد، تُستعاد بصمة الانحياز الصفري لمفعول كوندو في النقطة اليمنى (الشكل 2A و2C).

وحينما تحوي كلتا النقطتين عدداً فردياً من الإلكترونات فمن الممكن توليف كتم قمة الانحياز الصفري في إحدى النقطتين بشكل مستمر عبر تغيير قوة الاقتران المركزي للنقطة الأخرى. ويبيِّن الشكل 3A الناقلية التفاضلية dI/dV_L للنقطة اليسرى حينما يجري توليف الاقتران $P_R^{(c)}$ بين النقطة اليمنى والمنطقة المركزية بدءاً من الشديد نحو الضعيف عبر تغيير فولطية بوابة الاقتران V_{gc}. ونشير هنا إلى أن قمة الانحياز الصفري لكوندو في النقطة اليسرى تنقسم أولاً قبل أن تُكتَم كلياً عندما تقترن النقطة اليمنى بالنقطة المركزية. وبالمقابل فعندما تحوي النقطة اليمنى عدداً زوجياً من الإلكترونات فإن قوة اقترانها لا تكون ذات مفعول كبير على قمة الانحياز الصفري للنقطة اليسرى (الشكل 3B). ويُعَدُّ انقسام قمة الانحياز الصفري بصمة ترابط كمومي بين حالات كوندو في النقطتين المحيطيتين [22، 26]. ويقابل مقدار هذا الانقسام انقساماً في فولطية مصدر-مصرف source- drain voltage مقداره نحو 0.12 meV، وهو لا يعتمد كثيراً على اقتران النقطة اليمنى إذا ما ظهر. إن هذا الانقسام مساوٍ لعرض قمة الانحياز الصفري في النقطة اليسرى (العرض الكامل عند منتصف القيمة العظمى ~ 0.1 mV عند $T_k \sim 0.6$ K) قبل أن تقترن النقطة اليمنى. بيد أنه من غير المعروف حتى الآن فيما إذا كان تشابه المقاييس بين عرض قمة كوندو والانقسام ظاهرة عامة. إن الآلية الفيزيائية التي تسبب الانقسام ومدى ارتباط مقداره بقوة تأثر RKKY ليس بالأمر المحلول [26].

يبدي كلٌ من بنياني النقطة المفردة والنقطة المقترنة [27] بشكل تقريبي انقسام القمة الخطي كتابع للحقل المغناطيسي في المستوي ضمن المجال $B_{||} \sim 2\text{-}4$ T مع ميل يبلغ نحو 70 μeV/T. وهذا الميل أكبر بمعامل ~ 1.5 مما هو متوقع لأجل معامل g لـ GaAs الذي يبلغ نحو 0.44، ولكنه متوافق مع قياسات معامل g في أجهزة أخرى مصنوعة من نفس الرقاقة. ويبدي كل من حالتي النقطة المفردة والنقطة المقترنة تقوية غير متوقعة لقمة الانحياز الصفري مع B|| قبل ملاحظة الانقسام (من أجل $B_{||} < 2$T). إن هذا غير مفهوم في الوقت الحاضر وستتمّ دراسته في هندسات أجهزة أكثر ملاءَمة في بحوث مستقبلية.

لقد أوضحنا التحكم المترابط لسبينات النقط الكمومية عبر تأثر غير موضعي شبيه بـ RKKY. وتوحي النتائج الحالية بمقاربة للتحكم غير الموضعي بالسبين والمصيدة [28-30] يمكن أن تكون هامة لتغيير سلّم المعالجة الكمومية للمعلومات في الحالة الصلبة بما يتعدى قيود تبادل أقرب جار.

3- ارفع درجة الحرارة *

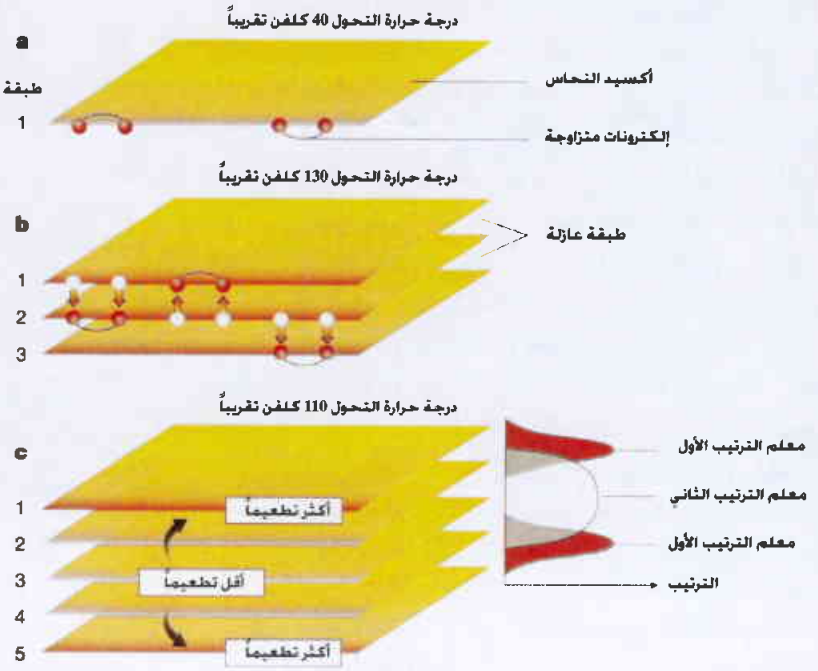
تتطور صورة أكثر وضوحاً حول ما يجعل بعض المواد فائقة الناقلية في درجات الحرارة العالية. ومعها تأتي تلميحات حول كيفية تصميم مواد ذات درجات حرارة تحوُّل أعلى.

تصف الناقلية الفائقة التي تم اكتشافها منذ مئة عام مضى مرور التيار الكهربائي في المعادن بدون مقاومة. فأكثر المعادن لا تصبح فائقة الناقلية إلا إذا تم تبريدها إلى مجال العشر درجات من الصفر المطلق تقريباً. ولكن اكتشاف مواد تصبح فائقة الناقلية بدرجات حرارة أعلى بكثير في عام 1987 قد أحيا الحلم القديم بتحقيق الناقلية الفائقة بدرجة حرارة الغرفة في يوم من الأيام.

يكمن أحد أسرار النواقل الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية في الصلة بين بنيتها البلورية الطبقية وبين درجات حرارة التحوُّل transition (التي تصبح عندها فائقة الناقلية). وتضم هذه المواد السيراميكية طبقات متعددة من أكسيد النحاس الفائق الناقلية مفصولة بعضها عن بعض بمواد عازلة. إنها نوعٌ من "بقلاوة" فائقة الناقلية. وحينما تعلَّم الفيزيائيون تركيب نماذج أكثر تعقيداً من هذه المواد، بدءاً بطبقة واحدة أولاً ثم اثنتين ثم ثلاث طبقات فائقة الناقلية، ارتفعت درجة حرارة التحوُّل الفائق الناقلية فجأة من نحو 40 كلفن في مواد أحادية الطبقة إلى 130 كلفن في المواد الثلاثية الطبقات [2،1] (الشكل 1). ولكن الأمر توقف عند ذلك الحد طيلة عقد تقريباً، إذ لسوء الحظ تزيح إضافة طبقات جديدة درجة حرارة التحوُّل نحو الأخفض مجدداً. ترى ما الخطأ؟

يقترح شاكرافارتي Chakravarty وكي Kee وفولكر Völker تفسيراً للأمر [3]. تجمع نظريتهم تبصرات متعددة لفيزياء الناقلية

* نشر هذا الخبر في مجلة Nature, Vol. 428, 4 March 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.



الشكل 1- اثر الطبقات: (أ) تصبح طبقة واحدة من لانثانوم-اكسيد النحاس فائقة الناقلية بدرجة حرارة 40 كلفن عندما تترتب إلكترونات الطبقة في أزواج. (ب) بازدياد عدد طبقات أكسيد النحاس إلى ثلاث (مع طبقات من مادة عازلة بينها)، فإن درجة الحرارة التي تصبح المادة عندها فائقة الناقلية ترتفع حتى 130 كلفن لأن الأزواج الإلكترونية يمكن أن تمر نفقياً عبر الطبقات. (ج) ولكن بازدياد عدد الطبقات إلى أكثر من ثلاث فإن درجة حرارة التحوُّل لا تستمر بالارتفاع بل تنخفض في الواقع. ولقد اقترح شاكرافارتي وزملاؤه أن انتقال الشحنة من الطبقات الداخلية إلى الخارجية ينشئ معلم ترتيب ثانٍ، إضافة إلى التزاوج المرتب للإلكترونات، وان هذا سوف يخفض درجة حرارة التحوُّل.

الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية وتصل بين ثلاثة مفعولات مهمة: المفعول النفقي tunnelling، وتوزع الشحنة بين الطبقي interlayer charge distribution، والترتيب المخفي hidden order.

فالعنصر الأول في تحليل شاكرافارتي وزملائه هو الانتقال النفقي tunneling للإلكترون بين الطبقات فائقة الناقلية. إذ تكون الإلكترونات داخل الناقل الفائق مترابطة في أزواج. وعندما تقترب طبقتان فائقتا الناقلية إحداها من الأخرى، يمكن لهذه الأزواج أن تمر في النفق، أو أن تقفز من طبقة إلى أخرى (يقصد بالمرور في النفق هنا الحركة الآلية الكمومية لجسيم/موجة عبر حيّز مكاني ممنوع في الميكانيك التقليدي). ويقرن هذا المفعول النفقي بين المادتين الفائقتي الناقلية ويدعى اقتران جوزفسون بحسب اسم مكتشفه.

قبل نحو عشر سنوات من الآن (في نظرية ثبت الآن بطلانها) اقترح شاكرافارتي وسودبو Sudbø وأندرسون Anderson وسترونغ Strong أن المرور النفقي بين الطبقي هو المصدر الحقيقي للناقلية الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية [4]. وقد أحيا شاكرافارتي وزملاؤه [3] فكرة الاقتران بين الطبقي ولكنهم الآن يحاجّون بأن اقتراناً كهذا – على الرغم من أنه ليس المحرك الرئيس وراء الناقلية الفائقة في الطبقات – يعدُّ مسؤولاً عن رفع درجة حرارة التحوُّل عند الانتقال من مواد أحادية الطبقة إلى مواد ثلاثية الطبقات.

ويراعي المؤلفون أيضاً [3] كيفية توزع الشحنات بين طبقات الناقل الفائق. ويتمثل أحد الجوانب اللافتة للنظر لدى النواقل الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية أن هذه المواد أقرب إلى العوازل منها إلى المعادن من عدة نواحٍ. فالمركّبات الأم للنواقل الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية تكون عازلة، ولا تكتسب الناقلية الفائقة إلا بعد إدخال حوامل شحنة إضافية (إلكترونات أو نظائرها الموجبة التي هي الثقوب) إلى المادة عبر تطعيمها doping كيميائياً. وقد تنبأ الفيزيائيون اليابانيون أوتا Ohta وتوهياما Tohyama وميكاوا Maekawa منذ بضع سنوات بأن الشحنة سيعاد توزيعها في المواد ذات الناقلية الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية والمؤلفة من عدة طبقات بحيث أن التطعيم في الطبقات الداخلية سيكون في الواقع أقل منه في الطبقات الخارجية. وقد تم إثبات هذه الفكرة بقياسات NMR [7,6] لبروفيل التطعيم عبر الطبقات المتعددة.

ولكن ما يقع في لبّ أفكار النظرية الجديدة هو مايطلق عليه اسم مَعلَم الترتيب order parameter. وقد كان الفيزيائي الروسي ليف لانداو L. Landau أول من أدرك أن المادة عندما تطوِّر أشكال ترتيب جديدة فإنه يمكن وصف الحركة الجماعية لمكوناتها من الجسيمات بمتحولات دعاها "معالم الترتيب". وتكمن مزيّة نهج معلم الترتيب الخاص بلانداو في أنها تعني أن الخواص الجماعية ذات المقياس الكبير لمنظومة ما يمكن فصلها بسهولة عن التفاصيل الفظّة للحركة المكروسكوبية. وباستخدام هذه الفكرة أمكن للانداو وفيتالي جينزبورغ V. Ginzburg تطوير نظرية معلم ترتيب للخواص الماكروسكوبية للنواقل الفائقة قبل عقد من تصميم آلية مزاوجة الناقلية الفائقة من قبل جون باردين J. Bardeen وليون كوبر L. Cooper وروبرت شريفر R. Schrieffer.

إن النواقل الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية أكثر تعقيداً بكثير من نظيراتها ذات الدرجة الحرارية المنخفضة. وهناك عدة مؤشرات على أن خواصها الفريدة ناجمة عن التنافس بين أكثر من نمط واحد من معالم الترتيب. وما زالت الترابطات الإلكترونية المسؤولة عن الناقلية الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية لغزاً غامضاً، ولكن شاكرافارتي وزملاءه [3] يلتفون على هذه المشكلة غير المحلولة باستعمال نهج معلم الترتيب لتحليل التأثر بين الناقلية الفائقة في كل طبقة من المادة.

لقد صهر المؤلفون هذه الأفكار الخاصة بالمرور النفقي ونقل الشحنة transfer والترتيب معاً في علاقة بسيطة لـ (لانداو-

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

جينزبورغ) تخصُّ الطاقة الكلّية للجملة. وبالنظر إلى ما وراء الترتيب المتعلق بإلكترونات مترابطة، فإن الفكرة الأساسية في نظريتهم تتمثل في أنه بالنسبة لأكثر من ثلاث طبقات من أكسيد النحاس ينشأ معلم ترتيب منافسٌ ثان في الطبقات الداخلية الأقل تطعيماً ويخفّض درجة حرارة التحوُّل الفائق الناقلية. وبمواءمة خصائص المادة ذات الطبقة الواحدة واستخدام بروفيل التطعيم المقيس، أمكن لهم حساب كيفية تغيّر درجة حرارة التحوُّل الفائق الناقلية حسب عدد الطبقات وحصلوا على توافق نوعي جيد مع البيانات التجريبية.

ويتمثل تنبؤ رئيسٌ لنظرية شاكرافارتي وزملائه [3] في وجوب أن تكون الفُرْجة الزائفة pseudogap أكبر في الطبقات الداخلية لناقل فائق متعدد الطبقات. ففي النواقل الفائقة الاعتيادية تنشأ فُرجة في الطيف الطاقي الإلكتروني حينما تتزاوج الإلكترونات؛ وكلما علت درجة حرارة التحوُّل في المعدن كلما كبرت الفُرْجة. ولكن النواقل الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية تخرق هذه القاعدة: فالمواد الأقل تطعيماً – ذات درجات حرارة التحول المنخفضة – تولّد في الواقع فرجة أكبر من المواد ذات التطعيم بشكل مثالي وحتى في درجات الحرارة العالية حيث لا تكون بعد قد أصبحت فائقة الناقلية. إن طبيعة ما دُعي باسم الفرجة الزائفة هذه مسألة تكتنفها خلافات عميقة [7]. ولكن حسب إحدى المدارس الفكرية فإنها (أي الفرجة الزائفة) تنجم عن معلم ترتيب ثان يتنافس مع الناقلية الفائقة، تماماً كما تخيل شاكرافارتي وزملاؤه [3]. وهناك تجارب متعددة قيد التنفيذ [10] سيمكن لها في المستقبل القريب أن تختبر هذه الفكرة وربما تسبر طبيعة الترتيب الخفيّ ضمن الطبقات.

من المزايا الجذابة لهذه النظرية الجديدة [3] أنها تجمع عدة أفكار سائدة حول الناقلية الفائقة ذات الدرجة الحرارية العالية وتؤمن تعليلاً بسيطاً لسبب ارتفاع درجة حرارة التحوُّل في البداية ثم هبوطه كلما ازداد عدد الطبقات الفائقة الناقلية. وإنه لأمر مثير في الواقع أن يصبح بإمكاننا الآن فهم سبب محدودية درجات حرارة التحوُّل في هذه المواد الطبقية الغريبة. وانطلاقاً من هذا الفهم يصبح منظور إمكانية تصميم مواد بدرجات حرارة تحوُّل أعلى أكثر واقعية.

4– الجسم يحمل كهرباء *

لايقتصر الأمر على أعصابك، بل تلعب الكهرباء دوراً أساسياً في العديد من العمليات الحيوية بدءاً من التئام الجروح حتى وضع خارطة للجسم.

هل أخبرك أحد مؤخراً أنك تحمل كهرباء؟ نعم، هذا صحيح. إن كل سمّ من مسامك ينضح كهرباء. ولابد أن كل تلك الأيونات التي لديك تقوم أنت بضخها. وهنا لا نتحدث عن النبضات العصبية فقط؛ فكل سطح من جسمك بدءاً من الجلد وحتى أغشيتك الخلوية تهمهم بنشاط كهربائي.

لقد أدرك البيولوجيون منذ أكثر من مئتي عام أن النبضات العصبية تُبَث كهربائياً. لكنهم لم يبدؤوا إلا حديثاً جداً باستراق السمع إلى الهمهمة الكهربائية لبقية أعضاء جسمك. واكتشفوا أن الكهرباء، في شكل حقول كهربائية، تلعب دوراً حيوياً في عدة عمليات بيولوجية بدءاً من التنامي الجنيني حتى الانقسام الخلوي وتجدّد الأعصاب وترميم الجروح. ويقول كولن ماك كيج C. McCaig، من جامعة أبردين في المملكة المتحدة الذي كان يعمل في مجال التأثيرات البيولوجية للحقول الكهربائية منذ الثمانينيات: "إن هذه الظاهرة واسعة التطبيق وأنا أعتقد أننا لم نحقق إلا النزر اليسير في أمر بالغ الصون تطورياً وواسع الاستخدام عملياً".

إن أول تنويه بأن الحقول الكهربائية يمكن أن تؤثر في سلوك خلايا فرادى ظهر في عام 1920 عندما بيّن الباحث الدانمركي، سفين إنغفار S. Ingvar، أن تطبيق حقل كهربائي خارجي قد جعل عصبونات فروج مستنبتة تنمو باتجاه محدّد. وقد شهدت الأعوام التي أعقبت ذلك فيضاً من دراسات مشابهة. لكن العديد منها أنجز بطريقة غير متقنة، وتعرقل على مدى سنوات تفسير النتائج بسبب نقص تقنيات التسجيل الملائمة، وتلوّث المستنبتات بمنتجات ثانوية إلكترودية، والارتياب بشدة الحقول الكهربائية وأحياناً بسبب تعقيد الخلايا التي هي قيد الدراسة. إن حقيقة إفراط بعض الباحثين الأوائل في ادعائهم بشأن التأثيرات الشفائية للحقول الكهربائية في تجدد العصب والطرف كانت محدودة الفائدة. أما بعد ذلك في الأربعينيات فقد أشار بول فايس P. Weiss، وهو بيولوجي بارز ذو نفوذ في جامعة شيكاغو، إلى أنه لم يتمكن من تحقيق نتائج إنغفار ثانية واستنتج أن الحقول الكهربائية ليس لها تأثير في الخلايا.

لقد فتر البحث في التأثير البيولوجي للحقول الكهربائية تدريجياً وتم إغفاله. ويتّضح ذلك في قول البيولوجي المتخصص في الخلايا، ميخائيل ليفين M. Levin، من معهد فورسيز Forsyth Institute في بوسطن بولاية ماساتشوستش بأنه: " في الفترة الأولى عندما كان الناس مهتمين بهذا الموضوع، لم تكن لديهم أدوات جزيئية وحينما أقلعت البيولوجيا الجزيئية كانت هذه النتائج الرائعة في طي النسيان". ولكن ثمة عجب بسيط وهو أن قلة قليلة من العلماء يعتقدون اليوم أن الحقول الكهربائية ذات شأن فيزيولوجي كبير، وأقل من ذلك عدداً من يبحث في هذا المجال.

بيد أنه في العقدين الماضيين حدث إحياء وطيد وبطيء في بحوث الحقل الكهربائي، ويقوم حالياً فريق صغير من البيولوجيين بتبيان أن الحقول الكهربائية تلعب دوراً مهماً في البيولوجيا.

وبالعودة إلى عام 1981، قرر كينيث روبنسون K. Robinson من جامعة بوردو في لافايت الغربية بولاية إنديانا، تكرار تجربة إنغفار

* نشر هذا الخبر في مجلة NewScientist, 15 May 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

لعام 1920 مرة ثانية. وبدلاً من استخدام حزم كبيرة من العصبونات تحتوي على آلاف الخلايا، استنبت روبنسون عَصبوناً منفرداً لضفدع. فوجد أن ذلك العصب حسّاس بشدة للحقل الكهربائي- وأن أذرعه الطويلة التي تشبه الخيط وتدعى المحاوير العصبية، نمت بحماس باتجاه الإلكترود السالب. ويقول روبنسون، الذي كان يدرس الحقول الكهربائية منذ ذلك الحين: "لقد بيّنا أن الخلايا استطاعت الاستجابة لهذه الحقول الكهربائية الصغيرة مما جعل من المعقول تصوّر إمكانية إسهام حقول كهربائية طبيعية أثناء تنامي أو ترميم العصبونات". ويضيف ماك كيج، الذي كان أحد أعضاء فريق روبنسون، قائلاً: "لم أستطع أن أتخيل بحق أن مثل هذا التأثير العميق ليس له أساس فيزيولوجي. وقد حيّرني أن معظم البيولوجيين صرفوا النظر عن بحثه باعتباره قليل المردود".

لقد أكدت دراسات غفيرة منذ ذلك الحين أن الحقول الكهربائية المطبقة خارجياً يمكن أن تؤثر في سلوك الخلايا المستنبتة، مما يؤثر في طريقة هجرتها وتشكّلها ونموها. وكذلك ثمة عودة لفكرة إمكانية وجود فوائد طبية للحقول الكهربائية. فبعد تجارب ناجحة على الحيوانات، يسعى فريق في مركز لأبحاث الشلل في جامعة بوردو بقيادة ريتشارد بورغينز R. Borgens، إلى تشجيع التئام أذيات النخاع الشوكي باستخدام حقل كهربائي خارجي.

لكن إثبات تأثير الحقول الكهربائية المطبقة خارجياً في المادة الحية كإثبات شأنها من الناحية البيولوجية. ولتحقيق ذلك، لابد من تبيان أن الحقل الكهربائي المتولد داخلياً يؤدي شيئاً ما مهماً.

إن الحقول الكهربائية المتولدة داخلياً هي ناتج حتمي للمنظومات البيولوجية. فالأغشية الخلوية والظهائر- وهي مُلاء مسطّحة من الخلايا مثل الطبقة الخارجية من جلدك وبطانة أمعائك-تضخّ الأيونات روتينياً من أحد الجانبين إلى الجانب الآخر، محدثةً بذلك ممالات في الكمون الكهربائي. وهذا ما يجعلها تشبه المدخرات المشحونة، مع زيادة في الأيونات السالبة في أحد الجانبين والأيونات الموجبة في الجانب الآخر. وكل ما يلزم من أجل تدفق التيار هو قُنيَّة channel تنفتح واصلة بين الجانبين إما بسبب أذية أو بصورة مقصودة. وحيثما يوجد تيار يتدفق، لابد من قيام حقل كهربائي حتماً (انظر الصورة).

قاس الباحثون الحقول الكهربائية المتولدة بصورة طبيعية في متعضيات حية تتراوح بين الجراثيم والبشر، وفي منظومات بيولوجية تتراوح بين خلايا مستنبتة وأجنة تكون فيها الظهارة الفاصلة بين الأيونات هي أول نسيج وظيفي يتشكل. وتتراوح شدة الحقل نموذجياً بين 10 و100 ملي فولط لكل ملّيمتر واحد. ولكن يمكن أن تصل الشدة أحياناً إلى 1600 ملي فولط لكل ملّيمتر واحد.

وحتى فترة متأخرة، لم يبيّن أحد وجود أي وظيفة لمثل هذه الحقول. ولكن تم التغلب على هذه الهنة في عام 2002 حينما أثبت فريق ماك كيج أن الحقول المتولدة بصورة طبيعية تلعب دوراً أساسياً في التئام الجروح في قرنية عيون الجرذان. (ثَبْت جلسة الأكاديمية الوطنية للعلوم، المجلد 99، ص 13577). ففي القرنيات السويّة تضخ الخلايا الظهارية أيونات البوتاسيوم والصوديوم ذات الشحنة الموجبة نحو الداخل وتطرد أيونات الكلور ذات الشحنة السالبة نحو الخارج، مولِّدة بذلك كموناً كهربائياً شدته نحو 40 ملّي فولط. ولكن إذا ما تم خرق الظهارة، يتدفق تيار كهربائي عبر الجرح محدثاً حقلاً كهربائياً شدته نحو 40 ملي فولط لكل ملّيمتر واحد ويمتد هذا الحقل نصف ملّيمتر عبر سطح القرنية.

أثبت فريق ماك كيج الآن أن هذا الحقل الكهربائي يعزّز الالتئام عن طريق التأثير في سلوك الخلايا المجاورة. فالخلايا التي تنقسم انقساماً فعّالاً والتي تعمل على رقع الأذية تستخلص معلومات مهمة فراغية من الحقل الكهربائي. فهو يجعلها تنقسم على طول المستوى المتعامد مع الحقل، دافعاً بذلك خلايا جديدة إلى داخل الجرح. فإذا قمت بإلغاء الحقل يستمر انقسام الخلايا، لكن باتجاهات عشوائية. وما إن تزيد شدة الحقل بطريقة صنعية، حتى تبدأ أكثر الخلايا بعداً من الجرح بالانقسام هي أيضاً حسب هذا المستوى.

وكذلك فإن العصبونات تستخدم كذلك الحقل الكهربائي للقرنية في مساعدتها على بناء نفسها من جديد. ووجد فريق ماك كيج

أن الحقل المتولد بصورة طبيعية في قرنية متأذية قادر على تحفيز الأعصاب على النمو نحو الجرح.

ويلي ذلك كيف تحسّ الخلايا وتستجيب للحقول الكهربائية؟ لا أحد يعلم، ولكن ماك كيج يعتقد أن الحقول الكهربائية يمكن أن تجذب ليبيدات أو بروتينات مشحونة في الأغشية الخلوية. إذ يقول: "هذه بالتأكيد ضرورية، لكننا لا نعرف حتى الآن جزيئاً بمفرده يلزم بوجه مطلق، فربما توجد عدة جزيئات".

وثمة احتمال آخر حسب قول روبنسون وهو أن قنوات الكالسيوم المنطمرة في الغشاء والتي تنفتح تبعاً لتغيّرات الفولطية يمكن أن تحول الحقول المغنطيسية إلى شلال تأشيري signalling cascade. ويمكن أن يسبب الحقل انفتاح قنوات الكالسيوم مما يسمح باندفاع دفقة الكالسيوم إلى داخل الخلية. وبدوره يقوم الكالسيوم بتنشيط جزيء مرسال ثان وهكذا دواليك على طول سلسلة تأشيرية. ويدرك العلماء الآن أن الكالسيوم مهم في استجابات الخلية للحقول الكهربائية لأنه حينما يُنزع أو حينما تضاف حاصرات الكالسيوم calcium blockers إلى الخلايا في المستنبت، فإنها لاتعود تستجيب للحقول الكهربائية.

لايعتبر ترميم القرنية هو المنظومة الوحيدة التي تبيّنت فيها أهمية الحقول الكهربائية الفطرية. ففي العامين الأخيرين برهن ليفين أن هذه الحقول تلعب دوراً في التشكّل الجنيني ولاسيما في إقامة اللاتناظر اليميني – اليساري.

انظر في المرآة فسترى كم هو جسمك متناظر؛ ففي كل جانب يوجد عين وأذن ومنخر وذراع ويد ورجل وقدم. ولكن إذا حدّقت في الداخل ستلاحظ أن أعضاءك (بما فيها دماغك ورئتيك) ليست متناظرة على الإطلاق.

لقد عرف البيولوجيون ردحاً طويلاً من الزمن أن أساس هذا التناظر وراثي؛ فهنالك جينتان تشكّليتان هما: Sonic hedgehog وNodal، تفصحان عن نفسيهما في الجانب الأيسر وليس في الجانب الأيمن. وهذا يدفع بعض الخلايا في الجانب الأيسر إلى أن تصبح عضلة قلبية بينما تنمو جاراتها في الجانب الأيمن لتعطي الكبد. ومن الواضح أيضاً أن هذه الاختلافات في التعبير (أو الإفصاح) الجيني تسبقها وتستهلّها ممالات كيميائية. ولكن ما لا نعرفه يتمثل في الشيء الذي ينشئ الممال الكيميائي بادئ ذي بدء. وهنا، كما يعتقد ليفين الآن، يكون الجواب هو الحقل الكهربائي.

وبالاشتراك مع روبنسون، درس فريق ليفين أجنة فراريج في مرحلة الأدمة الظاهرة epiblast stage، عندما تتألف هذه الأجنة من ما يتعدى جيب ظهاري بقليل. فهذه المرحلة هي التي تبدأ عندها الأجنة تبدي الاختلافات في التعبير الجيني عبر "الخط المتوسط" الذي يفصل بين جانبيها الأيمن والأيسر.

لقد اشتبه ليفين لأول مرة بوجود دور للحقول المغنطيسية في هذا الشأن حينما وجد أن قُنيَّات صغيرة جداً (تدعى ملتقيات فجوية)

"معظم بيولوجيي التشكّل والتنامي طرحوا هذه الفكرة جانباً لأنهم لايستطيعون مواءمتها مع الأفكار الراهنة عن الكيفية التي يحدث فيها هذا التشكّل والتنامي".

تربط الخلايا الظهارية، وتعتبر ضرورية لتحقيق اللاتناظر الصحيح. وعندما أعاق ليفين هذه الملتقيات الفجوية عن طريق استخدام العقاقير أو الأضداد لم تعد الجينتان Sonic hedgehog و Nodal تعبّران عن نفسيهما لاتناظرياً. بل عوضاً عن ذلك تم التعبير عن الجينتين بشكل متساوٍ على كلا جانبي الخط المتوسط.

فكّر ليفين أنه يجب أن يكون هنالك جزيء ما ينطلق عبر الملتقيات الفجوية ويؤسس هذا الممال الكيميائي، ولديه الآن دليل على أن القوة المحرّكة وراء حركة هذا الجزيء هي حقل كهربائي. فقد نقع الأجنة في صباغ متفلور حسّاس للفولطية واستطاع رسم خريطة الخواص الكهربائية المميّزة للظهارة. فوجد أن للخلايا الموجودة على الجانب اليميني من الخط المتوسط كموناً غشائياً يفوق بكثير ماتملكه الخلايا الموجودة على الجانب الأيسر؛ وهو فرق يبلغ نحو 20 ملّي فولط، الأمر الذي يعني وجود حقل كهربائي عبر الخط المتوسط.

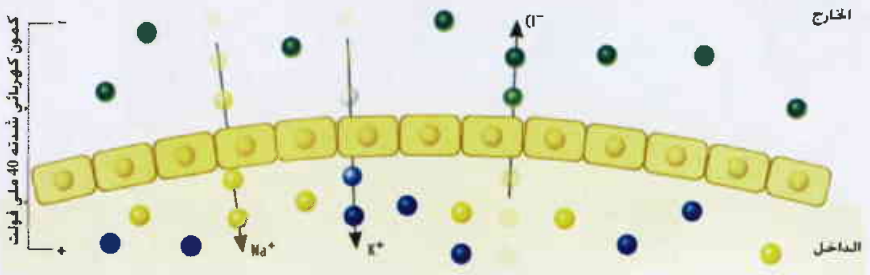
ثم اكتشف ليفين أن هذا الحقل الكهربائي يعتمد على توزيع غير متساوٍ لمضخة أيونية غشائية (تدعى أتيباز البوتاسيوم والهدروجين) تضخ أيونات الهدروجين (H^+) نحو خارج الخلية وتقايضها بأيونات البوتاسيوم (K^+). وبعدئذ تتسرب أيونات البوتاسيوم بشكل منفعل نحو خارج الخلية جاعلة الداخل سالب الشحنة بالمقارنة مع الخارج. هذا وتمتلك الخلايا الموجودة على الجانب الأيمن من الخط المتوسط عدداً من هذه المضخات يفوق ماتمتلكه الخلايا الموجودة على الجانب

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

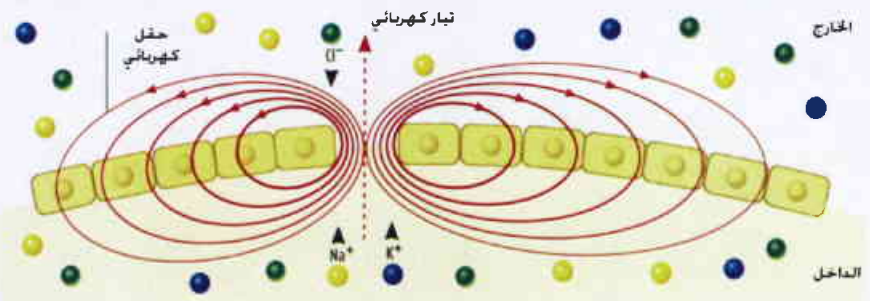
"هنالك إحياء لفكرة إمكانية أن يكون للحقول الكهربائية فوائد طبية. ويسعى أحد الأفرقة البحثية لاستخدامها في تشجيع التئام الأذيات الشوكية".

كيف تولّد طبقة من الخلايا حقلاً كهربائياً

تنشىء المضخات الأيونية مالاً كهركيميائياً



إذا انفتحت قناة، سيتدفق تيار، ينشىء حقلاً كهربائياً



الأيسر. فإذا ماجرى إخماد هذه المضخات صنعياً لايختفي الحقل الكهربائي فقط، بل يختفي كذلك التعبير الجيني اللامتوازن، وتنمو الأعضاء في هذه الأجنة عشوائياً في كلا الجانبين (Cell، المجلد 111، ص 77).

إن مايبقى مجهولاً هو الجزيء اللّغز الذي يستجيب للحقل الكهربائي للجنين. وأيّاً كان هذا الجزيء، فإنه يجب أن يكون صغيراً بالقدر الكافي لمروره الحشري في الملتقيات الفجوية، وينبغي أن يحمل شحنة كهربائية في شروط الجسم السويّة. كما أن مايسبّب عدم التناظر في توزيع الأتيباز غير واضح أيضاً. ولكن مع ذلك، أحدث ليفين اختراقاً علمياً مهماً تمثّل بإثبات أن الحقل الكهربائي يلعب دوراً حاسماً وغير معروف سابقاً في تضخيم الإشارة التشكّلية developmental signal.

ومع ذلك لم يقتنع الجميع بذلك. إذ يقول كليفورد تابين C. Tabin، وهو متخصص في بيولوجيا التشكّل بجامعة هارفارد، بأن العديد من البيولوجين يوافقون على أن الحقول الكهربائية تؤثر في سلوك الخلية، ولكن معظمهم يشكك بأنها تستخدم كدالّات حيزية spatial cues. ويضيف قائلاً: "لم أر أي بحث مقنع حول هذا التأثير. يضاف إلى ذلك، وجود تاريخ طويل لأبحاث سيئة في هذا المجال تثبط استثارة المرء بدراسات جديدة".

أما روبنسون فيجيب قائلاً: "ليس لدي أي مشكلة كبيرة في ذلك، وعلينا يقع العبء في حل القضية". ونشير هنا إلى أن إحدى المشكلات تتمثل في أن الأغلبية الكبيرة من الدراسات حتى الآن ذات علاقة متبادلة؛ فالباحثون وصفوا الحقول الكهربائية وربطوها بأحداث مهمة، لكنهم لم يستطيعوا إثبات أن هذه الحقول كانت سببية causal وليست مجرد ناتج ثانوي. أما أكثر الدراسات حداثة فيما يتعلق بترميم القرنية وعدم التناظر (الأيسر والأيمن) فقد أخذت تشرع بتبيان كون الحقول الكهربائية تحمل بحق معلومات حيّزية (فراغية) spatial مهمة. ولكن مع ذلك، يشكو مؤيدو مبدأ الحقول الكهربائية من استمرار إغفال البحوث في هذا الصدد. ويقول روبنسون: "لقد طرح معظم البيولوجيين التشكّليين هذه الفكرة جانباً لأنهم لم يستطيعوا أن يلائموها مع الأفكار الراهنة حول آلية التشكّل".

وحسبما يرى روبنسون وآخرون فإن المطلوب هو دمج البحوث الخاصة بالحقول الكهربائية مع علم الوراثة الجزيئي. ويضيف قائلاً: "يجب علينا أن نبين مستهدفات الحقول الكهربائية. وهذه مسألة رئيسة في فهم كيف تحسّ الخلايا الفرادى وتستجيب للحقول الكهربائية. ونحن نملك الآن الأدوات اللازمة لاستجلاء ذلك."

هذا هو سبب تحوّل اهتمام روبنسون من الضفادع إلى ذبابات الفاكهة. وهكذا يُفهَم الكثير من علم الوراثة التطوري لهذه الذبابات بحسب قوله الذي يرى بأنه سيكون من الأسهل بكثير إظهار كون الحقول الكهربائية عاملاً مسبباً في التشكّل.

وفي أحدث تجربة له طبّق روبنسون حقولاً كهربائية على أرومة عصبية لذبابة الفاكهة؛ وهي شريط صغير من نسيج جنيني يتطور إلى جهاز عصبي تنمو في طبق. وباستخدام حقل كهربائي شدته 2 ملي فولط فقط لكل قطر خلية، استطاع تغيير التوجيه الأمامي – الخلفي في الأرومة العصبية. وفي الجنين الحي للذبابة تكون الأرومة العصبية محاطة بظهارة ذات كمون شدته من 30 إلى 50 ملي فولط عبرها. وكما يقول روبنسون فإن النتائج توحي بأن الحقل الكهربائي قد يزوّد الأرومة العصبية النامية بدلالات حيّزية فراغية. ويعتزم في خطوته التالية أن يستخدم الكمون الكهربائي في جنين حي لمعرفة ما يفعله هذا الكمون لتنامي وتشكّل الجهاز العصبي.

وفي تلك الأثناء تحوّل ليفين إلى الدودة المسطّحة Dugesia japonica لدراسة دور الحقول الكهربائية في عملية التجدّد regeneration. فإذا قطعتَ الدودة المسطّحة في الوسط فإن كلا النصفين ينمو من جديد ليستكمل الرأس أو الذيل وتصبح بعد ذلك دودتين. وعلى مدى مئات السنين تساءل العلماء كيف تُعرف النهاية المقطوعة ما إذا كانت ستؤول إلى رأس أم ذيل. وفي الخمسينيات

من القرن الماضي اكتشفوا أن القرار يمكن أن يتأثر بحقل كهربائي مطبّق خارجياً، فإذا طبّقته في أحد الاتجاهين لتعطي رأساً تنمو الشدفة دوماً لتعطي رأساً، وإذا عكست القطبية ينمو ذيل على الدوام. وهذا ما يدفع للتفكير بأن الحقول الكهربائية الفطرية يمكن أن تضطلع بظاهرة التجديد لدى الدودة.

أثبت ليفين مؤخراً أنه يوجد ممال gradient فولطية طبيعي بين ذيل الدودة المقطوع والمكان الذي كان فيه رأس الدودة قبلاً. وبعد ست ساعات من قطع الرأس تتجمع مضخّات أتينار أيونات البوتاسيوم والهدروجين في موقع الجرح، وتعدّ هذه المضخّات ضرورية لتشكيل ممال الفولطية. فإذا حوصرت هذه المضخّات يختفي ممال الفولطية ويعطي الجرح عوضاً عن ذلك ذيلاً ثانياً.

والآن يجهد معظم باحثي الحقل الكهربائي في جعل علمهم هذا على قدم المساواة مع ميادين البيولوجيا الأخرى. ولكن بعضهم يتطلّع إلى جوائز أكبر. وعلى المدى الطويل، كما يقولون، يمكن أن يؤدي البحث إلى اكتشافات طبية مهمة كالعقاقير التي تسرّع الالتئام، أوالمعالجات الكيميائية التي تساعد في التئام الجروح أو تجدّد الأعصاب. ويقول ليفين: "أعتقد أن فهم الطاقات الكهربائية الحيوية الداخلة في سيرورات الحياة ستتيح إمكانيات تعادل في عظمها أو تفوق تلك الناجمة عن الثورات الحديثة في علم الوراثة الجزيئي".

5- تشريح اليأس *

لقد أدى اكتشاف تلف في أدمغة مرضى الاكتئاب إلى إلغاء نظريات سائدة منذ وقت طويل حول شروط هذا الاختلال. ولكنه يمكن أن يقودنا إلى معالجات أكثر نجاعة.

لقد ظن معظم الناس أن الطبيبة النفسية إيفت شيلين Y. Sheline كانت تضيّع وقتها هدراً. ففي أواخر 1990، حينما أخذت المسوح الدماغية ذات الميز العالي تشيع بشكل واسع، قررت شيلين دارسة تشريح أدمغة مرضاها المصابين بالاكتئاب. وفي حينها كان الرأي السائد يتمثل في أن سبب الاكتئاب يكمن في اختلال توازن كيميائي بالدماغ، لذلك لم تجد شيلين في البداية تمويلاً لمشروعها. وهذا ما دفعها للقول "أنها سارت حقاً ضد مسار التفكير في ذلك الزمن".

ولكنها في نهاية المطاف، تدبّرت مع زملاء لها في جامعة واشنطن في سانت لويس الحصول على منحة صغيرة small grant لإجراء مسح "تصويري لأدمغة" 10 نساء يعانين من نوب اكتئاب كبرى معاودة و10 حالات شاهدة control تضاهيها. ومما يدعو للدهشة ملاحظة أن المنطقة الدماغية المدفونة عميقاً تحت نصفي الكرتين المخيين، والمعروفة باسم الحصين hippocampus، كانت أصغر حجماً بنحو 15% في النساء المصابات بالاكتئاب. وأنه كلما طالت مدة إصابة المرأة بالاكتئاب ازداد صغر حجم الحصين عندها.

لم يكن ممكناً تفسير النتائج بوساطة النظرية الرئيسة "القائدة" للاكتئاب، والتي تقبل أن هذه الحالة يسبّبُها نقص مستويات نواقل عصبية تدعى الأمينات الأحادية في الدماغ. فهذه الجزيئات الصغيرة ومن ضمنها السيروتونين – تمرِّر الإشارات من عصبون إلى العصبون التالي له، لذلك فإن استنفادها يجعل التخاطب الدماغي يسير ببطء. ويبدو أن نجاح هذه الفرضية لا لُبس به بعد النجاح الكبير الذي أحرزه استعمال العقاقير المضادة للاكتئاب، والتي صنفت تبعاً لتأثيراتها في النواقل العصبية. وعلى سبيل المثال، صنف عقّار بروزاك Prozac كمثبط انتقائي لإعادة قبط reuptake السيروتونين (SSRI)، لأنه يرفع مستويات السيروتونين. ثم وجدت أدوية مثل NARIs تزيد مستويات النور أدرينالين وأخرى مثل NASSAs وSNARIs ترفع مستويات النورأدرينالين والسيروتونين معاً.

لقد صمدت النظرية نحو 40 عاماً، وأصبحت مرجعاً في الثقافة العامة. ولكن بدا أن الفروق التشريحية ستنسفها. لقد كان واضحاً على الدوام أن الاكتئاب أكبر من أن يكون مسألة نضوب لنواقل عصبية. وناهيك عن الإمكانية المشوشة بأن الاكتئاب يمكن أن يسبب عطباً دماغياً مستديماً أو أن يتسبب عن هذا العطب.

ومع أنه ما من أحد يماري بفكرة لعب كيماويات مثل السيروتونين دوراً مهماً في تنظيم المزاج، فقد بدأت المكتشفات تثير الشكوك حول صحة نظرية الأمينات الأحادية الخاصة بالاكتئاب. ويقول جورج زوبينكو G. Zubenko الخبير في وراثة الاكتئاب في جامعة بترسبورغ في بنسلفانيا: "كنا نقول لمرضانا المصابين بالاكتئاب أن لديهم القليل من السيروتونين وأن الشفاء ممكن بمعاوضته". ثم يستطرد قائلاً: "إنها تبدو حكاية جذّابة وبسيطة ولكنها بالتأكيد غالباً ما تكون غير صحيحة".

وعلى سبيل المثال، مع أننا نعرف أن جرعة واحدة من عقار مضاد للاكتئاب تكفي لرفع مستويات الناقل العصبي في غضون ساعات، فإنه يجب في العادة الانتظار بضعة أسابيع قبل حدوث أي تفريج للمرض. وعلى الرغم من أن مضادات الاكتئاب الحديثة قد تملك القليل من الآثار الجانبية مقارنة مع العقاقير الأقدم منها، فإنها يصعب أن تكون علاجاً شافياً بإعجاز. فحوالي النصف فقط من المرضى الذين تناولوا هذه العقاقير أحرزوا شفاءً تاماً من الأعراض، يُعزى بعض هذا التحسن إلى مفعول غفل placebo قوي. والأكثر إقلاقاً يتمثل في أن الركن الأساسي من هذه النظرية لم يثبت بشكل مباشر على الإطلاق. ففيما عدا عدد قليل من المرضى المصابين بالاكتئاب بشدة، تبقى مستويات الأمينات الأحادية في أدمغة معظم المرضى سوية المقدار.

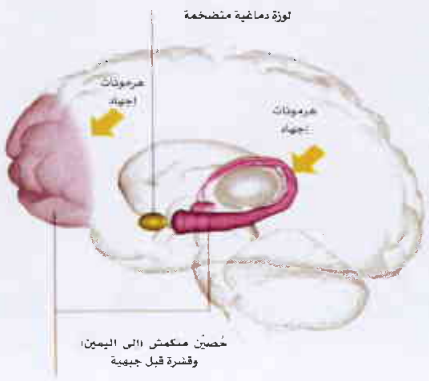
ولا يبدو أن معطيات شيلين قد جعلت الأمور تبدو أكثر وضوحاً.

* نشر هذا الخبر في مجلة NewScientist, 1 May 2004، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

إذ جاء تفسيرها المفضّل معتمداً على نظرية صاغها روبيرت سابولسكي R. Sapolsky من جامعة ستانفورد في كاليفورنيا وبريوس ماكيون B. McEwen من جامعة روكفلر في نيويورك. فخلال فترة الثمانينيات من القرن الماضي أظهر هذان الأخيران انكماش الحصين في أدمغة الحيوانات التي تتعرض لإجهاد stress مزمن. وعلى سبيل المثال، تموت ذكور القردة التابعة (الخاضعة) التي كانت تتعرض باستمرار للمشاقّ من قبل الأفراد المهيمنة في قطيعها خلال مراحل العمر المبكرة بالمقارنة مع أندادها. يضاف إلى ذلك ما لوحظ من نقص كبير في أعداد الخلايا في حُصَيْن أدمغتها.

الدماغ الكئيب

يمكن للاستعداد الوراثي أو للرَّضح **trauma** أن يؤدي إلى تضخم مفرط للوزة الدماغية. وهي منطقة دماغية تحكم الانفعالات وتؤدي فعاليتها المفرطة إلى تلف الحصين، والتأثير في مقدرته على تنظيم هرمونات الإجهاد القوي، التي يمكن أن تؤذي كذلك مناطق اخرى من الدماغ.



واستجابة للإجهاد، تطلق بعض خلايا الدماغ المتخصصة شلالاً من إشارات هرمونية تحثّ الغدد الكظرية على توليد هرمون الكورتيزول، المعروف بكونه ستيروئيد شديد الفعالية. ونذكر أن هذا الهرمون يلعب دوراً مهماً في المحافظة على حياة الفرد حين يُقدح في مواقف "الكر أو الفر fight or flight" الحادّة عبر استنفار مخزونات الطاقة في الجسم. ولكن سابولسكي وماكيون يعتقدان أن التأثير المتراكم للكورتيزول يدمر الجسم والدماغ (انظر جسم وروح). فهو يقلّم الاستطالات (الخلوية) العطوية ذات التفرعات الرهيفة التي تُعْرَف بالتغصنات والتي تتلقى عبرها عصبونات الحصين مدخولاتها من الخلايا الأخرى، وقد يدمر بعض الخلايا الأخرى تدميراً كلياً. ولما كان الحصين السليم يقوم بدور مخمد لإفراز الكورتيزول، فإن عطبه، يوقف عمل صمام إقفال حاسم crucial shut-off valve، ويُطْلِقُ عنان دورة فيزيولوجية معيبة.

ونعرف جيداً منذ زمن بعيد ارتفاع مستويات الكورتيزول لدى البشر المصابين بالاكتئاب، وقد ولّد ذلك شعوراً عند شيلين أن مرضاها المصابين بالاكتئاب إنما كانوا يعانون من انكماش حصيني كالذي يشاهد في الحيوانات. ولكن، كيف يمكن تفسير أعراض الاكتئاب؟ إن وظيفة الحصين الرئيسة تكمن في التعلم والذاكرة. ومع أن مرضى الاكتئاب قد تتنامى لديهم اضطرابات ذاكرة، ولكن هذا ليس العَرَض symptom الأكثر وضوحاً. صحيح أن الحصين يقيم اتصالات له مع مناطق الدماغ الأخرى المسؤولة عن ضبط المزاج والوجدان، ولكن يبدو من الصعوبة القبول بأن عطب الحصين وحده يمكن أن يولد كل هذه التشكيلة المتنوعة من الأعراض المشاهدة.

وعلى كل حال، لم يمض وقت طويل حتى أماطت دراسات أخرى اعتمدت على التصوير (المسحي) وفحص الجثة بعد الوفاة post mortem studies اللثام عن وجود اختلافات تشريحية في مناطق أخرى "غير الحُصَين" من أدمغة مرضى الاكتئاب. ففي القشرة المخية قبل الجبهية prefrontal cortex التي يعتقد أنها تلعب دوراً مهماً في السرحان الفكري السلبي وفي نماذج التفكير المضطرب الأخرى للاكتئاب، وجد الباحثون عصبونات صغيرة شاذة ونقصاً في خلايا الدعم الدماغية المعروفة بالدبق العصبي glia. وفي الوقت نفسه، فإن لوزة الدماغ amygdala التي تعتبر بنية دماغية تتحكم في تعابير الخوف والقلق تكون أشد ضخامة عند كثير من مرضى الاكتئاب. ومع أنه من غير الواضح بعد أن الإجهاد مسؤول أيضاً عن هذه التغيرات، فإن هذه الأخيرة يمكن أن تعد نقطة البدء في تفسير صنوف الأعراض التي يشعر بها المرضى.

ولكن لم تمنح هذه المكتشفات سبباً للتفاؤل، فالاكتئاب الذي لم نزل نَصِفُ أعراضه الكبرى "وإلى حد كبير" بلغة نفسية، أصبح فجأة يشارك في ملامح أمراض تنكسية عصبية خطيرة مثل داء برکنسون والزهايمر. فالتلف الدماغي أصعب على المعالجة بكثير من معالجة عدم التوازن الكيميائي، ولابد من نظرية جديدة تستوعب هذه المكتشفات الجديدة المعقدة. فما الذي، على سبيل المثال، قَدَحَ منظومة الإجهاد لتضلّ الطريق في المقام الأول؟ ولماذا يرتكس بعض الناس للإجهاد على هذا النحو، بينما يواجهه آخرون دون أن تظهر عليهم علامات المرض؟

وفي جامعة يال تحول رونالد دومان R. Duman للتفكير بطرق لتكييف النظريات القديمة بحيث تأخذ بالحسبان المكتشفات الدماغية الحديثة. ومما شجعه على ذلك أن بعض المعالجة بعقار بروزاك ومضادات الاكتئاب الأخرى تكون على الأغلب ناجحة جداً، الأمر الذي يدعو للاعتقاد أن نظرية الأمينات الأحادية لم تكن خاطئة كلياً. وكذلك، لوحظ أن العقار بروزاك وبعض العقاقير الأخرى تزيد مستويات مادة تعرف باسم: العامل المغذي العصبي المشتق من الدماغ brain-derived neurotrophic factor (أو اختصاراً BDNF) في الحصين. وقد صنفت هذه المادة في الأصل مع عوامل النمو المعنيّة في نماء الجهاز العصبي، إلا أننا نعلم الآن أنها مهمة في تكفل عصبونات دماغ الفرد البالغ وحمايتها. لذلك، اقترح دومان وزميلاه جورج هينينغر G. Henninger وإريك نستلر E. Nestler (اللذان يعملان الآن في مركز ساوث وسترن الطبي التابع لجامعة تكساس بدلاس) فرضية تدعى: "الفرضية المغذية العصبية للاكتئاب" neurotrophic theory of depression والتي نستطيع بمقتضاها أن نعزو التأثيرات المضادة للاكتئاب لأدوية مثل بروزاك إلى الطريقة التي تبقي فيها هذه العقاقير الخلايا حية في الحصين.

وبعد مرور ثلاث سنوات على بحث شيلين ظهر اكتشاف دماغي مهم أدى إلى دمج جميع المعطيات في تصور كلي جديد. فخلافاً

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

الجسد و الروح

تقول الطبيبة النفسية غليندا ماكوين من جامعة ماك ماستر في أونتاريو، بكندا: "لسوء الحظ غالباً ما يُوسم هذا الداء illness" ثم تتابع قائلة "إنه يركز انتباهنا على اضطراب المزاج ويجعلنا نتناسى باقي الجسد. إلاّ أن للاكتئاب عواقب تحت العنق وفوقه على حد سواء".

يعتقد بعض الباحثين أن أعراض هذا المرض تعكس عيوباً في منظومات أجسامنا الفيزيولوجية الأساسية الأكثر أهمية وتقول ماكوين: "فكل دافع أولي، يجعلنا نأكل أو ننام أو نمارس الجنس أو نعتني بأنفسنا بقصد البقاء أحياءً، إنما يتأثر بالمجموع بهذا الداء". وتضيف ماكوين قائلة "لابد أن شيئاً ما يكاد أن يكون واسع الانتشار في أحد المستويات الأساسية".

ويوافق على ذلك جورج زوبينكو من جامعة بتسبورغ في بنسلفانيا. ففي أثناء تسخيره عائلات مصابة بالشكل الشديد للداء بغية إجراء دراسات وراثية، وقع على نموذج تحذيري يتمثل في أفراد من هذه العائلات يموتون في سن أبكر بثماني سنوات وسطياً بالمقارنة مع عامة الناس. ويموت كثير من أطفالهم في السنة الأولى من أعمارهم بمعدلات أكبر بخمس مرات. ولايمكن أن تُعزى هذه الإحصائيات إلى الانتحار أو القتل أو السَرف بالمخدرات. ويقول زوبينكو: "إنهم يموتون نتيجة للأسباب ذاتها التي تقتل بقية الناس، كمرض القلب والسرطان والسكتة الدماغية ولكن في وقت مبكر كثيراً".

وفي أواسط العام الماضي اكتشف زوبينكو أن 81% من النساء المصابات باكتئاب شديد في إحدى العينات المدروسة كُنَّ يَحْملْن طفرة في المورثة (الجينة) التي تُرَمِّز (تكود) بروتين CREB. إن هذا يستطيع قدح التكون العصبي ولكنه يؤثرأيضاً في الذاكرة والنظم اليوماوية (السركادية). والأهم من ذلك تأثيره في تنظيم إنتاج الغلوكوز في الكبد وسيطرته على إمدادنا بالطاقة. وبتعبير آخر، فهو يؤثر في سيرورة process فيزيولوجية أساسية يمكنها التأثير في أجسادنا كاملةً، تماماً حسبما تفترض ماكوين.

أما بريوس ماكيون من جامعة روكفلر في نيويورك فلديه تفسير آخر. إنه ينظر للاكتئاب على أنه علامة اضطراب في استتباب مغاير allostasis، يهدف إلى التنسيق المتقن القائم بين الأجهزة العصبية والمناعية والهرمونية الموجودة في أجسامنا والتي تبقيها ضمن المجال الفيزيولوجي الضيق الضروري للحياة. وعندما يتعرض أحد هذه الأجهزة لتحدٍّ ما من جانب ما أسماه ماكيون حمولة استتبابية مغايرة allostatic load كالإجهاد أو ربما قلة النوم وقلة الأكل وحتى ضغط الإنهاك في أثناء حياتنا اليومية، فإنه يكون على الأجهزة الأخرى أن تقوم بالمعاوضة، ولكن ثمة حدود لإمكانات الجسم على التلاؤم (التكيّف). ويقول ماكيون: "فإذا بدأت بتشخيص الاكتئاب فإن الحمولة الاستتبابية المخالفة قد تسبب جانباً كبيراً من التبدلات في باقي الجسم.

ولكن ماكيون متفائل باكتشاف عقاقير جديدة تثبط الاستجابة للإجهاد، أو تصون أو تسد نقص العصبونات الحصينية وتنقذ الأرواح، "ويمكن لغزو الاكتئاب عند هذا المستوى أن يقصي بعضاً من هذه العواقب الثانوية المهمة التي تقتل الناس فعلياً".

العقل والجسد

إن تأثيرات الاكتئاب في العقل معروفة جيداً، ولكن غالباً ما يغضّ الطرف عن أعراضه الجسدية. فعلى المدى الطويل، ثمّة تشكيلة واسعة من المخاطر الصحية:

بالنسبة للعقل: مزاج مكتئب، هيوجية irritability، انخفاض الثقة بالنفس، مشاعر ذنب وقنوط وتفاهة، ضعف تركيز، عدم اكتراث بالملذات والجنس، ومن ثم خواطر انتحار.

بالنسبة للجسم: نقصان أو زيادة في الشهية، نقصان أو زيادة في الوزن، أرق أو الإفراط في النوم، نقص في الطاقة، تعب، ومن ثم ضعف عضلي).

تأثيرات ممكنة على المدى الطويل: استجابة مناعية ضعيفة، انسدادات شريانية، زيادة شحوم في البطن، سرطان، نوبات قلبية، ومن ثم سكتة دماغية.

للاعتقاد الذي ساد لفترة زمنية طويلة والذي يرى أن العصبونات الجديدة لا تتولد إلاّ خلال فترة التنامي الدماغي، وأن موت الخلايا العصبية في سن اليفع لا يمكن تعويضه؛ بيَّن باحثون من فريقين مختلفين وكل على حدة بفارق شهور قليلة بينهما (وهما فريق فريد غيج F. Gage في معهد سالك بسان دياغو في كاليفورنيا، وفريق إليزابث غولد E. Gould من جامعة برينسيتون) أن حصين دماغ اليافع يستطيع بالفعل أن يولد خلايا دماغية جديدة. وبالتالي، فإن التلف الدماغي الذي يشاهد لدى مرضى الاكتئاب ربما لا يكون ناتجاً عن خلايا تموت، بل ناتجاً أيضاً عن نقص في ولادة خلايا جديدة، وهي سيرورة تدعى "التكوّن أو التخلق العصبي neurogenesis". ومن خلال المزيد من الملاحظات العملية يبدو أن هذه السيرورة يمكن أن تكون عكوسية reversible.

تلقف دومان سيرورة التكون العصبي واعتبرها امتداداً منطقياً لنظريته التي ترى أن مضادات الاكتئاب تبقي الخلايا الحصينية حيّة عبر زيادة مستويات العامل المغذي المشتق من الدماغ (BDNF). وبيَّن من خلال عمله بالتوازي مع زميل لغولد يدعى باري جاكوبس B. Jacobs في وقت لاحق أن عقار بروزاك يُحرِّضُ على ما يبدو سيرورة التكون العصبي في الحصين (مجلة نيوسيانتست 12 شباط).

ولإثبات العلاقة السببية ضمّ دومان جهوده إلى جهود رين هين R. Hen من جامعة كولومبيا في نيويورك في اختبار هذه الفكرة عند الفئران. فمن المعلوم أن نقل الفأر إلى بيئة جديدة يجعله قلقاً وتسوء تغذيته، ويعرف هذا التأثير بالاغتذاء المكبوت بالمنبه غير المألوف. ولقد استخدمت هذه الملاحظة كأنموذج "موديل" حيواني للاكتئاب والقلق. فحينما كان فريق البحث يعطي هذه الحيوانات عقاقير مضادة للاكتئاب أصبحت الفئران أقل قلقاً وعادت تغذيتها إلى الوضع السوي. ولكن إذا ما تعرضت هذه الفئران كذلك لجرعة صغيرة من الأشعة السينية موجَّهة توجيهاً نحو الحصين بغية كبت التكون العصبي فيه فإن هذه الحيوانات تبقى بحالة قلق. ويوحي ذلك بأن التكون العصبي ربما يكون مفتاح المعالجة المضادة للاكتئاب.

واصل دومان عمله ليبين أن جميع أصناف مضادات الاكتئاب الأخرى، وكذلك المعالجة بالاختلاج الكهربائي electroconvulsive therapy (ECT) إنما تبعث على ولادة خلايا حصينية جديدة من خلال زيادتها مستويات العامل المغذي العصبي

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

المشتق من الدماغ. وفي دراسات أخرى، أوضح غيج وكارل كوتمان C. Cotman من جامعة كاليفورنيا في إيرفين أن التمارين الفيزيائية (الجسدية) التي نعرف أنها تحسِّن أعراض الاكتئاب عند البشر يمكنها أيضاً أن تحرِّض التكون العصبي. ومن جهة أخرى، بيَّن فريق دومان أن عقّار بروزاك يحتاج إلى ثلاثة أسابيع تقريباً لإزالة أعراض اليأس despair عند الفئران الكئيبة، وأن هذا الزمن يعادل تماماً الزمن اللازم ليستطيع العقار تحريض التكون العصبي.

ومع أن التكون العصبي هو جوهر فعل البروزاك، فإن تأثير هذا العقار في مستويات السيروتونين يظل الخطوة الرئيسة الأولى. فازدياد السيروتونين يرفع مستويات بروتين يعرف باسم CREB موجود بداخل الخلايا العصبية، وهذا يرفع بدوره مستويات العامل المغذي العصبي المشتق من الدماغ الذي يحرّض من جانبه أخيراً التكون العصبي.

بعد التسلح بهذه المعرفة، نشر دومان وغيره من الباحثين أن ثمة أكثر من طريق فعّال لعلاج الاكتئاب. وأن أفضلها ذلك الذي يؤثر مباشرة في الشلالات الكيميائية التي تحدث بداخل الخلايا بدلاً من تداول النواقل العصبية في مستوى المشبك، وأن مثل هذه الطرائق المباشرة لابد أن تكون أسرع مفعولاً وأقل تسبّباً بتأثيرات جانبية. ويأمل الباحثون أن ذلك سيشفي ملايين المرضى الذين لم يستجيبوا للعلاجات المتاحة حالياً. ويقول دومان: "إذا استطعنا استهداف بعض هذه المواضع داخل الخلايا أعتقد بأن سيَعِدُ بأن ذلك يكون أشد فعالية بكثير".

وبالفعل، فقد بيّن دومان وزملاؤه أن بإماكنهم تماماً عكس التأثيرات السلوكية للاكتئاب عند الجرذان في غضون ثلاثة أيام فقط، وذلك بتسريب (بحقن) جرعة واحدة من BDNF داخل أدمغتها. صحيح أن الحقن داخل الدماغ البشري قلّما يكون عملياً، ولكن ثمة عقاقير تستطيع زيادة مستويات CREB وBDNF تعرف باسم مثبطات الفسفوثنائي استيراز. وتستعد شركة تعمل في هذا المجال (وتدعى Memory Pharmaceuticals في مونت فال بنيوجرسي) لمباشرة التجارب السريرية الأولى لأحد هذه العقاقير على المرضى المصابين بالاكتئاب. ونذكر أن هذه العقاقير التي صممت بالأصل لتقوية الذاكرة في حالات كداء الزهايمر. تبيّن الآن أنها ذات مفاعيل مضادة للاكتئاب لدى حيوانات المختبر.

ولكن لا يزال هناك بعض الألغاز تنتظر الحل، وبخاصة كيفية قدح هذه الحالة في المقام الأول. ويعتقد دينيس تشارني D. Charney (رئيس برنامج اضطرابات المزاج والقلق في المعهد الوطني للصحة العقلية بمريلاند) أن مفتاح الحل يكمن في ضخامة اللوزتين الدماغيتين. ووفقاً لرؤية تشارني فإن الهرمون الذي ينتجه الدماغ لاستهلال إطلاق الكورتيزول من الغدة الكظرية خلال الإجهاد إنما يتمُّ إنتاجه في لوزتي الدماغ كذلك حيث يؤدي فيهما وظيفة ناقل عصبي.

إن عمل هذا الهرمون كناقل عصبي (في اللوزتين) مستقلٌّ عن استجابة الإجهاد، ولكن تشارني وماكيون يستشفّان أن الناس المؤهبين للإصابة بالاكتئاب ينتجون كمية كبيرة منه. وإذا صادف

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

وجود استعداد وراثي لتضخم لوزتي الدماغ المفرط ولفعاليتهما الزائدة لدى هؤلاء المؤهبين، فإن ذلك يحاكي تأثيرات البقاء في حالة إجهاد مستمر. وبدوره، يمكن أن يباشر هذا الأمر دورة التلف في الحصين والقشرة المخية قبل الجبهية (انظر الدماغ المكتئب). ويقول تشارني أن العقاقير التي جرى تطويرها لكي تحصر block فعل هذا الناقل العصبي قد "أبلت بلاءً حسناً" في الدراسات على الحيوانات، وهو متفاؤل بأنها ستكون علاجاً ثميناً في معالجة الاكتئاب.

ولا يزال أمامنا طريق طويل نمشيه، فالاكتئاب "مرض" معقد وربما يتضمن عدة جينات تعمل بتناغم مع قادحات بيئية. ووفقاً لما تراه الطبيبة النفسية غليندا ماكوين G. McQueen من جامعة مانشستر في هاملتون، بأونتاريو فإنه يوجد أربع طرق رئيسة في موضوع الاكتئاب وهي: الاستعداد الوراثي، والإهمال السَّرَف abuse في المراحل المبكرة من العمر، وتصاغر بنى عصبية تحت وطأة الإجهاد المزمن طيلة العمر، وأخيراً التعرض لحدث رضحي كبير في سن البلوغ وتقول ماكوين: يختلف الوزن والاحتمال لكل واحد من هذه العوامل من فرد لآخر.

وختاماً، ربما يكون السبب الرئيس للاكتئاب مختلفاً باختلاف الناس، كما وقد يختلف سياق المعالجة الأمثل من شخص لآخر. "وأعتقد أن البحث الطويل جاهداً هو الذي سيشرحه بالدرجة الأولى".

6- الزئبق *

ما هو؟

الرمز:	Hg
العدد الذري: (بروتونات في النواة)	80
الوزن الذري:	201

الزئبق عنصر موجود في البيئة بشكل طبيعي، ويكون عادة متّحداً مع عناصر أخرى بشكل مركبات أو أملاح زئبقية. الزئبق المعدني هو معدن أبيض لمّاع مائل إلى الفضي، ويكون سائلاً في درجة حرارة الغرفة. وإذا تمّ تسخينه ينتشر في الجو كغاز عديم اللون والرائحة. يتحد الزئبق مع عناصر أخرى ليشكل مركبات زئبق لاعضوية، يكون بعضها ذوّاباً في الماء. وكذلك يتحد الزئبق مع الكربون ليؤلف مركبات زئبق عضوية مثل ميثيل الزئبق. ولأن الزئبق عنصر، فهو لا يتفكك ولا يمكن إتلافه.

كيف يستعمل الزئبق؟

يستعمل الزئبق المعدني لتوليد غاز الكلور والصودا الكاوية، وكذلك لاستخراج الذهب من خاماته. وهو يستخدم في موازين الحرارة والحشوات السنية، والمدخرات (البطاريات)، كما تستعمل بعض مركبات الزئبق اللاعضوية ككريمات لتفتيح البشرة، مثل الكريمات والمراهم المعقمة وكعوامل مضادة للتعفن.

ما هي أشكاله في البيئة؟

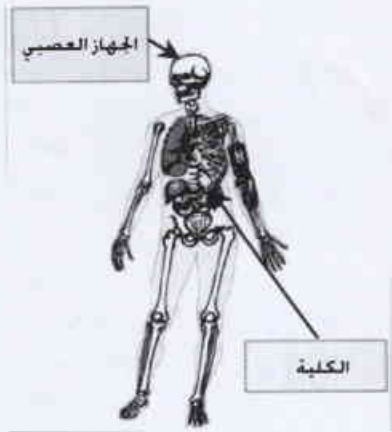
إن أكثر الأشكال الشائعة للزئبق والتي تظهر بشكل طبيعي في البيئة هي الزئبق المعدني والأملاح اللاعضوية التي تضم كبريتيد الزئبق، وكلوريد الزئبق، وكذلك ميثيل الزئبق. ويمكن للمتعضيات الدقيقة والعمليات الطبيعية المختلفة أن تغير شكل الزئبق في البيئة. فالزئبق المعدني يمكن أن يتحد مع عناصر أخرى ليؤلف مركبات الزئبق اللاعضوية. كما يمكن لمركبات الزئبق اللاعضوية أن تتحد مع الكربون لتؤلف مركبات زئبق عضوية. وبدورها يمكن أن تتغير مركبات الزئبق العضوية هذه إلى مركبات لاعضوية. ويُعَدُّ ميثيل الزئبق أكثر الصيغ التي تتولد بواسطة هذه العمليات الطبيعية شيوعاً. لهذا المركب شأن خاص لأنه يستطيع أن يتراكم حيوياً من خلال السلسلة الغذائية. أي أن المتعضيات والنباتات الصغيرة تتناول ميثيل الزئبق كغذاء لها، ثم تتناول الحيوانات الأعلى منها في السلسلة الغذائية هذه النباتات والمتعضيات، وتتواصل العملية وتتزايد مستويات ميثيل الزئبق بارتقاء السلسلة الغذائية. وما يعتبر ذا أهمية خاصة هو التراكم الحيوي للزئبق في السمك والمحار بحيث يمكن أن يفوق تركيزه فيها بكثير نظيره في الماء المحيط وفي السمك الأدنى مرتبة في السلسلة الغذائية. بيد أن، الزئبق لا يتراكم حيوياً في نباتات اليابسة؛ ونشير هنا إلى أن النسبة المثالية للتركيز في النباتات إلى التركيز في التربة يقدر بـ 0.2 (أو20%). وفي الولايات المتحدة يتراوح تركيز الزئبق في التربة المحتوية على المستويات الطبيعية للزئبق بين أقل من 0.02 من المليغرام إلى حوالي 6 مليغرامات من الزئبق لكل كيلو غرام من التربة (ملغم/كيلو). ويَرْشَحُ الزئبق ببطء نوعاً ما، مع تركيز له في دقائق التربة يفوق بحوالي 10 إلى 100 ضعف تركيزه في الماء الموجود بين دقائق التربة. أما في الجو، فإن تراكيز الزئبق تتراوح من حوالي 0.01 إلى 0.02 المكروغرام لكل متر مكعب من الهواء (مكروغرام/متر3).

ماذا يحدث له في الجسم؟

يمكن للزئبق أن يدخل الجسم بشكل أولي عبر استنشاق الهواء أو تناول الطعام أو ملامسة الجلد. أمّا كم الزئبق الداخل إلى الجسم وما يحدث له فإنه يعتمد على شكل الزئبق وطريقة التعرض (أي، عبر الهواء أو الطعام أو الجلد). فحيثما يتم استنشاق أبخرة الزئبق المعدني، يحدث امتصاص ما يوازي نسبة 80% منه. بعد عملية تناوله، مع العلم بأن امتصاصه بعد دخوله جهاز الهضم يكون أقل من 0.01% بالنسبة للزئبق المعدني، وأقل من 10% بالنسبة للزئبق اللاعضوي، وأكثر من 95% بالنسبة للزئبق العضوي. وكذلك يمكن أن يتم امتصاص الزئبق من خلال الجلد، ولكن تكون الكمية صغيرة إذا ما قورنت بالتنفس أو الابتلاع. حالما تدخل الجسم مركبات الزئبق المعدني والزئبق العضوي فإنها تصل بسهولة إلى معظم الأنسجة، بما في ذلك الدماغ؛ كما يصل الزئبق أيضاً إلى الجنين المكتمل في

* نشر هذا الخبر في مجلة ANL, October 2001، وتمت ترجمته في هيئة الطاقة الذرية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



تتأثر الأعضاء والأجهزة عندما يدخل الزئبق من خلال الطعام أو الماء أو الهواء

المرأة الحامل. ويتراكم الزئبق في الكليتين. أما في الدماغ، فيمكن أن يتحول الزئبق المعدني وميثيل الزئبق إلى شكل عضوي يختزن فيما بعد داخل الدماغ. ويميل الزئبق إلى البقاء في الجسم لأسابيع أو لشهور. ولكنه يغادر الجسم في النهاية عن طريق البول والبراز.

ما هي التأثيرات الصحية الأولية؟

الجهاز العصبي حساس جداً لكل أشكال الزئبق، بالرغم من أن الدماغ هو الأكثر حساسية للزئبق المعدني وميثيل الزئبق لأنهما يدخلان الدماغ بسهولة أكبر من دخول الزئبق اللاعضوي. ونذكر هنا أن التعرض للزئبق قد يسبب الارتعاشات (اختلاجات) وفقدان الذاكرة وتغيُّرات في الشخصية والرؤية والسمع (ونورد في هذه المناسبة أن صانع القبعات في كتاب "أليس في أرض العجائب" يعرض تغيرات الشخصية التي شوهدت في القرن الثامن عشر وصولاً إلى أوائل القرن التاسع عشر لدى أناس كانوا يعملون في صنع القبعات، عبر استخدام الزئبق لمعالجة الجلود). ويعتبر الأطفال والأجنة المكتملة حساسين بشكل خاص للتأثيرات الضارة للزئبق على الجهاز العصبي، إذ يمكن أن يتسبَّب التعرُّض للزئبق في تخزين متفاوت بين الطفيف والحاد للدماغ، بما في ذلك تأثيراته على سلوك الطفل وقدرته على التفكير والتعلم. وكذلك يتلف الزئبق الكليتين أيضاً. وبالرغم من أن الدراسات على الحيوانات تشير إلى أن كلوريد الزئبق وميثيل الزئبق يمكن أن يسبِّبا سرطاناً في الحيوانات المخبرية، فإننا لا نعلم إذا ما كانت تسبب السرطان لدى البشر الذين يتناولون هذه المركبات أكلاً أو يتنفسونها هواءً. بناءً على الدراسات الحيوانية، فإن وكالة حماية البيئة (EPA) تعرف كلاً من كلور الزئبق وميثيل الزئبق كمواد مسرطنة محتملة للإنسان.

ما هي الأخطار؟

لقد أوجدت وكالة حماية البيئة EPA قيَماً سُمِّيَّةً لتقدير خطر تكون تأثيرات لاسرطانية كنتيجة لاستنشاق أو ابتلاع الزئبق (انظر المستطيل أدناه) وتدعى القيمة السُمِّيَّة لتقدير التأثيرات اللاسرطانية باسم الجرعة المرجعية RfD، وتعتبر تقديراً لأعلى جرعة يمكن أن يتم تناولها في كل يوم بدون أن تسبب تأثيراً سرطانياً مضرّاً. لقد تم وضع هذه القيم السُمِّيَّة عبر دراسة حيوانات اختبار أعطيت جرعات عالية نسبياً من الزئبق خلال مدة حياتها، ومن ثمّ إجراء تعديل

القيم الكيميائية السمية		
شكل الزئبق	أمثال لا سرطانية	
	جرعة مرجعية عن طريق الفم	جرعة مرجعية عن طريق الاستنشاق
الزئبق المعدني	لا يوجد	0.000086 mg/kg - في اليوم
كلوريد الزئبق	0.0003 mg/kg - في اليوم	لا يوجد
ميثيل الزئبق	0.0001 mg/kg - في اليوم	لا يوجد
فينيل أسيتات الزئبق	0.00008 mg/kg - في اليوم	يفترض ان يكون مثل فينيل أسيتات الزئبق عن طريق تناوله بالفم

لهذه النتائج وتسويتها إلى ملغم/ كيلوغرام في اليوم كأساسٍ عند البشر.

ولإيضاح كيفية تطبيق الجرعة المرجعية (RfD)، يمكن لشخص يزن 150 باوندا أن يتناول بأمان 0.001 ملغم من ميثيل الزئبق يومياً دونما توقُّع أي تأثيرات مضرَّة (2.2 باوند = 1 كغ أو 1.000 غ أو 1 مليون ملغ).

ما هي الحدود الحالية لما يتحرّر من الزئبق في البيئة وما يتعرَّض له البشر منها؟

وللمساعدة في تتبع ما ينطلق من المنشآت إلى البيئة من الزئبق، تشترط تعديلات صندوق EPA لتمويل خطط الطوارئ وحقوق معرفة المجتمع تقديم تقرير سنوي عن انبعاثات مواد كيماوية معينة في الجو والماء واليابسة يندرج في كشف الانبعاثات السامة في البلاد ويدخل العديد من مركبات الزئبق في قائمة تلك التعديلات. أما الكميات المسموح بها فهي 1 باوندُ (0.454 كغ) للزئبق وسيانيد الزئبق؛ 10 باوندات (4.54 كغ) لنترات الزئبق وسلفات الزئبق وثيو سيانيت الزئبق، والنيترات الزئبقية وفولمينات الزئبق؛ و100 باوند (45.4 كغ) لأسيتات فينيل الزئبق.

لقد أقرَّت وكالة حماية البيئة (EPA) حدّاً يساوي 0.002 من المليغرام لكل لتر (ملغ/ لتر) للزئبق في مياه الشرب. ولا يدخل الزئبق ضمن قانون الهواء النظيف في الولايات المتحدة.

أما بالنسبة للهواء في المعمل، فقد عينت وزارة الصحة والسلامة الوظيفية حداً للتعرض مسموحاً به (PEL) يساوي 0.1 مليغرام لكل متر مكعب بالنسبة لبخار الزئبق اللاعضوي، و0.01 مليغرام/متر مكعب لمركبات الزئبق العضوية. وقد حددت وزارة الغذاء والدواء حدّاً نافذاً لدى الأسماك والمحار يساوي 1 ملغ من ميثيل الزئبق لكل 1 كغ من السمك.

أين يمكن أن نجد المزيد من المعلومات؟

يمكن العثور على المزيد من المعلومات عن الزئبق في المصدر الأساسي للمعلومات لهذا العرض الإجمالي والذي يحمل اسم (Toxicological Profine for Mercury) من إعداد الوكالة المسؤولة عن المواد السامة وسجل الأمراض (Toxic substances and Disease Registary) وهو متوفر على شبكة الإنترنت على موقع:

www.atsdar.cdc.gov/toxpro2.html http

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ورقات البحوث

تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري على نمو وتشكّل العقد الجذرية وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان وعلى نمو نبات عباد الشمس باستخدام تقانة ^{15}N ★

د. فواز كردعلي - فريد العين
قسم الزراعة- دائرة تغذية النبات- هيئة الطاقة الذرّية - ص. ب. 6091
دمشق- سوريا.

ملخص

دُرس تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري على تشكل العقد الجذرية وإنتاج المادة الجافة وتثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان Sesbania aculeata Pers وذلك في تجربة جرت في أصص. تراوحت الناقلية الكهربائية في معاملات مياه الري بين 1.1 و33 dS/m. دُرس هذا التأثير أيضاً على نمو نبات عباد الشمس Helianthus annuus L. والذي استعمل، إضافة إلى ذلك، كنبات مرجعي لقياس كفاءة تثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان وفق طريقة التخفيف النظيري للآزوت ^{15}N.

أدى ري النوعين النباتيين بمياه مالحة ذات ناقلية كهربائية أكثر من 4.03 dS/m إلى انخفاض في النمو، و كان التأثير في نبات السيسبان أكثر منه في نبات عباد الشمس. كما سبَّب ازدياد الناقلية الكهربائية في مياه الري انخفاضاً في إنتاج المادة الجافة للأجزاء الهوائية للنباتات أكثر منه في الجذور. استطاعت سلالات الريزوبيا المستوطنة في التربة تشكيل عقد على جذور نبات السيسبان في معاملات الري كافة ماعدا النباتات التي رويت بمياه ناقليتها الكهربائية 33 dS/m، حيث ثبط تشكل العقد الجذرية وتثبيت الآزوت الجوي معاً. في حين ازدادت معنوياً النسبة المئوية للآزوت الجوي المثبت في نباتات السيسبان المروية بمياه ناقليتها الكهربائية 4.03 dS/m مقارنة بالشاهد. أما في معاملات الري الأكثر ناقلية (حتى 12.3 dS/m) فقد كان التأثير سلبياً. بيَّنت هذه النتائج إمكانية ري السيسبان Sesbania aculeata وعباد الشمس Helianthus annuus المزروعين في تربة مالحة بمياه مالحة ذات ناقلية كهربائية مقدارها 8.03 و12.3 dS/m على التتالي، أو يمكن ري النوعين النباتيين بمياه ذات تراكيز متزايدة من الملوحة خلال فترة النمو.

الكلمات المفتاحية: السيسبان، عباد الشمس، ملوحة، تثبيت الآزوت الجوي.

مقدمة:

تعد ملوحة التربة ظاهرة واسعة الانتشار في العديد من المناطق المعتدلة والتي تؤدي إلى الحد من نمو النباتات حيث يسبب ذلك خروج مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية من الاستثمار بسبب تراكم الأملاح في التربة. تعتبر الأراضي المتأثرة بالأملاح في حوض الفرات في سوريا كغيرها من الأراضي المنتشرة في العالم ذات أهمية كبيرة لإعادة استثمارها بهدف تلبية الاحتياجات الغذائية اللازمة للتزايد السكاني على سطح الأرض. تعد الزراعة المالحة من الطرائق الواعدة التي تعتمد على استعمال المصادر الوراثية وتحسين العمليات الزراعية بهدف الاستثمار الأفضل للأراضي المالحة ومياه الري المالحة [1].

يعد السيسبان Sesbania aculeata من المصادر الوراثية النباتية البقولية المتحملة للملوحة. يستعمل هذا النوع في استصلاح الأراضي المالحة نظراً لمساهمته في تحسين خصوبة التربة من خلال تزويد التربة بالمادة العضوية وزيادة إتاحة العناصر الغذائية في التربة وإزاحة بعض الأملاح المعدنية إضافة إلى تثبيت الآزوت الجوي [2]. إضافة إلى ذلك، تستطيع نباتات أخرى، مثل عباد الشمس [3] وأصناف من القمح المتحملة للملوحة [4] وغيرها، النمو بنجاح في بيئات مالحة، والتي تزرع لأهداف اقتصادية وغذائية. على سبيل المثال، يعد نبات عباد الشمس Helianthus annuus من المصادر الهامة للزيت النباتي في العالم وذلك بسبب احتوائه على حموض دهنية غير مشبعة [3]. ويعد نبات السيسبان من النباتات البقولية سريعة النمو وتستخدم أوراقه علفاً لتغذية الحيوانات الزراعية [5]. وقد استعمل هذا النوع النباتي كنوع رائد في إعادة الغطاء النباتي

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Journal of Plant Nutrition ,2002 .

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إلى مساحات كبيرة من الأراضي المتأثرة بالملوحة حيث يتميز بقدرته على التكيُّف في ظروف مختلفة من التربة سواء أكانت الترب غدقة أم مالحة أم رملية أم طينية [6].

يسمى النوع Sesbania aculeate أيضاً باسم Sesbania bispinosa وتعتبر الهند والباكستان الموطنين الأصليين لهذا النوع النباتي، وقد أدخل تجريبياً إلى سوريا عام 1997، لإعادة استثمار الأراضي المتأثرة بالأملاح، ولإنتاج العلف ولإنتاج الأسمدة الخضراء. ومن الجدير ذكره أن إدخال هذا النوع، إضافة إلى أنواع نباتية أخرى مثل عباد الشمس Helianthus annuus في الترب المتأثرة بالأملاح، قد حاز على نجاح جيد من حيث التأقلم في ظروف البيئة السورية.

يتعلق تأثر نمو النباتات البقولية، عموماً، في البيئات المالحة بدرجة تحمل كل من الريزوبيا والنبات العائل للأملاح [8,7]، وقد بينت نتائج الباحثين أن للملوحة تأثيراً في خفض نمو العديد من النباتات البقولية مثل الحمص [9] وفول الصويا [10] والفول العادي [11] والفول السوداني [12]. وقد بينت النتائج، أن سبب عدم نجاح الأداء التعايشي في الظروف المالحة يعود إلى عوامل عديدة أهمها عدم قدرة النبات على النمو، وعدم قدرة بكتريا الريزوبيا على المعيشة حرة في التربة إضافة إلى عدم مقدرتها على إصابة الشعيرات الجذرية وتشكيل عقد جذرية فعَّالة وظيفياً [7-13].

على الرغم من نجاح زراعة بعض الأنواع النباتية المدخلة والمتحملة للملوحة في الأراضي المتأثرة بالملوحة في سوريا إلا أن ارتفاع ملوحة مياه الري يمكن أن تؤثر في أدائها. لذلك هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري على تشكل العقد الجذرية وإنتاج المادة الجافة وتثبيت الآزوت الجوي في نبات Sesbania aculeata Pers، المزروع في تربة مالحة، وذلك في تجربة أصص. كما درس هذا التأثير أيضاً على نمو طراز وراثي جديد ومدخل من نبات عباد الشمس Helianthus annuus L. والذي استعمل، إضافة إلى ذلك، كنبات مرجعي لقياس كفاءة تثبيت الآزوت الجوي في النبات البقولي.

المواد والطرائق

خواص التربة

جمعت التربة من حوض الفرات الأدنى من سوريا، وذلك من منطقة تبعد عشرين كيلومتراً جنوبي شرق مدينة دير الزور (35° 15' N 40° 20 'E). بارتفاع مقداره 203 م عن سطح البحر. ويوضح الجدول 1 أهم الصفات الفيزيائية والكيميائية لهذه التربة. وتميزت هذه التربة بأنها سبق أن زرعت بنبات السيسبان فكوّن عقداً جذرية وفيرة.

زراعة النباتات وإضافة السماد المعلم

زرعت بذور النبات Sesbania aculeata Pers والطراز الوراثي (G-342) من نبات عباد الشمس Helianthus annuus L. (تم الحصول عليهما من

الجدول 1: الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة المستعملة

الخصائص	القيم
الرمل %	14.9
السلت %	25.5
الطين %	42.6
الناقلية الكهربائية Ec_e (dS/m)	20.0
pH	7.83
معدل امتزاز الصوديوم SAR (meq/L)	12.68
المادة العضوية %	1.01
$CaCO_3$ %	19.28
N%	0.07
الفسفور المتاح الأيونات P(µg /g) (meq/L)	7.17
Cl^-	165
HCO_3^-	3.2
CO_3	Trace
Na^+	71.3
K^+	0.94
Ca^{++}	45
Mg^{++}	18.27
سعة التبادل الكاتيوني CEC (meq. 100 g soil)	32.4
Na^+	1.4
K^+	0.26
Ca^{++}	18.26
Mg^{++}	12.00

المعهد النووي للزراعة والبيولوجيا NIAB في الباكستان) في أصص سعتها عشرون كيلوغراماً، مملوءة بتربة مالحة من الموقع المذكور في دير الزور. بلغ عدد الأصص أربعة وعشرين أصيصاً لكل نوع نباتي، وضعت في ظروف مناخية طبيعية، بحيث احتوى كل أصيص على نباتين. أضيف إلى كل أصيص ما يقابل 20 كغ N /هكتار من سماد كبريتات الأمونيوم المعلم $(^{15}NH_4)_2SO_4$ بنسبة إغناء مقدارها 10.07%. وتم تنظيم عملية ري الأصص جميعاً مع الحفاظ على عدم انخفاض رطوبة التربة عن حدود 70% من السعة الحقلية خلال التجربة.

معاملات الملوحة

رويت جميع النباتات، خلال الأسبوعين الأولين، بمياه عادية غير مالحة. ثم رويت، بعد ذلك، بتراكيز مختلفة من مياه مالحة، بعد أن تم تحضيرها بمزج مياه جوفية مالحة جلبت من منطقة حوض الفرات الأدنى (ناقليتها الكهربائية 33 dS/m) مع مياه غير مالحة (ناقليتها الكهربائية 1.1 dS/m). تم الحصول، بنتيجة المزج هذا، على مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري التي بلغت ناقليتها الكهربائية 4.03، و8.03، و12.3 dS/m. وبالنتيجة، استعملت ست معاملات اختلفت بعضها عن بعض بمستوى الملوحة في مياه الري، وهي: 1.1 و4.03 و8.03 و12.3 و33 dS/m، أما في المعاملة السادسة، فقد رويت النباتات بتراكيز متزايدة من ملوحة مياه الري (بدءاً من 1.1 وحتى 33 dS/m) بفاصل زمني مقداره خمسة عشر يوماً بين التركيز والآخر. وتم

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ترميز المعاملات الست السابقة بالرموز التالية: EC1 و EC2 و EC3 وEC4 وEC5 وEC6 على التوالي. ويبين الجدول 2 الناقلية الكهربائية والخصائص الكيميائيّة لمعاملات مياه الري المستعملة.

الجدول 2: الخصائص الكيميائية لمعاملات مياه الري المستعملة

الخصائص	معاملات ملوحة مياه الري				
	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC_w	1.1	4.03	8.03	12.3	33.0
pH	8.3	8.1	8.2	8.2	8.0
معدل امتزاز الصوديوم SAR (meq/L) الأيونات (meq/L)	4.50	10.97	14.64	16.15	13.51
Cl^-	4.2	22.8	56.4	79.8	255.5
HCO_3^-	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8
CO_3^{--}	Trace	Trace	Trace	Trace	Trace
Na^+	6.1	28.7	46.3	64.6	75.0
K^+	0.09	0.08	0.08	0.11	0.28
Ca^{++}	2.5	2.5	2.5	7.5	2.5
Mg^{++}	1.1	11.2	17.5	24.5	59.0

حصاد النباتات والتحاليل

حصدت النباتات بعد 90 يوماً من الإنبات، وجرى تقدير الوزن الجاف للأجزاء الهوائية وللجذور في نباتي السيسبان وعباد الشمس. وتم تقدير عدد العقد الجذرية المتشكلة على الجذور الجانبية والرئيسة لنبات السيسبان. جففت العينات النباتية على درجة حرارة 70 مئوية لمدة ثلاثة أيام.

قدر الآزوت الكلّي وفق طريقة كلداهل. وحددت $^{15}N/^{14}N$% باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Emission Spectrometer, Jasco-150, Japan). واستخدمت معادلة [14] لحساب النسب المئوية للآزوت المثبت. كما خضعت البيانات إلى تحليل التباين ANOVA وحسب أقل فرق معنوي على مستوى 0.05 لتبيان معنوية الفروق بين متوسطات المعاملات المدروسة.

النتائج والمناقشة

إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلّي

بلغت قيم المادة الجافة الكلّية في نبات االسيسبان 22.9 و24.5 و16 و9.9 و4.3 و16غ/ أصيص، وفي نبات عباد الشمس 18.6 و17.3 و16.1 و12.3 و6 و15.5 غ/ أصيص، وذلك في المعاملات EC1 وEC2 وEC3 وEC4 وEC5 وEC6 على التوالي (الجدول 3). من الواضح في هذه البيانات أن زيادة ملوحة مياه الري قد أثّرت في نمو النباتات. أبدى النوعان النباتيان عدم وجود استجابة معنوية في المعاملة EC2 (4.03 dS/m) على الرغم من أن إنتاج المادة الجافة في السيسبان كان أعلى من الشاهد في حين كانت القيمة أخفض في نبات عباد الشمس. سبّب ري النباتات بملوحة أعلى لمياه الري 8.03، (dS/m) (EC5) 33، (EC4) 12.3، (EC3) ومن 1 إلى 33 (EC6) انخفاضاً معنوياً في إنتاج المادة الجافة بمعدل 30 و57 و81 و30% مقارنة بالشاهد وذلك في السيسبان، وبمعدل 14 و34 و68 و17% في عباد الشمس

الجدول 3: تأثير زيادة ملوحة مياه الري في إنتاج المادة الجافة لنبات السيسبان Sesbania aculeata وعباد الشمس Helianthus annuus

المعاملة	أوراق (g/pot)	جذور (g/pot)	نسبة الأوراق للجذور	كامل النبات (g/pot)
Sesbania aculeata				
EC1	19.45±0.76ab	3.48±0.23ab	5.65±0.37a	22.93±0.86a
EC2	20.83±1.49a	3.70±0.19a3.70±0.19a	5.63±0.27ab	24.53±1.64a
EC3	13.33±1.04c	2.70±0.09c	4.93±0.28bc	16.03±1.10b
EC4	08.18±0.36d	1.70±0.08d	4.82±0.10c	09.88±0.43c
EC5	03.60±0.60e	c0.70±0.10e	5.13±0.13ab	04.30±0.70d
EC6	13.20±0.86c	2.72±0.21c	4.81±0.60c	15.95±1.16b
Helianthus annuus				
EC1	17.20±0.18a	1.43±0.17ab	16.08±0.95b	18.63±0.31a
EC2	15.75±1.23ab	1.53±0.16ab	10.51±0.85abc	17.28±1.36ab
EC3	14.45±0.93b	1.63±0.08a	08.93±0.66bc	16.08±0.95b
EC4	11.10±0.543c	1.18±0.05b	09.48±0.54bc	12.28±0.54c
EC5	05.30±0.70d	0.70±0.07c	07.85±1.27c	06.00±0.71d
EC6	14.18±0.71b	1.30±0.16ab	11.24±0.92ab	15.48±0

المتوسطات المشار إليها بأحرف متشابهة (ضمن العمود) لاتختلف معنوياً على مستوى ثقة 50% (EC5 33، EC4. 12.3، EC3 4.03، EC2 8.03، EC6 من 1.1 وحتى 33 مليموز/ سم).

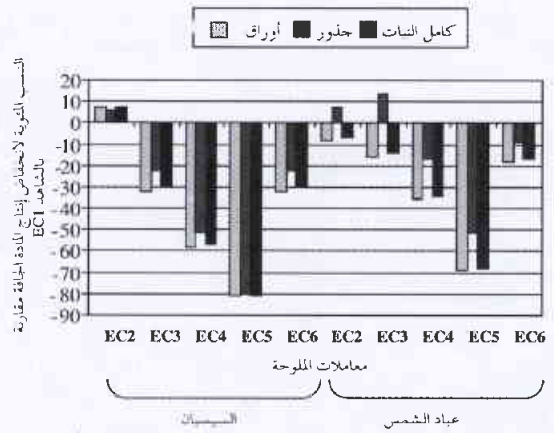
وذلك على التوالي (الشكل 1). في المعاملة (EC6) التي رويت النباتات فيها بتراكيز متزايدة من ملوحة مياه الري، كانت نسبة انخفاض إنتاج المادة الجافة 30% من إنتاج الشاهد، والتي تماثل القيمة المتحصل عليها جرّاء ري النباتات بمياه مالحة ذات ناقلية كهربائية مقدارها 8.03dS/m وهذا يشير إلى أن النباتات أكثر تحملاً للملوحة في المراحل المتقدمة من النمو.

اعتماداً على نوع النبات، بيّن بعض الباحثين أن الإجهاد الملحي يسبب انخفاضاً واضحاً في نمو النباتات الحساسة للملوحة [16,15]، في حين لاحظ البعض الآخر وجود تنشيط في نمو النباتات المتحملة للملوحة عند استعمال مستويات منخفضة من الملوحة [17].

يعد عباد الشمس من النباتات المتوسطة الحساسية للملوحة، وقد تبين أن بعض الطرز الوراثية [1] تتصف بتحمل جيد للملوحة إذ يبلغ معدل انخفاض إنتاجها 50% في مستوى ملوحة مقدارها 19dS/m. وعطفاً على نتائج هذه الدراسة فإنه يمكن تصنيف الطراز الوراثي G342 لعباد الشمس من النباتات المتوسطة التحمل للملوحة حيث يستطيع النمو في ترب مالحة وريه بمياه مالحة حتى 12dS/m أو بمياه متدرجة بالملوحة (EC6)، (الشكل 1).

كان نبات السيسبان أكثر حساسية للملوحة من نبات عباد الشمس بحيث كان معدل انخفاض إنتاجه من المادة الجافة أكبر من عباد الشمس (من 20 إلى 100%). غير أنه اتصف بقدرة جيدة على النمو في تربة مالحة وريه بمياه مالحة بلغت ناقليتها الكهربائية 8dS/m بحيث كان معدل الانخفاض في المادة الجافة 30% فقط.

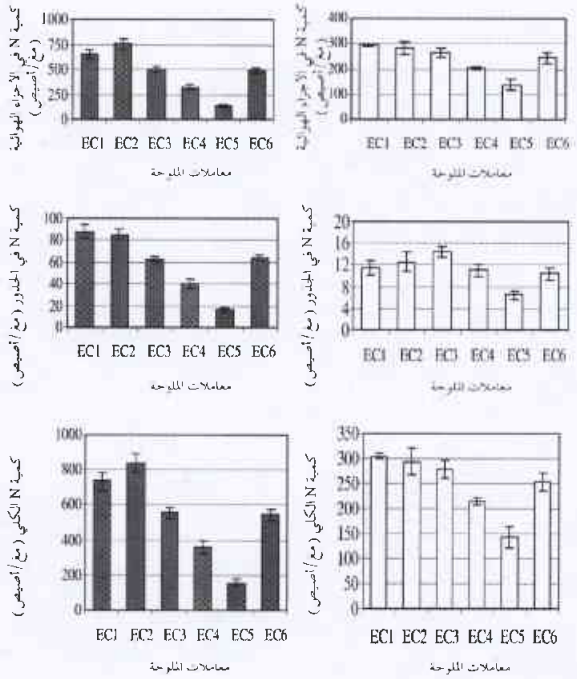
سبّبت المستويات المرتفعة للملوحة مياه الري –بوجه عام–انخفاضاً في نمو الأجزاء الهوائية، بدرجة أكبر من الجذور(الشكل 1). إن انخفاض إنتاج المادة الجافة لأوزان الجذور والمجموع الخضري ربما يعود إلى انخفاض مقدرة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية



الشكل 1: تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري في النسب المئوية لانخفاض إنتاج المادة الجافة من إنتاج الشاهد EC1 (1.1 dS/m) في نباتي السيسبان Sesbania aculeata وعباد الشمس Helianthus annuus. (EC2 4.03. EC3 8.03. EC4 12.3. EC5 33 و EC6 من 1.1 وحتى 33 dS/m).

[18]. كانت نسب الأجزاء الهوائية إلى الجذور shoot:root ratio في المعاملات المروية بمياه مالحة، عموماً، أقل من النسبة الملاحظة في الشاهد. حيث بلغت النسب في نبات السيسبان 4.93 و4.82 و5.13 في المعاملات EC3 وEC4 وEC5 على التوالي، في حين كانت في الشاهد 5.7. أما في نبات عباد الشمس فقد بلغت القيم 8.93 و 9.49 و7.85 في المعاملات EC3 وEC4 وEC5 على التوالي، وكانت في الشاهد 12.48. تشير هذه النتائج إلى أن المجموع الجذري يعد عموماً أكثر تحملاً للملوحة، من الأجزاء الهوائية، إذ يسهم ذلك في قدرة الأنواع النباتية على المعيشة في الظروف المالحة. وهذا ما بيَّنه عدد من الباحثين في فول الصويا [19]، وفي نبات العاقول (Alhagi pseudoalhagi) [17].

كانت كميات الآزوت الكلّي في النوعين المدروسين منسجمة مع إنتاج المادة الجافة (الشكل 2). حيث بلغت قيم الآزوت الكلّي في نبات السيسبان 735 و836 و557 و358 و156 و548 مغ N/ أصيص، وفي نبات عباد الشمس 305 و294 و279 و214 و144 و254 مغ N/ أصيص، وذلك في المعاملات EC1 وEC2 وEC3 وEC4 وEC5 وEC6 على التوالي (الشكل 2). ولم يؤدِ الري بمياه ذات ملوحة منخفضة (EC2) إلى إحداث تأثير معنوي على مقدار الآزوت الكلّي في النوعين المدروسين، على الرغم من ارتفاع هذا المقدار (بشكل لا معنوي) في نبات السيسبان مقارنة بالشاهد، في حين أن الري بمياه أكثر ملوحة أدى إلى انخفاض واضح في كمية الآزوت المتراكم في النباتات، وكان التأثير أكثر حدةً في نبات السيسبان (24 و51 و79% من الشاهد) منه في نبات عباد الشمس (9 و30 و53% من الشاهد) وذلك في المعاملات EC3 وEC4 وEC5، على التوالي. ولم تُلاحظ فروق معنوية في كميات الآزوت بين المعاملات EC1 وEC2 وEC3 في نبات عباد الشمس.



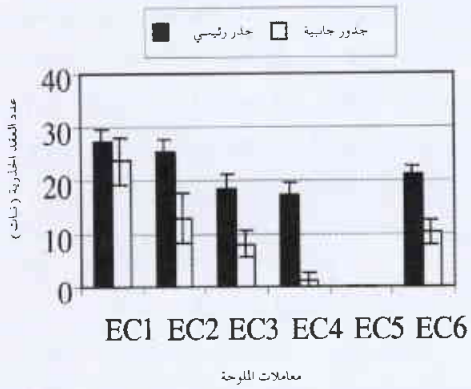
الشكل 2: تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري في كميات الآزوت في نباتي السيسبان Sesbania aculeata وعباد الشمس Helianthus annuus. (EC1 1.1. EC2 4.03. EC3 8.03. EC4 12.3. EC5 33 و EC6 من 1.1 وحتى 33 dS/m).

تشكل العقد الجذرية وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي في نبات السيسبان Sesbania aculeata

استطاعت سلالات الريزوبيا المستوطنة في التربة تشكيل عقد على جذور نبات السيسبان في معاملات الملوحة كافة، ماعدا النباتات التي رويت بمياه جوفية مالحة ذات ناقلية كهربائية 33 dS/m (EC5)، حيث لوحظ تثبيط كامل لتشكل العقد الجذرية (الشكل 3).

انخفض العدد الكلّي للعقد الجذرية مع ازدياد ملوحة مياه الري، وبلغت نسب انخفاض العدد الكلّي للعقد الجذرية 24 و47 و63 و100% و37% في المعاملات EC2 وEC3 وEC4 وEC5 وEC6 على التوالي. وكان الانخفاض أكثر حدة في العقد المتشكلة على الجذور الثانوية مقارنة مع العقد المتشكلة على الجذور الرئيسة (الشكل 4)، ولم يلاحظ وجود فروق معنوية في عدد العقد الجذرية على الجذر الرئيسي بين الشاهد EC1 والملوحة المنخفضة EC2. قد يعود انخفاض عدد العقد الجذرية إلى انخفاض في إنتاج المجموع الجذري بسبب الملوحة، وخاصة انخفاض عدد الشعيرات الجذرية على الجذور الجانبية مما يخفض قدرة الريزوبيا على الإصابة وتشكيل عقد جذرية. ونظراً لأن الانخفاض النسبي في عدد العقد الجذرية (مقارنة بالشاهد) لم يتجاوز 50% من عقد الشاهد في المعاملات EC2 وEC3 و EC6، فإنه يمكن ري نبات السيسبان بمياه مالحة تكون ناقليتها الكهربائية بين 4.03 و8.03 dS/m، أو بمياه ذات تراكيز متزايدة من الملوحة (بين 1.1 و33 dS/m) تدريجياً، للحصول على أداء تعايشي مقبول نسبياً [16,11].

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

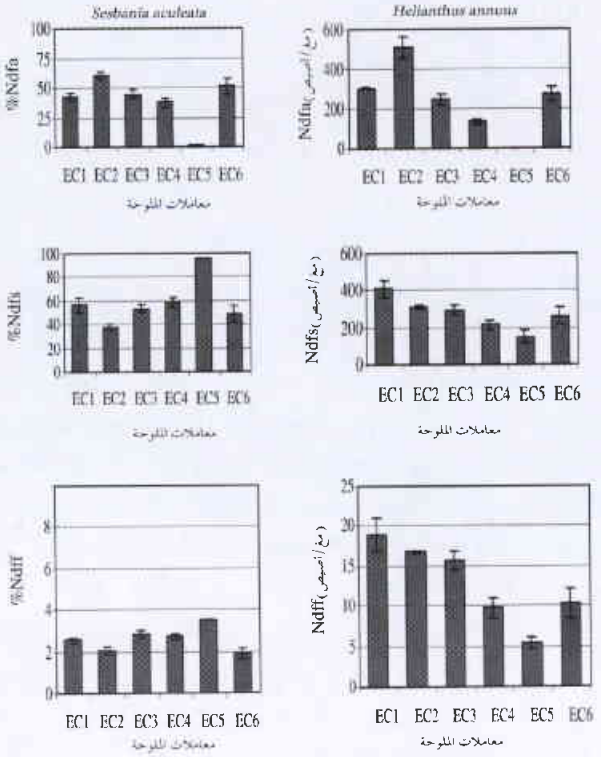


الشكل 3: تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري على عدد العقد الجذرية في نبات السيسبان Sesbania aculeata. (33 ،EC5 12.3 ،EC4 8.03 ،EC3 4.03 ،EC2 1.1 ،EC1 و EC6 من 1.1 وحتى 33 dS/m).

تتطلب النباتات البقولية النامية في بيئة مالحة أن يكون كل من الريزوبيا حرة المعيشة والنبات العائل ذا قدرة على تحمل الملوحة [7]. لقد استطاعت السلالات المستوطنة في التربة، التي بلغت ملوحتها 20 ملّيموز/ سم، أن تشكل عقداً جذرية فعّالة مع نبات السيسبان Sesbania aculeata الذي أدخل حديثاً إلى منطقة الدراسة. لقد ذكر [20] أن الريزوبيا المسؤولة عن إحداث عقد جذرية لدى الجنس Sesbania هي سلالات سريعة النمو، بالرغم من وجود بعض العزلات ذات النمو البطيء، مما يشير إلى أن الريزوبيا المسؤولة عن تشكل العقد الجذرية لدى هذا الجنس النباتي قد تتبع أجناساً مختلفة، وهو استنتاج يتفق مع الذي اقترحه [21]. لذلك فإن نجاح تشكل العقد الجذرية في السيسبان بوجود الريزوبيا المحلية قد يعود إلى زراعة التربة بمحاصيل بقولية متنوعة كالفول والفصة وذلك قبل تملحها.

بلغت النسب المئوية للآزوت المثبت في نبات السيسبان Sesbania aculeata 42 و61 و44 و38 و1 و51% في المعاملات EC1 وEC2 وEC3 وEC4 وEC5 وEC6 على التوالي، في حين كانت الكميات المثبتة 303 و511 و247 و131 و1 و274 مغ N/ أصيص، بالترتيب السابق ذاته (الشكل 4). أدى ري نباتات السيسبان بمياه منخفضة الملوحة (4 dS/m)، على نحو غير متوقع، إلى زيادة كفاءة تثبيت الآزوت الجوي (Ndfa%) بمعدل 45%، وإلى زيادة في كمية الآزوت المثبت بمعدل 68%، مقارنة بالشاهد. وهذه الملاحظة، على حدٍّ علمنا، لم تُلاحظ سابقاً.

كان للري بمياه مالحة (4.03 dS/m) في المعاملة EC2 تأثير إيجابي في إنتاج المادة الجافة والآزوت الكلّي، غير أن هذا التأثير غير معنوي. ومن الملاحظ أن الاستجابة كانت مترافقة مع أثر تحفيزي للآزوت المثبت. ولكن السبب وراء زيادة الكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي هذا صعب التفسير اعتماداً على بيانات هذا البحث، غير أنه يمكن أن يعود إما إلى زيادة إنتاج المادة الجافة (أكثر من الشاهد بحدود 7%) أو إلى وجود بعض العناصر الأثر في مياه الري، حيث تبيَّن في العديد من الدراسات الدور الذي تلعبه هذه



الشكل 4: تأثير مستويات مختلفة من ملوحة مياه الري في النسب المئوية وكميات الآزوت المثبتة (Ndfa) والآزوت الممتص من التربة (Ndfs) ومن السماد (Ndff) في نبات السيسبان. (33 ،EC5 12.3 ،EC4 8.03 ،EC3 4.03 ،EC2 1.1 ،EC1 و EC6 من 1.1 وحتى 33 dS/m).

العناصر في رفع الكفاءة التثبيتية للآزوت الجوي، فقد بيَّن [22] أن وجود العناصر الأثر في محاليل الزراعة يحسِّن من تثبيت الآزوت الجوي في الفصة المعرَّضة إلى إجهاد ملحي.

لم يؤدِ ري السيسبان بمياه مالحة 8dS/m إلى تثبيط تثبيت الآزوت الجوي المعبَّر عنه كنسبة مئوية 44% أو على أساس كمي 247 مغ/أصيص، على الرغم من الانخفاض الحاصل في إنتاج المادة الجافة (الشكلان 1 و4).

أدى استعمال مستويات ملوحة مرتفعة في مياه الري 12.3ds/m إلى خفض النسبة المئوية للآزوت المثبت (37%) وكمية الآزوت المثبت (134 مغ/ أصيص) وإنتاج المادة الجافة. غير أن انخفاض Ndfa% كان أقل حدّة من نمو النبات (الشكلان 1 و4). أما عند ري النباتات بمياه مالحة متزايدة تدريجياً من 1.1 حتى 33dS/m فلم تنخفض Ndfa% (51%) وكمية الآزوت المثبت (274 مغ/أصيص) معنوياً وذلك مقارنة بالشاهد، على الرغم من وجود انخفاض معنوي في إنتاج المادة الجافة.

كانت نباتات السيسبان قد رويت بمياه غير مالحة خلال الخمسة عشر يوماً الأولى، وذلك قبل تطبيق معاملات الملوحة المختلفة مما ساعد على حدوث الخطوات الأولى من مراحل تشكل العقد الجذرية، لذلك كان تأثير الري بالمياه المالحة لاحقاً أقل في عملية تثبيت الآزوت الجوي منه في نمو النبات. فقد بيَّن [23] أنه في الوقت الذي تتشكل

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

فيه العقد الجذرية في نبات فول الصويا فإن عملية تثبيت الآزوت الجوي تكون أقل حساسية تجاه الملوحة مقارنة مع نمو النبات. وفي نبات البازلاء الهندية Pigeonpea تبيّن عدم تضرر كل من نمو وفعالية العقد الجذرية، عند بدء تشكلها، في أوساط مالحة وصلت ناقليتها الكهربائية إلى 8 dS/m [24].

يمكن تفسير التوافق التعايشي الناجح بين نبات السيسبان والريزوبيا المحلية من حيث تشكل العقد الجذرية وتثبيت الآزوت الجوي في التربة المدروسة (20 dS/m)، وخاصة عند الري بمياه منخفضة الملوحة بوجود سلالات من الريزوبيا المستوطنة في التربة ذات تحمل جيد للملوحة، مما يستدعي إجراء دراسة لعزل وانتخاب السلالة الفضلى منها، من حيث تحملها لمستويات مختلفة من الملوحة. وقد بيّن [25] أن اختيار وتمييز السلالات المتحملة للملوحة يمكن أن يشكل استراتيجية مناسبة لتحسين التعايش بين الريزوبيا والنبات البقولي في الظروف البيئية غير المناسبة. وقد بيّن [20] وجود اختلافات كبيرة بين الريزوبيا من حيث تحملها للظروف المالحة، فبعض سلالات الريزوبيا يستطيع النمو في محاليل ذات ناقلية كهربائية تصل إلى 43 dS/m، وكما أن الريزوبيا تعيش داخل الخلايا النباتية بوسط يكون تركيز المذيبات فيه أعلى من التركيز الموجود في التربة [27,20].

تبيّن من هذه الدراسة حدوث انخفاض واضح في إنتاج المادة الجافة وكمية الآزوت الكلّي والمثبت في نبات السيسبان عند ريه بمياه مالحة تصل ناقليتها الكهربائية إلى أكثر من 8 dS/m. وكانت الاختلافات، بين معاملات الملوحة المدروسة عموماً، في كميات الآزوت المثبت (+68، -19، -56، -100 و18-%) أكبر من الاختلافات في نسب الآزوت المثبت (+45، +6، -9، -98، و22+%) مقارنة بالشاهد، وذلك في المعاملات EC2 وEC3 وEC4 وEC5 وEC6 على التوالي، الأمر الذي يبيّن اختلاف تأثير الإجهاد الملحي على كل من النمو وكفاءة تثبيت الآزوت الجوي. ويعتمد حساب كمية الآزوت المثبت في النباتات البقولية على إنتاج المادة الجافة، لذلك قد لا تكون الكمية المثبتة، أحياناً، مؤشراً يُعتَمد عليه لتقويم تأثير عوامل الإجهاد المختلفة على عملية تثبيت الآزوت الجوي بحدّ ذاتها. لذلك تُعدّ النسب المئوية للآزوت الجوي مقياساً أفضل نظراً لعدم ارتباطها غالباً بالمادة الجافة [28]، فالزيادة المعنوية في كمية الآزوت المثبت في المعاملة EC2 مقارنة بالشاهد، نجمت بشكل رئيسي عن تحسين النسبة المئوية للآزوت المثبت (45+%) على نحو أكبر من تحسين النمو (7+% من الوزن الجاف). وترافق ذلك مع انخفاض في كمية الآزوت الممتص من التربة، وبالتالي كانت الفروق في كمية الآزوت الكلّي بين المعاملتين EC1 وEC2، غير معنوية. وهذا يشير إلى أن امتصاص الآزوت في الظروف المالحة يتأثر بمتطلبات النبات من هذا العنصر لدعم نمو النبات.

تأثير مياه الري المالحة على مستوى ملوحة التربة

يبيّن الجدول 4 قيم الناقلية الكهربائية للتربة بعد حصاد النباتات في معاملات الملوحة كافة. كانت قيم الناقلية الكهربائية في التربة في المعاملتين EC1 وEC2 قريبة من القيمة الأولية في التربة قبل الزراعة. ازدادت القيم في المعاملات ذات الملوحة الأكثر ارتفاعاً، وكانت أعلى قيمة في المعاملة EC5. وعلى الرغم من ارتفاع قيم الناقلية الكهربائية في التربة نتيجة الري بمياه عالية الملوحة، غير أنه من المتوقع أن لا تبقى القيم مرتفعة في الظروف الحقلية، فهطول الأمطار يمكن أن يخفض ملوحة التربة في منطقة انتشار الجذور. ففي دراسة حقلية على نبات القمح الشتوي، وجد [29] انخفاضاً في قيم الناقلية الكهربائية للتربة بعد هطول الأمطار. واستنتج الباحثان إمكانية استخدام مياه الصرف المالحة في ري القمح بدون أن تلحق ضرراً في خواص التربة. وبناءً على ذلك، من المفيد إجراء دراسات حقلية طويلة المدى تتعلق بدراسة تأثير الري بمياه مالحة على خواص التربة بهدف وضع استراتيجية مناسبة لاستخدام المياه المالحة في الري بهدف ديمومة استثمار الأراضي الملحية والمياه الجوفية المالحة في الإنتاج الزراعي.

الجدول 4: تأثير ملوحة مياه الري على الناقلية الكهربائية (ECe) dS/m في التربة بعد حصاد السيسبان وعباد الشمس.

النوع	معاملات ملوحة مياه الري					
	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6
Saculeata	17.4d	22.7cd	28.2c	41.1b	52.8a	43.7b
H.annus	13.7e	20.8d	28.6c	33.4bc	46.4a	39.4b

القيم ضمن - السطر- المشار لها بأحرف متشابهة لا تختلف معنوياً على مستوى ثقة 0.05.

الاستنتاجات

لهذه الدراسة أهمية تطبيقية في إدارة المياه ذات الخواص الرديئة في الترب المتأثرة بالملوحة. أدى ري نبات السيسبان Sesbania aculeata Pers ونبات عباد الشمس Helianthus annuus L بمياه مالحة بلغت قيمة ناقليتها الكهربائية أكثر من 4.03 dS/m إلى انخفاض في نمو النباتات، وقد كان هذا التأثير أكثر حدّةً في السيسبان منه في عباد الشمس. ونظراً لأن الانخفاض النسبي في إنتاج المادة الجافة نتيجة الري بالمياه المالحة لم يتجاوز 50% عن الشاهد، فإنه يمكن ري نباتات السيسبان Sesbania aculeata وعباد الشمس Helianthus annuus، المزروعة في تربة مالحة، بمياه مالحة ذات ناقلية كهربائية مقدارها 8 dS/m بالنسبة للنوع الأول، و12 dS/m بالنسبة للنوع الثاني، أو يمكن ري النوعين النباتيين بمياه ذات تراكيز متزايدة من الملوحة خلال فترة النمو، وذلك للحصول على إنتاج مقبول نسبياً. استطاعت سلالات الريزوبيا المستوطنة في التربة تشكيل عقد على جذور نبات السيسبان في معاملات الملوحة كافة ماعدا النباتات التي رويت بمياه جوفية مالحة ذات ناقلية كهربائية 33 dS/m، إذ لوحظ تثبيط كامل لتشكل العقد الجذرية ولكفاءة تثبيت الآزوت

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

الجوي. ازدادت النسبة المئوية للآزوت الجوي معنوياً عند ري نباتات السيسبان بمياه معتدلة الملوحة (الناقلية الكهربائية 4 dS/m) مقارنة بالشاهد. أما في معاملات الملوحة الأكثر ارتفاعاً (8.03 و12.3 dS/m) أو الري التدريجي بمياه ذات تراكيز متزايدة من الملوحة فقد كان التأثير سلبياً ولكنه بسوية خفيفة، وكان تأثر نمو النبات بالملوحة أكبر من تأثر نسبة الآزوت المثبت.

يُقترَح من البيانات المذكورة آنفاً إمكانية الحصول على إنتاج نباتي مقبول من الناحية الاقتصادية وذلك من الترب المتأثرة بالملوحة بتوظيف إدارة عملية جيدة للري بمياه مالحة. غير أنه من المفيد إجراء دراسات حقلية بهدف وضع استراتيجية مناسبة لاستخدام المياه المالحة في الري بهدف ديمومة استثمار الأراضي الملحية والمياه الجوفية المالحة في الإنتاج الزراعي.

المراجع REFERENCES

[1] Qureshi, R. H.; Barrett-Lennard, E. G. Saline Agriculture for Irrigated Land in Pakistan: A Handbook; Australian Center for International Agricultural Research, Canberra, Australia, 1998; 142 pp.

[2] Qadir, M.; Qureshi, R. H.; Ahmad, N. Nutrient Availability in Calcareous Saline-Sodic Soil during Vegetative Bioremediation. Arid Soil Res. Rehabil. 1997, 11 (4), 343-352.

[3] Francois, L. E. Salinity Effects on Four Sunflower Hybrids. Agronomy. J. 1996, 88 (2), 215-219.

[4] Mass, E. V.; Poss, J. A. Salt Sensitivity of Wheat at Various Growth Stages. Irrig Sci. 1989, 10, 29-40.

[5] Khandaker, Z. H.; Steingass, H.; Drochner, W. Supplementation of Wheat Straw with Sesbania on Voluntary Intake, Digestibility and Ruminal Fermentation in Sheep. Small Ruminant Res. 1998, 28 (1), 23-30.

[6] Sandhu, G. R.; Haq, M. I. Economic Utilization and Amelioration of Salt-Affected Soils. In Membrane Biophysics and Salt Tolerance in Plants. Qureshi, R. H., Muhammad, S., Aslam, M., Eds.; University of Agriculture, Faisalabad. 1981; 111-114.

[7] Craig, G. F.; Atkins, C. A.; Bell, D. T. Effect of Salinity on Growth of Four Strains of Rhizobium and Their Infectvity and Effectiveness on Two Species of Acacia. Plant Soil. 1991, 133 (2), 253-262.

[8] Mashhady, A. S.; Salem, S. H.; Barakah, F. N.; Heggo, A. M. Effect of Salinity on Survival and Symbiotic Performance between Rhizobium meliloti and Medicago sativa L. in Saudi Arabian Soils. Arid Soil Res. Rehabilitation. 1998, 12 (1), 3-14.

[9] Elsheikh, E. A. E.; Wood, M. Effect of Salinity on Growth, Nodulation and Nitrogen Yield of Chickpea (Cicer arietinum L.). J. Exp. Bot. 1990, 41, 1263-1269.

[10] Grattan, S. R.; Maas, E. V. Effect of Salinity on Phosphate Accumulation and Injury in Soybean. I. Influence of CaCl2/ NaC l Ratios. Plant Soil. 1988, 1 05 (1), 25-32.

[11] Zahran, H. H.; Sprent, J. I. Effect of Sodium Chloride and Polyethylene Glycol on Root-Hair Infection and Nodulation of Vicia faba L. Plants by R. Leguminosarum. Planta. 1986, 167 (3), 303-309.

[12] Nandwal, A. S.; Godara, M.; Kamboj, D. V.; Kundu, B. S.; Mann, A.; Kumar, B.; Sharma, S. K. Nodule Functioning in Trifoliate and Pentafoliate Mungbean Genotypes as Influenced by Salinity. Biologia Plantarum. 2000, 43 (3), 459-462.

[13] Babber, S.; Sheokand, S.; Malik, S. Nodule Structure and Functioning in Chickpea (Cicer arietinum) as Affected by Salt Stress. Biologia Plantarum. 2000, 43 (2), 269-273.

[14] Fried, M.; Middelboe, V. Measurement of Amount of Nitrogen Fixed by A Legume Crop. Plant Soil. 1977, 47 (3), 713-715.

[15] Cordovilla, M. D.; Ocana, A.; Ligero, F.; Lluch, C. Growth and Symbiotic Performance of Faba bean Inoculated with Rhizobium leguminosarum biovar Viciae Strains Tolerant to Salt. Soil Sci. Plant Nutr. 1996, 42 (1), 133-140.

[16] Delgado, M. J.; Ligero, F.; Lluch, C. Effects of Salt Stress on Growth and Nitrogen Fixation by Pea, Faba-bean, Common bean and Soybean Plants. Soil Biol. Biochem. 1994, 26 (3), 371-376.

[17] Kurban, H.; Saneoka, H.; Nehira, K.; Adilla, R.; Premachandra, G. S.; Fujita, K. Effect of Salinity on Growth, Photosynthesis and Mineral Composition in Leguminous Plant Alhagi pseudoalhagi (Bieb). Soil Sci. Plant Nutr. 1999, 45 (4), 851-862.

[18] Khan, M. G.; Silberbush, M.; Lips, S. H. Physiological Studies on Salinity and Nitrogen Interaction in Alfalfa. I. Biomass Production and Root Development. J. Plant. Nutr. 1994, 17 (4), 657-668.

[19] Serraj, R.; Drevon, J. Effects of Salinity and Nitrogen Source on Growth and Nitrogen Fixation in Alfalfa. J. Plant Nutr. 1998, 21 (9), 1805-1818.

[20] Giller, K. E.; Wilson, J. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping Systems. CAB International. Oxon, UK, 1993; 313 Pp.

[21] Boivin, C.; Ndoye, I.; Molouba, F.; De Lajudie, P.; Dupuy, N.; Dreyfus, B. Stem Nodulation in Legumes: Diversity, Mechanisms, and Unusual Characteristics. Critical Rev. Plant Sci. 1997, 16 (1), 1-30.

[22] Esechie, H. A.; Rodriquez, V.; Elshafie, A. Biomass Production, Nodulation, Acetylene Reduction Activity of Alfalfa Grown under Salinity Stress. J. Plant Nutr. 1998, 21 (3), 489-503.

[23] Singleton, P. W.; Bohlool, B. B. Effect of Salinity on The Functional Components of Soybean-Rhizobium japonicum Symbiosis. Crop Sci. 1983, 23 (5), 815-818.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

[24] Subbarao, G. V.; Johansen, C.; Jana, M. K.; Kumar Rao, J. V. D. K. Comparative Salinity of Symbiotically Dependent and Nitrogen-Fed Pigeonpea (Cajanus cajan) and Its Wild Relative Atylosia platycarpa. Biol. Fertil. Soils. 1990, 10 (1), 11-16.

[25] Soussi, M.; Santamaria, M.; Ocana, A.; Liuch, C. Effect of Salinity on Protein and Lipopolysaccharide Pattern in a Salt Tolerant Strain of Mesorhizobium ciceri. J. Applied Microb. 2001, 90 (3), 476-481.

[26] Singleton, P. W.; El Swaify, S. A.; Bohlool; B. B. Effect of Salinity on Rhizobium Growth and Survival. Applied Env. Microb. 1982, 44, 884-890.

[27] Sprent, J. I. Effect of Drought and Salinity on Heterotrophic Nitrogen Fixing Bacteria and Infection of Legumes by Rhizobia. In Advances in Nitrogen Fixation Research; Veeger, C.; Newton, W. E., Eds.; Martinus Nijhoff/ Dr. Junk. W. The Hague. 1984; 295-302.

[28] Danso, S. K. A. Review: Estimation of N2 Fixation by Isotope Dilution. An Appraisal of Techniques Involving 15N Enrichment and Their Application-Comments. Soil Biol. Biochem. 1986, 18 (3), 243-244.

[29] Sharma, D. P.; Rao, K. V. G. K. Strategy for Long Term Use of Saline Drainage Water for Irrigation in Semi-Arid Regions. Soil Tillage Res. 1998, 48 (4), 287-295.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إمكانية استعمال الكواشف البلاستيكية CR-39 كمقياس جرعة للأشعة فوق البنفسجية ★

د. رياض شويكاني، غسان رجا، عبد المنعم الصواف
قسم الوقاية والأمان- هيئة الطاقة الذرّية - ص.ب 6091 - دمشق - سوريا

ملخص

تمت دراسة تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية الشمسية (SUV) والأشعة البنفسجية من النوع A (UVA)، والمنتجة بواسطة محاكي الأشعة فوق البنفسجية الشمسية، على الكواشف CR-39. تم ذلك باستخدام ثلاث تقنيات:

1- أقطار آثار جسيمات ألفا وكثافة الآثار.

2- طريقة المسح الطيفي للنفوذية بجهاز UV-Vis.

3- مطيافية تحويلات فورييه للأشعة تحت الحمراء FTIR.

تم تقسيم الكواشف إلى مجموعتين، عرضت المجموعة الأولى للأشعة فوق البنفسجية UV ثم التعريض لجسيمات ألفا أما المجموعة الثانية فقد عرضت لجسيمات ألفا أولاً ثم الأشعة فوق البنفسجية UV.

أظهرت النتائج أن تأثير UVA على CR-39 غير واضح باستخدام هذه التقانات الثلاث. بينما كان هذا التأثير واضحاً عند استخدام أطياف UV-Vis و 1 وغير واضح عند استخدام متغيرات الأثر.

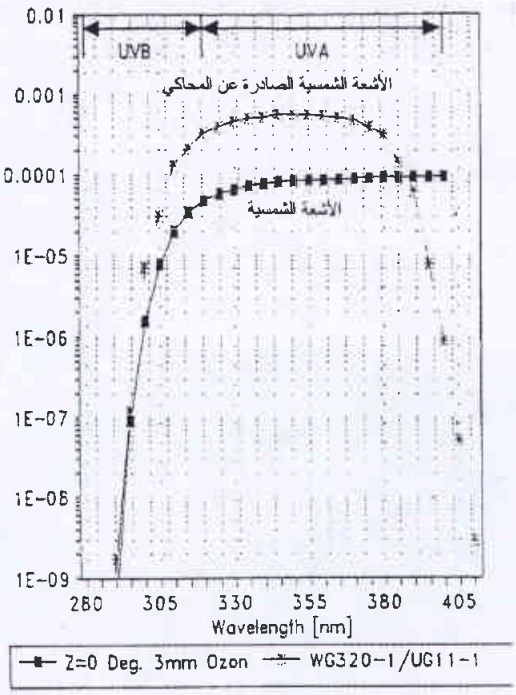
الكلمات المفتاحية: **الكواشف البلاستيكية، CR-39، قطر الأثر، الأشعة فوق البنفسجية، المسح الطيفي للنفوذية بالأشعة فوق البنفسجية المرئية، المسح الطيفي للنفوذية بمطيافية تحويلات فورييه للأشعة تحت الحمراء.**

مقدمة

تستخدم كواشف الأثر النووي في الحالة الصلبة التي يمكن فيها إظهار آثار الجسيمات المشحونة (بروتون وما فوق) باستخدام مظهر كيميائي مناسب في عدد من الفروع تشمل الفيزياء النووية والجيولوجيا وفيزياء الأشعة الكونية.

نشر أن الكواشف البلاستيكية المعرضة لأشعة غاما أو للأشعة فوق البنفسجية (التي لا تستطيع إحداث أي أثر بذاتها) تستطيع أن تؤثر على خصائص الآثار المسجلة على هذه الكواشف [1]. وهكذا تم إنجاز العديد من الدراسات على استخدام الكواشف البلاستيكية كمقياس جرعة لأشعة غاما. استخدمت معدلات حك جسم الكاشف والأثر كمؤشر لهذا التأثير [2-5]. استخدمت أيضاً مطيافية UV-Vis وFTIR لدراسة أثر أشعة X- على CR-39 [6].

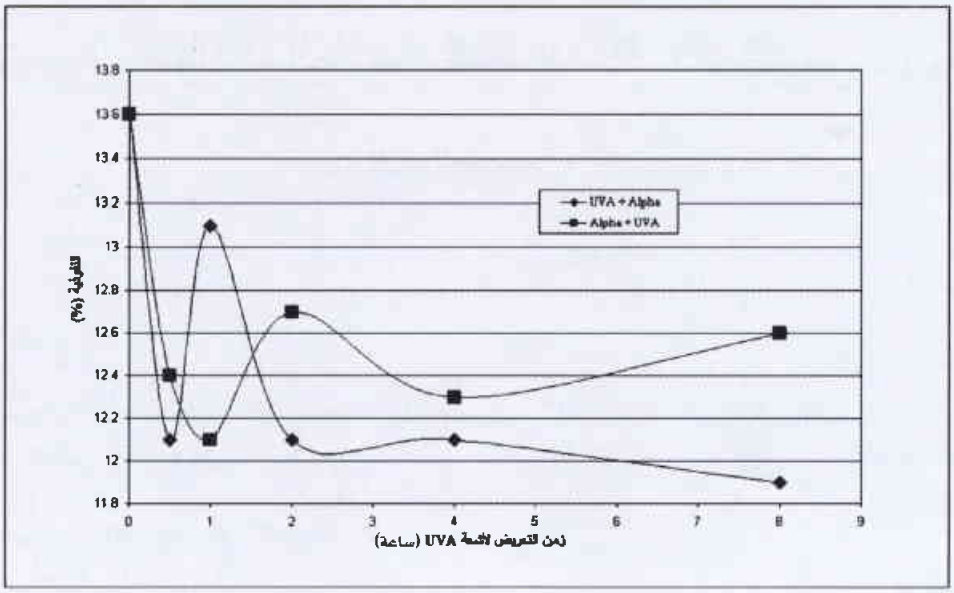
في هذا العمل تمت دراسة آثارSUV بمحاكي الأشعة فوق البنفسجية الشمسي وهو عبارة عن جهاز صناعة شركة SOLAR Light Company[7]. يبين الشكل 1 طيف الأشعة فوق البنفسجية UV الناتج عن أشعة الشمس بالمقارنة مع الطيف الناتج عن استخدام المحاكي. جرت دراسة تأثير تعرض CR-39 لنوعي الأشعة فوق البنفسجية المذكورين، وذلك باستخدام ثلاث تقنيات:



الشكل 1- مقارنة بين الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن هذا الجهاز (المحاكي) وبين تلك الناتجة عن الأشعة الشمسية.

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Radiation Measurements.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 2- نتائج قياسات النفوذية باستخدام طريقة FTIR للكواشف البلاستيكية CR-39 المعرّضة للأشعة فوق البنفسجية من النوع A عند طول موجة 3266.82 نانومتر.

1- أقطار وكثافة الآثار.
2- مطيافية UV-Vis.
3- مطيافية FTIR.

الطرائق والقياسات

استخدمت مجموعتان من الكواشف البلاستيكية (كل واحدة 10 كواشف) بأبعاد 2cm×2cm. عرضت المجموعة الأولى للأشعة فوق البنفسجية UV (5 كواشف لـ SUV و 5 لـ UVA)، تم التعريض لفترات زمنية مختلفة (0.5، 1، 2، 4، 8 ساعات) وعند مسافة ثابتة 10 سم من خرج المنبع. بعدها تم تعريض هذه الكواشف لمنبع ألفا (^{241}Am 1667 α /s) عند مسافة 1 سم ولمدة دقيقة واحدة.

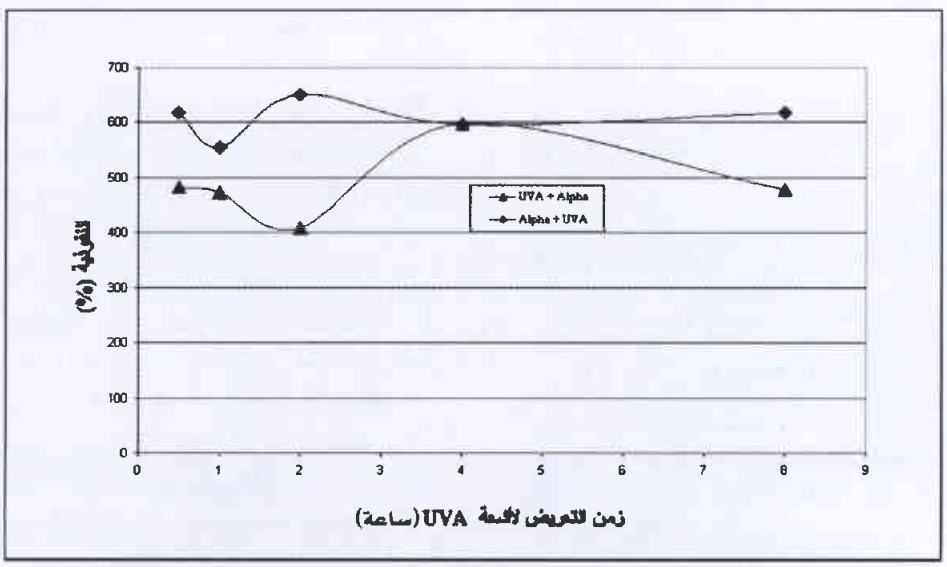
أما المجموعة الثانية فقد عرضت بالعكس، أولاً لمنبع ألفا ثم للأشعة فوق البنفسجية وبنفس الشروط كما في المجموعة الأولى. أيضاً تم تعريض كاشفين لمنبع ألفا فقط وذلك للمراقبة.

يعطي مولد الأشعة فوق البنفسجية عند المسافة 10 سم جرعة 2.27 MED/min من SUV (MED هي جرعة الأشعة فوق البنفسجية الأصغرية التي تسبب إريثما erythema) و 2.06 J/min من UVA. تم حساب الجرعة النهائية باستخدام العلاقة المعروفة:

الجرعة النهائية = معدل الجرعة × الزمن (دقيقة)

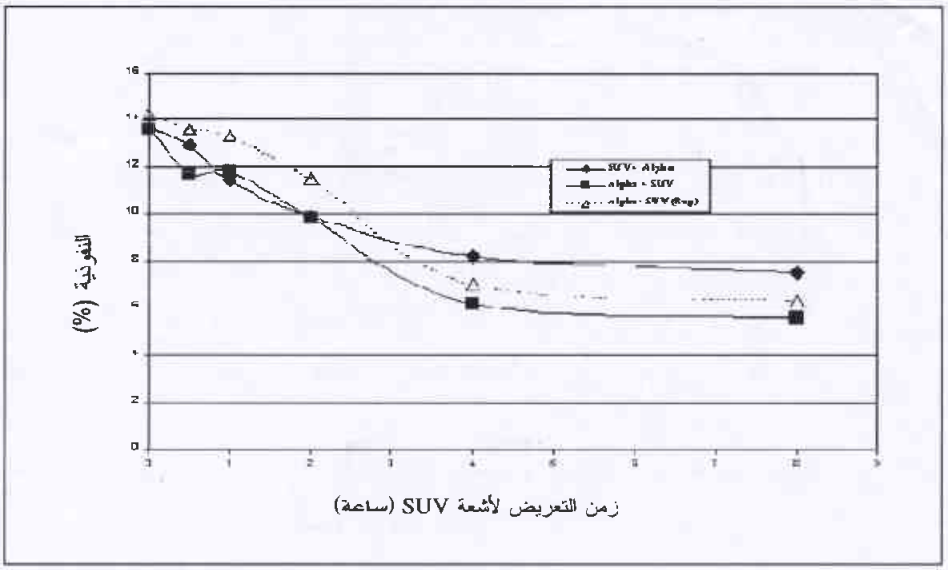
أخضعت كافة الكواشف لحك كيميائي با ستخدام محلول ماءات الصوديوم 6 N عند درجة الحرارة 70°C وذلك لمدة 6 ساعات، غسلت الكواشف بعدها بالماء المقطر وجففت.

تم قياس أقطار الآثار باستخدام مجهر ضوئي بواسطة تكبير مناسب. درست نسب نفوذية الكواشف باستخدام طرق UV-Vis وFTIR. كانت هذه النسب بين كواشف معرضة وغير معرضة في حالة تقانة UV-Vis وبين كواشف معرضة والهواء في حالة تقانة FTIR.



الشكل 3- نتائج قياسات النفوذية باستخدام جهاز UV-Vis للكواشف البلاستيكية CR-39 المعرّضة للأشعة فوق البنفسجية من النوع A عند طول موجة حوالي 260 نانومتر.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 4- نتائج قياسات النفوذية باستخدام طريقة FTIR للكواشف البلاستيكية CR-39 المعرضة للأشعة فوق البنفسجية الشمسية (SUV) عند طول موجة 3266.82

استخدمت قمة طول الموجة 260±12nm في طيف UV-Vis لمراقبة نفوذية الكاشف. في حين ظهر عدد من القمم في طيف FTIR ضمن المجال 2000-3500nm، حيث تم اختيار القمة عند طول الموجة 3266.82nm واستخدمت لمراقبة نفوذية الكاشف.

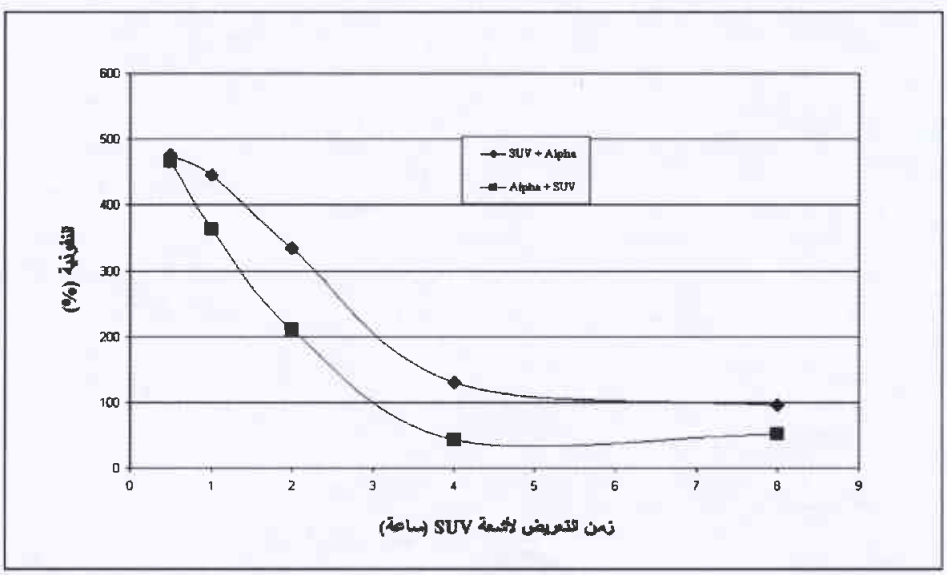
تم تحضير مجموعة إضافية أخرى من الكواشف (5 كواشف) وعرضت لـ SUV فقط وبنفس الشروط كما جرى في المجموعتين السابقتين. لم يتم تعريض كواشف هذه المجموعة لجسيمات ألفا ولم تحك كيميائياً. أيضاً أخضعت هذه المجموعة من الكواشف لدراسة النفوذية باستخدام كلتا الطريقتين السابقتين (UV-Vis و FTIR).

النتائج والمناقشة

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من سيناريوهات التعريض للأشعة فوق البنفسجية المختلفة أن كثافة الآثار كانت ضمن المجال 5500 - 6500 أثر/سم²، بينما يبلغ وسطي أقطار الآثار 11 - 13 مكرومتر. يبدو أن علاقة الترابط بين كثافة الأثر والتعريض للأشعة فوق البنفسجية غير واضحة، وذلك بسبب التغيرات الصغيرة في قيم كثافة الأثر أو وسطي قطر الأثر. يعني ذلك أنه لا يمكن استخدام كثافة الأثر أو وسطي قطر الأثر كمؤشر للتعرض للأشعة فوق البنفسجية.

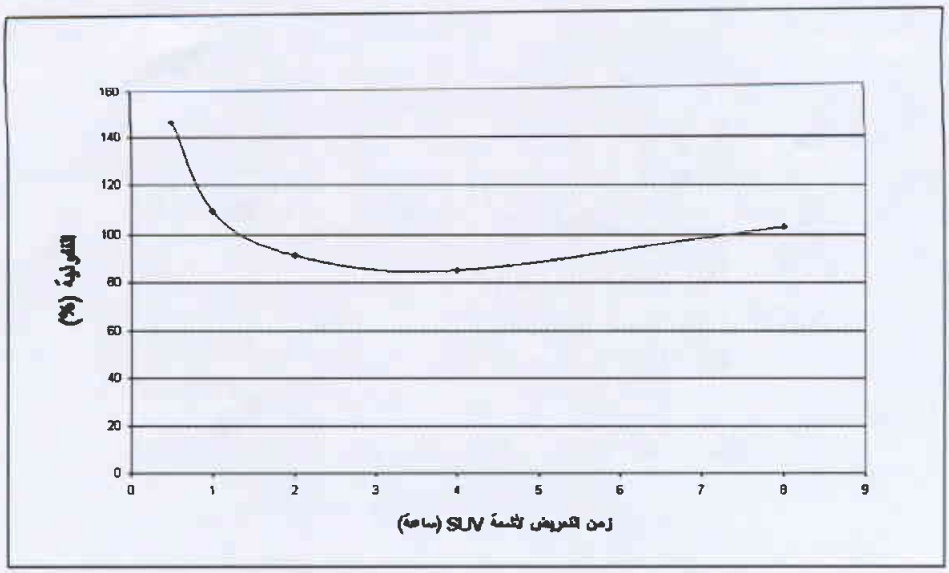
يظهر الشكلان 2 و 3 التغيرات في النفوذية للكواشف المعرضة للأشعة فوق البنفسجية وذلك باستخدام الطرق FTIR و UV-Vis عند طول الموجة 3266.82 nm و 260 nm على التوالي. يتضح من هذين الشكلين عدم وجود علاقة واضحة بين التغيرات في قيم النفوذية والتعرض لـ UVA سواءً كان هذا التعرض قبل أو بعد التعريض لجسيمات ألفا.

يظهر الشكلان 4 و5 التغيرات في النفوذية المقيسة عند طول موجة 3266.82 nm للكواشف المعرضة لـ SUV، وذلك باستخدام طريقة FTIR وعند طول موجة 260 nm باستخدام طريقة UV-Vis على التوالي. يلاحظ من الشكلين وجود نوع من الترابط وذلك بين



الشكل 5- نتائج قياسات النفوذية باستخدام جهاز UV-Vis للكواشف البلاستيكية CR-39 المعرضة للأشعة فوق البنفسجية الشمسية (SUV) عند طول موجة حوالي 260 نانومتر.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 6- تغير نفوذية الكواشف البلاستيكية المعرضة لأشعة SUV فقط والمقيسة بطريقة UV-Vis

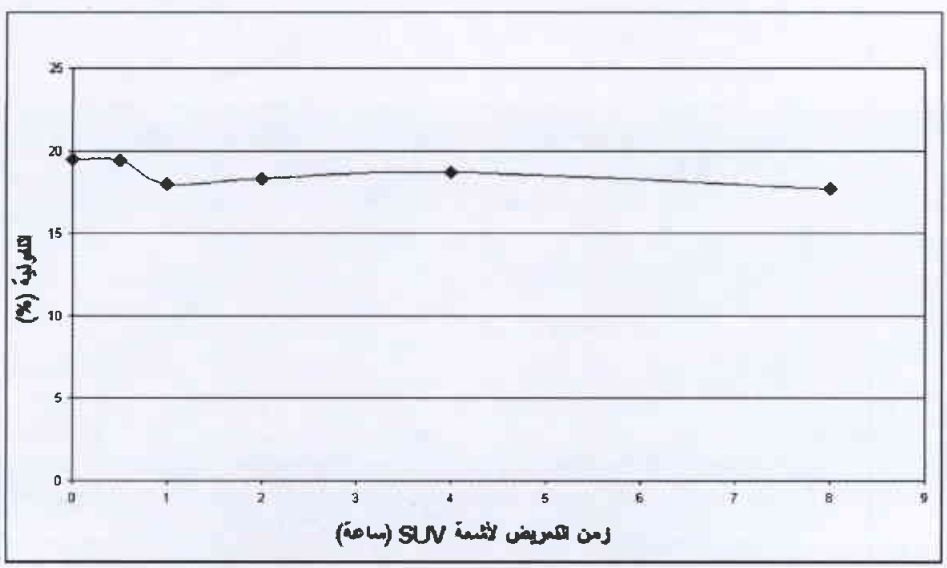
التعرض لـ SUV وقيم النفوذية الناتجة عن كلتا الطريقتين. على كل حال تمّت ملاحظة فرق بسيط في القيم بين حالات التعرض (α+UV) و (UV +α). لكن بشكل عام كان السلوك نفسه ما عدا حالة (α+UV) باستخدام طريقة FTIR (الشكل4). لذلك تمّت إعادة هذه الخطوة بنفس الطريقة، وتم الحصول على نتائج أفضل. يعزى السبب في وجود فرق بين القياسين إلى الفرق في مساحة الكاشف حيث تسقط الحزمة الضوئية. لذلك يتطلب استخدام هذه الطريقة لتقدير التعرض لـ SUV تثبيت مساحة الكاشف حيث تسقط الحزمة الضوئية.

أظهرت مجموعة الكواشف التي تم تعريضها فقط لـ SUV نتائج مختلفة. عند استخدام طريقة UV-Vis، ظهرت فقط قمة واحدة عند طول الموجة 280 nm (من أجل أزمنة التعرض 0.5، 1، 2 ساعة) التي بدأت بالتناقص وذلك بازدياد التعرض لـ SUV حتى اختفت من أجل التعرض لأربع ساعات. ظهرت هذه القمة ثانية (230nm) عندما أصبح زمن التعرض 8 ساعات. يظهر الشكل 6 منحني تغير النفوذية مع زمن التعرض وذلك باستخدام طريقة UV-Vis. يمكن أن نلاحظ من هذا المنحني أن النفوذية تتناقص أسياً مقابل زمن التعرض حتى 2 ساعة. لم تظهر طريقة FTIR أية تغيرات هامة في النفوذية التي كانت بحدود 18.5% (الشكل7).

يمكن أن نلاحظ من الشكلين 4 و5 وجود علاقة خطية واضحة بين نفوذية الكاشف والتعرض لـ SUV وذلك حتى زمن تعريض قدره 4 ساعات (يساوي التعرض للمحاكي لمدة 4 ساعات حوالي 40 ساعة تعرض للأشعة فوق البنفسجية الشمسية الطبيعية (انظر الشكل1). يمكن أيضاً أن نلاحظ من كلا الشكلين أن حساسية تقانة UV-Vis كانت أكثر بمائة مرة من حساسية تقانة FTIR.

الاستنتاج

يمكن الاستنتاج بأن استخدام كواشف CR-39 كمقياس جرعة الأشعة فوق البنفسجية ممكن من أجل الأشعة فوق البنفسجية



الشكل 7- تغير نفوذية الكواشف البلاستيكية المعرضة لأشعة SUV فقط والمقيسة بطريقة FTIR.

الشمسية SUV الصادرة عن جهاز المحاكاة الذي تم وصفه في هذا العمل. وهذا قابل للتطبيق فقط عند تنفيذ أيٍّ من التقانتين UV-Vis أو FTIR. ووجد أنه من المهم جداً عند استعمال هذه التقانات تثبيت موضع الكاشف داخل كلا الجهازين، لذلك تكون النتائج الحاصلة قابلة للتكرار.

المراجع

REFERENCES

[1] Fleisher, R. L., Price, P. B., and Walker R. M., (1975). Nuclear Tracks in Solids: Principles and Applications. University of California Press, Berkeley, CA.

[2] Chong, C. S., Marina, A. C., and Tan, L. F., (1993) "The effect of X-ray irradiation on track formation in LR-115 Type II track detector". Nucl. Tracks Radiat. Meas. 22, 101-104.

[3] Sinha, D., Hhosh, S., Srivastava, A., Dedgaonkar, V. G. and Dwivedi, K. K. (1997). "Effect of gamma rays on PADC detectors", Nucl. Tracks Radiat. Meas. 28, 145-148.

[4] Portwood, T., and Henshaw, D.L., (1986). "The effect of gamma dose on the alpha response of CR-39". Nuclear Tracks, 12, 105-108.

[5] Shweikani, R., Durrani, S. A., and Tsuruta, T., (1993). Effect of gamma irradiation on bulk and track etching properties of cellulose nitrate (Daicel 6000) and CR-39 plastics. Nucl. Tracks Radiat. Meas. 22, 153-156.

[6] Chong, C. S., Ishak, I., Mahat, R. H., and Amin, Y. M., (1997), "UV-Vis and FTIR spectral studies of CR-39 plastics irradiated with X-rays". Radiation Measurements, 28, 119-122.

[7] SOLAR Light Co., 721 Oak Lane, Philadelphia, PA 19126-3342, E-mail: info@solar.com.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

دراسة بنية وخصائص الوسط الكارستي لمنطقة اللامالو (مقاطعة إيرو- فرنسا) باستخدام الرادار الجيولوجي ★

د. وليد الفارس
قسم الجيولوجيا – هيئة الطاقة الذرّية السورية ص. ب. 6091 – دمشق – سوريا
د. ميشيل بكالوفيتش
جامعة مونبلييه الثانية – فرنسا
د. روجيه جيران
جامعة بيير وماري كوري (باريس 6) – فرنسا
ج. ف. ميشيل دوكان
معهد البحوث والتطوير – مونبلييه – فرنسا

ملخص

يقع موقع الدراسة (Lamalou site) على بعد 40 كم إلى الشمال من مدينة مونبلييه الساحلية في جنوب فرنسا، حيث تتألف صخور هذا الموقع من طبقة كلسية كارستية تحتوي على مجرى كارستي جوفي karst conduit يقع على عمق يتراوح ما بين 15 إلى 75 م تحت سطح الأرض، يخرج على شكل نبع كارستي عند التقاطع مع سطح الأرض في فترة الأمطار. يمتد هذا المجرى المائي لعدة مئات من الأمتار داخل الصخور الكارستية شديدة التشقق. يمكن الوصول إلى هذا المجرى الكارستي من السطح عن طريق شق أو مسلك طبيعي يخترق الصخور بشكل عمودي.

الهدف الرئيسي من هذا العمل العلمي هو دراسة وتحليل البنية الجيولوجية للطبقات الكارستية الواقعة بين سطح الأرض والمجرى الكارستي الجوفي من جهة، ومن أجل اختبار فعالية تطبيق طريقة الرادار الجيولوجي في بيئة كارستية من جهة أخرى. لقد أظهرت هذه التقانة بشكل جلي أنها ذات فعالية عالية في دراسة الأجزاء الكارستية القريبة من السطح والتي تمتد إلى أعماق لا تتجاوز 30 م، وخاصة عند غياب أو ندرة التوضعات الغضارية السطحية والتي يؤدي وجودها إلى تخامد الأمواج الرادارية بشكل كبير. في إطار هذه الدراسة، تمّ استخدام الرادار Pulse EKKO-100، وهو من إنتاج الشركة الكندية Sensors and Software وكان تردد الهوائيات المستخدمة 50 ميغا هرتز. لقد أظهرت النتائج التي تمّ الحصول عليها من تفسيرات المقاطع الجيورادارية البنية المفصلة والدقيقة التي تميّز بشكل عام البيئة الكارستية: نطاق الإبيكارست epikarst zone، سطوح التطبق وميولها، النطاقات المشققة والنطاقات القاسية. كذلك من خلال المقطع العمودي لأحد البروفيلات المنفذة، فقد استطعنا تحديد موقع الكهف الكارستي وأبعاده الجيومترية بدقة، حيث يقع عند عمق قدره 20 م من سطح الأرض. يعتبر هذا الموقع ذا أهمية كبيرة وذلك لكونه يسمح بتأكيد صحة ودقة تفسير المقاطع المنفذة من خلال مقارنتها مع البنية الحقيقية للموقع بفضل وجود مسلك طبيعي يصل إلى المجرى الكارستي والكهف الرئيسي، بالإضافة إلى وجود بئرين لبابيين يقطعان الكهف الكارستي.

الكلمات المفتاحية: جيورادار، كارست، كهف كارستي، جنوب فرنسا.

مقدمة

في المجال الهدروجيولوجي، طُبّقت تقانة الجيورادار أو الرادار الجيولوجي (Ground Penetrating Radar-GPR) من أجل تحديد النطاقات الكارستية المشققة، والشقوق والفوالق، بالإضافة إلى الكهوف والفجوات والمجاري الكارستية تحت السطحية [5.4.3.2.1]، وكذلك في دراسات الأوساط المائية الجوفية [7.6]، فضلاً عن دراسة حالات التلوث التي تحدث للمياه الجوفية [8. 9]. لقد بيّن العديد من الدراسات أن طريقة الاستكشاف بواسطة الرادار الجيولوجي هي الأكثر فعالية ودقة، خاصة في دراسات الكارست، من طرق جيوفيزيائية أخرى تقليدية، كالطريقة الجاذبية وطريقة المقاومية

★ نشرت ورقة البحث هذه في مجلة Journal of Applied Geophysics, 51 (2002) 97-106.

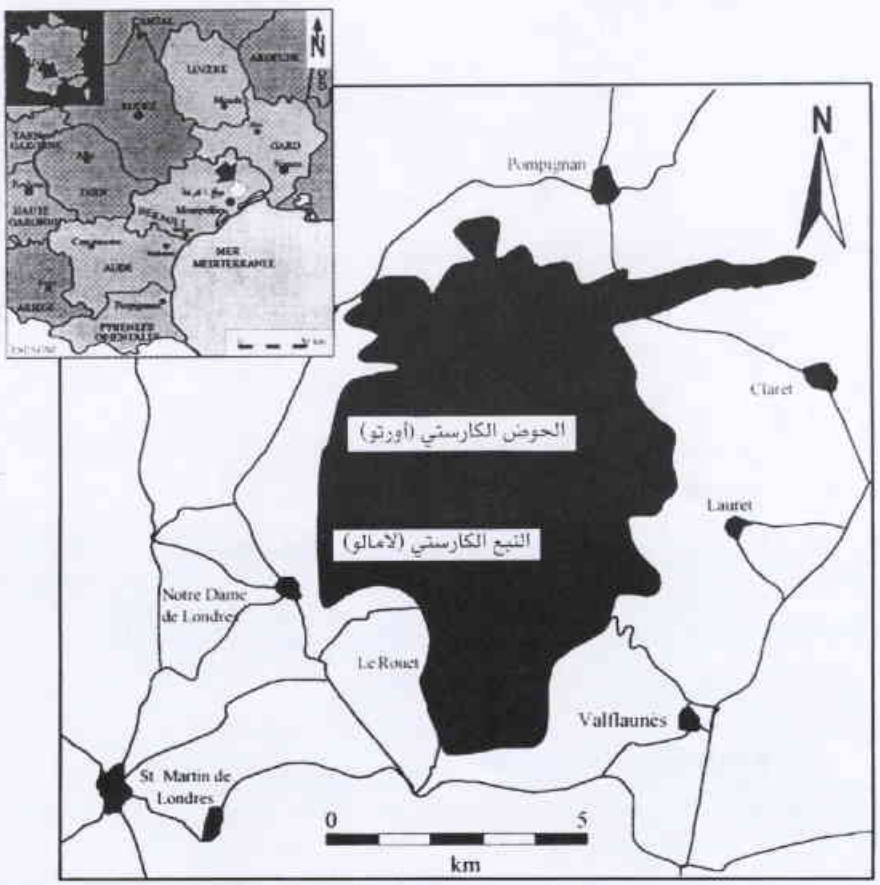
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الكهربائية [11،10]. ومن أجل التعمق في مجال استخدام طريقة الجيورادار في مجال دراسة الكارست، يمكن الرجوع إلى المراجع التالية: [13،12، 14، 15، 16، 17، 18]. سوف نبيّن من خلال هذه الورقة العلمية أن الجيورادار ليس فقط قادراً على وصف وبشكل مفصّل ودقيق النطاق السطحي المشقق ونطاق الرشح وإنما قادرٌ أيضاً على تحديد وبفاعلية كبيرة الكهف الكارستي الطبيعي وأبعاده الجيومترية.

موقع الدراسة

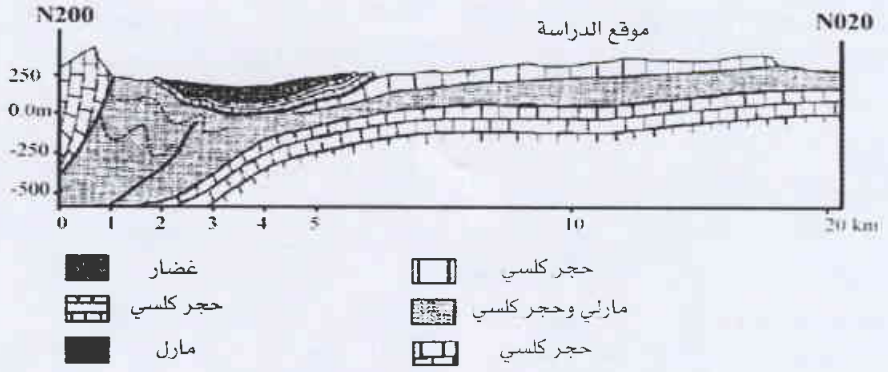
في الفترة الواقعة بين عامي 1976 وحتى 1996، نُفِّذ العديد من الدراسات والبحوث العلمية الجيولوجية والهدروجيولوجية والهدروديناميكية والجيوكيميائية، بالإضافة إلى الجيوفيزيائية على الموقع الكارستي التجريبي في لامالو (experimental site of Lamalou) بهدف دراسة البنية العامة وآلية العمل الهدروجيولوجية لهذا الوسط الكارستي [19، 20، 21، 22، 23، 24].

يقع موقع الدراسة ضمن نطاق كارستي (Hortus karst plateau)، على مسافة 40 كم^2 إلى الشمال من مدينة مونبلييه في جنوب فرنسا (الشكل 1). تبلغ المساحة الكلّية للتشكيلات الكارستية التي تغطي المنطقة بحدود 50 إلى 70 كم^2. يحدُّ موقع الدراسة من الغرب حوض سان مرتان دو لوندر Saint Martin de Londres، ومن الشمال الشرقي سهول بونبينا وكلاريه plains de Pompignan et Claret، ومن جهة الجنوب قمة جبل سان لوب Pic Saint-Loup. يتراوح الارتفاع الطبوغرافي من 195م في الجنوب الغربي حتى 512م في الجنوب الشرقي. يسود المنطقة مناخ متوسطي يتميز بأمطار غزيرة إلى معتدلة الغزارة خلال شهري تشرين الأول وتشرين الثاني وأمطار متوسطة إلى خفيفة خلال فصل الربيع يلي ذلك صيف شبه جاف يمتد من أيار وحتى آب. يغطي سطح المنطقة طبقة كثيفة من الغابات الطبيعية والتي تسود فيها أشجار السنديان والبلوط وأشجار حراجية أخرى. وبشكل عام، يتصف سطح المنطقة بعدم وجود أو ندرة التوضعات اللحقية أو الترابية التي تغطي الطبقات الكارستية باستثناء بعض المنخفضات الصغيرة المليئة بتوضعات غضارية يمكن زراعتها. تعود أعمار التشكيلات التي تؤلف طبقة الحجر الكلسي السطحية إلى الفالنجنيان (كريتاسي أدنى)، تتوضع بتوافق فوق طبقات من المارل والحجر الكلسي المارلي تعود إلى البيرسيان (كريتاسي أدنى) والجوراسي العلوي (الشكل2). يبلغ متوسط سمك



الشكل 1- الوضع الجيولوجي والجغرافي لموقع الدراسة التجريبي (Experimental site of Lamalou).

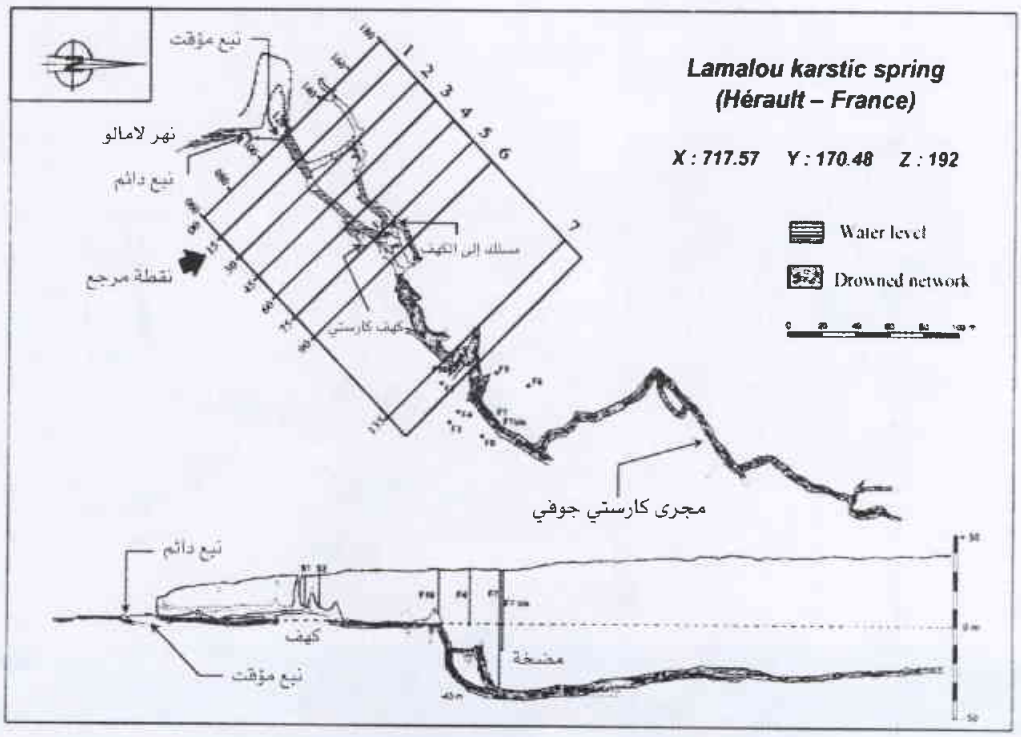
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 2- مقطع جيولوجي للتشكيلات الرسوبية لموقع الدراسة.

الحجر الكلسي بحدود 80 إلى 100م [22]. تتميز صخور الطبقات الكلسية بمساميّة ضعيفة جداً (1.84%) ونفوذية شبه معدومة [22].

بين 32 إلى 80م بالإضافة إلى بئرين لبابيين (S2, S1) يقطعان الكهف الرئيسي على عمق 18.2 و 18.5م.



الشكل 3- يمثل أماكن تنفيذ القياسات الحقلية للجيورادار (GPR) بالنسبة إلى المجرى الكارستي. F: آبار استكشافية؛ S2 و S1: آبار لبابية تقطع الكهف الكارستي.

خصائص الرادار المستخدم

من أجل تنفيذ القياسات الحقلية، تمَّ استخدام الجيورادار Pulse EKKO-100 الخاص بالشركة الكندية Sensors and Software. حيث يتألف من وحدة تحكم مركزية (console) موصولة إلى حاسوب محمول من أجل التسجيل المباشر للمعطيات، ووحدة التحكم بحدّ ذاتها موصولة أيضاً إلى هوائي مرسل وآخر مستقبل بواسطة كوابل مصنّعة من

تتم عمليات الرشح للمياه السطحية بشكل مباشر وكلّي من خلال الشقوق العمودية التي تفصل البلوكات الصخرية باتجاه المجرى المائي الجوفي الذي يتطور على امتداد سطح تطبق ستراتغرافي يفصل النطاق غير المشبع والنطاق المشبع (الشكل 3). يتسع هذا المجرى الكارستي بالقرب من مكان التصريف مشكلاً كهفاً كارستياً طبيعياً. الموقع مجهز بعشرة آبار استكشافية تتراوح أعماقها ما

بارامترات القياس (GPR)	
استطاعة الجهاز	400 فولط
تردد الهوائيات	50 ميغا هرتز
طول الهوائي	2 م
خطوة القياس	0.5 م
نافذة زمن التسجيل	400 إلى 600 نانو ثانية
مجال أخذ العينات	1600 نقطة. ثانية
استطاعة البطاريات	12 فولط

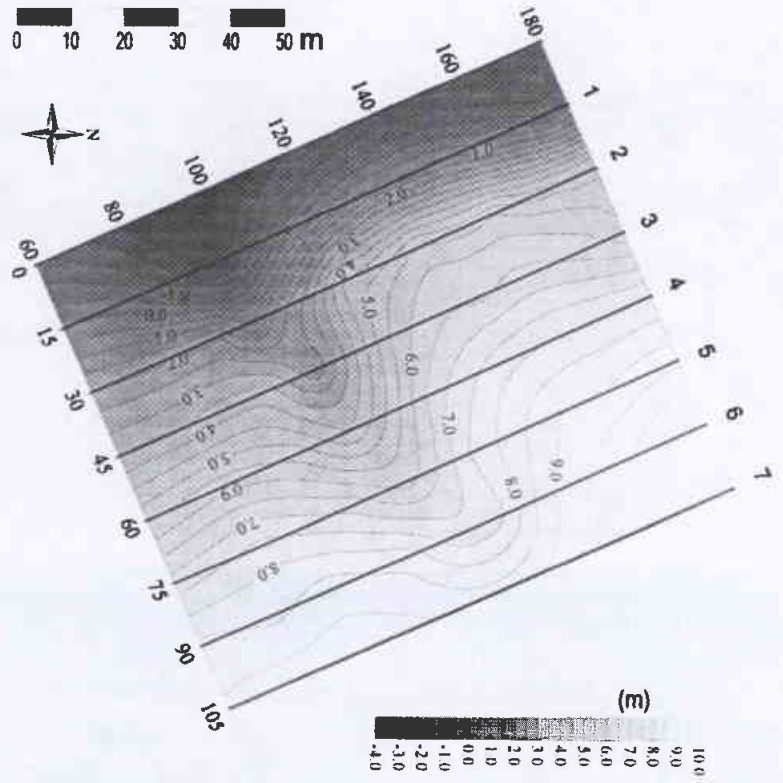
الجدول 1- يمثل بارامترات القياس للرادار المستخدم

الألياف الضوئية، انظر إلى بارامترات القياس المدرجة في الجدول (1).

من أجل عدم حدوث تشويش وتداخل في الإشارات المرسلة والمنعكسة، من الضروري إبعاد وحدة التحكم والحاسوب مسافة كافية عن الهوائيات. من أجل تقدير سرعة انتشار الأمواج الكهرطيسية التي تخترق الصخور الكلسية، والتي يجب أن تؤخذ في الاعتبار أثناء إجراء القياسات، فقد تمَّ تنفيذ بروفيل بطول 20م حسب تشكيل (Common Mid-Point)، حيث كانت السرعة المحسوبة في مجملها في الجزء الضحل من المجرى الكارستي الجوفي وبطول 120م لكل بروفيل.

المعالجة والتفسير

من أجل الحصول على الوضع الحقيقي لمختلف البُنى الجيولوجية للطبقات المخترقة، تمَّ إجراء مسح طبوغرافي لجميع البروفيلات وكانت النقطة (x=15, y=60) من البروفيل الأول هي المحطة المرجع. يمثل الشكل 4 خريطة طبوغرافية للجزء المدروس، حيث يمكن تمييز ميل عام مساوٍ إلى 12 درجة باتجاه عمودي على بروفيلات القياس. في منتصف الشكل نلاحظ وبشكل جلي منخفضاً بعمق يتراوح بين 3 و 4م وبعرض من 5 إلى 10م يقطع جميع البروفيلات. يمكن أن يكون هذا المنخفض مرتبطاً بفالق ذي رمية ضعيفة أو بصدع كبير. من بين البروفيلات السبعة المنفّذة سوف نعرض فقط البروفيل رقم 5، حيث تمَّ تنفيذه مباشرة فوق الكهف الكارستي. يُبيّن الشكل 5 العديد من البُنى التي تميّز وسطاً كارستياً نذكر منها:

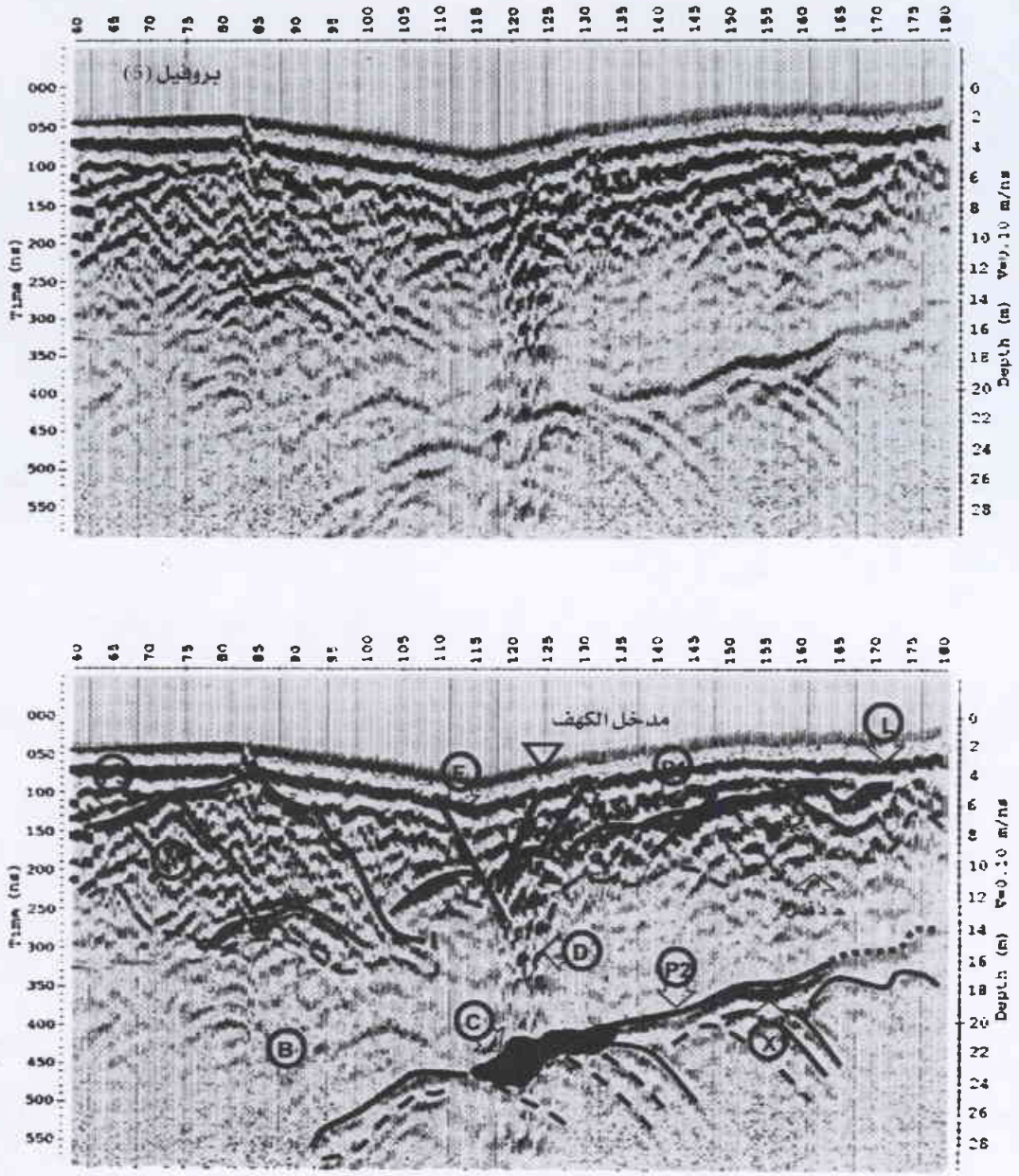


الشكل 4- تمثيل طبوغرافي ثنائي الأبعاد لنطاق قياسات الجيورادار.

ضمن هذه التشكيلات تساوي 0.1م/ نانو ثانية[1]. وتبعاً إلى هذه السرعة وإلى نافذة زمن التسجيل، فقد قُدِّر عمق الاختراق وكان بحدود 20 إلى 30م. عدد البروفيلات المنفّذة في الموقع هي سبعة تقع

1. نطاق صخري ضحل (مشار له بالرمز A، الشكل 5). يتميز هذا النطاق بوجود العديد من السطوح العاكسة المرتبطة بوجود شبكة كثيفة من الشقوق والصدوع تفصل الكتل الصخرية، حيث يتراوح

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية



الشكل 5- تفسير البروفيل رقم 5 حيث: A : حجركلسي مشقق (إبيكارست)؛ B : حجر كلسي كتلي قاس؛ C : كهف كارستي طبيعي؛ D : مسلك طبيعي يصل الكهف الكارستي؛ F : فالق؛ L : كارن أو لابياز؛ P3, P2, P1 : سطوح تطبّق؛ x : كهف كارستي مكتشف.

سمك هذا النطاق من 8 إلى 12م. يمثل هذا النطاق ما يُطلّق عليه اسم الإبيكارست epikarst [25]، الذي يلعب دوراً مهماً ورئيسياً في عملية الرشح العمودي باتجاه النطاق غير المشبع والمشبع بالإضافة إلى أنه، وفي كثير من الأحيان، يمكن أن يتشكل ضمنه خزان مائي بالقرب من السطح. يمثل انحدار العاكس الرئيسي (سطح التطبُّق)، والمشار إليه بالرمز (P1)، الميل العام للتشكيلات الجيولوجية والذي تمَّ التحقق منه بالقياس المباشر على السطح، حيث تراوحت قيمته بين 12° و 18°. يتقاطع هذا العاكس مع سطح الأرض في الجزء الأخير من منطقة الدراسة حيث دلّت الملاحظة المباشرة على أنه سطح تطبُّق يفصل بين طبقتين الأولى مؤلفة من حجارة مختلفة الأحجام متناثرة مع كتل صخرية مكانية شديدة التجوية، في حين أن الطبقة الأخرى مؤلفة من صخور كلسية كتلية، تظهرعلى شكل بلوكات صخرية شديدة التجوية ومكرستة يُطلق عليها اسم لابياز أو كارن (labiaz or karren)، يخضع سطح التطبُّق هذا في بعض الأماكن (الشكل5) إلى تشويش أو انقطاع يمنع استمراريته جزئياً ناتج عن وجود فالق أو شق كبير.

2. نطاق أكثر عمقاً يلي النطاق السابق، حيث يتراوح سمكه من 8 إلى 10م، مكون من حجر كلسي رمادي اللون قاسٍ جداً مشار إليه بالرمز (B)، هذا النطاق محدود من الأسفل بسطح تطبُّق آخر (P2)

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

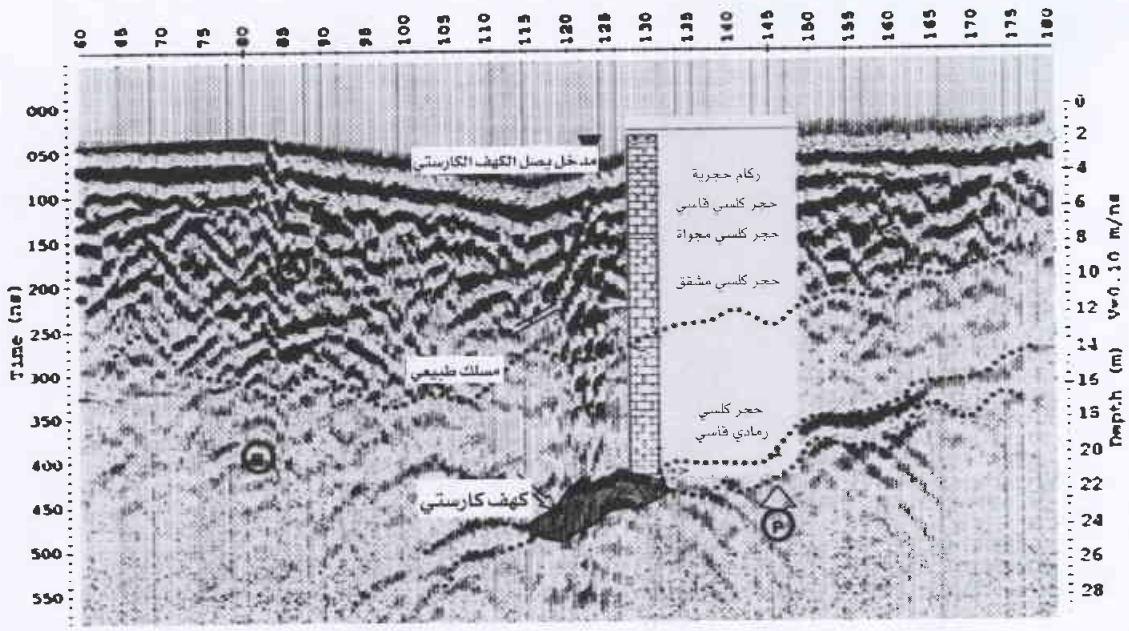
موازٍ لسطح التطبُّق السابق (P1). المسافة التي تفصل بين السطحين هي 13 م، تمثل سمك الطبقة الوسطى. يُلاحظ ضمن هذا النطاق ضعف الإشارات الرادارية المنعكسة، وهذا يعود بالدرجة الأولى إلى غياب شبه كلّي للسطوح العاكسة absence of reflectors وإلى وجود عدم تجانس فيزيائي وبنيوي ضعيف (low physical and structural heterogeneity) بالمقارنة مع ما هو ملاحظ في النطاق السطحي.

وكما ذكر سابقاً من أن البروفيل الخامس منفَّذ مباشرة فوق الكهف الكارستي (C)، هذا الكهف يمكن الوصول إليه عن طريق مسلك عمودي (D)، مميز في مركز الشكل 5 بانعكاسات عمودية شديدة التباين بالنسبة لما يحيط بها. كما يظهر في هذا المقطع وبدقة عالية الكهف الكارستي الطبيعي بأبعاده الحقيقية، كما يتّضح أيضاً وجود كهف كارستي آخر (X) غير معروف من قبل، يُكتشف لأول

وبنيوياً بالإضافة إلى التطابق في السماكات الصخرية على النحو التالي (الشكل 6):

- طبقة رقيقة مكوِّنة بقايا من الحجارة الكلسية تمتد من 0 حتى 0.6م.
- طبقة من الحجر الكلسي الأصفر (اللون الأصفر ناتج عن جريان المياه ضمن هذه الطبقة السطحية) المجواة أحياناً والقاسية أحياناً أخرى، تحتوي على شقوق تمتد من 0.6 إلى 11م (نطاق epikarst).
- طبقة من الحجر الكلسي القاسي رمادية اللون تمتد من 11 حتى 16.5م.
- طبقة كارستية مكوَّنة من الحجر الكلسي المشقق تشكل سقف الكهف الكارستي تمتد من 16.5 حتى نهاية البئر اللبابي.

كانت قيم المساميّة الكلّية والمقيسة بواسطة مقياس المساميّة الرنيني، ضعيفة جداً حيث تساوي 1.84% وهذا يعني أن دور النسيج



الشكل 6- مقارنة بين المقطع الجيوراداري 5 مع العمود الليتولوجي للبئر S2 المنفذ مباشرة فوق الكهف الكارستي. A : حجر كلسي مشقق أصفر اللون؛ B : حجر كلسي قاسي رمادي اللون؛ P : سطح تطبّق.

مرة في إطار هذه الدراسة، حيث يتوضع ويتطور على امتداد سطح التطبُّق (P2). جميع البُنى والعناصر التي تمَّ الكشف عنها وتفسيرها (النطاق السطحي epikarst، وسطوح التطبُّق، والنطاقات المشققة والقاسية المجرى والكهوف الكارستية) في البروفيل (5) يمكن ملاحظتها في بقية بروفيلات القياس المنفَّذة.

كذلك تمَّ إجراء مقارنة دقيقة ومفصلة لمقطع البروفيل (5) مع اللباب الصخري المستخرج من البئرين S1، S2 (الشكل3) المنفّذين مباشرة فوق الكهف الكارستي، حيث لوحظ تطابق تام ليتولوجياً

الصخري شبه معدوم في عملية الرشح [20]، وأن معظم المياه التي ترشح إلى الأسفل باتجاه النطاق المشبع تتم بشكل رئيسي عن طريق الشقوق والمجاري الكارستية العمودية.

بعد تفسير كافة بروفيلات القياس، تمَّ النزول إلى الكهف الكارستي وذلك من أجل إثبات صحة ما تمَّ الحصول عليه من نتائج القياس، حيث تمَّ التأكد من الأبعاد الجيومترية ومن موضع الكهف، حيث وجد تطابق كلّي ودقيق ، كما تمَّ التحقق أيضاً من أن الكهف الكارستي قد تشكل من تقاطع سطح تطبُّق وفالق شاقولي تلته عمليات كرستة قوية.

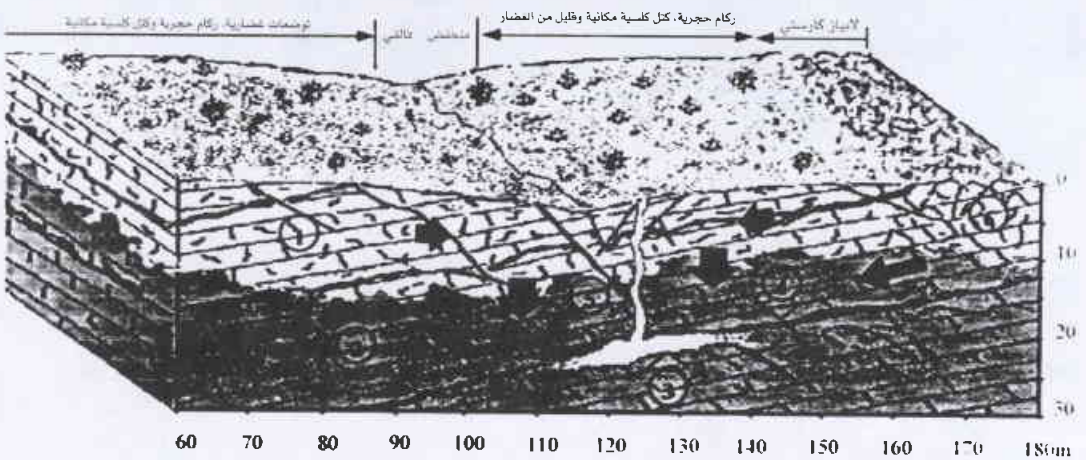
http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

النموذج المقترح

استناداً إلى تفسير المقاطع الجيورادارية والآبار اللبابية بالإضافة إلى الملاحظة المباشرة على السطح وداخل الكهف الكارستي، تمَّ بناء نموذج جيولوجي وذلك عن طريق الانتقال من المعطيات الجيوفيزيائية إلى معطيات جيولوجية على شكل نموذج ثلاثي الأبعاد (3D) الشكل (7)، يعرض مختلف العناصر الجيولوجية التي تمَّ سبرها. يصف هذا النموذج أفقياً وعمودياً مختلف البُنى التي يتميز بها الموقع الكارستي لامالو Lamalou بالقرب من نقطة التصريف، حيث يمكن أفقياً على السطح في الجزء المدروس تمييز ثلاث سحنات جيولوجية

واستخدام ترددات رادارية منخفضة (50MHz)، جعل تطبيق تقانة الجيورادار فعالاً وذلك بسبب التخامد الضعيف للأمواج الرادارية وبالتالي عمق اختراق كبير.

إن إجراء مسح طبوغرافي لموقع الدراسة ساهم وبشكل فعّال في إعادة بناء البُنى الجيولوجية المسبورة وجعلها تأخذ مكانها ووضعها الحقيقي. قادت المقاطع الجيورادارية إلى إظهار معظم البُنى الجيولوجية التي تميز وسطاً كارستياً قليل العمق (نطاقات كارستية مشققة، إبيكارست، سطوح التطبُّق وميولها، مجارٍ كارستية) بالإضافة إلى ذلك فقد تمَّ تحديد الكهف الكارستي الرئيسي الموجود



الشكل 7- نموذج جيولوجي (synthetic) ثلاثي الأبعاد يظهر البنية العامة لموقع الدراسة (Lamalou site) مستنتج من تفسير المقاطع الجيورادارية ومن العمود الليتولوجي للآبار S1، S2.

تتعلق بثلاث طبقات كلسية ذات طبيعة متنوعة:

على امتداد 40م الأولى من النموذج، تغطي السطح طبقة غضارية رقيقة جداً، يبلغ سمكها عدة سنتيمترات، بالإضافة إلى أنقاض حجرية وكتل صخرية متناثرة هنا وهناك، هذا الجزء محدود بواد صغير يتوسط النموذج. في الجزء اليميني من الشكل، تنخفض نسبةً التوضعات الغضارية وتزداد التوضعات الحجرية والكتل الصخرية. أما العشرون متراً الأخيرة من النموذج، فتتألف من كتل كلسية كارستية شديدة التشقق تشكل اللابيار.

عمودياً، يتألف النموذج المقترح من نطاق سطحي مشقق والذي يشكل نطاق epikarst سمكه يتراوح بين 8 إلى 12م، يلي هذا النطاق طبقة كلسية رمادية قاسية قليلة التشقق تشكل النطاق غير المشبع. هذان النطاقان مسؤولان عن عمليات الرشح ضمن الوسط الكارستي. على الحدّ الفاصل بين النطاق المشبع ونطاق الرشح، يتشكل الكهف الكارستي على امتداد سطح التطبُّق.

الخلاصة

إن عدم وجود توضعات ذات ناقلية كهربائية مرتفعة كالغضارية على عمق أكثر من 20م تحت سطح الأرض.

إن النتائج التي تمَّ الحصول عليها من المقاطع الجيورادارية أثبتت صحتها من خلال مقارنتها مع الآبار اللبابية والملاحظات المباشرة على السطح وداخل الكهف الكارستي. وبالنتيجة يمكن الاستفادة من نتائج هذه الدراسة وتعميمها على أوساط كارستية مشابهة وخاصة الأوساط الكارستية لحوض البحر المتوسط.

المراجع

REFERENCES

[1] Beres, M., Haeni, F.P., 1991. Application of ground penetrating radar methods in hydrogeologic studies. Ground Water 29, 375- 386.

[2] Holub, P., Dumitrescu, T., 1994. Détection des cavités à l'aide de mesures électriques et du géoradar dans une galerie d'amenée d'eau. Journal of Applied Geophysics 31, 185-195.

[3] Robert, A., de Bosset, C., 1994. Application du géoradar à la location de cavités, de nids de gravier et de zones karstiques. Journal of Applied Geophysics 31, 197- 204.

[4] McMechan, G.A., Loucks, R. G., Zeng, X., Mescher, P., 1998.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

Ground penetrating radar imaging of a collapsed paleocave system in the Ellenburger dolomite, central Texas. Journal of Applied Geophysics 39, 1 -10.

[5] Beres, M., Luetscher, M., Olivier, R., 2001. Integration of ground penetrating radar and microgravimetric methods to map shallow caves. Journal of Applied Geophysics 46, 249- 262.

[6] Sellmann, P.V., Arcone, S.A., Delaney, A.J., 1983. Radar profiling of buried reflectors and the groundwater table. U.S. Army Cold Region Research and Engineering Laboratory Report, 83-11, 16 pp.

[7] Arcone, S.A., Lawson, D.E., Delaney, A.J., Strasser, J.C., Strasser, J.D., 1998. Ground penetrating radar reflection profiling of groundwater and bedrock in an area of discontinuous perma-frost. Geophysics 63, 1573-1784.

[8] Benson, A. K., 1995. Applications of ground penetrating radar in assessing some geological hazards: examples of groundwater contamination, faults, cavities. Journal of Applied Geophysics 33, 177- 193.

[9] Atekwana, E.A., Sauck, W.A., Werkema Jr., D.D., 2000. Investigations of geoelectrical signatures at a hydrocarbon contaminated site. Journal of Applied Geophysics 44, 167-180.

[10] Yelf, R. J., Creswell, L., 1988. Comparison of groundradar, microgravity, EM and methods for delineation of karstic sinkholes (4 - 32). Abstract Symposium EAEG 50th Meeting, 167 pp.

[11] Chamberlain, A. T., Andrew, T. C., William, S., Chis, P., Roslyn, C., 2000. Cave detection in limestone using ground penetrating radar. Journal of Archaeological Science 27, 957-964.

[12] Stangland, H. G., Kuo, S.-S., 1987. Use of ground penetrating radar techniques to aid in site selection for land application sites. 2nd Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karst, Orlando (Florida), 9-11 February.

[13] Roark, M.S., Lambert, D.W., 2001. Application of bistatic low frequency GPR for mapping karst features and bedrock topography. 8th Multidisciplinary Conference on Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karst, Louisville (Kentucky, US), 1- 4 April.

[14] Geraads, S., Omnes, G., 2002. Imaging karstic structures with GPR along a motorway under construction. 8th International Conference on Ground Penetrating Radar, Santa Barbara (California, US), 29 April -2 May.

[15] Finetti, I. R., Pipan, M., Candotti, G., 1995. Advanced GPR exploration in karstic areas. 1st Environmental and Engineering Geo-physical Society-European Section Meeting, Torino (Italy), 25- 27 September.

[16] Carpenter, P. J., Doll, W. E., Kaufmann, R. D., 1995. Identification of dolines and karst recharge points using geophysical techniques, Oak Ridge, Tennessee. Annual Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, Orlando (Florida, US), 23- 26 April.

[17] Valle, S., Zanzi, L., 1996. Radar tomography for cavities detection. Annual Symposium on the Application of Geophysics to Environmental and Engineering Problems, Keystone (Colorado, US), 28 April -2 May.

[18] El-behiry, M. G., Hanafy, S. M., 2000. Geophysical surveys to map the vertical extension of a sinkhole: a comparison study. Annual Symposium on the Application of Geophysics to Environmental and Engineering Problems, Arlington (Virginia, US), 20 - 24 February.

[19] Thérond, R., 1976. Carte de fracturation du causse de l'Hortus au 1:1500. Inédit.

[20] Bonin, H., 1980. Contribution à la connaissance des réservoirs aquifères karstiques, un exemple: Le causse de l'Hortus, un site expérimental: la source du Lamalou. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 122 pp.

[21] Chevalier, J., 1988. Hydrodynamique de la zone non saturée d'un aquifère karstique: étude expérimentale. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 212pp.

[22] Durand, V., 1992. Structure d'un massif karstique. Relations entre déformation et facteurs hydro-météorologiques. Causse de l'Hortus, site des sources du Lamalou (Hérault). Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 207 pp.

[23] Turberg, P., 1993. Apport de la cartographie radiomagneto-tellurique à l'hydrogéologie des milieux fractures. Thèse de Doctorat, Université de Neuchâtel, 132 pp.

[24] Climent, H., 1996. Transport du radon à l'interface lithosphère - atmosphère: étude de l'influence des paramètres externes. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 234 pp.

[25] Bakalowicz, M., 1995. La zone d'infiltration des aquifères karstiques. Méthodes d'étude. Structure et fonctionnement. Hydrogéologie 4, 3 - 21.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

تأثير نسبة الرمل إلى الإسمنت في انبثاق غاز الرادون من الخلطات الإسمنتية المحتوية على الراديوم ^{226}Ra ★

د.صلاح الدين تكريتي
قسم الفيزياء – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب. 6091 – دمشق – سوريا
د.رياض شويكاني – أحمد فارس علي – غسان رجا
قسم الوقاية والأمان – هيئة الطاقة الذرّية – ص. ب. 6091– دمشق – سوريا

ملخص

مُزجت نسب مختلفة من الإسمنت البورتلاندي و الرمل مع سائل كلور الراديوم لإنتاج عينات أسطوانية مشعة. اختير نوعان من الرمل (الكالسيتي والسليكاتي). ودرس انتشار غاز الرادون من العينات المصنعة السابقة الذكر.

أشارت النتائج إلى أن انطلاق غاز الرادون من العينات المحتوية على الرمل الكالسيتي يتأثر بنسبة مزج الرمل. كما لوحظ أيضاً أن انطلاق غاز الرادون يتغير بتغير حجم حبات الرمل المستعمل. بعض هذه الملاحظات سجلت في العينات الحاوية للرمل السليكاتي. إضافة إلى ذلك، وجد أن انبثاق غاز الرادون من العينات الحاوية للرمل الكالسيتي يكون أقل من انبثاقه في حالة العينات الحاوية للرمل السليكاتي. وقد تم شرح النتائج بالاعتماد على تشكل فراغات حرة مغلقة في العينات المصنعة، هذه الفراغات تعطي غاز الرادون الإمكانية ليتفكك فيها أكثر من السماحية له بالانتشار منها إلى الوسط الخارجي.

الكلمات المفتاحية: النشاط الإشعاعي البيئي، النفايات المشعة، انبثاق غاز الرادون، خزن النفايات المشعة، الإحاطة، التصلب.

مقدمة

يتعرض أي شخص على وجه الكرة الأرضية إلى الأشعة الطبيعية. وأهم مصدر للإشعاع هو غاز الرادون ^{222}Rn [1]. ويعتمد تركيز غاز الرادون وعناصر التفكك الناتجة منه على تركيز المادة الأصلية المولدة له والتي تتمثل في الراديوم الناتج من تفكك اليورانيوم الطبيعي [2].

تتلخص الأهداف الأساسية لمعالجة النفايات المشعة في عزلها عن الوسط المحيط. وتعتمد عملية العزل على طبيعة العناصر المشعة الموجودة فيها وخواص النفايات المراد التخلص منها. كما تعتمد الدرجة العملية لعزل النفايات على التنفيذ الكامل لعملية التخلص مثل تقليص حجمها كي تخزن بشكل آمن [3]. إن عملية التصلب مع الإسمنت تمثل أفضل حل للتعامل مع النفايات المشعة لأنها آمنة وسهلة التنفيذ [4]. غير أن انتشار وانبثاق النظائر المشعة من أماكن توضعها يمثلان قمة المشاكل الجيوكيميائية والبيئية [5].

تم التعرف على غاز الرادون الذي ينبثق من الأرض ومن بعض المعادن والمركبات أثناء دراسة الراديوم في مطلع القرن العشرين [6, 7]. فقد أوضح [8] أن كمية غاز الرادون المنبثق تتناسب عكساً مع العمر النظيري للنموذج المدروس U – Pb. درست معامل انتشار غاز الرادون من عينات إسمنتية محاطة بطبقات مختلفة من الإسمنت سابقاً [9].

تعمل الصناعات النفطية الموجودة في سوريا على تلويث مناطق واسعة بالمواد المشعة الطبيعية (NORM). يتلوث الماء المرافق للنفط والموجود في خزانات النفط إشعاعياً بالملوثات الإشعاعية الطبيعية، لوجود سلسلة ^{238}U و^{232}Th، وبشكل أساسي لوجود نظائر الراديوم الناتجة من قابلية انحلالها في الماء، الأمر الذي يسمح بانتقالها مع النفط المستخرج [10]. يؤدي التوضع غير المناسب لهذا الماء إلى تلوث مناطق عديدة بالمواد المشعة (NORM). هذا النوع من التلوث الإشعاعي يتطلب أعمالاً علاجية وقياسات إعادة تأهيل بالاعتماد على التعرض الإشعاعي للسكان الموجودين في المنطقة والمعرضين لمخاطر التلوث الإشعاعي الناجم عن (NORM). فقد تم اعتبار التربة الملوثة بمقدار 5.2 Bq/g بالراديوم نفاية مشعة يجب التخلص منها [11].

الهدف من هذا العمل هو استخدام قياسات انبثاق غاز الرادون كوسيلة لتحديد أفضل نسبة مزج بين الإسمنت والرمل وكذلك دراسة أثر اختلاف أبعاد الرمل على حجب الرادون من الانطلاق من النفايات المتصلبة والمحتوية على الراديوم على أمل أن تساعد النتائج في وضع أفضل الشروط المثلى لتوضيب نفايات الراديوم أثناء تصلبها.

الأعمال العملية

استخدام الإسمنت البورتلاندي لتحضير جميع العينات، ومواصفات هذا الإسمنت مذكورة في الأعمال السابقة [9-11]. تم اختيار نوعين من الرمل لهذه الدراسة، حيث يستعمل الرمل

★ نُشرت ورقة البحث هذه في مجلة Radiation Measurements, 2003.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

مع الإسمنت في الخلطات الإسمنتية بشكل واسع في سوريا. تمت دراسة أطوار نوعي الرمل بواسطة انعراج الأشعة السينية. والتركيب التالي هو السمة المميزة لهما:

Calcite = 95% ($CaCO_3$) + 5% (Ba, Sr, Al and other oxides).

Silica = 92% (SiO_2) + 8% (clay).

وتم نخل عينة من الرمل لكلا النوعين لفصل كل حجم ومزجه مع الإسمنت بالنسب المطلوبة ويبين الجدول النسبة المئوية لأبعاد الرمل المستعمل.

أبعاد حبيبات الرمل	45-125 mμ	125-300 mμ	300-850 mμ
النسبة المئوية (كالسيت)	31.37	23.93	44.70
النسبة المئوية (سليكات)	8.25	75.50	15.25

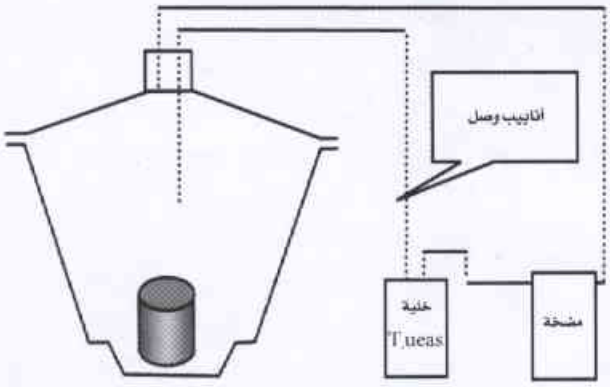
النسبة المئوية لأبعاد الرمل المستعمل

ومن الناحية العملية، فقد استعمل الرمل العادي المستخدم في عمليات صب الإسمنت والذي أبعاد حبيباته ما بين (45-850 μm) وذلك لأنه عندما تكون الأبعاد ما دون 45 μm وما فوق 850 μm فهذا لا يعتبر رملاً [13-14].

صنعت العينات المشعة على هيئة شكل أسطواني باستخدام قوالب بلاستيكية أبعادها 4.6 × 4.6 سم (قطر × ارتفاع). حيث ملئت بالخلطات الإسمنتية الحاوية للنظير المشع ^{226}Ra. وحضرت الخلطة الإسمنتية على النحو التالي: أخذت الكمية المطلوبة من الإسمنت الجاف والرمل بنسب مختلفة وأضيف إليها الماء المقطر المحتوي على مركب كلور الراديوم $RaCl_2$. وبناءً على هذه النتائج تم تحضير مجموعات العينات على النحو التالي: المجموعة الأولى إسمنت نقي 0% والمجموعة الثانية تحتوي على رمل كالسيتي صغير الأبعاد (أبعاده 45-125 μm) والمجموعة الثالثة تحتوي على رمل كالسيتي متوسط الأبعاد (أبعاده 125-300 μm) والمجموعة الرابعة تحتوي على رمل كالسيتي كبير الأبعاد (أبعاده 300-850 μm) والمجموعة الخامسة تحوي مزيجاً من رمل كالسيتي والمجموعة السادسة تحوي مسحوق رمل كالسيتي ناعم أبعاده أقل من 45 μm والمجموعة السابعة تحوي مزيجاً من رمل سليكاتي. وحضرت عينات المجموعات بنسب خلط مختلفة 5,10, 15, 20, 30, 40, 60, 80% رمل إلى إسمنت لكل حجم وعلى مكررين. كان تركيز النظير المشع في العينات الإسمنتية التي حضرت بحدود 250 Bq للعينة الواحدة.

وضعت العينات المشعة في حواضن زجاجية محكمة الإغلاق سعتها 7 لتر، مزودة بفتحتي دخول وخروج وذلك من أجل الحصول على دارة مغلقة لسحب غاز الرادون من هذه الحواضن. وضعت العينات المصنعة في الحواضن لمدة 21 يوماً لحدوث التوازن الإشعاعي بين الراديوم والرادون ثم قيس غاز الرادون ثلاث مرات وأخذ المتوسط لقراءة العداد. وكانت الحواضن تنظف بغسلها بالماء ومحاليل إزالة التلوث للتأكد من خلوها من أي تلوث محتمل أثناء إعادة استخدامها.

استخدمت الطريقة الفعالة (active method) لقياس زيادة تركيز الرادون داخل الحواضن مع الزمن [15] وذلك بسحب عينة من غاز الرادون من الحاضنة إلى خلية لوكس من نوع (EDA Instruments Inc. Toronto Canada). تعمل هذه الخلية على فصل دقائق الغبار وكذلك نواتج التفكك غير المرغوب بها الموجودة في جو الحاضنة [16]. وبعد ثلاث ساعات يعطي تفكك الرادون ثلاث جسيمات ألفا تكون كمؤشر على أن الرادون في حالة توازن مع بناته ذات الأعمار النصف القصيرة. ثم يقاس تركيز الرادون داخل خلية لوكس باستخدام العداد النووي (RDA-200). ويبين الشكل (1) المخطط العملي لقياس انبثاق غاز الرادون من العينات.



الشكل 1: عمل تجريبي لإطلاقات الرادون

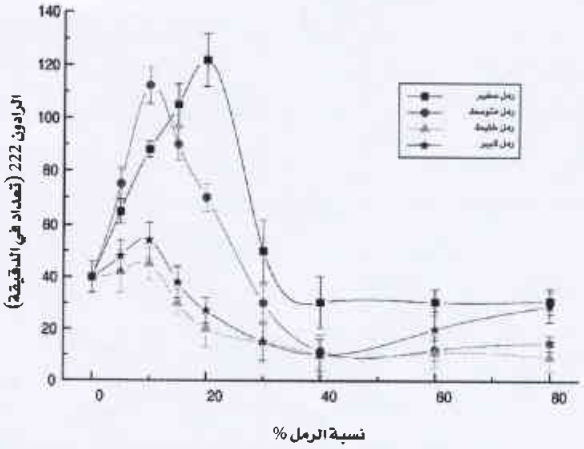
أما قياس أشعة غاما الناتجة من ^{226}Ra, ^{214}Bi, ^{214}Pb فقد تمَّ باستخدم ام كاشف الجرمانيوم النقي (Canberra). فقد أخذت قمم الطيوف 186, 609, 351 keV الممثلة لـ ^{226}Ra, ^{214}Bi, ^{214}Pb على الترتيب. تم أخذ القياس خلال 20 دقيقة لـ ^{222}Rn و30 دقيقة لـ ^{226}Ra, ^{214}Bi, ^{214}Pb. كافة النتائج مدونة بشكل تعداد في الدقيقة (CPM).

النتائج والمناقشة

يبين الشكل 2 زيادة انبثاق غاز الرادون من العينات الأسطوانية المصنعة بدلالة نسبة الرمل الكالسيتي إلى الإسمنت. ويبدو واضحاً أن كمية غاز الرادون المنبثقة من العينات تزداد بزيادة نسبة الرمل الكالسيتي إلى الإسمنت حتى نسبة 20% ثم تنخفض إلى قيمة أقل من تلك في حالة نسبة الرمل 0%.

من أجل تحليل المعطيات الناتجة، تم تطبيق سلسلة من النماذج الرياضية والنظرية، وتعتمد هذه النماذج على آليات إنتاج وتفكك وانتشار غاز الرادون [12, 17, 18]. وقد تم اعتماد المقترحات التالية لشرح النتائج.

في حالة الرمل الكالسيتي، الذي يتشكل أساساً من كربونات الكالسيوم، كما أشارت إلى ذلك نتائج انعراج الأشعة السينية، مُزج السائل المشع الحاوي للراديوم مع الإسمنت والرمل. لذلك، وخلال



الشكل 2: المعطيات التجريبية لانبثاق غاز الرادون من العينات الحاوية للرمل بأبعاد مختلفة كتابع لنسبة الرمل المضاف

عملية التصلب، تم امتزاز الراديوم على حبات الرمل [19]. وتعود ظاهرة الامتزاز هذه لتفاعل التبادل بين مكونات الرمل والراديوم. سوف ينتج تفكك الراديوم غاز الرادون، الذي سوف ينتشر في الغلاف الإسمنتي المحيط. يمكن التحكم بهذا الانتشار عن طريق الفراغات والعيوب الموجودة خلال عملية التصلب [9].

افترضنا أن كل حبة من الرمل مغلفة بطبقة من الإسمنت المشع. يوضح الشكل 3(a) احتمال مواضع حبات الرمل المحاطة بغلاف إسمنتي مشع في العينة الأسطوانية. في هذه الحالة، سوف ينتشر الرادون ^{222}Rn المنتج من سطح الغلاف الإسمنتي المحيط بحبة الرمل خلال العينة الأسطوانية. وأيضاً، هناك احتمال لبعض هذه الحبيبات الرملية أن تتجمع معاً في غلاف واحد (cluster عنقود) كما هو موضح في الشكل 3(b). وهذه سوف تعطي غلافاً إضافياً (كروياً) لذرّات الرادون المنبعثة من داخل العنقود كي تنتشر من خلاله. وبالتالي، فإن معظم ذرّات غاز الرادون ^{222}Rn المحبوسة ضمن العنقود سوف تتفكك أكثر من أن تنتشر. سوف تجد ذرّات ^{222}Rn التي لم تتفكك ضمن العنقود ممراً مناسباً من خلال العينة وتصل إلى السطح عن طريق ظاهرة الانتشار. لذلك، من الممكن افتراض أن آلية انبثاق غاز الرادون ^{222}Rn على أنها عملية مشتركة ما بين الانتشار من الغلاف الكروي والانتشار من الغلاف الأسطواني. تتبع عملية الانتشار عملياً قانون فيك (Fick) التالي:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \qquad (1)$$

حيث تمثل C عدد ذرّات الغاز المنتشرة في واحدة الزمن t و D هو ثابتة الانتشار. في حالة الغلاف الكروي، يأخذ البعد x معنى نصف القطر r، وقانون فيك للانتشار من السطح الكروي يمكن كتابته كما يلي:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D\left(\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{2}{r}\frac{\partial c}{\partial r}\right) \qquad (2)$$

ويكون الحل النهائي لهذه المعادلة بعد أخذ الشروط التالية:

$t = 0 \longrightarrow c = c_0 \ ،r = r_0$

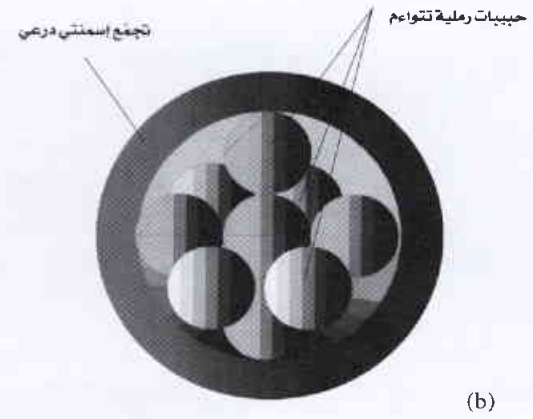
كما يلي:

$$c_1 = c_0\left[1 + \frac{2(r_0+a)}{\pi r_0}\sum_{n=1}^{\infty}\left\{\frac{(-1)^n}{n}\sin\left[\frac{n\pi r_0}{(r_0+a)}\right]\exp\left[\frac{n^2\pi^2 D_{(l)}t}{(r_0+a)^2}\right]\right\}\right] \qquad (3)$$

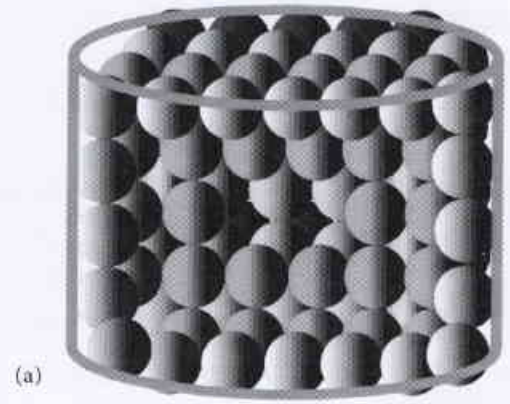
حيث c_0 تمثل تركيز الراديوم، r_0 نصف قطر حبة الرمل، a سماكة طبقة الإسمنت المغلفة و $D_{(l)}$ ثابتة الانتشار في الحالة الكروية.

فعند إضافة الرمل إلى الإسمنت هناك احتمال لتشكيل فراغات يتجمع ضمنها عدد من حبيبات الرمل. فإذا كان هناك N فراغ يمكن أن توجد ضمن العينة، بحيث يوجد فيها n جزيئة غاز رادون، وكان عدد جزيئات غاز الرادون المتوقع تفككها m، فإن احتمال وجود جزيئات غاز الرادون المتوقع تفككها ضمن الفراغات يعطى بالعلاقة التالية (20):

$$P_m = \frac{n!}{m!(n-m)!}\left(\frac{1}{N}\right)^m\left(1-\frac{1}{N}\right)^{(n-m)} \qquad (4)$$



تمثيل فراغي لتوضيح تجمع حبيبات الرمل ضمن غلاف إسمنتي واحد



الشكل 3:
تمثيل فراغي لتوضيح توضع حبيبات الرمل ضمن العينة الأسطوانية

هيئة الطاقة الذرية السورية مكتب نظم المعلومات http://serversmiso.aecs.sy

وتتعلق قيمة n بتركيز غاز الرادون الموجود ضمن الأسطوانة وفق ثابتة التوزع k_r والتي تمثل توزع النظير المشع بين الكرة والأسطوانة كما يلي: $n=k_r C_{(Ra)}$. وبالتالي تحسب كمية غاز الرادون المنبثقة من العينة المدروسة، باعتبار أن λ ثابت التفكك الإشعاعي لغاز الرادون و w النسبة المئوية للرمل المضاف، كما يلي:

$$^{222}Rn(Em) = c_t\, P_m\, (w)^{N/n} \exp(-\lambda t) \qquad (5)$$

وتأخذ الثوابت N، n، m قيماً مختلفة تبعاً لدقة الملاءمة الرياضية أثناء تحليل المعطيات التجريبية. في الحقيقة المهم هو النسبة N/n التي تساوي N/ k_r C(Ra)، والتي تعبر عن مدى ارتباط وجود الفراغات وجزيئات غاز الرادون المجتمعة ضمنها كتابع إلى ثابتة التوزع k_r.

في حالة العينات الأسطوانية البعد x، في العلاقة (1)، تأخذ دلالتين وهما الطول z ونصف القطر r، وبناءً عليه، يكتب قانون فيك للانتشار في حالة الأسطوانة كما يلي، مع الأخذ بعين الاعتبار أن ثابتة الانتشار، D، غير متغيرة مع الزمن.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D\left[\frac{\partial^2 c}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial c}{\partial r} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}\right] \qquad (6)$$

يكون الحل النهائي لهذه المعادلة بعد أخذ الشروط التالية:

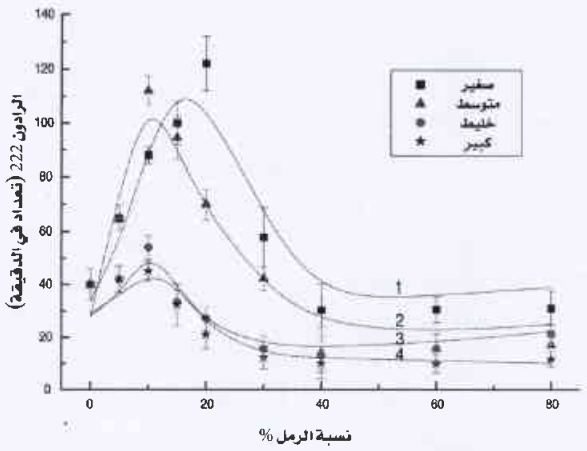
$$t = 0 \;\rightarrow c = c_0 = c\{^{222}Rn_{(Em)}\}, -t \le x \le +t,\; 0 \le r \le b$$

$$^{222}Rn(Ex) = \frac{8\, c\{^{222}Rn(Em)\}}{\pi\, b} \sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \frac{J_0(a_m b)}{(2n+1)a_m J_1(a_m b)} \times \sin\left[\pi \frac{2n+1)\pi(a+b)}{2t}\right] \times \exp\left[-\left(a_m^2 + \frac{(2n+1)^2\pi^2}{4t^2}\right) D_{(2)} t\right]\right\} \qquad (7)$$

حيث تمثل c_0 تركيز المادة المشعة المنتشرة ضمن الأسطوانة وهي غاز الرادون الصادر عن حبيبات الرمل $c\{^{222}Rn_{(Em)}\}$ وطول الأسطوانة وقطرها b، حيث تعرف α_m على أنها جذور العلاقة $Jo(\alpha_m b)=0$. يعرف Jo بتابع Bessel المتعلق بشكل العينة [21]. تمثل $^{222}Rn(Ex)$ تعداد غاز الرادون المنبثق المقيس عند زمن التوازن t في العينة و$^{222}Rn(Em)$ هو تعداد غاز الرادون الصادر عن الغلاف الكروي في زمن التوازن. وتمثل $D_{(2)}$ ثابتة انتشار غاز الرادون ^{222}Rn من العينة الأسطوانية (الشكل المدروس) و a سماكة الغلاف الإسمنتي.

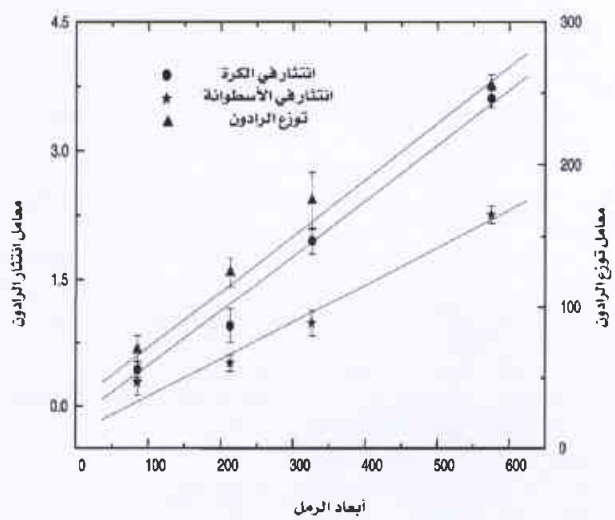
جاءت دقة ملاءمة المعطيات التجريبية باستخدام العلاقة (7) جيدة. ولذلك يمكن القول أن النموذج الموضوع يمكنه شرح نتائج العمل. وقد تم حساب قيم ثوابت ($D_{(1)}$, $D_{(2)}$, N/k_1) بملاءمة النتائج التجريبية باستخدام المعادلة (7)، والجدول 3 يبين قيم هذه الثوابت.

يبين الشكل 4 مدى تطابق القيم التجريبية مع القيم المحسوبة من المعادلة (7) والمرسومة بشكل خط مستمر وذلك أثناء ملاءمة المعطيات التجريبية. كما يمثل الشكل 5 العلاقة الخطية بين قيم ثوابت الانتشار وتوزع الرادون في العينات المدروسة وبين متوسط أبعاد حبيبات الرمل المستعمل.



الشكل 4: ملاءمة المعطيات التجريبية للعينات الحاوية للرمل بتطبيق العلاقات الرياضية كتابع لنسبة الرمل المضاف (الخط المستمر القيم النظرية)

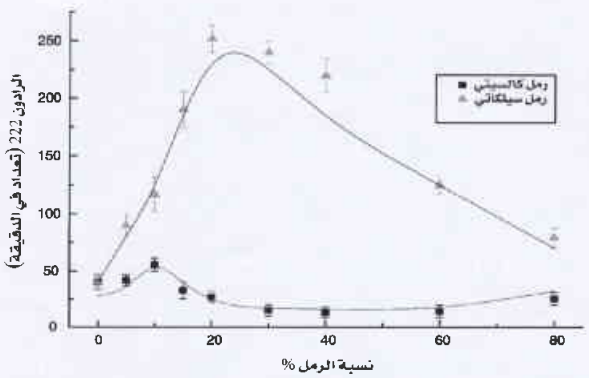
أما في حالة الرمل السليكاتي، فإن تحرر غاز الرادون من العينات يتبع نفس الظاهرة، لكن انبثاق غاز الرادون كان أعلى من انطلاقه في حالة الرمل الكالسيتي. يمكن شرح هذه الظاهرة بعدم إمكانية امتزاز هذا النوع من الرمل للراديوم لأن تركيبة الرمل السليكاتي مختلفة (كما هو مشاهد من قياسات انعراج الأشعة السينية). ومن ناحية ثانية، معدل إنتاج انطلاق الرادون يمكن أن يكون أعلى [22]. يوضح الشكل 6 الاختلاف في تحرير غاز الرادون من العينات المختلفة (كالسيت وسليكات) غير أن زيادة نسبة الرمل كمية قليلة تتجمع معاً في غلاف واحد يكون احتمال تفكك الرادون فيها أقل من حالة الرمل الكالسيتي.



الشكل 5: العلاقة ما بين ثوابت انتشار وتوزع الرادون وبين متوسط أبعاد الرمل المستعمل

خاتمة

يمكن لعملية تصلب السائل المشع الحاوي للراديوم ^{226}Ra من تقليل انبثاق غاز الرادون ^{222}Rn إلى البيئة. أشارت النتائج إلى أن



الشكل 6: ملاءمة المعطيات التجريبية للعينات الحاوية لنوعي الرمل بتطبيق العلاقات الرياضية كتابع لنسبة الرمل المضاف (الخط المستمر القيم الرمزية)

أفضل نسبة للرمل مضافة إلى الإسمنت هي بحدود 40%. يمكن لعملية التصلب أن تشكل بعض العيوب في العينات. وكنتيجة لذلك، ينطلق غاز الرادون ويزداد بزيادة العيوب خاصة مع زيادة نسبة الرمل المضافة التي تعمل على رفع كمية الفراغات. وهذا ما يساعد غاز الرادون المتشكل ^{222}Rn على الانتشار ضمن هذه الفراغات بشكل سهل وينبثق من العينات إلى الوسط المحيط. غير أن زيادة نسبة الرمل تؤدي لتجمع بعض حبيبات الرمل معاً في غلاف كروي واحد، مشكلة عنقوداً. بعض ذرّات الرادون المحتجزة ضمن العنقود سوف تتفكك قبل أن تأخذ نصيبها من الفرار إلى الخارج. وهذا صحيح من أجل نسبة عالية من مزج الرمل إلى الإسمنت، حيث تتشكل فراغات كثيرة الأمر الذي يعطي احتمالاً كبيراً لغاز الرادون ^{222}Rn ليتفكك قبل انتشاره. في هذه الحالة، تكون الفعالية الإشعاعية التابعة لغاز الرادون ^{222}Rn ضمن العنقود صغيرة.

من جانب آخر، يتطلب العمل دراسات توضيحية كثيرة في المستقبل لإيضاح هذه الآلية المقترحة من قبلنا من أجل زيادة تركيز غاز الرادون ^{222}Rn المتشكل، الذي يمر بعدة حالات. عادة تجانس العينة وزمن التصلب، اللذان يحددان جزيئات الماء المتبقية، يمكن أن يكونا عاملين هامين في هذه الآلية.

نوع الرمل	متوسط أبعاد حبيبات الرمل (μm)	ثابتة الانتشار ضمن الكرة D_1 (cm^2/s)	ثابتة الانتشار ضمن الأسطوانة D_2 (cm^2/s)	N/kb
كالسيتي	85	0.426×10^{-5}	0.287×10^{-5}	70
	213	0.931×10^{-5}	0.513×10^{-5}	125
	326	1.778×10^{-5}	0.926×10^{-5}	175
	575	3.503×10^{-5}	2.312×10^{-5}	255
سليكاتي	326	9.431×10^{-5}	5.783×10^{-5}	520

الجدول (1) يبين قيم الثوابت (N/kb ،D1 ، D2) في العينات المدروسة

المراجع

REFERENCES

[1] UNSCEAR, (1977). "Source and effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, New York, United Nations.

[2] Murane, D. M. (1994). Model standard and techniques for control of radon in new buildings. Radiat. Prot. Dosim., 56, 5-7.

[3] Takriti, S., Othman, I., (1997). Diffusion coefficients of ^{90}Sr and ^{137}Cs in Syria rocks and the dependence on pH. Appl. Radiat. Isot. 48(8), 1157-1160.

[4] Takriti, S., Kheitou, M., and Ali, A. F., (1999), Migration study of radioisotopes incorporated in cement. Appl. Radiat. Isot. 50, 401- 406.

[5] Titayva, N. A., (1991), "Geochemistry of Natural Radionuclides in Hypergenesis Zone: The problems of Radiochemistry and Cosmology", Nauka, Moscow.

[6] Boltwood, B. B., (1970), On the ultimate disintegration products radioactive elements", P. 2. The disintegration products of uranium. Am. J. Sci., 23 (134), 77-88.

[7] Boltwood, B. B., (1908). "Radioactivity of uranium minerals", Am. J. Sci., 25 (148), 269-298.

[8] Homes, A., (1948). "The oldest known minerals and rocks", Edinburgh Geol. Soc. Bull., 14 (2), 435-441.

[9] Takriti, S., Shweikani, R., Ali, A. F., Hushari, M., Kheitou, M., (2001), "Diffusion of radon through varying thickness of cement used for disposal of radioactive waste". Appl. Radiat. Isot. 55, 115- 116.

[10] Shweikani, R., Suman, H., (2002). "Regulatory control in the rehabilition of contaminated sites in Syria. International Conference on Safe Decommissioning for Nuclear Activities. 14-18 October, Berlin, Germany, CN-93(7-14)

[11] Meinhold, A. F., Holtzman, S., Hamilton, L. D., (1995). Health risk assessment for radium discharged offshore in produced water", SPE 29728, PP 357-372.

[12] Takriti, S., Ali, A. F., (2002). "Initial distribution of ^{137}Cs in cement specimens and the effect of Leaching". J. Radioactive Waste Manage. Environ Restoration, 22/4, 1126-1136.

[13] Udden, J. A and Wentworth, C. K., (1988), "Sedimentary Petrology", eds Maurrice E. Tucker, The Alden Press, Oxford.

[14] Whitten, D. G. A and Brooko, J. R. U., (1997), "The Penguin Dictionary of Geology", Penguin Books Ltd., Hormondswrth, middleser, Englind.

[15] Shweikani, R., Al-Bataina B., Durrani, S. A., (1997). "Thoron and radon diffusion through different types of filter". Radiat, Meas, 28, 641- 646.

[16] Misdaq, M. A., Moustaadine, H., (1997). "A new method for determining the radon emanation coefficients and radon production rates". J. Radioanal. Nucl. Chem. 218 (1), 9 – 12.

[17] Adda, Y., Philibert, Y. J., (1966). "La Diffusion dans les Solides", T. 1-2. Presses Universitaires de France, Paris.

[18] Crank, J., (1975) "The Mathematics of Diffusion", 2nd Edition. Clarendon Press, Oxford (Chapter 3-4)

[19] Lea, F. M., (1983). "The Chemistry of Cement and Concrete", 3rd Edition, Edward Arnold Publisher Ltd. London.

[20] Takriti, S., Duplatre, G., (1988). "Thermal decomposition of KIO_4 and $NaIO_4$ in relation to solid state isotopic exchange reactions". J. Chem. .Soc., Faraday Trans. I. 84 (4), 2831 - 2841.

[21] Wanger, C., (1952), "Diffusion in Solids, Liquids and Gases", Academic Press, Paris, p.68-75.

[22] Rayski, B. M., Suarez, A. A., (1988). "Evaluation of homogeneity of radioactive waste forms: statistical criteria". Nucl. Chem. Waste Manage., 8, 235-241.

التقارير العلمية

تصميم واجهة التحكم COBRET في بيئة النوافذ لإجراء المعالجة البدئية واللاحقة للبرنامجين COBRA-RERTR و PARET★

د. علي حينون، عفيف منذر، نضال غازي
قسم الهندسة النووية، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب 6091، دمشق، سوريا

ملخص

في إطار اختبار وتأهيل واستخدام الكودات الحاسوبية في دراسات التصميم وتحليل الأمان العائدة لمفاعلات البحث، جرى تبني الكود الديناميكي PARET وكود التحليل الترموهدروليكي COBRA-RERTR.

وقد طُورت في هذا العمل باستخدام لغة البرمجة Visual Basic واجهة التحكم COBRET (COBRA PARET) للعمل تحت بيئة النوافذ (Windows 98, 2000 and XP) نظراً للسهولة والمرونة التي تؤمنها هذه البيئة التخاطبية للمستثمر؛ علماً أن تنظيم وتخزين المعطيات يرتكز على قاعدة البيانات المرجعية MS Access المتوفرة كجزء من نظام MS Office. تتألف هذه البرمجية من معالج بدئي (Pre-Processor) ومعالج لاحق (Post- Processor). يؤمن المعالج البدئي واجهة عمل تسمح بتحضير ملف الدخل بشكل تفاعلي (interactive) لكل من البرنامجين، وقد زودت بكافة الوسائل التوضيحية الداعمة لتمكين المستخدم من التعامل بسهولة مع مختلف الحالات المراد تحليلها، إضافةً لتزويده بالتعليمات المساعدة (بما فيها كشف أخطاء الإدخال المنطقية) بما يؤمن التحضير المرحلي لمعلومات التلقين ويستغني في كثير من الحالات عن الاستعانة بدليل الاستخدام. كما تتمتع البرمجية، عن طريق تفعيل وسائط تلقين خاصة بإمكانية التفرع التلقائي لتفعيل الجداول والأجزاء التلقينية المتعلقة بالحالة المدروسة وهو ما يشكل مساعدة كبيرة للمستخدم وخاصة المبتدئ. أما المعالج اللاحق (Post-Processor) الذي زودت الواجهة به، فيسمح في حالة البرنامج COBRA بمعالجة وإظهار نتائج متحولات الجملة (درجة الحرارة، سرعة الجريان، محتوى البخار...) بشكل بياني كتابع للزمن أو لطول القناة المدروسة.

الكلمات المفتاحية: الكود COBRA-RERTR، الكود PARET، واجهة التخاطب COBRET، معطيات التلقين، معالج بدئي، ومعالج لاحق، المعاملات النترونية والترموهدروليكية.

تحليل أسباب الخسارة في عامل الامتلاء في الخلايا الشمسية $ZnO/CdS/CuGaSe_2$★★

د. معين سعد، عمار قسبس
قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب 6091، دمشق، سوريا

ملخص

جرى في إطار هذه الدراسة إيضاح تأثير الوسائط التي تصف سلوك الخلية (عامل جودة الديود، تيار الإشباع، المقاومة التسلسلية، المقاومة التفرعية) على عامل الامتلاء. حُلِّلت مميزات التيار-الجهد للخلايا الشمسية $ZnO/CdS/CuGaSe_2$ أحادية البلّورة ذات قيم المردود $\eta = 3.5\%$, $\eta = 6.0\%$, $\eta = 6.7\%$, $\eta = 9.7\%$، باستخدام معادلة الديود الأحادي. نتج عن تطبيق حسابات

★ تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أُنجزت في قسم الهندسة النووية، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن دراسة علمية حاسوبية أُنجزت في قسم الفيزياء، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

عامل الامتلاء على الوسائط الناتجة عن التحليل أن تأثير المقاومة التسلسلية في الظلام أكبر بشكل واضح منه تحت تأثير الضوء، حيث إن مقاومة تسلسلية بقيمة $R_{sI} = 4.8\ \Omega\ cm^2$ تؤدي إلى انخفاض عامل الامتلاء بمقدار $\Delta ff = 4.4\%$. بينما يكون تأثير المقاومة التفرعية على عامل الامتلاء مهملاً في الظلام بسبب ارتفاع قيمتها بالنسبة لجميع الخلايا المدروسة، إلا أنه يجب أخذها بعين الاعتبار في الإضاءة بسبب انخفاض قيم هذه المقاومة نسبياً تحت تأثير الضوء (يؤدي وجود مقاومة تفرعية بقيمة $R_{shI} = 6.5\ E2\ \Omega\ cm^2$ إلى انخفاض في عامل الامتلاء بمقدار $\Delta ff = 3.6\%$). يؤدي ارتفاع قيمة كثافة تيار الإشباع تحت تأثير الضوء إلى خسارة جسيمة في عامل الامتلاء بالنسبة لجميع الخلايا المدروسة ($\Delta ff = 8.3\%$ على الأقل). لا يؤثر عامل جودة الديود على عامل الامتلاء في الحالة المثالية ($R_s = 0,\ R_{sh} = \infty$). في الحالة العامة يؤدي ارتفاع عامل جودة الديود إلى انخفاض قيمة عامل الامتلاء عندما يكون تيار الإشباع منخفضاً، وإلى ارتفاعه عندما يكون تيار الإشباع مرتفعاً بشكل واضح. إن قيم كل من تيار الإشباع وعامل جودة الديود في الظلام بالنسبة للخلايا المدروسة أعلى بكثير منها في الخلايا المبنية على أساس السيليسيوم و $Cu(In,Ga)Se_2$. هذا هو أهم عامل مقيد لقيمة عامل الامتلاء ولكفاءة الخلايا المبنية على أساس $CuGaSe_2$.

الكلمات المفتاحية: خلايا شمسية، عامل الامتلاء، $CuGaSe_2$.

مستويات الضجيج في مدينة دمشق ★

د. محمد العودات، د. يوسف مسلماني

قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب 6091، دمشق، سوريا

ملخص

عُيّنت مستويات الضجيج الخارجي في 22 موقعاً في مدينة دمشق واستُعمل في ذلك جهاز NC-10 (صنع شركة Neutrik الألمانية)، الذي يعيّن مستويات الضجيج بين 20 و 140 ديسيبل-A، وجرت القياسات في أوقات النهار كافة ابتداءً من الساعة السابعة صباحاً وحتى الساعة 21 مساءً. أوضحت النتائج أن متوسط مستويات الضجيج كانت أعلى من الحدود المسموح بها تبعاً لمنظمة الصحة العالمية، وتراوح بين 60 و 79.7 ديسيبل-A في المناطق السكنية، وبين 70.3 و 76.0 ديسيبل-A في المناطق السكنية التجارية، وبين 72.2 و 81.8 ديسيبل-A في الشوارع المكتظة بحركة المرور. كما أوضحت القياسات أن متوسط مستويات الضجيج الخارجي في المناطق التي توجد فيها بعض المستشفيات كان مرتفعاً وتراوح بين 74 و 78 ديسيبل-A، أما متوسط مستويات الضجيج داخل حرم المستشفيات، فتراوح بين 61 و 67.9 ديسيبل-A، والأمر نفسه كان بالنسبة لمتوسط مستويات الضجيج بجانب غرف المرضى، حيث بلغ معدلات 55.5 و 68.6 و 60.7 و 58.1 ديسيبل-A في مستشفيات الفرنسي والمجتهد والرازي والطلياني على التتالي، وهذا يفوق بكثير المستويات المسموح بها (40 ديسيبل-A). هذا وقد أوضحت هذه الدراسة أنه لابد من اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة لخفض مستويات الضجيج، وبخاصة في المناطق السكنية ومناطق المستشفيات.

الكلمات المفتاحية: مستويات الضجيج الخارجي، دمشق، ديسيبل، التلوث الضوضائي.

★ تقرير مختصر عن دراسة علمية ميدانية أُجريت في قسم الوقاية والأمان، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

تحضير مبادلات أيونية من بولي غول الفينيل المطعَّم بحمض الليمون وحمض السكسينيك بواسطة الإشعاع★

د. زكي عجي

قسم تكنولوجيا الإشعاع، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب 6091، دمشق، سوريا

ملخص

حُضِّرت محاليل من تراكيز مختلفة لبولي غول الفينيل مع حمض الليمون أو حمض السكسينيك. عُرِّضت المحاليل المحضَّرة لجرعات مختلفة من أشعة غاما وصلت حتى 100 KGy. دُرست بعض المعاملات المهمة للهلام المحضَّر منها: الانتباجية العظمى، نسبة الهلامة، الانفعال، مقاومة الشد، وكذلك السعة التبادلية لبعض الأيونات المعدنية (النحاس والنيكل والكوبالت).

تبيّن البيانات أن الانتباجية العظمى للهلام المحضَّر تزداد مع ازدياد الجرعة الممتصة عند كل تركيز مستخدم من الحمضين. تبيّن البيانات كذلك أن نسبة الهلامة تزداد مع ازدياد الجرعة الممتصة عند كل من الحمضين المستخدمين. نلاحظ كذلك أن زيادة تركيز الحمضين تؤدي إلى نقصان الانتباجية العظمى ونسبة الهلامة عند كل جرعة ممتصة. أما الجهد عند الانقطاع لعينات الهلام فيزداد مع ازدياد الجرعة الممتصة عند كل تركيز من الحمضين. يتناقص الانفعال للهلام المحضَّر مع ازدياد الجرعة الممتصة ولا يوجد فرق جوهري بين تراكيز الحمض المستخدمة. تزداد السعة التبادلية لأيونات النحاس مع ازدياد الجرعة الممتصة، وكذلك لأيونات النيكل والكوبالت مع ازدياد تركيز الحمض المضاف. يُفسَّر ذلك بازدياد المراكز المتفاعلة الحمضية المرتبطة مع سلاسل البوليمير.

الكلمات المفتاحية: بولي غول الفينيل، حمض الليمون، حمض الكهرباء (السكسينيك)، التطعيم الإشعاعي، مبادلات أيونية.

الكشف عن السرطان وتدبيره باستعمال تقانة الـ RIA★★

د. محمد عادل باكير، علي وائل عيسى، دمة أبو ضاهر

قسم الطب الإشعاعي، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب 6091، دمشق، سوريا

ملخص

يُعتبر المشروع RAW/6/007 أحد مشاريع التعاون الإقليمي مع الوكالة الدولية للطاقة الذرّية والذي أُقرَّ ضمن دورة عامي 1999-2000.

يهدف هذا المشروع بشكلٍ رئيسي إلى تزويد الدول الأعضاء المساهمة في هذا المشروع بأدوات فعالة لتشخيص وتدبير السرطان من خلال استعمال الواسمات الورمية اعتماداً على التقانات المناعية الشعاعية. تُعتبر تقنية الـ RIA (المقايسة المناعية الشعاعية) من أكثر التقانات حساسية ودقة واقتصادية في قياس التغيرات في جزيئات البروتينات المختلفة في السوائل الحيوية في الجسم (الدم، البول،..... الخ) كما تفيد في الكشف المبكر عن السرطان.

★ تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم تكنولوجيا الإشعاع، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن عمل علمي تقني أُنجز في قسم الطب الإشعاعي، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

إن الكشف المبكر عن السرطان وبالتالي المعالجة المبكرة تسمح بتدبير أفضل لمرضى السرطان. ويهدف المشروع كذلك إلى مساعدة الدول المساهمة في إيجاد قواعد بيانات لانتشار السرطان لديهم والذي يمكن أن يؤدي إلى تطوير السجل المرضي للسرطان على المستوى الإقليمي.

شاركت في هذا المشروع ثماني دول من دول غرب آسيا وهي: إيران، الأردن، كازاخستان، الكويت، لبنان، سوريا، أوزباكستان، اليمن.

جرى خلال هذا المشروع التطبيق السريري للواسمات الورمية التالية:

T.PSA (Total Prostate Specific Antigen)

F.PSA (Free Prostate Specific Antigen)

CEA (Carcino-Empryoic Antigen)

3 (Carbohyrate Antigen-CE 15)

AFP (Alpha Phetoprotein)

β HCG (β Human Gonadotropin)

والتي كانت من أهم الواسمات المشخصة للأورام.

الكلمات المفتاحية: واسمة ورمية، سرطان، مقايسة مناعية إشعاعية.

تقويم الأداء التعايشي لبعض السلالات الطافرة من فول الصويا الملحقة بسلالتين من بكتريا Bradyrhizobium Japonicum باستخدام تقنية ^{15}N ★

د. فواز كرد علي، د. نزار مبر علي، عماد النابلسي

قسم الزراعة، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب 6091، دمشق، سوريا

ملخص

أُجريت تجربة أصص لدراسة الأداء التعايشي لصنفين من نبات فول الصويا Glycine max L (A238 و A25) إضافة إلى أربع طفرات ناجمة من كل منهما مع سلالتين من بكتريا Bradyrhizobium japonicum (FA3 و RG) باستعمال طريقة التمديد النظيري للآزوت ^{15}N. من ناحية أخرى، استعملت تقانة الدنا المضخم عشوائياً RAPD لتقييم الاختلافات الوراثية بين نباتات فول الصويا المستعملة وللتأكد من اختلاف سلالتي الريزوبيا.

دلّت النتائج مجتمعة على أن تثبيت الآزوت في الأنظمة التعايشية يعتمد على الطراز الوراثي للنبات و السلالة البكتيرية، وأنه يمكن رفع كميات الآزوت المثبتة في فول الصويا بتحقيق توافق جيد بين الطراز الوراثي للنبات والسلالة البكتيرية الملائمة.

الكلمات المفتاحية: براديريزوبيوم جابونيكيوم، فول صويا، طفرة، تقانة الدنا المضخم عشوائياً، تثبيت الآزوت الجوي، التمديد النظيري للآزوت ^{15}N.

★ تقرير مختصر عن تجربة استطلاعية حقلية أُنجزت في قسم الزراعة، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

إحداث وعزل وانتخاب طفرات بطاطا مقاومة لمرض اللفحة المتأخرة★

د. بسام الصفدي د. محمد عماد الدين عرابي

قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب 6091، دمشق، سوريا

ملخص

أُجري برنامج تربية طفرات لتحسين مقاومة البطاطا Solanum tuberosum لمرض اللفحة المتأخرة التي يسببها العامل الممرض Phytophthora infestans. فقد شُعِّعت ازدراعات explants مزروعة في الزجاج من الأصناف دراجا وسبونتا وديامونت بجرعات 25 و30 و35 غراي. قُطعت السويقات النامية وأُعيدت زراعتها في الزجاج كل أسبوعين للوصول إلى الجيل الخضري الطافر الرابع MV_4 وذلك للتأكد من عدم وجود أنسجة كايميرية في المادة النباتية. جرى إكثار النباتات من أجل الحصول على أعداد كافية لتطبيق ضغط الانتخاب في الزجاج، حيث أخضع أكثر من 3000 نبات من الأصناف الثلاثة لضغط الانتخاب باستخدام تقانة الزراعة المشتركة. جرى تحضين نباتات من الجيل الخضري الطافر الرابع MV_4 مع ميسيليوم الفطر في مرطبانات محتوية على بيئة MS المغذية. أكثرت النباتات المتحملة للمرض وأُعيد تحضينها مع الفطر لثلاثة أجيال متتالية. جرى إكثار وأقلمة النباتات المقاومة ومن ثم نُقلت إلى أصص لتنمو تحت ظروف البيت الزجاجي، حيث جرى تلقيحها بعمر النبات الكامل عن طريق رش الأوراق بمعلق بوغي. تم الحصول على أكبر عدد من النباتات الطافرة المقاومة لمرض اللفحة المتأخرة من الصنف دراجا وعددها 10، في حين جرى الحصول على نبات واحد مقاوم من كل من الصنفين الآخرين سبونتا وديامونت. تباينت النباتات الطافرة في قدرتها على إنتاج درينات، حيث تراوح عددها بين 13 و70 درينة. كما تباين وزن الدرينات من أقل من 1 إلى 35 غراماً. سيجري إخضاع النباتات الطافرة إلى اختبارات حقلية من أجل اختبار مستوى مقاومتها لمرض اللفحة المتأخرة تحت الظروف الحقلية وبقية الصفات الزراعية.

الكلمات المفتاحية: بطاطا، لفحة، طفرة، في الزجاج.

الخصائص الهدروكيميائية والنظائرية للحوامل المائية الجوفية العميقة في منطقة جبل الحص من (حوض حلب)★★

د. عبد الرحمن الشريدة

قسم الجيولوجيا، هيئة الطاقة الذرّية، ص.ب. 6091، دمشق، سوريا

ملخص

على قاعدة استخدام تقنية النظائر البيئية والهدروكيميائية، تمّت دراسة أنظمة المياه الجوفية العميقة في حوض حلب. أشارت النتائج إلى أن الملوحة العالية للمياه الجوفية العميقة (من 3 إلى 6 غ/ل) تعود بشكل أساسي إلى عامل الانحلال لصخور المتبخرات من أصل بحري. درجة الملوحة والتغيرات المكانية لها ترتبط بالإطار العام لحركة المياه الجوفية العميقة، حيث تزداد ملوحة المياه الجوفية العميقة بالاتجاه الموافق لحركة المياه الجوفية من الشمال والشمال الشرقي نحو الجنوب والجنوب الغربي وتكون أعلى ما يمكن في منطقة سهل المتخ. يشكل أيون السلفات ثلث المحتوى الملحي (1400 - 2000 ملغ/ل) في المياه

★ تقرير مختصر عن دراسة استطلاعية حقلية أُنجزت في قسم البيولوجيا الجزيئية والتقانة الحيوية، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

★★ تقرير مختصر عن بحث علمي أُنجز في قسم الجيولوجيا، هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

الجوفية العميقة لحوض حلب، ولتحديد منشأ هذا الأيون، فقد أثبتت علاقة المحتوى النظائري ما بين $\delta^{34}S_{so4}$ و $\delta^{18}O_{so4}$ أن مصدره مرتبط بانحلال الجص وأن الإغناء الكبير لكل من الكبريت -34 والأكسجين -18 يرتبط بعمليات إرجاع السلفات التي تترافق بقيم متفاوتة التركيز من H_2S.

تظهر التراكيب النظائرية للمياه الجوفية العميقة $\delta^{18}O=-8.05\pm0.24\%$ و$\delta^{2}H = -53.0\pm1.72\%$ تجانساً كبيراً من حيث النضوب وتتميز بانحراف معياري قليل جداً. هذه القيم تتطابق مع القيم التي تمّ قياسها مع المحتوى النظائري لنهر الفرات عند مدخله في محطة جرابلس على الحدود السورية التركية. وقوع المحتوى النظائري للمياه الجوفية العميقة، بشكل قطب، على خط الهطول العالمي (WMWL)، مع قيم d=10-13‰ يؤكد بشكل عام على وحدانية مصدر التغذية والذي يتم من خلال التسرب عبر نطاقات التكشف في الجبال التركية ومنظومة الصدع مع نهر الفرات. كل المياه الجوفية العميقة خالية من التريتيوم (<1TU). التقدير الوسطي لزمن مكوث المياه الجوفية العميقة تمّ اعتماداً على استخدام الكربون $^{14}C_{DIC}$. القيم المنخفضة للكربون -14(<4pmC) والمترافقة بقيم غنية بالكربون -13 $\delta^{13}C=-1.7\%$ تشير إلى مدى التطور الجيوكيميائي الذي تمّ على المياه الجوفية العميقة. تصحيحات كبيرة تمّ إدخالها على ^{14}C وهي ناتجة عن مختلف عوامل التمديد متضمنة انحلال الكربونات، وإرجاع السلفات وعمليات التبادل الأيوني مع الأمية الصخرية. مجمل آليات التمديد تمّ تحديدها كمياً على قاعدة معادلة توازن الكتلة لـ $\delta^{13}C$. نتائج هذا النموذج تشير إلى زيادة أعمار المياه الجوفية وفق مسار حركة هذه المياه وأن أعمار تلك المياه الجوفية تتراوح ما بين 8 إلى 11 ألف سنة قبل الآن.

الكلمات المفتاحية: مياه جوفية عميقة، ملوحة، سلفات، نظائر بيئية، حوض حلب، سوريا.

كتب حديثة مختارة

1 ـ النَّبض اليومي للحياة

LIFE'S DAILY BEAT★

تأليف: ايبرهارد غفينر

ثمَّة معارف بيولوجية قليلة تنامت بشكل هائل وناجح مثل البحث بالنظمية البيولوجية biological rhythmiticity وغالباً مايشار إليها اليوم باسم البيولوجيا الزمنية (كرونوبيولوجيا). وتتمحور حول أشكال النظم اليوماوي المتمثلة في الدوريات periodicities اليومية الداخلية المنشأ التي تشكل أساس جميع جوانب الحياة الرئيسة. وفي السنوات السبع الأخيرة احتلت الاكتشافات الكرونوبيولوجية ثلاث مرات المركز الثاني بين المتسابقين التسعة في اختراقات مجلة العلوم لذلك العام. وتزداد بشكل مستمر أعداد الباحثين العاملين، ومنشوراتهم، ومؤتمراتهم في هذا المجال. ويتمثل أحد أسباب نجاح هذا المجال في طبيعته المتعددة المعارف. ونظراً لكون جانب كبير من الحياة اليومية يتصف بالنظمية (في الواقع يمكن أن تكون النظميات اليوماوية ذات دلالة حياتية)، فإن البحث في النظميات قد استقطب علماء من مجالات متنوعة، بما فيها البيئة والفيزيولوجيا والبيولوجيا الجزيئية والطب النفساني والطب الصناعي وطب الشيوخ وبحوث النوم وعلم الأورام. ويخلق التآثر بين هذه المجالات جواً محفزاً على البحث.

بدأت القصة الحديثة لنجاح البيولوجيا الزمنية عام 1960 حينما جمّعت إحدى ندوات Cold Spring Harbor المخصّصة "للميقاتيات البيولوجية" الباحثين النظميين الأوائل المشتتين جنباً إلى جنب لتحديد الأهداف الملحّة لهذا المجال ومفاهيمه المهمة. إذ كانت للتو أولى نماذج النوّاس قد أصبحت متاحة وقيد الاستخدام في وصف ظواهر نظماوية في البيولوجيا. وقد قدمت هذه النماذج لغة مشتركة لجسّر (لتجاوز) فجوات الاتصال بين المجالات المعرفية المختلفة.

لقد كان من الصعب متابعة التقدم السريع والمفاجئ في الأبحاث الكرونوبيولوجية. وحتى فترة حديثة جداً، افتقر هذا المجال إلى كتاب شامل وحديث، ونَدَر أن استطاع الجمهور ذو الاهتمام الوصول إليه. والآن تم سدّ الثغرة الأخيرة عبر كتاب نظميات الحياة Rhythms of Life. ويعتبر المؤلف الأول للكتاب (روسل فوستر R. Foster). مشتهراً بين المتخصصين في البيولوجيا الزمنية (الكرونوبيولوجيا) كخبير رائد في إدراك اليوماوي (السركادي). وأما شريكه في تأليف الكتاب (ليون كرايتسمان Keritzman) فهو كاتب علمي كان قد تدرب بالأصل ككيميائي حيوي وسبق له أن ألّف كتاباً حول الورطات الاجتماعية لعالم الأربع والعشرين ساعة على مدى سبعة أيام أسبوعياً تحت عنوان [The 24 Hour Society] (البروفيل، لندن، 1999). لقد مزجت جهودهما المشتركة بنجاح بين شمول الكتابة ودقتها. ويجذب الكتاب اهتمام القارئ فوراً ويستأثر به حتى آخر سطر فيه. وحتى الموضوعات المعقّدة مثل النموذج العام للميقاتية الجزيئية يتم عرضها بطريقة مفهومة (مع أن بعض المقاطع يُفضَّل قراءتها أثناء الطور اليوماوي الاكثر يقظة لدى القارئ). هذا ويعدّ الكتاب شاملاً وجامعاً بشكل رائع، إذ يغطي تقريباً جميع الجوانب المهمة للبحث في النظميات اليوماوية circadian والسنواوية circannual.

في بداية الخمسينيات من القرن الماضي اكتُشف أن الطيور المهاجرة تستخدم نظميات يومية داخلية المنشأ تتعلق بتوجيه الشمس sun orientation وأن ذاكرة الوقت لدى النحل تعتمد أيضاً على نوسان يوماوي. حتى النظميات الفصلية فإنها تعتمد على المنظومة اليوماوية لقياس طول اليوم، لذلك أصبح واضحاً أن النظميات اليوماوية لم تكن مجرّد نتائج ثانوية خالية المعنى للتنظيم البيولوجي، بل تؤدي بالأحرى وظائف مهمة كميقاتيات فعلية. وقد قدّمت هذه الرؤية الحافز المبدئي للبحث عن الآليات اليوماوية الأساسية. وكان الاكتشاف الأول قد ظهر في مختبر ميخائيل ميناكر M. Menaker بأن الاستئصال الجراحي للغدة الصنوبرية (وبالتالي، غياب التذبذبات الدورية في مستويات الميلاتونين الذي تفرزه تلك الغدة) أزال النظمية اليوماوية عند العصافير المنزلية التي أُبقيت تحت نظام ضوء ثابت. وثمة تجارب متميزة – نذكر منها على سبيل المثال البدائل النظمية للميلاتونين، واغتراسات الغدة الصنوبرية، والتحاليل في الزجاج (المخبرية) لإنتاج ميلاتونين الغدة الصنوبرية – أشارت بصورة مقنعة إلى أن العضو الصنوبري هو جزء أساسي في الناظمة اليوماوية الطيرية. فهو يسيّر نوّاسات أخرى ويلعب دوراً أساسياً في تحديد طورها.

وكذلك ساعدت الأدوات المفاهيمية والميثودولوجية الموضوعة لتحليل الناظمة اليوماوية الطيرية في الكشف عن الدور الذي تلعبه النواة الوطائية فوق التصالبية (SCN) كناظمة يوماوية رئيسة عند الثدييات. وهذا هو جوهر الفصل الذي يحمل عنوان "البحث عن الميقاتية"، الذي يسرد النص كقصة جريمة ويبعث الكثير من الإثارة والحيوية في هذا المجال. فعلى عكس الفقاريات الأخرى، يبدو أن

★ E. Gwinner: Von der Tann Strasse 7, D-82346 Andechs, Germany.

– العرض والتحليل عن مجلة ***Science***, 25 June 2004. وتمّت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

لدى الثدييات موضعاً واحداً فقط للناظمة، وهو SCN. ولكن مع ذلك، فإن بنية هذه الناظمة معقدة، وتوحي الأدلة بأنها قد تؤوي أكثر من نوّاس واحد له خواصّ الناظمة.

أعاد المؤلفان، في مناقشاتهما حول مزامنة synchronization النظميات اليوماوية بالضوء، رواية اكتشاف مسارٍ منفصل تُنقل بواسطته معلومات الضوء إلى الـ SCN: وهو المسلك الشبكي الوطائي retine-hypothalamic tract. كما عرضا الاكتشاف الحديث والمدهش على حدّ سواء لنمط جديد من المستقبلات الضوئية العينية، وهو الميلانوبسين melanopsin، الذي يلعب دوراً مهماً في المزامنة اليوماوية. ففي الثدييات تم وضع الميلانوبسين في الخلايا العقدية للشبكية الداخلية التي تشكّل المسلك الشبكي الوطائي الذي يذهب مباشرة إلى الـ SCN. ويوضح هذا الاكتشاف سبب بقاء النظميات اليوماوية لفئران طافرة لاتمتلك عصيّاً rods ولا مخاريط cones في شبكياتها قادرة على أن تتزامن باستخدام الضوء دوماً. وفي الفقاريات غير الثديية تقوم المستقبلات الضوئية العينية بدور ثانوي فقط (إن وجد) في عملية التزامن هذه، إذ إن مستقبلاتها الضوئية اليوماوية تتوضع بدلاً من ذلك في العضو الصنوبري، أو العين الجدارية، أو في بضع مناطق من الدماغ.

ويروي فوستر وكرايتسمان كيف أتاح تطوّر البيولوجيا الجزيئية للباحثين توسيع تحليل النظميات اليوماوية إلى مستوى الجينات. فاكتُشفت جينة ميقاتية يوماوية Per في ذباب الفاكهة Drosophila في عداد طفرات تقوم بتقصير أو تطويل الفترة اليوماوية أو تجعل الحيوانات لانظمية arrhythmic. ومن ثمّ، تم تطوير نموذج تغذية راجعة سلبي يتم فيه نسخ الرنا المرسال للجينة Per من جينة Per كي يتاح إنتاج بروتين PER. يتراكم البروتين PER في السيتوبلازما ويدخل النواة حيث يثبّط المزيد من الرنا المرسال. ونظراً لتوقف إنتاج البروتين PER، فإن الجينة Per تتحرر من التثبيط ويعاود الرنا المرسال للجينة Per نَسْخَه. وتبدأ الدورة ثانية. ومنذ ذلك الحين، اتضح أن الآلية هي في الواقع أكثر تعقيداً بكثير حيث تشترك فيها جينات أخرى، ولكن المبدأ العام، بأن الآلية المولّدة للنظم إنما تتألف من عروة تغذية راجعة ذاتية التنظيم تشتمل على عدة جينات، يبدو قوياً. ويقدّم المؤلفان شرحاً مفهوماً عن الأفعال الجزيئية للميقاتية، وأنا أنصح كل شخص سبق له أن وجد صعوبات في مواكبة التقدّم في هذا المجال، بقراءة فَصْلهما هذا.

وكذلك، يغطي الكتاب جانباً تطورياً مهماً من البحث في الميقاتية اليوماوية الجزيئية. فالجينات المعنية بتوليد النظميات اليوماوية تتشابه في ذبابة الفاكهة Drosophila وفي الفأرة. ومن الواضح أن الميقاتية أيضاً كانت متماثلة تماماً لدى الأسلاف المشتركة للحشرات والثدييات التي عاشت قبل 700 سنة تقريباً. من الناحية الأخرى، فإن جينات الميقاتية في النباتات تختلف تماماً عنها في الحيوانات، على غرار ما هو عليه الأمر لدى الفطور والجراثيم الزرقاء cyanobacteria. وتوحي هذه الفوارق بأن الميقاتيات البيولوجية تطورت أكثر من مرة أثناء تنوّع الحياة. ولكن مع ذلك، فإن الآلية الأساسية لعروة تغذية راجعة سلبية ذاتية التنظيم وتشمل عدة جينات تبقى هي المستخدمة من قبل جميع هذه المتعضيات الحية. وقد ساعدت قياسات تعبير الجينات الميقاتية الدورية عن نفسها في تحديد النواسات اليوماوية المحيطية الكثيرة الموجودة في تشكيلة منوّعة من الأعضاء والأنسجة وتسيّرها ناظمات يوماوية.

لماذا إذن وَجب تطوّر مثل هذه الأجهزة التنظيمية المتقنة لتصبح نظميات يوماوية شمولية الوجود؟ توحي الأدلة بأن المنظومة اليوماوية، بالإضافة إلى وظائفها النوعية، تهيئ ترتيباً زمنياً داخلياً بين النظميات الفيزيولوجية المتعددة، وهو ترتيب ضروري لصحة ولياقة المتعضّيات الحية. ويوضح المؤلفان هذه الأهمية بأمثلة عن انزعاجات وأمراض تتعلق بشكل واضح بالخلل الوظيفي اليوماوي وتتضمن شذوذات في النوم واضطراباً عاطفياً فصلياً، ومشكلات ناجمة عن السفر جواً مسافات بعيدة أو عن أعمال المناوبة shift work. ومعظم هذه الحالات إنما تسببها الحضارة الحديثة. وتبيّن مايحدث عندما تتعطل البنية الزمنية لأدائنا اليومي (المبنيّ على منظومة يوماوية صارمة) وعندما نضطر للسلوك وكأننا بدون ميقاتية بيولوجية. وفي أحد الملاحق، يقدم المؤلفان اقتراحات حول كيفية التغلّب على الإنهاك الناجم عن الطيران لمسافات طويلة والذي يؤدي إلى اختلاف في النظميات اليوماوية. ولكن لسوء الحظ، يمكن أن تفيد إرشاداتهما في تخفيف المشكلة فقط ولكن بدون إزالتها. فهما يستشهدان بأقوال الكاتبان الأرجنتينيان س. دانلوب C. Dunlop و ج. كورتازار J. Cortazar، "عندما تذهب (من أمريكا) إلى أوربة، يستغرق تأقلمك الواعي مدة تقارب ثلاثة أيام".

وإذا قبلنا الضلوع الشامل للنظميات اليوماوية في تنظيم الوظائف البيولوجية، فليس من المدهش إمكانية اعتماد نجاعة المعالجة الطبية على الوقت من اليوم. ويقدم المؤلفان بعض الأمثلة المذهلة عن ذلك في فصلهما حول المعالجة الكرونولوجية، التي تستكشف الاحتمال المرجح بأن " التوقيت ضروري". على سبيل المثال، هنالك أدلة على أن نجاح معالجات السرطان يمكن تحسينه حينما يتم تناول العقاقير بما يتوافق مع البيولوجية اليوماوية للمريض.

وبالإجمال، يقدم كتاب نظميات الحياة Rhythms of life نظرة شاملة شفافة وفعّالة لموضوع مثير ذي تشعّبات تتعلق بتشكيلة منوّعة من المعارف البيولوجية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

2 ـ قبضة الثقالة: مسألة فهم قوانين الحركة والتثاقل

THE GRIP OF GRAVITY: THE QUEST TO UNDERSTAND THE LAWS OF MOTION AND GRAVITATION★

تأليف: پ. غوندهيلكار
عرض وتحليل: ج. غوندلاش

وُجِدت الثقالة منذ اللحظة الأولى للزمان، ومنذ ذلك الحين طبعت الكون وستقرر من جانبها بالتأكيد تقريباً وبشكل مهيمن نهاية الكون. وقد أوليت الثقالة مقادير من الطاقة لايُسْتَبَر غورها منذ تلك اللحظة الأولى من الانفجار الأعظم. وبعد ذلك بحوالي 15 بليون سنة يمنح جزء ضئيل جداً من هَدْر الطاقة الجنس البشري فرصة الالتفات إلى الماضي ومحاولة فهم ما حدث وكيفية عمل الطبيعة الآن وما سيكون عليه مصير الكون مستقبلاً. وقد هيمنت مثل هذه التساؤلات على حياة النظريين والفلاسفة وعلماء الرياضيات والفلكيين والفيزيائيين عبر العصور.

وفي كتاب قبضة الثقالة The Grip of Gravity لمؤلفه الفيزيائي برابهاكار غوندهاليكار P. Gondhalekar يتقصّى المؤلف استكشاف الإنسان قوانين الحركة والجاذبية عبر التاريخ، حيث تم تخصيص كل فصل لعلماء مختلفين من التاريخ. فلقد كان الإغريق من أوائل الشعوب التي بادرت إلى وضع وصف فيزيائي للكون. ومن بينهم كان أرسطو (384-322 ق.م) وهو أول من سكّ اسم "الفيزياء physis" على دراسة الطبيعة. وربما كان أول عالم درس مفاهيم الحركة والعطالة والثقالة. أما الصورة التي قدّمها أرسطو ومعاصروه عن العالم فقد كانت غير صحيحة، لكن مدرسته الفكرية – التي لاقت التشجيع والدعم من الكنيسة – هيمنت على العلوم الفيزيائية طيلة ألفي عام تلت أرسطو (انظر "هل كان أرسطو الفيزيائي الأول؟" للمؤلف ميخائيل روان – روبنسون M. Rowan-Robinson في مجلة Physics World January، ص 15-16).

وفي حوالي عام 1500 وجّه كوبرنيكوس Copernicus ضربة إلى صميم الدين المسيحي، إذ أحل محل مدارات الكواكب ذات المركزية الأرضية التي وضعها بطليموس كوناً ذا مركزية شمسيّة. أما الراهب جيوردانو برونو G. Bruno فقد ذهب أبعد من ذلك خطوة أخرى، إذ فكّر بعدم وجود نقطة استقرار مطلقة، وبأن النجوم هي مراكز المنظومات الكواكبية الأخرى التي تبعد عن الأرض مسافات شاسعة. وقد أُعدم برونو بالخازوق الأمر الذي اعتذرت عنه الكنيسة الكاثوليكية أخيراً في شباط عام 2000. ولقد أوجد كبلر Kepler العلاقة الملزمة بين الرياضيات والمشاهدات عبر قوانينه الثلاثة المعروفة. وفي الحقيقة، ذهب كبلر إلى أبعد من ذلك، واكتشف تقريباً مفهوم التثاقل gravitation. إذ أوحى بانجذاب الجسمين أحدهما إلى الآخر إذا وقعا خارج تأثير جسم ثالث. ومن باب الافتراض فإنه قد درس اعتماد قانون التربيع العكسي لهذه القوة على المسافة. وبعد ذلك بفترة ليست بالطويلة، استخدم غاليليو Galileo التجربة للإطاحة بحكم القوانين التأملية للطبيعة التي افترضها أرسطو والذي دام ألفي عام. وقد وضع غاليليو أسس العملية العلمية الحديثة التي ينبغي أن تقترن فيها النظرية بالتجربة.

كان نيوتن Newton الذي وُلد بعد عام واحد من وفاة غاليليو قد اطّلع على كتابات كوبرنيكوس وتيكو براهي T. Brahe وكبلر وديكارت Descartes وغاليليو. وتمكّن من مكاملة كل هذه المعارف، كما تمكّن بإلهام من واقعة التفاحة الثانية المهمة والمزعومة، من صوغ القانون الكوني للتثاقل. وأصبحت الثقالة فعلاً آنياً على مسافة معينة. وأصبحت حركيات علم الحركة kinematics والدينامية dynamics النيوتونيين العنصر الأساسي في فهم محيطنا اليومي. وكل من يشك في صحة قوانين الحركة لايؤخذ على محمل الجد.

أما القفزة التالية في مشوار التقدم فقد جاءت مع آينشتاين في بداية القرن العشرين. إذ سبق لريمان أن افترض أن القوة يمكن أن تكون إحدى نتائج الهندسة. كما أوجد هندريك لورنتز lorentz وهيرمان منوفسكي H. Minkowski المستلزمات الرياضياتية للنسبية relativity. واقترب هنري بوانكاريه H. Poincaré كثيراً من الميكانيك النسبي. وفي الواقع، أطلق على نظريته اسم مبدأ النسبية في عام 1904. وأكد آينشتاين أنه لم يكن يدري عن هذا العمل وأنه علم فقط بمساهمة بوانكاريه بعد 40 عاماً من وفاة فرينشمان Frenchman.

وفي عامه الرائع 1905، حقق آينشتاين التقدم المفاجئ والكبير في المعرفة من خلال النسبية الخاصة وتوصل إلى المعادلة التي غيّرت وجه العالم $E = mc^2$. وحلّت النسبية العامة في المقام الثاني وتعدّ الآن النموذج المعياري للثقالة. وقد اجتازت نظريات آينشتاين جميع الاختبارات التجريبية بتميّز. ومن الممتع أن نقرأ عن الانحناء المتنبأ به لضوء النجم البعيد بوساطة الشمس بأنه كان في البداية خطأ (بعامل اثنين)، ولكن آينشتاين أدرك خطأه الصغير هذا قبل أن تصبح التقنيات التجريبية حساسة بالقدر الذي يكفي لكشفه.

★ P. Gondhalekar: Cambridge University Press 386pp, 2001.

ج. غوندلاش: أستاذ جامعي زميل في مجال الأبحاث في فريق Eöt-Wash Gravity، قسم الفيزياء، جامعة واشنطن – سياتل – الولايات المتحدة الأمريكية.
– العرض والتحليل عن مجلة *Physics World*, April 2002. وتمت الترجمة في هيئة الطاقة الذرّية السورية.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ولكن الخطأ الذي أشار إليه آينشتاين بأنه " خطؤه الفاضح"، إنما كان "الثابت الكوزمولوجي cosmological constant". أما الآن فإن هذا الثابت أخذ يعاد إدخاله لتعديل المشاهدات التي تتضمن إعتام النجوم المستعرة الضياء البعيدة. وكان آينشتاين حتى وفاته يحاول دوماً إنجاز الأبحاث التي تشغل اهتمام الفيزياء مثل: النظرية التي توحّد الثقالة مع العالم الكمومي. وما تزال أولى أولويات الفيزياء الأساسية حتى اليوم تتمثل في محاولات التوحيد الواعدة المتمثلة في صياغة نظرية الخيط العشاري ten-dimensional string theory. ولسوء الحظ، لاتوجد إمكانية للتحقق من هذه النظرية بالتجربة أو بالمشاهدة حتى الآن، على الرغم من قيام محاولات بهذا الاتجاه.

ويعدّ تفسير غوندهيلكار التاريخي لمسار الاكتشاف العلمي، الذي يغطي النصف الأول من هذا الكتاب موضع تفكير إلى حدٍّ كبير. إذ يوضح كيف تشوّش العقبات هذا المسار المتمعّج وغير المنتهي وكيف أن الأمر يتطلب عبقريات مثل نيوتن وآينشتاين لتحقيق قفزات التقدّم. هذا ويضع غوندهيلكار تصوراته في سياقها التاريخي والثقافي، كاشفاً بذلك مدى خضوع التقدم العلمي المبكر لسيطرة الدين آنذاك. وقد تم تقديم جميع المساهمين في هذا المجال – بدءاً من أرسطو وحتى بلانك – بصور وصفية عن سيرتهم الذاتية، وبوصف حي لشخصياتهم والعديد من النوادر المنقولة عنهم. وقد وجدت ذلك على الأخص مرضياً من أجل الاطلاع على المساهمين في هذا المجال الذين لم يصلوا إلى مستوى الشهرة وغالباً لم يعطوا حق قدرهم، من أمثال جيوفاني بينيديتي G. Benedetti، عالم التجربة الإيطالي في القرن السادس عشر.

يتابع غوندهيلكار في كتابه وصف تاريخ هذا المجال لكنه يؤكد وبشدة على شرح العلم لغير الفيزيائيين. وتميز شرحه بالأناة والتطبيق والوضوح مع التنافس بين النظرية والتحقق بالتجربة الذي قُدِّم كمغامرة علمية مزدهرة. ويمثل الكتاب توازناً بين المفهوم والتفصيل وسيحتكم إلى شريحة عريضة من القرّاء. وقد خرج غوندهيلكار، من خلال العديد من الحبكات الثانوية المحكمة في السرد الرئيسي، بقصة شاملة ومتماسكة وحديثة عن استفساراتنا الطويلة لفهم الثقالة.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

resistant to late blight whereas only one plant from each of the other 2 cultivars was resistant. Mutant plants varied in number of produced minitubers from 13 to 70. Also, weight of these minitubers varied from less than 1 to 35 grams. Selected mutant lines will undergo further testing under field conditions for *P. infestans* resistance and other agronomic characteristics.

Key Words

Potato, blight, mutation, *in vitro.*

★ A short report on a scientific study in the *Department of Molecular Biology and Biotechnique*, Atomic Energy Commission of Syria.

CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ISOTOPIC CHARACTERISTICS OF THE DEEP AQUIFERS SYSTEMS IN JABAL AL-HASS (ALEPPO REGION)★

A. AL-CHARIDEH

Department of Geology, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Chemical and environmental isotopes have been used for studying the deep aquifer systems in the Aleppo region. The salinity of deep groundwater range between 3 to 6 g/l. study of salinity scenario reveals that the dissolution of evaporate rocks is the main factor of high salinity. The salinity amount is basically related to SO_4^{--} (1400 to 2000 mg/l), the relationship between $\delta^{34}S_{SO4}$ and $\delta^{18}O_{SO4}$ indicate that the origin of sulfate is gypsum dissolution, and the enrichment of $^{34}S_{SO4}$ and $^{18}O_{SO4}$ is related to the reduction of sulfate. The degree and space variation salinity is related by the direction flow of deep groundwater, the salinity increasing from north and northeast to south and southwest. The high values are found in the AL-Mouth area. The stable isotopes composition of deep groundwater ($\delta^{18}O$=-8.05±0.24‰, $\delta^{2}H$= -53.0±1.72‰) show a homogeneity depleted as well as low deuterium excess (d= 10-13‰) and vary modest standard deviation. These values is vary closed to the isotope composition values measured in the Euphrates river at the Syrian -Turkey border . The relationship between $\delta^{18}O$ and $\delta^{2}H$ of deep groundwater shows polar distribution pattern at the WMWL which emphasizes the unique origin of recharge from the Turkish ranges and the Euphrates faults system.

Deep groundwater is mostly ^{3}H-Free. Estimates of their mean subsurface residence times have been constrained on the basis of $^{14}C_{DIC}$. The low values of ^{14}C (<4pmC) with very enrichment of $\delta^{13}C$=-1.7‰ indicate the sever geochemical evolution. Significant corrections have been made for ^{14}C-dilution processes including , carbonate dissolution, sulfate reduction and matrix exchange. All dilution processes were quantified on the basis of geochemical and $\delta^{13}C$ mass balance equations. The results of this model show the increasing of water age according the Direction of groundwater flow pattern, and the main age range between 8 to 11ka BP.

Key Words

deep groundwater, salinity, environmental isotopes, Aleppo area, Syria.

★ A short report on a scientific study in the *Department of geology*, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

EVALUATION OF SYMBIOTIC PERFORMANCE OF SOME MUTAT LINES OF SOYBEAN INOCULATED WITH TWO BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM STRAINS USING 15N TECHNIQUE★

F. KURDALI, N. MIR-ALI, I. NABULSI

Department of Agriculture, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

A pot experiment was conducted to study the symbiotiotic performance of two soybean varieties and some of their mutants (that were obtained as a result of previous mutation breeding program) with two *Bradyrhiobium japonicum* strains (RG and FA3) using ^{15}N isotopic dilution method. Random amplified polymorphic DNA technique (RAPD) was used to study the genetic relationships among the soybean genotypes and to make sure that the two rhizobial strains are different.

Our results indicated that the performance of symbiotic N_2-fixation in soybean was shown to depend on both plant enotype and rhizobial strain, and the amount of N_2-fixation can be increased by combining the best plant genotypes and the most adapted strain.

Key Words

Bradyrhizobium japonicum, soybean, mutants, RAPD, N_2-fixation, ^{15}N isotope dilution.

★ A short report on a scientific study in the *Department of Agriculture*, Atomic Energy Commission of Syria.

THE USE OF TISSUE CULTURE TECHNIQUES WITH IRRADIATION TO IMPROVE POTATO RESISTANCE TO LATE BLIGHT★

B. AL-SAFADI, M. I. E. ARABI

Department of Molecular Biology and Biotechnique, Atomic Energy Commission, P. O.Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

A mutation breeding program was conducted to improve potato (*Solanum tuberosum*) resistance to late blight disease caused by *Phytophthora infestans*. *In vitro* cultured explants from potato cvs. Draga, Diamant, Spunta were irradiated with gamma ray doses 25, 30, and 35 Gy. Growing shoots were cut and re-cultured every 2 weeks until the 4^{th} generation (MV_4) to make sure no chimeral tissues still existed in the mutant material. Plantlets were subsequently propagated to obtain enough explants for *in vitro* selection pressure. Around 3000 plantlets from the three cultivars were subjected to selection pressure using co-culture technique. MV_4 explants were incubated in jars, containing MS medium, with mycelia of *P. infestans*. Surviving plantlets were propagated and re-incubated with the pathogen for three consecutive generations. Resistant plantlets were acclimatized and transferred to pots and grown under glasshouse conditions. Plants were later inoculated, at the adult stage, with sporangial suspension. Cultivar Draga produced the highest number of resistant plants. Ten plants of Draga appeared to be

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

PREPARATION OF ION EXCHANGE RESINS OF PVA GRAFTED WITH CITRIC OR SUCCINIC ACID USING RADIATION★

Z. AJJI

Department of Radiation Technology, Polymer Technology Division, Atomic Energy Commission
P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Solutions of different concentrations of poly(vinyl alcohol) and citric acid or succinic acid were prepared. The solutions were exposed to doses up to 100 kGy. Some parameters of the prepared gels had been studied as: maximal swelling, gel fraction, strain %, tensile strength, and ion-uptake of some metal ions (Cu, Ni, Co).

The data show that the maximal swelling of the prepared gels increases by increasing the absorbed dose. The gel fraction of gels increases also by increasing the absorbed dose for both acids. Increasing of the acid concentration causes a lowering of the swelling and the gel fraction of the gels.

The mechanical measurements show that the stress at break of the prepared gels increases by increasing the absorbed dose for both acids. Further, The strain decreases by increasing the absorbed dose. The concentration of the acids does not affect these parameters significantly.

The ion uptake of copper ions increases by increasing the absorbed dose; the ion uptake of nickel and cobalt ions increases also by increasing acid concentration. This can be explained by increasing of the reactive acidic centers bonded to the polymer backbone.

Key Words

poly(vinyl alcohol), citric acid, succinic acid, radiation grafting, ion exchange resin.

★ A short report on a scientific study achieved in the *Department of Radiation Technology*, Atomic Energy Commission of Syria.

DETECTION AND MANAGEMENT CANCER USING RIA TECHNOLOGY★

M. A. BAKIR, A. W. ISSA, D. A. DAHER

Department of Radiation Medicine, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

The IAEA regional project RAW/6/007 was first approved in 1999-2000 prgramme session in order to provide the participating member states with effective tools for the diagnosis and clinical management of cancer. RIA is one of the most sensitive, precise and cost effective technologies for detecting tumours and measuring changes in protein molecular in biological fluids.

The early detection and treatment of cancer allows better clinical management of disease. The capability of carrying out these assays assists the participating countries in refining their epidemiological databases on cancer, which could improve the regional cancer registry. Eight west Asian countries were, Iran, Jordan, Kazakhstan, Kuwait, Lebanon, Syria, Uzbekistan and Yemen. A regional service was established for the tumour markers: Total PSA, Free PSA, βHCG, AFP, CEA, and CA 15-3 which were applied to the relevant cances.

Key Words

tumour marker, cancer, RIA (radioimmionoassay).

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of Radiation Medicine*, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ANALYSIS OF FILL FACTOR LOSSES IN ZnO/CdS/$CuGaSe_2$ SOLAR CELLS★

M. SAAD, A. KASSIS

Department of physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus. Syria

ABSTRACT

In this work the effects of the parameters that describe the behavior of the cells (diode ideality factor, saturation current density, series and shunt resistance) on the fill factor have been demonstrated. Current-voltage characteristics of ZnO/CdS/$CuGaSe_2$ single crystal solar cells with solar conversion efficiency values of η = 3.5 %, η = 6.0 %, η = 6.7 % and η = 9.7 % have been analyzed using the single diode equation. Fill factor calculations using the achieved parameters revealed that the effect of the series resistance is much higher in the dark than under illumination, where a series resistance value of up to R_{sI} = 4.8 Ω cm² reduces the fill factor approximately Δff = 4.4 %. Due to its high value the effect of the dark shunt resistance in all studied cells can be neglected. Under illumination the shunt resistance takes relatively low values, hence its effect on the fill factor must be considered (a value of R_{shI} = 6.5 E2 Ω cm² leads to a fill factor reduction of approximately Δff = 3.6 %). The increase of the saturation current density under illumination brings about considerably high fill factor losses in all studied cells (at least Δff = 8.3 %). The diode ideality factor does not affect the fill factor in the ideal case (R_s = 0, R_{sh} = ∞. In the real case a high ideality factor leads to a decreased fill factor, when the saturation current density is low, and to an increased one for too high values of the saturation current density. Already the dark saturation current density and the diode ideality factor in such cells are much higher than the ones in the cells based on silicon or Cu(In,Ga)Se_2. This seems to be the most substantial restriction to the fill factor, and so to the performance, of solar cells based on $CuGaSe_2$.

Key Words

solar cells, fill factor, $CuGaSe_2$.

★ A short report on a scientific computer study achieved in the *Department of physics*, Atomic Energy Commission of Syria.

NOISE LEVELS IN DAMASCUS CITY★

M. AL- OUDAT, Y. MASLMANI

Department of protection and safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box. 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

Outdoor noise levels were measured at 22 sites in Damascus city. Sound level meter Model NC-10 with a 20-140 dBA selectable range was used in the current investigation. At each site noise data were collected from 7 to 21 o'clock. The results showed that the noise levels were higher than WHO (World Health Organization) standard by 5-24.7 dB, 10-16 dB, 10-11 dB and 12-17 dB in residential, commercial, commercial-industrial, and Heavy traffic streets respectively. Indoor and outdoor noise levels in some hospitals were higher than WHO standard by 15-28 dB and 19-23 dB respectively. The study showed that the authorities administration must take necessary procedures to reduce the noise levels in residential regions and in the regions surrounding the hospitals.

Key Words

outdoor sound levels, Damascus, decibel, noise pollution.

★ A short report on a scientific research achieved in the *Department of protection and safety*, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ABSTRACT

Different ratios of Portland cement and sand were mixed with radium chloride to produce radioactive cylinder specimens. Two types of sand were used (calcite and silica). The release of radon from these samples was studied.

Results showed that radon release from the calcite-cement samples was affected by the sand mixed ratios. It was also noticed that the release changed with the size of the sand particles. Same trends were observed from silica-cement samples. In addition, it was found that radon exhalation from calcite-cement samples were less than that of silica-cement samples. The results were explained by the creation of closed free spaces in the samples, which gave radon atoms the possibility to decay in these free spaces rather than exhalation.

Key Words

radioactive waste, radon exhalation, waste disposal, shielding solidification.

★ This paper appeared in *Radiation Measurements*, 2003.

REPORTS

DESIGNING THE USER INTERFACE COBRET UNDER WINDOWS TO CARRY OUT PRE- AND POST-PROCESSING FOR THE PROGRAMS COBRA-RERTR AND PARET ★

A. HAINOUN, A. MONTHER, N. GHAZI

Department of Nuclear Engineering, Atomic Energy commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

In the framework of testing, evaluation and application of computer codes in the design studies and safety analysis of research reactors, the dynamic code PARET and the thermal hydraulic code COBRA-RERTR have been adopted.

In order to run the codes under windows and to support the user by pre- and post processing, the user interface program COBRET has been developed in the programming language Visual Basic 6 and the data used by it are organized and stored in a relational database in MS Access, an integral part of the software package, MS Office. The interface works in the environment of the Windows operating system and utilizes its graphics as well as other possibilities. It consists of Pre and Post processor. The pre processor deals with the interactive preparation of the input files for PARET and COBRA codes. It supports the user with an automatic check in routine for detecting logical input errors in addition to many direct helps during the multi mode input process. This process includes an automatic branching according to the selected control parameters that depends on the simulation modes of the considered physical problem. The post processor supports the user with graphical tool to present the time and axial distribution of the system variables that consist of many neutronics and thermal hydraulic parameters of the reactor system like neutron flux, reactivity, temperatures, flow rate, pressure and void distribution.

Key Words

COBRET, pre and post processor, user interface, neutronics, thermo hydraulics.

★ A short report on a scientific computer study achieved in the *Department of Nuclear Engineering*, Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ANALYSIS OF THE KARST AQUIFER STRUCTURE OF THE LAMALOU AREA (HÉRAULT, FRANCE) WITH GROUND PENETRATING RADAR★

W. AL-FARES

Université Montpellier II, CNRS Hydrosciences, c.c. MSE, 2 place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France

AECS, B.O. Box. 6091, Damascus, Syria

M. BAKALOWICZ

Université Montpellier II, CNRS Hydrosciences, c.c. MSE, 2 place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France

R. GUÉRIN

UMR 7619 Sisyphe, Département de Géophysique Appliquée, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6) case 105, 4 place Jussieu, 75252 paris Cedex 05, France

M. DUKHAN

IRD, 911 avenue Agropolis, 34000 Montpellier, France

ABSTRACT

The study site at Lamalou karst spring (Hortus karst plateau) is situated 40 km north of Montpellier in France. It consists of a limestone plateau, drained by a karst conduit discharging as a spring. This conduit extends for a few dozen meters in fractured and karstified limestone rocks, 15 to 70 m below the surface. The conduit is accessible from the surface. The main goal of this study is to analyze the surface part of the karst and to highlight the karstic features and among them the conduit, and to test the performances of ground penetrating radar (GPR) in a karstic environment. This method thus appears particularly well adapted to the analysis of the near-surface (<30 m in depth) structure of a karst, especially when clayey coating or soil that absorbs and attenuates the radar is rare and discontinuous. A GPR pulse EKKO 100 (Sensors and Software) was used on the site with a 50 MHz antenna frequency. The results highlight structures characterizing the karstic environment: the epikarst, bedding planes, fractured and karstified zones, compact and massive rock and karrens, a typical karst landform. One of the sections revealed in detail the main conduit located at a depth of 20 m, and made it possible to determine its geometry. this site offers possibilities of validation of GPR data by giving direct access to the karstic conduit and through two cored boreholes. These direct observations confirm the interpretation of all the GPR sections.

Key Words

ground penetrating radar (GPR), karst, cave, epikarst, karst plateau, south of France.

★ This paper appeared in *Journal of Applied Geophysics* 51 (2002) 97-106

THE EFFECT OF SAND/CEMENT RATIO ON RADON EXHALATION FROM CEMENT SPECIMENS CONTAINING ^{226}Ra★

S. TAKRITI

Department of Physics, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

R. SHWEIKANI, A. F. ALI, G. RAJA

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

PAPERS

EFFECT OF DIFFERENT WATER SALINITY LEVELS ON GROWTH, NODULATION, AND N_2-FIXATION BY DHAINCHA AND ON GROWTH OF SUNFLOWER USING A ^{15}N TRACER TECHNIQUE★

F. KURDALI, F. AL-AIN

Department of Agriculture, Plant Nutrition Division, Atomic Energy Commission, P.O. Box 6091 Damascus, Syria

ABSTRACT

The Effect of different salinity levels of irrigation water (EC_w range 1.1 to 33 dS/m) on the nodulation, dry matter production and N_2 fixation by dhaincha (Sesbania aculeata Pers.) was investigated in a pot experiment. The same effect on the growth of sunflower (Helianthus annuus L.), which was also utilized as a reference crop for measuring N_2-fixation by the legume crop using the ^{15}N-isotope dilution method, was also investigated. Irrigation with water having EC_w of more than 4.03 dS/m reduced plant growth, and the reduction was more pronounced in S. aculeata than in H. annuus. High levels of water salinity caused more inhibition in shoot than in root growth of both plant species. The indigenous rhizobial strains could form nodules on Sesbania aculeata grown under different salinity levels of irrigated water, except for those irrigated with high level of ground water salinity (EC_w 33 dS/m) where nodulation and N2 fixation were completely inhibited. However, $\%N_2$ fixation was significantly enhanced by a moderate salinity level (EC_w of 4.03 dS/m) in irrigated water, whereas small effects were obtained with higher water salinity levels (up to 12.3 dS/m). The results indicated that Sesbania aculeata and Helianthus annuus grown in saline soils can be irrigated either with saline water up to 8.03 dS/m and 12.3 dS/m, respectively, or with gradually increased levels of salinity for both of them.

Key Words

Sesbania aculeate, Helianthus annuus, Salinity, N_2-Fixation.

★ This paper appeared in *Journal of Plant Nutrition*, (2002).

THE POSSIBILITY OF USING PLASTIC DETECTORS CR-39 AS UV DOSIMETERS★

R. SHWEIKANI, G. RAJA, A. A. SAWAF

Department of Protection and Safety, Atomic Energy Commission, P. O. Box 6091, Damascus, Syria

ABSTRACT

The effects of solar ultraviolet (SUV) and ultraviolet type A(UVA) produced by a solar UV simulator on CR-39 detectors were studied. This was done using three techniques:

1- Alpha tracks diameters and tracks densities, 2- UV-Vis spectrometry and 3- FTIR spectrometry. The detectors were divided into two groups, the first was exposed to UV and then to alpha particles, the second group was exposed to alpha particles first and then to UV.

The results showed that the effect of UVA on CR-39 was not clear using the three techniques. While, the effect of SUV was clear when using UV-Vis and FTIR spectrometric, and not clear when using track parameters.

Key Words

plastic detector, CR-39, track diameter, UV, UV-Vis, FTIR.

★ This paper appeared in *Radiation Measurements*, 2002.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

REDEFINIG THE KILOGRAM★

I. ROBINSON

ABSTRACT

The kilogram is the last remaining Sl unit that is defined in terms of a material artifact, but two experiments are under way to find a more fundamental measure of mass.

Key Words

SI system, accuracy, Avogadro constant, Planck constant, Watt balance.

★ This article appeared in *Physics World*, May 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

BRIDGING THE TERAHERTZ GAP★

G. DAVIES

Is in the School of Electronic and Electrical Engineering, University of Leeds, UK

E. LINFIELD

Is in the Cavendish Laboratory, University of Cambridge, UK

ABSTRACT

As the technology for generating and detecting terahertz radiation matures, new applications are being developed across the physical, biological and medical sciences.

Key Words

terahertz radiation (THz), quantum cascade laser, terahertz spectroscopy, terahertz source.

★ This article appeared in *Physics World*, April 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

ULTRAHIGH STRENGTH AND HIGH ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN COPPER★

Lei Lu, Yongfeng Shen, Xianhua Chen, Lihua Qian, K. Lu

Shenyang National Laboratory for Materials Science (SYNL), Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, P.R. China

ABSTRACT

Methods used to strengthen metals generally also cause a pronounced decrease in electrical conductivity, so that a tradeoff must be made between conductivity and mechanical strength. We synthesized pure copper samples with a high density of nanoscale growth twins. They showed a tensile strength about 10 times higher than that of conventional coarse - grained copper, while retaining an electrical conductivity comparable to that of pure copper. The ultrahigh strength originates from the effective blockage of dislocation motion by numerous coherent twin boundaries that possess an extremely low electrical resistivity, which is not the case for other types of grain boundaries.

Key Words

metal strengthening, electrical conductivity, nanoscale growth twins, coarse-grain copper, pure copper.

★ This article appeared in *Science*, April 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE

ARTICLES

FOUR DAYS THAT SHOOK THE WORLD★

K. RAVILIOUS
A Science Writer Based in Oxford

ABSTRACT

Just when you thought the dust had settled on the cause of the demise of the dinosaurs, there's a new type of catastrophe kicking it up again. Forget meteorites and mega-volcanoes, Verneshots are the real culprit, says Kate Ravilious.

Key Words

Dinosaurs, Meteorite, Mega-volcanoes, Verneshots, Atmosphere, Earth's crust, Mantle, Mega-volcanism, Continental flood basalt, Mass extentions, Frasnian-Fammenian extention, Permian, Triassic, Cretaceous-Tertiary boundary, impact, lava, Deccan Traps, Crater, Signatures, Shocked quartz crystals, Blobs, Microspherules, Iridium. Fullerenes, craton, Archean, Plate tectonics, Mantle Plume, Magma, Rift valley, Rifting, Super-Stratosphere, Micro-Verneshot, Shatter cones.

★ This article appeared in *NewScientist*, 8 May 2004. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

TROPHIC ACTION OF LEPTIN ON HYPOTHALAMIC NEURONS THAT REGULATE FEEDING★

G. BOURET, S. DRAPER, R. SIMERLY

ABSTRACT

in adult mammals, the adipocyte-derived hormone leptin acts on the brain to reduce food intake by regulating the activity of neurons in the arcuate nucleus of the hypothalamus (ARH). Here, we report that neural projection pathways from the ARH are permanently disrupted in leptin-deficient (Lep^{ob}/Lep^{ob}) mice and leptin treatment in adulthood does not reverse these neuroanatomical defects. However, treatment of Lep^{ob}/Lep^{ob} neonates with exogenous leptin rescues the development of ARH projections, and leptin promotes neurite outgrowth from ARH neurons in vitro. These results suggest that leptin plays a neurotrophic role during the development of the hypothalamus and that this activity is restricted to a neonatal critical period that precedes leptin's acute regulation of food intake in adults.

Key Words

adipocyte-derived hormone leptin, arcuate nucleus of the hypothalamus, anorexigenic.

★ This article appeared in *Science*, April 2003. It is translated into Arabic at the Atomic Energy Commission of Syria.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

TO CARRY OUT PRE- AND POST-PROCESSING FOR THE PROGRAMS COBRA-RERTR AND PARET

- ANALYSIS OF FILL FACTOR LOSSES IN $ZnO/CdS/CuGaSe_2$ SOLAR CELLS ..... M. SAAD, A. KASSIS 81
- NOISE LEVELS IN DAMASCUS CITY ..... M. AL- OUDAT, Y. MASLMANI 82
- PREPARATION OF ION EXCHANGE RESINS OF PVA GRAFTED WITH CITRIC OR SUCCINIC ACID USING RADIATION ..... Z. AJJI 83
- DETECTION AND MANAGEMENT CANCER USING RIA TECHNOLOGY ..... M.A. BAKIR, ET AL 83
- EVALUATION OF SYMBIOTIC PERFORMANCE OF SOME MUTANT LINES OF SOYBEAN INOCULATED WITH TWO BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM STRAINS USING ^{15}N TECHNIQUE ..... F. KURDALI, ET AL 84
- THE USE OF TISSUE CULTURE TECHNIQUES WITH IRRADIATION TO IMPROVE POTATO RESISTANCE TO LATE BLIGHT ..... B. AL-SAFADI, ET AL 85
- CHEMICAL AND ENVIRONMENTAL ISOTOPIC CHARACTERISTICS OF THE DEEP AQUIFERS SYSTEMS IN JABAL AL-HASS (ALEPPO REGION) ..... A. AL-CHARIDEH 85

SELECTED NEW BOOKS (Review and analysis)

- LIFE'S DAILY BEAT ..... BY: E. GWINNER 88
- THE GRIP OF GRAVITY: THE QUEST TO UNDERSTAND THE LAWS OF MOTION AND GRAVITATION ..... BY: P. GONDHALEKAR 90
  OVERVIEW & ANALYSIS: J. GUNDLACH

ABSTRACTS OF THE ITEMS PUBLISHED IN THIS ISSUE IN ENGLISH 100

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

CONTENTS

ARTICLES

FOUR DAYS THAT SHOOK THE WORLD ..... K. RAVILIOUS 7

TROPHIC ACTION OF LEPTIN ON HYPOTHALAMIC NEURONS THAT REGULATE FEEDING ..... G. BOURET, ET AL 12

REDEFINING THE KILOGRAM ..... I. ROBINSON 17

BRIDGING THE TERAHERTZ GAP ..... G. DAVIES, E. LINFIELD 22

ULTRAHIGH STRENGTH AND HIGH ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN COPPER ..... LEI LU, ET AL 28

NEWS

THE WAITING GAME ..... *NATURE* 35

TUNABLE NONLOCAL SPIN CONTROL IN A COUPLED-QUANTUM DOT SYSTEM ..... *SCIENCE* 37

TURN UP THE TEMPERATURE ..... *NATURE* 39

THE BODY ELECTRIC ..... *NEW SCIENTIST* 41

THE ANATOMY OF DESPAIR ..... *NEW SCIENTIST* 45

MERCURY ..... *ANL* 49

PAPERS (Published worldwide by the Syrian A. E. C. Staff)

EFFECT OF DIFFERENT WATER SALINITY LEVELS ON GROWTH, NODULATION, AND N_2-FIXATION BY DHAINCHA AND ON GROWTH OF SUNFLOWER USING A ^{15}N TRACER TECHNIQUE ..... F. KURDALI, F. AL-AIN 53

THE POSSIBILITY OF USING PLASTIC DETECTORS CR-39 AS UV DOSIMETERS ..... R. SHWEIKANI, ET AL 61

ANALYSIS OF THE KARST AQUIFER STRUCTURE OF THE LAMALOU AREA (HÉRAULT, FRANCE) WITH GROUND PENETRATING RADAR ..... W. AL-FARES, ET AL 66

THE EFFECT OF SAND/CEMENT RATIO ON RADON EXHALATION FROM CEMENT SPECIMENS CONTAINING ^{226}Ra ..... S. TAKRITI, ET AL 74

REPORTS (Unpublished works of the Syrian A. E. C. Staff)

DESIGNING THE USER INTERFACE COBRET UNDER WINDOWS ..... A. HAINOUN, ET AL 81

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

Notice: Scientific matters and different inquiries; subscriptions, address changes, advertisements and single copy orders, should be addressed to the journal's address:

Damascus, P.O.Box 6091 Phone 6111926/7,Fax 6112289, Cable; TAKA.

E-mail :aalam_al_zarra@aec.org.sy

Subscription rates, including first class postage charges : a) Individuals $ 30 for one year

b) Establishments $ 60 for one year

c) for one issue $6

It is preferable to transfer the requested amount to:

The commercial Bank of Syria N-13 P.O. Box 16005 Damascus-Syria account N-3012/2

Cheques may also be sent directly to the journal's address.

The views expressed in any signed article in this journal do not necessarily represent those of the AEC of Syria, and the commission accepts no responsibility for them.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية

AALAM AL-ZARRA

JOURNAL OF THE ATOMIC ENERGY COMMISSION OF SYRIA

Managing Editor

Dr. Ibrahim Othman

Director General of A. E. C. S.

Editorial Board

Dr. Adel Harfoush

Dr. Ziad Qutob

94

19 th Year / NOVEMBER-DECEMBER /

2004

A journal published in Arabic six times a year, by the Atomic Energy Commission of Syria. It aims to disseminate knowledge of nuclear and atomic sciences and of the different applications of Atomic energy.

http://serversmiso.aecs.sy مكتب نظم المعلومات هيئة الطاقة الذرية السورية