التذييل 1 إزالة ثاني أكسيد الكربون من نواتج الاحتراق المتبقية (الفحم النباتي): أساس للتطورات المنهجية في المستقبل

خلفية

تعتبر المواد المتفحمة نتاجاً لعملية الاحتراق غير الكامل للغطاء النباتي والوقود الأحفوري (Goldberg, 1985). ويشار إلى مجموعة نواتج الاحتراق مثل الفحم، والرماد، والسناج، والفحم النباتي معاً بالكربون الأسود (BC). ويعتبر الكربون الأسود خليطاً متغايراً من البقايا ذات الكيمياء المتناقضة وهو ما يعني مقاومة المزيد من التحلل البيولوجي أو الكيمائي. وتوجد هذه البقايا معاً بصورة كلية في أنواع التربة والرواسب الأرضية الأخرى وفي الرواسب البحرية كذلك.

وتظل كمية كبيرة (< 80%) من الفحم الأسود الناتج من الحرائق أقرب إلى الموقع الذي تكونت فيه. وفيما بعد يتم دمجها في التربة حيث قد تبقى لفترات طويلة من الوقت. ورغم ذلك، فإن الكربون الأسود قد ينقل عبر المسارات النهرية والجوية إلى الرواسب البحرية، مع تحرك غالبيته عبر النظام النهري. وهو ما يؤدي بدوره إلى ترسب غالبية جزيئات الكربون الأسود المنقولة إلى المحيطات على الأرفف القارية، فيما تستمر نسبة صغيرة في الرواسب المحيطية العميقة. ويتبدد جزء آخر من الكربون الأسود الجزيئي إلى الغلاف الجوي. ومع فترات البقاء التي تتجاوز 7 أيام، يُنقل معظم مكون الكربون الأسود إلى المحيطات ليسهم بشكل نهائي في جزء الكربون الأسود الموجود بالرواسب المحيطية العميقة، حيث يكون ثابتا للغاية.

وخلال العقود القليلة الماضية أصبحت تركيزات الكربون الأسود في الغلاف الجوي للأرض والمحيط الحيوي ذات أهمية، نظرا لأنها تعد، في صورة حلالات هوائية، ممتصات قوية للإشعاع الشمسي. ويُمكِن لهذه التركيزات أن تعمل كسجل للبيئات القديمة في قلب الرواسب والكتل الجليدية، كذلك فقد تعد مصدراً مؤثراً لإطلاق الأكسجين إلى الغلاف الجوي خلال أُطر زمنية جيولوجية. ويمثل الفحم الأسود، وبالأخص، مكون الفحم النباتي منه، عنصراً هاماً للغاية لكونه واحدة من الطرق القليلة التي يتحول بها الكربون نسبيا إلى مكون خامد، مما يعني عدم إمكان اتحاده بسهولة مع الأكسجين لتكوين ثاني أكسيد الكربون. ومن هنا، يوجد احتمال قوي في أن يمثل الكربون الأسود إزالة هامة (بالوعة) للكربون من دورة الكربون البيولوجية الجوية الأسرع إلى دورة الكربون الجيولوجية الأكثر بطئا (طويلة المدى) (مثل، Graetz and Skjemstad, 2003; Schmidt, 2004; Druffel, 2004).

دور الكربون الأسود في رصيد الكربون العالمي

في دراسة جديدة حول تكوين واستمرار الكربون الأسود في الأنظمة الحيوية، طرح فوربيس *وآخرون* (2006) تقديراً مُراجَعاً لتكوين الكربون الأسود من حرائق الغطاء النباتي واحتراق الوقود الأحفوري يبلغ 50-270 تيراجول في العام. وهو تدفق كبير للغاية من الكربون يطرح سؤالاً أساسياً يتمثل فيما إذا كان معدل التكوين السنوي للكربون يتجاوز كمية الكربون التي تتحرر من أحواض الكربون الكبيرة المتراكمة بالفعل في الأنظمة الحيوية الأرضية والبحرية. ورغم أنه ليس من الممكن في الوقت الحالي الإجابة المحددة على هذا السؤال، فإن من الأهمية استمرار البحث الذي يُمكن من وضع منهجية في المستقبل لحساب الكربون الأسود في عمليات حصر غازات الاحتباس الحراري، وكذلك بما يتيح الفهم الأفضل لدور هذا الشكل من الكربون في رصيد الكربون على مستوى العالم.

وقد حدد فوربيس *وآخرون* (2006) مجموعة من القضايا الهامة التي يلزم تناولها بما يجعل وضع منهجية موثوقة أمراً ممكناً. ومن ذلك الحاجة إلى وصف معدلات تكوين الكربون الأسود بطريقة متسقة، واقترحوا التعبير عنها كنسبة مئوية من كمية الكربون المستهلك (CC) بواسطة الحرائق. واتضح لهم أنه عند التعبير بهذه الطريقة (BC/CC)، فإن معدل تكوين الكربون الأسود كان <3% بالنسبة لحرائق العشب والسافانا، و4-5% لحرائق الغابات. وخلُص المؤلفون من ذلك إلى أن تقديرات تكوين الكربون الأسود التي تستند بصورة حصرية إلى القياسات الفيزيائية تعتبر غير موثوقة للغاية (وتؤدي إلى التقدير المرتفع إلى حد بعيد)، لعدم قدرتها على التحديد الدقيق والتعبير الكمي عن مكون الكربون الأسود في البقايا المتخلفة عن الحريق والتي تحتوي على مجموعة من المواد المحترقة جزئيا.

ويكون الكربون الأسود عرضة لمعدلات أبطأ من التحلل بواسطة العمليات الكيميائية الضوئية والعمليات الميكروبية في أنواع التربة والرواسب، غير أن المعرفة بمعدلات المدى الأطول وبالمعاملات التي تؤثر عليها محدودة للغاية. وقد أظهرت الأبحاث مثل دراسات فترة حضانة الكربون أن تحلل الكربون الأسود بواسطة العمليات البيولوجية يعد بطيئا للغاية. وهناك دليل آخر يقترح معدل تحلل بطيء للغاية للكربون الأسود؛ قد يمثل الكربون الأسود ما يصل إلى 40% من الكربون العضوي في أنواع التربة الأرضية و12-31 % من الحوض الكبير للغاية من الكربون العضوي في الترسيبات المحيطية، وله عصور كربون إشعاعي في أنواع التربة تزيد على آلاف السنوات. ولذا، فإن الكربون الأسود له نصف عمر مؤثر، يقارب آلاف السنوات بما يجعله المادة الأكثر ثباتا المشتقة من الكتلة الحيوية في دورة الكربون بالمحيط الحيوي. وهذا الخمول النسبي يعني أن نسبة 3-5% المقدرة من الكربون المحول إلى كربون أسود أثناء حرائق الأحراج والسافانا والمروج الطبيعية، ينبغي اعتبارها مكوناً هاماً في دائرة الكربون العالمي ولكن ذات دوران بطيء.

استنتاجات

من أجل القياس الأفضل لتأثير الكربون الأسود على دورة الكربون العالمي، ينبغي توافر إدراك أفضل لمعدلات الإنتاج والتحلل للكربون الأسود في الأنظمة الحيوية المعرضة لحرائق الغطاء النباتي الممتدة. إضافة لذلك، فإن تقدير نقل الكربون الأسود عبر الأنظمة النهرية أو الرياح يحتاج إلى الفهم على مستويات أدق، علاوة على ضرورة توافر فهم أوضح لمعدلات تحلل كربون التربة في الرواسب الأرضية والمحيطية. ومن شأن ذلك أن يسمح بوضع منهجية لحساب الكربون الأسود في عمليات حصر غاز الاحتباس الحراري، وأن يسهم في الحد من مستويات عدم التقين وأوجه التعارض فيما يتصل بتقدير تدفقات الكربون الأسود بين الغلاف الجوي والمحيط الحيوي والمحيطات. وستكون النتيجة تقديراً أكثر دقة لإسهام الكربون الأسود على المستوى العالمي وفهماً أعمق لدور هذه الصورة من الكربون كبالوعة محتملة في دورة الكربون العالمي.

المراجع

Druffel, E.R.M. (2004). Comments on black carbon in the global carbon cycle. *Marine Chem.*; 92:197-200.

Forbes, M.S., Raison, R.J., and Skjemstad, J.O. (2006). Formation, transformation and transport of black carbon (charcoal) in terrestrial and aquatic ecosystems. *Journal of the Science of the Total Environment* (in press).

Goldberg, E.D. (1985). Black Carbon in the Environment: Properties and Distribution. John Wiley and Sons, New York; 198 pp.

Graetz, R.D. and Skjemstad, J.O. (2003). The charcoal sink of biomass burning on the Australian continent. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper; no 64.

Schmidt, M.W.I (2004). Carbon budget in the black. *Nature*; 427:305-306.