

NHIÊN LIỆU SINH HỌC BỀN VỮNG: Hướng phát triển và thách thức

GS.TSKH Hồ Sĩ Thoảng

Nhiên liệu sinh học (NLSH) được coi là một trong những giải pháp ưu tiên trong việc thay thế dần các nhiên liệu khoáng. Mặc dù vậy, trong những thập kỷ vừa qua NLSH đã trải qua không ít “thăng trầm” và đến giờ vẫn chưa thể vươn lên vị trí xứng đáng như kỳ vọng. Nguyên nhân là do sự phát triển của NLSH thế hệ thứ nhất chủ yếu được dựa vào những nguyên liệu có nguồn gốc lương thực - thực phẩm hoặc có khả năng cạnh tranh với lương thực - thực phẩm. Chính vì vậy thế giới đang chuyển hướng sang phát triển NLSH thế hệ thứ 2 (dựa trên các quá trình chuyển hóa sinh khối có nguồn gốc không cạnh tranh với sản xuất lương thực - thực phẩm), hay còn gọi là NLSH bền vững với nhiều gian nan, thách thức nhưng hứa hẹn một tương lai tươi sáng.

Mở đầu

Hiện nay, việc sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo thay thế dần các nhiên liệu khoáng là giải pháp hết sức cấp bách để giảm thiểu tác hại của biến đổi khí hậu do phát thải dioxide carbon làm trái đất nóng lên. Năng lượng mặt trời và năng lượng gió hiện đang được các quốc gia, trong đó có Việt Nam, tăng cường đầu tư phát triển. Theo thống kê của BP [1], hiện nay, không tính đến các nhiên liệu thô như củi, than gỗ hay các chất đốt khác, các nhiên liệu khoáng chiếm tỷ lệ trên 85% cân bằng năng lượng toàn cầu, còn lại là tỷ phần của các dạng năng lượng khác, gồm thủy điện, điện hạt nhân, năng lượng mặt trời, năng lượng gió... và NLSH.

Tuy nhiên, các dự báo đều cho thấy, trạng thái cân bằng năng lượng sẽ thay đổi dần nhờ sự tăng trưởng tỷ phần các dạng năng lượng tái tạo mà trước hết là năng lượng mặt trời, năng lượng gió và NLSH.

Mặc dù đã được các nhà chế tạo ô tô sử dụng từ cuối thế kỷ XIX, nhưng NLSH gần như bị lãng quên do không cạnh tranh được với sự xuất hiện của các sản phẩm dầu mỏ với giá rẻ hơn và tiện lợi hơn trong sử dụng. Do đó, chỉ từ khi có khủng hoảng dầu mỏ vào năm 1973 do chiến tranh ở Trung Đông gây ra, một số nhà sản xuất nhiên liệu mới quay trở lại với NLSH. Tuy vậy, do giá dầu lúc lên lúc xuống, khó đoán định, đã làm cho các nhà sản xuất nhiên liệu phải dè chừng trong

đầu tư cho sản xuất NLSH để thay thế một phần xăng dầu. Bên cạnh đó, cho đến cuối thế kỷ XX, những hậu quả môi trường - sinh thái do phát thải quá mức CO₂ gây ra đối với thế giới cũng chưa thật rõ ràng, nên sự tăng trưởng tỷ phần NLSH trong cân bằng năng lượng toàn cầu vẫn còn rất chậm chạp. Đó là những lý do khiến sản lượng hàng năm của NLSH trên toàn thế giới hầu như tăng trưởng không đáng kể trong gần ba thập kỷ cuối thế kỷ XX. Sang thế kỷ XXI, sản xuất các NLSH thuộc thế hệ thứ nhất gồm xăng sinh học (pha ethanol sinh học vào xăng) và diesel sinh học (pha ester nhận được từ dầu thực vật hay mỡ động vật vào dầu diesel) mới có bước tăng trưởng đáng kể [1]. Năm



2006 sản lượng NLSH toàn thế giới mới đạt khoảng 27,8 triệu tấn (quy dầu), thì năm 2016 đã lên đến 82,3 triệu tấn, trong đó xăng sinh học chiếm tỷ lệ áp đảo, khoảng 80%. Xăng sinh học phần lớn được sản xuất ở Hoa Kỳ (chủ yếu từ ngô) với sản lượng 35,8 triệu tấn và Brazil (chủ yếu từ mía) với sản lượng 18,5 triệu tấn. Một số nước trong EU chủ yếu sản xuất diesel sinh học từ dầu thực vật với sản lượng 13,6 triệu tấn.

NLSH bền vững

Mặc dù việc phát triển sản xuất NLSH là rất cần thiết, các NLSH thế hệ thứ nhất được coi là “không bền vững”, bởi ethanol sinh học chủ yếu được sản xuất từ những nguyên liệu có nguồn gốc lương thực - thực phẩm hoặc có khả năng cạnh tranh với sản xuất lương thực - thực phẩm (ngô, mía, sắn...), còn các loại dầu thực vật để chuyển hóa thành các ester pha vào diesel phần lớn cũng là dầu ăn được (hướng dương, hạt cải, đậu nành, cọ...) hoặc có khả năng cạnh tranh với sản xuất

lương thực - thực phẩm (kể cả cây jatropha đã được quan tâm ở Việt Nam). Vấn đề an toàn lương thực đối với toàn thế giới cũng không kém tầm quan trọng, nạn đói vẫn đang hiện hữu ở một số nơi và tiềm ẩn nhiều nguy cơ. Cho nên, hướng sản xuất NLSH có khả năng cạnh tranh với lương thực - thực phẩm không được khuyến khích, và trong thực tế, sản lượng hàng năm của các NLSH loại này có xu thế không tăng trưởng nữa. Theo dự báo của Bộ Năng lượng Hoa Kỳ [2], từ 2016 đến 2022, sản lượng hàng năm đối với NLSH “truyền thống” (có nguồn gốc từ lương thực - thực phẩm) hầu như giữ nguyên, trong khi sản lượng các “NLSH bền vững” (được sản xuất từ các nguyên liệu không liên quan đến sản xuất lương thực - thực phẩm) có xu thế tăng nhanh. Nếu năm 2016 sản lượng “NLSH bền vững” mới chiếm tỷ lệ khoảng 30% tổng số 82,3 triệu tấn NLSH quy dầu thì đến 2022 tỷ lệ đó sẽ tăng lên trên 60%, trong khi sản lượng NLSH thế hệ thứ nhất hầu như không tăng.

Các “NLSH bền vững” hay “NLSH tiên tiến” (còn được gọi là NLSH thế hệ thứ 2 hay thế hệ tiếp theo) là những nhiên liệu được sản xuất từ bất kỳ dạng sinh khối nào, từ rơm rạ, trấu, thân ngô, lõi ngô, bã mía... đến các dạng phế phẩm và phế thải lâm nghiệp, các cây thân gỗ... là những vật liệu chứa cellulose, hemicellulose và lignin có cấu trúc mạng khá bền vững. Tính đến đầu năm 2015, trên thế giới đã có 67 nhà máy sản xuất “NLSH bền vững” từ các nguồn nguyên liệu khác nhau và sử dụng các công nghệ khác nhau, trong đó 24 nhà máy đã đi vào vận hành ở quy mô được thương mại hóa (Hoa Kỳ: 9, châu Âu: 5, châu Á - Thái Bình Dương: 4, châu Phi: 3, Nam Mỹ: 3); các nhà máy khác ở quy mô pilot hoặc demo [2].

Sản xuất NLSH bền vững

Thách thức lớn nhất đối với việc sản xuất NLSH nói chung và NLSH bền vững nói riêng là làm sao hạ được giá thành xuống xấp xỉ giá thành nhiên liệu khoáng, trong khi giá dầu mỏ lên xuống thất thường (từ năm 2014 đến nay giá dầu mỏ đã xuống đến mức rất thấp và nhích dần lên hết sức chậm chạp, đến đầu năm 2018 vẫn chưa đạt được mốc 70 USD/thùng). Trước đây đã từng có những dự báo hết sức “lạc quan” đối với tính cạnh tranh của NLSH, ví dụ, giá dầu mỏ có thể lên đến trên 200 USD/thùng, tuy nhiên, sau khi Hoa Kỳ phát hiện và bắt đầu khai thác dầu đá phiến và khí đá phiến với sản lượng khá cao (năm 2016 sản lượng dầu đá phiến của Hoa Kỳ đạt 4,25 triệu thùng/ngày, chiếm 48% tổng sản lượng dầu thô khai

thác nội địa [3]), bức tranh đột ngột thay đổi và trở nên khó dự báo về giá dầu và giá khí trong tương lai. Mặc dù vậy, tình huống đó không những không làm yếu xu thế phát triển của NLSH, mà ngược lại, các nghiên cứu, thử nghiệm và tìm tòi công nghệ tiên tiến hơn để sản xuất NLSH vẫn tiếp tục sôi động, trước hết là ở các nước phát triển mà đi đầu là Hoa Kỳ. Thực chất, đó là những cố gắng nhằm đáp ứng các mục tiêu dài hạn. Có lẽ nhân tố quan trọng nhất quyết định giá thành của NLSH bền vững là công nghệ chuyển hóa sinh khối rắn.

Công nghệ sản xuất NLSH thế hệ thứ nhất tương đối đơn giản về nguyên lý, việc hoàn thiện các quy trình công nghệ vẫn phải được tiếp tục, tuy nhiên, do những nhược điểm như đã nhắc đến ở trên, quy mô và công suất sản xuất thực tế đang dừng lại. Năm 2016, Hoa Kỳ sản xuất khoảng 35,8 triệu tấn NLSH mà đã phải tiêu tốn đến gần 40% tổng sản lượng ngô hoặc 26% đất trồng trọt [2]. Rõ ràng là hướng phát triển NLSH từ các nông sản ăn được hoặc các nông sản có khả năng cạnh tranh với sản xuất lương thực khó mà được tiếp tục ở quy mô lớn hơn hiện nay, thậm chí sẽ phải giảm.

Việc chuyển hóa sinh khối thành NLSH bằng con đường sinh - hóa vẫn đang được xúc tiến với việc sử dụng enzym thủy phân và các chủng vi sinh biến tính. Quy trình gồm 3 bước chính là tiền xử lý, thủy phân và lên men. Sinh khối được tiền xử lý để cải thiện khả năng tiếp cận của enzym, sau đó, sinh khối trải qua quá trình thủy phân dưới tác dụng của enzym để

chuyển các polysaccharide thành các dòng monomer như glucose và xylose. Tiếp theo, đường được lên men thành ethanol bằng cách sử dụng các vi sinh vật khác nhau. Trong 3 bước nêu trên thì bước tiền xử lý lý - hóa học (physico-chemical pretreatment) là khó khăn nhất, thường được gọi là đoạn "thắt cổ chai" của quá trình, do "sự bướng bỉnh" (recalcitrance) của các lignocellulose [4]. Trong thực tế, bước tiền xử lý sinh khối khá phức tạp, công nghệ phải tiêu tốn nhiều năng lượng. Có thể áp dụng các phương pháp khác nhau như: Xử lý bằng nước nóng; nổ phá (explosion) bằng hơi nước, amoniac hoặc peroxide; sử dụng acid loãng và nhiệt độ nâng cao, base, dung môi hữu cơ, lưu huỳnh dioxide... Các quá trình lý - hóa trong bước tiền xử lý đều có thể dẫn đến tích tụ những chất ức chế có tác dụng độc hại đối với các bước thủy phân và lên men tiếp theo, đó là điều phải tính đến khi thiết kế toàn bộ quá trình sản xuất ethanol.

Phương pháp chuyển hóa sinh khối thành nhiên liệu lỏng (BtL) về nguyên lý không khác phương pháp kinh điển chuyển hóa nguyên liệu khoáng (than, dầu, khí) thành các hóa phẩm và nhiên liệu thông qua quá trình khí hóa (tạo ra H_2 , CO và CO_2) và tiếp theo là quá trình tổng hợp Fischer - Tropsch (FT) thành sản phẩm lỏng với thành phần tùy theo điều kiện phản ứng và chất xúc tác. Khí hóa sinh khối được thực hiện ở nhiệt độ tương đối cao (700-800°C). Methanol nhận được từ quá trình FT có thể được sử dụng như một nhiên liệu, nhưng thường được chuyển hóa

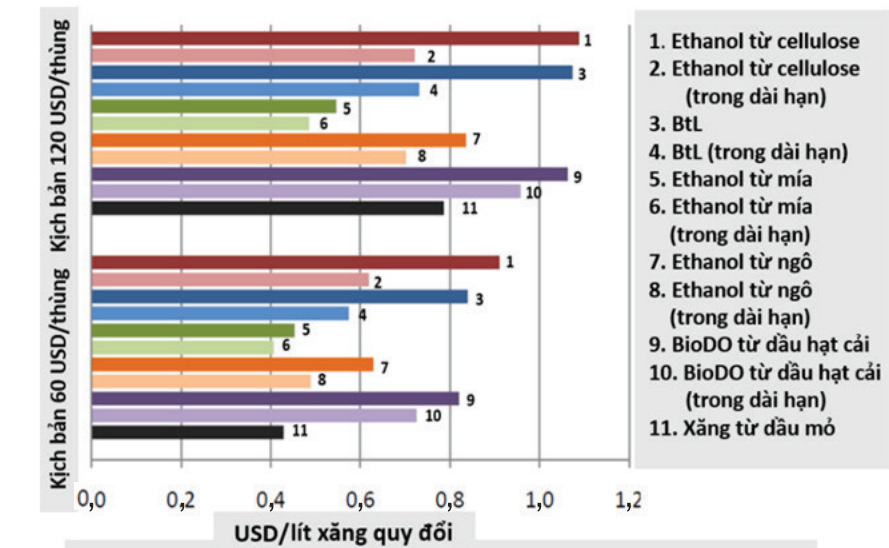
tiếp thành dimethyl ether (DME) hoặc olefin. DME là một nhiên liệu với các tính năng rất phù hợp cho động cơ diesel, còn olefin có thể được chuyển hóa tiếp thành xăng trong quá trình MTG (Methanol to Gas) [5]. Công nghệ MTG đã được Tập đoàn ExxonMobil phát triển và triển khai ở Hoa Kỳ và một số quốc gia khác.

Trong những năm gần đây, một hướng đi khác để chuyển hóa sinh khối thành NLSH bằng các quá trình nhiệt - hóa và nhiệt - xúc tác đã được phát triển là sự kết hợp quá trình nhiệt phân nhanh xảy ra ở nhiệt độ không cao như trong phản ứng khí hóa (khoảng 500°C) chỉ trong vài giây (Fast Pyrolysis/ Rapid Thermal Pyrolysis - RTP) để tạo sản phẩm lỏng (gọi là dầu nhiệt phân hoặc dầu sinh học) và tiếp theo là quá trình xử lý bằng hydro để loại bỏ oxy (Hydrodeoxygenation - HDO) [6]. Sản phẩm nhận được sau nhiệt phân cũng có thể được sử dụng như nhiên liệu, tuy nhiên, do hàm lượng oxy và hàm lượng nước cao, nhiều tạp chất, độ bền hóa học thấp (dễ polymer hóa), độ nhớt và độ acid cao, nhiệt trị thấp... làm cho phạm vi sử dụng bị hạn chế. Nếu quá trình nhiệt phân nhanh được tiến hành trong sự có mặt của chất xúc tác thì hiệu suất chuyển hóa cao hơn và sản phẩm lỏng có chất lượng tốt hơn. Hiện công nghệ RTP đã được thương mại hóa ở Hoa Kỳ và Canada, tuy vậy, quá trình HDO dầu nhiệt phân vẫn còn nhiều nội dung phải tiếp tục nghiên cứu để có thể thương mại hóa toàn bộ quá trình công nghiệp. Việc phân tích (cấu trúc) các sản phẩm trong dầu nhiệt phân và khảo sát sự phân bố

chúng đóng vai trò rất quan trọng để tiếp tục chuyển hóa các sản phẩm trung gian đó trong phản ứng HDO. Chính khâu trung gian giữa RTP và HDO đang đóng vai trò “nút thắt cổ chai” đối với việc thương mại hóa quá trình sản xuất NLSH bền vững. Kết quả của những nghiên cứu gần đây đang gỡ dần “nút thắt cổ chai” này.

Tương tự như các quá trình loại bỏ lưu huỳnh (HDS) và loại bỏ nitơ (HDN) trong công nghiệp chế biến dầu, quá trình HDO dầu nhiệt phân cần được tiến hành trong điều kiện nhiệt độ tương đối cao và dưới áp suất hydro. Trong khi nhiều tác giả nghiên cứu quá trình HDO dầu nhiệt phân để tiến tới thương mại hóa, thì Công ty UOP của Tập đoàn Honeywell đã thành công trong quá trình HDO chuyển hóa acid béo và triglyceride (trong dầu thực vật và mỡ động vật) thành nhiên liệu tiên tiến dưới dạng các hydrocarbon, gọi là quá trình Ecofining [7]. Các sản phẩm HDO trong trường hợp này được UOP gọi là NLSH thế hệ thứ tư (hay “nhiên liệu xanh”), được sử dụng trực tiếp cho các phương tiện vận tải (như xăng hoặc diesel) mà không cần trộn với nhiên liệu khoáng.

Trong bài tổng quan [8], các tác giả đã tổng hợp các kết quả nghiên cứu phản ứng HDO một số nguyên liệu mô hình, trên cơ sở đó sàng lọc và thiết kế các hệ xúc tác thích hợp, đồng thời đánh giá các kết quả khảo sát HDO một số sản phẩm dầu nhiệt phân trong các chế độ phản ứng khác nhau. Các tác giả đã đi đến nhận xét rằng, trong số các họ xúc tác thường được sử dụng cho phản ứng hydro



Hình 1. So sánh giá thành NLSH trong ngắn hạn và dài hạn.

hóa trong công nghiệp lọc dầu, các carbide, nitride và phosphide của kim loại chuyển tiếp tỏ ra là những chất xúc tác có độ bền cao và giá thành thấp. Hy vọng trong tương lai sẽ sớm xuất hiện những quy trình công nghệ HDO dầu nhiệt phân được thương mại hóa. Ở Việt Nam, Viện Dầu khí Việt Nam [9] đã bắt đầu tiến hành nghiên cứu công nghệ RTP và HDO. Các phế thải nông nghiệp (rơm rạ, trấu, lõi ngô, bã mía) đã được thử nghiệm cho quá trình nhiệt phân nhanh. Dầu nhiệt phân với hiệu suất khá cao (50-60%) được nâng cấp chất lượng bằng những quá trình xúc tác như cracking hoặc hydrodeoxygen hóa và hydro hóa. Những kết quả đầu tiên trong công trình này chứng tỏ khả năng tiềm tàng của việc sản xuất NLSH thế hệ mới từ các nguyên liệu trên cơ sở phế thải nông nghiệp ở nước ta (rơm rạ, trấu, bã mía...) với hàng chục triệu tấn/năm.

Mặc dù có nhiều cố gắng trong nghiên cứu giảm giá thành sản xuất các NLSH bền vững, hiện nay các

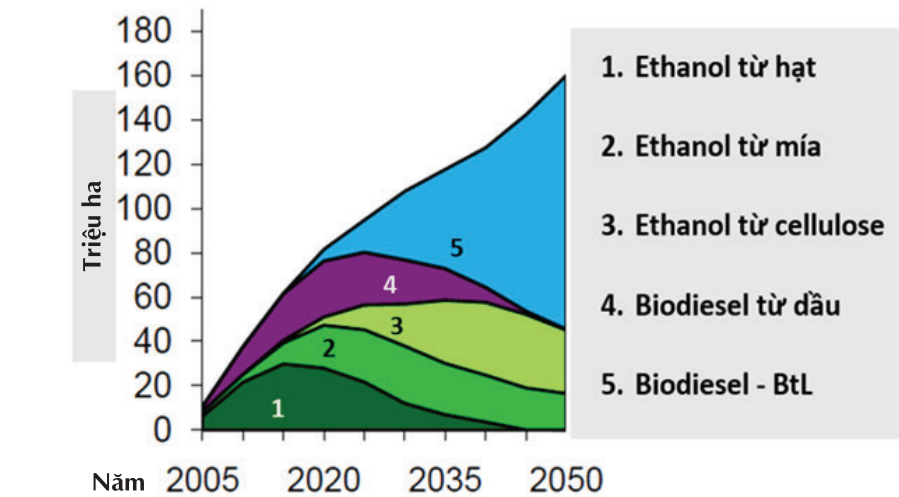
NLSH, kể các NLSH thế hệ thứ nhất, về cơ bản, vẫn chưa cạnh tranh được với các sản phẩm dầu mỏ. Tác giả Anselm Eisentraut [10] thuộc Cơ quan Năng lượng quốc tế (IEA) đã đưa ra sơ đồ so sánh giá thành một số dạng NLSH được sản xuất bằng các công nghệ khác nhau trên nền giá thành sản xuất xăng từ dầu mỏ cho hai kịch bản với giá dầu thô 120 USD/thùng và 60 USD/thùng, có tính đến sự tiến bộ của công nghệ chuyển hóa sinh khối (xem hình 1).

Số liệu trên hình 1 cho thấy bức tranh rất đáng quan tâm trong so sánh giá thành các NLSH và nhiên liệu khoáng. Với kịch bản giá dầu thô 120 USD/thùng, trừ BioDO từ dầu hạt cải, các NLSH cạnh tranh khá tốt với sản phẩm dầu mỏ. Khi giá dầu thô ở mức 60 USD/thùng, tính cạnh tranh giảm đi, nhưng giá thành ethanol từ cellulose và sản phẩm BtL (BioDO) trong dài hạn đã giảm đáng kể so với thời điểm khảo sát (2010) và tiến gần tới giá thành sản xuất xăng từ dầu mỏ. Trong dài

hạn, nếu giá dầu thô tiếp tục tăng, có cơ sở để hy vọng là tính cạnh tranh của NLSH bền vững sẽ được cải thiện đáng kể.

Nguyên liệu và thách thức

Với mục đích sản xuất NLSH bền vững, các nhà nghiên cứu, sản xuất năng lượng đang tìm tòi những quy trình công nghệ có khả năng chuyển hóa các dạng sinh khối khó phân hủy nhưng có sản lượng hết sức dồi dào là phế thải và phế phẩm nông - lâm nghiệp (gọi chung là dư lượng nông - lâm nghiệp) và rừng trồng để thành NLSH với giá thành cạnh tranh được với nhiên liệu khoáng. Đây chính là nguồn nguyên liệu chủ yếu để sản xuất NLSH bền vững đối với tất cả các quốc gia, trong đó có Việt Nam. Ở nước ta, theo thống kê sơ bộ, có đến hàng chục triệu tấn phế thải nông nghiệp (rơm rạ, trấu, bã mía, thân và lõi ngô...), chưa kể các nguồn sinh khối khác cũng dồi dào không kém. Trên quy mô toàn cầu, lượng sinh khối hàng năm có thể sử dụng được cho chuyển hóa thành NLSH lên đến nhiều tỷ tấn. Những tiến bộ đạt được trong nghiên cứu rất lạc quan, càng ngày càng xuất hiện những quy trình công nghệ tiên bộ hơn trước. Đầu năm 2014, nhà máy sản xuất ethanol từ phế thải cây ngô (corn stover) lớn nhất tại bang Iowa do Liên doanh Poet-DSM đầu tư đã được khánh thành [11]. Được xây dựng liền kề với một nhà máy ethanol từ (hạt) ngô đã được xây dựng trước đó, hàng năm nhà máy này có thể chế biến 285 ngàn tấn phế thải cây ngô để cho ra 25 triệu gallon (khoảng 95 triệu



Hình 2. Dự báo diện tích đất cần thiết để trồng cây tạo nguyên liệu sinh khối cho NLSH.

lít) ethanol. Ethanol từ cellulose của Poet-DSM có các tính chất giống ethanol từ (hạt) ngô, nhưng vì nó được tạo ra từ phế thải còn lại trên mặt đất sau khi thu hoạch ngô nên hàng năm chu trình sản xuất này tránh được khoảng 210.000 tấn carbon dioxide phát thải. Sau đó, vào tháng 10/2015, Tập đoàn DuPont cũng đã khánh thành tại Nevada, Iowa nhà máy sản xuất ethanol cũng từ phế thải cây ngô với công suất 375 ngàn tấn nguyên liệu khô, cho ra khoảng 115 triệu lít ethanol [2, 12]. Lượng nguyên liệu đó được cung cấp bởi 500 gia đình nông dân trong vòng bán kính 30 dặm. Theo Bộ Năng lượng Hoa Kỳ, nếu sử dụng ethanol từ ngô có thể giảm phát thải CO₂ từ 18 đến 28% so với xăng từ dầu mỏ, thì sử dụng ethanol từ cellulose mức giảm có thể đến 87%.

Nguồn nguyên liệu cellulose tuy khá phong phú nhưng lượng sinh khối cần thiết cung cấp cho một nhà máy khá nhỏ cũng đã tương

đối lớn. Theo dự báo của Cơ quan Năng lượng quốc tế IEA [10], nếu đến năm 2050 sản lượng NLSH (chủ yếu là NLSH bền vững) đạt khoảng 700 triệu tấn thì diện tích đất trồng trọt dùng để tạo nguyên liệu sinh khối phải hơn 160 triệu ha (hình 2). 700 triệu tấn xăng dầu là một con số rất lớn, nhưng cũng chỉ mới xấp xỉ 17% lượng dầu thô đang được khai thác và đưa vào sử dụng hiện nay trên toàn thế giới. Còn để dành 160 triệu ha để trồng “cây năng lượng” và triển khai công việc đó trong thực tế quả là việc không đơn giản.

Trong khi áp lực nhu cầu lương thực cho cư dân các nước nghèo không giảm, thậm chí tăng, việc thực hiện các dự án trồng “cây năng lượng” trên những diện tích đất phù hợp là thách thức hết sức to lớn với nhiều thông số phải lựa chọn để đạt hiệu quả tối ưu. Thống kê và khảo sát độ sẵn sàng của đất cho “cây năng lượng” nhằm phát triển vùng nguyên liệu với năng suất và hiệu

quả cao nhất là việc làm cần thiết để xây dựng lộ trình cho việc đầu tư phát triển sản xuất NLSH bền vững của từng quốc gia. Như vậy, các dự án trồng “cây năng lượng” chủ yếu đáp ứng những mục tiêu dài hạn, trước mắt, dư lượng nông - lâm nghiệp cùng với những phế thải khác phải đóng vai trò chủ lực với tư cách là nguyên liệu sinh khối cho sản xuất NLSH bền vững.

Dư lượng nông - lâm nghiệp tương đối phong phú, không ít trường hợp có thể thu mua với giá rẻ, tuy nhiên cũng cần lưu ý là có một số dư lượng vẫn được một số vùng quê sử dụng vào các mục đích khác như làm phân bón, làm thức ăn gia súc hay chất đốt. Theo tác giả [2], ước tính lượng sinh khối bền vững tiềm năng ở Hoa Kỳ là 1,1-1,6 tỷ tấn khô/năm, có thể cung cấp một lượng NLSH tương đương nhu cầu nhiên liệu vận tải nội địa của năm 2012. Việc sử dụng toàn bộ hoặc phần lớn lượng sinh khối này để sản xuất NLSH không phải là một khả năng thực tế, tuy nhiên, rõ ràng là tiềm năng sản xuất NLSH phải lớn hơn nhiều so với mức sản xuất hiện nay. Nghiên cứu của các tác giả [13] đưa ra bức tranh rất hấp dẫn về tiềm năng dư lượng nông - lâm nghiệp trên toàn thế giới từ 2010-2100. Đó là con số 120 EJ (1 EJ = 10^{18} J), tương đương khoảng 2,866 tỷ tấn dầu quy đổi (MTOE) vào năm 2010 và 140 cho đến 170 EJ (khoảng 3,343 đến 4,060 tỷ MTOE) vào năm 2100. Tuy nhiên, khoảng 40% dư lượng nông - lâm nghiệp thường phải để lại trên đất để tránh những tác động xấu về

môi trường, khoảng 20-30% được sử dụng cho các mục đích khác nhau như làm nhiên liệu thô, phân bón, thức ăn gia súc..., chỉ còn dưới 40% có thể sử dụng cho chế biến thành NLSH bền vững.

Kết luận

Như vậy, với nhược điểm không thể khắc phục được là cạnh tranh với sản xuất lương thực, NLSH thế hệ thứ nhất sẽ bị tác động bởi sản xuất lương thực - thực phẩm nên quy mô sản xuất sẽ bị thu hẹp dần, trong khi thế hệ NLSH tiếp theo dựa trên các quá trình chuyển hóa sinh khối có nguồn gốc không cạnh tranh với sản xuất lương thực đang được phát triển với những bước đi ấn tượng ở tất cả các quy mô, từ phòng thí nghiệm đến nhà máy thương mại hóa với công suất đến trên trăm ngàn tấn/năm. Bên cạnh đó, những thách thức về công nghệ luôn là áp lực đối với hoạt động R&D để tìm cách hạ giá thành sản phẩm dựa trên cơ sở những nghiên cứu rất cơ bản về các sản phẩm trung gian trong chuỗi chuyển hóa sinh khối và các chất xúc tác hữu hiệu nhất có thể trong các giai đoạn chuyển hóa. Nguyên liệu cho sản xuất NLSH bền vững không thiếu; trước mắt cần sử dụng hợp lý nguồn dư lượng dồi dào trong sản xuất nông - lâm nghiệp, còn trong dài hạn phải sử dụng những vùng đất phù hợp để trồng “cây năng lượng”. Đây là bài toán phức tạp và khó, đòi hỏi những nghiên cứu thấu đáo, toàn diện, sự liên kết giữa các ngành, các vùng miền, thậm chí giữa các quốc gia ✍

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] BP (June 2017), *Statistical Review of World Energy*.
- [2] https://www.dovetailinc.org/report_pdfs/2017/dovetailbiofuels0117.pdf.
- [3] <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=847&t=6>.
- [4] <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:809239/FULLTEXT01.pdf>.
- [5] <https://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/methanol-to-gasoline>.
- [6] A.V. Bridgwater (2012), “Review of fast pyrolysis of biomass and product of upgrading”, *Biomass and Bioenergy Journal*, **38**, p.68.
- [7] <https://www.uop.com>.
- [8] Zhan Si, Xinghua Zhang, Chenguang Wang, Longlong Ma and Renjie Dong (2017), “An overview on catalytic hydrodeoxygenation of pyrolysis oil and its model compounds”, *Catalysts*, **7(6)**, p.169.
- [9] Phan Minh Quoc Binh, Duong Thanh Long, Nguyen Dinh Viet, Tran Binh Trong, Nguyen Huynh Hung My, Nguyen Huu Luong, Nguyen Anh Duc, Luu Cam Loc (2014), “Evaluation of the production potential of bio-oil from Vietnamese biomass resources by fast pyrolysis”, *Biomass and Bioenergy Journal*, **62**, pp.74-81.
- [10] <https://www.oecd.org/berlin/44567743.pdf>.
- [11] <https://www.poetdsm.com.2014>.
- [12] <http://www.dupont.com/corporate-functions/media-center/press-releases/dupont-celebrates-opening-of-worlds-largest-cellulosic-ethanol-plant.html>.
- [13] Vassilis Daioglou, Elke Stehfest, Birka Wicke, Andre Faaij, Detlef P. van Vuuren (2016), “Projections of the availability and cost of residues from agriculture and forestry”, *GCB Bioenergy*, **8(2)**, pp.456-470.