4. مساهمة الطاقة الخشبية في تلبية الطلب في المستقبل

يعتمد مستقبل الطاقة البيولوجية والطاقة الخشية اعتماداً كبيراً على فاعلية السياسات والتناسق في تطبيقها. فلا زالت هناك مخزونات وفيرة من الفحم في مناطق العالم التي سيكون النمو الاقتصادي والسكاني فيها أعلى ما يمكن. وإذا لم تعد أسعار الوقود الأحفوري عالية بما يخلق حافزاً لتنمية إنتاج الوقود البيولوجي فإن السياسات الفعالة هي الوحيدة الكفيلة برفع الطلب على هذا النوع من الوقود ومعنى ذلك أن الدعم من السياسات سيكون ضرورياً في حالات كثيرة لتشجيع الاستثمار في تنمية الطاقة البيولوجية – على الأقل حتى تتعادل أسعارها أو حتى يقترب تعادل أسعارها مع أسعار الوقود الأحفوري. وبهذا المعنى فإن أسواق التصدير قد تكون أهم إذا أخفقت السياسات المحلية في تشجيع الانصراف عن الوقود الأحفوري.

وهناك نُظم مختلفة اختلافاً كبيراً لإنتاج الطاقة الخشبية واستخدامها في العالم، ومن المحتمل أن يكون هناك إجابات مختلفة للتحول الأخير في سياسة الطاقة في عدة بلدان. وسيتأثر عرض الكتلة البيولوجية الت الطاقة الخشبية، والطلب على هذه العناصر كلها، تأثراً مختلفاً بحسب مختلف العوامل التي تؤثر في البلدان المتقدمة والنامية.

كما أن العوامل المرتبطة بتغير المناخ وكفاءة الطاقة ومكان وجود الإمدادات ستؤدي دوراً رئيسياً في إنتاج الطاقة الخشبية. يُضاف إلى ذلك أن مجموعة من القضايا الإيكولوجية والاقتصادية والاجتماعية ستدخل إلى الحلبة. ففي بعض المناطق وفي بعض أنواع الأراضي قد تكون الأشجار أكثر إنتاجية من المحاصيل الزراعية وقد لا تكون لها نفس الآثار البيئية السلبية. كما أن توافر اليد العاملة الرخيصة قد يُحبذ الاستثمار في الغابات بدلاً من المحاصيل الزراعية. وهناك عوامل أخرى قد تقلل الطلب على غابات إنتاج الطاقة ومنها مثلاً المشكلات التكنولوجية المتعلقة بإنتاج الوقود البيولوجي السائل من المواد الخشبية والقيود في قطاع النقل. وبصفة عامة ستتأثر مساهمة الغابات في إنتاج الطاقة في المستقبل بما يلي:

- تنافسية الطاقة الخشبية في بلوغ الأهداف المرسومة لسياسة الطاقة؛
- التكاليف والمنافع الاجتماعية والاقتصادية والبيئية من اتباع نُظم إنتاج الطاقة الخشبية؛
- السياسات والمؤسسات التي توفر الإطار لعمل الغابات.

وأي استراتيجية لإنتاج الطاقة البيولوجية ستتأثر بدرجة كبيرة أيضاً بالسياق المحلي الذي يشمل: الموقع وتأثيره في الطلب والعرض؛ البنية الأساسية والمناخ والتربة؛ مدى توافر الأراضي واليد العاملة؛ الهياكل الاجتماعية وهياكل الحكم الرشيد. وبالنظر لهذه العوامل كلها يصعب عمل مقارنات بين الطاقة البيولوجية المستمدة من الزراعة وتلك المستمدة من الغابات (Perley, 2008).

وسيكون تطوير تكنولوجيا قادرة على التنافس اقتصادياً لإنتاج وقود بيولوجي سائل من مواد سيلولوزية نقلة كبيرة في أهمية الطاقة الخشبية. وعند هذه النقطة ستصبح المنتجات الحرجية

منافسة مباشرة للزراعة للحصول على حصة من أسواق الوقود البيولوجي كما أن هذه المنتجات الحرجية ستصبح أيضاً مصدراً للوقود المستخدم في النقل وإذا كان استهلاك الطاقة يتأثر تأثراً كبيراً بتدابير السياسات (كما في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة)، فستنفتح أسواق كبيرة أمام الطاقة المستمدة من غابات من البلدان النامية في العالم بأكمله.

وفي كثير من أنحاء العالم قد يتأخر أي توسع كبير في استزراع الأشجار من أجل إنتاج الطاقة البيولوجية بعوائق الاستثمار مثل التنازع على الأراضي، وعدم الاطمئنان إلى حيازة الأراضي، وأخطار نزع الملكية وعدم وجود الحكم الرشيد. كما قد تنشأ قضايا اجتماعية من النوع الذي ينشأ في العادة عند الاستعاضة عن الغطاء النباتي الطبيعي بمحاصيل تُدار لأغراض تجارية وذلك بسبب تغير الملكية وحقوق استخدام الأراضي.

وعند تفضيل المحاصيل الزراعية على الأشجار قد تقتصر مساهمة الغابات على مكاسب في الكفاءة في الاستخدامات الحالية وعلى زيادة استخدام مخلفات الأخشاب من العمليات الحرجية الموجودة. وفي هذه الظروف يُحتمل أن يكون توافر الأخشاب لإنتاج الطاقة البيولوجية غير خاضع لأسواق الطاقة بل لاتجاهات إنتاج الأخشاب المستديرة ولمدى انتشار المواد الحرجية وللتنافس في الطلب على المخلفات الخشبية.

ورغم أن أسعار النفط مرتفعة فإن على البلدان النامية تقييم أخطار الاستثمار في الطاقة البيولوجية تقييماً دقيقاً. فكثير من الاستثمارات في الوقود البيولوجي في الثمانينات انهار بعد أن عادت أسعار النفط إلى مستوياتها السابقة (IBDF, 1979; Tomaselli, 1982). ولكن الوضع يتغير الآن نظراً لوجود عوامل جديدة أصبحت مهمة، ومنها الاحترار العالمي.

وغالباً ما تعتمد الاستثمارات في الطاقة البيولوجية على الإعانات وعلى تطوير تكنولوجيا جديدة. وليس للبلدان النامية إلا أموال محدودة تواجه أولويات كثيرة، بحيث إن عمل تقييم كامل للأخطار والتعرف على طرق تعظيم المنافع من الاستثمار في الطاقة البيولوجية ستكون له أهمية أساسية. وتوفر آلية التنمية النظيفة التي جاءت في بروتوكول كيوتو حوافز لاستزراع أشجار لتوليد الطاقة وتمويل استخدام الوقود البيولوجي بطريقة مستدامة، كما أن بروتوكول كيوتو يسهل نقل التكنولوجيا إلى البلدان النامية.

مصادرالوقود الخشبي

أصبحت الطاقة الخشبية المنتجة بتكنولوجيا كفؤة منافسة بالفعل للطاقة الأحفورية في كثير من البلدان، وتستطيع أن تصل إلى أعلى مستويات كفاءة الطاقة والكربون بين مختلف المواد الأولية لإنتاج الطاقة البيولوجية، خصوصاً عند استخدامها لتوليد الحرارة والطاقة. وإلى جانب أنها أصبحت جذابة اقتصادياً فإن الطاقة الخشبية هي خيار استراتيجي لزيادة أمن الطاقة، وخصوصاً في البلدان التي بها مساحات حرجية واسعة وتعتمد على استيراد الطاقة.

ويمكن إيجاد موارد خشبية لإنتاج الطاقة من مجموعة من نُظم الإنتاج الموجودة الآن. فمخلفات الأخشاب توفر أكبر فرصة مباشرة لتوليد الطاقة نظراً لأنها متوافرة وأن قيمتها منخفضة نسبياً ولقرب أماكن إنتاجها من أماكن العمليات الحرجية القائمة. أما الاستزراعات التي تُقام لغرض وحيد هو إنتاج الطاقة فقد أصبحت أشيع في بعض البلدان ومن المحتمل أن تساهم الاستزراعات ذات الأغراض المتعددة في تقديم جذوع لإنتاج الطاقة وجذوع لأغراض أخرى بحسب طلب

الأسواق. وهناك إمكانية إضافية للحصول على أخشاب للطاقة من مناطق الغابات التي يحدث بها إفراط في القطع ومن الأنواع التي لا تطلبها الأسواق في الوقت الحاضر.

المخلفات الخشبية

كثير من البلدان ليس لديه تصور واضح عن كمية الطاقة البيولوجية التي يمكن جمعها من العمليات الحرجية الجارية، ولم تضع أي تقييم لإمكانيات المخلفات الخشبية في توليد الطاقة. ويقارن الجدول 6 توافر المخلفات الخشبية من الغابات الطبيعية في منطقة الأمازون ومن استزراعات الصنوبر سريع النمو في عمليتين نموذجيتين من العمليات الصناعية في البرازيل. وتدل المعلومات على أن حصة صغيرة فقط من الأشجار هي التي تحوَّل إلى منتجات للتسويق. وفي الغابات الطبيعية يكون هناك ما بين 80 و90 في المائة من مجموع حجم المخلفات يمكن استخدامه في توليد الطاقة. ومعظم هذه المواد تتألف من تيجان الأشجار وغيرها من القطع غير المطلوبة التي تترك في الغابة بعد عمليات الحصد.

وفي البلدان النامية غالباً ما تُترك المخلفات الخشبية الفائضة في مواقع المصانع دون أن تُستخدم، بل إنها قد تخلق مشكلات بيئية بتأثيرها في نوعية الماء والهواء. وإنتاج الطاقة من هذه المخلفات يمكن أن يحل كل من مشكلة الطاقة ومشكلة التخلص من النفايات. وتكنولوجيا إحراق المخلفات تشمل آلات بخارية بسيطة لإنتاج الطاقة على نطاق صغير وتوربينات بخارية للمصانع الكبيرة لإنتاج الطاقة (ITTO, 2005).

ويوحي التحليل النظري لإمدادات الطاقة من المخلفات الخشبية في البلدان النامية بأن هناك إمكانية كبيرة لتوليد الطاقة (Tomaselli, 2007). ففي بلدان مثل الكاميرون يُقدّر أن المخلفات الخشبية في المصانع تكفي لتوفير مجموع الطلب الوطني على الكهرباء. فإذا استُخدمت جميع المخلفات من العمليات الحرجية في إنتاج الكهرباء سيستطيع البلد أن ينتج خمسة أمثال الطلب الحالي.

ويمكن أيضاً استخدام المخلفات الخشبية من المصانع في إنتاج جزء كبير من الكهرباء المستهلكة في كل من غابون ونيجيريا وماليزيا والبرازيل. ويمكن القول إن إمكانية مساهمة المخلفات الخشبية في مجموع استهلاك الكهرباء في الهند وتايلند وكولومبيا وبيرو ستكون مساهمة ضئيلة نسبياً بالمقارنة مع البلدان السابقة.

والمخلفات الخشبية من المصانع ليست إلا نسبة صغيرة من مجموع المخلفات المتاحة. فحجم المخلفات الخشبية المتروكة من عمليات حصد الغابات الاستوائية يصل إلى ثلاثة أمثال أو ستة

الجدول 6
المخلفات الخشبية من عمليات الصناعة الحرجية في البرازيل (النسبة المئوية من مجموع الاخشاب المحصودة)

العمليات	غابات طبيعية		استزراعات	
	المنتجات	المخلفات	المنتجات	المخلفات
الحصد	40-30	70-60	90-80	20-10
التجهيز الاولي والثانوي	20-10	20-10	40-30	50-40
المجموع		**90-80**		**70-60**

المصدر : ITTO, 2005; STCP Data Bank

أمثال ما يتولد في المصانع. ويمكن استخدام أساليب تقنية كفؤة في حصد المنتجات ونقلها لجمع هذه المواد وتسليمها لمصانع إنتاج الطاقة من أجل تقليل التكاليف وتخفيف التأثيرات البيئية وإنتاج الطاقة. ولما كان ذلك مطبقاً بالفعل إلى درجة كبيرة في معظم البلدان الصناعية المتقدمة فإن المفهوم أن النطاق محدود أمام زيادة استخدام المخلفات في إنتاج الطاقة في تلك البلدان (Steierer *et al.*, 2007).

وفي كثير من البلدان يكون استخدام المخلفات الزراعية والحرجية سبباً كبيراً في تخفيض مساحة الأراضي المطلوبة لإنتاج الوقود البيولوجي وبذلك تقل التأثيرات الاجتماعية والبيئية الناشئة عن استزراع الغابات من أجل إنتاج الطاقة. ولكن من الناحية العملية فإن الأخشاب التي يقال إنها متاحة لإنتاج الطاقة على نطاق صناعي لا يمكن في كثير من الحالات حصدها بطريقة اقتصادية. يُضاف إلى ذلك أن عمليات قطع الأشجار وتوسع الزراعة وغيرها من العوامل قللت من مساحة الغابات في جميع أنحاء العالم. وعلى ذلك يمكن توقع تناقص إمدادات المخلفات في السنوات المقبلة رغم ارتفاع نسبة استزراع الأشجار.

والمخلفات الخشبية ضرورية للمحافظة على صحة التربة والنظام الإيكولوجي، ولذلك يجب أن يبقى جزء منها على الأرض. كما أن مخلفات عمليات القطع مصدر مهم لتغذية الغابات وهي تساعد على تقليل أخطار تعرية التربة (UN-Energy, 2007) ومن التأثيرات التي يمكن أن تنشأ عن التوسع في استعادة الكتلة الحيوية تضاؤل المغذيات، وضياع التنوع البيولوجي، وإحداث تغيرات في طريقة عمل النظام الإيكولوجي.

استزراع الغابات من أجل الحصول على الطاقة

زراعة محاصيل الطاقة ليس أمراً مبتكراً. فاستزراع الغابات المخصصة لإنتاج أخشاب من أجل الطاقة موجود في كثير من البلدان منذ زمن (NAS, 1980)، وإن كان معظم هذه الاستزراعات صغير ولا يستخدم إلا تكنولوجيا بسيطة ويركّز بصفة عامة على توفير حطب الوقود للاستهلاك المحلي.

وفي المناطق المعتدلة توجد أنواع كثيرة من الأشجار سريعة النمو التي تلائم الاستزراع من أجل الطاقة، وهي تشمل: *Acacia mangium* و *Gmelina arborea* و العديد من *Eucalyptus*، *Salix* و *Populus* species (Perley, 2008) . وتختلف معدلات نمو الأشجار اختلافاً كبيراً بحسب طريقة الإدارة وبحسب أنواع الأخطار ومواقعها. ففي البلدان الاستوائية تعتمد معدلات النمو اعتماداً كبيراً على توفر المياه (Lugo, Brown, and Chapman, 1988). كما أن خصب التربة عامل له تأثيره. وتتطلب المحاصيل الحرجية قصيرة الدورة مغذيات أعلى مما تتطلبه الغابات الواقعة على أرض ليست مطلوبة كثيراً للزراعة.

والبرازيل واحد من البلدان القليلة الذي بدأ في استكشاف إنتاج الطاقة من الأخشاب على نطاق واسع منذ عدة سنوات. وقد اتجهت استثمارات كبيرة إلى استزراع الأشجار، ومعظمها من أنواع الكافور سريعة النمو، المخصصة لإنتاج أخشاب لتحويلها إلى فحم نباتي بالطرق الصناعية لتغذية صناعة الفولاذ. كما أن البرازيل استزرعت غابات لإنتاج كتلة بيولوجية لآلات الاحتراق ولتوليد الحرارة والكهرباء لصناعات الأغذية والمشروبات وغيرها.

وتستطيع السياسات الواضحة والمتناسقة والقوانين والخطوط التوجيهية عن أفضل الممارسات أن توازن التأثيرات الثقافية والاقتصادية والبيئية التي تنتج عن زيادة الاستثمار في استزراع الغابات

(FAO, 2007a). ومن الضروري تحقيق إنتاجية عالية في الاستزراعات، واتباع ممارسات كفؤة في الحصد ووجود نظام سوقيات جيد حتى يمكن إنتاج كتلة بيولوجية بتكاليف تسمح بتوليد طاقة بأسعار تنافسية.

والأشجار باعتبارها مصدراً للطاقة البيولوجية تتميز عن كثير من المحاصيل الزراعية الأخرى التي لا بد من حصدها سنوياً في العادة، مما قد يعني زيادة العرض عما هو مطلوب، وتقلب الأسواق (Perley, 2008). أما حصد الأشجار وغيرها من المحاصيل المعمرة فيمكن التبكير به أو تأخيره بحسب حركة الأسعار. وتكون منتجاتها مؤلفة من عدة بنود لها استخدامات نهائية مثل إنتاج الطاقة أو صناعة لب الورق أو الألواح الخشبية أوحتى إنتاج جذوع منشورة.

وعلى البلدان التي تنظر في استزراع غابات من أجل إنتاج الطاقة أن تبدأ بإيجاد الظروف لإنتاج الطاقة من هذه الزراعات بطريقة كفؤة، وهذه الظروف تشمل إيجاد المادة الوراثية المناسبة للأحوال المحلية وإيجاد تكنولوجيا متقدمة لزراعة الغابات وإدارة الاستزراعات وحصد المنتجات ونقلها وتحويلها إلى طاقة.

وربما تحتاج بعض البلدان النامية إلى الاستثمار لعدة سنوات في البحث والتطوير التكنولوجي حتى تستطيع أن تحول هذه الاستزراعات إلى عملية جذابة تجارياً. وقد يمكن تقليل الأخطار باستخدام أنواع مناسبة ومواد وراثية عالية الجودة، ولكن البلدان والمستثمرين يجب أن يدركوا أنهم يتعاملون مع استثمارات طويلة الأجل غير مؤكدة. وهناك خطر رئيسي لا تستطيع البلدان أو المستثمرون أن يتحكموا فيه هو تقلبات أسعار الطاقة والأخشاب مع مرور الوقت.

وأي تغيرات في أسعار الطاقة قد تجعل الاستزراعات من أجل إنتاج الطاقة غير اقتصادية وبالتالي لا يكون لها قيمة سوقية. وهذا الخطر ليس كبيراً في البلدان التي لديها صناعات حرجية متقدمة فتستطيع تكييف الكتلة البيولوجية لاستخدامات أخرى. فمثلاً تستطيع صناعات لب الورق والألواح الخشبية المعاد تكوينها أن تستخدم نفس الخامات وبذلك تقل أخطار الاستثمار في الاستزراعات. وعلى المستثمرين أن ينظروا فيما إذا كانت الاستزراعات وإدارتها من أجل الحصول على الكتلة الحيوية تتفق مع الصناعات الحرجية العاملة الآن في البلدان النامية، وخصوصاً في أقلها نمواً.

الأنواع غير المستخدمة والغابات الثانوية

هناك فرصة أخرى تتيحها أنواع الأشجار التي لا تستعملها صناعات الأخشاب. وقد تناولت دراسة حديثة تحليل إمكانية الجمع بين حصد الأنواع التقليدية لصناعة الأخشاب وحصد الأنواع غير المعروفة أو غير المستخدمة تماماً من أجل إنتاج الطاقة (ITTO, 2005). وهذا الأسلوب في توليد الطاقة يمكن أن يؤدي إلى زيادة الإيرادات وتحسين الإدارة المستدامة للغابات.

وهناك فرصة أخرى لإنتاج الكتلة البيولوجية من أجل توليد الطاقة وهي إدارة الغابات الثانوية. ففي المناطق الاستوائية توجد مساحات واسعة من الغابات الثانوية والتي تتميز بوجود أحجام كبيرة من هذه الكتلة لا يمكن استخدامها بواسطة الصناعات التقليدية لتجهيز الأخشاب، وهي تعتبر مصدراً جيداً لتوليد الطاقة. ويمكن تطبيق الخطوط التوجيهية التي وضعها المنظمة الدولية للأخشاب الاستوائية في إدارة هذه الغابات بما يعزز تنميتها المستدامة من أجل إنتاج أخشاب للحصول على الطاقة (ITTO, 2002).

عرض الأخشاب في المستقبل

نظراً لأن قيمة أخشاب الوقود ضئيلة بالمقارنة مع بقية الاستخدامات النهائية الأخرى فإن عرض الأخشاب لإنتاج الطاقة البيولوجية في المستقبل سيكون مستمداً من العمليات الحرجية الموجودة الآن. وقد يتغير ذلك إذا توافرت تكنولوجيا لإنتاج الطاقة بصورة تنافسية من المواد الخشبية كما سبق قوله في القسم 3.

الإطار 4

أسعار المنتجات الحرجية

في البلدان الأوروبية كانت أسعار الأخشاب تتناقص بالقيمة الحقيقة سواء منها الأخشاب المستديرة وأخشاب اللب (UNECE, 2007; Hillring, 1997). ويصعب التعرف على الاتجاهات العالمية طويلة الأجل وذلك بسبب أسعار العملات وتأثيرات معدلات التضخم المحلية ونُظم الضرائب الوطنية ومدى توافر المعلومات. وتتنبأ التقديرات العالمية بأن الأسعار الحقيقية للأخشاب الصناعية المستديرة والأخشاب المنشورة والألواح الخشبية لن تتغير إلا قليلاً قبل عام 2010 في حين أن أسعار ورق الصحف وورق الطباعة والكتابة ستتناقص بدرجة طفيفة (FAO, 1997; Trømborg, Buongiorno and Solberg, 2000). ولكن خلال السنوات القليلة الماضية كانت الأسعار الحقيقية للمنتجات الحرجية ترتفع في العالم بأكمله.

وقد لاحظت الدراسات الحديثة أن أسعار الأخشاب المنشورة اللينة ارتفعت في معظم أقاليم أمريكا الشمالية وأوروبا في فترة 2006/2005 (UNECE/FAO, 2006; 2007). فقد كان ارتفاع أسعار النقل وتوفير حوافز لإنتاج الطاقة البيولوجية سببين رئيسيين لهذه الزيادات. كما ارتفعت أسعار أخشاب إنتاج اللب في هذه الأقاليم. وربما كان ذلك راجعاً أيضاً إلى ارتفاع تكاليف النقل ولكن أيضاً لتحسن أسواق لب الورق. والمتوقع أن تستمر أسعار الأخشاب المنشورة وأخشاب اللب في الارتفاع خلال السنوات القليلة المقبلة (UNECE/FAO, 2006).

وبالنظر إلى هذه الاتجاهات في أسعار الأخشاب يمكن إبداء الملاحظات التالية:

- **حتى إذا كانت قيمة الأخشاب ترتفع فإن الصناعة الحرجية لا تحقق عائداً كبيراً الآن عما كان عليه الأمر في السنوات السابقة ومن المتوقع أن يكون ذلك حاجزاً أمام إعادة الاستثمار أو أمام دخول شركات جديدة إلى هذا المجال.**
- **أسعار الأخشاب في الوقت الحاضر، وهي أسعار منخفضة بالمقارنة مع البيانات التاريخية، ربما تكون حافزاً على استخدام الأخشاب في تطبيقات منخفضة القيمة مثل الطاقة البيولوجية.**
- **مع استكشاف احتمالات الطاقة البيولوجية ستؤدي زيادة التنافس على الألياف الخشبية إلى تعزيز الاتجاه نحو ارتفاع أسعار الأخشاب. ومع ارتفاع أسعار الأخشاب ربما يتباطأ تطوير إنتاج الطاقة البيولوجية في الأجل المتوسط إلى الأجل الطويل.**
- **قد يكون للسياسات الحكومية تأثير كبير على أسعار الأخشاب. فإعانات الاستثمار في الطاقة المتجددة والحوافز الضريبية والتعريفات الجمركية كلها تؤثر على أسعار الأخشاب، وخصوصاً في البلدان الصناعية.**

وفي الوقت الحاضر، من المتوقع أن يؤدي ارتفاع الطلب على الوقود البيولوجي المستخرج من مادة أولية خشبية إلى زيادة في أسعار المنتجات الحرجية. وهناك منافسة على إمدادات الأخشاب بين كل من مصانع إنتاج لب الورق ومصانع إنتاج الألواح الخشبية وتطبيقات الطاقة البيولوجية. ومن المحتمل في الأجل القصير أن يرى المستهلكون ارتفاعاً في أسعار بعض المنتجات (UNECE/FAO, 2007).

وقد استعرض Mabee (2007) وSaddler عدداً من دراسات المستقبل الإقليمية والعالمية بشأن توافر الألياف الحرجية للتعرف على الإمدادات العالمية المتجددة من الكتلة البيولوجية في الغابات التي يمكن أن تستخدم في إنتاج طاقة خشبية، وانتهى الكاتبان إلى أن زيادة الطلب على الطاقة الخشبية في البلدان الصناعية سيكون له تأثير كبير على كمية الكتلة البيولوجية الحرجية الفائضة إذ أنه سيلتهم ما بين 10 و25 في المائة من الفائض العالمي المقدَّر. وعلى كل حال فإن الكميات المتاحة عالمياً من الألياف ربما لا تغطي الطلب في بعض الأقاليم وربما يكون هناك طلب متزايد من صناعات تجهيز الأخشاب يتنافس أيضاً للحصول على إمدادات.

والتكنولوجيات والنُظم المستخدمة في إيجاد طاقة خشبية لها أهمية كبرى في تحليل مدى توافر الكتلة البيولوجية الحرجية في المستقبل من أجل إنتاج الطاقة البيولوجية. فالتحسينات في كفاءة استخدام الحطب يمكن أن توفر كميات كبيرة من الطاقة الخشبية في العالم بأكمله. وبإدخال أسلوب أفضل للممارسات في استعادة الطاقة (أي باستخدام أسلوب الجمع بين الحرارة والطاقة (CHP) مع استعادة الغاز المتدفق أو استخدام أفران عالية الكفاءة بواسطة الكريات الخشبية يمكن زيادة كمية الطاقة المتوافرة من الحطب زيادة كبيرة ويمكن توسيع هذا المصدر من مصادر الطاقة توسيعاً كبيراً.

وقد يكون لتزايد الطاقة البيولوجية الحرجية تأثيرات على صناعات التجهيز التقليدية. ففي بعض البلدان الصناعية أصبحت كميات إزالة الأخشاب من الغابة من أجل تطبيقات الطاقة البيولوجية تمثل على الأقل نصف إنتاج الأخشاب المستديرة الصناعية (Steierer *et al.*, 2007; FAO, 2007b). وفي بلدان أخرى لا تزال كمية الأخشاب المستخدمة لنفس هذا الغرض صغيرة بالمقارنة مع المحصود من الأخشاب المستديرة الصناعية. وعند إدخال استعادة المخلفات ومخلفات ما بعد الاستهلاك سيكون استخدام الأخشاب لإنتاج الطاقة أكبر من إنتاج الأخشاب المستديرة الصناعية في عديد من البلدان الصناعية. ويفصل الإطار 4 التأثيرات التي قد تظهر على أسعار المنتجات الحرجية بحسب الطلب على الأخشاب لإنتاج الطاقة البيولوجية.

الانبعاثات واقتصاديات الوقود البيولوجي

تتوقع معظم الدراسات أن تؤدي أنواع الوقود البيولوجي السائل من الجيل الثاني المستخرج من محاصيل معمرة ومن مخلفات خشبية وزراعية إلى إحداث تخفيض كبير في دورة حياة انبعاثات غاز الدفيئة عند مقارنتها مع الوقود النفطي. وبعض الخيارات ربما تؤدي إلى تخفيضات صافية في الانبعاثات تجاوز 100 في المائة – مما يعني أن حبس الكربون أثناء عملية الإنتاج سيكون أكبر من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أثناء دورة حياتها – هذا إذا أمكن تخفيض مدخلات الأسمدة إلى أدنى حد وأمكن استخدام الكتلة البيولوجية وغيرها من المتجددات في عملية إنتاج الطاقة (انظر Worldwatch Institute, 2007).

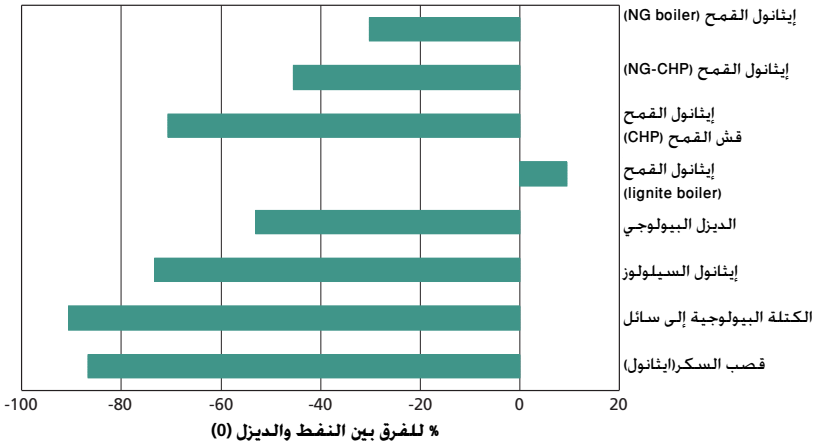
وترى الدراسات أن استخدام الإيثانول البيولوجي المستخرج من الذرة لن يكون فيه إلا تحسين ضئيل على كفاءة استخدام الوقود الأحفوري أو استخدام النفط بصفة مباشرة، في حين أن الإيثانول البيولوجي المستخرج من الأخشاب يمكن أن يحسّن كفاءة الطاقة بنحو أربعة أمثال (NRDC, 2006). وأما تقديرات انبعاثات غاز الدفيئة من الوقود الناشئ من الكتلة البيولوجية من الجيل الثاني فهي تقدَّر بـــ 75 إلى 85 في المائة أقل من المحركات التي تدور بالنفط، وذلك بسبب أن زراعتها تكون أقل كثافة وبسبب افتراض أن الحصة غير المختمرة من النبات ستستخدم كوقود

للتجهيز (Global Insight, 2007). وعلى ذلك إذا أدت تطورات التكنولوجيا إلى أن يصبح إنتاج الوقود البيولوجي السائل من المواد الخشبية أكفأ ويماثل في التكلفة إنتاجه من المحاصيل الغذائية فإن النتيجة ستكون قلة المنافسة مع إنتاج الأغذية، وزيادة في كفاءة الطاقة، وتحسين ميزان الطاقة الشامل بصفة عامة. وقد يؤدي ذلك إلى حوافز على التوسع في استزراعات الغابات.

وعلى ذلك فليس من الواقعي النظر إلى الوقود البيولوجي على أنه سيحل تماماً محل الوقود الأحفوري. ويجب النظر إلى هذا الوقود البيولوجي على أنه مصدر ممكن من مصادر الطاقة يجوز استخدامه بالاشتراك مع مصادر أخرى.

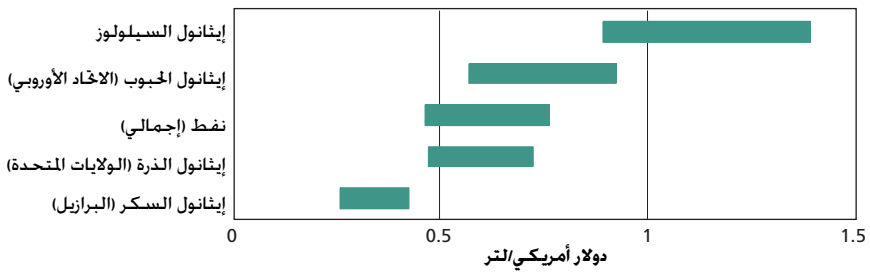
وعند المقارنة مع الكازولين أو الديزل يتبين أن انبعاثات غاز الدفيئة تكون أقل عند استخدام الكتلة البيولوجية في إنتاج سائل (أي التغويز/عمليات التغويز والانحلال الحراري التي يمكن أن تستخدم المصنع بأكمله). وقصب السكر يـــأتي في نفس الدرجة في حين أن الإيثانول المستخرج

الشكل 15
مقارنة انبعاثات غاز الدفيئة من الوقود البيولوجي المستمد من مختلف المصادر



ملحوظة: CHP: حرارة وطاقة سوياً. NG: غاز طبيعي
المصدر: Global Insight, 2007

الشكل 16
تنافسية أنواع الوقود البيولوجي بحسب مادتها الأولية



المصدر: مجموعة من مصادر البيانات مذكورة في Worldwatch Institute, 2007

من المواد يُقلل الانبعاثات بأكثر من 75 في المائة. أما الإيثانول المستخرج من القمح فهو لا يقلل الانبعاثات بدرجة كبيرة إلا إذا كان قش القمح سيستخدم في عملية CHP (الشكل 15).

وقصب السكر هو أكثر المواد الأولية الزراعية جاذبية من الناحية الاقتصادية لإنتاج الوقود البيولوجي في حين أن الذرة وغيرها من الحبوب ومحاصيل البذور الزيتية من نصف الكرة الأرضية الشمالي تكون أقل تنافسية في ظروف السوق (الشكل 16). وإذا كانت تكاليف إنتاج الإيثانول من المادة الخشبية في الوقت الحاضر أعلى من تكاليف إنتاجه من مادة أولية من الحبوب فإن إمكانية تخفيض تكاليف الإنتاج في المستقبل تبدو أكبر في حالة المادة الخشبية . وبحلول عام 2030 يمكن أن يتحقق التعادل مع الإيثانول المستخرج من قصب السكر (IEA, 2006).

وعند إيجاد عملية مجدية اقتصادياً لإنتاج وقود بيولوجي سائل من مادة سيلولوزية يمكن أن ينتشر استعمال الكتلة البيولوجية الحرجية في قطاع النقل. ولما كان معظم زيادة الطلب على الوقود البيولوجي السائل ستحدث في البلدان المتقدمة فإن آفاق التجارة ستكون هي العامل الرئيسي الذي يؤثر في خطط التنمية في معظم البلدان النامية.

وليس من المحتمل أن تهتم الأسواق بالمواد الأولية والعمليات التي لا تؤدي إلى مكاسب كبيرة صافية في الطاقة وإن كان من الممكن أن تكون هناك أهداف أخرى تُشجع على الاستمرار

الإطار 5

كفاءة الطاقة وإنتاج الطاقة البيولوجية

لاستهلاك الطاقة عند إنتاج الطاقة البيولوجية أهمية لسببين: فأولاً حتى تكون العملية مستدامة يجب أن تكون كمية الطاقة التي ستأتي من نموٍ واستخدام أي محصول أكبر من الطاقة المستخدمة في إنتاج هذا المحصول نفسه. وثانياً لأن نوع الوقود المستخدم في مدخلات الطاقة وانبعاثات غاز الدفيئة منه يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند ما تكون أهداف تغير المناخ داخلة في عملية استخدام الطاقة البيولوجية.

ويعتمد استخدام الطاقة على عدد من العوامل. فالزراعة تتطلب مدخلات من الطاقة في مراحل مختلفة، تشمل تشغيل الآلات الزراعية، والري وإدارة المياه ونقل المنتجات. كما أنها تستهلك كميات كبيرة من الطاقة في أنشطة مرتبطة بالزراعة مثل صناعة الأسمدة والمبيدات وتجهيزها، وتوزيع المنتجات الزراعية. وهذا هو الحال على وجه الخصوص في نُظم الزراعة الحديثة التي تعتمد على مدخلات كبيرة.

وتكون الزراعة في البلدان الصناعية بصفة عامة كثيفة في استعمال الطاقة عما هو الحال في البلدان النامية وإن كانت هذه البلدان الأخيرة تتحول إلى استعمال ممارسات زراعية أكثر تقدماً، وبالتالي تزيد المدخلات من الطاقة. وفي كثير من الحالات يُحتمل أن تأتي مدخلات الطاقة من الوقود الأحفوري. ولهذا السبب فإن إنتاج موارد الطاقة البيولوجية واستخدام هذا المورد لن يؤدي إلا إلى تخفيض هامشي في انبعاثات الكربون بالمقارنة مع ما ينتجه استخدام الوقود الأحفوري.

والميزة الرئيسية للغابات والأشجار كمصدر للكتلة البيولوجية هي انخفاض مدخلات الطاقة وقدرة هذه الموارد على النمو في مواقع أقل خصوبة مما هو مطلوب للزراعة. ولكن هناك عوائق كبيرة أمام الاستفادة من هذه الميزات. ومن هذه العوائق ظهور تقنيات من الجيل الثاني في الوقت المناسب. وتوافر الإمدادات من الأخشاب في المستقبل، والبنية الأساسية اللازمة حتى يكون الاستغلال اقتصادياً (Perley, 2008).

في إنتاجها (Wolf, 2007). فليس من المحتمل إنتاج كميات كبيرة من المحاصيل التي زُرعت خصيصاً لإنتاج وقود بيولوجي من مادة سيلولوزية لأن المكاسب في التكنولوجيا ولأن أسعار الإيثانول لن تُحبذ إنتاجها بدلاً من إنتاج محاصيل أخرى. وبالمثل ليس من المتوقع أن تكون المصانع التي تُنتج الإيثانول والديزل البيولوجيين من الجيل الثاني فقط دون غيرها من المنتجات مصانع مربحة في عشرات السنين المقبل (Global Insight, 2007).وستكون المنافسة بين مختلف المواد الأولية مرتبطة بالكفاءة الصافية في الطاقة عند إنتاج مختلف المحاصيل وعند تجهيزها (الإطار 5).